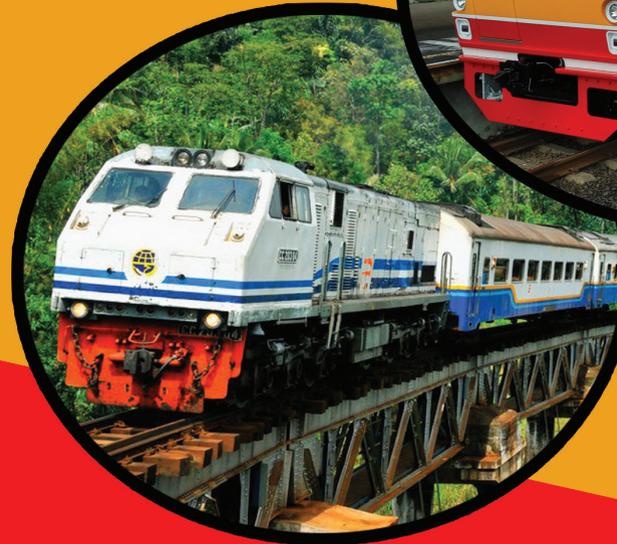


DINAMIKA KENDARAAN KERETA API

DINAMIKA KENDARAAN KERETA API



DR. NICO D. DJAJASINGA
IR. HARTONO ATMOSUKARDJO, M.M

DINAMIKA KENDARAAN KA

Dr. Nico D. Djajasinga
Ir. Hartono Atmosukardjo, MM

DINAMIKA KENDARAAN KA

ISBN: 978-623-6591-97-0

Hak Cipta 2020 pada Penulis

Penulis:

Dr. Nico D. Djajasinga

Ir. Hartono Atmosukardjo, MM

KATA PENGANTAR

SAMBUTAN KETUA DINAMIKA KENDARAAN REL

Dengan mengucapkan Puji dan Syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa, yang telah memberikan Rahmat dan Hidayah-Nya, kami segenap Sivitas Akademika Politeknik Transportasi Darat Indonesia-STTD mengucapkan selamat kepada Dosen/Pengajar Dr. Ir. Nico D. Djajasinga, MSc dan Ir. Hartono Atmosukardjo, atas terbitnya buku *Dinamika Kendaraan Rel* ini.

Penerbitan buku ini sebagai bentuk kepedulian dan rasa tanggung jawab dari Dosen dalam mengatasi kelangkaan buku/literature transportasi darat dan perkeretaapian bagi mahasiswa/i Politeknik Transportasi Darat Indonesia-STTD, sekaligus merupakan karya nyata Dosen dalam mengemban amanat Tri Dharma Perguruan Tinggi, untuk kemudian buku ini dapat dijadikan sebagai buku pedoman bagi mahasiswa/i dalam mata kuliah Dinamika Kendaraan Rel

Dalam memenuhi kebutuhan dan harapan akan kualitas pendidikan ke depan, diharapkan penerbitan buku/literature ilmiah dapat lebih berkembang lagi sesuai dengan Visi dan Politeknik Transportasi Darat Indonesia-STTD Pada akhirnya, kami mengucapkan selamat bekerja dan berkarya kepada segenap Sivitas Akademika Politeknik Transportasi Darat Indonesia-STTD

Jakarta, 18 Mei 2020

Penulis

PRAKATA

Sebagai seorang ahli dibidang perkeretaapian, seperti penguji sarana, perawatan sarana, investigator sebelum belajar pengetahuan berkaitan dengan keahliannya harus mempunyai dinamika kendaraan jalan rel. Dengan mengetahui dinamika kendaraan jalan rel mempermudah peserta untuk belajar tentang keahliannya di bidang perawatan, pengujian dan rancang bangun karena dengan belajar modul ini akan mengerti kaitan kegiatannya dalam mendukung agar sarana bisa berfungsi sesuai dengan sistem kerjanya.

Buku dinamika kendaraan rel ini membahas berkaitan dengan: gaya traik, hambatan, beban tarik lokomotif dan pembahasan yang berkaitan dengan pengereman, kedudukan sarana di lengkung dan getaran berlaku untuk sarana secara umum, sehingga dapat lebih mudah untuk mengikuti pendidikan dan pelatihan keahlian di bidang sarana tanpa penggerak.

Semoga buku ini dapat memberikan pemahaman tentang penerapan dinamika sarana dalam kegiatan di bidang perkeretaapian. Buku ini karya nyata Dosen dalam mengemban amanat Tri Dharma Perguruan Tinggi, untuk kemudian buku ini dapat dijadikan sebagai buku pedoman bagi mahasiswa/i dalam mata kuliah Dinamika Kendaraan Rel. Selamat membaca.

Jakarta, 18 Mei 2020

Penulis

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	iii
PRAKATA.....	iv
DAFTAR ISI	v
BAB 1 PENGERTIAN KERETA API.....	1
A. Definisi Kereta Api.....	1
B. Gaya-gaya pada Kereta Api.....	2
BAB 2 GAYA PERCEPATAN KERETA API	6
A. Pendahuluan.....	6
B. Periode Mula Gerak.....	6
BAB 3 LATIHAN MENGHITUNG Z_p	11
A. Pendahuluan.....	11
B. Latihan Menghitung Z_p	12
BAB 4 PERCEPATAN KERETA API	13
A. Pendahuluan.....	13
B. Perhitungan Percepatan (a).....	13
C. Perhitungan Waktu Mula Gerak.....	15
D. Perhitungan Jarak Mula Gerak.....	16
BAB 5 LATIHAN MENGHITUNG a_r, t dan S.....	17
A. Pendahuluan.....	17
B. Latihan Menghitung.....	18
BAB 6 KERUGIAN MULA GERAK KERETA API (KA).....	19
A. Kerugian Tempo Mula Gerak.....	19
B. Diagram Mula Gerak.....	20
C. Kecepatan	22
D. Grafik Kecepatan Operasi.....	24
BAB 7 KONTAK RODA DAN REL.....	25
A. Pendahuluan.....	25
B. Kontak Antara Roda dan Rel.....	25
BAB 8 GERAK PERANGKAT RODA & BOGIE	30
A. Gerak Perangkat Roda	30
B. Kendaraan Rel di Lengkung.....	31
BAB 9 KEAMANAN GULING	36
A. Peninggian Jalan Rel, Lengkung peralihan dan Lengkung S	36

BAB 10 SARANA DI LENGKUNG	42
A. Penelitian Sarana Di Lengkung.....	42
BAB 11 APLIKASI DIAGRAM ROY	49
A. Contoh Aplikasi Diagram Roy Pada Gerbong GD 42.....	49
BAB 12 DIAGRAM VOGEL.....	52
A. Diagram Vogel.....	52
BAB 13 APLIKASI DIAGRAM VOGEL	60
A. Contoh Aplikasi Diagram VOGEL pada Kereta.....	60
BAB 14 RUANG BEBAS DAN RUANG BATAS SARANA.....	63
A. RUANG BEBAS.....	63
B. Diagram Ruang Batas Sarana.....	64
C. Lampiran	64
DAFTAR PUSTAKA	71
BIOGRAFI PENULIS	72
BIOGRAFI PENULIS	74

BAB 1

PENGERTIAN KERETA API

A. Definisi Kereta Api

Pada BAB I Ketentuan Umum di dalam Undang-undang Republik Indonesia No. 23 tahun 2007 tentang Perkeretaapian, disebutkan bahwa:

- a. Kereta Api adalah sarana perkeretaapian dengan tenaga gerak, baik berjalan sendiri maupun dirangkaikan dengan sarana perkeretaapian lainnya, akan atau sedang bergerak di jalan rel yang terkait perjalanan kereta api
- b. Sarana perkeretaapian adalah kendaraan yang dapat bergerak di jalan rel.

Pada BAB VIII: Sarana Perkeretaapian, pasal 96 disebutkan bahwa, Sarana Perkeretaapian menurut jenisnya terdiri atas :

- a. Lokomotif,
- b. Kereta,
- c. Gerbong, dan
- d. Peralatan khusus.

Dengan demikian Kereta Api dapat dicontohkan sbb:

- a. Lokomotif yang bergerak sendiri (LOKS), merupakan lokomotif yang bergerak dari stasiun awal dekat depo lokomotif menuju ke stasiun tujuan untuk disambungkan pada rangkaian kereta atau gerbong,
Misal lokomotif dari stasiun Jatinegara menuju ke stasiun Jakarta kota, atau Pasarsenen untuk dirangkaikan dengan KA Penumpang, atau ke stasiun Jakarta gudang untuk dirangkaikan dengan KA Barang.
- b. Kereta Api Penumpang, merupakan lokomotif yang dirangkaikan dengan sejumlah kereta, bisa terdiri dari kereta kelas 1 (K1), kereta kelas 2 (K2), kereta kelas 3 (K3), kereta

makan (M), kereta penumpang dengan fasilitas makan/restoran (KM), kereta makan yang dilengkapi dengan pembangkit listrik (KMP), kereta pembangkit listrik (P) ataupun kereta bagasi yang dilengkapi dengan pembangkit listrik (BP).

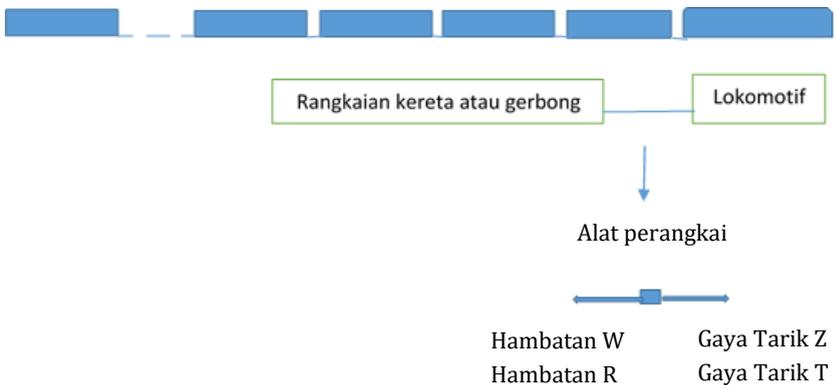
- c. Kereta Api Barang, merupakan lokomotif yang dirangkaikan dengan sejumlah gerbong. Untuk kereta api barang jumlah gerbong yang banyak, missal 60 gerbong batu bara, lokomotif penarik bisa 2 unit atau 3 unit.
- d. Kereta Rel Diesel (KRD),
- e. Kereta Rel Listrik (KRL),
- f. Lokomotif yang menarik kereta ukur, kereta penolong atau kereta khusus lainnya.

B. Gaya-gaya pada Kereta Api

- a. Kereta Api yang ditarik Lokomotif
Lokomotif yang mempunyai sumber tenaga penggerak dan roda penggerak akan menghasilkan gaya tarik untuk menarik rangkaian kereta atau gerbong berupa hambatan.
- b. KRD atau KRL
Pada KRD atau KRL terdapat kereta yang mempunyai tenaga penggerak yang akan menghasilkan gaya tarik untuk menggerakkan dirinya sendiri dan menarik kereta yang tidak mempunyai penggerak.



Lokomotif CC 206 menarik 30 GD42 (KA Semen Galuh)



Lokomotif menghasilkan Gaya Tarik $Z = \text{Zug kraft}$, atau

$T = \text{Tractive Effort}$,

Rangkaian kereta atau gerbong menahan, menimbulkan tahanan = hambatan

$W = \text{Wierstand}$ atau $R = \text{Resistance}$.

Bila gaya tarik lebih kecil atau sama dengan hambatan, maka KA akan diam.

Bila gaya tarik lebih besar dari hambatan, maka KA bisa bergerak maju.

INGAT HUKUM NEWTON.

REFRESHING FISIKA DASAR

Hukum Newton 1

Bunyi: “Jika resultan pada suatu benda sama dengan nol, maka benda yang diam akan tetap diam dan benda yang bergerak akan tetap bergerak dengan kecepatan tetap”.

Hukum Newton 2

Bunyi: “Percepatan sebuah benda berbanding lurus dengan gaya total yang bekerja padanya dan berbanding terbalik dengan massanya. Arah percepatan sama dengan arah gaya total yang bekerja padanya”.

Berdasarkan Hukum Newton II, kamu dapat memahami bahwa suatu benda akan bertambah kelajuannya jika diberikan gaya total yang arahnya sama dengan arah gerak benda. Akan tetapi, jika arah gaya total yang diberikan pada benda tersebut berlawanan dengan arah gerak benda maka gaya tersebut akan memperkecil laju benda atau bahkan menghentikannya.

Karena perubahan kelajuan atau kecepatan merupakan percepatan. Maka dapat disimpulkan bahwa gaya total yang diberikan pada benda dapat menyebabkan percepatan. Contoh penerapan hukum Newton II dapat kamu amati apabila kamu menendang sebuah bola (artinya kamu memberikan gaya kepada bola), maka bola tersebut akan bergerak dengan percepatan tertentu.

Hukum Newton II dinotasikan dengan rumus:

$$\sum F = m \cdot a$$

Dimana:

$$\sum F = \text{gaya total yang bekerja pada benda (N)}$$

$m = \text{massa benda (kg)}$

$a = \text{percepatan benda (m/s}^2\text{)}$

Hukum Newton 3

Bunyi: “Ketika suatu benda memberikan gaya pada benda kedua, benda kedua tersebut memberikan gaya yang sama besar tetapi berlawanan arah terhadap benda pertama.”

BAB 2

GAYA PERCEPATAN KERETA API

A. Pendahuluan

Setiap lokomotif mempunyai karakteristik diagram gaya tarik (Tractive Effort Diagram) yang diterbitkan oleh pabrik pembuat lokomotif. Diagram ini menunjukkan besarnya gaya tarik yang dapat dibangkitkan pada alat perangkai lokomotif (dalam kgf atau kN), sebagai fungsi kecepatan (km/j). Dalam praktek operasional, diagram ini tidak digunakan karena harus dilakukan perhitungan dulu hambatan kereta apinya, yaitu tonase dari rangkaian kereta seluruhnya. Diagram ini biasanya digunakan oleh bagian engineering untuk perhitungan dan analisis karakteristik lokomotif.

Suatu rangkaian kereta api yang selanjutnya disebut “Kereta Api” adalah susunan kendaraan rel yang dapat terdiri dari lokomotif yang menarik sejumlah kereta penumpang, atau gerbong barang atau campuran kereta penumpang dan gerbong barang. Kereta api dapat bergerak menggelinding di atas rel karena ada gaya tarik yang dibangkitkan oleh lokomotif. Sedangkan kereta api yang bergerak mempunyai hambatan yang berupa gesekan antara roda dan rel, gesekan pada bantalan, momen kelembaman barang yang berputar, perlawanan angin, perlawanan gaya gravitasi pada jalan rel menanjak dan perlawanan pada jalan rel belokan.

B. Periode Mula Gerak

1. PERHITUNGAN GAYA TARIK DAN HAMBATAN

Gaya tarik yang dihasilkan oleh lokomotif Z (kgf) berbanding lurus dengan besarnya daya mesin N (HP) dikalikan dengan factor

efisiensi η , dan berbanding terbalik dengan kecepatan V (km/jam).

$$Z = \frac{270 \cdot N}{V} \cdot \eta \quad (\text{kgf})$$

Rumus ini diperoleh dari rumus umum

Daya = Gaya x Kecepatan

$$N = (Z \cdot V) / 270$$

270 adalah faktor konversi N (HP), V (km/jam)

Sedangkan daya mesin N disalurkan ke roda penggerak dengan efisiensi η .

Gaya tarik yang terjadi pada alat perangkai Lokomotif adalah gaya tarik roda penggerak Z dikurangi hambatan lokomotif W_L (kg)

$$Z_k = Z - W_L$$

$$Z = \frac{270 \cdot N}{V} \cdot \eta \quad \text{dan} \quad Z_a = f_a \times G_a \quad \text{untuk saat start dari } V = 0 \text{ km/jm,}$$

f_a = koef adhesi di rel.

$$wL = P + Q \frac{F}{GL} \left(\frac{V}{10} \right) \quad (\text{kg/ton})$$

$$WL = wL \times GL$$

GL = berat lokomotif dalam ton

Pada hambatan lokomotif, Koefisien P = factor konstruksi penggerak, Q = factor bentuk kabin, F = luas penampang lokomotif dalam m^2 , dan V = kecepatan dalam km/jam.

Contoh:

Untuk lokomotif CC 201, mempunyai karakteristik data sbb:

Daya mesin $N = 1950$ HP

Berat lokomotif $GL = 84$ ton

Koefisien $P = 2,86$, koefisien $Q = 0,69$

Luas penampang lokomotif $F = 10 \text{ m}^2$

Selanjutnya hambatan rangkaian KA W_w (kg), dihitung dengan rumus :

$$W_w = w_w \cdot G_w$$

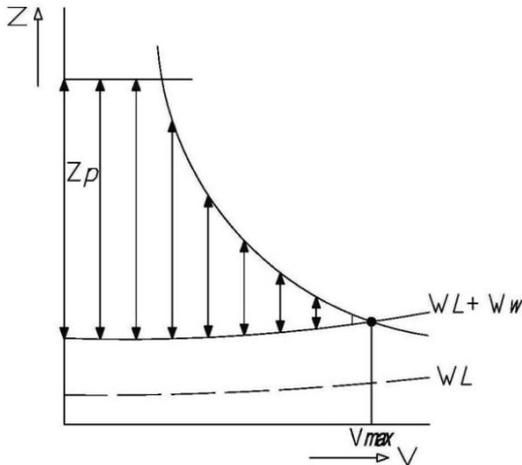
G_w = berat rangkaian yang ditarik lokomotif (ton)

$$\text{Dan } w_w = (2,5 + (V^2/4000)) \quad (\text{kg/ton})$$

2. PERHITUNGAN GAYA PERCEPATAN (Z_p)

Gaya percepatan $\rightarrow Z_p = Z_k - W_w$

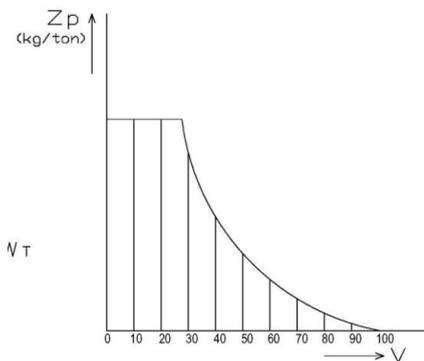
Gaya tarik pada alat perangkai $\rightarrow Z_k = Z - W_L$



$$Z_p = Z - W_L - W_w$$

$$Z_p = Z - W_T$$

V_{max} = Kecepatan maksimum yang bisa dicapai oleh lokomotif yang menarik rangkaian.



Dibagi interval $\Delta V = 10$ km/jam, setiap interval

Z dalam (kg/ton)

Massa rangkaian (lokomotif+rangkaian kereta/gerbong)

$m + 10\%$ untuk massa yang berputar seperti roda.

$$m = \frac{1,1 \times G}{g} \left(\frac{kg}{m} / det^2 \right)$$

$$G = GL + Gw$$

Untuk setiap interval, besarnya percepatan rata-rata:

$$ar = \frac{Zp}{m} \left(\frac{kg}{kg \cdot det^2} / m \right)$$

MENGHITUNG DAN MENGGAMBAR KURVA GAYA PERCEPATAN

V (km/jam)	Z (kgf)	wL (kg/ton)	WL (kg)	wW (kg/ton)	WW (kg)	Zp (kg)
0						
10						
20						
30						
40						
50						
60						
70						
80						
90						
100						

Kemudian dibuat grafik dengan sumbu X menyatakan kecepatan V (km/jam) dan sumbu Y menyatakan gaya percepatan Zp (kgf).

CONTOH:

Lokomotif CC 206 menarik 20 gerbong GD 45.

Hitung dan gambarkan kurva gaya tarik percepatan Z_p vs V .

(Data lokomotif CC 206: daya mesin $N= 2250$ HP, berat $GL= 88$ ton, $F= 10$ m, $P=2,86$; $Q=0,55$, data gerbong: berat tiap gerbong GD45, $G1= 60$ ton).

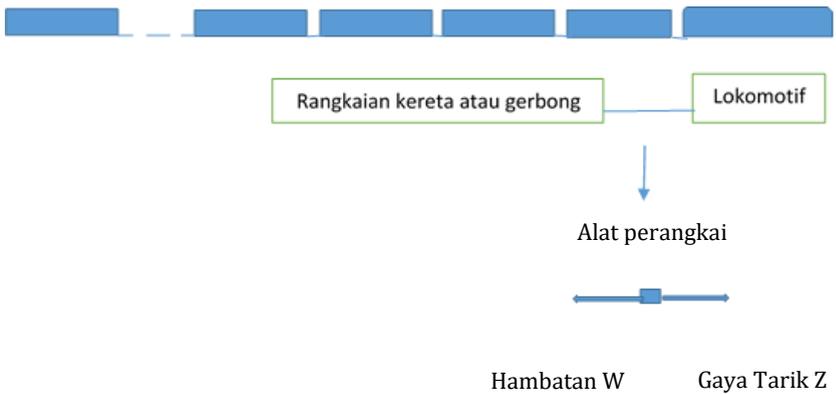
BAB 3

LATIHAN MENGHITUNG Z_p

A. Pendahuluan



Lokomotif CC 206 menarik 30 GD42 (KA Semen Galuh)



B. Latihan Menghitung Z_p

Lokomotif CC 206 dengan daya mesin $N = 2250$ HP, menarik 20 gerbong GD 42 dengan berat isi muatan semen setiap gerbong $G_1 = 60$ ton.

Data lokomotif: berat $GL = 88$ ton, koefisien $P=2,86$, $Q= 0,55$, $F= 10$ m², $\eta= 0,82$, $\mu= 0,25$.

- 1) Hitung gaya tarik lokomotif Z_a dan Z , hambatan lokomotif w_L , W_L , hambatan gerbong w_w , W_w , gaya tarik percepatan Z_p .
- 2) Buatlah tabel 1.
- 3) Gambarkan grafik gaya tarik percepatan vs kecepatan V .

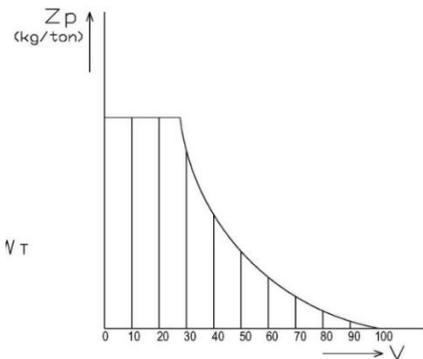
BAB 4

PERCEPATAN KERETA API

A. Pendahuluan

Pada saat kereta api yang terdiri dari lokomotif menarik rangkaian kereta atau gerbong mulai bergerak, daya mesin akan ditingkatkan secara bertahap oleh masinis sampai mencapai maksimum. Perubahan kecepatan persatuan waktu sampai mencapai kecepatan maksimum disebut percepatan kereta api.

B. Perhitungan Percepatan (a)



Kurva Gaya percepatan, pada kecepatan rendah berupa garis datar lurus, setelah kecepatan adhesi kurva berbentuk hyperbola. Untuk menghitung percepatan digunakan Hukum Newton.

Pendekatan dilakukan untuk setiap interval kecepatan, atau selang setiap X km/jam.

Misal dibagi interval $\Delta V = 10$

km/jam, setiap interval

Terdapat nilai Gaya tarik percepatan Z dalam (kgf)

Massa rangkaian (lokomotif+rangkaian kereta/gerbong)

Massa Kereta Api yang merupakan kendaraan yang menggelinding adalah $m + 10\%$ untuk massa yang berputar seperti roda.

$$mKA = \frac{1,1 \times G}{g} \left(\frac{kg}{m} / det^2 \right)$$

$$G = GL + Gw$$

Untuk setiap interval, besarnya percepatan rata-rata:

$$ar = \frac{Zpr}{mKA} = \frac{Zpr}{\frac{Gka}{g} \times 1,1} = \frac{Zpr}{\left(\frac{GL+Gw}{g} \right) \times 1,1} \left(\frac{m}{det^2} \right)$$

Gaya percepatan rata-rata setiap interval Zpr adalah:

$$Zpr = (Zpn + Zpn+1)/2$$

Atau dapat dihitung secara total:

Tabel 2

Interval ke-	V (km/j)	Vr (m/det)	ΔV (m/det)	Zpr (kg)	ar (m/det ²)	t (det)	S (m)
1	0-10	1,39	2,78	Zpr1	ar1	t1	S1
2	10-20	4,17	2,78	Zpr2	ar2	t2	S2
3	20-30	6,94	2,78	Zpr3	ar3	t3	S3
4	30-40	9,72	2,78	Zpr4	ar4	t4	S4
5	40-50	12,5	2,78	Zpr5	ar5	t5	S5
6	50-60	15,3	2,78	Zpr6	ar6	t6	S6

dst.

Keterangan:

V = Kecepatan Interval

Vr = Kecepatan rata-rata

ΔV = Selisih Kecepatan

Zk = Gaya Tarik kait rata-rata

Ww = Hambatan rangkaian rata-rata

Zpr = gaya percepatan rata-rata

ar = percepatan rata-rata

t = waktu

S = Jarak

Tabel 2.

Interval	V (km/j)	Vr (m/det)	ΔV (m/det)	Zpr (kgf)	ar (m/det ²)	t (det)	S (m)
1	0 - 10	1,39	2,78	Zpr1	ar1	t1	S1
2	10 - 20						
3	20 - 30						
4	30 - 40	9,72	2,78	10833	0,07	39,7	386
5	40 - 50						
6	50 - 60						
7	60 - 70						
8	70 - 80						
9	80 - 90						
10	90 - 100						

.....

$$\Delta V = 10 \text{ km/jam} = 10/3,6 = 2,78 \text{ (m/det)}$$

$$V_2 = 10/3,6 = 2,78 \text{ (m/det);}$$

$$V_3 = 20/3,6 = 5,5 \text{ (m/det) ...dst}$$

$$V_{r1} = (V_2 + V_1)/2 = (2,78 + 0)/2 = 1,39$$

$$V_{r2} = (V_3 + V_2)/2 = (5,5 + 2,78)/2 = 4,17$$

C. Perhitungan Waktu Mula Gerak

PERHITUNGAN WAKTU MULA GERAK

Untuk setiap interval:

$$V_1 = V_0 + at$$

$$t = (V_1 - V_0)/a = \Delta V/ar \text{ (det)}$$

ΔV = selisih kecepatan per interval (m/det)

ar = percepatan rata-rata per interval (m/det²)

Jumlah waktu mula gerak:

$$t_{\text{(total)}} = \sum_1^n \frac{\Delta V}{ar} \text{ (detik)}$$

ΔV dalam (m/det) atau $\Delta V/3,6$ (km/j); ar dalam (m/det²)

D. Perhitungan Jarak Mula Gerak

Jarak yang dicapai setiap interval:

$$S = V_r \times t \text{ (m)}$$

V_r = kecepatan rata-rata setiap interval (m/det)

t = tempo/waktu rata-rata setiap interval (detik)

Jarak total mula gerak:

$$S_{\text{tot}} = \sum_1^n (V_r \times t) \text{ (m)}$$

Contoh:

Lok. CC 206 pada modul sebelumnya, perhitungan dilanjutkan dengan membuat tabel 2.

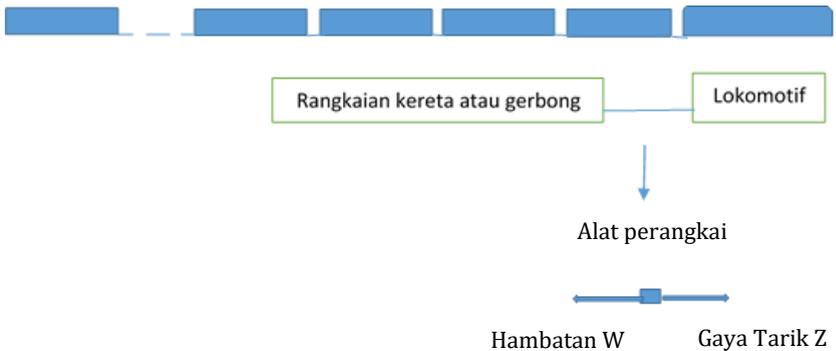
BAB 5

LATIHAN MENGHITUNG ar, t dan S

A. Pendahuluan



Lokomotif CC 206 menarik 30 GD42 (KA Semen Galuh)



B. Latihan Menghitung

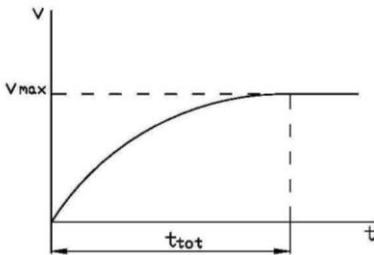
Lanjutan latihan modul 3

- 1) Hitung gaya tarik rata-rata Z_{pr} , percepatan rata-rata a_r , waktu tempuh t dan jarak tempuh S .
- 2) Buatlah tabel 2.
- 3) Gambarkan grafik mula gerak t vs V .

BAB 6

KERUGIAN MULA GERAK KERETA API (KA)

A. Kerugian Tempo Mula Gerak



$t_{tot} \rightarrow$ untuk mencapai jarak S_{tot}

$t_{tot} \rightarrow V$ dari 0 ke V_{maks}

Bila V_{maks} untuk mencapai jarak S_{tot} :

$$\text{Maks. } t_1 = S_{tot} / V_{maks} = S_{tot} / (V_{maks} / 3,6) = S_{tot} \cdot 3,6 / V_{maks}$$

Kerugian waktu karena starting/ mula gerak:

$$\begin{aligned} t &= t_{tot} - t_1 \\ &= t_{tot} - (S_{tot} \cdot 3,6 / V_{maks}) \end{aligned}$$

Pada waktu pengereman, kerugian waktu:

$$t = t_{rem} - (S_{rem} \cdot 3,6 / V_{maks})$$

B. Diagram Mula Gerak

1. Diagram Gaya-Percepatan ($Z_p - V$)

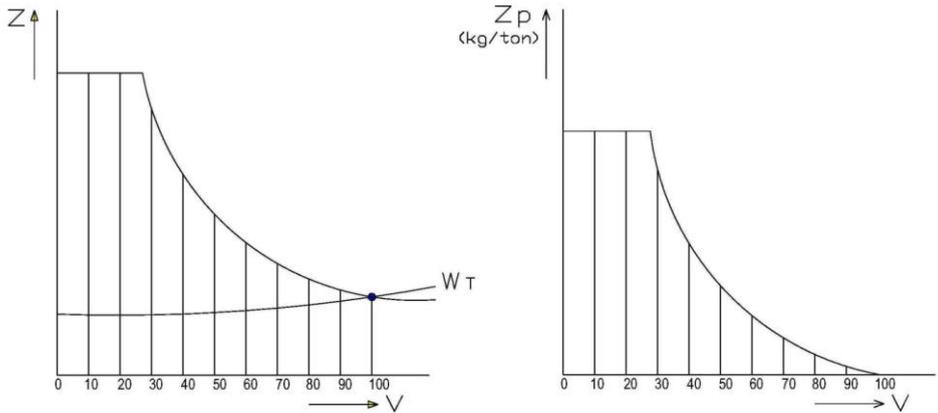
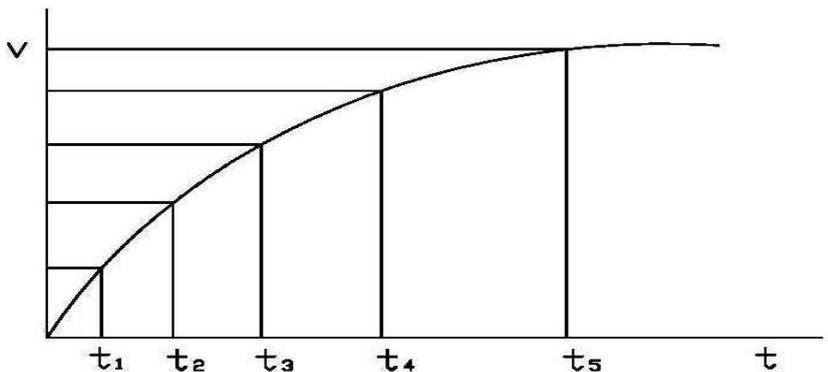


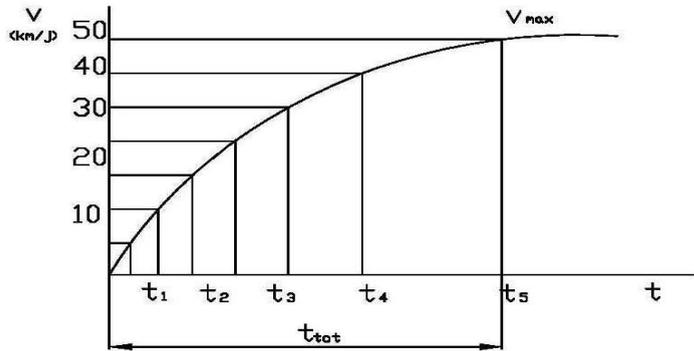
Diagram Gaya tarik Percepatan Z_p vs Kecepatan V .

2. Diagram Tempo Mula Gerak

Diagram $V - t$



Dari tabel 2 perhitungan percepatan a_r , waktu t , dapat digambar kurva V vs t .



3. Diagram Jarak Mula Gerak

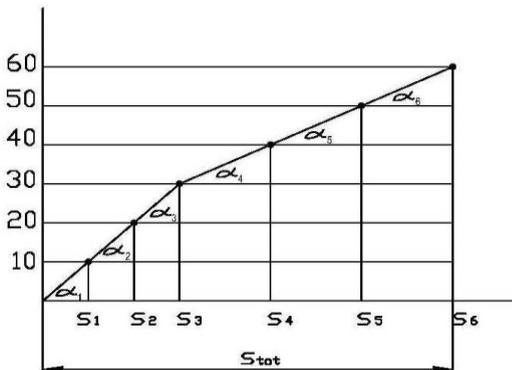
Diagram S - V

$$V = V_0 + a.t \rightarrow S = V_0.t + \frac{1}{2} a.t^2$$

$$V_0 = 0 \rightarrow V = a.t \rightarrow t = \frac{V}{a}$$

$$S = 0 + \frac{1}{2} a. \left(\frac{V}{a}\right)^2 = \frac{V^2}{2.a} \rightarrow a = \frac{V^2}{2.S}$$

pada V-S \rightarrow V kuadratis
 S biasa } skala



$$S = \frac{V^2}{2.a}$$

C. Kecepatan

1. Puncak kecepatan = P. K = V_{maks} = V_m

Puncak kecepatan jalan rel

Factor penentu:

- Geometri jalan rel : lurus ($V_{m1} = 120$ km/j), lengkung ($V_{m2} = 60$ km/j), tanjakan.
- Kondisi jalan rel : balas, bantalan, rel dst.

Puncak kecepatan Sarana

Factor yang berpengaruh:

- Jenis lok : CC 203; $V_{m1} = 120$ km/j
CC 202; $V_{m2} = 90$ km/j
- Jenis sarana : kereta gerbong
- Alat pengereman (air brake, hand brake)
 V_{max} tidak boleh dilampaui.

Pada perencanaan GAPEKA dihitung bukan dari V_{max} , tetapi $V_{operasi} = V_{kerja} = V_{inleg}$, karena selalu ada kegiatan/gangguan normal (naik turun penumpang, bongkar muat barang, bersilang KA, langsir).

Pemeliharaan jalan rel → Taspat

$$V_i = (85 - 90)\% V_m$$

Contoh:

KA Cepat $V_{max} = 90$ km/j

$$V_i = 90\% V_{max} = \left(\frac{90}{100}\right) \times 90 = 81 \text{ km/j}$$

Kerugian waktu yang bisa dikejar dalam jarak 100 km

$$\Delta t = \frac{100 \times 60}{81} - \frac{100 \times 60}{90} = (74,01 - 66,6) \text{ jam} = 7,41 \text{ jam}$$

$$\Delta t = t_1 - t_2 = \frac{s}{v_i} - \frac{s}{v_{max}}$$

KA Penumpang : $V_{max} = 60 \text{ km/j} \Rightarrow V_i = 90\% \times 60 = 54 \text{ km/j}$

Kerugian waktu yang dapat dikejar dalam jarak 100 km

$$t = \frac{100 \times 60}{54} - \frac{100 \times 60}{60} = 111,1 - 100 = 11,1 \text{ mt}$$

Penetapan V_i atas dasar kerugian waktu dalam 100 km, misal harus mengejar $t = 10 \text{ min}$; $V_{maks} = 90 \text{ km/j}$.

$$t = \frac{100 \times 60}{V_i} - \frac{100 \times 60}{V_{max}}$$

$$10 = \frac{100 \times 60}{V_i} - \frac{100 \times 60}{90}$$

$$10 + 111,1 = \frac{6000}{V_i} \rightarrow 121,1 V_i = 6000 \rightarrow V_i = 49,546$$

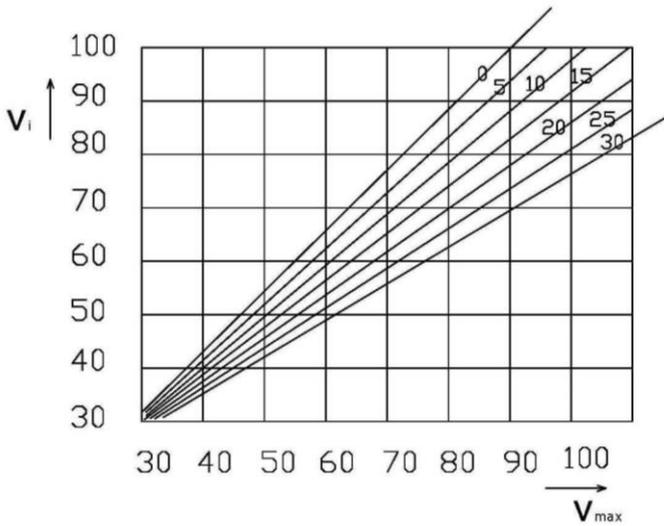
$$V_i = \frac{49.546}{90} \times 100\% = 55.05 \text{ km/j}$$

D. Grafik Kecepatan Operasi

Kerugian waktu yang harus dikejar dalam 100 km.

$$V_i = \frac{6000 \times V_{max}}{6000 + a \cdot V_{max}}$$

$a = 5, 10, 15, 20, 25$ s/d maks. 30 menit.



BAB 7

KONTAK RODA DAN REL

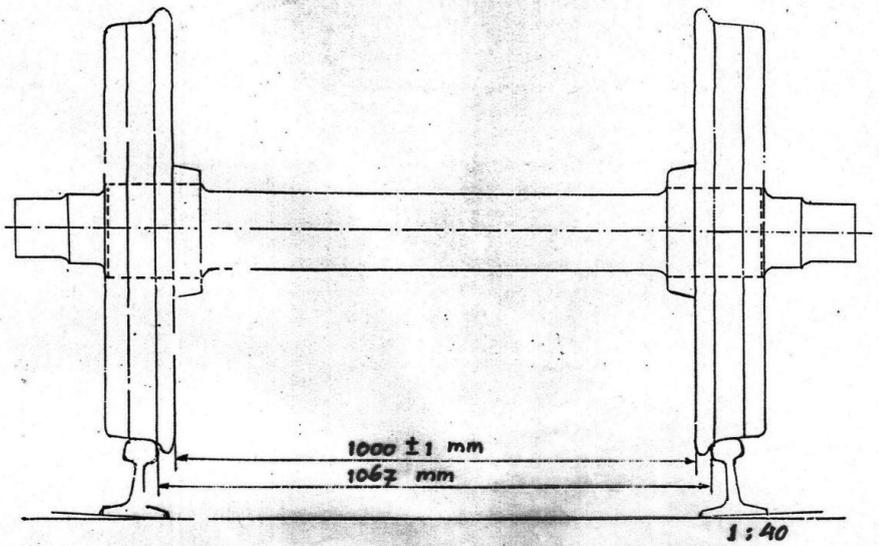
A. Pendahuluan

Termasuk penting juga dalam ilmu dinamika kendaraan rel adalah karakteristik yang menyangkut hubungan antar roda dan rel. Yang unik disini ialah adanya satu pasang roda yang disebut pasangan roda atau perangkat roda, yaitu *wheel set* dan satu pasang rel yang disebut pasangan rel atau sepur (*track*).

B. Kontak Antara Roda dan Rel

1. Perangkat Roda

Perangkat roda (*wheel set*) terdiri dari dua keeping roda yang dipasang pada satu gandar dengan cara ditekan/press menggunakan alat penekan hidrolik dengan prinsip ukuran sesuaian paksa (*shrink fit*). Jadi ukuran diameter lubang roda lebih kecil dibandingkan dengan ukuran diameter gandar, sehingga setelah dipasang sebagai perangkat roda akan berputar secara bersama pada waktu menggelinding. Ukuran perbedaan diameter tersebut ditetapkan dalam standar roda dan gandar.



Gambar Pasangan Roda (*Wheel Set*)

Perangkat roda yang telah dipasang bantalan gelinding (*roller bearing*) di kedua ujungnya disebut perangkat roda lengkap dan siap dipasang pada bogie Sarana Gerak.

Diameter roda sarana perkeretaapian di Indonesia, ada berbagai ukuran sbb:

- a. $d_1 = 700$ mm, pada gerbong GD 45 (PKPKW)
- b. $d_2 = 774$ mm, pada berbagai jenis kereta penumpang baik K1, K2, K3, M, KM, KMP, B, BP dan gerbong barang GD, GB, GT, GK untuk beban gandar maksimum 15 ton.
- c. $d_3 = 850$ mm, pada gerbong GB 50 (KKBW), GD 50 (PPCW) di Sumatera Selatan, kereta Argobromo Anggrek.
- d. $d_4 = 860$ mm, pada Kereta Rel Listrik (KRL), KRDE, KRDE.
- e. $d_5 = 914$ mm, pada lokomotif Diesel Elektrik dan Hidraulik,
- f. $d_6 = 1067$ mm, pada lokomotif CC 205,
- g. $d_7 = 1016$ mm, pada lokomotif CC 202.

2. Pasangan Roda dan Rel

Perangkat roda akan menggelinding pada jalan rel dengan ukuran dan bentuk profil permukaan roda sesuai dengan standar lebar jalan rel yang digunakan.

Ada tiga jenis lebar jalan rel atau lebar sepur, yaitu:

- a. Ukuran sempit (narrow gauge) yaitu: lebar jalan rel 1000 mm (Malaysia), 1067 mm (Indonesia, New Zealand, Afrika Selatan, Jepang, Philipina).
- b. Ukuran standar (Standard gauge) yaitu lebar jalan rel 1435 mm, seperti di China, Jepang (Shinkansen), Amerika, Kanada, Negara-negara Eropa (Jerman, Perancis, Belgia, Belanda, dst).
- c. Ukuran lebar (broad gauge) yaitu: 1520 mm (Rusia); 1600 mm (Irlandia, India); 1676 mm (Pakistan).

Ukuran dan bentuk profil roda pada waktu menumpu pada rel untuk lebar jalan rel 1067 mm di Indonesia adalah sbb:

Kemampuan beban gandar jalan rel akan menentukan berat lokomotif maksimum yang berkaitan dengan besar daya (HP) mesin yang digunakan, dan pada gerbong akan menentukan berapa ton muatan yang dapat diangkut, sedangkan untuk kereta penumpang yang relatif ringan tidak pernah memanfaatkan beban gandar maksimum.

BAB 8

GERAK PERANGKAT RODA & BOGIE

A. Gerak Perangkat Roda

- a. Pada jalan rel lurus akan terjadi gerak mengular atau *snake motion*, karena bentuk telapak roda adalah konus (1: 40), ada kerenggangan antara roda dan rel ($e = 4$ mm untuk setiap sisi), serta kedudukan rel yang dipasang miring terhadap bantalan. Panjang gelombang snake motion menurut Klingel:

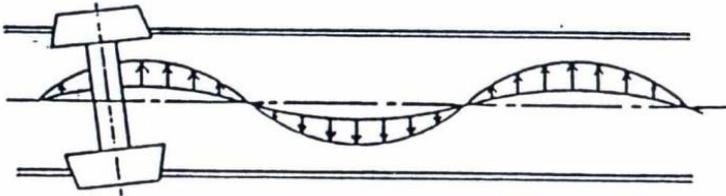
$$\lambda = 2\pi \sqrt{\frac{dS}{4\gamma}} \quad (m)$$

Keterangan:

d = diameter roda

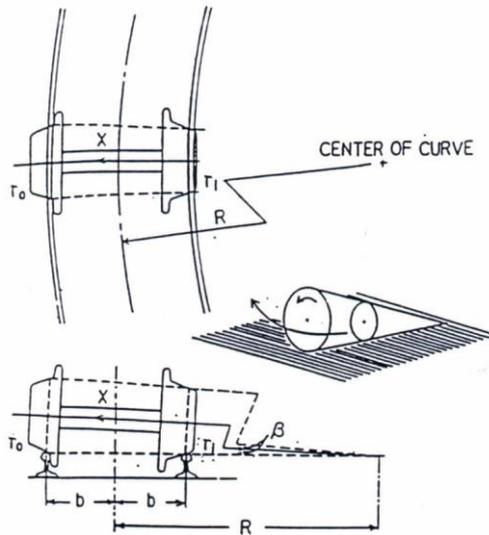
S = Jarak antara titik kontak roda dan rel kiri dan kanan

γ = Konisitas roda = 1 : 40 = 0.025



- a. Pada jalan rel lengkung akan terjadi gerakan membelok yang diarahkan oleh rel, bentuk telapak roda konus dan pelebaran rel, perangkat roda akan cenderung bergerak lurus sewaktu memasuki jalan lengkung sehingga salah satu flens roda akan menempel ke rel dan mengakibatkan diameter roda yang menempel ke permukaan rel lebih besar dibanding sisi lainnya, sehingga akan bergerak menggelinding dengan lintasan lebih jauh dan gerakan ini akan membuat perangkat roda berbelok.

Pada saat belok $r_o > r_1$ sehingga lintasan roda lebih jauh dari lintasan roda kanan $L_o > L_1$.



B. Kendaraan Rel di Lengkung

1. Pelebaran Jalan Rel

Pada waktu sarana / kendaraan rel berjalan melalui jalan rel lengkung, bagian flens roda akan menempel pada sisi dalam rel luar, baru kemudian kendaraan rel akan berbelok dengan adanya perbedaan diameter roda kiri dan kanan serta pengaruh gaya tarik antar kendaraan.

Pada jalan rel lengkung diadakan pelebaran jalan rel untuk mempermudah kendaraan rel yang melewatinya.

Pelebaran jalan rel ξ , besarnya tergantung dari jari-jari lengkung, sesuai Peraturan Dinas No. 10 (PD 10) - PT KAI (Persero) dan Peraturan Menteri Kepmenhub PM. No. 28 tahun 2011.

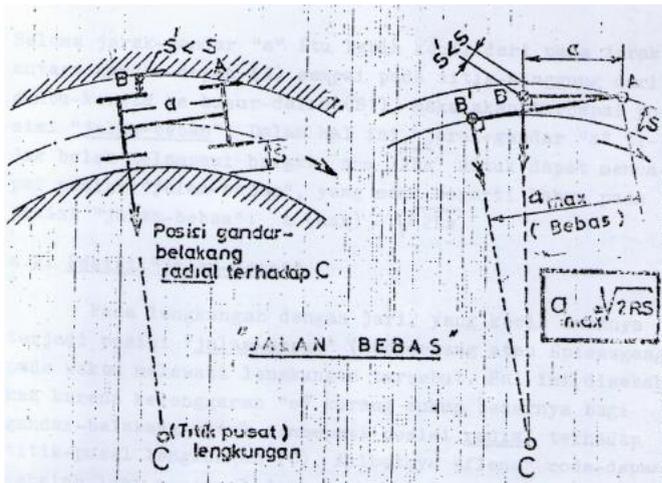
Jari-Jari Lengkung R (m)	Pelebaran δ (mm)
$R > 600$	0
$550 < R < 600$	5
$400 < R < 550$	10
$350 < R < 400$	15
$100 < R < 350$	20

2. Kedudukan Sarana Di Lengkung

Pada waktu kendaraan rel bergandar dua atau bogie melewati jalan rel lengkung terdapat beberapa kemungkinan kedudukan yaitu:

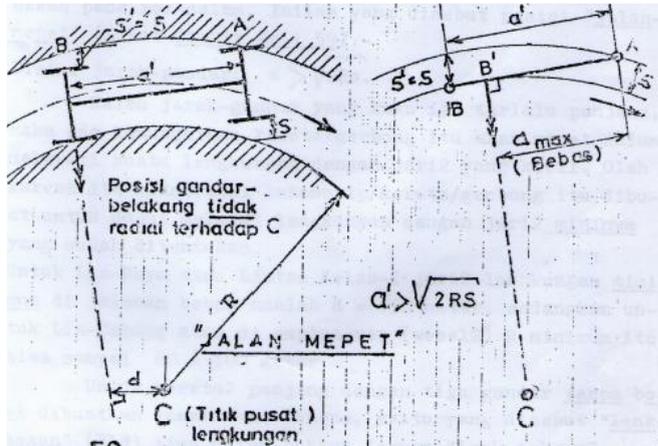
a. Berjalan Bebas (*Free Curving = Freilauf*)

Pada kedudukan berjalan bebas, roda depan akan menempel pada rel luar, sedangkan perangkat roda belakang dalam kedudukan bebas, tidak menempel pada rel dalam maupun rel luar.



b. Berjalan Mepet (*Constrained Running = Spiezzgang*)

Pada kedudukan jalan mepet, roda depan akan menempel pada rel luar dan roda belakang akan menempel pada rel dalam.



c. Berjalan Tali Busur

Bogie kereta atau gerbong dua gandar dapat mempunyai kedudukan jalan tali busur luar, pada kecepatan tinggi sewaktu melalui jalan rel dengan radius R atau kedudukan tali busur dalam bila berjalan dengan kecepatan rendah.



Berjalan tali busur luar



Berjalan tali busur dalam

3. Hubungan Jarak Gandar dan Radius Lengkung

Ukuran jarak gandar bogie atau kendaraan rel bergandar dua akan menentukan kedudukan pada waktu melalui jalan lengkung. Semakin panjang jarak gandar dan semakin kecil radius

lengkung akan semakin sulit pada waktu melalui jalan lengkung artinya roda depan akan menekan rel luar dan roda belakang akan menekan rel dalam.

Pada kedudukan tepat berjalan mepet dapat dihitung jarak gandar, sebagai fungsi radius lengkung dengan

penyederhanaan gambar bogie sebagai garis lurus atau roda kiri dan kanan ditiadakan/dipepetkan sehingga jarak antar rel menjadi tinggal kerenggangan S .

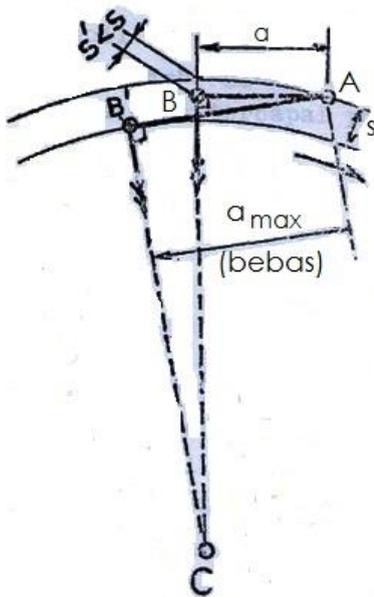
$$S = \sigma + \varepsilon \quad (\text{mm})$$

dimana:

S = Kerenggangan roda dan rel pada jalan rel lurus dan kondisi roda dan rel baru.

$$\sigma = 2e$$

ε = Pelebaran jalan rel untuk radius R .



AB' = Jarak gandar tepat pada kedudukan berjalan mepet.

Pada segitiga siku-siku CAB' :

$$CA^2 = (CB')^2 + (AB')^2$$

$$R^2 = (R - S)^2 + a^2$$

$$(AB')^2 = R^2 - (R - S)^2$$

$$(AB')^2 = R^2 - R^2 + 2RS - S^2$$

$$(AB')^2 = 2RS$$

$$AB' = \sqrt{2 \cdot R \cdot S}$$

(S kecil, S^2 mendekati 0)

Apabila ada bogie dengan jarak gandar AB' , kemungkinan terjadi kedudukan:

- Berjalan mepet bila $a \geq AB'$
- Berjalan bebas bila $a < AB'$

Contoh:

- a. Kereta dengan bogie NT60 mempunyai ukuran jarak gandar $a = 2200$ mm, melewati jalan rel lengkung dengan radius 150 meter. Tentukan kedudukan bogie tersebut.

Jawab:

Radius kelengkungan jalan rel, $R = 150 \text{ m} = 150000 \text{ mm}$

Pelebaran jalan rel, $\epsilon = 20 \text{ mm}$

Kerenggangan normal, $\sigma = 2e = 8 \text{ mm}$

$S = \sigma + \epsilon = 20 + 8 = 28 \text{ mm}$

$$AB' = \sqrt{2 \times 150000 \times 28}$$

$$AB' = \sqrt{8400000}$$

$$AB' = 2898 \text{ mm}$$

bogie NT60 $\Rightarrow a = 2200 \text{ mm} < AB' = 2898 \text{ mm}$ jadi dapat melewati lengkung dengan berjalan bebas.

- b. Tentukan kedudukan bogie Lok. CC 201 yang mempunyai ukuran jarak gandar $a = 3505$ mm pada radius $R = 150 \text{ m}$.

Jawab:

Dari perhitungan tersebut diatas dapat disimpulkan:

$$a = 3505 \text{ mm} > AB' = 2898 \text{ mm}$$

Jadi bogie Lok. CC 201 akan melewati radius, $R = 150 \text{ m}$ dengan berjalan mepet.

BAB 9

KEAMANAN GULING

A. Peninggian Jalan Rel, Lengkung peralihan dan Lengkung S

1. Peninggian Jalan Rel, Lengkung peralihan dan Lengkung S

- a. Pada jalan rel lengkung, selain diadakan pelebaran, diadakan pula peninggian rel luar sebesar h (mm) relative terhadap rel dalam sebagai fungsi dari radius R (m) dan kecepatan rencana V (km/jam).

$$h_{\text{normal}} = 5,95\left(\frac{V^2}{R}\right) \quad (\text{mm})$$

nilai peninggian jalan rel ditabelkan sesuai dengan Peraturan Menteri Perhubungan No. PM 28 tahun 2011, dengan tinggi maksimum $h = 110$ mm.

Contoh sebagian tabel:

R (m)	h (mm)		
	V = 100 km/j	V = 80 km/j	V = 60 km/j
200	-	-	110
300	-	-	75
350	-	110	65
400	-	100	55
550	110	70	40

- b. Pada bagian jalan rel sebelum dan sesudah memasuki radius lengkung R diadakan lengkung peralihan, agar bogie sarana dapat berbelok secara bertahap, tidak secara tiba-tiba dan penumpang akan tetap nyaman.

Lengkung peralihan adalah lengkung dengan radius yang berubah beraturan. Lengkung peralihan digunakan sebagai peralihan antara bagian lurus dan bagian lingkaran dengan radius R. Lengkung peralihan digunakan juga sebagai peralihan antara dua radius lingkaran yang berbeda.

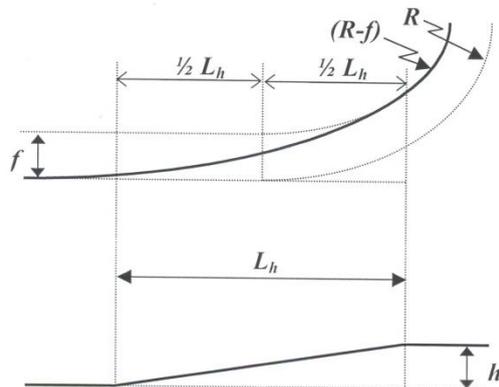
Panjang minimum lengkung peralihan (L_h) menurut peraturan Menteri Perhubungan No. PM. 28 tahun 2011 adalah:

$$L_h = 0.01 h \cdot V \text{ (mm)}$$

Dimana:

h = peninggian relative antara dua bagian yang dihubungkan (mm)

V = Kecepatan rencana untuk lengkung peralihan (km/jam)



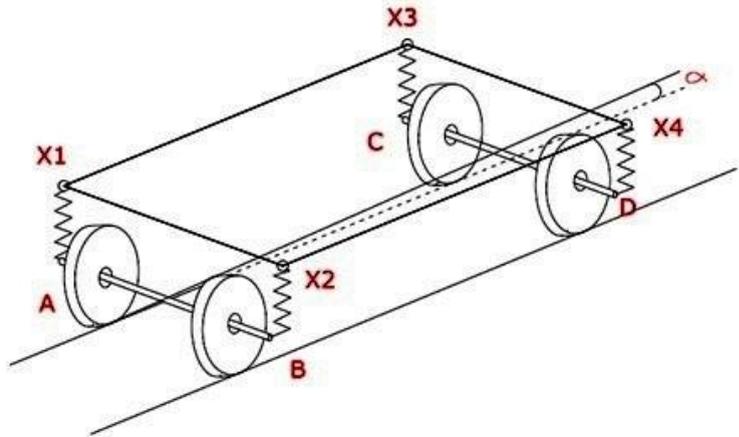
- c. Lengkung S terjadi bila dua lengkung dari suatu lintas jalan rel berubah arah dan terletak bersambungan. Antara dua lengkung yang berbeda arah tersebut harus ada bagian jalan rel lurus sepanjang minimum 20 meter diluar lengkung peralihan. Hal ini agar bila kereta penumpang yang melewati lengkung S, ada kesempatan untuk berkedudukan lurus sebelum berubah belok dan miring kearah yang berlawanan. (panjang badan kereta di Indonesia = 20 m).

2. Bogie dan Schelluw

Pada waktu sarana berbogie seperti kereta atau gerbong melewati jalan rel lurus dan rata maka kedudukan perangkat roda 1 dan perangkat roda 2 akan sejajar sambil berputar menggelinding.

Pada waktu jalan rel memasuki lengkung peralihan, secara bertahap rel luar akan ditinggikan terhadap rel dalam sampai mencapai peninggian h tepat memasuki lengkung radius R . dengan adanya peninggian relative bertahap pada lengkung peralihan maka perangkat roda yang berjalan berturutan pada bogie menjadi tidak sejajar. Sifat dari kedudukan 4 titik roda berbeda ini disebut schelluw = twist = skilu = puntir.

Oleh karena rangka bogie (*bogie frame*) pada kereta bersifat kaku, agar perangkat roda dapat mengikuti skilu jalan rel di lengkung peralihan maka masing-masing pegas dukung pada setiap roda akan berdefleksi (melendut) dengan langkah yang berbeda. Dalam hal ini berarti bahwa bogie dapat melewati lengkung peralihan dengan baik dan mulus.



Defleksi pegas: $X_1 = X_2$, $X_3 > X_4$

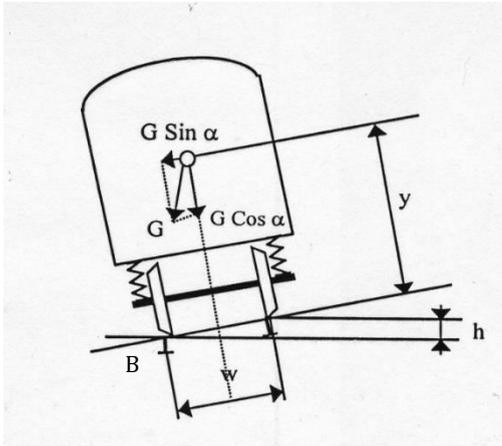
3. Keamanan Guling

a. Keseimbangan Statis

Faktor keamanan sarana terhadap bahaya guling harus dipenuhi baik untuk lokomotif, kereta, gerbong. Dalam menentukan faktor keamanan (*safety factor*) terhadap bahaya guling baik statis maupun dinamis, dikaitkan dengan lebar jalan rel, radius lengkung dan kecepatan.

Tinggi pusat titik berat maksimum untuk semua jenis sarana $y = 1.700$ mm dari permukaan kepala rel adalah cukup aman untuk operasional pada lintas pelayanan utama dengan radius terkecil.

Pada waktu sarana berhenti di radius terkecil $R = 150$ m dengan peninggian rel luar maksimum h



G = berat sarana

α = sudut kemiringan antara permukaan rel kiri & kanan

$w = 1120$ mm ; jarak titik kontak roda dan rel kiri dan kanan

$\text{tg } \alpha = h/w = \sin \alpha / \cos \alpha$

SF = *Safety factor* (faktor keamanan)

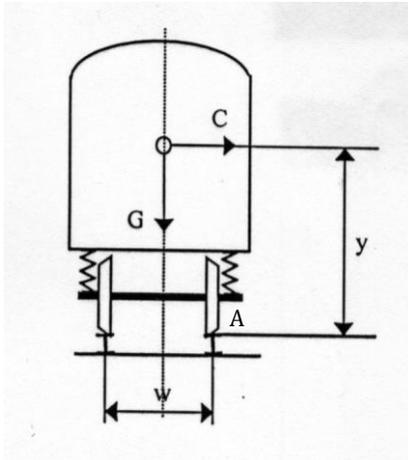
$$\begin{aligned} \Sigma M_B = 0 \quad \rightarrow \quad & (G \sin \alpha \cdot Y) \cdot SF = G \cos \alpha (w / 2) \\ & (\sin \alpha / \cos \alpha) = (G \cdot w) / G \cdot Y \cdot 2 \cdot SF \\ & (h / w) = w / SF \cdot 2 \cdot Y \\ SF & = w^2 / h \cdot 2 \cdot Y = (1120)^2 / 110 \cdot 2 \cdot 1700 \\ SF & = 3,35 \end{aligned}$$

b. Keseimbangan Dinamis

Bahaya guling kearah rel luar dapat terjadi bila sarana berjalan dengan kecepatan tinggi pada jalan rel lengkung dengan radius relative kecil.

Di sini tinggi pusat titik berat yang merupakan titik kerja gaya sentrifugal sarana sangat menentukan kecepatan guling sarana.

Dengan tinggi pusat titik berat $y = 1,700$ m, radius lengkung $R = 150$ m, jarak titik tumpu roda ke permukaan rel kiri dan kanan $w = 1,120$ m, percepatan gravitasi $g = 9,81$ m/det² dapat dihitung kecepatan guling sarana sbb :



Gaya sentrifugal

$$C = mV^2 / R$$

$$C = (G/g) V^2 / R$$

Keseimbangan terhadap titik B:

$$C \times y = G \times (w/2)$$

$$((G/g) \cdot V^2 / R) \cdot y = G \cdot (w/2)$$

$$V^2 = g \cdot R \cdot w / 2y$$

Misalkan untuk radius lengkung R

= 150 m, maka kecepatan guling

adalah:

$$V = \sqrt{g \cdot R \cdot w / 2 \cdot y}$$

$$V = \sqrt{9,81 \cdot 150 \cdot 1,12} / 2 \cdot 1,7$$

$$V = \sqrt{1646,4} / 3,4$$

$$V = \sqrt{484,23} \text{ m / det} = 22 \text{ m / det}$$

$$V = 3,6 \cdot 22 \text{ Km / j} = 79,2 \text{ Km / j}$$

$$V \approx 80 \text{ Km / j}$$

Dengan membandingkan kecepatan guling sarana terhadap kecepatan operasional yang diijinkan pada radius tersebut, diperoleh angka faktor keamanan (untuk R = 150 m, V maks = 80 Km / j).

BAB 10

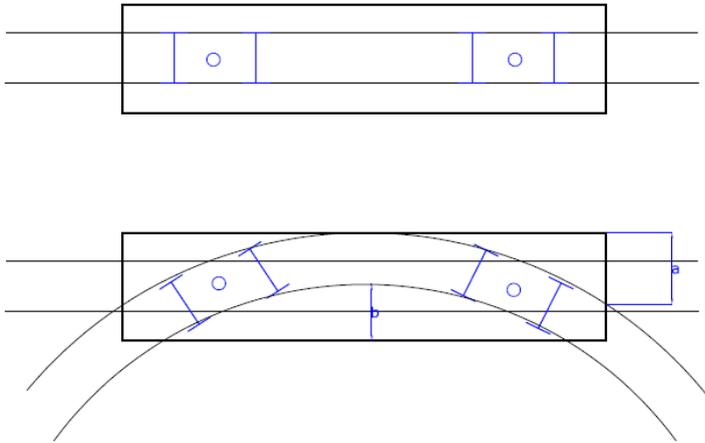
SARANA DI LENGKUNG

A. Penelitian Sarana Di Lengkung

Apabila sarana baik kereta , gerbong, lokomotif, KRD, KRL melalui jalan rel lengkung; bogie akan berputar pada pivot/center plate menyesuaikan radius lengkung, sedangkan badan kereta (body) akan tetap lurus.

Akibat dari kedudukan badan kereta yang tetap lurus, maka bagian ujung badan kereta akan berjarak lebih jauh terhadap rel luar, demikian pula bagian tengah badan kereta akan berjarak lebih jauh terhadap rel dalam.

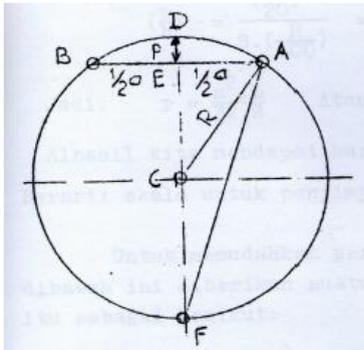
Jarak penyimpangan titik ujung badan kereta atau bagian tengah badan kereta dapat dicari secara grafis dengan menggambarkan kedudukan bogie, badan kereta tertentu pada lengkung jalan rel dengan radius tertentu dengan diagram.



a = penyimpangan titik ujung body
 b = penyimpangan titik tengah body

1. Diagram Roy

Diagram Roy digunakan sebagai pendekatan untuk menentukan/menghitung penyimpangan suatu titik pada sarana sewaktu melalui jalan rel lengkung dengan radius R .



AB = jarak gandar = a

$AE = EB = 1/2a$; $DE = p$

Pada segitiga DAF ,

$AE^2 = DE \times EF$

$(1/2a)^2 = p \times (2R - p)$

$1/4a^2 = 2R.p - p^2$

$a^2 = 8 R.p$

$p = \frac{a^2}{8R}$ (1)

(p kecil, maka p^2 mendekati 0)

Untuk menggambar secara grafis diperlukan skala panah p, jarak gandar a dan radius R. dua skala ditentukan dan skala yang ketiga didapat dari persamaan (1).

$$\begin{aligned}\text{Misal skala : } a &= 1 : 20 \\ R &= 1 : 100 \\ P &= 1 : b\end{aligned}$$

$$p = \frac{a^2}{8R}$$

$$\frac{p}{b} = \frac{\left(\frac{a}{20}\right)^2}{8\left(\frac{R}{100}\right)} = \frac{\frac{a^2}{400}}{\frac{8R}{100}} = \frac{a^2}{32R}$$

$$\frac{p}{b} = \frac{a^2}{32R}$$

$$p = \frac{a^2 b}{32R}$$

$$\frac{a^2}{8R} = \frac{a^2 b}{32R} \Rightarrow b = \frac{32}{8} = 4$$

jadi skala p = 1 : b = 1 : 4

Secara umum dapat diambil pedoman skala untuk diagram Roy:

Skala $p = 1 : b$; misal: $p = 1 : 4$

Skala $a = 1 : bn$; $= 1 : 4 \times 5 = 1 : 20$

Skala $R = 1 : bn^2 = 1 : 4 \times 5^2 = 1 : 100$

Contoh lain pemilihan skala yang disesuaikan dengan kertas untuk menggambar Diagram Roy:

Skala $p = 1 : 4$

Skala $a = 1 : 4 \times 25 = 1 : 100$

Skala $R = 1 : 4 \times 25^2 = 1 : 2500$

Selanjutnya untuk menggambar Diagram Roy dilakukan dengan langkah - langkah sbb:

- 1) Memahami soal yaitu ukuran kereta atau gerbong
- 2) Menetapkan skala yang sesuai dengan ukuran kereta, gerbong yang akan digambar pada Diagram Roy pada pada ukuran kertas yang sesuai,
- 3) Gambarkan pandangan depan dan samping dari kereta atau gerbong dengan skala a ,
- 4) Buat sumbu mendatar X dan vertical Y dengan garis tipis. Sumbu X berjarak secukupnya dari gambar gerbong pada langkah 3) dan sumbu Y simetris terhadap gambar 3) ke arah bawah.
- 5) Gambarkan lengkung rel luar dengan skala R dan berpusat pada sumbu Y ,

Hitung a jarak antara rel luar dan rel dalam $S =$

Dimana:

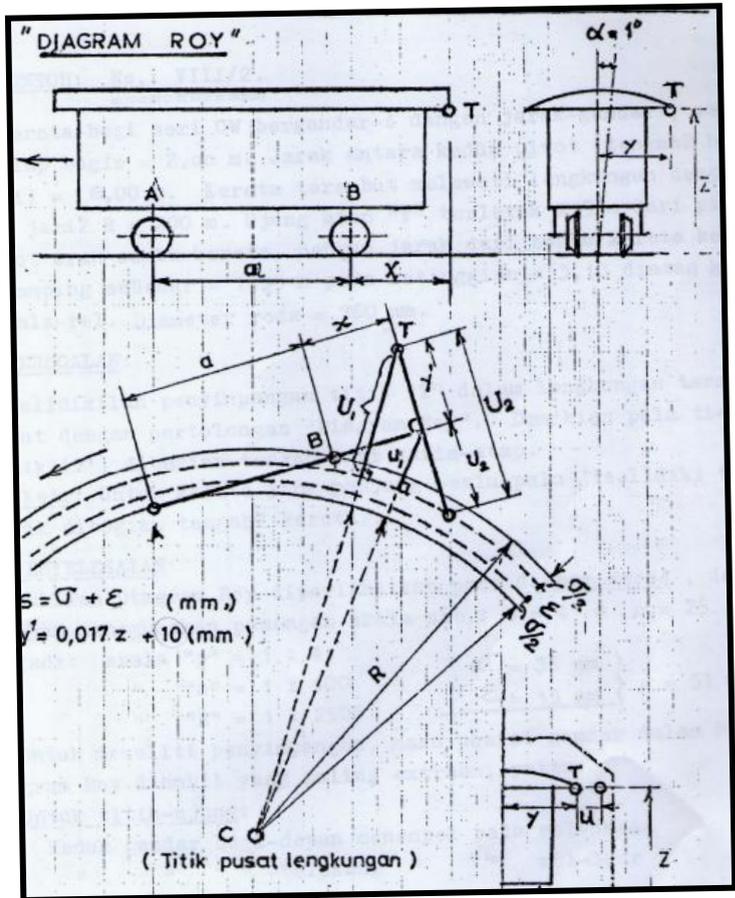
$$\sigma = 2 e = 2 \times 4 = 8 \text{ mm}$$

$E =$ pelebaran jalan rel sesuai radius R ,

- 6) Gambarkan lengkung Rel dalam dengan jarak S dari lengkung rel luar,

- 7) Gambarkan kereta atau gerbong sebagai garis lurus sesuai dengan jarak gandar a dari gerbong, dengan titik roda belakang menempel pada rel dalam dan roda depan menempel pada rel luar dan titik ujung gerbong dengan jarak X dari roda depan.
- 8) Gambarkan garis tegak lurus dari garis ujung gerbong ke arah atas dengan jarak y' dengan skala p untuk mendapatkan titik T
- $$y' = \sin\alpha \cdot Z + c = 0.017 \times Z + c$$
- Z = tinggi titik T pada gerbong
 α = kemiringan gerbong
 c = jarak gap antara *axle box* dan *frame*
- 9) Buatlah garis dari titik T menuju pusat lingkaran R , akan ketemu jarak U_1 dari titik T ke lengkung lingkaran dan jarak U_2 dari T ke lengkung lingkaran searah garis y'
- 10) Hitung penyimpangan titik T yaitu $UT = (U_1 + U_2) / 2$.

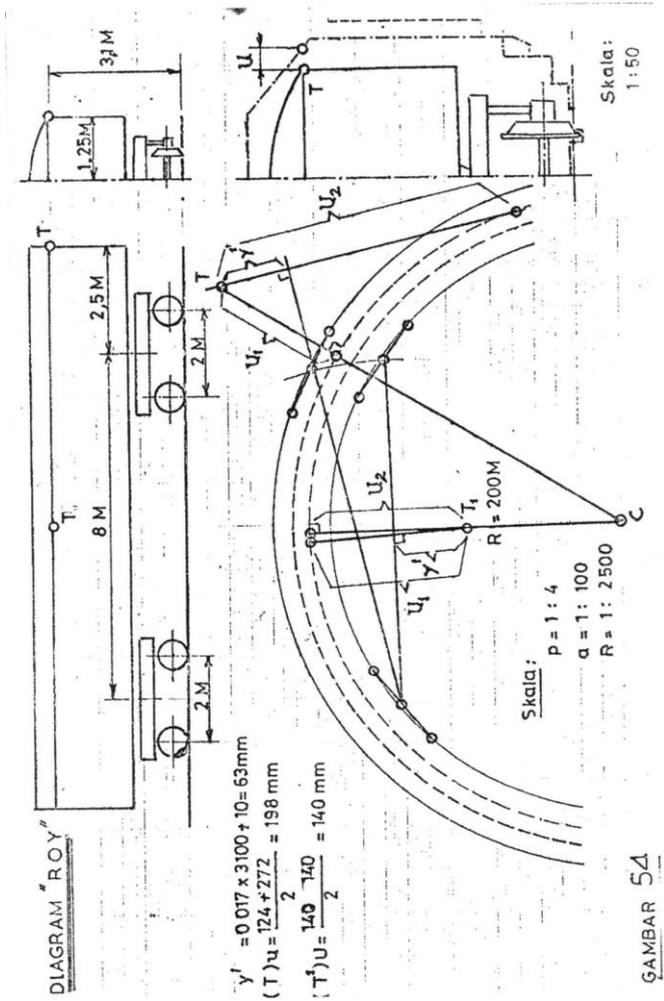
a. Diagram Roy gerbong 2 gandar



Pada waktu menggambar Diagram Roy untuk kereta atau gerbong 4 gandar/ berbogie, langkah ke 8 menggambar titik pusat bogie belakang pada lengkung rel dalam dan pusat bogie depan pada rel luar, kemudian gambarkan garis bogie depan dan belakang sesuai dengan jarak gandar bogie.

Langkah lain dan langkah selanjutnya sama dengan pada kereta atau gerbong 2 gandar.

b. Diagram Roy kereta/gerbong memakai bogie



GAMBAR 54

BAB 11

APLIKASI DIAGRAM ROY

A. Contoh Aplikasi Diagram Roy Pada Gerbong GD 42

Gerbong GD 42 (PPCW) memuat peti kemas ,

Diketahui:

$P = 12.10 \text{ m} = 12100/100 = 121 \text{ mm}$, $d = 2.438 \text{ m} = 2438/100 = 24.38 \text{ mm}$, $T1 = 2.438 \text{ m} = 2438 \text{ mm}/100 = 24.38 \text{ mm}$, $T2 = 1.00 \text{ m} = 1000\text{mm}/100 = 10 \text{ mm}$, $a = 1.5 \text{ m} = 1500 \text{ mm}/100 = 15 \text{ mm}$, $b = 8.4 \text{ m} = 8400 \text{ mm}/100 = 84 \text{ mm}$, $R = 200 \text{ m} = 200000 \text{ mm}/100 = 2000 \text{ mm}$. (awalnya dalam m \rightarrow dijadikan mm untuk jarak pada gambar).

Pertanyaan:

- Simpangan titik ujung atas peti kemas;
- Simpangan titik tengah body peti kemas, PPCW = gerbong 4 gandar.

Penyelesaian

Melukis Diagram Roy dengan skala sbb:

Skala melintang = $1 : b = 1 : 84$

Skala memanjang = $1 : b.n = 1 : 100$

$$P = \frac{a^2}{8R}$$

$$\frac{P}{b} = \frac{\left(\frac{a}{100}\right)^2}{8R/X}$$

$$\frac{P}{4} = \frac{(a)^2}{10000} \times \frac{X}{8R}$$

$$\frac{1}{4} = \frac{X}{10000} \rightarrow X = 10000/4 = 2500$$

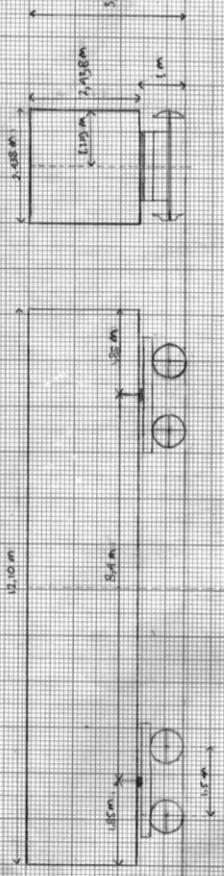
$$R = 1 : b.n^2 = 1 : 2500$$

Dari gambar diperoleh/diukur :

- a. $UT = (UT1 + UT2)/2 = (30 + 53)/2 = 83/2 = 41,5 \times 4 = 166$
mm
- b. $UTa = (UTa1 + UTa2)/2 = (36 + 36)/2 = 72/2 = 36 \times 4 =$
144 mm
- c. $S = \alpha + \epsilon = 36 + 15 = 51$ mm; $S = 51/4 = 12.75$ mm
- d. $y' = \sin\alpha \cdot Z + C1 = 0.017 \times 3438 + 10 = 68$ mm
- e. $y' = 68/4$ mm = 17 mm

1) Distan Rod

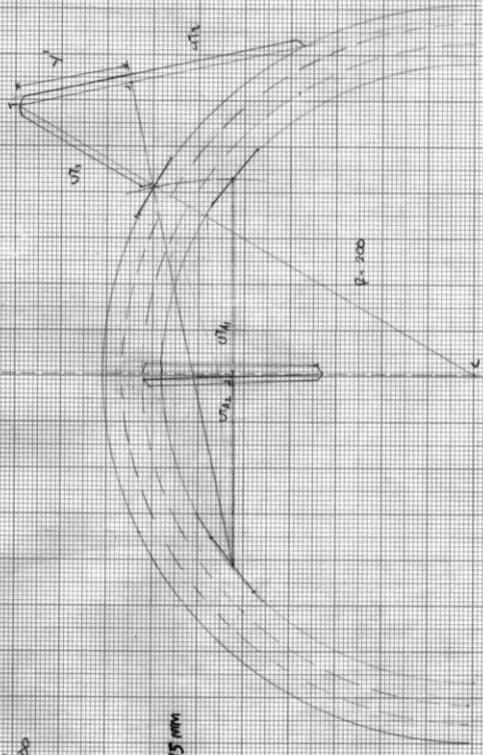
Alasan : Kandang, Yag
 Series : D / P / H
 Motor : 207.53.018



Skala
 P = 1:1
 A = 1:100
 R = 1:2500

$S = 2 + E$
 $= 36 + 5$
 $= 51 \text{ mm}$

$S = 51 \text{ mm} = 12,75 \text{ mm}$
 A
 $y = 68 \text{ mm}$
 $= 17 \text{ mm}$



$y = 2 \sin \alpha + C$
 $= 2(138 - 0,07) + 10$
 $= 689 \text{ mm}$
 $= 68 \text{ mm}$

$a) U_{G1} = \frac{cU_{H1} + U_{G2}}{2}$
 $= \frac{20 + 53}{2}$
 $= 11,5 \times 4$
 $= 166 \text{ mm}$

$b) U_{G2} = \frac{cU_{H2} + U_{G1}}{2}$
 $= \frac{36 + 36}{2}$
 $= 36 \times 4$
 $= 144 \text{ mm}$

BAB 12

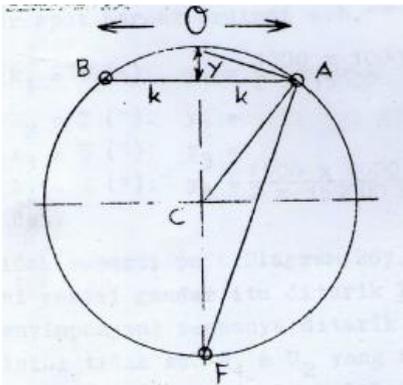
DIAGRAM VOGEL

A. Diagram Vogel

Untuk lengkungan dengan radius kecil, yaitu kurang dari 200 m dan kereta yang panjang yaitu 20 m, maka Diagram Roy menjadi kurang teliti atau kurang akurat. Metode yang digunakan adalah "Diagram Vogel" untuk mencari penyimpangan suatu titik pada sarana sewaktu melalui jalan lengkung.

Pada penggunaan diagram vogel ini lengkungan tidak dilukiskan sebagai bagian dari lingkaran tetapi merupakan bagian dari Ellips sehingga disebut Vogel Ellips. Untuk melukiskan Diagram Vogel ini cukup digunakan 2 macam skala yaitu:

- a. Skala melintang = 1 : b (untuk kelonggaran dan penyimpangan)
- b. Skala memanjang = 1 : bn (untuk jarak gandar dan radius lengkung).



$$\begin{aligned}
 OD &= y \\
 OD \times DF &= AD^2 \\
 y \times (2R - y) &= k^2 \\
 2R \cdot y - y^2 &= k^2 \\
 &(\text{Nilai } y \text{ terhadap } R \text{ sangat kecil,} \\
 &\text{sehingga } y^2 \text{ dapat diabaikan)} \\
 \text{Maka: } 2R \cdot y &= k^2 \\
 y &= k^2 / 2R
 \end{aligned}$$

untuk melukis Vogel Ellips, terlebih dahulu diambil titik tengah O sebagai titik nol. Kemudian diambil jarak-jarak tertentu dan tetap ke arah kanan dan kiri, yaitu k_1, k_2, k_3, k_4 , dst. Sebagai absis, dengan skala $1 : b_n$.

Ordinat pada jarak-jarak tersebut ditentukan dengan rumus: $y = (k^2/2R)$; digambar dengan skala $1 : b$ kemudian titik-titik dengan absis dan ordinat tersebut dihubungkan, maka akan terlukis sebuah ellips.

Ellips yang pertama menggambarkan rel luar, kemudian diukur jarak sebesar $S = (\sigma + \epsilon)$; yang merupakan kelonggaran antar roda dan rel total yang terdiri dari kelonggaran normal, $\sigma = 2 \times 4$ mm = 8 mm dan pelebaran ϵ pada jalan rel lengkung dengan radius R. dari jarak S ini dilukis ellips yang kedua dengan jarak yang tetap sebesar S dari ellips pertama.

Kemudian dilukis garis yang mewakili gerbong bergandar dua, bogie dan gerbong atau kereta dan lokomotif bergandar empat atau bergandar enam, dengan ukuran dan skala yang dipilih / ditetapkan. Pada diagram Vogel posisi bogie, gandar ditarik lurus kebawah, demikian juga nilai penyimpangan langsung ditarik garis tegak lurus kebawah sehingga langsung ketemu nilai U.

Contoh 1:

Gerbong barang 2 gandar dengan jarak gandar $a = 4$ m, melewati lengkungan dengan $R = 150$ m. ujung atap T terletak 1.8 m dari sumbu gandar pada ketinggian 2.8 m diatas kepala rel, dan berada 1.4 m dari sumbu-kereta kearah samping.

Pertanyaan:

Selidikilah dengan menggunakan Diagram Vogel penyimpangan dari titik T pada waktu melewati lengkungan tersebut.

Penyelesaian

Melukis Diagram Vogel dengan skala sbb:

Skala melintang = $1 : b = 1 : 2$

Skala memanjang = $1 : b.n = 1 : 80$

Diambil jarak ke kiri dan ke kanan = $k = 1,2,3,4$ dst (meter)
sehingga terdapat harga-harga ordinat sbb:

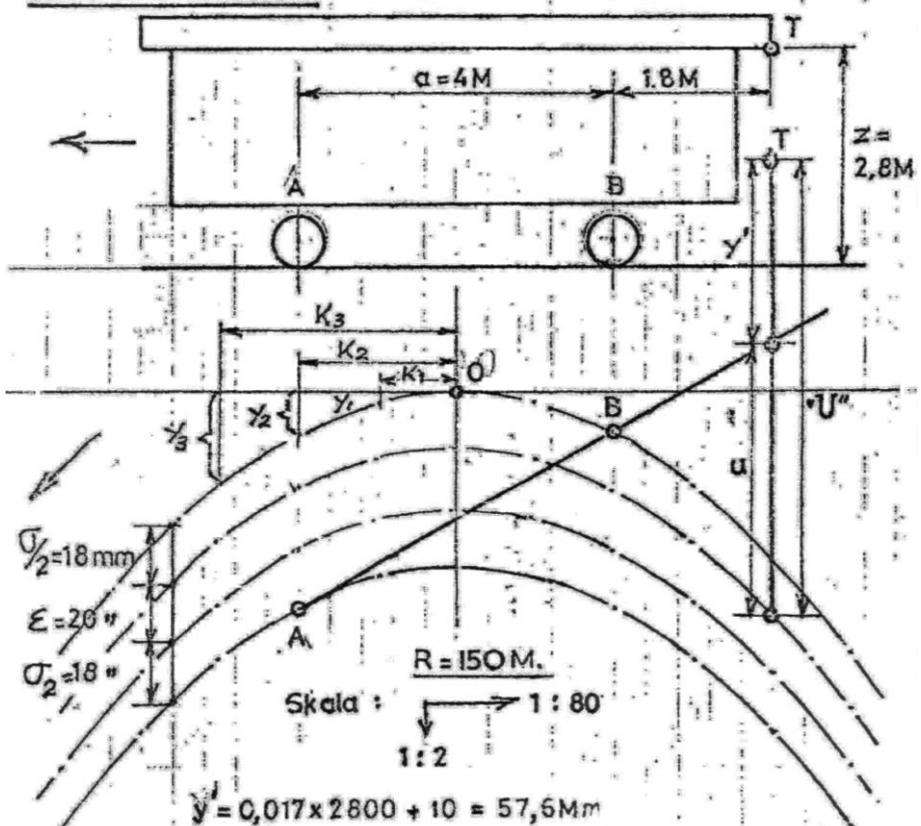
$$k_1 = 1 \text{ m} \rightarrow y_1 = \frac{1000 \times 1000}{2 \times 150000 \times 2} = 1.6 \text{ mm}$$

$$k_2 = 2 \text{ m} \rightarrow y_2 = \frac{2000 \times 2000}{2 \times 150000 \times 2} = 6.6 \text{ mm}$$

$$k_3 = 3 \text{ m} \rightarrow y_3 = \frac{3000 \times 3000}{2 \times 150000 \times 2} = 15.0 \text{ mm}$$

$$k_4 = 4 \text{ m} \rightarrow y_4 = \frac{4000 \times 4000}{2 \times 150000 \times 2} = 26.6 \text{ mm} \quad \dots \text{ dst}$$

"DIAGRAM VOGEL"



$$y = 0,017 \times 2800 + 10 = 57,6 \text{ Mm}$$

Terdapat! $U = 73 \times 2 = 146 \text{ mm}$

$$K_1 = 1\text{M} : y_1 = \frac{1000 \times 1000}{2 \times 150000 \times 2} = 1,6 \text{ mm.}$$

$$K_2 = 2\text{M} : y_2 = \frac{2000 \times 2000}{2 \times 150000 \times 2} = 6,6 \text{ mm.}$$

$$K_3 = 3\text{M} : y_3 = \dots \dots \dots = 15,0 \text{ mm.}$$

$$K_4 = 4\text{M} : y_4 = \dots \dots \dots = 26,6 \text{ mm.}$$

$$K_5 = 5\text{M} : y_5 = \frac{5000 \times 5000}{2 \times 150000 \times 2} = 41,6 \text{ mm}$$

Alhasil, Jarak titik "T" dari sumbu sepur pada waktu melewati lengkungan ialah ;
 $= y + u = 1,40 + 0,146 = 1,546 \text{ mm.}$
 (masih aman)

GAMBAR 56

Contoh 2:

Gerbong bogi 4 gandar seri CW.9000 dengan ukuran sbb:

- Jarak gandar = 2.6 m
- Jarak pivot = 13 m
- Panjang atap = 18 m
- Diameter roda = 760 mm

Pertanyaan:

Selidikilah dengan menggunakan Diagram Vogel dalam lengkungan yang berjari-jari R = 150 m, kedua masalah dibawah ini:

- a. Periksalah titik ujung A dari atap yang terletak 1300 mm dari sumbu kereta pada ketinggian 3.0 m diatas kepala rel, apakah perlu di papas (serong) atau tidak
- b. Periksalah titik tengah dari papan nama B yang terpasang ditengah-tengah kereta pada ketinggian 1.8 m diatas kepala rel dengan tebal = 40 mm, apakah masih bebas atau perlu digeser.

Penyelesaian

Melukis Diagram Vogel dengan skala sbb:

Skala melintang = 1 : b = 1 : 2

Skala memanjang = 1 : b.n = 1 : 200

Diambil jarak ke kiri dan ke kanan = k = 1,2,3,4 dst (meter) sehingga terdapat harga-harga ordinat sbb:

$$k_1 = 2 \text{ m} \rightarrow y_1 = \frac{2000 \times 2000}{2 \times 150000 \times 4} = 3.3 \text{ mm}$$

$$k_2 = 4 \text{ m} \rightarrow y_2 = \frac{4000 \times 4000}{2 \times 150000 \times 4} = 13.3 \text{ mm}$$

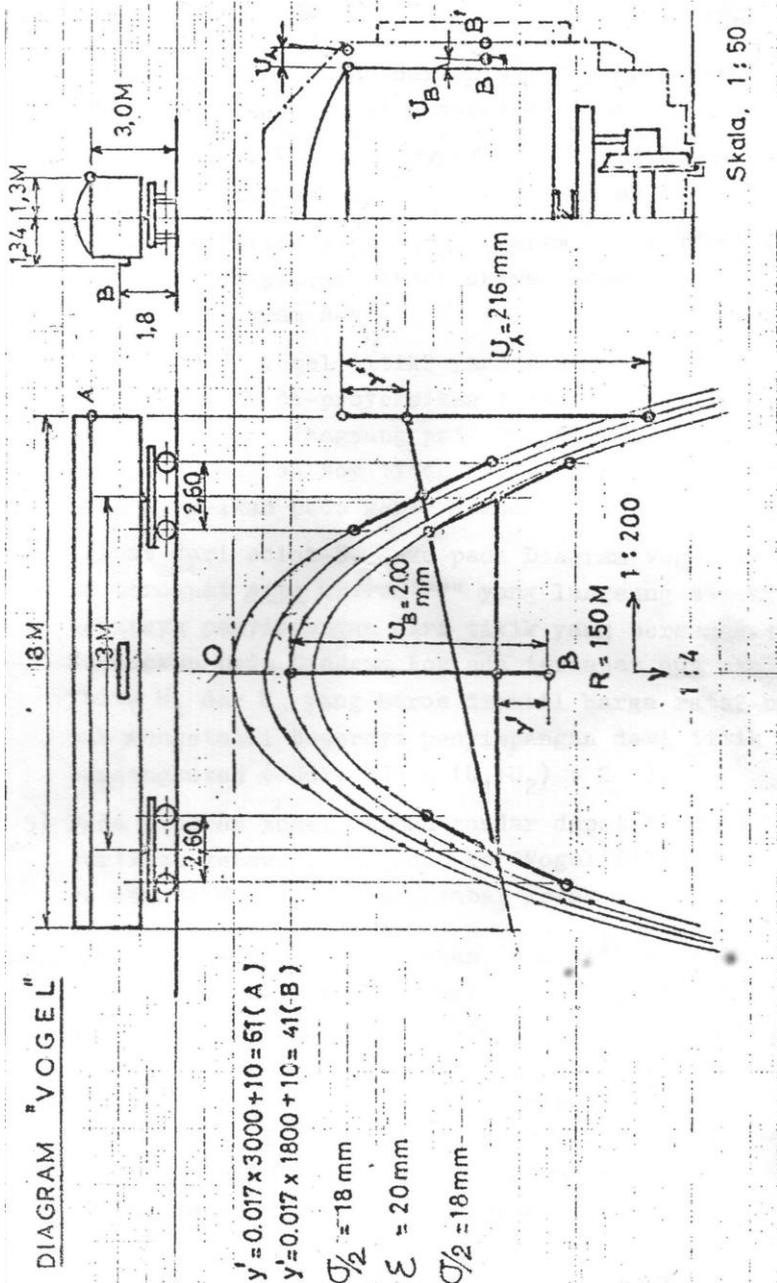
$$k_3 = 6 \text{ m} \rightarrow y_3 = \frac{6000 \times 6000}{2 \times 150000 \times 4} = 30.0 \text{ mm}$$

$$k_4 = 8 \text{ m} \rightarrow y_4 = \frac{8000 \times 8000}{2 \times 150000 \times 4} = 53.3 \text{ mm}$$

$$k_5 = 10 \text{ m} \rightarrow y_4 = \frac{10000 \times 10000}{2 \times 150000 \times 4} = 83.3 \text{ mm} \quad \dots \text{dst}$$

Kesimpulan dari hasil penelitian adalah sbb:

1. Ujung atap A tidak perlu dipapas (diserong)
2. Papan nama B ditengah tidak perlu digeser.



Secara lengkap prosedur langkah - langkah menggambar DIAGRAM VOGEL adalah sbb :

- 1) Memahami soal: Ukuran kereta, gerbong
- 2) Menetapkan skala yang digunakan, sebagai contoh
Skala melintang untuk p, S, R adalah 1: b = 1: 2
Skala memanjang untuk a, X, K adalah 1: bxn = 1: 2x50 = 1: 100
- 3) Menggambar pandangan depan dan samping kereta/ gerbong dengan skala a = 1: 100,
Kemudian buat garis sumbu horizontal dengan jarak secukupnya dari gambar kereta ke arah bawah dan sumbu vertical simetris terhadap gambar kereta/ gerbong.
- 4) Menggambar lengkung rel luar dengan radius R berupa ellips dengan menghubungkan titik - titik yang berjarak Y dari sumbu X ke arah bawah untuk setiap K = 1 m, 2 m, 3 m dst pada sumbu X dan Y dihitung dengan rumus $Y = (K^2/2R)$. Nilai Y diukur ke arah bawah sesuai dengan skala p yang dipilih.
- 5) Hitung $S = \sigma + z$, dimana $\sigma = 2 \times 4$ mm yaitu jarak anatara flens roda dan rel sisi kiri dan kanan pada kondisi roda baru dan rel baru, sedangkan z adalah pelebaran jalan rel di tikungan dengan radius R, nilai z dapat dilihat di tabel. Pada waktu roda dan rel aus, nilai σ perlu ditambahkan lagi sesuai dengan besarnya keausan.
- 6) Gambar lengkung rel dalam berupa ellips dengan jarak S (arah vertical) dari rel luar dengan skala p yaitu 1: b.
- 7) Gambar kereta/ gerbong sebagai garis dengan jarak gandar a di dalam lengkung ellips dan ujung gerbong dengan jarak X sesuai panjang kereta/ gerbong.
- 8) Gambar garis vertical dari ujung garis kereta/ gerbong dengan jarak y' ke arah atas sampai titik T, dan ke arah bawah sampai ke lengkung rel luar.
Nilai $y' = Z \times \sin a + C$, dimana $\sin a$ adalah sinus kemiringan badan kereta = 0,017 dan C = 10 mm adalah jarak axle box terhadap frame.
- 9) Hubungkan titik T dengan garis vertical ke arah bawah sampai lengkung rel luar, akan ketemu UT

10) Ukur UT dengan mistar.

Hitung UT dengan mengalikan skala p.

Dengan cara yang sama, bisa dicari jarak penyimpangan titik pada tengah badan kereta/ gerbong ke arah dalam lengkung (bawah).

Untuk kereta/ gerbong 4 gandar yang menggunakan bogie, pada langkah 7) Gambarkan titik pusat bogie belakang pada rel dalam dan titik pusat bogie depan pada rel luar sesuai dengan arah vertical gambar pandangan depan kereta/ gerbong. Pada titik pusat bogie depan dan belakang, digambarkan garis bogie dengan sesuai dengan jarak gandar bogie.

Langkah lain sama sampai dengan mendapatkan penyimpangan UT.

BAB 13

APLIKASI DIAGRAM VOGEL

A. Contoh Aplikasi Diagram VOGEL pada Kereta

Melukis Diagram Vogel dengan skala sbb:

$$\text{Skala melintang} = 1 : b = 1 : 4$$

$$\text{Skala memanjang} = 1 : b.n = 1 : 100$$

Diambil jarak ke kiri dan ke kanan = $k = 1,2,3,4$ dst (meter)
sehingga terdapat harga-harga ordinat sbb:

$$k_1 = 1 \text{ m} \rightarrow y_1 = \frac{1000 \times 1000}{2 \times 300000 \times 4} = 0.416 \text{ mm}$$

$$k_2 = 2 \text{ m} \rightarrow y_2 = \frac{2000 \times 2000}{2 \times 300000 \times 4} = 1.67 \text{ mm}$$

$$k_3 = 3 \text{ m} \rightarrow y_3 = \frac{3000 \times 3000}{2 \times 300000 \times 4} = 3.75 \text{ mm}$$

$$k_4 = 4 \text{ m} \rightarrow y_4 = \frac{4000 \times 4000}{2 \times 300000 \times 4} = 6.67 \text{ mm}$$

$$k_5 = 5 \text{ m} \rightarrow y_4 = \frac{5000 \times 5000}{2 \times 300000 \times 4} = 10.41 \text{ mm}$$

$$k_6 = 6 \text{ m} \rightarrow y_4 = \frac{6000 \times 6000}{2 \times 300000 \times 4} = 15.00 \text{ mm}$$

$$k_7 = 7 \text{ m} \rightarrow y_4 = \frac{7000 \times 7000}{2 \times 300000 \times 4} = 20.41 \text{ mm}$$

$$y' = Z \cdot \text{Sin} \alpha + 10 = 3400 \times \sin 1 + 10 = 67.8 \text{ mm}$$

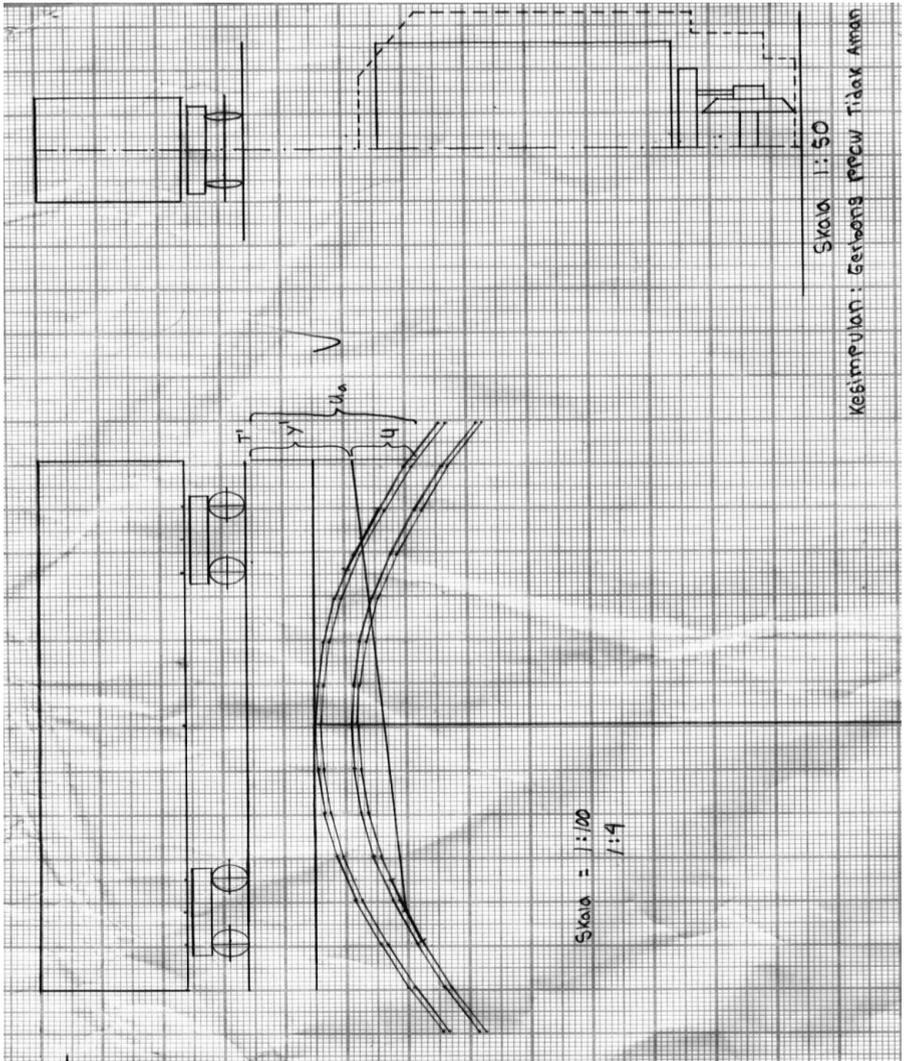
$$y' \text{ menurut skala} = 67.8/4 = 16.95 \text{ mm} = 1.695 \text{ cm}$$

$$U_a = U + y' = 1 + 1.69 = 2.69 \text{ cm}$$

$$U_a = 2.69 \text{ cm} = 26.9 \text{ mm} \times 4 = 107.6 \text{ mm} = 10.76 \text{ cm}$$

Kesimpulan dari hasil penelitian adalah sbb:

Gerbong melewati ruang batas sarana sehingga tidak aman.



Kebaikan ataupun keunggulan dari **Diagram Vogel** terhadap **Diagram Roy** antara lain adalah:

1. Diagram Vogel hanya menggunakan 2 macam skala, sedangkan Diagram Roy menggunakan 3 macam skala.
2. Untuk ketelitian yang sama Diagram Vogel tidak memerlukan kertas gambar dengan ukuran besar, seperti halnya pada Diagram Roy.
3. Pada diagram Vogel titik-titik yang akan diteliti penyimpangannya itu diproyeksikan tegak lurus ke bawah (vertical kebawah) langsung pada Vogel Ellipse, sedangkan pada Diagram Roy tidak demikian halnya, melainkan diproyeksikan pada garis sumbu kereta.
4. Akibat dari point 3, maka pada Diagram Vogel hanya ada terdapat satu ukuran U yang langsung menunjukkan besarnya penyimpangan dari titik yang bersangkutan. Sedangkan pada Diagram Roy ada terdapat dua ukuran, yaitu U1 dan U2 yang harus diambil harga rata-ratanya untuk mengetahui besarnya penyimpangan dari titik yang bersangkutan (Jadi $U = (U1 + U2)/2$).
5. Pada Diagram Vogel, semua gandar dapat diproyeksikan vertical kebawah, langsung ke Vogel Ellipse, sehingga memudahkan dalam menggambar letak posisi gandar.

Mengingat hal-hal tersebut diatas, dan oleh karena Diagram Vogel itu jauh lebih praktis dari Diagram Roy, maka para ahli teknik kereta api sekarang ini banyak menggunakan Diagram Vogel untuk mengadakan penelitian yang menyangkut masalah perjalanan kereta api yang melewati lengkungan. Juga di PT KAI (persero) sekarang ini sudah mulai diintroduksi perihal penggunaan Diagram Vogel ini. diagram Roy dewasa ini sudah hampir tidak digunakan lagi.

BAB 14

RUANG BEBAS DAN RUANG BATAS SARANA

A. RUANG BEBAS

Pada PM 28 tahun 2011 tentang Persyaratan Teknis Kalur Kereta Api, dikemukakan pada Butir

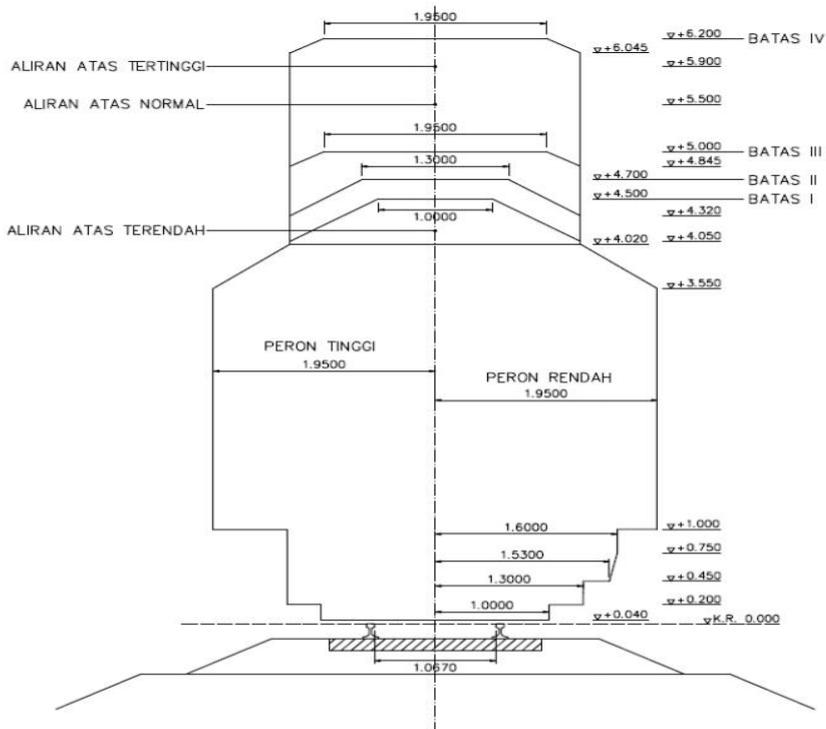
2.3.2 Pengalokasian ruang untuk Operasi.

- a. Untuk kepentingan operasi suatu jalur kereta api harus memiliki pengaturan ruang yang terdiri dari:
 - 1) ruang bebas
 - 2) ruang bangun
- b. Ruang bebas adalah ruang di atas jalan rel 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 1-1, gambar 1-2, gambar 1-3, gambar 1-4, gambar 1-5, gambar 1-6, gambar 1-7 dan gambar 1-8 pada Lampiran.
- c. Ruang bangun adalah ruang di sisi sepur yang senantiasa harus bebas dari segala bangunan tetap seperti antara lain tiang semboyan, tiang listrik dan pagar.

B. Diagram Ruang Batas Sarana

Di dalam Ruang Batas Sarana, dapat didesain dan kemudian dibuat Sarana sesuai dengan bentuk dan ukuran yang direncanakan. Sarana dan bagian atau komponennya tidak boleh ada yang dibuat keluar dari Ruang Batas sarana.

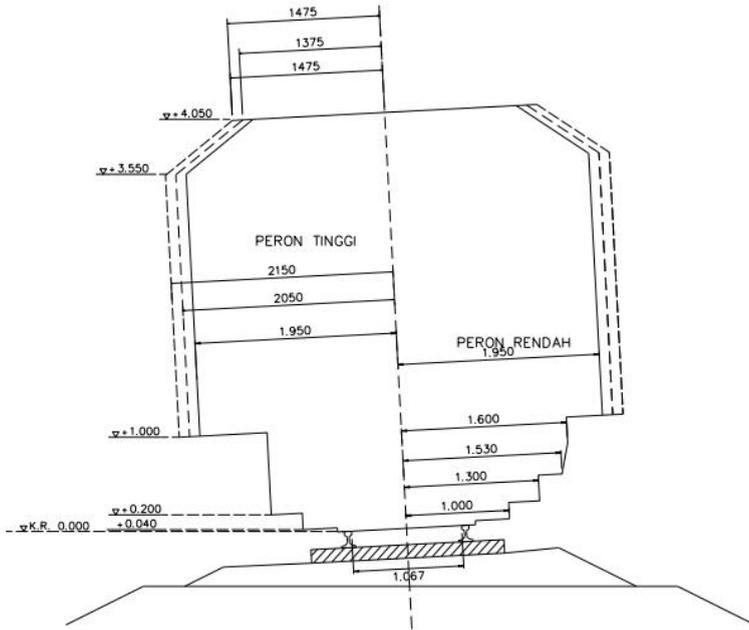
C. Lampiran



Gambar 1-1: Ruang bebas lebar rel 1067 mm pada bagian lurus

Keterangan :

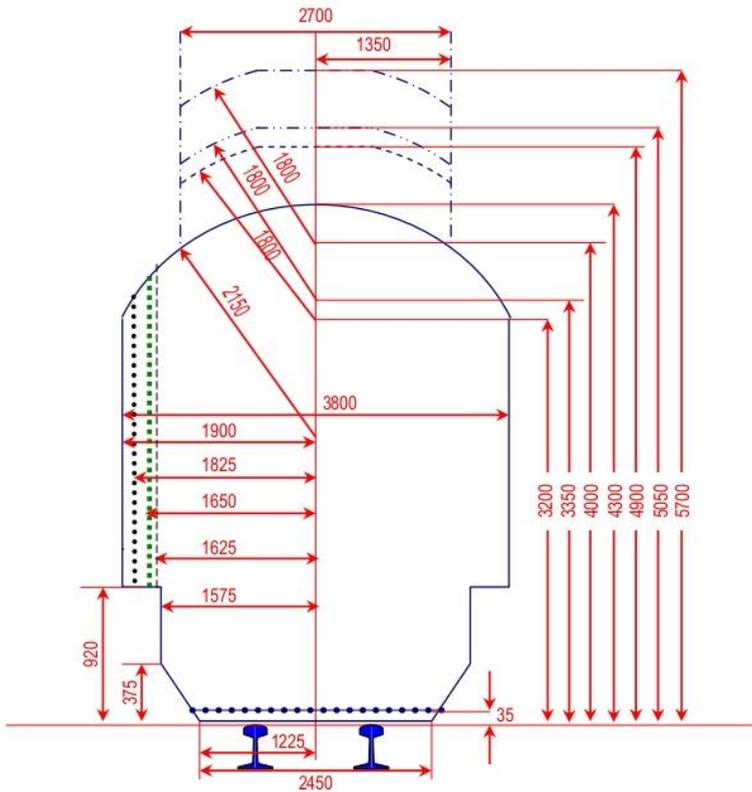
- Batas I = Untuk jembatan dengan kecepatan sampai 60 km/jam
- Batas II = Untuk 'Viaduk' dan terowongan dengan kecepatan sampai 60km/jam dan untuk jembatan tanpa pembatasan kecepatan.
- Batas III = Untuk 'viaduk' baru dan bangunan lama kecuali terowongan dan jembatan
- Batas IV = Untuk lintas kereta listrik



Gambar 1-3 Ruang Bebas lebar jalan rel 1067 mm pada Lengkungan

Keterangan :

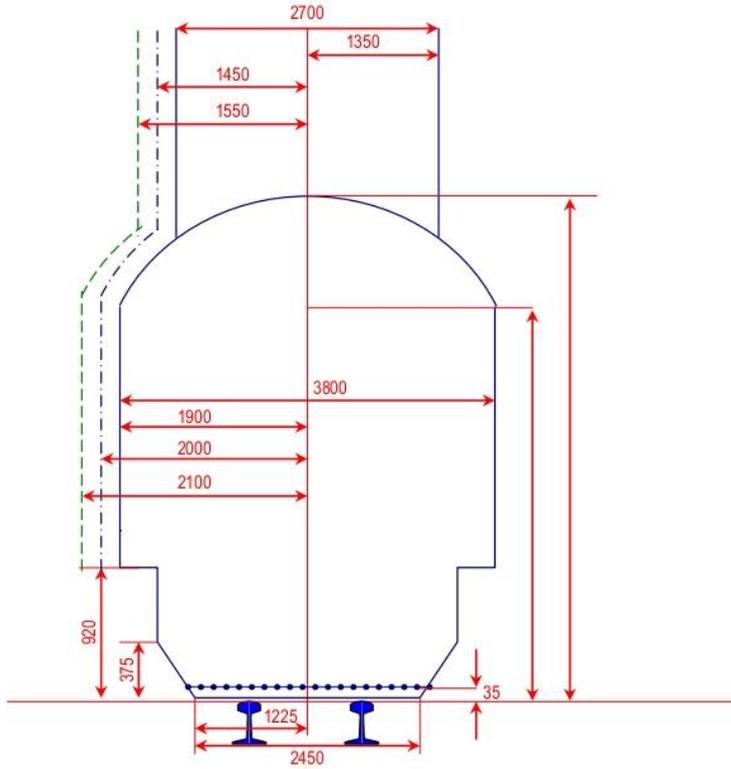
— — — — —	Batas ruang bebas pada lintas lurus dan pada bagian lengkungan dengan jari-jari > 3000 m.
- . - . - . - .	Batas ruang bebas pada lengkungan dengan jari-jari 300 sampai dengan 3000 m
- - - - -	Batas ruang bebas pada lengkungan dengan jari-jari < 300 m.



Gambar 1-2 : Ruang bebas lebar rel 1435 mm pada bagian lurus

Keterangan :

- 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

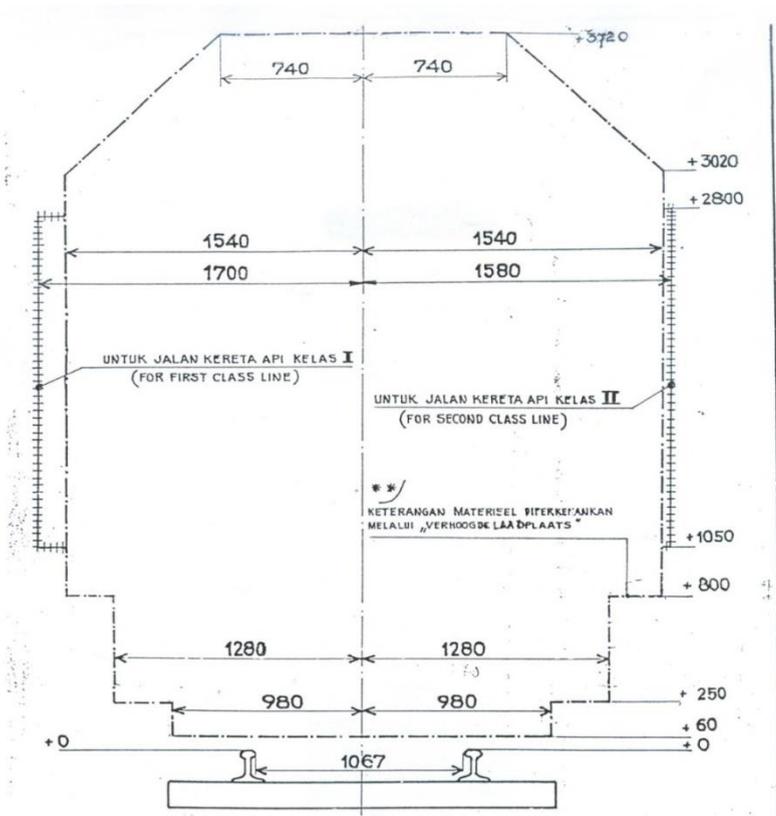


Gambar 1-4 Ruang Bebas lebar jalan rel 1435 mm pada Lengkungan

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.

CONTOH DIAGRAM RUANG BATAS SARANA PT KAI D2059, PADA JALAN LURUS



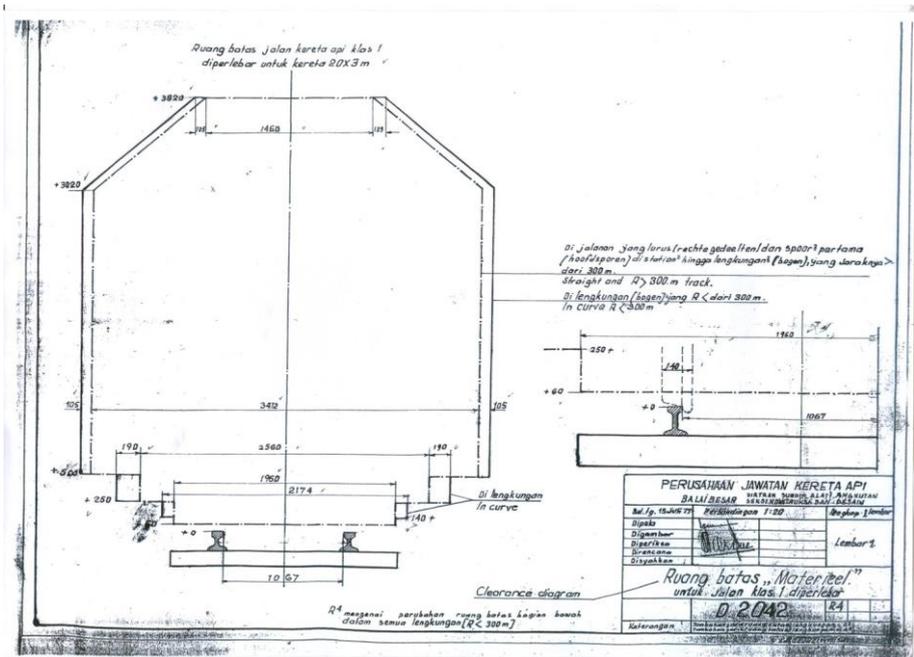
+++++ HANTU UNTUK BATAS LAMPIU...LAMPU
DAN PAPAN-PAPAN ALAMAT
(CLEARANCE FOR LAMPS AND SIGNALS)

CLEARANCE DIAGRAM
R¹ MENGENAI PENAMBAHAN LEMBAR 2 DAN
KETERANGAN **/

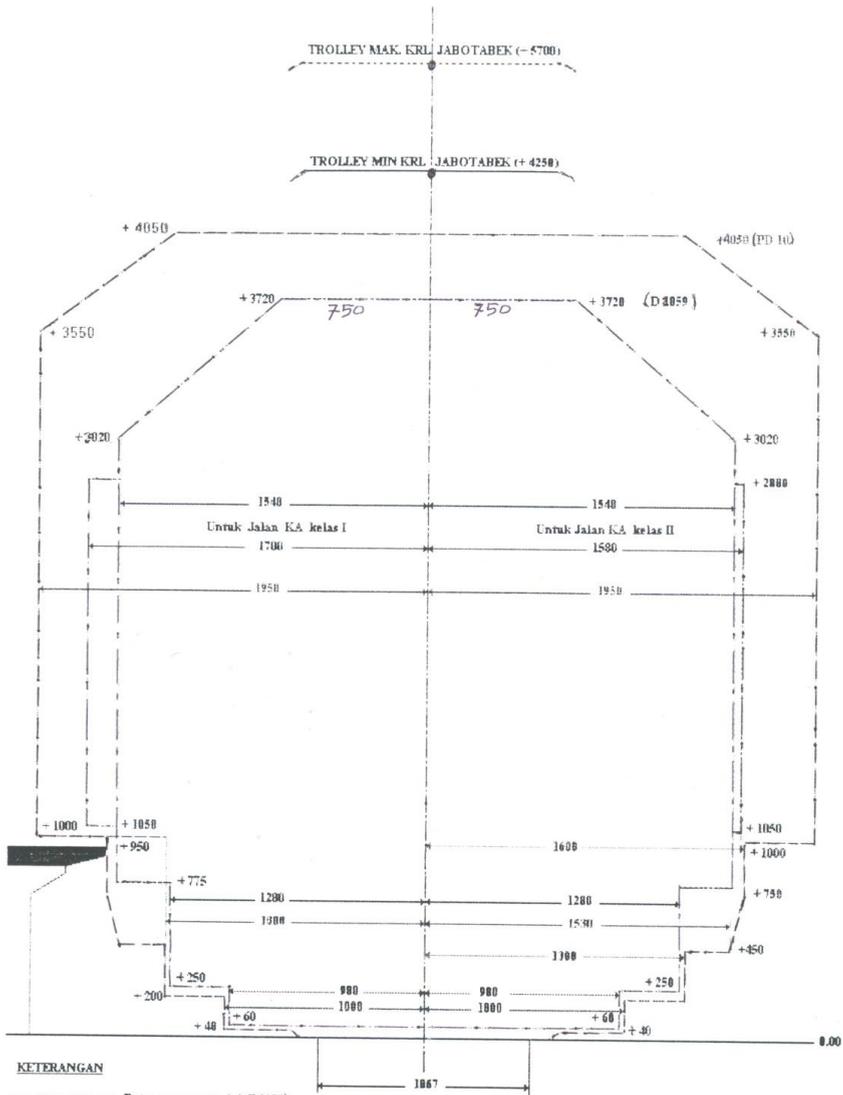
PERUSAHAAN JAWATAN KERETA API		
BALAI BESAR	L.T.P.	
BANDUNG, 1.1.1976	PERBANDINGAN, 1:20	LENGKAP 3 LEMBS.
Dipola	(BAIN.S.)	LEMBAR 2
Digambar		
Diperiksa		
Direncana Disyahkan		
RUANG BATAS MATERIEL (SPEELRUIMTE PROFIEL)		
A4	D 2059	R ¹
KETERANGAN		

B01N.5

DIAGRAM RUANG BATAS SARANA D2042 PADA JALAN LENGKUNG



PERBANDINGAN RUANG BATAS SARANA D 2059 DAN DIAGRAM RUANG BEBAS R 10



KETERANGAN

- Batas ruang material (D2059)
- - - Batas ruang bebas (PD 10)
- Ukuran dalam mm.

DIAGRAM RUANG BEBAS DAN DIAGRAM RUANG MATERIAL
Pt. Kereta Api Indonesia.

DAFTAR PUSTAKA

1. Drs. M. Subyanto, *Dinamika Kendaraan Rel Jilid I*;
2. Drs. M. Subyanto, *Dinamika Kendaraan Rel Jilid II*;
3. Henschell “*Locomotive Taschenbuch*”;
4. PD 10 (Peraturan Dinas No. 10), “*Perencanaan Jalan Rel*”;

BIOGRAFI PENULIS



Nama Lengkap : Dr. Ir. Nico Djundharto Djajasinga, MSc. IPM

Tempat/Tanggal lahir : Solo/18 Nopember 1957

Pendidikan

1. Tahun 1969 Lulus SD Negeri II, Tanjung Pinang (Kep. Riau)
2. Tahun 1973 Lulus SMP Negeri V, Jakarta
3. Tahun 1976 Lulus SMA Negeri II, Jakarta
4. Tahun 1982 Lulus S1 Fakultas Teknik Sipil Transportasi, Universitas Trisakti Jakarta
5. Tahun 1995 Lulus S2 Transport Engineering, UNSW, Sydney, Australia
6. Tahun 2017 Lulus S3 Doktor Ilmu Ekonomi, *Service Management*, Universitas Trisakti,

Riwayat Pekerjaan

1. Tahun 1982-1995 PJKA cq. Proyek Jabotabek KA, Departemen Perhubungan
2. Tahun 1995-2005 Direktorat Jenderal Perhubungan Darat, Departemen Perhubungan.
3. Kasi Rekayasa dan Jaringan Jalan Perkotaan (1995-1997)
4. Kasi Analisa Dampak Lalu Lintas, Dit. BSTP (1997-2002)
5. Kasubdit Keselamatan KA, Dit. Perkeretaapian (2002-2005)
6. Tahun 2005-2013 Direktorat Jenderal Perkeretaapian, Kementerian Perhubungan.
7. Kasubdit Manajemen Keselamatan KA (2005-2010)
8. Kasubdit Audit dan Peningkatan Keselamatan KA (2010-2012)
9. Kasubdit Pengujian dan Sertifikasi Jalur dan Bangunan KA (2012-2014)
10. Tahun 2014 – Sekarang, Dosen Sekolah Tinggi Transportasi Darat (STTD), Bekasi

11. Tahun 2016 – Sekarang, Anggota Senat STTD.

Kompetensi

1. PPNS Perkeretaapian (2003 s/d sekarang)
2. Penguji Prasarana Perkeretaapian Tingkat Muda (2011 s/d sekarang)
3. Inspektur Madya Prasarana Perkeretaapian (2011 s/d sekarang)
4. Auditor Madya Perkeretaapian (2011 s/d sekarang)
5. Insinyur Profesional Madya (IPM) (2016 s/d sekarang)

Tanda Penghargaan

1. Satyalancana Karya Satya 30 Tahun, Keppres RI No. 052/TK/Tahun 2013 Tanggal 26 Juli 2013.
2. Piagam Adikarya Stala Prawara, Menteri Perhubungan a.i. Tanggal 16 September 2004
3. Satyalancana Karya Satya 20 Tahun, Keppres RI No. 065/TK/Tahun 2003 Tanggal 20 September 2003.
4. Satyalancana Karya Satya 10 Tahun, Keppres RI No. 054/TK/Tahun 1999 Tanggal 16 Juli 1999.

BIOGRAFI PENULIS

NAMA : Ir. HARTONO ATMOSUKARDJO, MM
TEMPAT /TGL.LAHIR : Purwokerto / 16 Nopember 1955

I. RIWAYAT PENDIDIKAN:

1. Th 1968 lulus SD Purwokerto Barat
2. Th 1971 lulus SMP N II Purwokerto
3. Th 1974 lulus SMA N II Purwokerto
4. Th 1981 lulus Sarjana Teknik Mesin ITB
5. Th 2000 lulus Magister Manajemen ITB

II. KEAHLIAN: Teknik Mesin, Dinamika dan Konstruksi Kereta Api

III. RIWAYAT PEKERJAAN:

1. 1982 : Staf Bidang Penelitian PJKA
2. 1989 : Kepala Sub Bidang Teknik Mesin dan Listrik
3. 1991 – 1997 : Kepala Bidang Penelitian dan pengembangan Sistem informasi
4. 1997 - 2001 : Kepala Bidang Litbang, Kelaikan dan Amdal PT Kereta Api.
5. 2001 - 2006 : Kepala Bagian Rekayasa Teknik Divisi Sarana PT Kereta Api
6. 2006 - 2008 : Kepala Divisi Pelatihan
7. 2008 - 2009 : Kepala Satuan Pengawasan Intern
8. 2009 – 2010 : Executive Vice President Sarana Traksi
9. 2011 – sekarang : Pensiun PT Kereta Api Indonesia (Persero)
 - Dosen luar biasa ITENAS jurusan Teknik Mesin Th. 1982 – 1992
 - Dosen luar biasa Politeknik PU – ITB jurusan Teknik Mesin Th. 1981 – 1992
 - Dosen luar biasa UNISBA jurusan Teknik Mesin Industri Th. 1985 – 2003

- Dosen SATKA dan D3 PERUMKA ITB th. 1990 – 1994
- Dosen Sekolah Tinggi Transportasi Darat/STTD Dep Hub 2005 – sekarang.
- Konsultan di bidang Teknik Perkeretaapian, 2011 – sekarang.

IV. PUBLIKASI, KARYA TULIS DAN BUKU

1. Pengereman pada kereta api, 1983
2. Konstruksi dan perkembangan Bogie kendaraan Rel, 1985
3. Motor Traksi Arus Bolak Balik sebagai Motor Penggerak kendaraan rel, Majalah Kereta Api No. 02 , 1989
4. Perhitungan pengereman pada gerbong empat gandar 1989
5. Suspensi pada gerbong barang 1990
6. Tinjauan tentang penggunaan roda konis dan roda yang di profil (*Profiled Wheel Worn Out Wheel Profile*), 1990
7. Dasar dasar konstruksi lokomotif, 1991
8. Pengetahuan kereta ukur kendaran rel dan kereta ukur jalan rel, 1994
9. Mengenal bogie NT 60 majalah kontak PERUMKA, edisi No. 21, 1994
10. Tinjauan mengenal penggunaan lok roda gigi BB 204 pada lintas adhesi, 1994
11. Gerbong tiga gandar, Majalah Kontak Perumka, edisi khusus 1995
12. Bolsterless Generasi Bogie kereta mendatang, 1996
13. Lokomotif dan Kereta Rel Diesel di Indonesia, APKA 2004
14. Lokomotif dan Kereta Rel Diesel di Indonesia Edisi 2 th.2008, edisi 3 th 2012.

V. BUKU LAIN

- Anggota penyusun KAMUS ISTILAH PERKERETAAPIAN Inggris Indonesia, tahun 1995
- Penyusun KAMUS PRAKTIS Jawa-Sunda-Indonesia, Sunda-Jawa-Indonesia, Indonesia-Sunda-Jawa, tahun 1998

VI. KEGIATAN ILMIAH

A. SEMINAR, KURSUS DAN LATIHAN

Dalam Negeri:

1. Penataran Konservasi Enersi Dep hub, Jakarta, Oktober 1982.
2. Latihan prajabatan yingkat III Dep hub, Jkarta, Maret 1983 .
3. Kursus Karakteristik dan Desai Aplikasi Sel Voltovoltetik, LIPI, Bandung, Nopember 1983.
4. Seminar on kommuter Elektrik Railcar for Jabotabek Indonesia, Jakarta, May 1985.
5. Sekolah pimpinan tingkat lanjutan/SPALA angkatan IV, Bandung 17 Juli - 26 September 1985
6. Kursus pemakaian Microprocesor pada proses kontrol dalam Industri, LIPI Bandung, November 1986.
7. Workshop on Standardization of Railway Signaling in Indonesia, Jakarta, Februari 1988
8. Kursus singkat analisis struktur, metoda flement tinggi dan penggunaan program SAP 80, Bandung, Januari 1989
9. Kursus bahasa Inggris "Executive English Program (150 hours)" Bandung Juni 1989
10. Seminsr "*The New Generation of Diesel Electric Lokomotive "with ABB AC/DC power transmission"*, Juni 11 th 1991, Jakarta.
11. Seminar "*Development in Lokomotive Teknologi,*" Jakarta Oktober 14, 1991.
12. Penataran kode Etik dan ketentuan prilaku keprofesian konsultan, Bandung 17 Desember 1991.
13. Pelatihan manajemen usaha untuk pejabat tingkat menengah Bandung, Juni 1991
14. Seminar "*Science and Technology Management Information System for Industri Productivity*", Jakerta Agustus 1992.
15. Seminar Peningkatan Peran Angkutan Kereta Api dalam pembangunan antar Moda , September 1992
16. Seminar "ISO 9000", Cisarua Bogor, Oktober 1992 .
17. Seminar "Perkeretaapian Indonesia masa kini dan manyongsong Abad 21" Feb1994

18. Lokakarya Evaluasi Keberhasilan Penerapan Gugus Kendali Mutu,” Feb 1994
19. Temukarya Penelitian dan Rapat Koordinasi Teknis Penelitian Balitbang Dephub, 1994
20. Forum Pembina pengendalian Mutu Terpadu, Jakarta, 1994
21. Symposium and Panel discussion on Railway Teknologi & Education, Bandung 95
22. Seminar “Teknologi dan Pendidikan Perkeretaapian”, PERUMKA ITB, th. 1995
23. Diskusi panel “Transportation problem in Bandung metropolitan area”, Bandung 1996
24. Penataran P-4 Pejabat Eselon III, IV Dep Hub, BUMN, Jakarta, 1996
25. Kursus qolbun salim, Bandung 1999
26. Workshop and seminar on Power Electronics and Electrical Machinery’ Bandung 99
27. Seminar “Technology kereta api, Bandung, 2000
28. Seminar “Usaha menanggulangi keausan berlebihan pada rel dan flens roda“, Bandung , 2000
29. Seminar Teknologi otomatis pada Industri, Bandung , 2000
30. Seminar Pengembangan Koridor Jakarta Bandung, Jakarta 2002
31. Seminar Pelumas Pertamina, Surabaya 2004.
32. Seminar Peran Indutri Perkeretaapian, Bandung 2007.
33. Seminar Pengembangan Industri Perkeretaapian dalam negeri, 2010.
34. Seminar Nasional Penelitian Indusri Roda Dalam Negeri, 2011.
35. Seminar Pengembangan Industri Perkeretaapian dalam negeri, 2011.

Luar Negeri

1. Seminar “Cum Work Shop on Railway Electrification Based on the Experience of Bangkok – Chiang Mail Line” Bangkok, November 1985
2. Training “Rationalization and Modernization of Workshop and shed”, BCFOM Belgia, Denmark, Irlandia July – September 1989.
3. Training Transfer of technology for bolsterless bogie, Perancis, 1996.
4. Seminar on Railway Traffic Organization and Management for Developing Countries, 2007.

B. KEGIATAN PENELITIAN DI PT. KERETA API

1. Ketua Tim rencana kereta api JS- 950, Jakarta – Surabaya, Tahun 1993
2. Ketua Tim pemecahan masalah roda cepat Aus di Sumatra selatan, tahun 1993
3. Ketua Tim penelitian mengenai anjlognya gerbong peti kemas di tikungan , th. 1994
4. Ketua Tim standardisasi Bogie kereta K-4, K-5, K-6, tahun 1995
5. Ketua Tim standardisasi pemakaian BBM pada lokomotif dan KRD, tahun 1997
6. Ketua Tim Tiknis daur ulang roda bekas di PERUMKA , tahun 1998
7. Ketua Tim pengkajian rantai pengaman dan automatic coupler di PT KA th. 1999
8. Ketua Tim pengembangan kereta rel diesel electric tahun 2000

C. KEGIATAN PENELITIAN LAIN:

1. Anggota Tim riset unggulan kemitran pada:
“Program Penelitian dan Pengembangan Untuk Peningkatan Kecepatan Kereta Api’ Tahap I, 1995 – 1996
2. Anggota Tim riset unggulan kemitran pada:
“Program Penelitian dan Pengembangan Untuk Peningkatan Kecepatan Kereta Api Tahap II, 1996 – 1997

3. Ketua Tim Counter Part Studi Kelaikan Sarana & Prasarana, 2002.
4. Anggota Tim riset unggulan kemitraan:
Penelitian Modul Penyerap Energi tabrakan Kereta Api tahap I" 2003
5. Anggota Tim riset unggulan kemitraan:
Penelitian dan Pengembangan protipe Modul Penyerap Energi Tabrakan Kereta Api tahap II, 2004