

PERENCANAAN STRUKTUR JALAN REL PADA PEMBAGUNAN JALUR GANDA KIARACONDONG – CICALENGKA KM. 180 + 000 – 181 + 900

Herlambang Adi Nugroho¹, Gotot Slamet Mulyono²

^{1,2} Progam Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Surakarta

Jl. A Yani Tromol Pos I – Pabelan, Kartusura Surakarta, Jawa Tengah

Email: herlambangadi.14@gmail.com

Abstrak

Jumlah masyarakat yang semakin hari mengalami peningkatan yang harus diimbangi dengan sarana maupun prasarana yang kebutuhan pergerakannya juga mengalami peningkatan daripada sarana transportasi. Dalam khususnya transportasi kereta api sangat diminati oleh masyarakat dalam melakukan pekerjaan setiap harinya. Oleh karena itu dengan semakin meningkatnya kebutuhan sarana transportasi maka perlu melakukan pembangunan terutama pada sektor transportasi kereta api. Pembangunan jalur ganda kereta api KM 180+000 sampai KM. 181+900 antara Kiaracandong – Cicalengka Tahap II Segmen Kiaracandong – Gedebage dan Segmen Haupugur – Cicalengka dalam perencanaan jalan rel kereta api data yang digunakan adalah dengan literature dan artikel serta melakukan pengamatan secara langsung pada lokasi pembangunan. Dalam perencanaan struktur jalan rel terdapat spesifikasi rel kereta api, bantalan, penambat, dan ballast yang akan digunakan untuk mengetahui beban yang diberikan oleh kereta api. Dari hasil perhitungan dengan menggunakan kelas jalan 1 serta nilai kecepatan rencana maksimum yang digunakan adalah 120 km/jam dengan rel kereta api tipe R.54, tebal balas yang digunakan adalah 30 cm, menggunakan penambat elastic dengan tipe pendrol, bantalan beton dengan panjang 200 cm menggunakan mutu beton K-500 serta memperhatikan aturan yang sesuai Peraturan Menteri No 60 tahun 2012.

Kata kunci: kereta api, perencanaan jalur ganda

Abstract

The number of people who are increasing day by day must be balanced with facilities and infrastructure whose movement needs have also increased rather than transportation facilities. In particular, rail transportation is in great demand by the public in doing work every day. Therefore, with the increasing need for transportation facilities, it is necessary to carry out developments, especially in the rail transportation sector. Construction of a double track railway KM 180+000 to KM. 181+900 between Kiaracandong – Cicalengka Phase II Kiaracandong – Gedebage Segment and Haupugur – Cicalengka Segment in planning the railroad the data used is literature and articles and direct observation at the construction site. In planning the railroad structure, there are specifications for railroad tracks, sleepers, bollards, and ballast that will be used to determine the load exerted by the train. From the results of calculations using mesh class 1 and the maximum design speed value used is 120 km/h with type R.54 railroads, the ballast thickness used is 30 cm, using elastic fasteners with pendrol type, concrete sleepers with a length of 200 cm used K-500 concrete quality and pay attention to the rules according to Ministerial Regulation No. 60 of 2012.

Keywords: railroad, double track planning

1. PENDAHULUAN

Pertumbuhan jumlah penduduk setiap tahun mengalami peningkatan yang sangat cepat dan diimbangi dengan aktivitas yang bertambah dan padat yang menyebabkan meningkatnya intensitas pergerakan oleh penduduk. Seiring dengan meningkatnya intensitas aktivitas penduduk maka kebutuhan keperluan sarana dan prasarana akan meningkat dengan berjalannya waktu. Kebutuhan yang diperlukan dalam sarana dan prasarana dapat berupa perbaikan jalan maupun

penambahan akses jalan supaya aktivitas yang meningkat untuk memenuhi kebutuhan sehari-hari dapat memudahkan bagi penduduk.

Semakin banyaknya pengguna kendaraan pribadi dan pertumbuhan pembangunan infrastruktur transportasi yang tidak seimbang. Hal ini berdampak pada mobilitas jaringan transportasi pada saat jam kerja berlangsung. Selain itu juga menyebabkan polusi udara yang tidak baik bagi kesehatan dan kemacetan panjang.

Kereta api saat ini mengalami banyak kemajuan dari segi fasilitas yang diberikan serta

efisiensi waktu dan harga yang bervariasi serta kereta api saat ini merupakan sarana transportasi yang memiliki banyak peminat dikalangan masyarakat karena kereta api termasuk sarana yang ekonomis.

Karena selalu terus menggunakan (*single track*), banyak masyarakat yang mengalami keterlambatan perjalanan saat menggunakan jasa kereta api. Akibatnya, layanan kereta api tidak lagi menjadi moda transportasi yang efektif dan efisien. Dapat ditarik kesimpulan bahwa hal ini menimbulkan gangguan pada keterlambatan pengiriman barang atau jasa.

Membangun Jalur Ganda (*Double Track*) lintas Kiaracondong - Cicalengka dapat menjadi solusi yang baik dalam menghadapi masalah ini. Membangun jalur ganda bertujuan untuk meningkatkan kapasitas yang dapat menambah efisiensi waktu yang diperlukan saat melakukan aktivitas berupa jasa atau barang.

Dalam perencanaannya, Proyek Jalur Ganda Kereta Api Kiaracondong – Cicalengka KM. 180+000 – 181+900 yang dikerjakan oleh PT. Bogowonto Jaya Perkasa memungkinkan perjalanan dari Kota Bandung ke Cicalengka dalam waktu 23 menit dari sebelumnya memakan waktu 43 menit serta mempermudah distribusi logistik dan mencegah kemacetan di Bandung, Jawa Barat.

Penambahan jaringan dan manajemen lalu lintas sangat dibutuhkan, terutama di kota-kota besar dan kecil di Indonesia. Meningkatnya jumlah pengguna kendaraan pribadi dan pertumbuhan pembangunan infrastruktur transportasi yang tidak seimbang. Hal ini berdampak pada mobilitas jaringan transportasi pada jam kerja.

Berdasarkan penjelasan diatas penulis melakukan penelitian dengan judul “Perencanaan Struktur Jalan Rel Pada Pembangunan Jalur Ganda Kiaracondong – Cicalengka KM.180+000 – 180+9000”. Tujuan penelitian ini adalah mengetahui struktur jalan rel yang tepat digunakan dalam proyek pembangunan jalur ganda kereta api KM. 180+000 – KM.181.900 antara Kiaracondong – Cicalengka Tahap II Segmen Kiaracondong – Gedenage dan Segmen Haupugur – Cicalengka.

2. METODE PENELITIAN

2.1. Tempat Dan Waktu

Penelitian ini dilakukan pada proyek pembangunan jalur ganda (*Double Track*) kereta api KM. 180+000 – KM.181.900 antara

Kiaracondong – Cicalengka Tahap II Segmen Kiaracondong – Gedenage dan Segmen Haupugur – Cicalengka.

2.2. Pengolahan Data

Teknik yang digunakan dalam penelitian ini adalah survey lapangan dan studi pustaka. Adapun penjelasannya :

a. Metode Survey

Metode survey yaitu melakukan pengamatan langsung agar dapat mengetahui kondisi actual.

b. Metode Studi Pustaka

Salah satu metode yang memanfaatkan literatur adalah metode kepustakaan, sesuai Peraturan Menteri Perhubungan No. 60 Tahun 2012 untuk memenuhi kebutuhan data sekunder.

3. PERENCANAAN STRUKTUR JALAN REL

3.1. Klasifikasi Jalan Rel

Tidak ada kereta api tanpa rel, maka dari itu rel adalah elemen yang paling penting yang harus mampu menopang beban yang diatasnya dengan aman secara vertikal, lateral, dan longitudinal kemudian mentransfer beban tersebut ke struktur yang ada di bawahnya. Rel adalah elemen lintasan yang sangat penting karena bersentuhan dengan kereta api oleh karena itu sangat penting memastikan fungsinya dengan tepat.

Menurut PM No 60 2012 klasifikasi jalan rel dapat dilihat berdasarkan tipe rel, tipe alat penambat, lebar bahu balas, pasing ton tahunan, tekanan gandar, dan tebal balas di bawah bantalan. Klasifikasi untuk perancangan yang digunakan adalah kelas 1. Tabel 1 dibawah ini

Tabel 1**Klasifikasi Jalan Rel**

Sumber : PM No.60 Tahun 2012

Klasifikasi jalan Kereta Api	Pasing Ton Tahunan (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 Penambat	Tebal balas dibawah Bantalan (cm)	Lebar Bahu Balas (cm)
1	>20	120	18	R.60/R.54	<u>Beton</u> 600	EG	30	50
2	10 – 20	110	18	R.54/ R.50	<u>Beton /Kayu</u> 600	EG	30	50
3	5 – 10	100	18	R.54/R.50/ R.42	<u>Beton / Kayu / Baja</u> 600	EG	30	40
4	2,5 – 5	90	18	R.54/ R.50/ R.42	<u>Beton / Kayu / Baja</u> 600	EG / ET	25	40
4	< 2,5	80	18	R.42	<u>Kayu/Baja</u> 600	ET	25	35

3.2 Data Desain Perencanaan

Dalam Perencanaan proyek pembangunan jalur ganda kereta api lintas Kiaracandong – Cicalengka untuk mendisain komponen jalan rel menggunakan parameter-parameter sebagai berikut :

1. Kelas jalan yang digunakan adalah kelas 1 (PM No.60 Tahun 2012).
2. Type Lokomotif CC 206.
3. Berat siap lokomotif adalah 90 ton.
4. Type Rel yang digunakan adalah R.54.
5. Penambat yang digunakan berdasarkan PM No.60 Tahun 2012 kelas 1 adalah penambat elastis E-Clip.
6. V_{maks} yang digunakan adalah 120 km/jam.
7. Mutu beton bantalan menggunakan mutu beton K-500 pratekan.

3.3 Analisis Desain Perencanaan

1. Rel

- a. Kecepatan rencana untuk struktur jalan rel kelas 1.
 $V_{rencana} = 1,25 \times V_{maks}$
 $V_{rencana} = 1,25 \times 120 \text{ km/jam}$

Verencaa = 150 km/jam.

- b. Beban gandar yang dapat diterima struktur jalan rel adalah 18 ton (PD 10 Tahun 1986).
- c. Modulus elastisitas (E) = $2,1 \times 10^6 \text{ kg/cm}^2$

- d. Inersia sb.x (Ix) R.54 = 2346 cm^4
- e. Tahanan momen dasar (Wb) R.54 adalah 315 cm^3
- f. Tegangan ijin R.54 = 1.325 kg/cm^2
- g. Tegangan dasar R.54 = $1.176,8 \text{ kg/cm}^2$
- h. Kekakuan rel = 180 kg/cm^2
- i. Beban gandar 18 ton maka $P_s = 9000 \text{ kg}$

- j. Dumping faktor (λ) = $\sqrt[4]{\frac{k}{4EI}}$

$$(\lambda) = \sqrt[4]{\frac{180}{4(2,1 \times 10^6)2346}}$$

$$= 0,0097 \text{ cm}^{-1}$$

- k. Momen (Ma)

$$Ma = 0,82 \frac{9000 \left[1 + 0,01 \left(\frac{V}{1,609} - 5 \right) \right]}{4\lambda}$$

$$= 0,82 \frac{15.262,2437}{4(0,0097)}$$

$$= 358.016,745 \text{ kg.cm}$$

- l. Tegangan ijin yang terjadi

$$(\sigma) = \frac{Ma.y}{I_x} = \frac{358.016,745 \times 7,62}{2346} = 1.162,86769 < 1.325$$

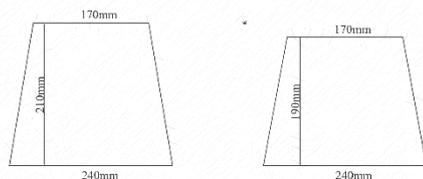
m. Tegangan rel dasar (S_{base}) = $\frac{Ma}{W_b}$
 $S_{base} = \frac{358.016,745}{315} = 1.136,5587 \text{ km/cm}^2 < 1.176,8 \text{ km/cm}^2$

Jadi untuk penggunaan rel profil R.54 telah memenuhi untuk digunakan pada lintas Kiaracandong – Cilalengka dengan kecepatan rencana 150 km/jam.

2. Penambat

Penambat rel adalah komponen yang berfungsi menambat bantalan dengan rel kereta api supaya kokoh dan penggunaan penambat pada R.54 adalah elastic dengan tipe pendrol sesuai pada PM No.60 Tahun 2012.

3. Bantalan



Penampang bantalan di bawah rel kereta api

Penampang bantalan tengah bantalan

Gambar 1 Bantalan rel kereta

Bantalan yang digunakan pada proyek merupakan bantalan berbahan beton tunggal menggunakan mutu beton K-500.

a. Tegangan dibawah bantalan.

Dari gandar yang digunakan adalah maksimum 18.000 kg, maka $P_s = 9000 \text{ kg}$.

Indek dinamis (I_d)

$$I_d = \left[1 + 0,01 \left(\frac{V_{rencana}}{1,609} - 5 \right) \right] = \left[1 + 0,01 \left(\frac{150}{1,609} - 5 \right) \right] = 1,882$$

Beban dinamik (P_d)

$$P_d = I_d \times P_s = 1,822 \times 9000 = 16.398$$

Jarak Pusat beban ke momen = 0

$$x_l = \frac{\mu}{4\lambda}$$

$$= \frac{1}{4} \left(\frac{\frac{22}{7}}{0,0097} \right) = 81 \text{ cm}$$

Beban diterima bantalan (Q)

$$Q = 0,786 \frac{P_d \cdot S}{x_l} = 0,786 \frac{16.398 \cdot 60}{81} = 9.838,8 \text{ kg}$$

Jadi beban bantalan yang harus diterima dari kereta api adalah 9.838,8 kg.

Modulus elastisitas (E)

$$E = 6400 \sqrt{f_{cu}} = 6400 \sqrt{500} \text{ kg/cm}^2 = 1,43108356 \times 10^5 \text{ kg/cm}^2$$

Dibawah kaki rel kereta api

$$\text{Luas I} = 21 \times 17 = 357 \text{ cm}^2$$

$$\text{Luas II} = \frac{3,5 \times 21}{2} = 36,75 \text{ cm}^2$$

$$\text{Luas III} = \frac{3,5 \times 21}{2} = 36,75 \text{ cm}^2$$

$$\text{Total Luas} = 357 + 36,75 + 36,75 = 430,5 \text{ cm}^2$$

$$\text{Ix} = \frac{17 \times 21^3}{12} + \frac{24-17}{2} \cdot 21^3 \cdot \frac{1}{36} = 14920,5 \text{ cm}^4$$

$$\text{Titik berat (y)} = \frac{\frac{21}{2} \times 357 + \frac{21}{2} \times 36,75 + \frac{21}{2} \times 36,75}{357 + 36,75 + 36,75} = 10,5 \text{ cm}$$

Garis netral sisi atas (y_a)

$$y_a = 21 - 10,5 = 10,5 \text{ cm}$$

Garis netral sisi bawah (y_b)

$$y_b = 10,5 \text{ cm}$$

Momen tahanan atas (W_a)

$$W_a = \frac{I_x}{y_a} = \frac{14920,5}{10,5} = 1421 \text{ cm}^3$$

Momen tahanan bawah (W_b)

$$W_b = \frac{I_x}{y_b} = \frac{14920,5}{10,5} = 1421 \text{ cm}^3$$

Faktor Dumping (λ)

$$(\lambda) = \sqrt[4]{\frac{k}{4EI}}$$

$$(\lambda) = \sqrt[4]{\frac{180}{4(1,43 \times 10^5)14920,5}} = 0,012051005 \text{ cm}^{-1}$$

Diatas kaki rel kereta api

$$\text{Luas I} = 19 \times 17 = 323 \text{ cm}^2$$

$$\text{Luas II} = \frac{3,5 \times 19}{2} = 33,25 \text{ cm}^2$$

$$\text{Luas III} = \frac{3,5 \times 19}{2} = 33,25 \text{ cm}^2$$

$$\text{Total Luas} = 323 + 33,25 + 33,25 = 389,5 \text{ cm}^2$$

$$I_x = \frac{17 \times 19^3}{12} + \frac{24-17}{2} \cdot \frac{19^3}{36} + \frac{24-17}{2} \cdot \frac{19^3}{36} = 11.050,6111 \text{ cm}^4$$

Titik berat (y)

$$y = \frac{\frac{19}{2} \times 323 + \frac{19}{2} \times 33,25 + \frac{19}{2} \times 33,25}{323 + 33,25 + 33,25} = 9,5 \text{ cm}$$

Garis netral sisi atas (ya)

$$y_a = 19 - 9,5 = 9,5 \text{ cm}$$

Garis netral sisi bawah (yb)

$$y_b = 9,5 \text{ cm}$$

Momen tahanan atas (Wa)

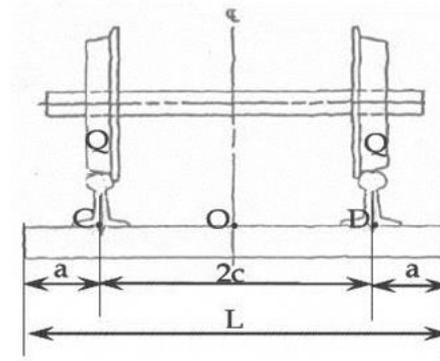
$$W_a = \frac{I_x}{y_a} = \frac{11.050,611}{9,5} = 1163,22221 \text{ cm}^3$$

Momen tahanan bawah (Wb)

$$W_b = \frac{I_x}{y_b} = \frac{11.050,661}{9,5} = 1163,22221 \text{ cm}^3$$

Faktor Dumping (λ)

$$(\lambda) = \sqrt[4]{\frac{k}{4EI}} = \sqrt[4]{\frac{180}{4(1,43 \times 10^5)14920,5}} = 0,012051005 \text{ cm}^{-1}$$



Gambar 2 Momen pada bantalan

Momen pada titik C/D dan titik O

$$L = 200 \text{ cm}$$

$$a = 45 \text{ cm}$$

$$2c = 1067 \text{ mm (lebar sepur)}$$

$$c = 53,35 \text{ cm}$$

Momen dibawah kaki rel ($M_{C/D}$)

$$M_{C/D} = \frac{Q}{4\lambda} \frac{1}{\sinh \lambda L + \sinh \lambda L} [\cosh^2 \lambda a (\cos 2\lambda c + \cosh \lambda L) - 2\cos 2\lambda a (\cosh 2\lambda c + \cos \lambda L) - \sinh 2\lambda a (\sin 2\lambda c + \sinh \lambda L) - \sin 2\lambda a (\sinh 2\lambda c + \sinh \lambda L)]$$

Tabel 2

Hasil Fungsi Trigonometri Hiperbolik dibawah kaki rel

Fungsi	Nilai
$\sin \lambda L$	0,675
$\cosh^2 \lambda a$	1,321
$\cos 2\lambda c$	0,6398
$\cosh \lambda L$	5,5569
$2\cos^2 \lambda a$	1,08
$\cosh 2\lambda c$	2,408
$\cos \lambda L$	0,9991
$\sinh 2\lambda a$	1,303
$\sin 2\lambda c$	0,0223
$\sinh \lambda L$	5,466
$\sin 2\lambda a$	0,0188
$\sinh 2\lambda c$	2,3219

$$M_{C/D} = \frac{9.838}{4(0,012) \cdot 0,675 + 0,675} [1,321 (0,6398 + 5,5569) - 1,08 (2,408 + 0,9991) - 1,303 (0,0223 + 5,466) - 0,0188 (2,3219 + 5,466)] = 125.252,3149 \text{ kg/cm}$$

Momen ditengah bantalan kereta (MO)

$$MO = \frac{Q}{2\lambda} \frac{1}{\sinh \lambda L + \sinh \lambda L} [\sinh \lambda c (\sin \lambda c + \sin \lambda (L-c)) + \sin \lambda c (\sinh \lambda c + \sinh \lambda (L-c)) + \cosh \lambda c \cos \lambda (L-c) - \cos \lambda c \cosh \lambda (L-c)]$$

Tabel 3
Hasil Fungsi Trigonometri Hiperbolik ditengah bantalan

Fungsi	Nilai
$\sin \lambda L$	0,675
$\cosh \lambda c$	1,212
$\cos \lambda (L-c)$	0,999
$\cosh \lambda (L-c)$	2,991
$\cos \lambda c$	0,790
$\cos \lambda L$	0,9991
$\sinh \lambda c$	0,6848
$\sin \lambda c$	0,0111
$\sinh \lambda (L-c)$	1,759
$\sin \lambda (L-c)$	0,0307
$\sinh 2\lambda c$	2,3219

$$MO = \frac{9838}{2(0,012)} \frac{1}{0,675+0,675} [0,6848(0,0111+0,0307)+0,0111(0,6848+1,759)+(1,212 \times 0,999) - (0,790 \times 2,991)]$$

$$= 409916,6667 \times 0,740 \times (0,028+0,0271+1,210-2,362) - 1,0969$$

$$= -332.731,8179 \text{ kg/cm.}$$

4. Ballast

Lapisan balas memiliki fungsi untuk menahan beban kontruksi bantalan dan meneruskan beban dari bantalan menuju ke tanah dasar dengan pola distribusi beban yang merata. Balas yang digunakan sesuai Peraturan Menteri No.60 tahun 2012 dengan kelas jalan 1 lebar sepur yaitu 1067 cm dan kecepatan maksimal 120 km/jam, maka dipakai tebal balas 30 cm dan lebar bahu balas yang digunakan adalah 60 cm dengan ukuran batu pecah ukuran 2-3 cm dan 5-7 cm.

4. KESIMPULAN

Pada proyek double track Kiaracandong-Cicalengka KM. 180+900 – 181+900 diperoleh metode perencanaan struktur jalan rel dengan kecepatan maksimum 120 km/jam dan kecepatan desain 150 km/jam dari hasil penelitian. Komponen rel berikut yang digunakan sebagaimana ditentukan oleh hasil perhitungan komponen struktural jalan rel:

- A. Rel
Type Rel menggunakan type R.54 dengan kelas jalan I.
- B. Bantalan
Dengan jumlah bantalan yang terpasang pada lintasan yaitu 3085 buah , jarak antara bantalan rel adalah 60 cm dalam pekerjaan proyek ini dengan :
 - a. Mutu Bantalan K-500.
 - b. Dimensi bantalan: Penampang tepat dibawah kaki rel:
Tinggi bantalan = 210 mm.
Lebar atas bantalan = 170 mm.
Lebar bawah bantalan = 240 mm.
Penampang tepat ditengah bantalan:
Tinggi bantalan = 190 mm.
Lebar atas bantalan = 170 mm.
Lebar bawah bantalan = 240 mm.
- C. Penambat
Penambat yang digunakan dengan type pandrol E-Clip dengan \emptyset 20 mm serta pelengkap pelat landas Riber Pad.
- D. Ballast
Tebal ballast = 30 cm, menggunakan , Batu pecah dengan ukuran, Butiran 2-3 cm dan 5-7 cm.

5. DAFTAR PUSTAKA

- Kementerian Perhubungan Republik Indonesia, 2000. Keputusan Menteri Perhubungan No. 52 Tahun 2000 Tentang Jalur Kereta Api, Kemenhub RI, Jakarta
- Peraturan Dinas No.10 Tahun 1986. Peraturan Konstruksi Jalan Rel. 2 April 1986. Jakarta.
- Dinas Perhubungan, 2012, Peraturan Menteri Perhubungan Nomor 60 tahun 2012 , *Tentang Persyaratan Teknis Jalur Kereta Api.*
- Hapsoro Tri Utomo, Suryo (2009), Jalan Rel, Yogyakarta: Beta Offset.
- Kementerian Perhubungan Republik Indonesia, 2011. *Peraturan Menteri Perhubungan No.29 Tahun 2011 Tentang Persyaratan Teknis Bangunan Stasiun Kereta Api, Kemenhub RI, Jakarta.*
- Achmad, F., (2010), Tinjauan Sifat-sifat Agregat untuk Campuran Aspal Panas (studi kasus beberapa quarry di Provinsi Gorontalo), Jurnal Sainstek Vol. 5, No. 1, Maret 2010, FMIPA-UNG, hal. 36-49.
- PJKA. 1986. Peraturan Perencanaan Konstruksi Jalan Rel. (Peraturan Dinas No.10).Bandung

Sanggapramana, 2010, Bantalan Rel Kereta
Api. Wordpress.com
DJKA 2012. Peraturan Menteri Perhubungan
No 60. Persyaratan Teknis Jalur Kereta
Api, Jakarta