

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

A. Karakteristik Moda Transportasi Kereta Api

Kereta api merupakan moda transportasi yang paling efisien dan murah ditinjau dari jumlah penumpang dan barang yang dapat diangkut maupun jarak perjalanannya serta konsumsi energi dan sedikitnya polutan yang dihasilkan. Artinya jika diselenggarakan dengan baik dan tepat, moda ini pasti mampu menjadi *leading transportation mode* khususnya sebagai pembentuk kerangka atau lintas utama transportasi nasional. Menurut Peraturan Menteri No 43 tahun 2011 tentang Rencana Induk Perkeretaapian Nasional (RIPNas), kereta api merupakan moda transportasi yang diharapkan mampu menjadi tulang punggung angkutan barang dan angkutan penumpang perkotaan sehingga dapat menjadi salah satu penggerak utama perekonomian nasional.

Dwiatmoko (2016), menyebutkan bahwa kelebihan penggunaan moda transportasi kereta api dibandingkan moda transportasi jalan raya adalah :

1. Kereta api merupakan salah satu moda transportasi yang memiliki karakteristik dan keunggulan khusus, terutama dalam kemampuannya mengangkut secara massal, baik penumpang maupun barang. Perbandingan kapasitas angkut penumpang dan barang antara kereta api dengan transportasi darat lainnya dapat dilihat pada Tabel 2.1 dan Tabel 2.2 berikut.

Tabel **Error! No text of specified style in document.**1 Perbandingan kapasitas angkut penumpang KA dengan bus

Penumpang	
KA penumpang kelas ekonomi (<i>occupancy</i> 100%)	1250 penumpang
Bus	40 penumpang
Kesimpulan : 1 kali perjalanan KA penumpang setara dengan ± 31 bus	

(Sumber : Dwiatmoko,2016)

Tabel **Error! No text of specified style in document.**2 Perbandingan kapasitas angkut barang ka dengan truk

Barang	
batu bara 60 gerbong	3.000 ton batu bara
Truk	10 ton batu bara
Kesimpulan :	
1 kali perjalanan KA batu bara setara dengan \pm 300 truk 10 ton	

(Sumber : Dwiatmoko,2016)

2. Hemat energi, angkutan kereta api memiliki potensi sebagai angkutan hemat energi yaitu angkutan dengan konsumsi energi (BBM) yang relatif kecil. Seperti yang dijabarkan pada Tabel 2.3.

Tabel **Error! No text of specified style in document.**3 Perbandingan konsumsi energi BBM pada moda transportasi

Moda	Proporsi Konsumsi BBM (%)	Konsumsi Energi (BBM/Km)	Konsumsi Energi (BBM/Orang)
Darat :			
Jalan Raya	63,8	0,5	0,0125
ASDP	12	-	-
KA	0.8	3	0,002
Laut	17,3	40	0,06
Udara	6,3	10	0,006

(Sumber: Dwiatmoko, 2016)

3. Efisien dalam penggunaan ruang. Moda kereta api adalah moda transportasi yang sangat hemat lahan. Kapasitas angkut kereta dengan lahan jalan rel 1.067 mm ditambah ruang bebas 12 meter ke kiri dan kanan rel, maka kebutuhan akan ruang bebas masih lebih kecil dibandingkan Jalan Bebas Hambatan (Jalan Tol).
4. Faktor keamanan tinggi. Hal ini dikarenakan moda transportasi kereta api mempunyai jalur (*track*) dan fasilitas terminal sendiri, sehingga tidak

dipengaruhi oleh kegiatan lalu lintas non-kereta api yang dapat meminimalisasi konflik dengan moda transportasi lainnya.

5. Tingkat pencemaran yang rendah. Sektor transportasi merupakan sektor dengan emisi gas buang CO₂ terbesar setelah sektor energi. Moda transportasi yang sangat rendah emisi gas buang CO₂ dibandingkan dengan moda darat, laut, dan udara.
6. Lebih efisien dibandingkan moda transportasi jalan raya. Seperti yang dijabarkan pada Tabel 2.4 berikut ini.

Tabel **Error! No text of specified style in document.**4 Perbandingan tingkat efisiensi biaya KA dengan angkutan jalan

Faktor	Biaya	
	Angkutan Jalan	Kereta Api
Biaya konstruksi	Rp 6 miliar/km (1 juta ton) Rp 7,5 miliar/km (3 jutaton)	Rp 20 miliar/km
Biaya perawatan tahunan rata-rata	Rp 200 juta/tahun (1 juta ton) Rp 250 juta/tahun (3 juta ton) Rp 300 juta/tahun (5 juta ton)	Rp 150 juta/tahun (1 juta ton) Rp 200 juta/tahun (1 juta ton)
Biaya operasional	Rp 400 ton/km	Rp 300 ton/km

(Sumber : Dwiatmoko, 2016)

Meskipun memiliki beberapa keunggulan dibandingkan moda transportasi darat lainnya sebagaimana yang telah dijelaskan sebelumnya, angkutan kereta api juga mempunyai kelemahan dan hambatan terutama pada aspek operasinya. Rosyidi (2015), menjelaskan beberapa kelemahan dan hambatan pada transportasi kereta api :

1. Desain Infrastruktur. Kereta api bergerak dengan beban berat berkecepatan tinggi menuntut desain sistem komponen infrastruktur yang sangat kuat. Selain itu fasilitas infrastruktur tersebut didesain secara khusus dan tidak bisa digunakan oleh moda angkutan lain.

2. Desain kendaraan. Angkutan kereta api menggunakan sarana khusus sehingga perlu penyediaan (desain dan fabrikasi) peralatan khusus seperti lokomotif dan gerbong.
3. Biaya infrastruktur dan peralatan. Jenis sarana dan infrastruktur yang khusus menyebabkan biaya yang diperlukan untuk penyediaan infrastruktur menjadi mahal dan padat modal, sehingga investasi yang perlu disediakan menjadi tinggi.
4. Keterbatasan pelayanan. Pelayanan pergerakan manusia dan barang oleh kereta api hanya terbatas pada jalur dan prasarana stasiunnya saja, sifatnya tidak *door to door*.
5. Teknologi sarana tinggi. Angkutan kereta api memerlukan aplikasi teknologi yang tinggi, sehingga teknologi baru tidak dapat langsung digunakan dan diterapkan.
6. Keterbatasan jalur. Apabila terjadi hambatan, misalnya ada kasus kecelakaan yang melibatkan kereta api pada suatu jalur, angkutan kereta api lainnya tidak dapat dengan serta merta dialihkan ke jalur lainnya dan menyebabkan resiko keterlambatan perjalanan.
7. Konflik dengan pengembangan kota. Khusus untuk kawasan perkotaan yang telah memiliki jaringan kereta api konvensional sebelumnya, perkembangan angkutan ini sedikit banyak menghambat perkembangan fisik kota seperti lokasi persilangan kereta api dan jalan raya.

B. Prasarana Perkeretaapian

Prasarana kereta api adalah jalur dan stasiun kereta api termasuk fasilitas yang diperlukan agar sarana kereta api dapat dioperasikan sebagaimana yang tertuang dalam Peraturan Menteri Nomor 60 tahun 2012 tentang Persyaratan Teknis Jalur KA. Fasilitas penunjang kereta api adalah segala sesuatu yang melengkapi penyelenggaraan angkutan kereta api yang dapat memberikan kemudahan serta kenyamanan bagi pengguna jasa angkutan kereta api. Prasarana kereta api lebih terperinci lagi terdiri atas :

1. Jalur atau jalan rel, adalah jalur yang diperuntukkan bagi pengoperasian kereta api.

2. Bangunan stasiun, adalah tempat kereta api berangkat atau berhenti untuk melayani naik turun penumpang, bongkar muat barang, dan keperluan operasi kereta api.
3. Fasilitas operasi kereta api, adalah seluruh peralatan yang digunakan untuk pengoperasian perjalanan kereta api.

Adapun untuk kajian di bidang ketekniksipilan, lebih banyak terfokus kepada penyediaan prasarana atau infrastruktur kereta api berupa jalur atau jalan rel, terowongan, bangunan stasiun dan jembatan serta bangunan pendukung lainnya. Namun dalam ruang lingkup pembahasan pada tugas akhir ini lebih terfokus pada perancangan dan pembangunan prasarana jalur atau jalan rel.

C. Perkembangan Jalan Rel di Indonesia

Jalan rel di Indonesia pertama kali didirikan oleh NIS (*Netherlands Indische Spoorweg Maatschappij*) pada tanggal 18 juni 1864 dengan jalur dari Kemijen, Semarang ke Tanggung dengan jarak 26 km dengan lebar sepur 1435 mm. Jalan rel dengan lebar sepur 1067 mm yang pertama kali dibangun adalah jalur Batavia-*Buitenzorg* (Bogor), hal ini dikarenakan dari segi teknis maupun ekonomis lebar sepur 1067 mm lebih sesuai untuk topografi wilayah Jawa yang berbukit-bukit. Pembangunan jalur kereta api di luar Pulau Jawa dilakukan di Aceh (1874), Sumatera Utara (1886), Sumatera Barat (1891), Makassar-Takalar (1922).

Setelah pemerintah penjajahan Belanda menyerah kepada *Dai Nippon*, penguasaan jaringan kereta api beralih kepada pemerintah penjajahan Jepang. Pada masa pemerintahan Jepang, banyak lintasan kereta api yang ditutup karena dititikberatkan untuk angkutan perang (Subarkah,1992).

Setelah masa proklamasi kemerdekaan Republik Indonesia, jaringan kereta api penguasaannya diambil oleh Djawatan Kereta Api Republik Indonesia (DKRI) yang saat ini berubah menjadi badan usaha yang dinamai Perseroan Terbatas Kereta Api Indonesia (PT. KAI).

Saat ini jalan rel di Indonesia terpusat di Pulau Jawa dan Sumatera dengan panjang jalan rel yang masih aktif beroperasi adalah sepanjang 4069,40 km yaitu sekitar 60% dari jumlah total panjang rel yang ada di Indonesia. Persebaran



Gambar **Error! No text of specified style in document..2** Jaringan jalan rel di Pulau Sumatera

(Sumber : PT.KAI tahun 2015)

Adapun rencana pengembangan jaringan jalan rel di Indonesia dalam penetapan Rencana Induk Perkeretaapian Nasional dimaksudkan untuk memberikan arahan tentang rencana pengembangan perkeretaapian nasional sampai tahun 2030 dengan cara pengoptimalan jaringan jalan rel eksisting dan membangun jaringan jalan rel yang baru. Sebagaimana yang telah diatur dalam Peraturan Menteri No. 43 Tahun 2011 tentang Rencana Induk Perkeretaapian Nasional dijelaskan bahwa pengembangan jaringan perkeretaapian tahun 2030 diarahkan untuk mewujudkan prasarana perkeretaapian yang modern, berkelanjutan, layak operasi dan sesuai standar, daya angkut lebih besar serta berkecepatan tinggi dengan sasaran utama pengembangan jaringan perkeretaapian nasional mencapai 12.100 km yang tersebar di Pulau Jawa, Sumatera, Kalimantan, Sulawesi dan Papua, termasuk jaringan kereta api kota dan perkotaan.

Prakiraan kebutuhan jaringan kereta api pada masing-masing pulau besar secara rinci dapat dilihat pada Tabel 2.2 dan untuk prakiraan kebutuhan jaringan kereta api di Pulau Jawa secara terperinci dijelaskan pada Gambar 2.3.

Tabel **Error! No text of specified style in document..6** Rencana jaringan kereta api tahun 2030

Pulau	Rencana Jaringan Kereta Api Tahun 2030 (km)
-------	---------------------------------------------

Jawa, Madura, Bali	6.800
Sumatera	2.900
Kalimantan	1.400
Sulawesi	500
Papua	500
Total Jaringan	12.100

(Sumber : PM No 43 Tahun 2011)



Gambar Error! No text of specified style in document..3 Rencana pengembangan jaringan kereta api di Pulau Jawa tahun 2030

(Sumber : Direktorat Jenderal Perkeretaapian-Kementerian Perhubungan,2011)

D. Struktur Jalan Rel

Menurut Rosyidi (2015), struktur jalan rel merupakan suatu konstruksi yang direncanakan sebagai prasarana atau infrastruktur perjalanan kereta api. Konsep struktur jalan rel adalah rangkaian super-struktur dan sub-struktur yang menjadi satu kesatuan komponen yang mampu mendukung pergerakan kereta api secara aman.

Struktur jalan rel dibagi ke dalam dua bagian struktur yang terdiri dari kumpulan komponen-komponen jalan rel, yaitu :

1. Struktur bagian atas, atau dikenal sebagai *superstructure*. Komponen superstruktur akan menerima beban pertama kali dari kendaraan lokomotif, kereta atau gerbong. Dengan demikian, seluruh komponen superstruktur harus didesain sekokoh mungkin (kaku) supaya dapat menerima beban dengan baik tanpa mengalami deformasi permanen dan mampu menyebarkan beban ke substruktur. Adapun komponen *superstructure* terdiri atas :

a. Rel (*Rail*)

Rel merupakan batangan baja longitudinal yang berhubungan secara langsung, dan memandu serta memberikan tumpuan terhadap pergerakan roda kereta api secara berterusan. Oleh karena itu, rel juga harus memiliki nilai kekakuan tertentu untuk menerima dan mendistribusikan beban dari kereta api dengan baik.

b. Penambat (*Fastening*)

Penambat merupakan suatu sistem yang digunakan untuk mengikat dan menghubungkan antara komponen bantalan dengan rel yang jenis dan bentuknya bervariasi sesuai dengan jenis bantalan yang digunakan serta klasifikasi jalan rel yang dilayani.

c. Bantalan (*Sleeper/Tie/Crosstie*)

Bantalan memiliki beberapa fungsi yang penting, diantaranya menerima beban dari rel dan mendistribusikannya kepada lapisan balas dengan tingkat tekanan (tegangan) menjadi lebih kecil, mempertahankan sistem penambat untuk mengikat rel pada kedudukannya dan menahan pergerakan rel arah longitudinal, lateral dan vertikal.

d. Sambungan Rel

Sambungan rel adalah konstruksi yang mengikat dua ujung rel sedemikian rupa sehingga operasi kereta api tetap aman dan nyaman. Yang dimaksud dengan sambungan yang menggunakan pelat penyambung dan baut-mur.

e. Wesel

Wesel adalah bagian konstruksi jalan rel yang berfungsi untuk mengalihkan kereta api dari satu jalan rel ke jalan rel yang lainnya.

2. Struktur bagian bawah, atau dikenal dengan *substructure* merupakan konstruksi jalan rel yang fungsinya menerima beban dari lapisan *superstructure* di atasnya sehingga lapisan pembentuknya harus baik dan pilihan. Adapun komponen *substructure* terdiri atas :

a. Lapisan Fondasi Atas atau Lapisan Balas (*Ballast*)

Konstruksi lapisan balas terdiri dari material granular/butiran dan diletakkan sebagai lapisan permukaan (atas) dari konstruksi substruktur. Lapisan balas berfungsi untuk menahan gaya vertikal (*cabut/uplift*, lateral dan longitudinal) yang dibebankan kepada bantalan sehingga bantalan dapat mempertahankan jalan rel pada posisi yang disyaratkan.

b. Lapisan Fondasi Bawah atau Lapisan Subbalas (*Subballast*)

Lapisan subbalas adalah lapisan yang terletak di antara lapisan balas dan lapisan tanah dasar. Lapisan ini berfungsi sebagaimana lapisan balas, diantaranya mengurangi tekanan di bawah balas sehingga dapat didistribusikan kepada lapisan tanah dasar sesuai dengan tingkatannya.

c. Lapisan Tanah Dasar (*Subgrade*)

Lapisan tanah dasar merupakan lapisan dasar pada struktur jalan rel yang harus dibangun terlebih dahulu. Fungsi utama dari lapisan tanah dasar adalah menyediakan landasan yang stabil untuk lapisan balas dan subbalas.

Adapun untuk pembuangan air pada jalan rel akan dibuat drainase pada jalan rel yang didefinisikan sebagai sistem pengaliran/pembuangan air di suatu daerah jalan rel, baik secara gravitasi maupun dengan menggunakan pompa, agar tidak sampai terjadi genangan air (*Alizar*). Secara umum terdapat tiga jenis drainase jalan rel, yaitu :

a. Drainase permukaan (*surface drainage*).

b. Drainase bawah permukaan (*sub-surface drainage*).

c. Drainase lereng (*slope drainage*).

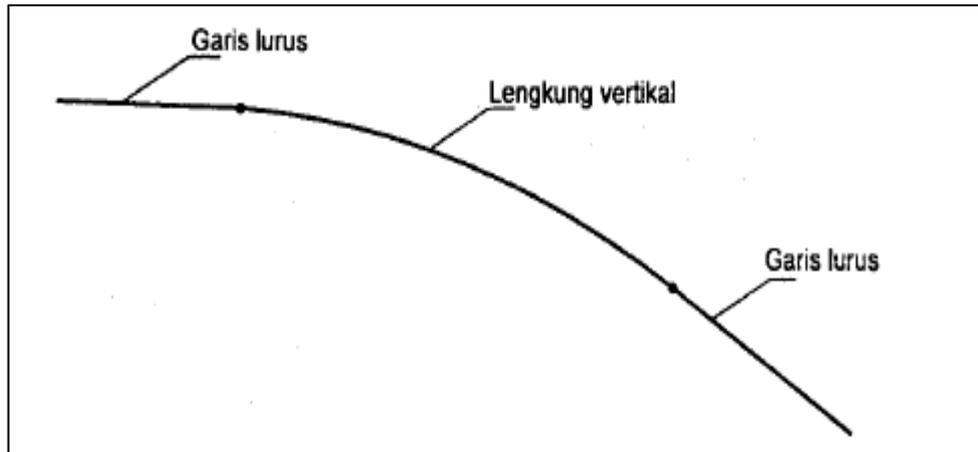
E. Geometrik Jalan Rel

Perencanaan geometrik jalan rel merupakan bagian dari perencanaan yang dititikberatkan pada perencanaan bentuk fisik jalan rel sehingga dapat memenuhi fungsi dasar dari jalan rel, yaitu memberikan pelayanan yang optimum pada masyarakat. Geometrik jalan rel direncanakan berdasar pada kecepatan rencana serta ukuran-ukuran-ukuran kereta yang melewatinya dengan memperhatikan faktor keamanan, kenyamanan, ekonomi dan kesertaan dengan lingkungan sekitarnya. Perencanaan geometrik pada jalan rel direncanakan sesuai dengan Peraturan Dinas No. 10 tahun 1986 tentang Perencanaan Konstruksi Jalan Rel dan Peraturan Menteri No. 60 tahun 2012 tentang Persyaratan Teknis Jalur Kereta Api.

Adapun bagian yang ditinjau dalam geometrik jalan rel adalah :

1. Alinemen Vertikal

Alinemen vertikal adalah proyeksi sumbu jalan rel pada bidang vertikal yang melalui sumbu jalan rel tersebut. Alinemen vertikal digunakan bila terdapat perbedaan kelandaian sehingga dengan adanya lengkung vertikal peralihan dapat terjadi secara berangsur-angsur dari suatu landai ke landai berikutnya. Alinemen ini terdiri dari garis lurus dengan atau tanpa kelandaian dan lengkung vertikal yang berupa busur lingkaran (Dwiatmoko, 2016). Alinemen vertikal ditunjukkan dalam Gambar 2.8 di bawah ini.

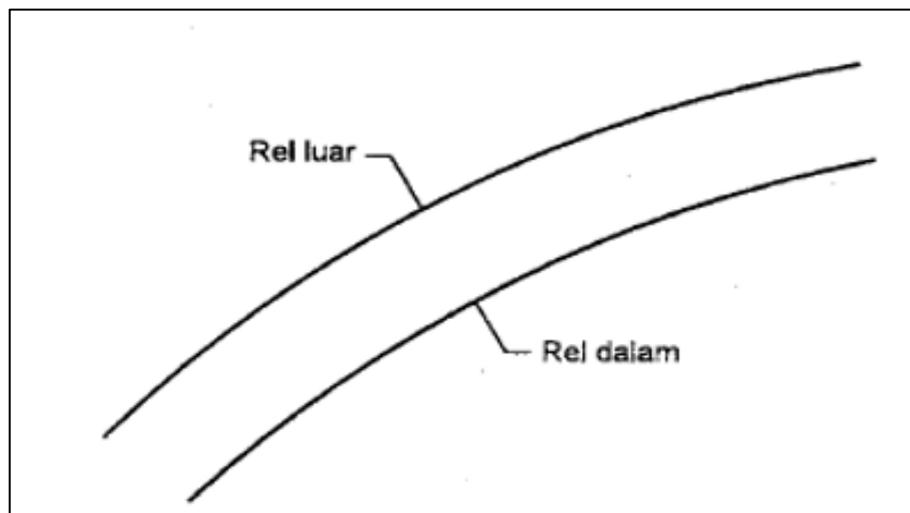


Gambar **Error! No text of specified style in document..4** Alinemen vertikal

(Sumber : Utomo, 2009)

2. Alinemen Horizontal

Apabila dua bagian lintas lurus perpanjangannya bertemu membentuk sudut, maka dua bagian tersebut harus dihubungkan oleh suatu lengkung horizontal (Gambar 2.9). Lengkung horizontal dimaksudkan untuk mendapatkan perubahan secara berangsur-angsur arah alinemen horizontal jalan rel (Utomo, 2009).



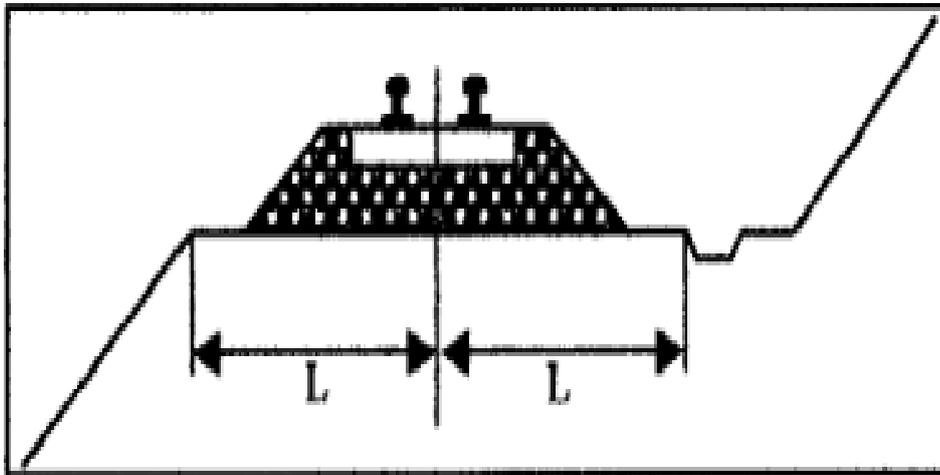
Gambar **Error! No text of specified style in document..5** Alinemen horizontal

(Sumber : Utomo, 2009)

3. Penampang Melintang

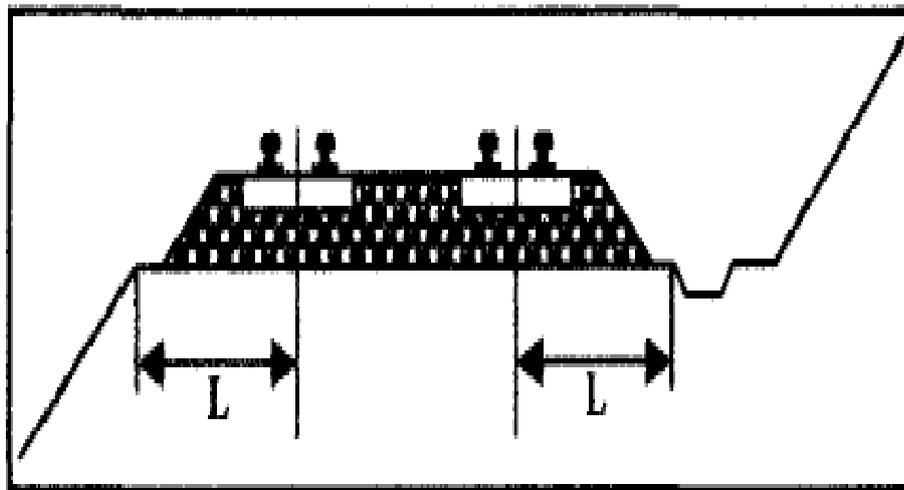
Berdasarkan Peraturan Menteri No 60 Tahun 2012 tentang Perencanaan Konstruksi Jalan Rel, yang dimaksud dengan penampang melintang jalan rel adalah potongan pada jalan rel, dengan arah tegak lurus sumbu jalan rel,

dimana terlihat bagian-bagian dan ukuran-ukuran jalan rel dalam arah melintang seperti pada Gambar 2.10 dan Gambar 2.11.



Gambar **Error! No text of specified style in document.**6 Penampang melintang rel tunggal

(Sumber : PM No 60 tahun 2012)



Gambar **Error! No text of specified style in document.**7 Penampang melintang jalur rel ganda

(Sumber : PM No 60 tahun 2012)

F. Penelitian Terdahulu

Pada penelitian terdahulu telah dibahas mengenai perencanaan dan studi detail engineering design (DED) geometrik jalur kereta api, diantaranya Sartika dkk, (2007) meneliti tentang perencanaan jalur kereta api ganda dari Stasiun Pekalongan ke Stasiun Tegal dengan menitikberatkan pada perencanaan

geometrik jalur rel dari Stasiun Pekalongan sampai Stasiun Tegal. Selain itu dalam penelitian ini dibahas juga tentang analisa pemilihan trase untuk alinemen jalur ganda, struktur konstruksi jalan rel, emplasemen stasiun serta bangunan pelengkap.

Adapun, Saniaya dkk (2008) melakukan penelitian tentang perencanaan jalur kereta api ganda lintas Cirebon-Kroya Koridor Prupuk-Purwokerto yang di dalam penelitiannya membahas tentang analisa kelayakan jalur ganda ditinjau dari kepadatan penduduk dan kapasitas lintas, perencanaan geometri jalan rel, perhitungan struktur konstruksi jalan rel, serta dibahas pula tentang perlintasan sebidang dan persinyalan.

Sedangkan Andika (2016) dengan judul penelitian studi *detailed engineering design* (DED) jalur kereta api ganda antara Stasiun Rejosari-Rengas sepanjang 18,7 km, Herhutomosunu (2016) dengan judul penelitian studi *detailed engineering design* (DED) jalur kereta api ganda antara Stasiun Rengas-Sulusuban sepanjang 22,6 km, Gusrizal (2016) dengan judul penelitian studi *detailed engineering design* (DED) jalur kereta api ganda antara Stasiun Kalibalangan sampai Stasiun Cempaka, dan Setiawan (2016) dengan judul penelitian studi *detailed engineering design* (DED) jalur kereta api ganda antara Stasiun Sulusuban sampai Stasiun Kalibalangan di dalam penelitiannya sama-sama menitikberatkan tentang perancangan geometrik jalur ganda kereta api, menghitung biaya volume pekerjaan serta anggaran biaya (RAB) pelaksanaan pembangunan jalur ganda.