

EVALUASI PERATURAN PEMBEBANAN GANDAR KERETA API DI PULAU JAWA TERHADAP KONDISI AKTUAL

Tri Muspitasari, Indah Sulistyowati, dan Widi Kumara

Program Studi Teknik Sipil, Universitas Trisakti

e-mail: trimuspitasari@yahoo.com

Abstract: The railway structure includes a variety of constructions intended to support railroad and railway operations, one of which is a bridge. Locomotives are self-rail vehicles that function as rod or train carriages. Locomotives in Indonesia, especially in Java Island, have varying axle loads and axle distances, thus causing an inward force change that works on the railway structure. The live load working on the structure of the railway bridge is a load derived from a railway circuit whose size is determined based on the loading scheme of the 1921 Load Plan (RM 1921). With RM 1921 which has been established as a rule of Bridge through which a series of railways passing then at a certain point on the bridge girder lengths will cause an inner force such as the force of moment and latitude that changes in magnitude depending on the location of the train circuit. However, the actual condition of axle load and axle distance is not in accordance with RM 1921. To know the magnitude of force in (maximum moment) then required an analysis calculation that is using line of influence. From the calculation result between actual locomotive and RM 1921, it can be concluded that the actual maximum force of the locomotive is 30.38% less than RM 1921, therefore RM 1921 is still sufficient to be used in the current condition.

Keywords: Axle Load, Locomotive, Bridge

Abstrak: Struktur jalan rel meliputi bermacam-macam konstruksi yang dimaksudkan untuk mendukung jalan rel dan pengoperasian kereta api salah satunya adalah jembatan. Lokomotif merupakan kendaraan rel yang dapat bergerak sendiri berfungsi sebagai penggerak rangkaian kereta atau gerbong. Lokomotif di Indonesia khususnya di Pulau Jawa mempunyai beban gandar dan jarak gandar yang berbeda-beda, sehingga hal ini mengakibatkan terjadinya perubahan gaya dalam yang bekerja pada struktur jalan rel kereta api. Beban hidup yang bekerja pada struktur atas jembatan kereta api adalah beban yang berasal dari rangkaian kereta api yang besarnya ditentukan berdasarkan skema pembebanan Rencana Muatan 1921 (RM 1921). Dengan RM 1921 yang sudah ditetapkan sebagai peraturan Jembatan yang dilalui oleh rangkaian kereta api yang melintas maka pada suatu titik tertentu pada jembatan gelagar memanjang akan menimbulkan gaya dalam seperti gaya momen dan lintang yang berubah besarnya tergantung dari letak rangkaian kereta api. Akan tetapi, kondisi aktual beban gandar dan jarak gandar tidak sesuai dengan RM 1921. Untuk mengetahui besarnya gaya dalam (momen maksimum) maka diperlukan suatu perhitungan analisis yaitu menggunakan garis pengaruh. Dari hasil perhitungan antara lokomotif aktual dan RM 1921 diperoleh kesimpulan gaya dalam (momen) maksimum lokomotif aktual lebih kecil 30,38% dari pada RM 1921, oleh karena itu RM 1921 masih memadai untuk dipakai pada kondisi saat ini.

Kata kunci: Beban Gandar, Lokomotif, Jembatan

PENDAHULUAN

Struktur jalan rel meliputi bermacam-macam konstruksi yang dimaksudkan untuk mendukung jalan rel dan pengoperasian kereta api. Jembatan merupakan salah satu struktur pendukung jalan rel. Ketika merencanakan suatu struktur jalan rel kereta api, untuk jembatan rel kereta api dijaluinya, berbagai sumber beban harus dipertimbangkan. Prinsipnya, jalan rel kereta api harus dapat mentransfer berupa beban gandar (*axle load*) ke struktur jalan rel akan tetapi beban gandar secara aktual belum tentu sama berdasarkan dengan

ketetapan Peraturan Dinas No.10 (PD No.10) dan Peraturan Menteri Perhubungan No.60 (PM No.60) Tahun 2012 dengan skema Rencana Muatan 1921 (RM 1921). Pada kenyataan dilapangan terdapat perbedaan jarak as dan beban masing-masing gandar untuk seluruh kereta yang beroperasi di Indonesia secara umum di Pulau Jawa pada khususnya. Sehingga hal ini mengakibatkan terjadinya perbedaan gaya dalam yang timbul yang bekerja pada struktur jalan rel kereta api, seperti tubuh jalan, jembatan, terowongan, viaduk, maupun struktur lainnya yang dilalui oleh kereta api. Maka perlu diadakan penelitian membuat evaluasi pengaruh pembebanan

kereta api disesuaikan dengan beban aktual lokomotif atau gerbong yang beroperasi di Pulau Jawa pada jalan rel kereta api sehingga selanjutnya dapat dibuat sebagai dasar pertimbangan dalam membuat pemodelan pembebanan baru dari rencana muatan kereta api yaitu RM 1921 yang selama ini berlaku di Indonesia dan sudah terlalu lama belum terjadi pembaharuan.

Dalam PD No.10 dan PM No.60 Tahun 2012 bahwa komponen jalan rel kereta api harus mempunyai standar perencanaan beban roda dengan mempertimbangkan jarak gandar dan tekanan gandar agar struktur rel pada jembatan, kuat untuk mendukung beban kereta. Tinjauan dilakukan untuk analisis gaya dalam (momen) jembatan kereta api tipe gelagar pelat (*plate girder*) diatas 2 perletakkan, dengan panjang bentang jembatan yang dihitung yaitu antara 15m – 22m. Bentang jembatan menyesuaikan dengan panjang sumbu roda lokomotif aktual terpanjang di Pulau Jawa dengan memperhitungkan satu lokomotif yang lewat diatas jembatan, dan sebagai pembandingnya memakai skema RM 1921.

Pada penulisan ini, penulis menggunakan sumber data peraturan pembebanan gandar kereta api Indonesia yang sesuai dengan Peraturan Dinas (PD) No.10 dan Peraturan Menteri Perhubungan (PM) No.60 Tahun 2012 dengan menggunakan skema Rencana Muatan (RM) 1921 dengan memperbandingkan pembebanan gandar kereta api di Pulau Jawa secara aktual. Dengan data yang dimiliki maka evaluasi ini dapat dilakukan dengan studi awal. Data yang dipakai pada kondisi aktual yaitu dengan memakai beban lokomotif yang beroperasi di Pulau Jawa dan data pembandingnya berdasarkan skema pembebanan RM 1921.

Kereta api merupakan salah satu moda transportasi yang memiliki karakteristik dan keunggulan khusus, terutama dalam kemampuannya mengangkut secara massal, baik penumpang maupun barang. Struktur jalan rel merupakan konstruksi yang direncanakan sebagai prasarana atau infrastruktur perjalanan kereta api. Konsep struktur jalan rel adalah rangkaian *superstructure* dan *substructure* yang menjadi satu kesatuan komponen yang mampu mendukung pergerakan kereta api secara aman. Struktur jalan rel meliputi bermacam-macam konstruksi yang dimaksud untuk mendukung jalan rel dan pengoperasian kereta api. Beberapa contoh struktur pendukung jalan rel antara lain: jembatan, terowongan, *viaduct*, gorong-gorong, dan jalur inspeksi.

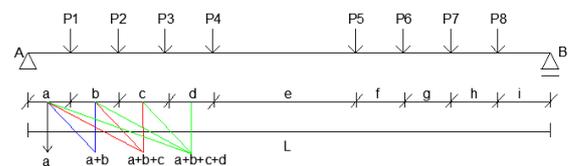
Jembatan kereta api adalah jembatan yang dirancang khusus untuk dapat dilintasi kereta api. Perencanaan jembatan ini dari jalan rel kereta api, ruang bebas jembatan, hingga beban yang diterima oleh jembatan

disesuaikan dengan kereta api yang melewati jembatan tersebut. Beban gandar yang digunakan sebagai dasar perencanaan harus sesuai dengan klasifikasi jalurnya dan beban terbesar dari sarana perkeretaapian yang dioperasikan.

Secara umum setiap konstruksi sipil selalu dibebani oleh beban mati (muatan tetap) dan beban hidup (muatan bergerak). Beban pada konstruksi tersebut seperti berat sendiri konstruksi sedangkan beban hidup (muatan bergerak) adalah suatu beban yang bekerja pada saat tertentu saja seperti beban angin, beban gempa, beban manusia dan beban peralatan pada saat pengerjaan konstruksi dan juga beban kendaraan pada konstruksi jembatan. Untuk mengetahui gaya dalam (momen) maksimal maka pada perhitungan ini di pakai cara garis pengaruh. Perhitungan yang dipakai dengan penentuan beban gandar dan jarak gandar lokomotif secara aktual yang berjalan di atas jembatan tipe plat girder. Garis pengaruh dipergunakan untuk mengetahui dimana letaknya muatan yang bergerak yang dapat menimbulkan akibat yang paling buruk. Garis pengaruh merupakan cara lain untuk mencari reaksi perletakan, gaya momen dan lintang pada suatu konstruksi yang terbebani beban luar statis (Arisandy, 2012).

GAYA DALAM (MOMEN)

Pada perhitungan ini, untuk mencari gaya dalam (momen) menggunakan perhitungan garis pengaruh dengan cara membuat program, yaitu dengan tahapan sebagai berikut:



Gambar 1. Jarak Kumulatif Dari Titik A

Rumus yang dipakai untuk mendapatkan jarak kumulatif seperti pada gambar diatas adalah sebagai berikut:

- Jarak kumulatif dari titik A

Jarak Kumulatif dari titik A ke P1 = a

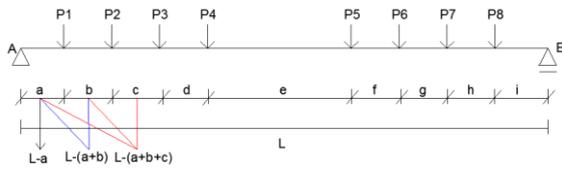
Jarak kumulatif dari titik A ke Pn = a+b.....+n (1)
dimana:

a= jarak tepi jembatan ke jarak gandar lokomotif (m);
b – h= jarak antar gandar (m);
i = jarak tepi jembatan ke jarak gandar lokomotif (m).

- Jarak kumulatif dari B

Selanjutnya setelah mendapatkan jarak kumulatif di A, kita mencari jarak kumulatif di B. Untuk jarak lokomotif dari B dilihat berdasarkan panjang bentang

jembatan (L). Untuk mencari jarak kumulatif di b dapat dilihat pada gambar 2, dengan menggunakan rumus pada rumus (2).



Gambar 2. Jarak Kumulatif Dari Titik B

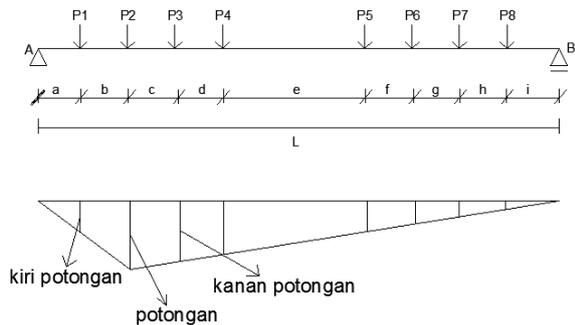
- Jarak kumulatif dari titik B

Jarak Kumulatif dari titik B ke P1=L – a
 Jarak Kumulatif dari titik B ke Pn= L- (a+b+n)
 (2)

dimana :

- L = panjang bentang jembatan (m);
- a= Jarak tepi jembatan ke jarak gandar lokomotif (m);
- b – h = jarak antar gandar (m);
- i = jarak tepi jembatan ke jarak gandar lokomotif (m).

GP Momen di potongan yang ditinjau:
 Apabila jarak kumulatif sudah di dapat maka kita harus mencari garis pengaruh momen di potongan dengan gambar 3. dan rumus (3) sebagai berikut:



Gambar 3. Garis Pengaruh Momen di Potongan Rumus yang di pakai di program untuk GP Momen di potongan yaitu:

- GP momen di potongan

GP Momen di Potongan 1
 =
$$\left(\frac{\text{Jarak Kumulatif A di P1}}{L} \right) \times (L - \text{jarak kumulatif A di P1})$$

 (3)

dimana:

- L= panjang bentang jembatan (m);
- Jarak Kumulatif A= Besarnya jarak dari titik A ke potongan yang ditinjau (m).
- Sementara untuk rumus di kanan dan kiri potongan adalah sebagai berikut:
- GP momen di potongan kanan

GP M1 di P 2 =
$$\frac{\text{GP Momen Pot 1}}{\text{Jarak Kumulatif dari B di P1}} \times \text{Jarak kumulatif dari B di P2}$$

 (4)

- GP momen di potongan kiri

GP M1 di P1 =
$$\frac{\text{GP Momen Pot 1}}{\text{Jarak Kumulatif dari A di P1}} \times \text{Jarak Kumulatif dari A di P2}$$

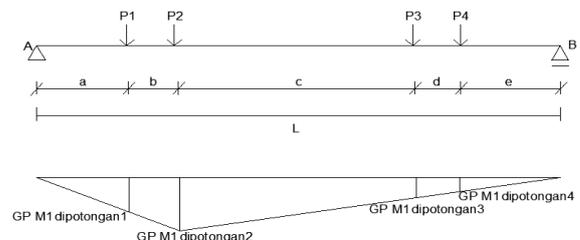
 (5)

dimana:

- GP Momen Pot 1= besarnya garis pengaruh di potongan 1 (m);
- L = panjang bentang jembatan (m);
- Jarak Kumulatif A = besarnya jarak dari titik A ke potongan yang ditinjau(m);
- Jarak Kumulatif B = besarnya jarak dari titik B ke potongan yang di tinjau(m).
- Selain pada rumus (4) dan rumus (5) yang digunakan dalam program, dapat juga menggunakan perbandingan segitiga untuk mendapatkan besaran GP Momen di kiri dan kanan potongan yang ingin dicari dan besarnya garis pengaruh di potongan lainnya. Tetapi untuk mendapatkan GP di kiri dan kanan potongan, GP potongan harus diketahui terlebih dahulu.

Momen

Jarak kumulatif dan GP momen di tiap potongan sudah di dapat baru kita mendapatkan momen, momen yang ditinjau momen pada potongan 2, untuk momen dicari berdasarkan dari gaya yang ada di bentang jembatan tersebut seperti pada gambar 4. Momen dicari dengan mengalikan gaya dan jarak, yang nantinya di dapatkan hasil pada momen potongan tersebut.



Gambar 4. Momen

Rumus yang di pakai di program untuk momen di tiap potongan yaitu:

- Momen potongan

Momen 1 di potongan 1 = (P1 x GPM1 di potongan 1)
 (6)

dimana:

- P1 = beban (ton);
- GPM1 di potongan 1= garis pengaruh momen di potongan 1 (m);
- GPM2 di potongan 2= garis pengaruh momen di potongan 2 (m).

Setelah mendapatkan momen pada tiap potongan, baru kita mendapatkan momen pada potongan 1

dengan menjumlahkan semua momen di tiap potongan. Untuk mendapatkan momen di potongan 1, dapat menggunakan rumus (7).

• Momen

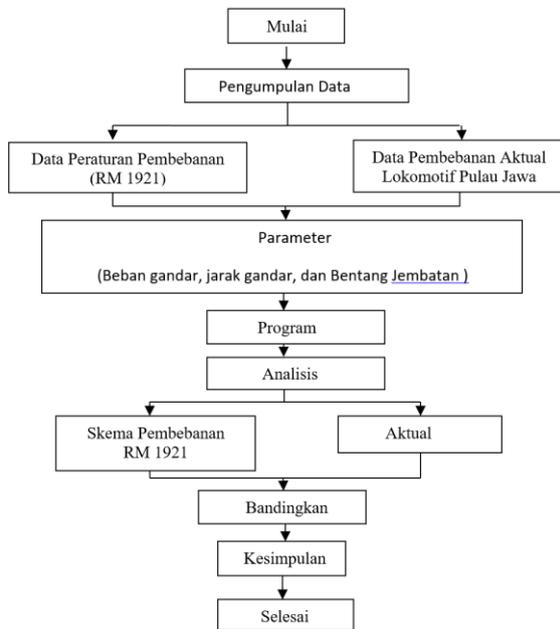
$$\text{Momen 1} = \sum \text{Momen di tiap potongan} \quad (7)$$

dimana :

Momen 1 = jumlah momen di tiap potongan (ton.m). Setelah momen di tiap-tiap potongan didapat baru bisa mendapatkan momen maksimum pada bentang jembatan. Momen maksimum merupakan momen terbesar dari hasil perhitungan, selanjutnya dari hasil momen tersebut di buat grafik momen.

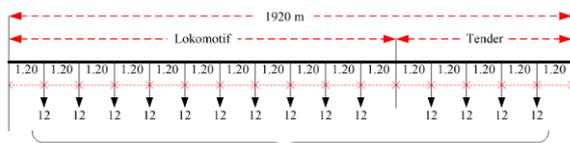
METODOLOGI

Bagan alir metodologi penelitian dapat di lihat seperti pada gambar 5.

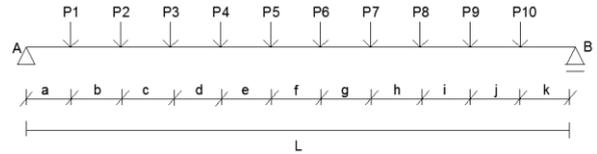


Gambar 5. Bagan Alir Metodologi Penelitian

Perhitungan pembebanan gandar lokomotif peraturan, beban yang digunakan sudah sesuai dengan skema pembebanan RM 1921-12 ton, tender tidak di masukkan dalam perhitungan.



Gambar 6. Skema Pembebanan RM 1921-12 ton Penomoran beban gandar sesuai RM 1921 – 12 ton dapat dilihat seperti pada gambar 7.



Gambar 7. Penomoran Beban Gandat RM 1921 12ton Bentang jembatan yang di analisis dengan variasi 15 s/d 22 m, jumlah gandar untuk masing-masing tipe lokomotif dapat dilihat seperti pada tabel 1 berikut ini.

Tabel 1. Tipe Lokomotif dan Panjang Bentang

| No | Tipe | Jumlah Gandar |
|----|---------------|---------------|
| 1 | BB 300 | 4 gandar |
| 2 | BB 301 | 4 gandar |
| 3 | BB 303 | 4 gandar |
| 4 | BB 304 | 4 gandar |
| 5 | BB 305 04-06 | 4 gandar |
| 6 | BB 305 01-03 | 4 gandar |
| 7 | BB 200 | 6 gandar |
| 8 | BB 201 | 6 gandar |
| 9 | BB 203 | 6 gandar |
| 10 | CC 200 | 8 gandar |
| 11 | CC 201.01-90 | 6 gandar |
| 12 | CC 201.91-110 | 6 gandar |
| 13 | CC 203 | 6 gandar |
| 14 | CC 204.01-90 | 6 gandar |
| 15 | CC 204.91-110 | 6 gandar |
| 16 | CC 204.08-37 | 6 gandar |
| 17 | CC 300 | 6 gandar |

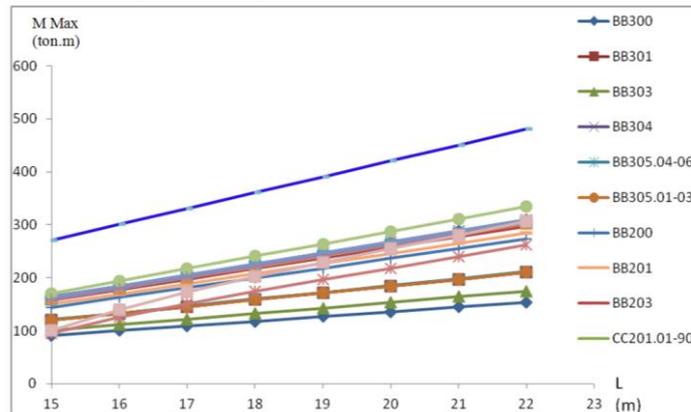
Sumber: Hartono (2012)

HASIL DAN PEMBAHASAN

Perbandingan Hasil Perhitungan Antara Gaya Dalam Lokomotif Aktual Dengan Rencana Muatan 1921 Setelah semua perhitungan sudah di hitung berdasarkan dengan lokomotif aktual yang ada dan berdasarkan dari peraturan RM 1921 maka mendapatkan hasil gaya dalam (momen). Untuk mengetahui hasil dari momen maksimum pada tiap bentang jembatan dapat dilihat pada gambar grafik berikut ini:

Pada skema pembebanan RM 1921 memenuhi syarat karena beban gandar dalam pembebanan tetap yaitu dengan jarak 1,2 m untuk RM 1921 12 ton dengan banyaknya beban gandar sebanyak 10 gandar. Hal ini menjadi parameter yang dilihat dalam pembebanan RM 1921 yaitu parameter dapat dilihat berdasarkan beban gandar dan jarak gandar. Berbeda dengan lokomotif aktual yang mempunyai beban dan jarak gandar yang berbeda-beda pada tiap lokomotif, untuk skema pembebanan lokomotif aktual. Sementara untuk bentang jembatan juga merupakan parameter yang harus dilihat pada perhitungan gaya dalam

(momen) ini, karena belum tentu beban gandarnya besar gaya dalam yang dihasilkan juga besar. Berdasarkan dengan perhitungan lokomotif aktual pada analisis perhitungan, parameter beban gandar dan jarak gandar memenuhi syarat sesuai dengan skema pembebanan RM 1921. Sesuai dengan perhitungan lokomotif aktual, kondisi aktual ini mempunyai gaya dalam (momen) yang lebih kecil dari pada gaya dalam (momen) RM 1921, dapat dilihat pada



Gambar 8. Momen Maksimum Total

gambar 8. Walaupun dengan jarak gandar dan beban gandar yang berbeda-beda lokomotif aktual ini mempunyai beban gandar dan jarak gandar yang lebih sedikit dibandingkan dengan RM 1921, mulai dari jarak tiap gandar untuk RM 1921 tetap yaitu 1,2 m tiap gandar nya tetapi pada kondisi aktual ini jarak gandar tidak tetap, hal ini membuat lokomotif aktual menghasilkan momen yang lebih kecil dibandingkan RM 1921.

KESIMPULAN

Berdasarkan analisis yang telah dilakukan, didapat kesimpulan bahwa pada kondisi gaya dalam (momen) maksimum pada skema pembebanan RM 1921 masih memadai untuk dipakai dalam skema pembebanan untuk beban lokomotif pada jembatan tipe gelagar plat (*plat girder*) dengan penjelasan sebagai berikut:

1. Dari analisis didapat gaya dalam (momen) untuk skema RM 1921 pada beban 12 ton dengan beban gandar sebanyak 10 beban gandar memiliki perbedaan 30,38% lebih besar dari pada aktual. Jadi tidak selamanya yang beban gandar nya sedikit tetapi beban satu gandarnya besar menghasilkan gaya dalam lebih besar atau lebih kecil dari pada beban gandarnya banyak tetapi beban satu gandarnya kecil, hal itu tergantung dari panjang jembatannya.
2. Dari analisis didapat gaya dalam (momen) maksimum pada kondisi aktual menghasilkan gaya dalam yang berbeda-beda, pada saat gaya dalam (momen) beban gandar terbanyak dari satu lokomotif menghasilkan momen yang lebih besar.
3. Dari kedua analisis perhitungan antara skema pembebanan RM 1921 dan lokomotif aktual, gaya dalam (momen) maksimum yang dipakai untuk kondisi aktual menghasilkan gaya dalam (momen) maksimum yang lebih kecil dibandingkan dengan gaya dalam (momen) maksimum pada skema pembebanan RM 1921. Hal ini dapat dikatakan bahwa peraturan pembebanan RM 1921 masih dapat digunakan dalam perencanaan desain jembatan saat ini.

SARAN

Berdasarkan analisis yang telah dilakukan, penulis memberikan saran sebagai berikut:

1. Dalam analisis tugas akhir ini membandingkan antara 2 kondisi yaitu kondisi aktual dan peraturan pada pembebanan lokomotif untuk penelitian lebih lanjut mungkin dapat menambahkan dengan kereta penumpang (*carrier*) dan gerbong (*wagon*).
2. Jembatan yang di pakai dalam perhitungan masih menggunakan balok tipe gelagar plat diatas 2 perletakkan untuk penelitian lebih lanjut mungkin dapat melakukan analisis pada media struktur lainnya.
3. Skema pembebanan RM 1921 yang di pakai didalam perhitungan beban 12 ton, untuk penelitian lebih lanjut mungkin dapat melakukan analisis dengan memakai beban RM 1921 yang lainnya.
4. Pada analisis perhitungan lokomotif, hanya ada 1 lokomotif yang di perhitungkan pada bentang jembatan, untuk penelitian lebih lanjut mungkin dapat melakukan analisis dengan memakai 2 lokomotif.

DAFTAR PUSTAKA

- Dewobroto, W. (2015). *Struktur Baja. Perilaku, Analisis dan Desain-AISC 2010. Edisi Ke-2, sesuai Peraturan Baja Indonesia terbaru-SNI 1729-2015*. Jakarta.
- Doyle, N.F. (1980). *Railway Track Design: A Review of Current Practice. Bureau of Transport Economics*, Canberra: Australia Government Publishing Service.

- Esveld, C. (2014). *Modern Railway Track*". MRT Publicatin, Germany.
- Hartono, A.S. (2012). Lokomotif dan Kereta Rel Diesel di Indonesia. Edisi ketiga, Bandung.
- Kerr, A.D. (1976). *On The Stress Analysis of Rails and Ties*. Area Proceedings, Vol 78:19-43, USA.
- Peraturan Menteri Perhubungan. (2012). Persyaratan Teknis Jalur Kereta Api No.PM. 60 tahun 2012, Jakarta.
- PJKA. (1986). Perencanaan Konstruksi Jalan Rel (Peraturan Dinas No.10), Bandung.
- Rosyidi, S.P. (2014). Rekayasa Jalan Kereta Api. Tinjauan Struktur Jalan Rel, Yogyakarta.
- Surakim, H. (2014). Konstruksi Jalan Rel dan Keselamatan Perjalanan Kereta Api, Bandung.