

TINJAUAN ATAS FAKTOR-FAKTOR YANG MEMENGARUHI KAPASITAS JALUR KERETA API

Yuwono Wiarco, S.Si.T, MT

Mahasiswa
Program Pascasarjana
Jurusan Teknik Sipil dan
Lingkungan Fakultas Teknik
Universitas Gadjah Mada
Jl. Grafika No. 2
Yogyakarta, 55281
(P):0274-902245,524712
(F):0274-524713
yuwonowiarco@gmail.com

**Siti Malkhamah, Ir., M.Sc.
Dr.,Prof.**

Staf Pengajar
Magister Sistem dan Teknik
Transportasi Jurusan Teknik Sipil
dan Lingkungan Fakultas Teknik
Universitas Gadjah Mada
Jl. Grafika No. 2
Yogyakarta, 55281
(P):0274-902245,524712
(F):0274-524713
smalkhamah@mstt.ugm.ac.id

**Imam Muthohar, ST., MT., Dr.
Eng**

Staf Pengajar
Magister Sistem dan Teknik
Transportasi Jurusan Teknik Sipil
dan Lingkungan Fakultas Teknik
Universitas Gadjah Mada
Jl. Grafika No. 2
Yogyakarta, 55281
(P):0274-524712
(F):0274-524713
imuthohar@mstt.ugm.ac.id

Abstract

Infrastructures should be planned and designed based on the required capacity in the future to provide good service. Methods of railway capacity that is commonly used in Indonesia is still adopted from other countries. It is then modified but it is currently still inefficiencies because operators have not dared to use to the fullest method of railway capacity. Therefore, the calculation methods of railway capacity should be reviewed and developed as well based on the reality in Indonesia. It is expected that the efficiency of railway operation system increases. The analysis was performed with the following steps; collecting the secondary data and the literature reviews. The results of the literature reviews stated that there are various factors that affect the railway capacity; the number of trains, heterogeneity, stability, speed, infrastructures, operation system, train length, time delay, junctions, intermediate signals, resources, scheduling, number of tracks, signal distance, termination, and maintenance. Based on the literature study, it is required further research on the development of the capacity calculation model for railway in Indonesia.

Keywords: *capacity, railway, factors*

Abstrak

Infrastruktur harus direncanakan dan dirancang sesuai dengan kebutuhan kapasitas yang akan datang guna dapat menyediakan pelayanan yang baik. Metode kapasitas jalur kereta api yang digunakan di Indonesia masih mengadopsi model dari negara lain yang dimodifikasi secara sederhana dan saat ini terjadi inefisiensi operasi karena operator belum berani menggunakan kapasitas secara maksimal. Dengan demikian, model perhitungan kapasitas jalur yang diberlakukan saat ini perlu dikaji dan dikembangkan sesuai dengan kondisi yang lebih nyata di Indonesia, dengan harapan efisiensi sistem operasi akan menjadi lebih tinggi. Analisis dilakukan dengan langkah-langkah : pengumpulan data sekunder dan kajian literatur. Hasil kajian literatur menyatakan bahwa terdapat berbagai faktor yang memengaruhi kapasitas jalur kereta api yaitu : jumlah kereta, *heterogenitas*, stabilitas, kecepatan, infrastruktur, pengoperasian, panjang kereta, waktu *delay*, *junction*, *intermediate signals*, sumber daya, *schedulling*, jumlah jalur, jarak sinyal, pemberhentian dan *maintenance*. Berdasarkan hasil kajian literatur diperlukan penelitian lanjutan mengenai pengembangan model perhitungan kapasitas jalur kereta api untuk kasus di Indonesia.

Kata-kata kunci: *kapasitas, kereta api, faktor*

LATAR BELAKANG

Pengembangan sektor perkeretaapian ke arah yang lebih progresif memiliki peran penting dalam mendukung kegiatan transportasi secara menyeluruh sebagai suatu sistem bagi kemajuan negara karena transportasi menjadi tulang punggung pertumbuhan ekonomi negara (Profillidis, 2000; Esveld, 2001; dan AAR, 2007). Mobilitas penumpang dan barang secara cepat, tepat, aman, dan nyaman dari titik asal ke titik tujuan memerlukan moda transportasi yang dapat diandalkan kinerja layanannya. Kereta api dengan segala

kelebihannya memiliki peluang untuk mampu menjawab tantangan tersebut jika arahan pengembangannya sesuai dengan rencana yang telah disepakati dan ditetapkan bersama.

Kondisi saat ini menunjukkan bahwa perkeretaapian nasional masih mengalami sejumlah kendala. Berbagai keterlambatan pembangunan di bidang perkeretaapian tidak hanya pada perkembangan prasarana, sarana, dan jumlah penumpang, tetapi juga pada perkembangan Sumber Daya Manusia (SDM)-nya mulai dari perencanaan, perancangan, pengoperasian kereta api, dan pengawasan (Malkhamah, 2012). Salah satu metode yang sangat penting dan masih belum berkembang optimal adalah metode untuk menentukan kapasitas jalur kereta api, padahal kapasitas merupakan suatu hal yang sangat penting karena berhubungan langsung dengan frekuensi dan penjadwalan kereta api yang pada akhirnya mempengaruhi kapasitas pelayanan baik untuk angkutan penumpang maupun barang.

Untuk dapat menyediakan pelayanan yang baik, maka infrastruktur harus direncanakan dan dirancang sesuai dengan kebutuhan kapasitas yang akan datang (AAR, 2007). Sampai dengan saat ini, metode kapasitas jalur kereta api yang digunakan di Indonesia masih mengadopsi metode dari negara lain yang dimodifikasi secara sederhana. Sebagai akibatnya, masih terjadi inefisiensi operasi karena operator atau badan penyelenggara sarana belum berani menggunakan kapasitas jalur kereta api secara maksimal.

Dengan demikian, metode dan model perhitungan kapasitas jalur yang diberlakukan saat ini perlu dikaji dan dikembangkan sesuai dengan kondisi yang lebih nyata di Indonesia, dengan harapan efisiensi sistem operasi akan menjadi lebih tinggi. Tujuan penelitian ini adalah untuk:

1. Mengetahui berbagai metode perhitungan kapasitas jalur kereta api yang digunakan negara lain.
2. Mengidentifikasi faktor-faktor yang memengaruhi kapasitas jalur kereta api.
3. Meninjau komparasi utilisasi kapasitas jalur kereta api di Indonesia dan di negara lain.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui faktor-faktor yang memengaruhi penentuan kapasitas jalur kereta api. Kompilasi hasil penelitian ini akan menjadi landasan bagi penelitian tahap selanjutnya untuk mengembangkan formulasi perhitungan kapasitas jalur agar dapat berfungsi lebih optimal. Tahapan penelitian yang dirumuskan pada penelitian awal ini adalah sebagai berikut:

1. Studi literatur mengenai kapasitas jalur kereta api. Informasi terkait metode perhitungan kapasitas jalur dan faktor-faktor yang memengaruhinya ditelusur melalui hasil penelitian-penelitian sebelumnya.
2. Pengumpulan data sekunder, dilakukan dengan cara menginventarisasi data-data yang sudah ada baik pada PT. Kereta Api (persero) selaku operator maupun pada Pemerintah dalam hal ini Direktorat Jenderal Perkeretaapian Kementerian Perhubungan selaku regulator.
3. Pengumpulan data primer, dilakukan dengan melakukan survai langsung pada lokasi penelitian. Penelitian ini dilakukan pada Daop 5 Purwokerto dan Daop 6 Yogyakarta dengan obyek penelitian adalah keseluruhan pergerakan kereta api lintas Stasiun Solo Balapan-Stasiun Yogyakarta-Stasiun Kutoarjo-Stasiun Kroya pada waktu yang dapat mewakili berbagai variasi hari.
4. Analisis data menggunakan analisis stastistik sederhana untuk menganalisis data yang didapat dari hasil pengumpulan data sekunder dan data primer.

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Metode Perhitungan Kapasitas Jalur Kereta Api

Analisis kapasitas infrastruktur perkeretaapian merupakan proses untuk menentukan banyaknya kereta api maksimum yang dapat dioperasikan pada suatu infrastruktur perkeretaapian (seperti jalur dan stasiun), pada suatu interval waktu tertentu dan pada suatu kondisi pengoperasian tertentu (Abril dkk, 2008). Perhitungan kapasitas jalur kereta api tergantung pada 3 (tiga) hal, yaitu: infrastruktur, lalu lintas dan pengoperasian, dan optimasi penggunaan, dimana interaksinya merupakan hal yang sulit dan kompleks. Burdett dkk (2006) mengembangkan metode kapasitas jalur di Australia dan mendapatkan bahwa karakteristik lalu lintas dan pengoperasian kereta api serta kondisi jalur memegang peran penting dalam menentukan besarnya kapasitas. Namun demikian, Landex (2008) menekankan pentingnya mengembangkan metode kapasitas perkeretaapian sesuai dengan kondisi dan karakteristik masing-masing negara.

Dalam rangkuman penelitiannya, Supriyadi (2008) mencatat adanya variasi beberapa negara dalam metode perhitungan kapasitas jalur kereta api, sebagai berikut.

1. Rumus Jerman

$$N = \frac{1440}{T + C} \times \eta$$

dimana N merupakan kapasitas petak jalan yang ditentukan (KA/hari); T adalah waktu tempuh pada petak jalan yang ditentukan (menit); C adalah waktu pelayanan hubungan blok dan sinyal (menit) dengan perhitungan persinyalan mekanik (4 menit), persinyalan elektrik (2,5 menit), persinyalan elektrik dengan system CTC (0,75 menit); dan η adalah nilai prosentase tertentu.

2. Rumus Amerika

$$C = \frac{1440 \cdot K}{T + T_1 + 2t}$$

dimana C merupakan kapasitas lintas (KA/hari); T adalah waktu tempuh kereta api dari satu jurusan (menit); T_1 adalah waktu tempuh kereta api dari satu jurusan yg berlawanan (menit); t adalah selang waktu antara kereta api langsung atau berhenti dengan kereta api berlawanan arah yang berangkat (menit) atau t adalah selang waktu antara kereta api berhenti dengan kereta api berlawanan arah yang langsung atau berhenti (menit); dan K adalah faktor koreksi.

3. Rumus Ex G.I.P. Railway India

$$C_g = \frac{1440 - \sum_{i=1}^n (T_p + t)}{T_g + t} \times K$$

dimana C_g merupakan kapasitas lintas kereta api barang (KA/hari); T_p adalah waktu tempuh kereta api penumpang (menit); T_g adalah waktu tempuh kereta api barang (menit); t adalah waktu pelayanan alat pengaman / sinyal (menit); dan K adalah faktor koreksi.

4. Rumus Steenbeck

$$C = \frac{1440 \cdot K}{S}$$

$$S = t_a + t_b + O + W$$

dimana C merupakan kapasitas lintas (KA/hari); S adalah waktu pelayanan kereta api (menit); t_a & t_b adalah waktu tempuh dua kereta api yang bersilangan pada kedua sisi blok

kritis (menit); O adalah jumlah waktu pelayanan untuk dua kereta api (menit); W adalah waktu kereta api kedua harus menunggu sebelum kereta api tersebut dapat berangkat; dan K adalah faktor efisiensi.

5. Rumus Jepang

$$N = \frac{1440}{T + C} \times f$$

Dimana N merupakan kapasitas pada petak jalan yang ditentukan (KA/hari); T adalah waktu tempuh pada petak jalan yang ditentukan (menit); C adalah waktu pelayanan hubungan blok dan sinyal dengan perhitungan tablet blok (2,5 menit) dan otomatis blok (2,5 menit); f adalah faktor rasio kapasitas antara 0,5 sampai dengan 0,7 tergantung dari sifat atau karakteristik lintas yang bersangkutan.

6. Rumus UIC (International Railway Union)

$$C = \frac{T}{tfm + tr + tzu}$$

dimana C merupakan kapasitas (jumlah KA yang dioperasikan dalam waktu T) dimana T dalam 1440 menit (24 jam); tfm adalah *headway* minimum rata-rata; tr adalah tambahan/kantong waktu untuk perjalanan KA; tr adalah 0,67 x tfm apabila utilisasi 0,6; tr adalah 0,33 x tfm apabila utilisasi 0,75; tzu adalah waktu tambahan untuk perawatan; tzu adalah 0,25 x a, dimana a = jumlah jalur.

7. Rumus Indonesia

Formula perhitungan kapasitas jalur kereta api di Indonesia yang diterapkan oleh PT KAI saat ini menggunakan persamaan berikut.

a. Untuk jalur tunggal

$$K = \frac{1440}{H} \times \eta$$

b. Untuk jalur ganda

$$K = \frac{1440}{H} \times 2 \times \eta$$

c. Nilai *headway*

$$H = t_{a-b} + t_p + C$$

dimana K merupakan kapasitas pada petak jalan yang dihitung atau kapasitas jalur apabila nilainya K nya diambil yang terendah dengan 1440 adalah total waktu selama 24 jam (menit); H adalah *headway* (menit); η adalah faktor pengali setelah dikurangi faktor waktu untuk perawatan dan waktu karena pola operasi perjalanan kereta api sebesar 60% (untuk jalur tunggal) dan 70 % (untuk jalur ganda); t_{a-b} adalah waktu tempuh kereta api antara stasiun A dengan stasiun B (menit); t_p adalah waktu perjalanan dari sebelum sinyal muka stasiun A bagi kereta api kedua (jarak 3 km) (menit); dan C adalah waktu pelayanan blok dan sinyal (menit).

Dari uraian deskripsi metode perhitungan kapasitas jalur dari beberapa negara terlihat adanya pola kesamaan dalam menentukan nilai kapasitas yaitu mengkaitkan antara jumlah waktu dalam satu hari layanan dengan pengaturan *headway* operasi kereta serta faktor koreksi. Pada metode Jerman, *headway* hanya memperhitungkan waktu tempuh pada petak jalan saja, menganggap semua kereta api sudah siap di depan sinyal utama, dimana hal ini hampir tidak mungkin terjadi di lapangan. Pada rumus ini lebih mengedepankan perbedaan antara waktu pelayanan sistem CTC dengan non CTC yang cukup besar meski pada

kenyataannya waktu pelayanan persinyalan elektrik ditentukan oleh proses pengolahan perintah oleh sistem *interlocking* yang berada di stasiun-stasiun. Pada metode Amerika, perhitungan *headway* terlihat telalu berhati-hati, dalam arti hanya diperhitungkan untuk di lintas jalur tunggal yang selalu terjadi persilangan pada semua stasiun. Pada pelaksanaan di lapangan, sangat sulit dalam Gapeka direncanakan semua KA selalu bersilangan di setiap stasiun. Metode India hanya mengkhususkan perhitungan kapasitas lintas untuk KA barang saja. Jadi untuk mendapatkan kapasitas lintas secara keseluruhan, rumus tersebut belum dapat digunakan.

Sementara itu, dari rumus pada metode UIC maupun rumus yang telah diterapkan di PT.KAI menggunakan rumus yang hampir sama, perbedaannya adalah bahwa UIC menggunakan formula $(tr + tzu)$ sebagai angka yang digunakan untuk pengaturan operasi kereta api dan perawatan prasarana, atau kalau dilihat dari contoh, besarnya diasumsikan dengan angka 40%. Sementara pada PT.KAI menggunakan nilai η sebagai faktor koreksi kapasitas lintas setelah dikurangi waktu untuk pengaturan operasi kereta api dan perawatan prasarana, atau kalau dilihat dari contoh, besarnya diasumsikan dengan angka 60%. Dari uraian diatas, maka dalam penggunaan penghitungan kapasitas lintas saat ini dapat digunakan rumus UIC dengan memakai formula 40% untuk pengaturan operasi kereta api dan perawatan prasarana atau menggunakan rumus yang telah diterapkan di PT.KAI dengan memakai formula 60% sebagai sisa waktu yang digunakan untuk pengaturan operasi kereta api dan perawatan prasarana.

Faktor-Faktor yang Memengaruhi Kapasitas Jalur Kereta Api

Kendra dkk (2012) meneliti variabel hubungan antara jalan rel dan kereta api terhadap kapasitas jalur kereta api. Terdapat dua kategori variabel utama yaitu variabel *track* yang meliputi: jumlah *track*, kecepatan maksimal *track*, sistem sinyal, *track leaning ratio*, radius minimal, *track resistance*. Sementara variabel dari kereta api meliputi: kapasitas muat, berat maksimum kereta, panjang maksimum kereta, kemampuan masinis, kekuatan tarik lokomotif. Kedua variabel tersebut akan memengaruhi besarnya kapasitas jalur dalam hal kontribusi waktu perjalanan. Salah satu langkah guna mengoptimalkan penggunaan kapasitas jalur adalah memaksimalkan perencanaan jadwal perjalanan kereta api (Landex, 2006; Weits, 2000). Luethi (2007) menambahkan bahwa peningkatan kapasitas jalur kereta api dengan biaya rendah dapat dilakukan dengan cara penjadwalan ulang dalam kaitannya dengan pola operasi termasuk di dalamnya mensinkronisasi jadwal antar wilayah. Untuk kondisi Indonesia, Supriyadi (2008) mengusulkan bahwa kapasitas jalur kereta api merupakan fungsi dari faktor-faktor yang berhubungan dengan *headway*, frekuensi, kerapatan dan kecepatan, dan jarak antar stasiun. Rekapitulasi variabel-variabel yang memengaruhi kapasitas jalur kereta api dapat dilihat selengkapnya pada Tabel 1.

Tabel 1. Rekapitulasi variabel-variabel yang memengaruhi kapasitas jalur kereta api

No	Peneliti	Variabel*																	Lokasi Penelitian			
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17				
1	Alex Landex, dkk (2006)	√	√	√	√																Denmark	
2	Alex Landex (2008)	√	√	√	√	√	√															Denmark
3	Burdett & Kozan (2006)		√					√	√	√	√											Australia
4	Quorum Corp. (2005)					√	√						√									Kanada
5	I Crespo Farràs (2011)						√		√													Belanda
6	Marco Luethi (2007)			√					√					√								Inggris

7	M.D. Rosetti dkk (2009)				√				√				√					Italia
8	E.A.G. Weits (2000)		√	√									√					Belanda
9	Martin Kendra (2012)					√							√	√				Eropa
10	M. Abril dkk. (2007)					√	√								√	√		Spanyol
11	Nigel Price (1995)				√			√										Inggris
12	Alex Landex (2008)								√							√		Denmark
13	Ove Frank (1966)	√											√					Swedia
14	L-Goran Mattsson (2007)	√					√							√				Swedia
15	Welch & Gussow (1986)	√							√		√			√			√	Kanada
16	Uned Supriyadi (2008)			√	√	√	√						√	√	√		√	Indonesia

sumber : berbagai literatur

Keterangan * :

- | | | |
|------------------|---------------------------------|--------------------------|
| 1. jumlah kereta | 7. panjang kereta | 13. jumlah jalur |
| 2. heterogenitas | 8. waktu <i>delay</i> | 14. panjang <i>track</i> |
| 3. stabilitas | 9. <i>junction</i> | 15. jarak sinyal |
| 4. kecepatan | 10. <i>intermediate signals</i> | 16. pemberhentian |
| 5. infrastruktur | 11. sumber daya | 17. maintenance |
| 6. pengoperasian | 12. <i>scheduling</i> | |

Utilisasi Kapasitas Jalur Kereta Api

Utilisasi atau pemanfaatan adalah rasio input yang benar-benar digunakan dengan jumlah input yang tersedia. Gibson dkk (2002) menyatakan bahwa utilisasi kapasitas didefinisikan sebagai waktu yang dibutuhkan untuk pengoperasian kereta api secara efisien dibandingkan dengan waktu aktual yang ada berdasarkan jadwal perjalanan, nilai penggunaan kapasitas ini berkisar antara 20%-80%. Landex (2006) melakukan penelitian atas penggunaan kapasitas jalur kereta api dan mendapati bahwa penggunaan kapasitas jalur kereta api adalah sebesar 71%. Penelitian pada kasus Italia diperkirakan berkisar 50% (Liotta dkk, 2009), kasus di Spanyol sebesar 60% sampai dengan 75% (Kraft dalam Abril dkk, 2007), dan Pahl (2002) melakukan simulasi penelitian di Eropa menyimpulkan bahwa penggunaan kapasitas jalur kereta api berada pada kisaran 60% sampai dengan 80%. Sementara perhitungan utilisasi kapasitas jalur kereta api di Indonesia pada Daop terpilih, didapati sebesar 23% - 24%. Hal ini menunjukkan bahwa frekuensi atau jumlah kereta api yang beroperasi di kedua Daop tersebut masih berada di bawah nilai kapasitas jalurnya. Kondisi di lapangan menunjukkan bahwa penambahan frekuensi layanan kereta api masih sangat dimungkinkan untuk mengakomodasi peningkatan permintaan transportasi kereta api di wilayah jalur selatan. Namun demikian, perlu dipertimbangkan sinkronisasi perjalanan kereta apinya mengingat kondisi jaringan di Daop 5 masih didominasi jalur tunggal sementara pada Daop 6 seluruh jalur utamanya sudah berupa jalur ganda.

KESIMPULAN

Dari uraian dan hasil analisis yang telah dilakukan melalui serangkaian pembahasan, diperoleh beberapa kesimpulan sebagai berikut.

1. Perhitungan kapasitas jalur kereta api tergantung pada banyak faktor dimana interaksinya merupakan hal yang sulit dan kompleks tergantung pada kondisi dan karakteristik masing-masing negara.
2. Terdapat berbagai metode perhitungan kapasitas jalur kereta api dengan pola kesamaan dalam menentukan nilai kapasitas yang mengkaitkan antara jumlah waktu dalam satu hari layanan dengan pengaturan *headway* operasi kereta serta faktor koreksi atau efisiensi.
3. Berbagai faktor yang mempengaruhi kapasitas jalur kereta api yaitu: jumlah kereta, *heterogenitas*, stabilitas, kecepatan, infrastruktur, pengoperasian, panjang kereta, waktu *delay*, *junction*, *intermediate signals*, sumber daya, *schedulling*, jumlah jalur, jarak sinyal, pemberhentian, dan *maintenance*.
4. Penggunaan atau utilisasi kapasitas jalur kereta api di Indonesia pada Daop terpilih sebesar 23-24%, yang terkategori rendah bila dibandingkan negara lain di Eropa (60% - 80%), Italia sekitar 50%, dan di Spanyol (60% - 75%).
5. Hasil kompilasi metode perhitungan dan faktor pengaruh kapasitas jalur kereta api, serta informasi utilisasi kapasitas dapat dijadikan bahan dasar kajian selanjutnya untuk pengembangan perhitungan kapasitas jalur kereta api di Indonesia sesuai kondisi di lapangan.

UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada DIKTI melalui kegiatan Penelitian Unggulan Universitas Gadjah Mada Tahun Anggaran 2014 yang telah menyediakan dana dalam melakukan penelitian ini. Tak lupa Penulis juga berterima kasih kepada pihak BPSDM Kementerian Perhubungan dan Direktorat Jenderal Perkeretaapian Kementerian Perhubungan serta PT Kereta Api Indonesia yang telah memberikan dukungan dan menyediakan data-data yang diperlukan selama melakukan penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Abril, M., Barber, F., Ingolotti, L., Salido, M. A., Tormos, P., Lova, A., 2008, An Assessment of Railway Capacity. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, Volume 44, Issue 5, hlm. 774-806
- Association of American Railroads (AAR), 2007, *National Rail Freight Infrastructure Capacity and Investment Study*, Massachusetts: Cambridge Systematics, Inc
- Burdett, R. L. and Kozan, E., 2006, Techniques for Absolute Capacity Determination in Railways, *Transportation Research Part B: Methodological* 40(8), pp. 616-632. Elsevier
- ErhanKozan; Robert Burdett, 2004, *A railway capacity determination model and rail access charging methodologies*, Queensland University of Technology, Australia, <http://www.informaworld.com>
- Esveld, C., 2001, *Modern Railway Track*, MRT Press, The Netherlands

- Gibson, S., Cooper, G., and Ball, B., 2002. Developments in Transport Policy The Evolution of Capacity Charges on the UK Rail Network. *Journal of Transport Economics and Policy*, Volume 36 , Part 2, May 2002, pp.341-354, UK
- Kauppi, A., 2003, *Future Train Traffic Control, Control by Re-planning*. European Conference on Rail Human Factors, York, UK
- Kementerian Perhubungan, 2011, *Keputusan Menteri Perhubungan Nomor 35 Tahun 2011 Tentang Tata Cara dan Standar Pembuatan Grafik Perjalanan Kereta Api*. Jakarta.
- Kendra dkk, 2012, *Changes of the infrastructure and operation parameters of a railway line and their impact to the track capacity and the volume of transported goods, transport research arena – Europe 2012*, University of Zilina, Slovakia
- Landex, A., 2006. *Evaluation of Railway Capacity*. Proceedings of Annual Transport Conference at Aalborg University, Denmark
- Landex, A. 2008. *Methods to Estimate Railway Capacity and Passenger Delays*, DTU Transport, Denmark
- Liotta, G., Confessore, G., Cicini, P., Rondinone, F., Luca, P. D., 2009. *A simulation-based approach for estimating the commercial capacity of railways*. Proceeding of Winter Simulation Conference. pp. 2542-2552
- Luethi, M., 2007, *Increasing Railway Capacity and Reliability through Integrated Real Time Rescheduling*. Proceedings of the 11th World Conference on Transport Research, Berkeley
- Malkhamah, S., 2012, *Pendidikan Tinggi Teknis Bidang Perkeretaapian*. Workshop Training Need Assesment Program Studi Akademi Perkeretaapian, Kementerian Perhubungan, Jakarta
- Pachl, J., 2002, *Spacing trains, in: Railway Operation & Control*. VTD Rail Publishing, Mountlake Terrace, WA, USA. chapter 3, pp. 38-90
- Profillidis, V. A., 2000, *Railway Engineering*, Ashgate
- Price, N., 1995, *Train Line Capacity*, The Mathematical Gazette, Vol. 79, No. 486 (Nov., 1995), pp. 558-560, <http://www.jstor.org/stable/3618090>
- Supriyadi, Uned, 2008, *Kapasitas Lintas dan Permasalahannya*, Bandung
- Supriyadi, Uned, 2008, *Perencanaan Perjalanan Kereta Api dan Pelaksanaannya*, Bandung
- Weits, E.A.G. 2000. *Railway Capacity and Timetable Complexity*. In Proceedings of the 7th International Workshop on Project Management and Scheduling, Osnabrück, Germany
- Welch, 1986, Expansion of Canadian National Railway's Line Capacity, *Interfaces*, Vol. 16, No. 1, Franz Edelman Award Papers (Jan. - Feb., 1986), pp. 51-64, <http://www.jstor.org/stable/25060783>.