

EVALUASI KINERJA WAKTU TEMPUH KERETA API SEGMENT BOJONEGORO - KANDANGAN

Ari Wibowo¹, Achmad Wicaksono², Ludfi Djakfar²

¹Mahasiswa / Program Magister / Teknik Sipil / Fakultas Teknik / Universitas Brawijaya Malang

²Dosen / Teknik Sipil / Fakultas Teknik / Universitas Brawijaya Malang
Jl. MT Haryono 167, Malang 65145, Indonesia
Korespondensi : ari_wibowo0903@dephub.go.id

ABSTRAK

Kereta api merupakan moda yang memiliki karakteristik dan keunggulan khusus. Beberapa keunggulan dari kereta api adalah kemampuannya dalam mengangkut baik penumpang maupun barang secara massal, hemat energi, hemat dalam penggunaan ruang, memiliki faktor keamanan yang tinggi, tingkat pencemaran yang rendah, serta lebih efisien untuk angkutan jarak jauh. Namun sampai saat ini masih terjadi masalah utama dalam hal kinerja yang tercermin dalam waktu keterlambatan, dan indikator utamanya adalah kecepatan dan waktu tempuh. Tujuan dalam penelitian ini adalah untuk melakukan optimasi waktu tempuh dan mengetahui faktor-faktor apa saja yang mungkin menjadi penyebab keterlambatan dari segi sarana dan prasarana. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah simulasi profil kecepatan dengan menggunakan program atau *software* yang dikembangkan berdasarkan persamaan pergerakan dinamik Newton dan diaplikasikan di wilayah Daop 8 Surabaya koridor Bojonegoro - Kandangan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa waktu tempuh kereta Kelas Eksekutif Argo lebih cepat 2,11 menit, untuk kelas Executive Satwa lebih cepat 12 menit, untuk kelas Bisnis lebih cepat 14 menit, untuk kelas Ekonomi lebih cepat 11 menit. Sedangkan penambahan stamformasi kereta 1 sampai dengan 5 kereta secara umum menambah 0,008 – 2,076 menit .

Kata kunci: simulasi, profil kecepatan, waktu tempuh, keterlambatan, jadwal

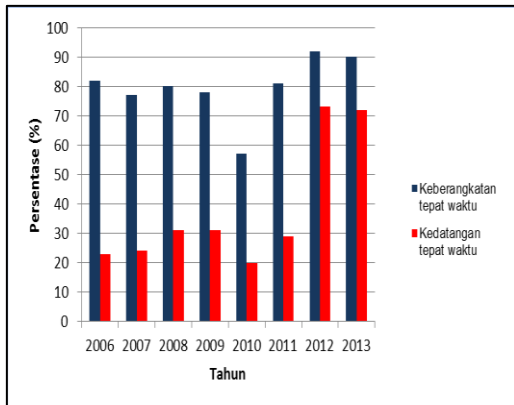
1. PENDAHULUAN

Sampai saat ini peningkatan dalam segala bidang untuk transportasi kereta api sudah cukup baik hal ini dilakukan karena PT. Kereta Api Indonesia (Persero) melakukan restrukturisasi dan reformasi baik manajemen, sistem informasi maupun sistem pelayanan namun diindikasikan bahwa untuk ketepatan waktu perjalanan masih perlu peningkatan. Terlihat pada **Gambar 1.** bahwa ketepatan waktu kedatangan masih perlu ditingkatkan. Dalam hal peningkatan pelayanan, kinerja dan peningkatan minat pengguna moda transportasi kereta api salah satu cara

adalah dengan meningkatkan ketepatan waktu keberangkatan dan kedatangan perjalanan kereta api. Telah dilakukan penelitian bahwa dalam meningkatkan ketepatan waktu tempuh adalah dengan meningkatkan kecepatan rata – rata (Goverde, 2005). Maka dalam penelitian ini akan dilakukan evaluasi ketepatan waktu tempuh.

Maka tujuan dari penelitian ini adalah untuk :

- a. Mengetahui faktor – faktor yang menyebabkan ketidaktepatan waktu keberangkatan dan kedatangan.



Sumber Ditjen Perkeretaapian

Gambar 1. Data waktu keberangkatan dan kedatangan

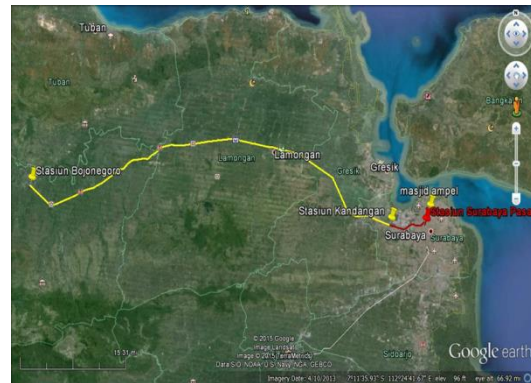
- b. Mengetahui waktu tempuh yang optimal.
- c. Mengetahui rekomendasi peningkatan kinerja kereta api sehingga waktu tempuh aktual sesuai dengan waktu tempuh perencanaan.

2. TINJAUAN PUSTAKA

Penelitian yang pernah dilakukan sehubungan dengan penelitian ini menyimpulkan bahwa faktor penyebab deviasi waktu perjalanan adalah lemahnya perencanaan perjalanan kereta api meliputi penjadwalan dan perencanaan kecepatan maksimum tidak sesuai dengan infrastruktur yang ada, yang kedua terbatas dan kurangnya kehandalan infrastruktur belum mendukung pola operasi (Firmansyah, 2012). Peningkatan *reliability* dari sistem penjadwalan dengan mengurangi deviasi waktu perjalanan untuk setiap bagian jalur dengan menciptakan penjadwalan yang homogen (kereta dengan kelas kecepatan yang sama) (Vromans, 2004).

3. METODOLOGI

Penelitian ini dilakukan di Wilayah Daop 8 Surabaya koridor Bojonegoro – Kandangan. Dengan 3 jenis kereta penumpang yaitu kelas *Executive Argo* (Kereta Angrek), Kelas *Executive Satwa*



Gambar 2. Lokasi studi kasus lintas Bojonegoro – Surabaya Pasarturi segmen Kandangan – Bojonegoro

(Sembrani dan Gumarang) dan kelas *Ekonomi* (Kertajaya, Harina, Maharani). Lokasi studi meliputi 14 stasiun dengan panjang jalur kereta api 96,2 km.

Jalur ini ditentukan karena seluruhnya mempunyai *lay out Double Track* dan sudah beroperasi secara baik. Sehingga bisa dilakukan evaluasi terhadap kinerjanya karena adanya perubahan *lay out*.

Metode pengumpulan data sekunder adalah dengan mengumpulkan data dari instansi terkait yaitu Direktorat Jenderal Perkeretaapian dan PT.KAI (Persero) yaitu meliputi:

- Pengumpulan data sarana meliputi jenis atau kelas kereta api beserta spesifikasi teknis lokomotif (daya tarik atau *Tractive Effort*, berat lokomotif, koefisien adhesi, daya output mesin), kereta (berat kereta api berdasarkan jenisnya), susunan rangkaian atau stamformasi.
- Pengumpulan data prasarana meliputi jenis dan kelas stasiun, jalur (panjang, gradien, lokasi dan panjang lengkungan)

Pengumpulan data primer dengan cara observasi dan mencatat waktu kedatangan dan keberangkatan terutama stasiun yang menjadi tempat pemberhentian. Untuk Stasiun Bojonegoro dan Kandangan akan dicatat waktu tempuh akhir untuk setiap perjalanan kereta api.

Penelitian ini adalah penelitian kuantitatif yang dilakukan dengan menganalisis data dengan metode simulasi. Metode ini merupakan suatu cara untuk memproyeksikan kondisi aktual menjadi ideal dan optimal. Simulasi ini menggunakan alat bantu berupa *software* berbasis *Visual Basic* yang dikembangkan berdasarkan teori pergerakan dinamis *Newtons*. Teori optimasi waktu tempuh ini pada dasarnya adalah resultan seluruh gaya yang menimbulkan dan menghambat pergerakan sama dengan perkalian masa dan percepatannya, sedangkan percepatan adalah fungsi differensial atau dinamik dari kecepatan terhadap waktu yang dibutuhkan untuk bergerak (Jong, 2005). Dirumuskan sebagai berikut :

$min \int dt$
terhadap fungsi

$$T_e(v) - (R_s(v) + R_r(v) + R_g(i) + R_c(\gamma) + R_t - B_e(v)) = M_e \frac{dv}{dt}$$

dan dengan batasan

$$V \leq V_{max} \\ = \min\{V_t, V_r, V_g, V_o, V_w, V_s\}$$

Dimana :

- $T_e(v)$ = Gaya Tarik (N)
- $R_s(v)$ = Hambatan starting (N)
- $R_r(v)$ = Hambatan gerak (N)
- $R_g(v)$ = Hambatan ketinggian (grade) (N)
- $R_c(v)$ = Hambatan Lengkung (N)
- $R_t(v)$ = Hambatan terowongan (N)
- $B_e(v)$ = Gaya pengereman (N)
- $M_e(v)$ = Masa kereta api (Kg)
- V = Kecepatan (m/s)
- I = Grade (o/oo)
- t = waktu (s)
- γ = Radius lengkung(M)
- V = Kecepatan kereta (km/jam)
- V_{max} = Kecepatan max yang diijinkan (km/jam)
- V_t = Kecepatan karena stamformasi kereta (km/jam)

- V_r = Kecepatan karena lengkungan (km/jam)
- V_g = Kecepatan karena turunan (km/jam)
- V_o = Kecepatan karena wesel (km/jam)
- V_w = Kecepatan karena kekuatan track (km/jam)
- V_s = Kecepatan karena signal block (km/jam)

Langkah awal dari penelitian ini adalah membuat kerangka kerja berupa perangkat lunak dan disesuaikan dengan kebutuhan simulasi untuk menjawab tujuan dari penelitian ini.

Setelah perangkat lunak tersedia maka langkah berikutnya adalah rekapitulasi data dan input data sarana dan prasarana, sehingga dapat diintegrasikan ke dalam *software*, langkah ini bertujuan untuk membuat dan mengkondisikan *software* simulasi sesuai dengan kondisi sesungguhnya.

Untuk mencapai tujuan penelitian dilakukan dalam tiga variasi simulasi, pertama yaitu melakukan simulasi waktu tempuh optimal, yang artinya mempresentasikan kondisi pergerakan kereta api sesuai dengan sarana dan prasarana yang ada di lokasi penelitian dan menghasilkan model profil kecepatan optimum sehingga didapatkan waktu tempuh pergerakan kereta api secara optimal. Waktu hasil optimasi akan dibandingkan dengan waktu tempuh aktual sehingga akan diketahui rentang persentase deviasinya. Kedua adalah simulasi penambahan jumlah rangkaian, simulasi ini untuk mengetahui apakah variabel berat rangkaian akan menimbulkan pertambahan waktu yang mengakibatkan keterlambatan. Ketiga adalah simulasi persilangan dan penyusulan, proses ini untuk mengetahui kehilangan waktu akibat *lay out single track* di lokasi penelitian.

Dari ketiga simulasi dapat dilakukan analisa penyebab keterlambatan dan waktu *recovery*. Analisa waktu *recovery* yaitu

analisa untuk menentukan nilai yang dapat dihemat jika kecepatan kereta api menggunakan kecepatan optimasi terhadap waktu yang ditempuh dengan kecepatan perencanaan saat ini. Perhitungannya adalah waktu tempuh perencanaan ditambahkan 10% kemudian ditambahkan dengan selisih waktu tempuh optimasi dengan perencanaan.

4. HASIL SIMULASI DAN PEMBAHASAN

4.1 Waktu Tempuh Optimal

Dari hasil proses simulasi *output* yang didapatkan adalah waktu tempuh hasil optimasi, perhitungan deviasi antara waktu tempuh optimasi dan waktu tempuh rencana. Hasil simulasi dapat dilihat pada **Tabel 1** dan **Tabel 2**.

Dari hasil simulasi yang ditunjukkan di tabel tersebut terdapat perbedaan waktu tempuh aktual dan simulasi untuk arah Bojonegoro – Kandangan sebesar 13.24 % -33.53 % untuk arah Kandangan - Bojonegoro 14.43% - 33.77%. Perbedaan rata –rata adalah 22.44% arah Bojonegoro – Kandangan dan 22.64% untuk arah Kandangan – Bojonegoro. Penyebab terjadinya hal tersebut tersajikan dalam **Tabel 3**.

Dapat dilihat bahwa penyebab terjadinya perbedaan waktu tempuh karena perbedaan kecepatan rata – rata aktual dengan kecepatan optimasi. Untuk arah Bojonegoro dan arah Kandangan terdapat perbedaan karena perbedaan arah menyebabkan perbedaan naik dan turun gradien sehingga akan mempengaruhi kecepatan.

Hasil tersebut diketahui bahwa kecepatan operasi masih bisa ditingkatkan dan masih memenuhi faktor keamanan karena kecepatan maksimal perencanaan adalah 95 km/jam dan nilai ini juga dipakai dalam batas kecepatan maksimal dalam proses simulasi.

Tabel 1. Rekapitulasi hasil simulasi waktu tempuh optimal Bojonegoro – Kandangan

Jenis Kereta	Daya Lokomotif (HP)	Berat Total KA (ton)	Waktu Tempuh Rencana (menit)	Waktu Tempuh Aktual (menit)	Waktu tempuh Simulasi (menit)	Deviasi (%) $[(5-6)/6] \times 100$ %
1	2	3	4	5	6	7
Anggrek	2250	405	65.5	71.4	63.08	13.24
Sembrani	2000	404	82	88.5	68.37	29.45
Harina	2250	324	87	85.1	72.01	18.22
Gumarang	2000	425	87	89.4	74.70	20.12
Kertajaya	2000	409	86	87.7	73.37	19.24
Maharani	2000	409	85	97.8	73.60	33.53
Total				519.9	424.61	22.44

Tabel 2. Rekapitulasi hasil simulasi waktu tempuh optimal Kandangan – Bojonegoro

Jenis Kereta	Daya Lokomotif (HP)	Berat Total KA (ton)	Waktu Tempuh Rencana (menit)	Waktu Tempuh Aktual (menit)	Waktu tempuh Simulasi (menit)	Deviasi (%) $[(5-6)/6] \times 100$ %
1	2	3	4	5	6	7
Anggrek	2250	405	65.5	71.4	63.08	13.24
Sembrani	2000	404	82	88.5	68.37	29.45
Harina	2250	324	87	85.1	72.01	18.22
Gumarang	2000	425	87	89.4	74.70	20.12
Kertajaya	2000	409	86	87.7	73.37	19.24
Maharani	2000	409	85	97.8	73.60	33.53
Total				519.9	424.61	22.44

Tabel 3. Rekap perbandingan kecepatan perjalanan kereta api

Jenis Kereta	Berat Total KA (ton)	Daya Lokomotif (HP)	Kecepatan rata –rata Aktual (km/jam)	Kecepatan Optimasi (km/jam)
Anggrek	405	2250	80.81	92.74
Sembrani	404	2000	65.20	91.91
Harina	324	2250	67.80	91.83
Gumarang	425	2000	64.54	89.11
Kertajaya	409	2000	65.79	90.45
Maharani	409	2000	59.00	89.89

Sumber : hasil Analisa

Tabel 4. Nilai penambahan waktu dengan penambahan jumlah rangkaian kereta

Arah Perjalanan	Jumlah Penambahan Kereta	Nilai Keterlambatan (menit)					
		Anggrek	Sembrani	Harina	Gumarang	Kertajaya	Maharani
Arah Bojonegoro – Kandangan	1	0.175	0.246	0.220	0.342	0.040	0.350
	2	0.342	0.250	0.676	0.352	0.311	0.639
	3	0.475	0.937	0.946	1.111	1.026	0.975
	4	0.473	1.442	1.238	1.619	1.397	1.451
	5	0.927	2.253	1.429	2.095	1.873	2.003
Arah Kandangan – Bojonegoro	1	0.125	0.059	0.077	0.512	0.102	0.020
	2	0.317	0.455	0.281	0.939	0.587	0.417
	3	0.515	0.766	1.453	1.440	1.042	0.964
	4	0.680	1.125	1.389	1.954	1.475	1.470
	5	0.911	1.505	2.493	2.529	1.547	1.947

Sumber : hasil Analisa

4.2 Penambahan Jumlah Rangkaian atau Stamformasi

Pada **Tabel 4** disajikan hasil simulasi penambahan berat kereta api atau stamformasi 1 sampai dengan 5 kereta.

Secara umum bahwa penambahan rangkaian kereta atau stamformasi 1 sampai dengan 5 kereta tidak mempengaruhi waktu tempuh atau menyebabkan keterlambatan.

Karena hal tersebut disebabkan penambahan rangkaian kereta sampai dengan 5 kereta di jalur lokasi penelitian tidak menyebabkan penambahan waktu melebihi 10% dari total perjalanan. Dan dalam **Tabel 5a** dan **Tabel 5b** terlihat jumlah penambahan rangkaian ketika waktu tempuh simulasi mencapai waktu perencanaan.

4.3 Persilangan dan penyusulan

Simulasi ini untuk mengetahui efek dari *lay out single track* ke *double track*, yaitu adanya persilangan dan penyusulan. Berapa perubahan waktu tempuh karena persilangan atau penyusulan. Untuk kereta ekonomi dalam hal ini Kertajaya dan Maharani untuk satu kali pemberhentian dan melakukan percepatan lagi memerlukan waktu 2.6 menit, waktu operasi persinyalan sistem elektronik adalah 2 menit jadi waktu total untuk persilangan atau penyusulan adalah jumlah waktu pemberhentian kereta sampai

bergerak kembali ditambahkan dengan waktu operasi persinyalan dan ditambah lagi waktu tunggu kereta yang menyilang atau menyusul. Sebagai contoh kereta api bersilang di suatu stasiun kereta A berhenti dan menunggu kereta B lewat selama 1 menit di stasiun tersebut maka waktu yang diperlukan adalah 2.6 ditambah 1 ditambah 2 menit maka total waktu yang dibutuhkan 5.6 menit.

Tabel 5a. Jumlah pertambahan kereta sampai batas waktu perencanaan arah Bojonegoro - Kandangan

Kereta	Arah Bojonegoro - Kandangan		
	Penambahan Rangkaian Maksimal untuk mencapai Waktu Optimum	Penambahan Rangkaian Maksimal untuk mencapai Waktu Perencanaan	Deviasi Waktu Tempuh Optimum dengan Perencanaan
1	2	3	4
Anggrek	0 kereta	12 kereta (@40 ton)	2.76
Sembrani	0 kereta	11 kereta (@40 ton)	12.8
Harina	0 kereta	18 kereta (@37 ton)	15.2
Gumarang	0 kereta	9 kereta (@37 ton)	12.6
Kertajaya	0 kereta	12 kereta (@36 ton)	12.478
Maharani	0 kereta	11 kereta (@36 ton)	11.757

Sumber : hasil Analisa

Tabel 5b. Jumlah pertambahan kereta sampai batas waktu perencanaan arah Kandangan - Bojonegoro

Kereta	Arah Kandangan - Bojonegoro		
	Penambahan Rangkaian Maksimal untuk mencapai Waktu Optimum	Penambahan Rangkaian Maksimal untuk mencapai Waktu Perencanaan	Deviasi Waktu Tempuh Optimum dengan Perencanaan
1	2	3	4
Anggrek	0 kereta	13 kereta (@40 ton)	2.99
Sembrani	0 kereta	13 kereta (@40 ton)	13.5
Harina	0 kereta	15 kereta (@37ton)	14.74
Gumarang	0 kereta	13 kereta (@40 ton)	12.81
Kertajaya	0 kereta	18 kereta (@36 ton)	13.49
Maharani	0 kereta	13 kereta (@40 ton)	13.36

Sumber : hasil Analisa

4.4 Analisa Waktu Recovery

Dari simulasi tersebut dapat diketahui bahwa penghematan waktu tempuh akibat perubahan *lay out* dari *single track* menjadi *double track* cukup besar. Sebaliknya jika *lay out* sebenarnya adalah *single track* maka nilai 5.6 menit akan menjadi penambahan waktu tempuh.

Analisa ini untuk mengetahui besarnya waktu *recovery* yang dapat dilihat pada **Tabel 6**.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang sudah dilakukan, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Perbedaan waktu tempuh optimal hasil simulasi dengan waktu tempuh rencana untuk arah Bojonegoro – Kandangan sebesar 3.83 % -20.81 % untuk arah Kandangan - Bojonegoro 3.33% - 20.40%
2. Dari segi kemampuan sarana dapat diketahui bahwa penambahan stamformasi atau rangkaian 1 sampai dengan 5 rangkaian dengan berat sesuai dengan kelas kereta tidak menimbulkan perubahan waktu yang signifikan. segi prasarana (*lay out track*) perubahan *lay out* dari *single track* menjadi *double track* dapat menghemat waktu 5.6 menit. Sehingga Dari kedua faktor tersebut dapat dikatakan tidak menyebabkan keterlambatan.
3. Waktu cadangan atau *recovery* untuk kelas argo adalah 8.9 menit, untuk kelas executive Satwa 21.82 -23.69 menit, untuk kelas ekonomi 20.26 – 21.08 menit, nilai keterlambatan kereta di bawah nilai di atas maka tidak diperlukan penjadwalan ulang pada operasi perjalanan kereta api.

5.2 Saran

1. Peningkatan Kecepatan rata – rata operasi dalam perhitungan perencanaan waktu tempuh.

2. Untuk meningkatkan kinerja operasi agar waktu tempuh aktual tidak melebihi waktu perencanaan (terjadi keterlambatan), maka kecepatan kereta api pada waktu operasi harus sesuai dengan profil kecepatan yang tertuang dalam panduan perjalanan masinis. Sehingga direkomendasikan bahwa perencana harus melakukan *update* panduan perjalanan untuk masinis.

Tabel 6a. Nilai Waktu *Recovery* Arah Bojonegoro - Kandangan

Jenis Kereta	Waktu Tempuh Rencana	Bojonegoro -Kandangan			
		waktu tempuh Simulasi	Recovery Waktu Perencanaan 10%*1	Deviasi (1-2)	Recovery Waktu Simulasi 3+4
Satuan	Menit				
	1	2	3	4	3-4
anggrek	65.5	63.08	6.55	2.66	8.97
sembrani	82	68.38	8.20	14.99	21.82
harina	87	72.02	8.70	16.49	23.69
gumarang	87	74.40	8.70	13.53	21.30
kertajaya	86	73.52	8.60	13.88	21.08
maharani	85	73.24	8.50	12.54	20.26

Sumber : hasil Analisa

Tabel 6b. Nilai Waktu *Recovery* Kandangan - Bojonegoro

Jenis Kereta	Waktu Tempuh Rencana	Kandangan - Bojonegoro			
		waktu tempuh Simulasi	Recovery Waktu Perencanaan 10%*5	Deviasi (1-5)	Recovery Waktu Simulasi 6+7
Satuan	Menit				
	1	5	6	7	6-7
anggrek	65.5	63.39	6.34	2.113	2.32
sembrani	82	68.50	6.85	13.5	14.85
harina	87	72.26	7.23	14.74	16.21
gumarang	87	74.19	7.42	12.81	14.09
kertajaya	86	73.51	7.35	12.49	13.74
maharani	85	73.64	7.36	11.36	12.50

5.3 Pengembangan Penelitian

Penelitian ini dapat dikembangkan sebagai berikut :

1. Pengembangan sistem CTT (*Centralized Train Control*) yaitu sistem yang memungkinkan pusat kendali mengontrol ketepatan waktu tempuh.
2. Pengembangan sistem panduan masinis elektronik yang terintegrasi dengan sistem pengendali dalam lokomotif.
3. Simulasi optimasi waktu tempuh dan penjadwalan (Integrasi profil kecepatan dengan Algoritma Penjadwalan).
4. Optimasi kapasitas lalu lintas jalur kereta api.

6. DAFTAR PUSTAKA

- Anonim. 2007. *Undang – Undang No 23 tahun 2007, Tentang Perkeretaapian*. Kementerian Perhubungan.
- Anonim. 2009. *Peraturan Pemerintah No 72 tahun 2009, Tentang lalu Lintas Dan Angkutan Kereta Api*. Kementerian Perhubungan.
- Anonim. 2011. *Peraturan Menteri No. 11 Tahun 2011, tentang Standar Pelayanan Minimum Angkutan Orang dengan Kereta Api*. Kementerian Perhubungan.
- Anonim. 2011. *Peraturan Menteri No. 43 Tahun 2011, Tetang Rencana Induk Perkeretaapian Direktorat Jenderal Perkeretaapian Kementerian Perhubungan*. Kementerian Perhubungan.
- Bodin, (1989), *Railway Scheduling By Network Optimization*, Mathl Comput Modelling Vol. 15, No. 1, pp. 33-42, 1991
- Boškovic, Ivic, Markovic. (2005). *Organizing Transportation On A Double-Track Line Under Conditions Of Major Overhaul On One Track*, Yugoslav Journal of Operations Research 16 (2006), Number 1, 97-105
- Bešinovic', Quaglietta, Goverde. (2013). *A Simulation-Based Optimization Approach For The Calibration Of Dynamic Train Speed Profiles*, Journal of Rail Transport Planning & Management 3 (2013) 126–136
- Dicembre. Ricci. (2011), *Railway traffic on high density urban corridors: Capacity, signalling and timetable*, Journal of Rail Transport Planning & Management 1, page 59–68
- Firmansyah. (2012). *Peningkatan Waktu Perjalanan KRL JABODETABEK Dalam Upaya Meningkatkan Kinerja Transportasi Berbasis Kereta Api*.
- Goverde, Petrus. (2005). *Punctuality of Railway Operations and Timetable Stability Analysis*, TRAIL Thesis Series no. T2005/10, The Netherlands TRAIL Research School.
- Jong, Chang. (2005). *Algorithms For Generating Train Speed Profiles*, Journal of the Eastern Asia Society for Transportation Studies, Vol. 6, pp. 356 - 371, 2005/
- Landex. (2008). *Methods to estimate railway capacity and passenger delays*, DTU Transport.
- Owen, Goverde, Phillips. (1987). *The Characteristic of railway Demand*, University of South Wales.
- PT KAI. 2013. *Annual Report*
- Peraturan Dinas 3 (PD3) (2010). *Tentang Semboyan Kereta Api*
- Schlechte, Borndörfer, Erol, Graffagnino, Elmar Swarat. (2011). *Micro–Macro Transformation Of Railway Networks*, Journal of Rail Transport Planning & Management 1 (2011) 38–48
- Schlechte. (2012). *Railway Track Allocation: Models and Algorithms*, Mathematic Faculty Berlin University, Desertation Book.
- Supriadi. Uned. (2008). *Perencanaan Perjalanan Kereta Api dan Pelaksanaannya*.
- UIC 406. 2008. *Influence of ETCS On line Capacity*, Journal International Union of Railways (UIC), ERTMS Plateform Infrastructure Department 21-03-2008 page 58
- Vromans, Dekker, Kroon. (2004). *Reliability And Heterogeneity Of Railway Services*, European Journal of Operational Research 172 (2006) 647–665