

## SIMULASI SISTEM PENJADWALAN KERETA: STUDI KASUS DAOP VIII JAWA TIMUR

**Aditya Umbu Tana Amah, Felix Pasila, Indra Budiono**

Fakultas Teknologi Industri, Jurusan Teknik Elektro, Universitas Kristen Petra  
E-mail: aamah@petra.ac.id, felix@petra.ac.id

### Abstrak

Penjadwalan ulang perjalanan kereta api sering harus dilakukan akibat adanya kendala teknis pada kereta yang menghambat kereta melakukan perjalanan pada waktu yang ditentukan ataupun karena adanya penambahan kereta api. Simulasi sistem penjadwalan kereta mampu membantu memecahkan masalah yang dihadapi pengelola jasa layanan kereta api dalam menyusun jadwal baru berkenaan dengan adanya kendala perjalanan kereta api ataupun adanya penambahan kereta api baru.

Simulasi dilakukan dengan menggunakan bahasa pemrograman Java dengan aturan antrian (queue) seperti yang diberlakukan pada Daerah Operasi VIII Jawa Timur. Dari hasil pengujian sistem secara keseluruhan untuk penjadwalan ulang dengan mengubah waktu keberangkatan kereta api, diperoleh 76 persen kereta mengalami waktu perjalanan yang lebih cepat dibandingkan hasil simulasi terhadap Grafik Perjalanan Kereta Api (GAPEKA). Pengubahan waktu keberangkatan dibatasi dalam selang waktu  $\pm 30$  menit dari waktu yang ditetapkan pada GAPEKA.

**Kata kunci** : simulasi, penjadwalan kereta, DAOP VIII, Java, queue

### Abstract

*Train rescheduling is often have to be made due to technical problems faced by the train that hold up the train to run on schedule or due to the addition of a new train. A simulation on train scheduling system can help out the train service company on rescheduling the train schedule.*

*The simulation is made using Java language programming with queue rules that is usually used by the train service company. Based on the experiment on the system that was made on the overall class for the train rescheduling, 76 % of trains could have shorter trip time against the result of the simulation for GAPEKA (Grafik Perjalanan Kereta Api). The adjustment of train departure time is restricted to  $\pm 30$  minutes from the time regulated in GAPEKA*

**Keywords** : simulation, train scheduling, DAOP VIII, Java, queue

### Pendahuluan

Kereta api sering menemui kendala di dalam perjalanannya. Hal ini menyebabkan pengaturan perjalanan kereta api oleh perusahaan layanan kereta api menjadi sulit. Jika sebuah kereta api mengalami kendala di dalam perjalanan maupun di suatu stasiun tertentu, maka perusahaan layanan kereta api harus mengubah jadwal perjalanan kereta api yang ada. Pengubahan jadwal tentunya dengan tetap memperhatikan prioritas kereta api seperti yang selalu dilakukan perusahaan tersebut dalam penyusunan jadwal perjalanan kereta api yang ada. Pengubahan secara manual dengan melakukan perhitungan untuk mendapatkan estimasi jadwal terbaik tentunya memakan waktu yang lama.

**Catatan**: Diskusi untuk makalah ini diterima sebelum tanggal 1 November 2003. Diskusi yang layak muat akan diterbitkan pada Jurnal Teknik Elektro volume 4, nomor 1, Maret 2004.

Simulasi sistem penjadwalan kereta api ini ditujukan untuk membantu pemecahan masalah dalam penjadwalan ulang perjalanan kereta api. Saat terjadi kendala maupun penambahan jumlah kereta api yang ada, penyusunan jadwal yang ada dapat dilakukan dengan lebih cepat dan lebih mudah.

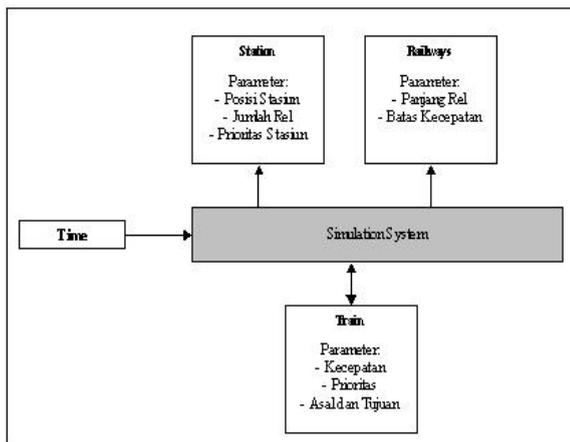
Simulasi dalam paper ini difokuskan pada 1 daerah operasi, yaitu DAOP VIII Jawa Timur. DAOP ini meliputi sekitar 62 stasiun dengan melayani lebih dari 100 perjalanan kereta api setiap hari.

### Pemodelan Sistem Simulasi

Dalam simulasi ini terdapat faktor-faktor yang harus diperhitungkan untuk memperoleh hasil penjadwalan yang sesuai, yaitu:

- Stasiun  
Data-data yang mempengaruhi adalah posisi stasiun, prioritas stasiun dan jumlah rel yang dimiliki oleh stasiun
- Rel  
Data-data yang mempengaruhi adalah panjang rel dan batas kecepatan yang diijinkan.
- Kereta  
Data-data yang mempengaruhi adalah kecepatan kereta, prioritas, stasiun asal dan stasiun tujuan kereta.

Hal yang tergolong penting dalam pembuatan *software* simulasi ini adalah proses perhitungan waktu dan *object* train itu sendiri. Jika dilakukan proses perhitungan secara *sequential* untuk menghitung tiap *object* maka akan dialami kesulitan, sehingga digunakan teknik pemrograman berorientasi pada *object* menggunakan Java. Java juga mendukung perhitungan menggunakan sistem *multiprocessing* menggunakan Thread [1].



Gambar 1. Perancangan Object yang diperlukan

Mengingat banyaknya jalur yang akan dilalui, maka dilakukan pembagian jalur ke dalam 4 bagian, yaitu:

- Bojonegoro – Surabaya Pasar Turi (Jalur A)
- Surabaya Pasar Turi – Wonokromo (Jalur B)
- Blitar – Malang – Wonokromo (Jalur C)
- Mojokerto – Surabaya Kota (Jalur D)

Terdapat beberapa jalur kecil, yaitu jalur Surabaya Pasar Turi – Kalimas dan Segitiga Mesigit – Surabaya Pasar Turi, yang dalam simulasi ini diabaikan. Jalur tersebut lebih banyak digunakan oleh kereta api barang, sedangkan fokus dari simulasi ini adalah kereta api penumpang.

Setelah simulasi dapat diterapkan pada jadwal Gapeka maka diperlukan suatu penyusunan ulang jadwal untuk mendapatkan waktu tempuh kereta yang paling optimal. Oleh karenanya dilakukan proses perubahan waktu berangkat untuk mengurangi resiko bentrokan jadwal kereta.

Proses penyusunan jadwal baru ini akan dilakukan secara manual dengan memperhatikan kereta-kereta yang mengalami bentrokan jadwal kemudian mengubah waktu keberangkatan kereta sehingga diusahakan tidak terjadi bentrokan. Jika tidak dapat dihindarkan maka kereta yang harus dikorbankan adalah kereta dengan prioritas yang lebih rendah.

Dalam penyusunan jadwal baru, perubahan waktu keberangkatan dibatasi dalam selang waktu  $\pm 30$  menit dari jadwal Gapeka. Hal ini dikarenakan perubahan waktu keberangkatan yang terlalu mencolok akan mengakibatkan terjadinya perubahan struktur susunan jadwal yang sudah ada.

## 1. Perancangan Software

Program-program yang digunakan dalam simulasi ini adalah sebagai berikut:

### a) Microsoft Access

Program ini digunakan untuk membuat dan memasukkan *database* yang diperlukan dalam sistem simulasi.

### b) Jbuilder 5

Jbuilder adalah sebuah program kompilator Java yang memiliki GUI yang *user friendly* dan dilengkapi dengan *package-package* yang dapat digunakan dalam sistem simulasi.

Selain dua program utama diatas digunakan juga program AdobePhotoShop 7 untuk melakukan proses pengeditan gambar yang diperlukan sebagai tampilan peta yang digunakan dalam simulasi.

### 1.1. Perancangan Database

Data-data yang digunakan bersumber dari Grafik Perjalanan Kereta Api (Gapeka). Gapeka ini menampilkan data-data yang berupa jadwal perjalanan kereta api dalam satu hari, posisi dan jarak antar stasiun serta kecepatan yang diijinkan.

Dalam perancangan simulasi faktor-faktor yang mempengaruhi jalannya simulasi adalah jadwal

keberangkatan, panjang rel dan batas kecepatan yang diizinkan.

### 1.2. Perancangan *Object* dalam Java

Dalam perancangan digunakan 10 *class* penting, yaitu: Station, Railways, Train, Time Database Connection, MainProgram, MainPanel, Add-Frame, MapFrame, SetTimeFrame.

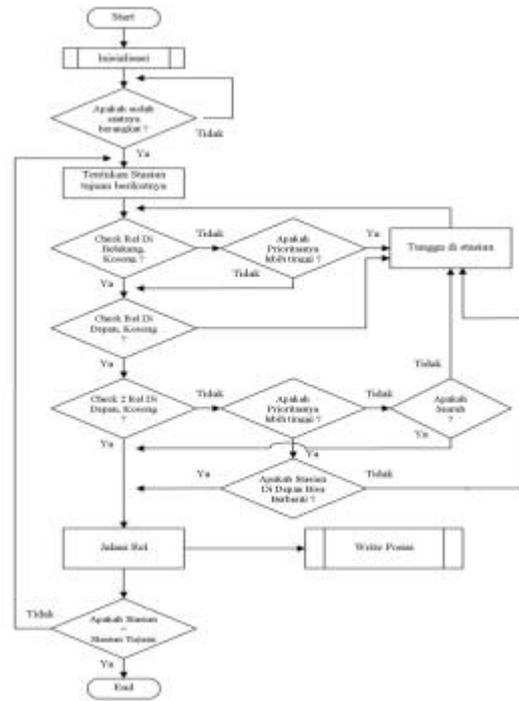
*Class* Train merepresentasikan kereta api dengan *method-method* untuk melakukan perhitungan perjalanan kereta. *Flowchart class* Train dimulai dengan membandingkan waktu keberangkatan dengan waktu pada *timer* saat ini. Jika waktu tidak sama maka dilakukan perhitungan selisih waktu dan kemudian *Thread* akan di-*sleep* sampai  $\frac{1}{2}$  dari selisih waktu (untuk menjaga kemungkinan *timer* dipercepat). Apabila sudah saatnya, maka kereta akan mulai menentukan jalur yang akan dilewatinya, yaitu stasiun pertama yang menjadi tujuannya.

Pengaturan No Stasiun berperan penting dimana NoStasiun diurutkan dari kiri ke kanan semakin besar. Setelah menentukan stasiun tujuan berikutnya, kereta akan melakukan pengecekan jalur, sebagai berikut:

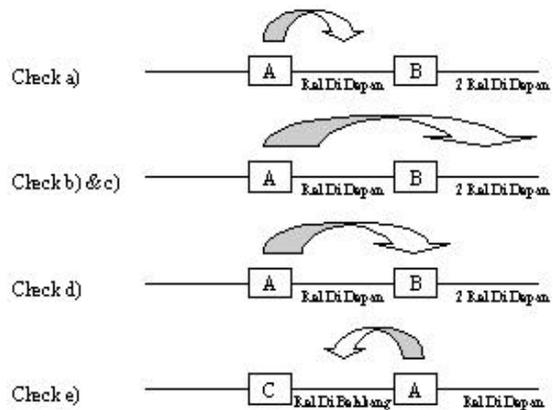
- Apakah jalur rel didepan kosong ?
- Apakah jalur 2 rel didepan stasiun tujuan berikutnya kosong ?
- Jika ada kereta di 2 rel didepan, apakah searah dengan kereta ini ?
- Jika tidak searah, apakah stasiun tujuan berikutnya bisa dipakai sebagai tempat pemberhentian (prioritas stasiun '0') dan apakah prioritas kereta yang melewati ?
- Apakah jalur dibelakang kosong ? Jika tidak kosong, apakah searah ? Jika tidak searah apakah prioritas nya lebih tinggi ?

Apabila setelah pengecekan d) stasiun B ternyata dapat digunakan, maka dilakukan pengecekan prioritas kereta. Jika prioritasnya dibawahnya atau sama, maka kereta akan melakukan perjalanan ke B. Begitu selanjutnya, pada tiap stasiun akan dilakukan pengecekan, sistem ini yang akan menjaga agar tidak terjadi bentrok antar kereta dan merupakan sistem antrian yang digunakan untuk mengatur perjalanan kereta api. Pengecekan e) dimaksudkan untuk menjaga kemungkinan kereta dengan prioritas lebih rendah melaju didepan kereta dengan prioritas lebih tinggi, hal ini akan berakibat terhambatnya jalur kereta dengan prioritas yang lebih tinggi,

dengan melakukan pengecekan jalur dibelakang kereta dengan prioritas lebih rendah akan menunggu kereta yang prioritasnya lebih tinggi untuk lewat terlebih dahulu.



Gambar 2. Flowchart Train



Gambar 3. Sistem Pengecekan class Train

### Analisa

Pengujian dilakukan pertama kali dengan menggunakan referensi jadwal dari “Grafik Perjalanan Kereta Api Daerah Operasi VIII” (GAPEKA) yang menunjukkan jadwal lengkap kereta api selama satu hari di jalur-jalur “Bojonegoro – Surabaya Pasar Turi”, “Blitar – Wonokromo – Surabaya Kota” dan “Mojokerto – Surabaya Gubeng – Surabaya Kota”.

Pada GAPEKA terdapat warna-warna dan penulisan nomor kereta yang unik sebagai berikut:

- a. Warna
  - Merah : Kereta Ekspres antar wilayah DAOP
  - Biru : Kereta Cepat antar DAOP
  - Ungu : Kereta Cepat Lokal (400 Km)
- b. Bentuk Garis
  - Solid : Kereta Penumpang
  - Putus-putus : Kereta Barang
- c. Nomor diikuti dengan huruf F berarti kereta yang dijalankan hanya jika diperlukan.

Terdapat juga kode untuk kereta malam, namun tidak digunakan karena tidak mempengaruhi sistem antrian.

Berikut adalah aturan-aturan yang diterapkan dalam pengujian simulasi:

- a. Nama kereta akan dikodekan dengan kombinasi angka sesuai dengan GAPEKA, dan dituliskan dengan format <kode> <nama kereta/angkutan>.
- b. Prioritas kereta dibagi menjadi 3 bagian, yaitu:
  - Prioritas 1, untuk kereta dengan garis *solid* dan warna merah dengan kecepatan yang digunakan adalah 90 Km/Jam.
  - Prioritas 2, untuk kereta dengan garis *solid* dan warna biru dan ungu dengan kecepatan yang digunakan adalah 75 Km/Jam.
  - Prioritas 3, untuk kereta dengan garis putus-putus warna biru dan ungu dengan kecepatan yang digunakan adalah 55 Km/Jam.
  - Tidak ada prioritas 4, karena tidak ada kereta loko yang melintasi jalur yang digunakan dalam simulasi.

Data kecepatan diambil dari rata-rata kecepatan masing-masing warna kereta pada GAPEKA.

- c. Simulasi dibagi menjadi 3 shift waktu yaitu shift I (00:00 – 07:59), shift II (08:00 – 15:59) dan shift III (16:00 – 23:59).
- d. Untuk memperoleh hasil terbaik dalam penyusunan ulang jadwal, selisih waktu keberangkatan yang diperbolehkan hanya 30 menit dari GAPEKA. Hal ini untuk menghindari perubahan jadwal yang terlalu drastis.

Dalam penyusunan ulang jadwal, jadwal yang sudah ada akan di simulasikan dan kemudian

kereta-kereta yang mengalami bentrokan jadwal akan dirubah jadwalnya sehingga tidak terjadi bentrokan.

Penyusunan ulang diawali dengan memperhatikan kereta-kereta yang mengalami bentrokan. Untuk menghindari bentrokan, waktu keberangkatan diubah dengan persyaratan waktu keberangkatan yang baru hanya berbeda  $\pm 30$  menit dari waktu keberangkatan semula.

Pada dasarnya kereta penumpang kelas 1 tidak banyak memerlukan penyusunan ulang karena termasuk prioritas tertinggi sehingga tidak ada kereta yang menghalangi perjalanannya. Namun ada beberapa kasus di mana kereta dengan prioritas yang sama terbentur dalam jadwal. Oleh sebab itu diperlukan sedikit perubahan jadwal untuk mendapatkan waktu tempuh yang optimal. Berikut adalah beberapa kereta penumpang kelas 1 yang akan mengalami penyusunan ulang jadwal dikarenakan benturan jadwal:

- Kereta 78 dan 25F-AgroWilis
- Kereta 2 dan 85F-Gumarang
- Kereta 26F dan 111-Mutiara Selatan

Tabel 1. Tabel Simulasi Jadwal Baru Untuk Kereta Penumpang Kelas 1

No	Nama	Asal	Tujuan	Berangkat	Tiba	Gapeka	Waktu Tempuh Simulasi (Menit)	
							Sebelum	Sesudah
1	78 – Penumpang(1)	Mojokerto	S. Gubeng	06:30*	07:14	44	42	44
2	25F – AgroWilis(1)	S. Gubeng	Mojokerto	07:15**	07:56	39	46	41
3	2 – Penumpang(1)	Bojonegoro	S. Psr Turi	17:10*	18:29	75	98	79
4	85F – Gumarang(1)	S. Psr Turi	Bojonegoro	17:20*	18:40	84	84	80
5	26F – Penumpang(1)	Mojokerto	S. Gubeng	17:12	18:09	39	59	57
6	111 – Mutiara Selatan(1)	S. Gubeng	Mojokerto	17:30**	18:14	42	55	44

\* Jadwal dimajukan

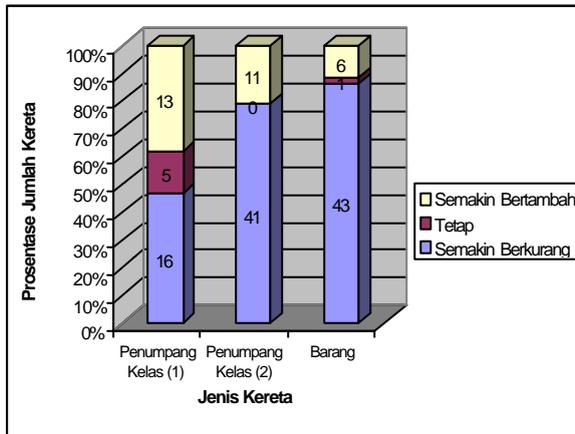
\*\* Jadwal dimundurkan

Gambar 5 menunjukkan prosentase keberhasilan simulasi jadwal baru terhadap jadwal GAPEKA. Dari grafik terlihat bahwa dengan menggunakan simulasi akan terjadi perubahan waktu perjalanan dari kereta-kereta baik kelas 1, kelas 2 maupun kereta barang.

Untuk kereta kelas 1 terdapat 16 kereta mengalami pengurangan waktu perjalanan (47%), 5 kereta mengalami waktu perjalanan yang tetap (15%) dan 13 kereta mengalami waktu perjalanan yang lebih lama (38%). Untuk kereta api kelas 2, 41 kereta mengalami pengurangan waktu (79%) dan 11 kereta mengalami penambahan waktu (21%). Untuk kereta barang, 43 kereta mengalami pengurangan waktu (86%), 1 kereta tetap (2%) dan 6 kereta

mengalami penambahan waktu perjalanan (12%). Pada kereta penumpang kelas 2 dan kereta barang kelas 3 waktu tempuhnya lebih banyak yang berkurang karena lama pemberhentian pada tiap stasiun dalam GAPEKA tidak sama dengan waktu pemberhentian dalam simulasi.

Pada simulasi ini, jika suatu kereta kelas 2 atau kelas tiga dapat melalui suatu rel kosong dan dapat sampai pada stasiun tunggu berikutnya sebelum kereta dengan kelas yang lebih tinggi sampai di stasiun tersebut, maka kereta tersebut diijinkan untuk menggunakan rel yang kosong. Pada GAPEKA terdapat beberapa kereta dengan prioritas yang rendah menunggu di stasiun cukup lama, padahal jika diijinkan untuk melakukan perjalanan tidak akan terdapat kondisi di mana suatu jalur rel antar 2 stasiun tunggu digunakan oleh 2 kereta. Secara keseluruhan, jika digabungkan untuk kereta kelas 1, kelas 2 dan kelas 3 maka terdapat 76 % kereta mengalami waktu perjalanan yang lebih singkat dan 22 % mengalami waktu perjalanan yang lebih lama.



Gambar 5. Grafik Perbandingan Jumlah Kereta dari Jadwal Baru yang Mengalami Perubahan Lama Waktu Perjalanan Dibandingkan dengan Jadwal GAPEKA

Setelah membandingkan hasil simulasi jadwal baru dengan jadwal GAPEKA diperlukan juga perbandingan jadwal baru dengan hasil simulasi dari GAPEKA, sehingga perbaikan waktu tempuh dapat diketahui. Ini disebabkan simulasi GAPEKA merupakan titik acuan pembentukan jadwal baru. Tabel 2 menunjukkan perbandingan hasil simulasi jadwal baru terhadap hasil simulasi GAPEKA.

Tabel 2. Perbandingan Jadwal Baru Terhadap Jadwal Simulasi GAPEKA

Waktu Tempuh	Kereta Penumpang (1)			Kereta Penumpang (2)			Kereta Barang (3)		
	Jumlah	%	Rerata selisih waktu tempuh (Menit)	Jumlah	%	Rerata selisih waktu tempuh	Jumlah	%	Rerata selisih waktu tempuh (Menit)
Berkurang	8	23,53	5,125	25	48,07	6,769	23	46	10,652
Tetap	20	58,82	0	16	30,77	0	14	28	0
Bertambah	6	17,65	3	11	21,16	4,545	13	26	3,047
Total	34	100	-----	52	100	-----	50	100	-----

Dari tabel 2 terlihat bahwa rerata selisih waktu tempuh kereta yang mengalami pengurangan waktu tempuh lebih besar dari rerata selisih waktu tempuh kereta-kereta yang mengalami penambahan waktu tempuh. Jika ditinjau lebih lanjut, jumlah kereta yang mengalami perbaikan waktu lebih banyak dibandingkan jumlah kereta yang mengalami penambahan waktu perjalanan. Kedua pernyataan diatas menunjukkan bahwa simulasi dengan pengubahan jadwal kereta membawa hasil penjadwalan kereta yang lebih efisien.

Dari rata-rata selisih waktu tempuh pada tabel 2 diatas dapat dilihat bahwa perbaikan waktu tempuh paling besar dialami oleh kereta-kereta kelas 3. Dalam Gapeka, kereta kelas 3 seringkali melakukan proses menunggu di stasiun yang terlalu lama, walaupun dalam aturan antrian yang digunakan, kereta ini dapat melakukan perjalanan tanpa mengganggu kereta dengan prioritas yang lebih tinggi.

## Kesimpulan

Simulasi ini dapat membantu pemecahan masalah yang dihadapi oleh pengelola jaringan kereta api di dalam penyusunan ulang jadwal yang disebabkan kerusakan kereta, penambahan kereta baru atau mencari jadwal yang paling efisien. Dari hasil pengujian terlihat bahwa dengan pengubahan jadwal yang kemudian disimulasikan, 76 % kereta mengalami perbaikan waktu perjalanan dan 22 % mengalami waktu perjalanan yang lebih lama. Ditinjau dari jumlah kereta yang mengalami perbaikan waktu perjalanan dan rerata perbaikan waktunya, terlihat bahwa simulasi penjadwalan kereta ini dapat memberikan alternatif penjadwalan kereta yang lebih efisien.

## Daftar Pustaka

- [1]. Darwin, Ian F., Java Cookbook, USA: O'Reilly, 2001
- [2]. Grafik Perjalanan Kereta Api (GAPEKA), Indonesia: PT. Kereta Api Indonesia (Persero), 2002