



UNIVERSITAS INDONESIA

**PENENTUAN JUMLAH ARMADA KERETA APIDAN
HEADWAY BERDASARKAN PERAMALAN JUMLAH
PENUMPANG UNTUK LIMA TAHUN KEDEPAN DENGAN
MENGUNAKAN SIMULASI PROMODEL**

TESIS

**RATIH WULANDARI
0906578705**

**FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK INDUSTRI
DEPOK
JUNI 2011**



UNIVERSITAS INDONESIA

**PENENTUAN JUMLAH ARMADA KERETA APIDAN
HEADWAY BERDASARKAN PERAMALAN JUMLAH
PENUMPANG UNTUK LIMA TAHUN KEDEPAN DENGAN
MENGUNAKAN SIMULASI PROMODEL**

TESIS

**Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
magister teknik**

**RATIH WULANDARI
0906578705**

**FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK INDUSTRI
DEPOK
JUNI 2011**

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

Tesis ini adalah hasil karya sendiri, dan semua sumber baik yang dikutip maupun dirujuk telah saya nyatakan dengan benar.

Nama : Ratih Wulandari

NPM : 0906578705

Tanda Tangan : 

Tanggal : 14 Juni 2011

HALAMAN PENGESAHAN

Tesis ini diajukan oleh :

Nama : Ratih Wulandari
NPM : 0906578705
Departemen : Teknik Industri
Judul Tesis : Penentuan Jumlah Armada Kereta Api dan *Headway*
Berdasarkan Peramalan Jumlah Penumpang untuk Lima
Tahun Kedepan dengan Menggunakan Simulasi
ProModel

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Dewan Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Megister Teknik pada Program Studi Teknik Industri Fakultas Teknik, Universitas Indonesia

DEWAN PENGUJI

Pembimbing I : Ir. Sri Bintang Pamungkas, MSISE, PhD

Pembimbing II : Ir. Amar Rachman, MEIM.

Penguji : Prof. Dr.Ir.T.Yuri M.Zagloel, MEngSc.

Penguji : Ir. Fauzia Dianawati, Msi.

Penguji : Ir. Akhmad Hidayatno, MBT.

Ditetapkan di : Depok

Tanggal : 23 Juni 2011

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT, yang telah memberikan rahmat dan hidayah-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan tesis ini. Tesis ini disusun dalam rangka memenuhi salah satu syarat untuk mencapai gelar Megister Teknik di Departemen Teknik Industri, Fakultas Teknik Universitas Indonesia. Saya ingin menyampaikan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya atas jasa-jasa mereka hingga penulis dapat menyelesaikan laporan ini. Mereka adalah:

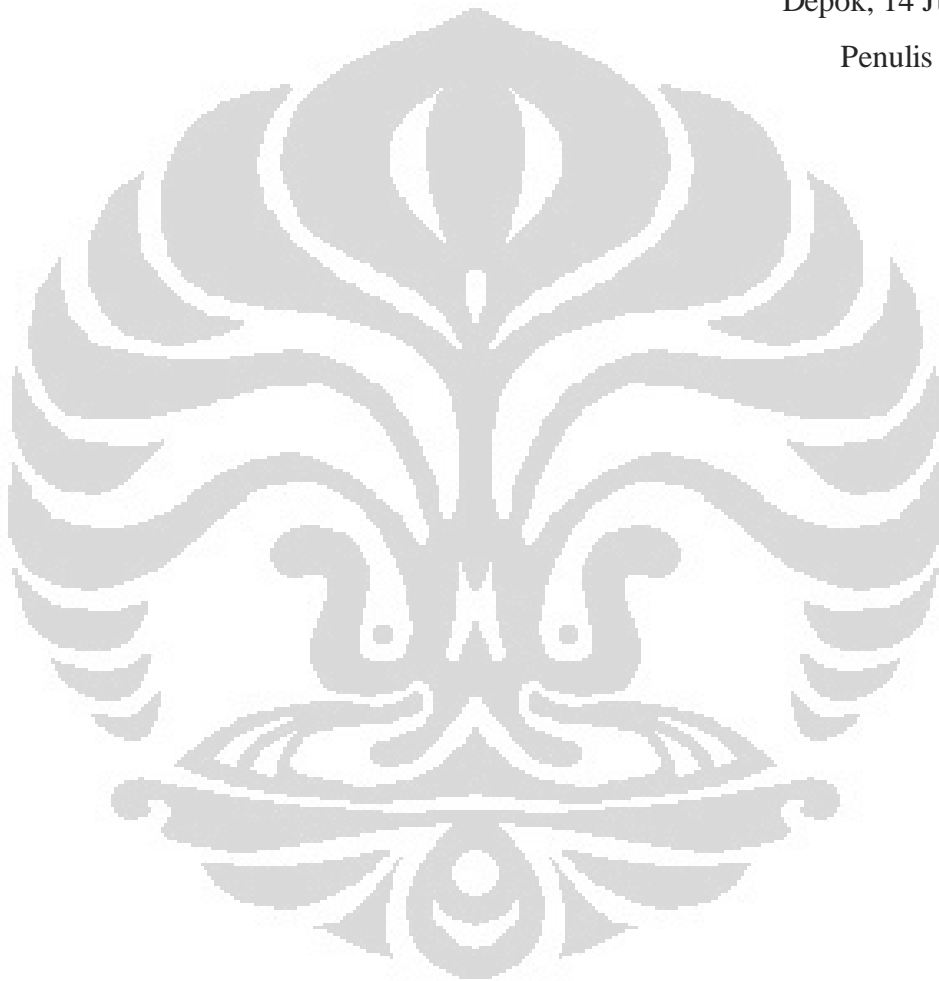
1. Bapak Ir. Sri Bintang P., MSIE., PhD., selaku dosen pembimbing tesis yang telah banyak membantu dan mengarahkan penulis dengan segala nasehat, motivasi, arahan, saran, do'a, bimbingan akademis, dan bimbingan hidup sehingga penulis dapat menyelesaikan penyusunan tesis ini.
2. Bapak Ir. Amar Rachman, MEIM, selaku dosen pembimbing atas bimbingan, arahan, waktu, tenaga, dan pikiran yang diberikan sehingga penulis dapat menyelesaikan penyusunan tesis ini.
3. Bapak Dr. Rer. Pol. Sudaryanto, yang telah memberikan kesempatan kepada penulis untuk dapat mengikuti program Megister Teknik di Departemen Teknik Industri, Fakultas Teknik Universitas Indonesia.
4. Ibu Dr. Ir. Rakhma Oktavina, M.T. terimakasih atas dukungan dan segala bantuannya.
5. Ibu Titin Supriatin. Terimakasih atas pengorbanan, perjuangan, kesabaran dan doa yang selalu ibu berikan.
6. Bapak Daddy Sumardi (alm), mbak Dini, Ferlyna. Terima kasih atas seluruh kasih sayang dan doa yang kalian semua berikan. Semoga Allah SWT membalas dengan kebaikan yang lebih banyak.
7. Bpk. Ir. M. Dachyar., MSc, selaku dosen pembimbing akademis.
8. Teman-teman S2-UI angkatan 2009: Bu Hanifah, Pa Hasim, Bang Taufiq, Mba Lisa, Mba Yulia, Mas Arief, Mas Faizal, Mba Mirna, Mas Bambang, Mas Armin, Sodiq, Ari H., Luthfi, Budhi, Sumarsono, Dhani, Ijul, Maya dan Dwinta. Terimakasih atas kerjasama, kekompakan dan solidaritas yang baik selama selama kurang lebih dua tahun ini.

9. Orang-orang yang tidak bisa saya sebutkan namanya di sini. Terima kasih atas segalanya.

Saya menyadari bahwa masih banyak kekurangan di dalam tesis ini. Kritik dan saran yang membangun sangat saya harapkan. Semoga tesis ini dapat memberikan manfaat baik di dunia pendidikan maupun bagi pihak-pihak yang membutuhkan penelitian selanjutnya yang lebih baik.

Depok, 14 Juni 2011

Penulis



HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

Sebagai sivitas akademik Universitas Indonesia, saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Ratih Wulandari
NPM : 0906578705
Departemen : Teknik Industri
Fakultas : Teknik
Jenis karya : Tesis

demikian pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Indonesia Hak Bebas Royalti Noneksklusif (Non-exclusive Royalty-Free Right) atas karya ilmiah saya yang berjudul :

**Penentuan Jumlah Armada Kereta Api dan *Headway* Berdasarkan
Peramalan Jumlah Penumpang untuk Lima Tahun Ke Depan Dengan
Menggunakan Simulasi ProModel**

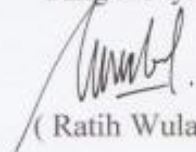
beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Indonesia berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (database), merawat, dan memublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Depok

Pada tanggal : 14 Juni 2011

Yang menyatakan


(Ratih Wulandari)

ABSTRAK

Nama : Ratih Wulandari
Program Studi : Teknik Industri
Judul : Penentuan Jumlah Armada Kereta Api dan *Headway*
Berdasarkan Peramalan Jumlah Penumpang untuk Lima Tahun
Ke Depan Dengan Menggunakan Simulasi ProModel

Kereta Rel Listrik (KRL) merupakan transportasi yang sangat disukai bagi banyak pengguna jasa di wilayah Jakarta. Harga tiket yang murah dan bebas dari kemacetan di jalan raya menjadi salah satu alasan mengapa KRL sangat diandalkan. Untuk dapat melayani calon penumpangnya terutama pada waktu sibuk maka perlu dilakukan penelitian untuk menentukan *headway* dan jumlah armada yang harus disediakan.

Tahap Pertama yang dilakukan di dalam penelitian ini adalah melakukan peramalan jumlah penumpang untuk lima tahun kedepan selanjutnya melakukan simulasi dengan menggunakan ProModel. Lamanya *headway* dan jumlah bus yang diperoleh dari hasil simulasi akan menjadi hasil akhir dari penelitian ini.

Kata Kunci : *Headway*, KRL, Peramalan, Simulasi

ABSTRACT

Name : Ratih Wulandari
Study Program : Teknik Industri
Title : Determination of Numbers of Kereta API listrik (KRL) or Electrical Rail Train and *Headway* Based on The Forecast Number of Passenger For The Next Five Years Using ProModel Simulation

Kereta Rel Listrik (KRL) or Electrical Rail Train is one of Jakarta urban people's favorite transport modes. Its fair-price ticket and traffic-jam-free way make this mass rapid transport highly dependable. In order to be able to serve the passengers during peak time, the project need to have a research in term of time headway and number of trains should be placed.

First phase of this thesis is to forecast the number of passengers for the next five years, than build scenario using ProModel simulation. The headway period and number of trains that should be placed from the simulation will be resulting this thesis.

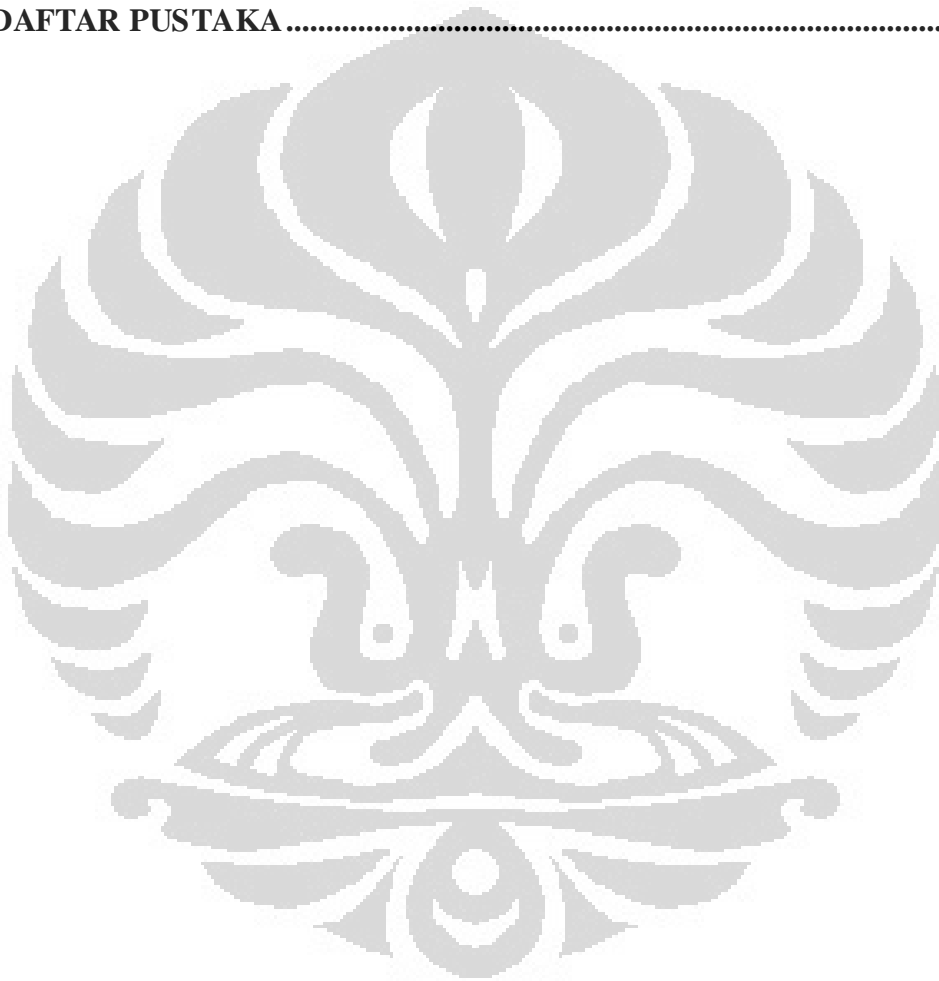
Keyword : *headway, KRL, forecast, simulation*

DAFTAR ISI

| | |
|---|----------|
| HALAMAN JUDUL | i |
| PERNYATAAN ORISINALITAS | ii |
| LEMBAR PENGESAHAN..... | iii |
| KATA PENGANTAR | iv |
| HALAMAN PERSETUJUAN PUBLIKASI ILMIAH..... | vi |
| ABSTRAK | vii |
| DAFTAR ISI..... | ix |
| DAFTAR TABEL..... | xii |
| DAFTAR GAMBAR..... | xiii |
| DAFTAR LAMPIRAN..... | xiv |
| BAB 1 PENDAHULUAN | 1 |
| 1.1 Latar Belakang | 1 |
| 1.2 Perumusan Masalah | 4 |
| 1.3 Keterkaitan Masalah | 4 |
| 1.4 Batasan Penelitian..... | 5 |
| 1.5 Tujuan Penelitian | 6 |
| 1.6 Langkah- langkah dan Metodologi Penelitian | 6 |
| 1.7 Sistematika Penulisan | 8 |
| BAB 2 KERANGKA TEORITIS DAN PEMODELAN..... | 9 |
| 2.1 Permasalahan Kereta Api Koridor Jakarta Kota-Bogor..... | 9 |
| 2.2 Hipotesa | 10 |
| 2.3 Peramalan Calon Penumpang KRL | 10 |
| 2.3.1 Pemilihan Teknik dan Metode Peramalan | 11 |
| 2.3.2 Analisa Deret Berkala | 12 |
| 2.4 Optimasi Pelayanan Kereta Api..... | 14 |
| 2.4.1 Penentuan Jumlah Armada | 15 |
| 2.5 Distribusi Penumpang..... | 16 |
| 2.6 Penelitian Terdahulu | 17 |
| 2.7 Pemodelan..... | 20 |
| 2.7.1 Input | 21 |
| 2.7.2 Proses Simulasi | 21 |

| | |
|--|-----------|
| 2.7.3 Output..... | 22 |
| 2.8 Langkah- langkah/Algoritma | 22 |
| BAB 3 PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA | 25 |
| 3.1 Permintaan Penumpang | 25 |
| 3.1.1 Data Penumpang Kereta Api..... | 25 |
| 3.1.2 Data Fasilitas..... | 28 |
| 3.1.3 Data Operasi Kereta Api..... | 30 |
| 3.2 Pengolahan Data | 35 |
| 3.2.1 Peramalan Jumlah Penumpang KRL | 35 |
| 3.2.1.1 Distribusi Penumpang Setiap Stasiun | 37 |
| 3.2.1.2 Penumpang Per Jam Per Jalur | 38 |
| 3.2.2 Pembuatan Model | 38 |
| 3.2.2.1 Gambaran Singkat Proses | 40 |
| 3.2.2.2 Perhitungan Distribusi Waktu Antar Kedatangan Dan Jumlah Penumpang Turun..... | 41 |
| 3.2.3 Validasi Model..... | 44 |
| 3.2.4 Rancangan Percobaan | 46 |
| BAB 4 ANALISIS HASIL | 47 |
| 4.1 Permintaan Pelayanan Angkutan KA | 47 |
| 4.2 Sistem Operasi KRL Komuter Jabodetabek Koridor Jakarta Kota-Bogor..... | 49 |
| 4.3 Analisis Simulasi | 49 |
| 4.3.1 Distribusi Normal..... | 49 |
| 4.3.1.1 <i>Headway</i> 8 Menit..... | 49 |
| 4.3.1.2 <i>Headway</i> 10 Menit..... | 50 |
| 4.3.1.3 <i>Headway</i> 12 Menit..... | 51 |
| 4.3.1.4 <i>Headway</i> 15 Menit..... | 51 |
| 4.3.2 Distribusi <i>Uniform</i> | 52 |
| 4.3.1.1 <i>Headway</i> 8 Menit..... | 52 |
| 4.3.1.2 <i>Headway</i> 10 Menit..... | 52 |
| 4.3.1.3 <i>Headway</i> 12 Menit..... | 53 |

| | |
|--|-----------|
| 4.3.1.4 <i>Headway</i> 15 Menit..... | 53 |
| 4.3.3 Analisi <i>Headway</i> dan Jumlah Gerbong..... | 54 |
| BAB 5 KESIMPULAN | 55 |
| 5.1 Kesimpulan Khusus | 55 |
| 5.2 Kesimpulan Umum | 55 |
| 5.3 Saran..... | 56 |
| DAFTAR PUSTAKA | 57 |



DAFTAR TABEL

| Nomor Tabel | | halaman |
|-------------|--|---------|
| Tabel 3.1 | Jumlah Penumpang Kereta Api Indonesia Tahun 1987 – 2010 | 26 |
| Tabel 3.2 | Data Bulanan Penumpang KRL Koridor Jakarta-Bogor | 27 |
| Tabel 3.3 | Kapasitas Ruang Kereta Api Jabodetabek | 30 |
| Tabel 3.4 | Jadwal Perjalanan dan <i>Time Headway</i> Bogor-Jakarta Kota | 31 |
| Tabel 3.5 | Waktu dan Jarak Tempuh KRL Komuter | 34 |
| Tabel 3.6 | Hasil Peramalan dengan Metode Proyeksi Trend | 36 |
| Tabel 3.7 | Distribusi Calon Penumpang Per Stasiun | 37 |
| Tabel 3.8 | Penumpang di Stasiun per Hari | 39 |
| Tabel 3.9 | Distribusi Normal: Waktu Kedatangan Penumpang dan Jumlah Penumpang Turun | 42 |
| Tabel 3.10 | Distribusi <i>Uniform</i> : Waktu Kedatangan Penumpang dan Jumlah Penumpang Turun | 43 |
| Tabel 3.11 | Perbandingan Jumlah Penumpang Hasil Simulasi dengan Nilai Observasi Menggunakan Distribusi Normal | 44 |
| Tabel 3.12 | Perbandingan Jumlah Penumpang Hasil Simulasi dengan Nilai Observasi Menggunakan Distribusi <i>Uniform</i> | 45 |
| Tabel 3.13 | Variasi <i>Headway</i> dan Jumlah Gerbong | 46 |
| Tabel 3.14 | Kombinasi Jenis Distribusi, <i>headway</i> dan Jumlah Gerbong | 46 |
| Tabel 4.1 | Hasil Simulasi dengan <i>Headway</i> 8 menit | 50 |
| Tabel 4.2 | Hasil Simulasi dengan <i>Headway</i> 10 menit | 50 |
| Tabel 4.3 | Hasil Simulasi dengan <i>Headway</i> 12 menit | 51 |
| Tabel 4.4 | Hasil Simulasi dengan <i>Headway</i> 15 menit | 51 |
| Tabel 4.5 | Hasil Simulasi dengan <i>Headway</i> 8 menit | 52 |
| Tabel 4.6 | Hasil Simulasi dengan <i>Headway</i> 10 menit | 52 |
| Tabel 4.7 | Hasil Simulasi dengan <i>Headway</i> 12 menit | 53 |
| Tabel 4.8 | Hasil Simulasi dengan <i>Headway</i> 15 menit | 53 |

DAFTAR GAMBAR

| Nomor Gambar | halaman |
|---|---------|
| Gambar 1.1 Kondisi KRL Jakarta-Bogor Pada Pagi dan Sore Hari..... | 2 |
| Gambar 1.2 Diagram Keterkaitan Masalah | 5 |
| Gambar 1.3 Diagram Alir Metodologi Penelitian | 7 |
| Gambar 2.1 Grafik Siklus Trend..... | 13 |
| Gambar 2.2 Grafik Siklus Siklikal..... | 13 |
| Gambar 2.3 Grafik Siklus Musiman..... | 14 |
| Gambar 2.4 Grafik Siklus Random..... | 14 |
| Gambar 2.5 Model Skematis Simulasi KRL | 20 |
| Gambar 2.6 Gambaran Umum Model yang Dibangun..... | 22 |
| Gambar 2.7 Bagan Alir Simulasi KRL Komuter Jakarta Kota-Bogor | 24 |
| Gambar 3.1 Grafik Jumlah Penumpang Bulanan | 27 |
| Gambar 3.2 Jalur KRL Komuter Jabodetabek Koridor Jakarta Kota-Bogor..... | 29 |
| Gambar 3.3 Diagram <i>Scatter</i> Penumpang KA..... | 35 |
| Gambar 4.1 Jumlah Penumpang Per Jam Bogor-Jakarta Kota | 47 |
| Gambar 4.2 Jumlah Penumpang Per Jam Jakarta Kota- Bogor | 49 |

BAB 1

PENDAHULUAN

Pada bagian ini dijelaskan mengenai latar belakang penelitian, perumusan masalah, batasan penelitian, tujuan dan manfaat dari penelitian, hasil dari penelitian, diagram keterkaitan masalah, tahapan dan metodologi penelitian serta sistematika penulisan.

1.1 Latar Belakang

Daerah khusus Ibu Kota (DKI) Jakarta adalah salah satu contoh kota metropolitan yang dikelilingi oleh kota-kota satelit seperti Bogor, Tangerang, Depok dan Bekasi. Perpindahan manusia dalam jumlah yang sangat besar pada hari-hari kerja sangat tinggi dengan pola khusus, dimana pada pagi hari para pekerja, pelajar atau pelancong berangkat dari kota-kota satelit menuju kota metropolitan, dan pada sore hari para pekerja, pelajar, dan pelancong pulang dari kota metropolitan menuju ke kota-kota satelit.

Begitu besarnya jumlah orang yang masuk dan keluar Jakarta, membuat masalah tersendiri bagi para penyedia layanan public dan penyedia jasa *mass rapid transport* (MRT). Salah satu penyedia jasa MRT adalah PT. Kereta Api Indonesia (KAI) dengan armada Kereta Rel Listrik (KRL) yang menjadi andalan banyak pengguna jasa di wilayah Jakarta.

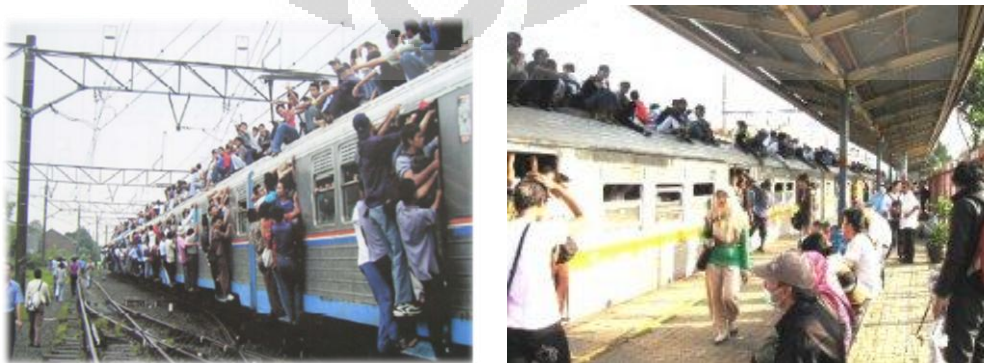
Penumpang KRL yang berjumlah besar selalu bertambah setiap tahun akan menimbulkan potensi masalah yang harus dihadapi oleh PT.KAI. dengan jumlah penumpang yang sangat besar, dan terlebih sebagian besar dari pengguna jasa adalah pasar karena keterpaksaan (*captive market*) yang dikarenakan tidak ada pilihan moda transportasi lain yang memadai, maka KRL dituntut untuk melayani dengan prima seluruh penumpangnya tanpa kecuali. Sedikit saja terjadi gangguan layanan di KRL maka akan berdampak kerugian bagi semua pihak.

Gangguan layanan KRL saat ini sudah sering dirasakan oleh para pengguna jasa KRL, terutama bagi para komuter yang setiap hari menggunakan

KRL. Hampir setiap pekan selalu ada KRL yang bermasalah dengan berbagai bentuk. Masalah yang sering dialami para komuter KRL, termasuk penullis sendiri sebagai pengguna KRL adalah seringnya kereta tidak datang tepat waktu dan padatnya penumpang di kereta ataupun penumpukan calon penumpang di stasiun-stasiun. Hal ini terus terjadi setiap pagi hari menuju DKI Jakarta, dan sore hari menuju kota-kota satelit.

Selain diakibatkan oleh kendala penjadwalan, penumpukan penumpang kereta api bisa disebabkan oleh pertumbuhan penduduk dan peralihan penggunaan transportasi roda dua maupun roda empat. Semakin banyak jumlah penumpang berarti semakin banyak permintaan terhadap penggunaan jasa angkutan kereta api.

Tiga jenis kelas KRL yang dimiliki PT.KAI menjadi suatu pilihan bagi para pengguna KRL berdasarkan harga per kelasnya. Ketika tesis ini dibuat, harga tiket KRL kelas Ekspres adalah Rp. 9.000-11.000; sementara kelas AC Ekonomi Rp.5500-6000, dan kelas Ekonomi Rp.1000-2000. Dengan adanya perbedaan harga antar kelas yang cukup tinggi dapat diperkirakan masalah kepadatan penumpang KRL di kelas Ekonomi bisa dikategorikan sangat padat. Pada jam-jam sibuk di pagi dan sore hari, KRL Ekonomi selalu penuh kesatu arah dan para penumpangnya tidak punya pilihan lain selain menaikinya dan menambah kepadatan penumpang, jika tidak ingin terlambat tiba di tempat tujuan mereka. Dengan sangat banyaknya penumpang, akibatnya adalah banyak penumpang yang harus bergelantungan di pintu-pintu, sambungan antar rangkaian, dan bahkan rela membahayakan diri dengan naik dan duduk di atap kereta seperti yang terlihat pada gambar 1.1.



Gambar 1.1 Kondisi KRL Jakarta-Bogor pada pagi dan sore hari

Akibatnya, KRL akan selalu mengalami masalah. Dengan penumpang yang penuh sesak hingga melebihi kapasitas dan bahkan kemampuan angkut, KRL tidak bisa berjalan cepat. Waktu berangkat dan waktu tiba praktis juga ikut mundur. Penumpang pada stasiun-stasiun selanjutnya semakin tidak punya pilihan selain menambah penuh sesak.

PT. Kereta Api Commuter Jabodetabek (PT KACJ) akan menambah rangkaian kereta secara bertahap. Penambahan ini dikhususkan pada KRL Jabodetabek, yakni sebanyak 98 unit atau setara dengan 7-8 rangkaian. Untuk mengatasi membludaknya jumlah penumpang, utamanya saat jam-jam sibuk seperti jam berangkat dan pulang kantor,

Direktur Utama PT.KACJ, Bambang Wibiyanto mengungkapkan ini merupakan program pengadaan sarana PT KACJ tahun 2010 dengan total sebanyak 90 unit dari Jepang dan 8 unit akan diadakan oleh Kemenhub atau Dirjenka Produksi PT Industri Kereta Api (INKA). Sehingga totalnya sebanyak 98 unit.

Direktur Teknik PT KACJ, Bambang Adi Pratikno, memprediksi pada tahun 2014 mendatang, jumlah penumpang kereta api akan mencapai 1,4 juta per hari. Jumlah tersebut tentu jauh lebih besar jika dibanding dengan jumlah penumpang saat ini yang hanya mencapai 406 ribu per hari. Oleh karena itu ke depan, PT KACJ akan memfokuskan tujuh program yang akan direalisasikan pada tahun 2009-2013.

Program tersebut di antaranya, penambahan KRL AC, gardu, peningkatan frekuensi perjalanan, dan peningkatan kapasitas. Selain itu ada juga program realisasi E- ticketing untuk mencegah penumpang gelap. Kemudian merenovasi dan sterilisasi stasiun. Saat ini, proses desain sebanyak delapan stasiun dengan panjang lantai stasiun 180 meter. "Termasuk penertiban kepada pedagang kaki lima, yang mengganggu akses transportasi jalur rel kereta api dan akses moda transportasi lainnya. Karena itu, PT KACJ akan melakukan sinergi dengan instansi terkait untuk menertibkan pedagang yang berada di luar stasiun (BERITAJAKARTA.COM).

Fenomena penambahan KRL yang diusulkan oleh PT.KACJ menjadi daya tarik bagi penulis untuk menghitung kebutuhan armada KRL yang sesuai dengan peningkatan pengguna KRL untuk lima tahun kedepan agar kepadatan penumpang di jam-jam sibuk dapat teratasi dengan baik.

1.2 Perumusan Masalah

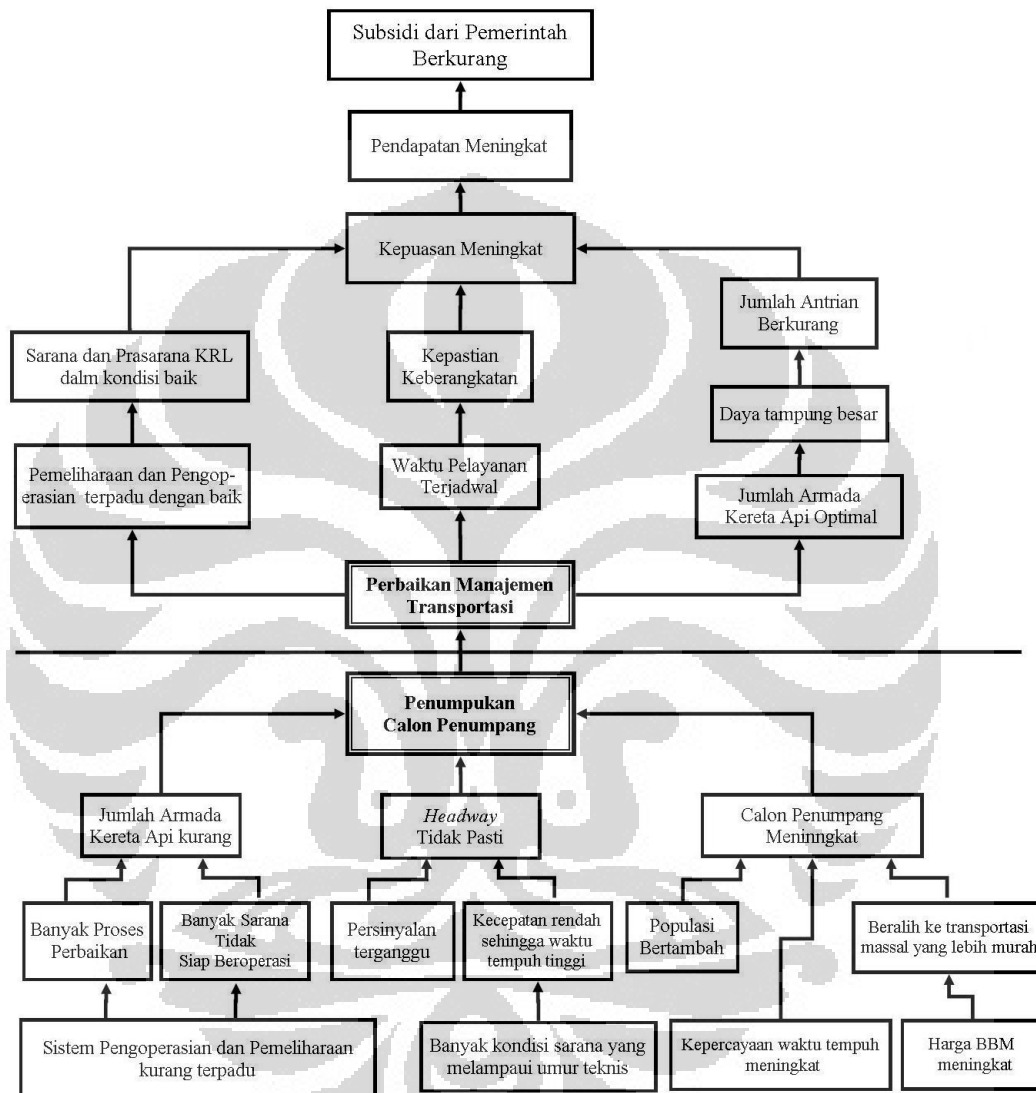
Berdasarkan latar belakang diatas, pokok permasalahan yang dibahas pada penelitian ini adalah penentuan *headway* dan jumlah KRL untuk dapat mengurangi atau bahkan menghilangkan antrian dan penumpukan calon penumpang di stasiun dan kelebihan muatan penumpang di dalam kereta. Hal ini dirasakan sangat penting untuk tetap menjaga kepercayaan penumpang terhadap moda transportasi kereta api.

1.3 Keterkaitan Masalah

Kereta api komuter sebagai transportasi massal mempunyai potensi besar untuk berkembang, dimana tujuan utama dari pengembangan dan pengoperasian suatu jasa angkutan adalah untuk tercapainya suatu tujuan kepentingan masyarakat, sekaligus sebagai salah satu indikator kemajuan bangsa. Tujuan tersebut dapat diwujudkan dengan baik jika semua aspek permasalahan pada tingkat pengoperasian dapat diatasi dengan baik.

Studi mengenai perbaikan layanan angkutan kereta api Jakarta-Bogor ini didasari kenyataan bahwa layanan ini banyak menghadapi permasalahan seperti yang telah dijelaskan pada sub bab latar belakang. Keterkaitan masalah dimulai dari tingkat kepadatan penduduk yang sangat tinggi, harga BBM yang semakin mahal, waktu tempuh KRL lebih cepat, kapasitas penumpang yang sangat banyak dibandingkan dengan transportasi darat lainnya, sistem pengoperasian dan pemeliharaan KRL yang kurang terpadu dan banyaknya kondisi sarana yang melampaui umur teknis. Permasalahan pada tingkat operasional angkutan kereta api komuter lintas Jakarta Kota-Bogor adalah didalam pelayanannya pada penumpang yang belum optimal sesuai dengan kapasitas dan kualitasnya.

Diagram keterkaitan pada gambar 1.2 digambarkan dari setiap faktor pada permasalahan berdasarkan latar belakang penelitian ini.



Gambar 1.2 Diagram Keterkaitan Masalah

1.4 Batasan Penelitian

Untuk menghindari penelitian yang terlalu luas dan agar tujuan dari penelitian dapat tercapai maka perlu dilakukan pembatasan. Batasan masalah mencakup :

1. Wilayah penelitian jalur kereta api yang menjadi ruang lingkup penelitian adalah jalur Jakarta Kota-Bogor dengan jumlah stasiun sebanyak 25 buah.
2. Distribusi calon penumpang adalah pada jam sibuk.
3. Pilihan jenis kereta api yang ada yaitu *ekonomi AC dan ekonomi biasa*, dikarenakan kereta jenis ini berhenti di setiap stasiun.

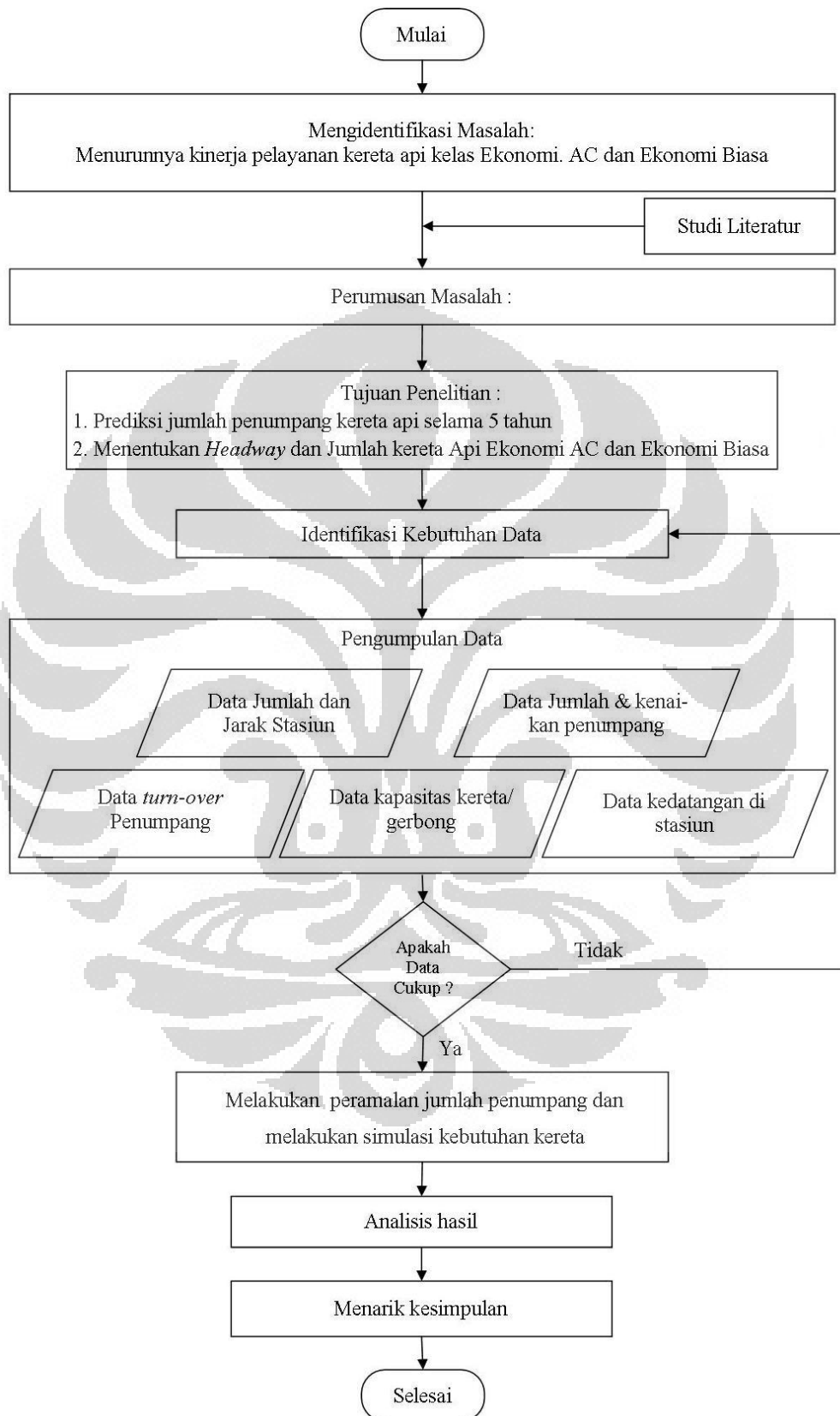
1.5 Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk menampilkan tingkat kinerja pelayanan angkutan KRL komuter koridor Jakarta Kota-Bogor. Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat berupa bahan usulan perbaikan perencanaan dan pembangunan dalam upaya mendukung peningkatan operasional KRL koridor Jakarta Kota-Bogor sebagai angkutan massal dengan memberikan alternatif mengenai pemberdayaan angkutan transportasi KRL dalam kaitannya dengan *time headway* dan jumlah armada KRL berdasarkan prediksi jumlah calon penumpang KRL untuk lima tahun kedepan pada jam sibuk di koridor Jakarta Kota-Bogor.

1.6 Langkah-langkah dan Metodologi Penelitian

Dalam melakukan penulisan karya ilmiah harus memiliki metode yang terpercaya agar isi dari penulisan tersebut dapat diterima. Adapun Langkah-langkah pemecahan masalah adalah mendefinisikan masalah, kompleksnya masalah yang terjadi didalam suatu system dan cangkupannya yang luas membuat suatu masalah tersebut sulit terpecahkan, untuk itu tentukan terlebih dahulu masalah apa yang harus dan atau ingin diperbaiki. Selanjutnya melakukan studi literatur yang sesuai dengan permasalahan.

Kemudian dilakukan perumusan masalah agar dapat merancang model perbaikan layanan KRL komuter koridor Jakarta Kota-Bogor. Setelah mengetahui permasalahan yang terjadi maka dalam sebuah penelitian perlu ditentukan tujuan yang ingin didapat sehingga pengumpulan data yang dilakukan dapat sesuai dengan apa yang dibutuhkan dalam penelitian ini.



Gambar 1.3 Diagram Alir Metodologi Penelitian

Data kemudian diolah dengan melakukan peramalan jumlah calon penumpang untuk lima tahun kedepan pada jam-jam sibuk kemudian melakukan simulasi dengan menggunakan bantuan ProModel 6 untuk memperoleh *headway* dan jumlah kereta api yang dibutuhkan.

Pembahasan meliputi dampak positif dan negatif yang dapat terjadi apabila alternatif yang diberlakukan dalam pengoperasian KRL. Diakhiri dengan penarikan kesimpulan dan pemberian saran-saran untuk perbaikan layanan angkutan KRL Jakarta Kota-Bogor.

1.7 Sistematika Penulisan

Penulisan ini disusun secara sistematis dan terbagi menjadi lima bab utama.

BAB 1 Pendahuluan berisi tentang latar belakang permasalahan, pokok permasalahan yang dibahas dan dikaji dalam penelitian, diagram keterkaitan masalah, tujuan, ruang lingkup penelitian, metodologi penelitian, serta sistematika penulisan.

BAB II Kerangka Teoritis berisikan landasan teori yang digunakan dalam penelitian. Landasan teori yang digunakan antara lain manajemen transportasi, simulasi, teori antrian, dan teori peramalan.

BAB III Pengumpulan dan Pengolahan Data, berisikan informasi dan gambaran tentang perbaikan layanan KRL komuter koridor Jakarta Kota-Bogor. Data-data yang telah dikumpulkan dalam penelitian, dilakukan pengolahan dengan melakukan peramalan calon jumlah penumpang untuk lima tahun kedepan selanjutnya dilakukan simulasi menggunakan ProModel.

BAB IV Analisa dan Pembahasan, berisikan analisa terhadap hasil pengumpulan dan pengolahan data yang dilakukan pada bab III diatas. Dalam melakukan analisis hasil, mengacu pada literatur yang digunakan.

BAB V Kesimpulan dan Saran, merupakan bab terakhir yang berisi kesimpulan penelitian serta saran-saran mengenai hal yang dapat dilakukan selanjutnya oleh pihak-pihak yang berkepentingan. Kesimpulan yang didapat, sesuai dengan tujuan penelitian yang dirumuskan pada bab I.

BAB 2

KERANGKA TEORITIS DAN PEMODELAN

Bagian ini berisikan ulasan mengenai permasalahan KRL komuter koridor Jakarta Kota-Bogor, landasan-landasan teori sehubungan dengan penelitian yang dilakukan, antara lain ulasan mengenai permasalahan jumlah calon penumpang kereta api dan metode simulasi dalam penentuan jumlah armada kereta api yang dibutuhkan.

2.1 Permasalahan Kereta Api Koridor Jakarta Kota-Bogor

Kereta api merupakan salah satu alat transportasi yang dapat mengangkut penumpang dalam jumlah besar (masal), ramah lingkungan, memiliki keandalan keselamatan perjalanan yang lebih baik dan lebih sedikit kendala dan halangannya dari transportasi lainnya. Penumpang KRL yang berjumlah besar selalu bertambah setiap tahun akan menimbulkan potensi masalah yang harus dihadapi oleh PT.KAI. Dengan jumlah penumpang yang sangat besar, maka KRL dituntut untuk melayani dengan prima seluruh penumpangnya tanpa kecuali. Sedikit saja terjadi gangguan layanan di KRL maka akan berdampak kerugian bagi semua pihak.

Gangguan layanan KRL saat ini sudah sering dirasakan oleh para pengguna jasa KRL, terutama bagi para komuter yang setiap hari menggunakan KRL. Hampir setiap pekan selalu ada KRL yang bermasalah dengan berbagai bentuk. Masalah yang sering dialami para komuter KRL, termasuk penullis sendiri sebagai pengguna KRL adalah seringnya kereta tidak datang tepat waktu dan padatnya penumpang di kereta ataupun penumpukan calon penumpang di stasiun-stasiun. Hal ini terus terjadi setiap pagi hari menuju DKI Jakarta, dan sore hari menuju kota-kota satelit. Adanya perbedaan harga antar kelas yang cukup tinggi dapat diperkirakan masalah kepadatan penumpang KRL di kelas Ekonomi bisa dikategorikan sangat padat. Pada jam-jam sibuk di pagi dan sore hari, KRL Ekonomi selalu penuh kesatu arah dan para penumpangnya tidak punya pilihan lain selain menaikinya dan menambah kepadatan penumpang. Dengan sangat banyaknya penumpang, akibatnya adalah banyak penumpang yang harus

bergelantungan di pintu-pintu, sambungan antar rangkaian, dan bahkan rela membahayakan diri dengan naik dan duduk di atap kereta.

2.2. Hipotesa

Hipotesis merupakan jawaban sementara bertitik tolak pada permasalahan yang telah dikemukakan diatas, maka dapat ditarik hipotesis sebagai berikut :

Diduga terdapat hubungan antara *Time Headway* dan Jumlah Kereta terhadap perbaikan pelayanan angkutan KRL komuter koridor Jakarta Bogor di jam-jam sibuk dalam mengatasi peningkatan calon penumpang berdasarkan hasil peramalan untuk lima tahun kedepan agar tidak terjadi kepadatan dalam kereta dan antrian yang panjang di setiap stasiun.

2.3. Peramalan Calon Penumpang KRL

Peramalan adalah perkiraan mengenai sesuatu yang belum terjadi (Pangestu S, 1986:1). Peramalan adalah perhitungan yang objektif dan dengan menggunakan data-data masa lalu, untuk menentukan sesuatu di masa yang akan datang sedangkan perkiraan dengan cara subjektif dan atau tidak dari data-data masa lalu, memperkirakan sesuatu di masa yang akan datang (Sumayang L, 2003:24) sedangkan rencana merupakan penentuan apa yang akan dilakukan pada waktu yang akan datang (Pangestu S, 1986:3).

Peramalan dan rencana mempunyai hubungan yang cukup erat, karena rencana itu disusun berdasarkan ramalan yang dimungkinkan terjadi di masa yang akan datang. Dalam kehidupan sosial segala sesuatu itu serba tidak pasti, sukar diperkirakan secara tepat. Dalam hal ini perlu diadakan peramalan.

Peramalan yang dibuat selalu diupayakan agar dapat meminimumkan pengaruh ketidakpastian ini terhadap perusahaan. Dengan kata lain Pangestu Subagyo (1986:4) berpendapat bahwa peramalan bertujuan mendapatkan ramalan yang dapat meminimumkan kesalahan meramal (*forecast error*) yang biasanya diukur dengan *mean square error*, *mean absolute error* dan sebagainya.

2.3.1 Pemilihan Teknik Dan Metode Peramalan

Dalam pemilihan teknik dan metode peramalan, pertama-tama perlu diketahui ciri-ciri penting yang perlu diperhatikan bagi pengambil keputusan dan analisa keadaan dalam mempersiapkan peramalan.

Ada 6 (enam) faktor utama yang diidentifikasi sebagai teknik dan metode peramalan, yaitu :

1. Horizon Waktu

Ada 2 (dua) aspek dari Horizon Waktu yang berhubungan dengan masing-masing metode peramalan. Pertama adalah cakupan waktu dimasa yang akan datang, kedua adalah jumlah periode untuk peramalan yang diinginkan.

2. Pola Data

Dasar utama dari metode peramalan adalah anggapan bahwa macam – macam dari pola yang didapati didalam data yang diramalkan akan berkelanjutan.

3. Jenis dari Model

Model – model merupakan suatu deret dimana waktu digambarkan sebagai unsure yang penting untuk menentukan perubahan – perubahan dalam pola. Model-model perlu diperhatikan karena masing – masing model mempunyai kemampuan yang berbeda dalam analisa keadaan untuk pengambilan keputusan.

4. Biaya yang Dibutuhkan

Umumnya ada 4 (empat) unsur biaya yang tercakup di dalam penggunaan suatu prosedur peramalan, yaitu biaya – biaya pengembangan, penyimpanan (*Storage*) data, operasi pelaksanaan dan kesempatan dalam penggunaan teknik – teknik dan metode lainnya.

5. Ketepatan Metode Peramalan

Tingkat ketepatan yang dibutuhkan sangat erat kaitannya dengan tingkat perincian yang dibutuhkan dalam suatu peramalan.

6. Kemudahan dalam Penerapan

Metode – metode yang dapat dimengerti dan mudah diaplikasikan sudah merupakan suatu prinsip umum bagi pengambil keputusan.

2.3.2 Analisa Deret Berkala

Data berkala (*Time Series*) adalah data yang dikumpulkan dari waktu ke waktu untuk memberikan gambaran tentang perkembangan suatu kegiatan dari waktu ke waktu. Analisis data berkala memungkinkan untuk mengetahui perkembangan suatu kejadian atau beberapa kejadian serta hubungannya dengan kejadian yang lain.

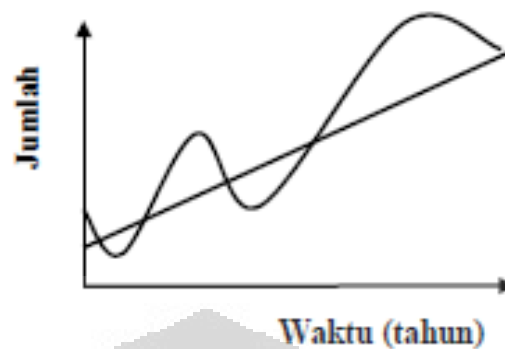
Metode *Time Series* merupakan metode peramalan kuantitatif yang didasarkan atas penggunaan analisis pola hubungan antara variabel yang akan diperkirakan dengan variabel waktu. Tujuan *Time Series* ini mencakup penelitian pola data yang digunakan untuk meramalkan apakah data tersebut stasioner atau tidak dan ekstrapolasi ke masa yang akan datang. Stasioner itu sendiri berarti bahwa tidak terdapat pertumbuhan / penurunan pada data. Data secara kasar harus horizontal sepanjang waktu. Dengan kata lain fluktuasi data tetap konstan setiap waktu.

1. Penentuan Pola Data

Hal yang penting diperhatikan dalam metode deret berkala adalah menentukan jenis pola data historisnya. Sehingga pola data yang tepat dengan pola data historis tersebut dapat di uji, dimana pola data pada umumnya dapat dibedakan sebagai berikut :

a. Gerakan Trend Jangka Panjang (*Long Term Movement or Secular Trend*)

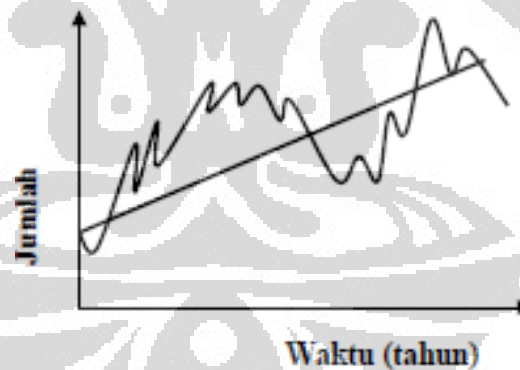
Gerakan trend jangka panjang adalah suatu gerakan yang menunjukkan arah perkembangan secara umum (kecenderungan menaik/menurun). Garis trend sangat berguna untuk membuat ramalan (*forecasting*) yang sangat diperlukan bagi perencanaan.



Gambar 2.1 Grafik siklus trend

b. Gerakan/Variasi Siklis (*cyclical Movements or Variations*)

Gerakan/variasi siklis adalah gerakan/variasi jangka panjang disekitar garis trend (berlaku untuk data tahunan). Gerakan siklis ini bisa terulang setelah jangka waktu tertentu dan bisa juga terulang dalam jangka waktu yang sama. contoh gerakan siklis yakni kemakmuran (*prosperity*), kemunduran (*recession*), depresi (*depression*), dan pemulihan (*recovery*)

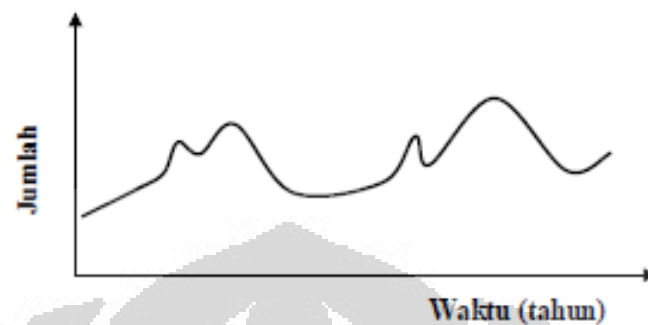


Gambar 2.2 Grafik siklus siklikal

c. Gerakan/Variasi Musiman (*Seasonal Movements or Variation*)

Gerakan/variasi musiman adalah gerakan yang mempunyai pola tetap dari waktu ke waktu, misalnya naiknya harga pohon cemara menjelang Natal, menurunnya harga beras pada waktu panen, dan lain sebagainya. Walaupun pada umumnya gerakan musiman terjadi pada data bulanan yang dikumpulkan

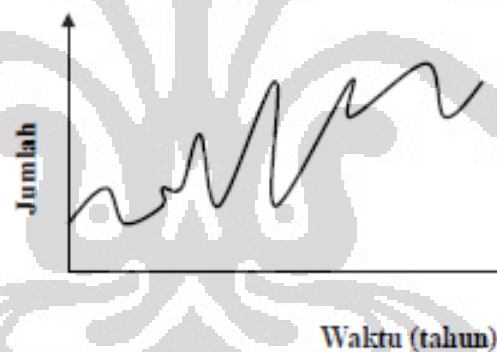
dari tahun ke tahun, namun juga berlaku bagi data harian, mingguan, atau satuan waktu yang lebih kecil lagi.



Gambar 2.3. Grafik siklus musiman

d. Gerakan/Variasi yang Tidak Teratur (*Iregular or Random Movements*)

Gerakan/variasi yang tidak tetap adalah gerakan/variasi yang sifatnya sporadis, misalnya naik-turunnya produksi akibat banjir yang datangnya tidak teratur.



Gambar 2.4. Grafik siklus random

2.4. Optimasi Pelayanan Kereta Api

Optimasi pelayanan angkutan adalah suatu kondisi yang terbaik atau menguntungkan dalam perihal cara melayani dengan sarana yang digunakan untuk memindahkan orang atau barang dari satu tempat ke tempat lain. Dalam penelitian lebih ditekankan pada fungsi fisik, yaitu pengangkut dan objek yang diangkut. Pengangkut adalah mencakup sarana dan prasarana, yaitu kereta api secara fisik, sedangkan objek yang diangkut adalah orang yang disebut penumpang.

Sarana pengangkut adalah kereta api dan prasarana adalah jalan rel mempunyai kapasitas yaitu volume yang dapat ditampung selama periode operasi komuter, dimana kapasitas terbagi menjadi dua yaitu kapasitas jalur dan kapasitas kereta. Penumpang adalah orang yang menggunakan jasa angkutan kereta api, diarahkan pada suatu wadah untuk naik-turun yaitu stasiun.

2.4.1 Penentuan Jumlah Armada

Jumlah armada yang tepat sesuai dengan kebutuhan sulit dipastikan, yang dapat dilakukan adalah jumlah yang mendekati besarnya kebutuhan. Ketidakpastian itu disebabkan oleh pola pergerakan penduduk yang tidak merata sepanjang waktu, misalnya pada saat jam-jam sibuk permintaan tinggi, dan pada saat permintaan rendah. Penentuan jumlah armada dipengaruhi oleh faktor-faktor berikut ini :

1. Faktor muat (*load factor*)

Faktor muat merupakan perbandingan antara kapasitas terjual dan kapasitas tersedia untuk satu perjalanan. Faktor muat ini biasanya dinyatakan dalam persen dengan notasi Lf atau σ .

2. Kapasitas Lintas

Kapasitas jalur lintasan adalah volume kendaraan dan penumpang yang dapat ditampung oleh jalur lintasan dalam satu satuan jarak, (penumpang-km, penumpang per jam, gerbong-km, gerbong per jam). Rumus secara matematiknya adalah :

$$m_i = \sum_{i=1}^j 2L_i \sum_{i=1}^j q^{ij} k^{ij} p^{ij}$$

(2.1)

Keterangan :

m = Gerbong – km.

q = Volume kendaraan dalam satu arah dalam periode $t = Q/h$

Q = Kapasitas arus penumpang

p = Lamanya periode i

L = Panjang rute satu arah

K = Jumlah gerbong pada periode i

3. Kapasitas Kereta

Jumlah penumpang yang dapat diangkut dalam satu gerbong atau satu rangkaian, baik yang duduk maupun berdiri. (penumpang per gerbong; penumpang per rangkaian).

$$C = f_{max} \times n \times C_v$$

(2.2)

$$C = 3600 \times n \times C_v / h_{min}$$

(2.3)

Keterangan :

C = Kapasitas

F_{max} = Frekuensi Maximum

n = Jumlah Gerbong

C_v = Kapasitas Kendaraan

h_{min} = *headway* minimum

Perhitungan *headway* pada waktu periode puncak adalah :

$$h_{ji} = \frac{k_{ji} Q_{ji}}{q_{ji}}$$

(2.4)

Keterangan :

h = *headway* waktu periode puncak

k = Jumlah gerbong per set dalam periode puncak

Q = Kapasitas Gerbong pada periode puncak

q = Volume penumpang dalam periode puncak

2.5. Distribusi Waktu Kedatangan Penumpang dan Jumlah Penumpang Turun

Distribusi erat kaitannya dengan peubah acak (*random variable*), peubah acak adalah bilangan yang ditetapkan pada setiap hasil eksperimen dan bilangan ini bersifat acak. Suatu peubah acak adalah fungsi dengan wilayah (domain) ruang sample S hasil eksperimen. Fungsi $x(t)$ adalah aturan hubungan antara harga t dan x . Elemen-elemen himpunan S yang termuat dalam peristiwa $\{x \leq x\}$ dan akibatnya probabilitas $P\{x \leq x\}$ adalah bilangan yang tergantung pada x . Bilangan ini dinyatakan dengan $F(x)$ yang juga disebut dengan fungsi distribusi kumulatif peubah acak x . Fungsi distribusi terbagi atas dua bagian yaitu fungsi distribusi diskrit dan fungsi distribusi kontinyu. Beberapa distribusi diskrit adalah : Binomial, Poisson, Hipergeometris, sedangkan yang termasuk distribusi kontinyu adalah: Normal, Gamma, Weibull, Beta, Chi-square, F dan Exponential. Berdasarkan perhitungan jumlah kedatangan penumpang per stasiun per jam maka didapatkan distribusi waktu kedatangan penumpang. Untuk distribusi jumlah penumpang turun didapat dari persentase penumpang turun di setiap stasiun per jam sibuk.

2.6. Penelitian Terdahulu

Dalam bagian ini akan dipaparkan beberapa penelitian terdahulu yang relevan dengan tema penelitian ini. Beberapa metode yang digunakan dalam menyelesaikan permasalahan yang dibahas pada penelitian terdahulu akan digunakan dan selebihnya adalah pemaparan konsep yang bermanfaat dalam penelitian tesis ini. Pemaparan penelitian terdahulu terbagi menjadi dua, dimana yang pertama mengenai peramalan dan yang kedua mengenai pemodelan dan simulasi.

1. Penelitian Mengenai Peramalan

Seperti penelitian yang dilakukan oleh Farzane Ahmadzade dari jurusan Teknik Industri di Universitas Islamic Azad, Iran (Januari, 2010) dengan judul "Model for Forecasting Passenger of Airport". Dalam penelitiannya tersebut dia membahas tiga metode peramalan yang sering digunakan dalam penelitian. Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan model terbaik serta nilai peramalan pada data bulanan dari jumlah penumpang pada lalu lintas udara di salah satu bandara int'l. Tiga metode peramalan yang digunakan adalah: proyeksi tren, metode ekonometrik,

dan survei pasar&industri. Farzane menulis bahwa sebelum kita menulis menggunakan teknik permalan proyeksi trend dan ekonometrik tahapan yang dilakukan adalah mengetahui kestasioneran data terhadap varians dan mean. Contoh yang diutarakan Farzane dalam penggunaan metode ekonometrik sebagai alat untuk mengetahui pengaruh variable independen terhadap variabel dependen adalah menghitung seberapa kuat pengaruh kondisi ekonomi, social dan operasional terhadap jumlah penumpang pesawat penerbangan dalam negeri dan luar negeri, dengan mengambil data antara kurun waktu dari tahun 1981 sampai dengan 2000. Hasil perhitungan dari contoh tersebut adalah berdasar pada bulan yang ke lima, yakni (Mordad) dengan tingkat kecenderungan 5.1% untuk penumpang domestik dan 1.5% untuk penumpang internasional, peningkatan yang tidak terlalu besar dikarenakan tahun ajaran baru sekolah sehingga tidak terlalu banyak perjalanan.

Sedangkan penelitian yang dilakukan Chang-Jui Lin dari Fu Jen Catholic University, Taiwan (Februari 2010) dengan judul “Forecasting Tourism Demand Using Time Series, Artificial Neural Networks and Multivariate Adaptive Regression Splines: Evidence from Taiwan” adalah mengenai peramalan pertumbuhan wisatawan/turis internasional di negara Taiwan. Penelitian ini membandingkan tiga metode peramalan yang digunakan, yaitu ARIMA artificial neural networks (ANNs), dan multivariate adaptive regression splines (MARS). Untuk mendapat hasil peramalan yang lebih akurat adalah ramalan yang bias meminimalkan kesalahan meramal. Kesalahan ramalan biasanya digunakan RMSE, MAD, and MAP. Berdasarkan hasil perhitungan dari ketiga metode untuk tingkat kesalahan terkecil adalah metode ARIMA.

2. Penelitian Mengenai Pemodelan dan Simulasi

Penelitian yang dilakukan oleh Mehmet Aksarayli and Akbel Yildiz (Institute of Social Sciences Turkey, 2011) dengan judul “Process Optimization with Simulation Modeling in a Manufacturing System” membahas mengenai Simulasi komputer yang telah menjadi suatu alat penting dalam pemodelan system sejak sepuluh tahun terakhir untuk perbaikan yang berkelanjutan dalam

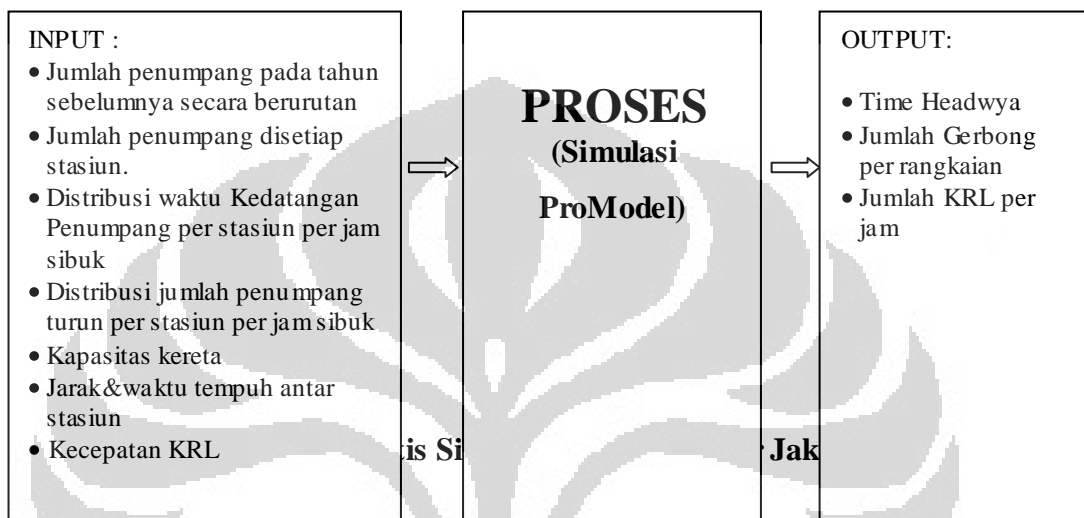
teknologi computer. Studi ini adalah suatu implementasi dari pabrik spare part mesin yang berada kota Kalkun, Turki. Tujuan studi tergantung pada peningkatan pemanfaatan dan optimasi proses untuk mengurangi biaya produksi dengan mengidentifikasi bottlenecks yang terjadi di dalam system produksi. Metode yang digunakan adalah pemodelan simulasi dengan *software* ProModel. Software proModel akan membantu keputusan terbaik dari beberapa skenario yang diusulkan menyangkut perubahan cycle time suatu proses dengan usulan meningkatkan total produksi, ukuran batch dan pergantian shift kerja. Hasil yang diperoleh adalah pada scenario 1 perusahaan akan mendapat peningkatan keuntungan sebesar \$11.000 dalam waktu 2 minggu, scenario 2 memberikan keuntungan sebesar \$150.000 dalam waktu 50 minggu dan scenario ke 3 adalah kombinasi dari scenario 1 dan 2. Karena dengan adanya peningkatan produksi sebesar 15% untuk P1 dan 10% untuk P2 membutuhkan penambahan shift. Sehingga kesimpulan yang dapat diambil adalah membuat kombinasi yang tepat diantar ketiga scenario yang diberikan.

Sejalan dengan penelitian Mehmet, pada penelitian yang dilakukan oleh Pochamarn et all (2007) yang berjudul “Using ProModel as a simulation tools to assist plant layout design and planning: Case study plastic packaging factory”. Penelitian ini memanfaatkan simulasi dengan bantuan ProModel dalam memberikan keputusan mengenai kebijakan produksi yang akan mereka ambil. Hasil dari simulasi ini memberikan informasi mengenai jumlah mesin, luas lantai, layout pabrik dan kebutuhan dalam operasi jam kerja beserta operatornya yang akan dilakukan pada penentuan shif.

Berbeda dengan dua penelitian diatas yang menggunakan ProModel dalam simulasi di bidang produksi maka penelitian yang dilakukan A Ballis (2004) dengan judul “*Investigating the capacity of a Metro line by means of a simulation model*” mensimulasikan mengenai perjalanan kereta api di Atena. Penelitian ini membahas mengenai jumlah kereta yang diberangkatkan sesuai dengan panjang jalur berdasarkan jarak dan waktu antar kereta. Hasil yang diberikan simulasi ini berdasarkan perhitungan waktu dan jarak perjalanan kereta per stasiun.

2.7. Pemodelan

Model penelitian ini berawal dari data-data yang diperlukan (input) lalu diproses hingga mendapatkan output yang diinginkan. Adapun model penelitian ini berbentuk skematis, seperti terlihat pada gambar 2.5.



2.7.1 Input

Input dari model penelitian ini didapat dari hasil observasi dan data sekunder dari PT.Kereta Api Komuter Jabodetabek dan Badan Pusat Statistik (BPS). Data yang dibutuhkan adalah:

- Jumlah penumpang pada tahun sebelumnya secara berurutan
Data ini didapat dari situs badan pusat statistik. Data yang diambil selama 24 tahun, mulai tahun 1987 sampai dengan tahun tahun 2010. Berdasarkan data penumpang KRL tahunan ini maka dilakukan proses peramalan untuk mendapatkan prediksi calon penumpang untuk lima tahun kedepan.
- Jumlah penumpang disetiap stasiun. Berdasarkan data sekunder dari PT. Kereta Api Komuter Jabodetabek.
- Kedatangan Penumpang per stasiun per jam per jalur. Berdasarkan data sekunder dari PT. Kereta Api Komuter Jabodetabek.
- Kapasitas kereta

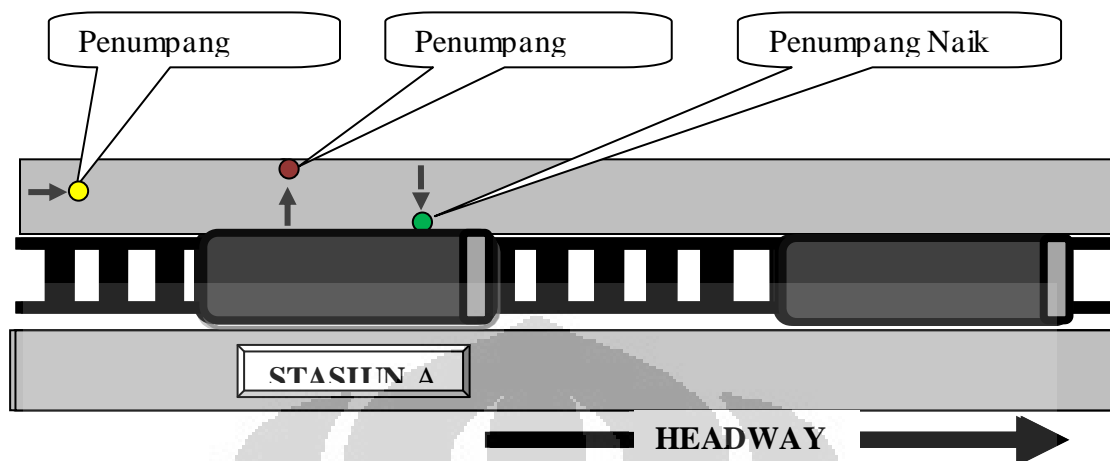
- Jarak&waktu tempuh antar stasiun
- Kecepatan KRL

2.7.2 Proses Simulasi

Proses yang dibuat dalam model ini menggambarkan proses kedatangan KRL dan penumpang di setiap stasiun. Selain itu, aktifitas naik dan turun penumpang pada setiap stasiun sepanjang jalur Jakarta Kota-Bogor. Rincian proses didalam model KRL ini adalah sebagai berikut :

1. KRL_BGR_JKRT muncul dari stasiun Bogor dan langsung masuk ke Naik_STB_Bogor.
2. Penumpang datang ke stasiun Bogor dan masuk melalui Datang_STB_Bogor dan mengantri pada STB_Bogor. Pada saat KRL datang, penumpang langsung naik kedalam KRL di Naik_STB_Bogor.
3. Setelah penumpang naik, KRL akan menuju jalur Dari_Bogor yang menghubungkan langsung ke stasiun Cilebut.
4. Dari jalur penghubung ini, kemudian KRL akan datang ke Turun_STB_ untuk menurunkan beberapa penumpang. Kemudian ke titik Unload_STB_ untuk menurunkan seluruh penumpang sisa yang ada.
5. Dari titik Unload_STB_ penumpang akan langsung dinaikkan kembali di Naik_STB_ Sementara itu terjadi kedatangan penumpang dari Datang_ dan langsung mengantri di STB_. Selanjutnya penumpang tersebut juga dinaikkan kedalam KRL pada titik Naik_.
6. Proses ini berulang terus hingga ke stasiun Jayakarta menuju stasiun Jakarta Kota karena disana Penurunan penumpang pada titik Turun_ adalah seluruh dari jumlah penumpang yang ada.

Adapun gambaran model KRL yang akan dibangun adalah seperti pada gambar 2.6.



Gambar 2.6 Gambaran umum model yang dibangun

2.7.3 Output

Output yang akan diperoleh dari model penelitian ini adalah:

- Time Headway
- Jumlah gerbong/rangkaian KRL
- Jumlah keberangkatan KRL per jam sibuk.

2.8 Langkah-langkah/Algoritma

Langkah-langkah penyelesaian dengan model perjalanan KRL Komuter Jabodetabek berawal dari mencari data-data masukan/input yang dibutuhkan, setelah data input terpenuhi maka data tersebut dapat diproses dengan bantuan algoritma pada gambar 2.11, sehingga output yang diinginkan dapat tercapai.

Langkah ke-1, melakukan peramalan. Data yang digunakan untuk peramalan adalah data jumlah calon penumpang dari beberapa tahun sebelumnya seperti pada Tabel.3.1. Setelah itu menghitung distribusi calon penumpang untuk setiap bulannya lalu menghitung distribusi calon penumpang mingguan dan harian hingga mendapatkan distribusi peramalan kedatangan calon penumpang di setiap stasiun per satu jam pada koridor Jakarta Kota-Bogor.

Langkah ke-2, pemilihan Distribusi. Pada penelitian ini, penulis menggunakan distribusi normal dan distribusi *uniform*. Distribusi waktu kedatangan penumpang didasarkan pada perhitungan rata-rata jumlah penumpang

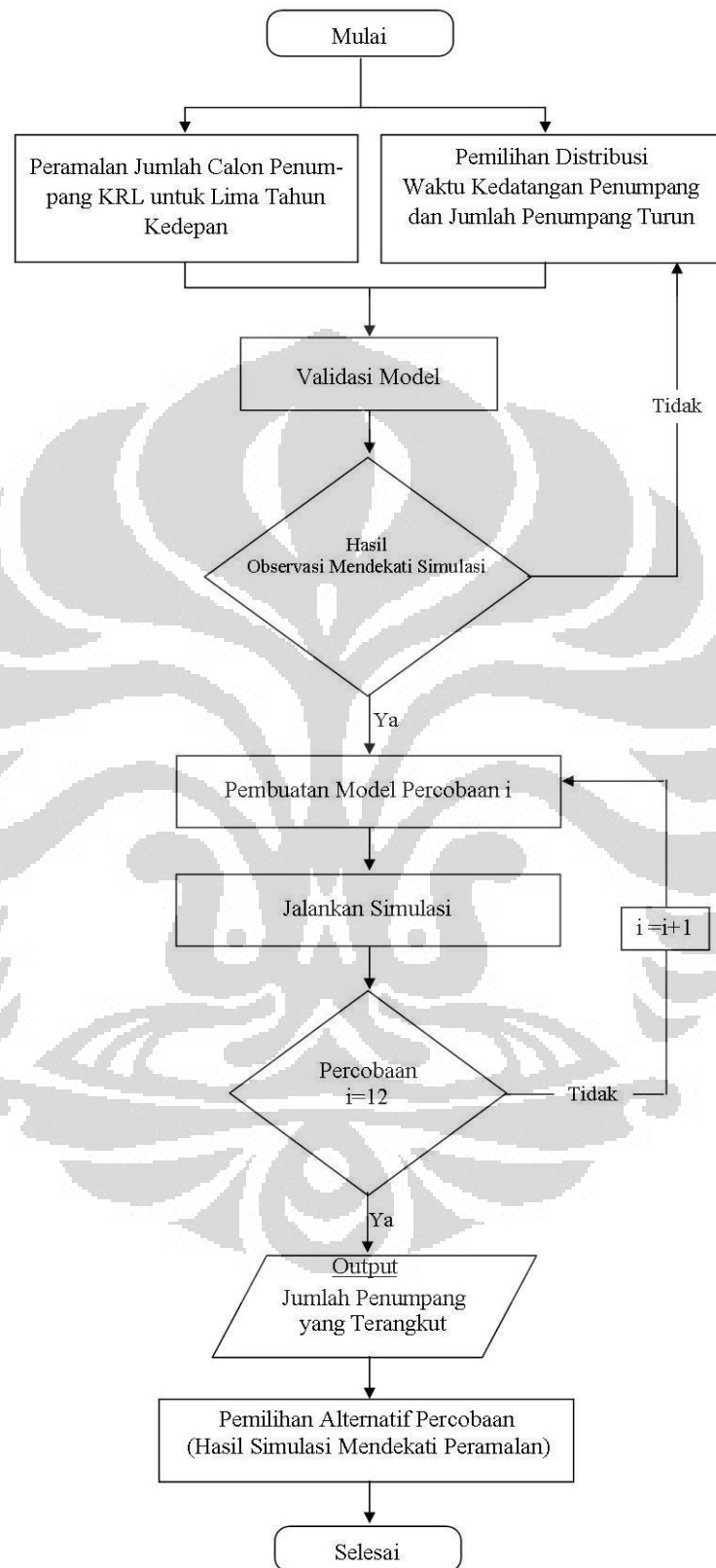
selama satu jam dan data distribusi penumpang turun didasarkan pada asumsi rata-rata jumlah penumpang yang turun pada setiap stasiun selama satu jam pada jam sibuk.

Langkah ke-3, validasi model. Untuk melihat hasil dari dua distribusi yang digunakan pada simulasi, maka terlebih dahulu dilakukan pembuktian untuk jumlah penumpang hasil simulasi dengan hasil observasi.

Langkah ke-4, pembuatan model. Model dibuat dengan bantuan *software* ProModel 6. Percobaan yang akan disimulasikan memiliki beberapa alternative yang terdiri dari jenis distribusi yang digunakan, waktu interval keberangkatan dan jumlah gerbong seperti pada tabel 3.13

Langkah ke-5, menjalankan simulasi. Proses yang dibuat dalam model ini menggambarkan proses kedatangan KRL dan penumpang di setiap stasiun. Selain itu, aktifitas naik dan turun penumpang pada setiap stasiun sepanjang jalur Jakarta Kota-Bogor.

Langkah ke-6, pemilihan alternatif percobaan. Kesimpulan mengenai pemberdayaan angkutan kereta api dalam kaitannya dengan kombinasi *time headway* dan jumlah gerbong per rangkaian yang dapat menampung jumlah calon penumpang mendekati hasil peramalan.



Gambar 2.7 Bagan Alir Simulasi KRL Komuter Jakarta Kota-Bogor

BAB 3

PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA

Pada bab 3 ini berisikan semua data-data yang didapat dari hasil lapangan dan data sekunder dari Badan Pusat Statistik (BPS). Observasi dilakukan di jalur KRL Jakarta Kota-Bogor yang terdiri dari 25 stasiun pada jam sibuk pagi dari arah Bogor dan jam sibuk sore dari arah Jakarta. Adapun pengolahan data dimulai pada sub bab 3.2.

3.1. Permintaan Penumpang

Setiap penumpang memiliki stasiun keberangkatan dan stasiun tujuan. Hal ini berarti bahwa pada setiap stasiun ada penumpang yang berangkat dan ada penumpang yang datang, atau dengan kata lain bahwa secara kumulatif di setiap stasiun ada sejumlah penumpang berangkat dan ada sejumlah penumpang datang.

Dalam penelitian ini dibuat sederhana dan dibuat dalam satu bentuk, yaitu permintaan keberangkatan penumpang yang merupakan agregat dari jumlah penumpang berangkat dengan jumlah permintaan penumpang turun di setiap stasiun dan di setiap menit. Sedangkan untuk ketersediaan sarana telah diwakilkan dengan parameter kapasitas kereta.

3.1.1 Data Penumpang Kereta Api

Penumpang KRL yang berjumlah besar selalu bertambah setiap tahun, menjadi potensi bagi pendapatan dan operasi bagi PT.Kereta Api Indonesia (PT.KAI). Setiap penambahan penumpang, artinya potensi penambahan pemasukan profit bagi penyedia jasa KRL. Namun disaat yang sama, setiap penambahan ini juga berarti KRL akan semakin dituntut untuk memiliki layanan yang prima.

Sebagai gambaran tentang besarnya jumlah penumpang KRL, akan dipaparkan data-data statistik dari layanan KRL PT.KAI beberapa tahun kebelakang dan data bulanan selama lima tahun terakhir. Jumlah penumpang KRL

setiap tahun dan bulanan dapat dilihat pada tabel 3.1 dan tabel 3.2 yang diperoleh dari situs Ditjen KA (Direktorat Jenderal Perkeretaapian) Dephub (Departemen Perhubungan).

Tabel 3.1 Jumlah Penumpang Kereta Api Indonesia Tahun 1987 – 2010

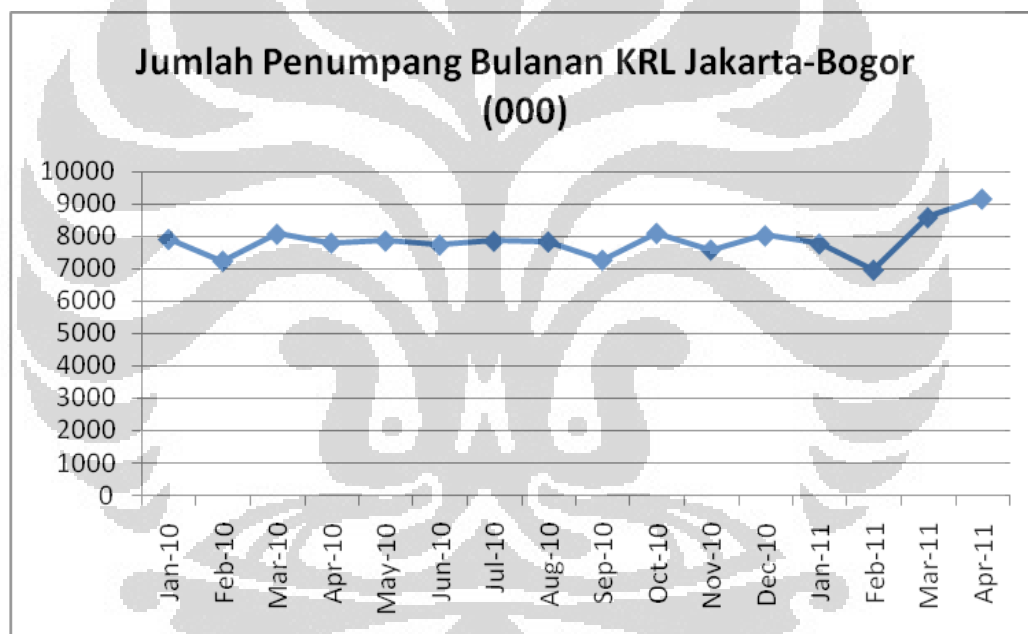
| Tahun | Penumpang | Penumpang | Penumpang |
|-------|---------------------------|-----------------------|--------------------|
| | Jawa + Sumatera (Juta) | JABODETABEK (Juta) | JKRT-BGR (Juta) |
| 1987 | 49 | 31.85 | 23.89 |
| 1988 | 53 | 34.45 | 25.84 |
| 1989 | 56 | 36.4 | 27.30 |
| 1990 | 58 | 37.7 | 28.28 |
| 1991 | 62 | 40.3 | 30.23 |
| 1992 | 73 | 47.45 | 35.59 |
| 1993 | 98 | 63.7 | 47.78 |
| 1994 | 116 | 75.4 | 56.55 |
| 1995 | 145 | 94.25 | 70.69 |
| 1996 | 154 | 100.1 | 75.08 |
| 1997 | 174 | 113.1 | 84.83 |
| 1998 | 170 | 110.5 | 82.88 |
| 1999 | 187 | 121.55 | 91.16 |
| 2000 | 192 | 124.8 | 93.60 |
| 2001 | 187 | 121.55 | 91.16 |
| 2002 | 176 | 114.4 | 85.80 |
| 2003 | 155 | 100.75 | 75.56 |
| 2004 | 150 | 97.5 | 73.13 |
| 2005 | 152 | 98.8 | 74.10 |
| 2006 | 159 | 103.35 | 77.51 |
| 2007 | 175 | 113.75 | 85.31 |
| 2008 | 194 | 126.1 | 94.58 |
| 2009 | 207 | 134.55 | 100.91 |
| 2010 | 207 | 134.55 | 100.91 |

Sumber : PT. Kereta Api Indonesia

Data bulanan yang ditampilkan disini hanya 18 bulan terakhir (Januari 2010 - April 2011). Untuk lebih lengkapnya dapat dilihat pada lampiran.

Tabel 3.2 Data Bulanan Penumpang KRL Koridor Jakarta-Bogor

| Bulan | Jumlah | Bulan | Jumlah |
|--------|--------|--------|--------|
| Jan-10 | 7906 | Sep-10 | 7264 |
| Feb-10 | 7231 | Oct-10 | 8097 |
| Mar-10 | 8069 | Nov-10 | 7580 |
| Apr-10 | 7796 | Dec-10 | 8021 |
| May-10 | 7857 | Jan-11 | 7766 |
| Jun-10 | 7734 | Feb-11 | 6953 |
| Jul-10 | 7850 | Mar-11 | 8586 |
| Aug-10 | 7829 | Apr-11 | 9164 |

**Gambar 3.1 Grafik Jumlah Penumpang Bulanan KRL Jakarta-Bogor**

Grafik penumpang tersebut di atas menunjukkan pola musim (*seasonal pattern*) karena adanya penurunan jumlah penumpang di bulan Februari 2010, September 2010 dan Februari 2011 yang signifikan, penurunan ini timbul karena di ketiga bulan tersebut ada periode libur (hari Raya ‘Idul Fitri dan bulan pendek di bulan Februari).

3.1.2 Data Fasilitas

Data ini berisi tentang fasilitas yang disediakan oleh pihak PT. KAI Jabodetabek dan juga *comuter*. Data ini didapat langsung dari pengamatan dilapangan.

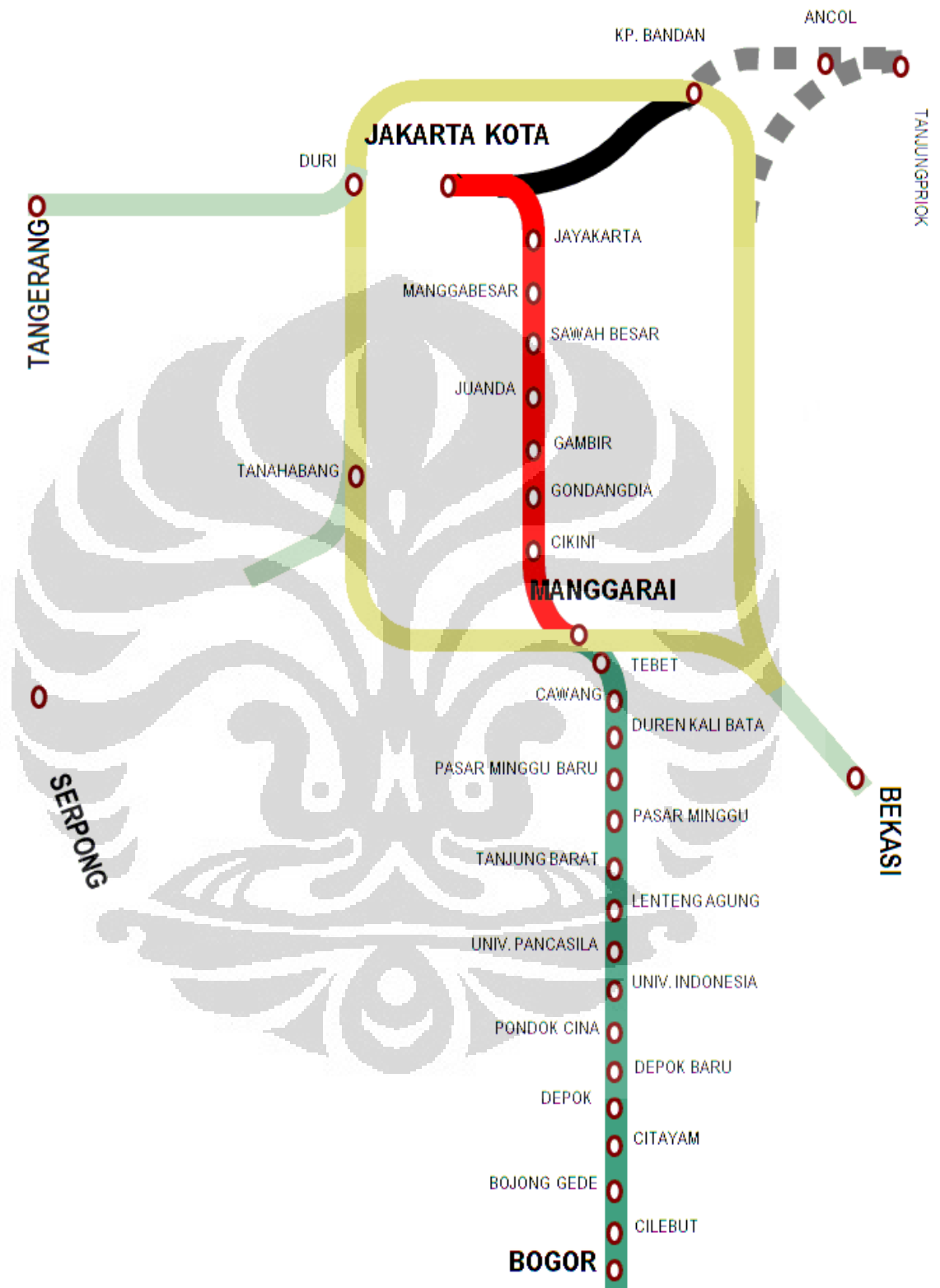
1. Jalur KRL Komuter Koridor Jakarta Kota- Bogor

Data jalur Jakarta Kota- Bogor data primer yang didapat dari pengamatan langsung dilapangan. Untuk lebih jelasnya, jalur KRL komuter Bogor-Jakarta Kota dapat dilihat pada gambar 3.2.

2. Stasiun

Data jumlah stasiun jalur Bogor-Jakarta merupakan data primer. Jumlah stasiun seluruhnya berjumlah 25 stasiun. Adapun nama-nama dari 25 stasiun yang ada adalah sebagai berikut :

- | | |
|----------------------------------|----------------------------|
| 1. Stasiun Bogor | 14. Stasiun Duren Kalibata |
| 2. Stasiun Cilebut | 15. Stasiun Cawang |
| 3. Stasiun Bojong Gede | 16. Stasiun Tebet |
| 4. Stasiun Citayam | 17. Stasiun Manggarai |
| 5. Stasiun Depok Lama | 18. Stasiun Cikini |
| 6. Stasiun Depok Baru | 19. Stasiun Gondangdia |
| 7. Stasiun Pondok Cina | 20. Stasiun Gambir |
| 8. Stasiun Universitas Indonesia | 21. Stasiun Juanda |
| 9. Stasiun Universitas Pancasila | 22. Stasiun Sawah Besar |
| 10. Stasiun Lenteng Agung | 23. Stasiun Mangga Besar |
| 11. Stasiun Tanjung Barat | 24. Stasiun Jayakarta |
| 12. Stasiun Pasar Minggu | 25. Stasiun Jakarta Kota |
| 13. Stasiun Pasar Minggu Baru | |



Gambar 3.2 Jalur KRL Komuter Jabodetabek Koridor Jakarta Kota-Bogor

3.1.3 Data Operasi Kereta Api Komuter Jabodetabek Koridor Jakarta Kota-Bogor

Data-data sekunder didapat dari PT. Kereta Api Commuter Jabodetabek (PT.KACJ) dan Badan Pusat Statistik. Adapun data-data sekunder tersebut adalah:

1. *Time Headway*, Kapasitas dan Jumlah Penumpang Angkutan Kereta Api Koridor Jakarta Kota-Bogor.

Kapasitas ruang kereta adalah jumlah penumpang yang ditetapkan oleh PT. KAI dari standarisasi PT.INKA, Pemerintah dalam hal ini Departemen Perhubungan dan Rumus Vuchic, ditabulasikan dalam tabel 3.3.

Tabel 3.3 Kapasitas Ruang Kereta Api Jabodetabek : Jakarta Kota-Bogor

| Kapasitas Ruang Kereta (Ekonomi) | | | | |
|---------------------------------------|-------------------------|-----------------------|-----------------------------|-----------------------------|
| Dimensi Kereta 2.65x18 m ² | | | | |
| Sumber Standar Ruang Kereta | Keterangan | Jumlah | Jumlah | Jumlah |
| | | Penumpang Per Gerbong | Penumpang 1 Set (4 Gerbong) | Penumpang 2 Set (8 Gerbong) |
| PT.KAI/PT.INKA | Duduk | 54 | | |
| | Berdiri | 83 | | |
| | Total | 137 | 548 | 1096 |
| DEP.HUB/PEMERINTAH | Duduk | 54 | | |
| | Berdiri | 198 | | |
| | Total | 252 | 1008 | 2016 |
| VUCHIC | Duduk | 54 | | |
| | Berdiri | 131 | | |
| | Total | 185 | 740 | 1480 |
| Standar Kenyamanan Tinggi | Duduk | 54 | | |
| | Berdiri | 90 | | |
| | Total | 144 | 576 | 1152 |
| Standar Kenyamanan Tinggi | PT.KAI \approx VUCHIC | 137 | 548 | 1096 |
| Standar Kenyamanan Rendah | DEP.HUB $>$ VUCHIC | 252 | 1008 | 2016 |

(Sumber : PT. KAI)

Untuk simulasi digunakan kapasitas berdasarkan standar Departemen Perhubungan dan PT.KAI. Yaitu pada kapasitas padat dengan standar

kenyamanan rendah adalah 252 penumpang per gerbong atau 2016 penumpang per kereta 2 set.

Untuk *time headway* didapatkan dari selisih waktu antar keberangkatan KRL sesuai jadwal perjalanan KRL mulai dari stasiun Bogor sampai dengan stasiun Jakarta Kota. Sehingga dari *time headway* tersebut dapat dihitung jumlah KRL per jam, ditabulasikan dalam tabel 3.4.

Tabel 3.4 Jadwal Perjalanan dan Time Headway Bogor-Jakarta Kota

| NO | Jam Pengamatan | Jenis KA | Jam Keberangkatan (Bogor-Jakarta Kota) | Time Headway (Menit) |
|----|----------------|----------|--|----------------------|
| 1 | 04.05 - 05.06 | | 04.30 | |
| 2 | | | 04.45 | 15 |
| 3 | | | 05.00 | 15 |
| 4 | 05.06 - 06.07 | | 05.23 | 23 |
| 5 | | Expres | 05.35 | 13 |
| 6 | | AC | 05.40 | 5 |
| 7 | | Expres | 05.57 | 17 |
| 8 | | | 06.05 | 8 |
| 9 | 06.07 - 07.08 | Expres | 06.10 | 5 |
| 10 | | AC | 06.19 | 9 |
| 11 | | Expres | 06.25 | 6 |
| 12 | | | 06.33 | 8 |
| 13 | | Expres | 06.40 | 7 |
| 14 | | Expres | 07.00 | 20 |
| 15 | | | 07.03 | 3 |
| 16 | 07.08 - 08.09 | Expres | 07.15 | 12 |
| 17 | | | 07.20 | 5 |
| 18 | | | 07.44 | 24 |
| 19 | | | 07.57 | 13 |
| 20 | | Expres | 08.04 | 7 |
| 21 | 08.09 - 09.10 | AC | 08.15 | 11 |
| 22 | | Expres | 08.25 | 10 |
| 23 | | AC | 08.30 | 5 |
| 24 | | | 08.35 | 5 |
| 25 | | | 08.50 | 15 |
| 26 | | AC | 09.04 | 14 |
| 27 | 09.10 - 10.11 | | 09.14 | 10 |
| 28 | | Expres | 09.20 | 6 |
| 29 | | AC | 09.25 | 5 |

Tabel 3.4 Jadwal Perjalanan dan Time Headway Bogor-Jakarta Kota (Lanjutan)

| NO | Jam Pengamatan | Jenis KA | Jam Keberangkatan (Bogor-Jakarta Kota) | Time Headway (Menit) |
|----|----------------|----------|--|----------------------|
| 30 | | | 09.30 | 5 |
| 31 | | AC | 09.50 | 20 |
| 32 | | | 10.10 | 20 |
| 33 | 10.11 - 11.12 | Expres | 10.20 | 10 |
| 34 | | | 10.30 | 10 |
| 35 | | | 10.50 | 20 |
| 36 | | Expres | 10.55 | 5 |
| 37 | | | 11.10 | 15 |
| 38 | 11.12 - 12.13 | Expres | 11.20 | 10 |
| 39 | | | 11.25 | 5 |
| 40 | | AC | 11.40 | 15 |
| 41 | | AC | 11.50 | 10 |
| 42 | | Expres | 11.55 | 5 |
| 43 | | | 12.05 | 10 |
| 44 | 12.13 - 13.14 | Expres | 12.20 | 15 |
| 45 | | AC | 12.25 | 5 |
| 46 | | | 12.40 | 15 |
| 47 | | AC | 12.55 | 15 |
| 48 | | AC | 13.13 | 18 |
| 49 | 13.14 - 14.15 | Expres | 13.20 | 7 |
| 50 | | | 13.25 | 5 |
| 51 | | | 13.40 | 15 |
| 52 | | | 13.50 | 10 |
| 53 | | Expres | 13.55 | 5 |
| 54 | | | 14.05 | 10 |
| 55 | 14.15 - 15.16 | | 14.30 | 25 |
| 56 | | | 14.50 | 20 |
| 57 | | Expres | 14.55 | 5 |
| 58 | | | 15.05 | 10 |
| 59 | | Expres | 15.10 | 5 |
| 60 | 15.16 - 16.17 | | 15.25 | 15 |
| 61 | | Expres | 15.35 | 10 |
| 62 | | Expres | 15.40 | 5 |
| 63 | | AC | 15.45 | 5 |
| 64 | | AC | 15.46 | 1 |
| 65 | | Expres | 16.06 | 20 |
| 66 | 16.17 - 17.18 | Expres | 16.20 | 14 |
| 67 | | | 16.25 | 5 |
| 68 | | Expres | 16.30 | 5 |
| 69 | | AC | 16.35 | 5 |

Tabel 3.4 Jadwal Perjalanan dan Time Headway Bogor-Jakarta Kota (Lanjutan)

| NO | Jam Pengamatan | Jenis KA | Jam Keberangkatan (Bogor-Jakarta Kota) | Time Headway (Menit) |
|----|----------------|----------|--|----------------------|
| 70 | | Expres | 16.40 | 5 |
| 71 | | | 16.55 | 15 |
| 72 | | | 17.08 | 13 |
| 73 | | Expres | 17.15 | 7 |
| 74 | 17.18 - 18.19 | | 17.30 | 15 |
| 75 | | | 17.45 | 15 |
| 76 | | | 17.52 | 7 |
| 77 | | Expres | 17.56 | 4 |
| 78 | | | 18.05 | 9 |
| 79 | | | 18.10 | 5 |
| 80 | | AC | 18.15 | 5 |
| 81 | | | 18.20 | 5 |
| 82 | 18.19 - 19.20 | Expres | 18.30 | 10 |
| 83 | | | 18.35 | 5 |
| 84 | | | 19.00 | 25 |
| 85 | | AC | 19.10 | 10 |
| 86 | | AC | 19.20 | 10 |
| 87 | | AC | 19.35 | 15 |
| 88 | 19.20 - 20.21 | | 19.40 | 5 |
| 89 | | Expres | 19.50 | 10 |
| 90 | | AC | 19.55 | 5 |
| 91 | | | 20.30 | 35 |
| 92 | 20.21 - 21.22 | | 20.40 | 10 |
| 93 | | | 20.50 | 10 |
| 94 | | AC | 21.00 | 10 |
| 95 | | AC | 21.12 | 12 |

(Sumber : PT. KAI, diolah kembali)

Dari data diatas *time headway* tidak merata, tertinggi 20-35 menit dan terendah ada yang mencapai 1 menit, dan terbanyak adalah pada kisaran 5-15 menit. *Time headway* ini sesuai dengan jadwal keberangkatan kereta pada saat penulis melakukan penelitian (Mei 2011), sehingga dapat dilihat selang waktu antara jadwal kereta yang sangat bervariasi disetiap jamnya.

2. Waktu dan jarak tempuh Angkutan Kereta Api Koridor Jakarta Kota-Bogor

Waktu tempuh adalah waktu yang diperlukan untuk menempuh jarak dari stasiun i ke stasiun berikutnya sampai dengan stasiun tujuan. PT.KAI menjadwalkan keberangkatan kereta disetiap stasiun berdasarkan waktu tempuh

KRL dari stasiun i ke stasiun n atau waktu tempuh antar dua stasiun. Jarak tempuh adalah jarak dari stasiun i ke stasiun n sampai dengan stasiun tujuan menghasilkan jarak tempuh total. Data waktu tempuh dan jarak tempuh ditabulasikan pada tabel 3.5.

Waktu tempuh sekali jalan adalah 86 menit ditambah waktu pemberhentian di setiap stasiun adalah 12.23 menit jadi total perjalanan KRL komuter adalah 98.23 menit dengan jarak tempuh 54.674 kilometer, jarak stasiun terdekat adalah 1.5 kilometer dan jarak stasiun terjauh adalah 5.72 kilometer.

Tabel 3.5 Waktu tempuh dan Jarak Tempuh KRL Komuter Jakarta Kota-Bogor

| No. | Stasiun | Waktu Tempuh Per Stasiun Bogor-Jakarta (Menit) | Waktu Berhenti Per Stasiun (Menit) | Total Waktu Perjalanan dari st.(i) ke st. (n) (Menit) | Jarak Tempuh Antar Stasiun (Km) | Jarak Tempuh dari st.(i) ke st. (n) (Km) | Total Jarak Bogor-Jak (Km) |
|----------------|-------------------|--|------------------------------------|---|---------------------------------|--|----------------------------|
| 1 | Bogor | 9 | | 0 | 5.72 | 0 | 54.67 |
| 2 | Cilebut | | 0.5 | 9.50 | | 5.72 | 48.95 |
| 3 | Bojong Gede | 6 | 0.5 | 16.00 | 3.81 | 9.53 | 45.14 |
| 4 | Citayam | 7 | 1 | 24.00 | 4.45 | 13.98 | 40.69 |
| 5 | Depok | | 0.5 | 31.50 | | 18.43 | 36.24 |
| 6 | Depok Baru | 3 | 1 | 35.50 | 1.91 | 20.34 | 34.33 |
| 7 | Pondok Cina | | 0.3 | 38.83 | | 22.25 | 32.42 |
| 8 | Univ. Indonesia | 3 | 0.3 | 42.17 | 1.91 | 24.16 | 30.51 |
| 9 | Univ. Pancasila | | 0.3 | 45.50 | | 26.07 | 28.6 |
| 10 | Lenteng Agung | 4 | 0.3 | 49.83 | 2.54 | 28.61 | 26.06 |
| 11 | Tanjung Barat | | 0.5 | 53.33 | | 30.52 | 24.15 |
| 12 | Pasar Minggu | 4 | 1 | 58.33 | 2.54 | 33.06 | 21.61 |
| 13 | Pasar Minggu Baru | 3 | 0.5 | 61.83 | 1.91 | 34.97 | 19.7 |
| 14 | Duren Kalibata | | 0.5 | 65.33 | | 36.88 | 17.79 |
| 15 | Cawang | 3 | 0.5 | 68.83 | 1.91 | 38.79 | 15.88 |
| 16 | Tebet | 2 | 1 | 71.83 | 1.27 | 40.06 | 14.61 |
| 17 | Manggarai | | 1 | 76.83 | | 42.6 | 12.07 |
| 18 | Cikini | 2 | 0.3 | 79.17 | 1.27 | 43.87 | 10.8 |
| 19 | Gondangdia | | 0.3 | 83.50 | | 46.41 | 8.26 |
| 20 | Gambir | 4 | | 87.83 | 2.54 | | |
| 21 | Juanda | | 0.3 | | | 48.95 | 5.72 |
| 22 | Sawah Besar | 2 | 0.3 | 90.17 | 1.27 | 50.22 | 4.45 |
| 23 | Mangga Besar | 3 | 0.3 | 93.50 | 1.91 | 52.13 | 2.54 |
| 24 | Jayakarta | | 0.3 | 95.83 | | 53.4 | 1.27 |
| 25 | Jakarta Kota | 2 | | 98.23 | 1.27 | 54.67 | 0 |
| Total | | 86 | 12.23 | | 54.67 | | |
| Total Kommuter | | 98.23 | | | | | |

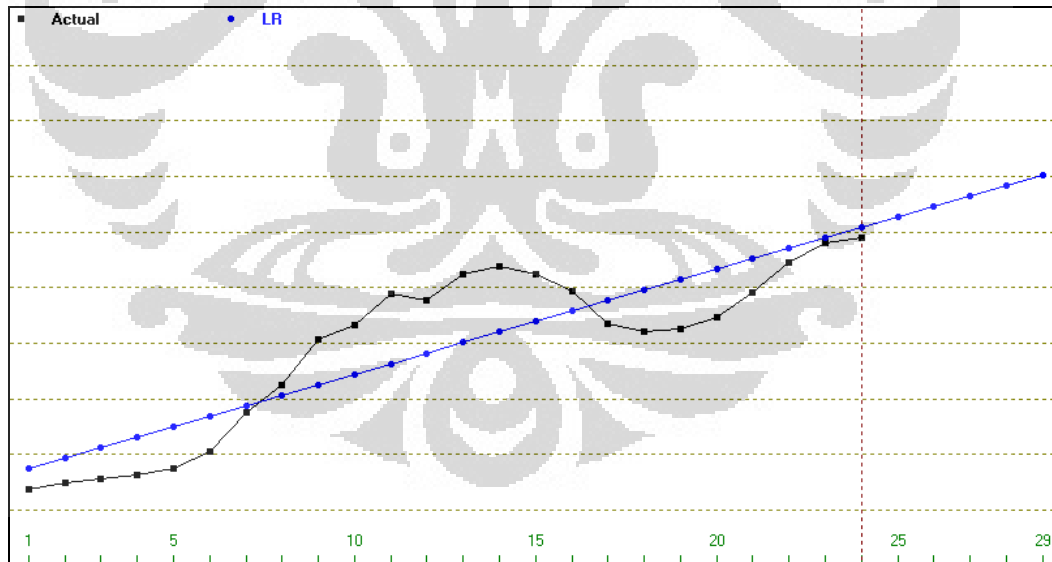
(Sumber : PT. KAI, diolah kembali)

3.2 Pengolahan Data

Pengolahan data yang dilakukan untuk dua tujuan, yaitu untuk membuat program simulasi ProModel dan hasil akhir untuk menghitung headway dan jumlah armada KRL yang dibutuhkan.

3.2.1 Peramalan Jumlah Penumpang KRL Koridor Jakarta Kota-Bogor

Berdasarkan data tahunan jumlah penumpang KRL Komuter Jakarta Kota-Bogor, maka perlu dilakukan peramalan jumlah penumpang untuk memprediksi peningkatan atau penurunan jumlah calon penumpang yang akan terjadi untuk lima tahun kedepan. Sebelum menggunakan metode yang tepat untuk meramalkan jumlah penumpang untuk 5 tahun kedepan maka diadakan pengamatan terlebih dahulu untuk menentukan cocok dan tidaknya metode yang digunakan. Caranya dengan menggambarkan data yang dimiliki dalam diagram pencar (*scatter diagram*) yang ditunjukkan pada gambar 3.3.



Gambar 3.3 Diagram *scatter* Penumpang Kereta Api JABODETABEK

Dari hasil diagram *scatter* didapatkan bentuk gerakan yang menunjukkan arah perkembangan secara umum (kecenderungan menaik) atau grafik yang membentuk pola linier maka trend linier cocok digunakan.

Tahapan selanjutnya adalah melakukan peramalan dengan metode proyeksi trend dengan regresi yang bisa digunakan untuk jangka panjang dengan bantuan *software* Win-QSB. Hasil peramalan calon penumpang KRL Komuter Jabodetabek koridor Jakarta Kota-Bogor ditabulasikan pada tabel 3.6

Tabel 3.6 Hasil Peramalan dengan Metode Proyeksi Trend dengan Regresi Menggunakan *Software* Win-QSB

| YEARS | Actual | Forecast by | Forecast | CFE | MAD | MSE | MAPE (%) | Tracking | R-square |
|------------|--------|---------------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| | Data | LR | Error | | | | | Signal | |
| 1 | 23.89 | 30.64647 | -6.75647 | -6.75647 | 6.756468 | 45.64986 | 28.28157 | -1 | |
| 2 | 25.84 | 33.89703 | -8.05703 | -14.8135 | 7.406747 | 55.28276 | 29.73101 | -2 | |
| 3 | 27.3 | 37.14759 | -9.84759 | -24.6611 | 8.220362 | 69.18019 | 31.84459 | -3 | |
| 4 | 28.28 | 40.39815 | -12.1182 | -36.7792 | 9.194808 | 88.59752 | 34.59609 | -4 | |
| 5 | 30.23 | 43.64871 | -13.4187 | -50.1979 | 10.03959 | 106.8904 | 36.55462 | -5 | |
| 6 | 35.59 | 46.89927 | -11.3093 | -61.5072 | 10.2512 | 110.3919 | 35.75827 | -6 | |
| 7 | 47.78 | 50.14983 | -2.36984 | -63.8771 | 9.125293 | 95.42394 | 31.3585 | -7 | |
| 8 | 56.55 | 53.40039 | 3.149609 | -60.7274 | 8.378332 | 84.73595 | 28.13489 | -7.24815 | 0.942413 |
| 9 | 70.69 | 56.65096 | 14.03905 | -46.6884 | 9.0073 | 97.22028 | 27.21546 | -5.18339 | 0.411622 |
| 10 | 75.08 | 59.90151 | 15.17849 | -31.5099 | 9.624419 | 110.5369 | 26.51555 | -3.27395 | 0.291115 |
| 11 | 84.83 | 63.15208 | 21.67793 | -9.83198 | 10.72019 | 143.2092 | 26.42819 | -0.91715 | 0.234517 |
| 12 | 82.88 | 66.40263 | 16.47736 | 6.645386 | 11.19996 | 153.9004 | 25.88259 | 0.59334 | 0.242733 |
| 13 | 91.16 | 69.6532 | 21.50681 | 28.15219 | 11.99279 | 177.6421 | 25.70642 | 2.347426 | 0.251951 |
| 14 | 93.6 | 72.90376 | 20.69624 | 48.84843 | 12.61447 | 195.5487 | 25.44963 | 3.872414 | 0.272197 |
| 15 | 91.16 | 76.15432 | 15.00568 | 63.85412 | 12.77388 | 197.5235 | 24.85037 | 4.998803 | 0.303038 |
| 16 | 85.8 | 79.40488 | 6.395126 | 70.24924 | 12.37521 | 187.7344 | 23.76307 | 5.676611 | 0.342115 |
| 17 | 75.56 | 82.65544 | -7.09544 | 63.1538 | 12.06463 | 179.6527 | 22.91762 | 5.234622 | 0.390259 |
| 18 | 73.13 | 85.906 | -12.776 | 50.3778 | 12.10415 | 178.7401 | 22.61499 | 4.162025 | 0.44573 |
| 19 | 74.1 | 89.15656 | -15.0566 | 35.32124 | 12.25954 | 181.2643 | 22.49416 | 2.881121 | 0.508965 |
| 20 | 77.51 | 92.40712 | -14.8971 | 20.42412 | 12.39142 | 183.2973 | 22.33043 | 1.648246 | 0.577751 |
| 21 | 85.31 | 95.65768 | -10.3477 | 10.07643 | 12.2941 | 179.6676 | 21.84468 | 0.819615 | 0.641443 |
| 22 | 94.58 | 98.90824 | -4.32824 | 5.748192 | 11.93202 | 172.3525 | 21.05975 | 0.481745 | 0.687793 |
| 23 | 100.91 | 102.1588 | -1.2488 | 4.49939 | 11.46753 | 164.9267 | 20.19791 | 0.392359 | 0.720783 |
| 24 | 100.91 | 105.4094 | -4.49936 | 3.05E-05 | 11.17719 | 158.8983 | 19.54212 | 2.73E-06 | 0.761125 |
| 25 | | 108.6599 | | | | | | | |
| 26 | | 111.9105 | | | | | | | |
| 27 | | 115.161 | | | | | | | |
| 28 | | 118.4116 | | | | | | | |
| 29 | | 121.6622 | | | | | | | |
| CFE | | 3.05E-05 | | | | | | | |
| MAD | | 11.17719 | | | | | | | |
| MSE | | 158.8983 | | | | | | | |
| MAPE | | 19.54212 | | | | | | | |
| Trk.Signal | | 2.73E-06 | | | | | | | |
| R-square | | 0.7611246 | | | | | | | |
| | | Y-intercept=27.3959 | | | | | | | |
| | | Slope=3.2506 | | | | | | | |

Berdasarkan hasil peramalan maka jumlah penumpang kereta api listrik (KRL) Jabodetabek untuk lima tahun kedepan akan mencapai 121,662 juta penumpang.

3.2.1.1 Distribusi Penumpang Setiap Stasiun

Berdasarkan hasil peramalan penumpang KRL Jabodetabek di atas maka distribusi penumpang disetiap stasiun adalah ditabulasikan pada tabel 3.7.

Tabel 3.7 Distribusi Calon Penumpang Per Stasiun Hasil Peramalan

| Stasiun | Persentase | Bulan | Mingguan | 5 Hari Kerja | Perhari |
|-------------------|-------------|-----------------|----------|--------------|---------|
| Bogor | 17.18% | 1741611 | 435403 | 348322 | 69664 |
| Cilebut | 2.47% | 250721 | 62680 | 50144 | 10029 |
| Bojong Gede | 8.71% | 883568 | 220892 | 176714 | 35343 |
| Citayam | 5.71% | 578779 | 144695 | 115756 | 23151 |
| Depok | 6.64% | 672973 | 168243 | 134595 | 26919 |
| Depok Baru | 9.96% | 1009952 | 252488 | 201990 | 40398 |
| Pondok Cina | 1.68% | 170699 | 42675 | 34140 | 6828 |
| Univ. Indonesia | 1.46% | 147687 | 36922 | 29537 | 5907 |
| Univ. Pancasila | 1.07% | 108012 | 27003 | 21602 | 4320 |
| Lenteng Agung | 2.88% | 291590 | 72898 | 58318 | 11664 |
| Tanjung Barat | 1.48% | 150355 | 37589 | 30071 | 6014 |
| Pasar Minggu | 5.27% | 533897 | 133474 | 106779 | 21356 |
| Pasar Minggu Baru | 0.72% | 72817 | 18204 | 14563 | 2913 |
| Duren Kalibata | 3.15% | 319508 | 79877 | 63902 | 12780 |
| Cawang | 1.90% | 192269 | 48067 | 38454 | 7691 |
| Tebet | 5.82% | 589654 | 147414 | 117931 | 23586 |
| Manggarai | 3.12% | 316744 | 79186 | 63349 | 12670 |
| Cikini | 3.05% | 309435 | 77359 | 61887 | 12377 |
| Gondangdia | 1.60% | 162485 | 40621 | 32497 | 6499 |
| Gambir | 1.16% | 117233 | 29308 | 23447 | 4689 |
| Juanda | 2.97% | 301456 | 75364 | 60291 | 12058 |
| Sawah Besar | 2.25% | 228117 | 57029 | 45623 | 9125 |
| Mangga Besar | 1.08% | 109547 | 27387 | 21909 | 4382 |
| Jayakarta | 0.83% | 83747 | 20937 | 16749 | 3350 |
| Jakarta Kota | 7.85% | 795642 | 198911 | 159128 | 31826 |
| TOTAL | 100% | 10138500 | | | 405540 |

Persentase distribusi calon penumpang untuk setiap bulannya dibuat berdasarkan asumsi bahwa jumlah penumpang bulanan adalah penumpang tahunan dibagi 12 bulan, maka distribusi calon penumpang setiap bulan adalah 10,138 juta.

Sedangkan distribusi calon penumpang mingguan dan harian terbagi berdasarkan jumlah penumpang bulanan dibagi dengan 4 minggu dan jumlah calon penumpang di hari kerja (Senin-Jum'at) diasumsikan sebesar 80% dari jumlah penumpang mingguan, sedangkan di hari libur (Sabtu-Minggu) adalah 20%.

3.2.1.2 Penumpang Per Jam Per Jalur Koridor Jakarta Kota-Bogor

Hasil kalkulasi distribusi peramalan kedatangan calon penumpang di setiap stasiun per satu jam, berdasarkan pola ditabel data penumpang di stasiun per hari pada koridor Jakarta Kota-Bogor pada halaman lampiran, disajikan di tabel 3.8.

Pada periode puncak pagi penumpang per jam mencapai 30.289 penumpang per jam yang terjadi pada pukul 06.07-07.08 WIB dan periode puncak sore 29.335 penumpang per jam terjadi pada pukul 17.18-19.20 WIB.

3.2.2 Pembuatan Model.

Pembuatan model yang menggambarkan perjalanan KRL Komuter Jabodetabek koridor Jakarta Kota-Bogor dilakukan menggunakan *software* ProModel 6.0. Tujuan dari pembuatan model ini adalah mendapatkan *headway* dan jumlah armada yang dapat melayani jumlah penumpang yang mendekati dengan jumlah permintaan penumpang hasil peramalan untuk lima tahun kedepan. Model yang dibuat memiliki elemen-elemen pendukung yang terdiri dari lokasi, entitas, variabel dan kedatangan/arrival.

Tabel 3.8 Penumpang di Stasiun per Hari pada Koridor Jakarta Kota-Bogor

| No | Jam | Penumpang per jam | Penumpang per jam | Penumpang per jam |
|-------|----------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------|
| | Pengamatan Penumpang | Per Jalur Bogor-Jakarta | Per Jalur Jakarta-Bogor | Per Jalur Total |
| 1 | 04.05 - 05.06 | 4,630 | 481 | 5,111 |
| 2 | 05.06 - 06.07 | 18,819 | 3,863 | 22,682 |
| 3 | 06.07 - 07.08 | 30,289 | 5,905 | 36,194 |
| 4 | 07.08 - 08.09 | 26,670 | 9,108 | 35,778 |
| 5 | 08.09 - 09.10 | 17,244 | 7,928 | 25,172 |
| 6 | 09.10 - 10.11 | 13,321 | 8,481 | 21,802 |
| 7 | 10.11 - 11.12 | 11,781 | 9,806 | 21,587 |
| 8 | 11.12 - 12.13 | 10,965 | 10,678 | 21,643 |
| 9 | 12.13 - 13.14 | 11,424 | 12,156 | 23,580 |
| 10 | 13.14 - 14.15 | 8,629 | 12,458 | 21,087 |
| 11 | 14.15 - 15.16 | 8,419 | 14,061 | 22,480 |
| 12 | 15.16 - 16.17 | 8,176 | 19,466 | 27,643 |
| 13 | 16.17 - 17.18 | 7,980 | 26,334 | 34,313 |
| 14 | 17.18 - 18.19 | 7,459 | 29,335 | 36,794 |
| 15 | 18.19 - 19.20 | 5,997 | 16,821 | 22,819 |
| 16 | 19.20 - 20.21 | 3,534 | 9,625 | 13,159 |
| 17 | 20.21 - 21.22 | 2,454 | 7,928 | 10,382 |
| 18 | 21.22 - 22.00 | 133 | 3,182 | 3,314 |
| TOTAL | | 197,923 | 207,617 | 405540 |

Elemen-elemen yang terdapat di dalam model KRL jalur Bogor-Jakarta Kota:

1. Lokasi, dalam model ini terdapat 143 lokasi dengan rincian lokasi utama sebagai berikut :
 - Turun_ merupakan lokasi tempat penurunan penumpang pada setiap stasiun sebanyak 24 unit.
 - Unload_ adalah lokasi tepat penurunan sementara penumpang sisa yang ada di bus, yang selanjutnya akan dinaikkan kembali sebanyak 23 unit

- Naik_ adalah lokasi naiknya penumpang pada setiap stasiun pemberhentian sebanyak 24 unit
- Datang_ adalah lokasi kedatangan calon penumpang sebanyak 24 unit.
- HCB_ adalah lokasi antrian calon penumpang berdasarkan jurusannya sebanyak 24 unit.
- Dari_ adalah jalur yang menghubungkan antar stasiun sebanyak 24 unit.

2. Entitas

Entitas yang dibangun dalam sistem ini hanya ada dua, yaitu Penumpang dan KRL.

3. Kedatangan/arrival

Kedatangan KRL pada simulasi hanya terjadi pada stasiun Bogor, sedangkan kedatangan Penumpang terjadi di setiap stasiun dengan sirkulasi kedatangan yang berbeda-beda sesuai dengan hasil pengamatan.

4. Variabel

Variabel digunakan untuk menghitung jumlah penumpang yang naik dan turun di setiap stasiun. Selain itu juga terdapat variabel untuk menghitung jumlah total yang naik untuk masing-masing.

3.2.2.1 Gambaran Singkat Proses

Proses yang dibuat dalam model ini menggambarkan proses kedatangan KRL dan penumpang di setiap stasiun. Selain itu, aktifitas naik dan turun penumpang pada setiap stasiun sepanjang jalur Jakarta Kota-Bogor. Rincian proses didalam model KRL ini adalah sebagai berikut :

7. KRL_BGR_JKRT muncul dari stasiun Bogor dan langsung masuk ke Naik_STB_Bogor.
8. Penumpang datang ke stasiun Bogor dan masuk melalui Datang_STB_Bogor dan mengantri pada STB_Bogor. Pada saat KRL datang, penumpang langsung naik kedalam KRL di Naik_STB_Bogor.

9. Setelah penumpang naik, KRL akan menuju jalur Dari_Bogor yang menghubungkan langsung ke stasiun Cilebut.
10. Dari jalur penghubung ini, kemudian KRL akan datang ke Turun_STB_Cilebut untuk menurunkan beberapa penumpang. Kemudian ke titik Unload_STB_Cilebut untuk menurunkan seluruh penumpang sisa yang ada.
11. Dari titik Unload_STB_Cilebut penumpang akan langsung dinaikkan kembali di Naik_STB_Cilebut, Sementara itu terjadi kedatangan penumpang dari Datang_ dan langsung mengantri di STB_. Selanjutnya penumpang tersebut juga dinaikkan kedalam KRL pada titik Naik_.
12. Proses ini berulang terus hingga ke stasiun Jayakarta menuju stasiun Jakarta Kota karena disana Penurunan penumpang pada titik Turun_ adalah seluruh dari jumlah penumpang yang ada.

3.2.2.2 Perhitungan Distribusi Waktu Antar Kedatangan dan Jumlah Penumpang Turun

Distribusi waktu kedatangan penumpang didasarkan pada perhitungan rata-rata jumlah penumpang selama satu jam sedangkan distribusi penumpang turun didasarkan pada rata-rata jumlah penumpang yang turun pada setiap stasiun selama satu jam pada jam sibuk antara pukul 06.00 hingga pukul 09.00. Jenis distribusi untuk waktu kedatangan penumpang dan jumlah penumpang turun diuji pada dua jenis distribusi, yaitu distribusi normal dan distribusi *uniform*.

1. Distribusi Normal

Persamaan matematika distribusi peluang peubah normal kontinu bergantung pada dua parameter μ dan σ , yaitu rata-rata dan simpangan bakunya, lihat tabel 3.9.

2. Distribusi *Uniform*

Distribusi seragam digunakan untuk menghadirkan suatu variabel acak dengan kemungkinan yang sama dari semua interval terkecil diantara nilai min dan max, lihat tabel 3.10.

Tabel 3.9 Distribusi Normal : Waktu Kedatangan Penumpang dan Jumlah Penumpang Turun

| Stasiun | Distribusi Waktu antar kedatangan | Distribusi Waktu antar kedatangan |
|------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|
| Bogor | N(0.4164, 0.0449) | - |
| Cilebut | N(1.0179, 0.1097) | - |
| Bojong Gede | N(0.6108, 0.0658) | - |
| Citayam | N(1.0179, 0.1097) | - |
| Depok | N(1.0179, 0.1097) | - |
| Depok Baru | N(1.0179, 0.1097) | N(107.60, 40.27) |
| Pondok Cina | N(1.5269, 0.1646) | N(215.19, 80.53) |
| Univ. Indonesia | N(4.5809, 0.4938) | N(215.19, 80.53) |
| Univ. Pancasila | N(9.1617, 0.9876) | N(215.19, 80.53) |
| Lenteng Agung | N(2.2904, 0.2469) | N(26.90, 10.07) |
| Tanjung Barat | N(9.1617, 0.9876) | N(26.90, 10.07) |
| Pasar Minggu | N(9.1617, 0.9876) | N(26.90, 10.07) |
| Psr. Minggu Baru | N(9.1617, 0.9876) | N(26.90, 10.07) |
| Duren Kalibata | N(9.1617, 0.9876) | N(215.19, 80.53) |
| Cawang | N(4.5809, 0.4938) | N(268.99, 100.66) |
| Tebet | N(3.0539, 0.3292) | N(376.59, 140.93) |
| Manggarai | N(3.0539, 0.3292) | N(430.39, 161.06) |
| Cikini | N(9.1617, 0.9876) | N(484.19, 181.19) |
| Gondangdia | N(45.8086, 4.9381) | N(430.39, 161.06) |
| Gambir | | |
| Juanda | N(45.8086, 4.9381) | N(376.59, 140.93) |
| Sawah Besar | N(45.8086, 4.9381) | N(376.59, 140.93) |
| Mangga Besar | N(45.8086, 4.9381) | N(322.79, 120.80) |
| Jayakarta | N(45.8086, 4.9381) | N(268.99, 100.66) |
| Jakarta Kota | | N(968.38, 362.39) |

Contoh perhitungan distribusi untuk hasil peramalan jumlah penumpang adalah waktu antar kedatangan rata-rata pada stasiun Bogor sebesar 0.700 detik/orang pada jumlah penumpang/jam sebesar 18020 maka untuk jumlah penumpang/jam sebesar 30289, waktu antar kedatangan rata-rata sebesar 0.700 detik $:(30289/18020) = 0.416$ detik.

Tabel 3.10 Distribusi *Uniform* :Waktu Kedatangan Penumpang dan Jumlah Penumpang Turun

| Stasiun | Distribusi Waktu antar kedatangan | Distribusi Waktu antar kedatangan |
|------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|
| Bogor | U(0.338, 0.494) | - |
| Cilebut | U(0.83, 1.21) | - |
| Bojong Gede | U(0.497, 0.725) | - |
| Citayam | U(0.83, 1.21) | - |
| Depok | U(0.83, 1.21) | - |
| Depok Baru | U(0.83, 1.21) | U(38.3, 178) |
| Pondok Cina | U(1.24, 1.81) | U(75.5, 354) |
| Univ. Indonesia | U(3.72, 5.44) | U(75.5, 354) |
| Univ. Pancasila | U(7.45, 10.9) | U(75.5, 354) |
| Lenteng Agung | U(1.86, 2.72) | U(9.46, 44.3) |
| Tanjung Barat | U(7.45, 10.9) | U(18.9, 88.7) |
| Pasar Minggu | U(7.45, 10.9) | U(9.46, 44.3) |
| Psr. Minggu Baru | U(7.45, 10.9) | U(9.46, 44.3) |
| Duren Kalibata | U(7.45, 10.9) | U(56.4, 266) |
| Cawang | U(3.72, 5.44) | U(94.7, 443) |
| Tebet | U(2.48, 3.62) | U(133, 621) |
| Manggarai | U(2.48, 3.62) | U(151, 709) |
| Cikini | U(7.45, 10.9) | U(170, 798) |
| Gondangdia | U(37.2, 54.4) | U(151, 709) |
| Gambir | | |
| Juanda | U(37.2, 54.4) | U(133, 621) |
| Sawah Besar | U(37.2, 54.4) | U(133, 621) |
| Mangga Besar | U(37.2, 54.4) | U(114, 532) |
| Jayakarta | U(37.2, 54.4) | U(94.7, 443) |
| Jakarta Kota | | U(340, 1600) |

Sedangkan contoh perhitungan jumlah penumpang turun rata-rata pada stasiun Depok Baru sebesar 64 penumpang pada jumlah penumpang/jam sebesar 18020 maka untuk jumlah penumpang/jam sebesar 40484, jumlah penumpang turun rata-rata sebesar $64 \times (30289/18020) = 107.57$ penumpang. Perhitungan ini dilakukan untuk setiap stasiun.

3.2.3 Validasi Model

Untuk melihat hasil dari dua distribusi yang digunakan pada simulasi, maka terlebih dahulu dilakukan pembuktian untuk jumlah penumpang hasil simulasi dengan hasil observasi. Persentase perbedaan antara hasil simulasi dengan data observasi dengan menggunakan distribusi normal diperlihatkan pada tabel 3.11 dan distribusi *uniform* diperlihatkan pada tabel 3.12.

Tabel 3.11 Perbandingan Jumlah Penumpang Hasil Simulasi dengan Nilai Observasi Menggunakan Distribusi Normal

| Stasiun | Jumlah Penumpang datang | | Persentase Perbedaan |
|------------------|-------------------------|----------------|----------------------|
| | Observasi | Hasil simulasi | |
| Bogor | 5163 | 4762 | 7.78% |
| Cilebut | 2112 | 1968 | 6.83% |
| Bojong Gede | 3521 | 3190 | 9.38% |
| Citayam | 2112 | 1824 | 13.65% |
| Depok | 2112 | 1782 | 15.64% |
| Depok Baru | 2112 | 1767 | 16.35% |
| Pondok Cina | 1408 | 1403 | 0.40% |
| Univ. Indonesia | 469 | 495 | 5.38% |
| Univ. Pancasila | 235 | 234 | 0.40% |
| Lenteng Agung | 939 | 935 | 0.40% |
| Tanjung Barat | 235 | 234 | 0.40% |
| Pasar Minggu | 235 | 234 | 0.40% |
| Psr. Minggu Baru | 235 | 234 | 0.40% |
| Duren Kalibata | 235 | 293 | 24.87% |
| Cawang | 469 | 531 | 13.08% |
| Tebet | 704 | 526 | 25.34% |
| Manggarai | 704 | 697 | 1.01% |
| Cikini | 235 | 285 | 21.44% |
| Gondangdia | 47 | 54 | 14.16% |
| Gambir | 0 | | |
| Juanda | 47 | 49 | 4.05% |
| Sawah Besar | 47 | 46 | 0.98% |
| Mangga Besar | 47 | 43 | 8.37% |
| Jayakarta | 47 | 40 | 14.54% |
| | | Rata-rata | 8.92% |

Berdasarkan tabel 3.11 maka diperoleh persentase perbedaan jumlah kedatangan penumpang setiap stasiun selama 1 jam dengan nilai rata-rata sebesar 8.92%. Hal ini menunjukkan bahwa data yang ada dengan menggunakan distribusi normal dalam model ini telah menggambarkan keadaan pada sistem nyatanya.

Tabel 3.12 Perbandingan Jumlah Penumpang Hasil Simulasi dengan Nilai Observasi Menggunakan Distribusi *Uniform*

| Stasiun | Jumlah Penumpang datang | | Persentase Perbedaan |
|------------------|-------------------------|----------------|----------------------|
| | Observasi | Hasil simulasi | |
| Bogor | 5163 | 5906 | 14.38% |
| Cilebut | 2112 | 2439 | 15.46% |
| Bojong Gede | 3521 | 3848 | 9.30% |
| Citayam | 2112 | 2395 | 13.38% |
| Depok | 2112 | 2553 | 20.86% |
| Depok Baru | 2112 | 2438 | 15.42% |
| Pondok Cina | 1408 | 1689 | 19.94% |
| Univ. Indonesia | 469 | 534 | 13.76% |
| Univ. Pancasila | 235 | 281 | 19.73% |
| Lenteng Agung | 939 | 1023 | 8.97% |
| Tanjung Barat | 235 | 253 | 7.80% |
| Pasar Minggu | 235 | 283 | 20.58% |
| Psr. Minggu Baru | 235 | 243 | 3.53% |
| Duren Kalibata | 235 | 271 | 15.58% |
| Cawang | 469 | 538 | 14.61% |
| Tebet | 704 | 639 | 9.23% |
| Manggarai | 704 | 790 | 12.20% |
| Cikini | 235 | 239 | 1.83% |
| Gondangdia | 47 | 51 | 8.65% |
| Gambir | 0 | | |
| Juanda | 47 | 64 | 36.72% |
| Sawah Besar | 47 | 65 | 39.37% |
| Mangga Besar | 47 | 62 | 32.98% |
| Jayakarta | 47 | 59 | 26.59% |
| | | Rata-rata | 16.56% |

Berdasarkan tabel 3.12 maka diperoleh persentase perbedaan jumlah kedatangan penumpang rata-rata sebesar 16.56%. Hal ini menunjukkan bahwa data yang ada dalam model ini telah menggambarkan keadaan pada sistem nyatanya.

3.2.4 Rancangan Percobaan

Dari model yang telah dibuat, percobaan yang disimulasikan dengan bantuan *software* ProModel 6 memiliki beberapa alternative yang terdiri dari jenis distribusi yang digunakan, waktu interval keberangkatan dan jumlah gerbong seperti pada tabel 3.13

Tabel 3.13 Variasi Headway dan Jumlah Gerbong

| Jenis Distribusi (D) | <i>Time Headway</i> (H) | Jumlah Gerbong (G) |
|----------------------|-------------------------|--------------------|
| 1. Normal | 1. 8 Menit | 1. 8 Gerbong |
| 2. <i>Uniform</i> | 2. 10 Menit | 2. 10 Gerbong |
| | 3. 12 Menit | 3. 12 Gerbong |
| | 4. 15 Menit | |

Seluruhnya berjumlah 24 percobaan dari kombinasi faktor yang disimulasikan selama satu jam dengan waktu pemanasan selama 1.5 jam dan yang akan dianalisis adalah jumlah penumpang yang terangkut. Kombinasi *time headway* dan jumlah gerbong yang disimulasikan seperti pada tabel 3.14.

Tabel 3.14 Kombinasi Jenis Distribusi, Headway dan Jumlah Gerbong

| No | Kombinasi Faktor | No | Kombinasi Faktor | No | Kombinasi Faktor | No | Kombinasi Faktor |
|----|------------------|----|------------------|----|------------------|----|------------------|
| 1 | D1H1G1 | 7 | D1H3G1 | 13 | D2H1G1 | 19 | D2H3G1 |
| 2 | D1H1G2 | 8 | D1H3G2 | 14 | D2H1G2 | 20 | D2H3G2 |
| 3 | D1H1G3 | 9 | D1H3G3 | 15 | D2H1G3 | 21 | D2H3G3 |
| 4 | D1H2G1 | 10 | D1H4G1 | 16 | D2H2G1 | 22 | D2H4G1 |
| 5 | D1H2G2 | 11 | D1H4G2 | 17 | D2H2G2 | 23 | D2H4G2 |
| 6 | D1H2G3 | 12 | D1H4G3 | 18 | D2H2G3 | 24 | D2H4G3 |

BAB 4

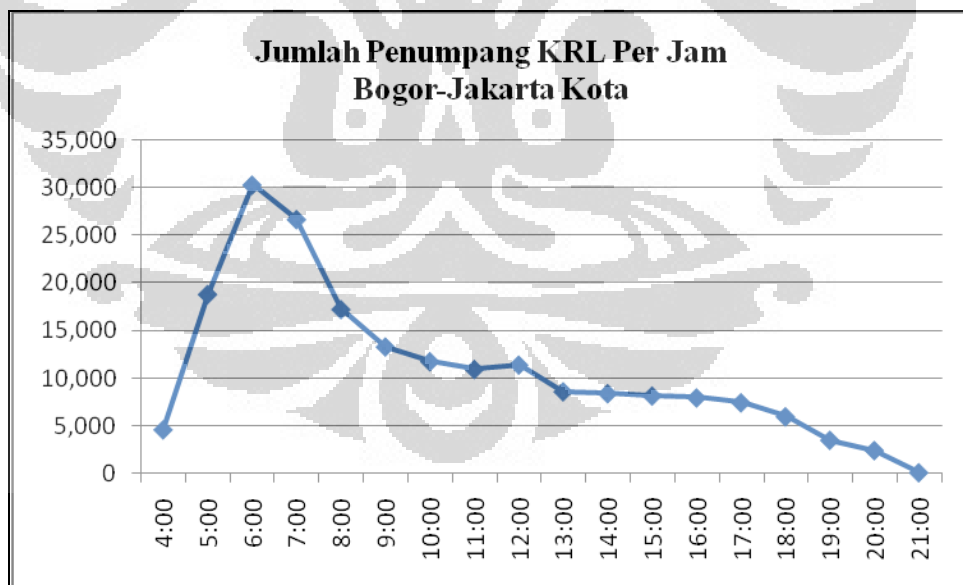
ANALISIS HASIL

Pada bab ini akan menjelaskan tentang analisis permintaan pelayanan angkutan kereta api, sistim operasi KRL, dan hasil simulasi sesuai dengan alternative dari dua faktor yang dirancang serta usulan perbaikan.

4.1 Permintaan pelayanan angkutan kereta api Jabodetabek Koridor

Jakarta Kota-Bogor.

Pergerakan dan akumulasi penumpang per jam dari table 3.8 seperti pada gambar 4.1 pada jam sibuk pagi dan gambar 4.2 pada jam sibuk sore. Pergerakan pagi arah Jakarta-Kota permintaan terbesar adalah pada pukul 05.00 –09.00 WIB. Total jumlah penumpang terbanyak per jam pada arah Jakarta Kota adalah 30.289 penumpang per jam, yaitu pada jam 06.07-07.08 WIB.

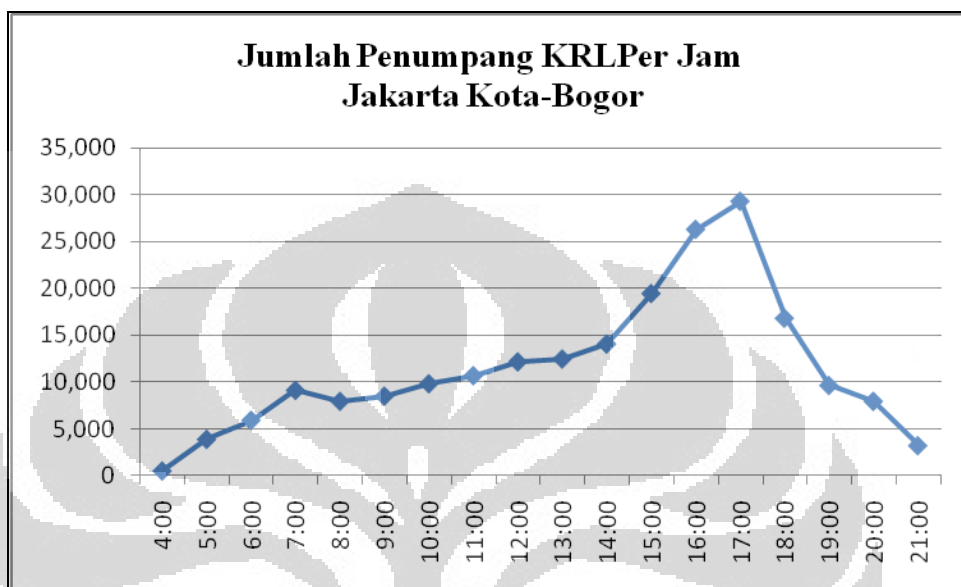


(Sumber: tabel 3.8)

Gambar 4.1 Jumlah Penumpang Per Jam Bogor-Jakarta Kota

Pergerakan sore hari penumpukan penumpang terjadi pada arah Bogor yang terjadi pada jam 15.00-19.30 WIB dimana jumlah penumpang tertinggi berada

pada jam 17.18-18.19 WIB dengan total penumpang per jam sebanyak 29.335 penumpang



(Sumber: tabel 3.8)

Gambar 4.2 Jumlah Penumpang Per Jam Jakarta Kota-Bogor

Pergerakan jumlah penumpang yang ditunjukkan pada gambar 4.1 dan gambar 4.2 adalah gambaran pergerakan jumlah penumpang per jam berdasarkan hasil peramalan untuk lima tahun kedepan, penjelasan secara terperinci adalah:

- Grafik jumlah penumpang per jam dari arah Bogor menuju Jakarta Kota bergerak naik hingga titik puncak pada pukul 06.07-07.08 WIB yang mencapai 30289 penumpang dan bergerak turun sampai akhir periode operasi jam 21.00 WIB dengan jumlah penumpang sebesar 133 penumpang.
- Untuk grafik jumlah penumpang per jam dari arah Jakarta Kota menuju Bogor terus bergerak naik hingga titik puncak pada pukul 17.18-18.19 WIB yang mencapai 29335 penumpang dan bergerak turun sampai akhir periode operasi jam 21.00 WIB dengan jumlah penumpang sebesar 3182 penumpang.
- Jumlah penumpang rata-rata per hari berdasarkan hasil peramalan untuk lima tahun kedepan adalah 405.540 penumpang.

4.2 Sistem Operasi KRL Komuter Jabodetabek Koridor Jakarta-Kota Bogor

Pada sistem pengoperasian pada saat ini masih terbagi sesuai dengan kelas KRL yang ada, yaitu kelas Pakuan Ekspres, Ekonomi AC dan Ekonomi. Untuk kelas pakuan ekspres pemberhentian dilakukan sistem loncat henti dimana tidak semua stasiun disepanjang jalur Jakarta Kota-Bogor, KRL ini berhenti. Sedangkan untuk kelas Ekonomi dan Ekonomi AC berhenti disemua stasiun, kecuali Gambir.

Namun terhitung mulai tanggal 02 Juli 2011, PT.KA Commuter Jabodetabek akan memberlakukan sistem pengoperasian baru, dimana semua jenis KRL berhenti disemua stasiun. Dengan adanya perubahan system operasi ini, semua calon penumpang dapat memilih jenis KRL yang akan dinaiki tanpa harus khawatir tidak dapat turun sesuai dengan stasiun yang dituju.

4.3. Analisis Simulasi

Simulasi dilakukan berdasarkan hasil peramalan jumlah calon penumpang untuk lima tahun kedepan. Data penumpang yang digunakan pada simulasi adalah data jumlah calon penumpang terbanyak diantara jam sibuk (06.00-09.00 WIB), yaitu pada jam 06.07 - 07.08 WIB sebesar 30289 orang arah Jakarta Kota, artinya jika dalam satu jam simulasi penumpang yang terangkut mendekati 30289 penumpang maka kombinasi dari faktor *headway* dan jumlah gerbong adalah kombinasi yang dapat mewakili kebutuhan sesuai permintaan.

4.3.1. Distribusi Normal

Distribusi normal mendekati aproksimasi yang baik terhadap distribusi teroretis lain yang pada umumnya lebih sulit digunakan untuk memodelkan distribusi peluang.

4.3.1.1 Headway 8 Menit

Berdasarkan hasil simulasi dengan *headway* 8 menit dan jumlah KRL sebanyak 7 unit untuk masing-masing jumlah gerbong, yaitu 8, 10 dan 12 gerbong per rangkaian KRL. Hasil yang diharapkan adalah jumlah penumpang untuk arah

Jakarta Kota selama satu jam sebesar 30289 penumpang, artinya jika dalam satu jam simulasi penumpang yang terangkut mendekati 30289 penumpang maka hasil tersebut yang dipilih. Rekapitulasi hasil simulasi untuk percobaan *headway* 8 menit diperlihatkan pada tabel 4.1.

Tabel 4.1 Hasil Simulasi dengan *Headway* 8

| Jumlah Gerbong | Jumlah Penumpang Hasil Simulasi |
|----------------|---------------------------------|
| 8 | 21508 |
| 10 | 27718 |
| 12 | 30629 |

Dengan karakteristik tersebut jumlah penumpang/jam yang dapat terangkut untuk 8 gerbong per rangkaian KRL sebesar 21508 penumpang, 27218 penumpang/jam untuk 10 gerbong per rangkaian dan 30629 penumpang/jam untuk 12 gerbong per rangkaian.

4.3.1.2 *Headway* 10 Menit

Rekapitulasi hasil simulasi untuk percobaan *headway* 10 menit dan jumlah KRL maksimal/jam sebanyak 6 unit untuk masing-masing jumlah gerbong, yaitu 8, 10 dan 12 gerbong per rangkaian KRL diperlihatkan pada tabel 4.2.

Tabel 4.2 Hasil Simulasi dengan *Headway* 10

| Jumlah Gerbong | Jumlah Penumpang Hasil Simulasi |
|----------------|---------------------------------|
| 8 | 20560 |
| 10 | 28691 |
| 12 | 30840 |

Dengan karakteristik tersebut jumlah penumpang/jam yang dapat terangkut untuk 8 gerbong per rangkaian KRL sebesar 20560 penumpang, 28691 penumpang/jam untuk 10 gerbong per rangkaian dan penumpang/jam untuk 12 gerbong per rangkaian.

4.3.1.3 *Headway* 12 Menit

Rekapitulasi hasil simulasi untuk percobaan *headway* 12 menit dan jumlah KRL maksimal/jam sebanyak 5 unit untuk masing-masing jumlah gerbong, yaitu 8, 10 dan 12 gerbong per rangkaian KRL diperlihatkan pada tabel 4.3.

Tabel 4.3 Hasil Simulasi dengan *Headway* 12

| Jumlah Gerbong | Jumlah Penumpang Hasil Simulasi |
|----------------|---------------------------------|
| 8 | 17662 |
| 10 | 25686 |
| 12 | 29178 |

Dengan karakteristik tersebut jumlah penumpang/jam yang dapat terangkut untuk 8 gerbong per rangkaian KRL sebesar 17662 penumpang, 25686 penumpang/jam untuk 10 gerbong per rangkaian dan 29178 penumpang/jam untuk 12 gerbong per rangkaian.

4.3.1.4 *Headway* 15 Menit

Rekapitulasi hasil simulasi untuk percobaan *headway* 15 menit dan jumlah KRL maksimal/jam sebanyak 4 unit untuk masing-masing jumlah gerbong, yaitu 8, 10 dan 12 gerbong per rangkaian KRL diperlihatkan pada tabel 4.4.

Tabel 4.4 Hasil Simulasi dengan *Headway* 15

| Jumlah Gerbong | Jumlah Penumpang Hasil Simulasi |
|----------------|---------------------------------|
| 8 | 15575 |
| 10 | 21209 |
| 12 | 25422 |

Dengan karakteristik tersebut jumlah penumpang/jam yang dapat terangkut untuk 8 gerbong per rangkaian KRL sebesar 15575 penumpang, 21209 penumpang/jam untuk 10 gerbong per rangkaian dan 25422 penumpang/jam untuk 12 gerbong per rangkaian.

4.3.2. Distribusi *Uniform*

Distribusi ini merupakan distribusi yang digunakan untuk menduga data ketika seluruh distribusi yang digunakan menyatakan ditolak. Distribusi ini sifatnya *unfold* (terbuka / bebas).

4.3.2.1 *Headway 8 Menit*

Rekapitulasi hasil simulasi untuk percobaan *headway* 8 menit dan jumlah KRL maksimal/jam sebanyak 7 unit untuk masing-masing jumlah gerbong, yaitu 8, 10 dan 12 gerbong per rangkaian KRL diperlihatkan pada tabel 4.5.

Tabel 4.5 Hasil Simulasi *Headway 8* dengan Distribusi *Uniform*

| Jumlah Gerbong | Jumlah Penumpang Hasil Simulasi |
|----------------|---------------------------------|
| 8 | 27268 |
| 10 | 24962 |
| 12 | 28196 |

Dengan karakteristik tersebut jumlah penumpang/jam yang dapat terangkut untuk 8 gerbong per rangkaian KRL sebesar 27268 penumpang, 24962 penumpang/jam untuk 10 gerbong per rangkaian dan 28196 penumpang/jam untuk 12 gerbong per rangkaian.

4.3.2.2 *Headway 10 Menit*

Rekapitulasi hasil simulasi untuk percobaan *headway* 10 menit dan jumlah KRL maksimal/jam sebanyak 6 unit untuk jumlah gerbong 8, 10 dan 12 gerbong per rangkaian KRL diperlihatkan pada tabel 4.6.

Tabel 4.6 Hasil Simulasi *Headway 10* dengan Distribusi *Uniform*

| Jumlah Gerbong | Jumlah Penumpang Hasil Simulasi |
|----------------|---------------------------------|
| 8 | 23976 |
| 10 | 27040 |
| 12 | 30064 |

Dengan karakteristik tersebut jumlah penumpang/jam yang dapat terangkut untuk 8 gerbong per rangkaian KRL sebesar 23976 penumpang, 27040 penumpang/jam untuk 10 gerbong per rangkaian dan 30064 penumpang/jam untuk 12 gerbong per rangkaian.

4.3.2.3 Headway 12 Menit

Rekapitulasi hasil simulasi untuk percobaan *headway* 12 menit dan jumlah KRL maksimal/jam sebanyak 5 unit untuk jumlah gerbong 8, 10 dan 12 per rangkaian KRL diperlihatkan pada tabel 4.7.

Tabel 4.7 Hasil Simulasi Headway 12

| Jumlah Gerbong | Jumlah Penumpang Hasil Simulasi |
|----------------|---------------------------------|
| 8 | 21797 |
| 10 | 24085 |
| 12 | 26605 |

Dengan karakteristik tersebut jumlah penumpang/jam yang dapat terangkut untuk 8 gerbong per rangkaian KRL sebesar 21797 penumpang, 24085 penumpang/jam untuk 10 gerbong per rangkaian dan 26605 penumpang/jam untuk 12 gerbong per rangkaian.

4.3.2.4 Headway 15 Menit

Rekapitulasi hasil simulasi untuk percobaan *headway* 15 menit dan jumlah KRL maksimal/jam sebanyak 4 unit untuk jumlah gerbong 8, 10 dan 12 gerbong per rangkaian KRL diperlihatkan pada tabel 4.8.

Tabel 4.8 Hasil Simulasi dengan Headway 15

| Jumlah Gerbong | Jumlah Penumpang Hasil Simulasi |
|----------------|---------------------------------|
| 8 | 20496 |
| 10 | 20387 |
| 12 | 21832 |

Dengan karakteristik tersebut jumlah penumpang/jam yang dapat terangkut untuk 8 gerbong per rangkaian KRL sebesar 20496 penumpang, 20387 penumpang/jam untuk 10 gerbong per rangkaian dan 21832 penumpang/jam untuk 12 gerbong per rangkaian.

4.3.5 Analisis *Headway* dan Jumlah Gerbong

Penambahan jumlah gerbong dalam setiap rangkaian pasti akan meningkatkan jumlah penumpang yang dapat dilayani dan *time headway* yang semakin kecil dapat mengurangi waktu tunggu calon penumpang dan tentunya akan meningkatkan kepuasan penumpang dalam menggunakan jasa transportasi KRL.

Namun permasalahan yang timbul apabila diberlakukannya perjalanan KRL dengan *time headway* yang kecil dan jumlah gerbong per rangkaian yang besar adalah permasalahan terhadap perlintasan sebidang dengan jalan raya yang pada saat ini mencapai 19 buah di sepanjang perlintasan Jakarta Kota-Bogor mulai dari stasiun Manggarai sampai stasiun Bogor, sedangkan dari stasiun Manggarai sampai stasiun Jakarta Kota sudah menggunakan jalur layang. Semakin pendek jarak antar KRL dan semakin panjang jumlah gerbong maka semakin lama pintu lintasan kereta api tertutup.

Walaupun kereta api memiliki prioritas utama terhadap kendaraan lainnya tetapi pihak operator KA harus mempertimbangkan kesesuaian kelancaran lintasan KRL dengan arus kendaraan yang memotong lintasan kereta api. Contohnya adalah perlintasan sebidang di Tanjung Barat, setiap jam sibuk pagi dan sore memiliki antrian yang panjang dikarenakan menunggu lintasan KRL yang akan lewat.

Selain itu untuk penambahan jumlah gerbong pihak PT.KAI juga harus menyediakan emplasemen tambahan sepanjang 80 meter pada 25 stasiun dan memperhitungkan kemampuan tarik rangkaian dan arus listrik yang dibutuhkan.

BAB 5

KESIMPULAN

Pada bab 5 ini berisi mengenai kesimpulan mengenai pemberdayaan angkutan kereta api dalam kaitannya dengan *time headway* dan jumlah armada KRL berdasarkan prediksi jumlah calon penumpang untuk lima tahun kedepan pada jam sibuk di koridor Jakarta Kota-Bogor.

5.1 Kesimpulan Khusus

Berdasarkan hasil perhitungan dan analisis maka dapat disimpulkan bahwa :

1. Kombinasi *time headway* dan jumlah gerbong per rangkaian yang dapat menampung jumlah calon penumpang mendekati hasil peramalan sebesar 30289 penumpang per jam adalah :
 - a. *Headway* 8 menit dengan 12 gerbong per rangkaian KRL dengan total KRL sebanyak 7 unit per jam.
 - b. *Headway* 10 menit dengan 12 gerbong per rangkaian KRL dengan total KRL sebanyak 6 unit per jam.
2. Pada *headway* 12 menit dengan 8 gerbong per rangkaian jumlah penumpang yang tidak terlayani dengan baik mencapai 12 ribu. Kondisi ini yang menyebabkan penumpang memaksakan diri untuk berdesak-desakan di dalam KRL, bergelantungan di pintu-pintu, sambungan antar rangkaian, dan bahkan rela membahayakan diri dengan naik dan duduk di atap kereta

5.2 Kesimpulan Umum

Beberapa kesimpulan umum yang bisa diberikan berkaitan dengan penelitian ini adalah:

1. Permasalahan terhadap perlintasan sebidang dengan jalan raya (19 buah). Semakin pendek jarak antar KRL dan semakin panjang jumlah gerbong maka semakin lama pintu lintasan kereta api tertutup.
2. Penambahan jumlah gerbong berarti pihak PT.KAI juga harus menyediakan emplasemen tambahan sepanjang 80 meter pada 25 stasiun dan memperhitungkan kemampuan tarik rangkaian dan arus listrik yang dibutuhkan.

5.2 Saran

Beberapa saran yang bisa diberikan berkaitan dengan penelitian ini adalah:

1. Model belum bisa mendekati keadaan sistem yang sebenarnya dikarenakan kecepatan KRL yang digunakan adalah kecepatan teoritis dimana waktu tempuh/jarak antar stasiun, namun pada kenyataannya KRL memiliki percepatan dan perlambatan.
2. Perlu adanya penelitian lanjutan mengenai peramalan calon penumpang KRL berdasarkan pertumbuhan penduduk, pertumbuhan lapangan pekerjaan dan pembangunan di kota-kota maju, dan lain-lain.
3. Perlu adanya penelitian lanjutan tentang pergerakan penumpang per jam, per hari, sehingga didapat model pergerakan yang mendekati pergerakan sesungguhnya.

DAFTAR REFERENSI

- Ahmadzade, Farzane, 2010, “*Model for Forecasting Passenger of Airport*”, Islamic Azad University of Karaj Branch, Iran.
- Aksarayli, Mehmet dan Akbel Yildiz, 2011, “*Process Optimization with Simulation Modeling in a Manufacturing System*”, Dokuz Eylul University, Turkey.
- Ballis, K Liberis and T Moschovou, 2004, “*Investigating The Capacity of A Metro Line By Means of A Simulation Model*”, Department of Transportation Planning and Engineering, National Technical University of Athens, Greece.
- Badan Pusat Statistik Republik Indonesia, *Jumlah Penumpang Kereta Api 1987-2010*, http://www.bps.go.id/tab_sub/view.php?
- Lin, Chang-Jui dan Hsueh-Fang Chen, 2010, “*Forecasting Tourism Demand Using Time Series, Artificial Neural Networks and Multivariate Adaptive Regression Splines: Evidence from Taiwan*”, Fu Jen Catholic University, Taiwan.
- Markidakis, Spyros. 1993. *Metode Dan Aplikasi Peramalan*. Jakarta : Erlangga
- Morlok, E, 1985, *Pengantar Teknik dan Perencanaan Transportasi*. Erlangga, Jakarta.
- Purwono, Budi, 2005, Tesis: “*Evaluasi Pelayanan Angkutan Kereta Api Komuter Koridor Jakarta Kota-Bogor*”, Universitas Diponegoro, Semarang.
- Supranto, J. 1984. *Metode Ramalan Kuantitatif Untuk Perencanaan*. Jakarta : Erlangga
- Tearwattanarattikal, Pochamarn, Suwadee Namphacharoen dan Chonthicha Chamrasporn, 2008, “*Using ProModel as a simulation tools to assist plant layout design and planning: Case study plastic packaging factory*”, King Mongkut’s University of Technology Thonburi, Thailand.