

**PENINGKATAN KINERJA PELABUHAN MERAK DENGAN  
PENDEKATAN SISTEM DINAMIS**

**SKRIPSI**

**IAN CHRISWANTO  
040407036Y**



**UNIVERSITAS INDONESIA  
FAKULTAS TEKNIK  
DEPARTEMEN TEKNIK INDUSTRI  
DEPOK  
JULI 2008**

**PENINGKATAN KINERJA PELABUHAN MERAK DENGAN  
PENDEKATAN SISTEM DINAMIS**

**SKRIPSI**

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

**IAN CHRISWANTO  
040407036Y**



**UNIVERSITAS INDONESIA  
FAKULTAS TEKNIK  
DEPARTEMEN TEKNIK INDUSTRI  
DEPOK  
JULI 2008**

## HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

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

Nama : Ian Chriswanto  
NPM : 040407036Y  
Tanda Tangan :

Tanggal : 10 Juli 2008



## HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh :  
Nama : Ian Chriswanto  
NPM : 040407036Y  
Program Studi : Teknik Industri  
Judul Skripsi : Peningkatan Kinerja Pelabuhan Merak dengan Pendekatan Sistem Dinamis

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

### DEWAN PENGUJI

Pembimbing : Ir.Yadrifil, M.Sc. ( )

Penguji : Ir.M.Dachyar, M.Sc. ( )

Penguji : Armand Omar Moes, ST., M.Sc. ( )

Ditetapkan di : Depok  
Tanggal : 10 Juli 2008

**LEMBAR PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI  
KARYA ILMIAH UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS  
(Hasil Karya Perorangan)**

---

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

Nama : Ian Chriswanto  
NPM : 040407036Y  
Departemen : Teknik Industri  
Fakultas : Teknik  
Jenis karya : Skripsi

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

PENINGKATAN KINERJA PELABUHAN MERAK DENGAN  
PENDEKATAN SISTEM DINAMIS

beserta perangkat yang ada (bila diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Non-Eksklusif ini Universitas Indonesia berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelolanya dalam bentuk pangkalan data (*database*), mendistribusikannya, dan menampilkan/mempublikasikannya di Internet atau media lain untuk kepentingan akademis tanpa perlu meminta ijin dari saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta. Segala bentuk tuntutan hukum yang timbul atas pelanggaran Hak Cipta dalam karya ilmiah ini menjadi tanggungjawab saya pribadi.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Depok  
Pada tanggal : 10 Juli 2008  
Yang menyatakan

(Ian Chriswanto)

## UCAPAN TERIMA KASIH

Puji syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa, karena atas berkat dan rahmatNya, penulis dapat menyelesaikan skripsi ini. Penyusunan skripsi ini dilakukan dalam rangka memenuhi salah satu syarat untuk mencapai gelar Sarjana Teknik Jurusan Teknik Industri pada Fakultas Teknik Universitas Indonesia. Penulis menyadari bahwa tanpa bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak, baik dari masa perkuliahan sampai pada penyusunan skripsi ini sangatlah sulit bagi penulis untuk menyelesaikan skripsi ini. Untuk itu penulis mengucapkan terima kasih kepada :

1. Bapak Ir. Yadrifil, M. Sc dan Ir. M. Dachyar, M. Sc, selaku dosen pembimbing yang telah menyediakan waktu, tenaga dan pikiran didalam mengarahkan penulis dalam penyusunan skripsi ini. Skripsi ini merupakan bagian dari penelitian yang sedang mereka lakukan.
2. Orangtua dan keluarga penulis yang telah memberikan bantuan dukungan material maupun moril.
3. Andhika Yudhi Tama a.k.a. *Bejo*, yang menjadi *partner* penulis dalam menyusun skripsi ini.
4. Vivi Evertina, teman terbaik yang selalu memberikan motivasi.
5. Semua anak-anak Teknik Industri Universitas Indonesia angkatan 2004 atas kebersamaannya.

Akhir kata, penulis berharap Tuhan Yang Maha Esa berkenan membalas segala kebaikan saudara-saudara semua. Dan semoga skripsi ini membawa manfaat bagi pengembangan ilmu.

Depok, Juli 2008

Penulis

## ABSTRAK

Nama : Ian Chriswanto  
Program studi : Teknik Industri  
Judul : Peningkatan Kinerja Pelabuhan Merak dengan Pendekatan Sistem Dinamis

Indonesia merupakan negara kepulauan terbesar di dunia. Peranan transportasi laut dan penyeberangan sangat dominan dalam memperlancar arus barang dan manusia. Akan tetapi, sejak dulu pemerintah Indonesia tetap menghadapi masalah transportasi yang sama, yaitu kemacetan kendaraan di area pelabuhan, terutama pada kondisi *peak*.

Penelitian ini mencoba untuk mengidentifikasi perilaku sistem penyeberangan di pelabuhan Merak dengan merancang sebuah simulasi diskrit mengenai model antrian pelabuhan Merak saat ini pada berbagai skenario kondisi. Dari simulasi tersebut diketahui bahwa rata-rata waktu tunggu truk pada kondisi libur panjang mencapai 551 menit dan rata-rata waktu tunggu kendaraan pribadi pada kondisi lebaran mencapai 615 menit. Kemudian, dilakukanlah eksperimen-eksperimen terhadap model untuk menemukan solusi yang dapat meminimasi waktu tunggu penumpang tersebut.

Hasil penelitian ini menyimpulkan bahwa dengan menambah satu buah dermaga, mengurangi *headway* kapal menjadi 12 menit, dan mengoperasikan 29 unit kapal ro-ro, dapat mengurangi rata-rata waktu tunggu truk pada kondisi libur panjang menjadi 99 menit dan rata-rata waktu tunggu kendaraan pribadi pada kondisi lebaran menjadi 116 menit. Sehingga pembangunan Jembatan Selat Sunda (JSS) tidak perlu dilakukan.

Kata kunci :  
Pelabuhan, Kemacetan, Model antrian, Simulasi, Sistem dinamis

## **ABSTRACT**

Nama : Ian Chriswanto  
Program studi : Teknik Industri  
Judul : *Improving Port of Merak's Performance Using Sytems Dynamic Approach*

*Indonesia is the biggest archipelago country in the world. The role of sea transportation and ferries are really dominant in transporting goods and peoples around the country. But somehow, for decades, our government is still facing the same transportation problem, congestion, especially on peak season.*

*This research tries to identify the behavior of the ferry system at Port of Merak by designing a discrete-event simulation about the current queue model on several different scenarios. Based on the simulation output, the average-time-in-system for trucks that go to the port on holiday is 551 minutes and the average-time-in-system for private vehicles that go to the port on Lebaran is 615 minutes. Then, several experiments are conducted on the simulation model in order to find a solution that could minimize those average-time-in-systems.*

*This research concludes that by building one more berth, decreasing the ship's headway to 12 minutes, and functioning 29 ships, it can reduce the truck's average-time-in-system to 99 minutes and the private vehicle's average-time-in-system to 116 minutes. So the Jembatan Selat Sunda (JSS) mega project is not necessary.*

**Keywords:**

*Port operations, Congestion, Queue model, Simulation, Systems dynamics*



## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN JUDUL .....</b>	<b>i</b>
<b>HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS .....</b>	<b>ii</b>
<b>HALAMAN PENGESAHAN.....</b>	<b>iii</b>
<b>LEMBAR PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH.....</b>	<b>iv</b>
<b>UCAPAN TERIMA KASIH .....</b>	<b>v</b>
<b>ABSTRAK .....</b>	<b>vi</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>vii</b>
<b>DAFTAR ISI.....</b>	<b>viii</b>
<b>DAFTAR TABEL .....</b>	<b>xv</b>
<b>DAFTAR GAMBAR.....</b>	<b>xvii</b>
<b>1. PENDAHULUAN.....</b>	<b>viii</b>
1. 1. Latar Belakang.....	1
1. 2. Diagram Keterkaitan .....	3
1. 3. Perumusan Masalah.....	3
1. 4. Tujuan Penelitian.....	4
1. 5. Batasan Masalah.....	4
1. 6. Metodologi Penelitian .....	4
1. 7. Sistematika Penulisan.....	6
<b>2. LANDASAN TEORI.....</b>	<b>7</b>
2. 1. Teori Antrian .....	7
2. 1. 1. Elemen Model Antrian.....	7
2. 1. 2. Jenis Antrian .....	8
2. 1. 3. Jenis <i>Server</i> .....	8
2. 1. 4. Perilaku Entitas dalam Antrian.....	8
2. 1. 5. Persamaan Model Antrian .....	9
2. 2. Sistem .....	10
2. 2. 1. Definisi Sistem.....	10
2. 2. 2. Elemen Sistem .....	10
2. 2. 2. 1. Entitas.....	10
2. 2. 2. 2. Aktivitas .....	11

2. 2. 2. 3. Sumber Daya .....	11
2. 2. 2. 4. Kontrol .....	11
2. 2. 3. Kompleksitas Sistem .....	12
2. 2. 4. Variabel Sistem.....	12
2. 2. 4. 1. Variabel Keputusan.....	13
2. 2. 4. 2. Variabel Respon.....	13
2. 2. 4. 3. Variabel Statis .....	13
2. 2. 5. Optimasi Sistem.....	14
2. 3. Simulasi.....	15
2. 3. 1. Definisi Simulasi .....	15
2. 3. 2. Kekuatan Simulasi.....	15
2. 3. 3. Prosedur melakukan Simulasi.....	16
2. 3. 4. Pengaplikasian Simulasi .....	17
2. 3. 5. Jenis-Jenis Simulasi .....	18
2. 3. 5. 1. Statis atau Dinamis.....	18
2. 3. 5. 2. Stokastik atau Deterministik .....	18
2. 3. 5. 3. Diskrit atau Kontinu.....	19
<b>3. PENGUMPULAN DATA.....</b>	<b>20</b>
3. 1. Gambaran Umum Sistem Penyeberangan.....	20
3. 1. 1. Definisi Sistem-Model Penyeberangan .....	20
3. 1. 2. Fakta-fakta Lintasan Penyeberangan Merak-Bakakuheni.....	22
3. 1. 3. Model Konseptual Sistem Penyeberangan Merak.....	22
3. 2. Sub-sistem Bus AKAP .....	23
3. 2. 1. Enititas .....	23
3. 2. 2. Lokasi .....	25
3. 2. 3. Deskripsi proses.....	26
3. 2. 4. Kedatangan .....	29
3. 2. 5. Pemacu pergerakan ( <i>move trigger</i> ).....	31
3. 2. 5. 1. Jl. Raya Merak menuju Gerbang masuk terminal.....	31
3. 2. 5. 2. Gerbang masuk terminal menuju <i>Unload</i> 1,2,3 .....	31
3. 2. 5. 3. <i>Unload</i> 1,2,3 menuju Jalur antrian 1–19 .....	31
3. 2. 5. 4. Jalur antrian 1-19 menuju <i>Load area</i> 1-19.....	32

3. 2. 5. 5. <i>Load area</i> 1-19 menuju Gerbang keluar terminal.....	32
3. 2. 6. Asumsi .....	32
3. 3. Sub-sistem Penumpang .....	33
3. 3. 1. Entitas .....	34
3. 3. 2. Lokasi .....	34
3. 3. 3. Deskripsi proses.....	35
3. 3. 3. 1. Penumpang tujuan pelabuhan Bakauheni .....	35
3. 3. 3. 2. Penumpang asal pelabuhan Bakauheni .....	37
3. 3. 4. Kedatangan .....	38
3. 3. 4. 1. Penumpang tujuan pelabuhan Bakauheni .....	38
3. 3. 4. 2. Penumpang asal pelabuhan Bakauheni .....	39
3. 3. 5. Pemacu pergerakan ( <i>move trigger</i> ).....	40
3. 3. 5. 1. <i>Unload area</i> 1,2,3, menuju Pintu masuk 1,2,3.....	40
3. 3. 5. 2. Pintu masuk 1,2,3 menuju Antrian loket 1-13 .....	40
3. 3. 5. 3. Antrian loket 1-13 menuju Loket 1-13.....	41
3. 3. 5. 4. Loket 1-4 menuju Terminal ponton .....	41
3. 3. 5. 5. Loket 5-13 menuju <i>Side ramp</i> dermaga 1,2,3 .....	41
3. 3. 5. 6. Terminal ponton menuju Dermaga ponton 1,2 .....	41
3. 3. 5. 7. <i>Side ramp</i> dermaga 1,2,3 menuju Dermaga 1,2,3 .....	42
3. 3. 5. 8. Terminal ponton dan <i>side ramp</i> dermaga 1,2,3 menuju Pintu keluar.....	42
3. 3. 5. 9. Pintu keluar menuju Jalur 1-19. ....	42
3. 3. 6. Tarif .....	43
3. 3. 7. Asumsi .....	43
3. 4. Sub-sistem Kapal RoRo .....	44
3. 4. 1. Entitas .....	44
3. 4. 2. Lokasi .....	46
3. 4. 3. Deskripsi proses.....	46
3. 4. 4. Kedatangan .....	49
3. 4. 5. Pemacu pergerakan ( <i>move trigger</i> ).....	52
3. 4. 5. 1. Dok menuju Mercusuar 1,2,3,4.....	52
3. 4. 5. 2. Mercusuar 1,2,3,4 menuju Dermaga 1,2,3,4.....	52

3. 4. 5. 3. Dermaga 1,2,3,4 menuju Bakauheni .....	52
3. 4. 6. Asumsi .....	52
3. 5. Sub-sistem Kapal Cepat .....	53
3. 5. 1 Entitas .....	53
3. 5. 2. Lokasi .....	54
3. 5. 3. Deskripsi proses.....	54
3. 5. 4. Kedatangan .....	56
3. 5. 5. Pemacu pergerakan ( <i>move trigger</i> ).....	57
3. 5. 5. 1. Dok menuju Dermaga Ponton 1,2.....	57
3. 5. 5. 2. Dermaga ponton 1,2 menuju Bakauheni.....	57
3. 5. 6. Asumsi .....	57
3. 6. Sub-sistem Truk .....	57
3. 6. 1. Entitas .....	59
3. 6. 2. Lokasi .....	59
3. 6. 3. Deskripsi proses.....	61
3. 6. 3. 1. Truk tujuan pelabuhan Bakauheni .....	61
3. 6. 3. 2. Truk asal pelabuhan Bakauheni .....	62
3. 6. 4. Kedatangan .....	62
3. 6. 4. 1. Truk tujuan pelabuhan Bakauheni .....	62
3. 6. 4. 2. Truk asal pelabuhan Bakauheni .....	63
3. 6. 5. Pemacu pergerakan ( <i>move trigger</i> ).....	64
3. 6. 5. 1. Gerbang masuk pelabuhan menuju Timbangan.....	64
3. 6. 5. 2. Timbangan menuju <i>Tollgate</i> 2,3 .....	64
3. 6. 5. 3. <i>Tollgate</i> 2,3 menuju Parkir dermaga 1,2,3,4.....	65
3. 6. 5. 4. Parkir dermaga 1 menuju Antrian truk 1-13 .....	65
3. 6. 5. 5. Parkir dermaga 2 menuju Antrian truk 1-11 .....	65
3. 6. 5. 6. Parkir dermaga 3 menuju Antrian truk 1-15 .....	65
3. 6. 5. 7. Parkir dermaga 4 menuju Antrian truk 1-7 .....	65
3. 6. 5. 8. Antrian truk 1-13 menuju Dermaga 1 .....	65
3. 6. 5. 9. Antrian truk 1-11 menuju Dermaga 2 .....	66
3. 6. 5. 10. Antrian truk 1-15 menuju Dermaga 3 .....	66
3. 6. 5. 11. Antrian truk 1-7 menuju Dermaga 4.....	66

3. 6. 5. 12. Turun dermaga 1,2,3,4 menuju Gerbang keluar pelabuhan .....	66
3. 6. 6. Tarif .....	66
3. 6. 7. Asumsi .....	67
3. 7. Sub-sistem Bus ALS .....	67
3. 7. 1. Entitas .....	68
3. 7. 2. Lokasi .....	69
3. 7. 3. Deskripsi Proses.....	70
3. 7. 3. 1. Bus ALS tujuan pelabuhan Bakauheni .....	70
3. 7. 3. 2. Bus ALS asal pelabuhan Bakauheni .....	71
3. 7. 4. Kedatangan .....	71
3. 7. 4. 1. Bus ALS tujuan pelabuhan Bakauheni .....	71
3. 7. 4. 2. Bus ALS asal pelabuhan Bakauheni .....	72
3. 7. 5. Pemacu pergerakan ( <i>move trigger</i> ).....	73
3. 7. 5. 1. Gerbang masuk pelabuhan menuju <i>Tollgate</i> 4.....	73
3. 7. 5. 2. <i>Tollgate</i> 4 menuju Parkir dermaga 1,2,3,4.....	73
3. 7. 5. 3. Parkir dermaga 1,2,3,4 menuju Antrian bus dermaga 1,2,3,4....	74
3. 7. 5. 4. Antrian bus dermaga 1,2,3,4 menuju Dermaga 1,2,3,4.....	74
3. 7. 5. 5. Turun dermaga 1,2,3,4 menuju Gerbang keluar pelabuhan.....	74
3. 7. 6. Tarif .....	74
3. 7. 7. Asumsi .....	75
3. 8. Sub-sistem Kendaraan Pribadi .....	75
3. 8. 1. Entitas .....	76
3. 8. 2. Lokasi .....	77
3. 8. 3. Deskripsi proses.....	78
3. 8. 3. 1. Kendaraan pribadi tujuan pelabuhan Bakauheni.....	78
3. 8. 3. 2. Kendaraan pribadi asal pelabuhan Bakauheni .....	79
3. 8. 4. Kedatangan .....	79
3. 8. 4. 1. Kendaraan pribadi tujuan pelabuhan Bakauheni.....	79
3. 8. 4. 2. Kendaraan pribadi asal pelabuhan Bakauheni .....	80
3. 8. 5. Pemacu pergerakan ( <i>move trigger</i> ).....	81
3. 8. 5. 1. Gerbang masuk pelabuhan menuju <i>Tollgate</i> 1.....	81
3. 8. 5. 2. <i>Tollgate</i> 1 menuju Parkir dermaga 1,2,3,4.....	82

3. 8. 5. 3. Parkir dermaga 1,2,3,4 menuju Antrian mobil dermaga 1,2,3,4	82
3. 8. 5. 4. Antrian mobil dermaga 1,2,3,4 menuju Dermaga 1,2,3,4.....	82
3. 8. 5. 5. Turun dermaga 1,2,3,4 menuju Gerbang keluar pelabuhan .....	82
3. 8. 6. Tarif .....	82
3. 8. 7. Asumsi .....	83
<b>4. MODEL SIMULASI PELABUHAN PENYEBERANGAN MERAK.....</b>	<b>84</b>
4. 1. <i>User Interface</i> .....	85
4. 1. 1. Musim .....	85
4. 1. 2. Jadwal .....	86
4. 1. 3. Sarana .....	86
4. 2. Model.....	87
4. 3. Animasi .....	88
4. 4. Output .....	89
<b>5. ANALISIS OUTPUT SIMULASI .....</b>	<b>91</b>
5.1. <i>As-Is Model</i> .....	91
5. 1. 1. Skenario 1 .....	92
5. 1. 2. Skenario 2 .....	93
5. 1. 3. Skenario 3 .....	95
5. 1. 4. Skenario 4 .....	96
5. 1. 5. Skenario 5 .....	98
5. 1. 6. Skenario 6 .....	99
5. 1. 7. Skenario 7 .....	101
5. 1. 8. Skenario 8 .....	102
5. 1. 9. Skenario 9 .....	103
5. 1. 10. Skenario 10 .....	105
5. 1. 11. Skenario 11 .....	106
5. 1. 12. Skenario 12 .....	108
5. 1. 13. Skenario 13 .....	109
5. 1. 14. Skenario 14 .....	110
5. 1. 15. Skenario 15 .....	111
5. 1. 16. Skenario 16 .....	113
5. 1. 17. Komparasi hasil simulasi antar skenario .....	114

5. 2. Formulasi Strategi .....	115
5. 3. <i>To-Be Model</i> .....	119
5. 3. 1. Proyeksi Jumlah Penumpang dalam Sistem .....	119
5. 3. 2. Proyeksi Rata-rata Waktu Antrian dalam Sistem .....	121
5. 3. 3. Matriks Tingkat Kepuasan Penumpang-Kapal .....	122
<b>6. KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>	<b>123</b>
6. 1. Kesimpulan.....	123
6. 2. Saran.....	123

## DAFTAR PUSTAKA



## DAFTAR TABEL

Tabel 3. 1. Karakteristik bus AKAP tujuan Merak.....	24
Tabel 3. 2. Deskripsi lokasi tempat entitas bus AKAP diproses.....	25
Tabel 3. 3. Deskripsi proses sub-sistem bus AKAP .....	27
Tabel 3. 4. Jadwal kedatangan bus AKAP.....	29
Tabel 3. 5. Deskripsi jalur antrian bus terminal Merak.....	31
Tabel 3. 6. Deskripsi lokasi tempat entitas penumpang diproses .....	34
Tabel 3. 7. Deskripsi proses penumpang tujuan pelabuhan Bakauheni.....	36
Tabel 3. 8. Deskripsi proses penumpang asal pelabuhan Bakauheni.....	38
Tabel 3. 9. Persebaran jumlah penumpang di setiap jenis bus AKAP.....	38
Tabel 3. 10. Persebaran jumlah penumpang di setiap kapal roro.....	39
Tabel 3. 11. Persebaran pergerakan penumpang menuju Pintu Masuk 1,2,3 .....	40
Tabel 3. 12. Persebaran tujuan penumpang .....	42
Tabel 3. 13. Harga tiket kapal roro dan kapal cepat.....	43
Tabel 3. 14. Deskripsi kapal roro yang beroperasi di lintasan penyeberangan Merak-Bakauheni.....	45
Tabel 3. 15. Deskripsi lokasi tempat entitas kapal roro diproses.....	46
Tabel 3. 16. Deskripsi proses sub-sistem kapal roro.....	48
Tabel 3. 17. Jadwal kapal roro pelabuhan Merak .....	50
Tabel 3. 18. Deskripsi kapal cepat yang beroperasi di lintasan penyeberangan Merak-Bakauheni.....	53
Tabel 3. 19. Deskripsi lokasi tempat kapal cepat diproses .....	54
Tabel 3. 20. Deskripsi proses sub-sistem kapal cepat.....	55
Tabel 3. 21. Jadwal kapal cepat pelabuhan Merak.....	56
Tabel 3. 22. Deskripsi truk berdasarkan golongannya.....	59
Tabel 3. 23. Deskripsi lokasi sub-sistem truk .....	60
Tabel 3. 24. Deskripsi proses truk tujuan pelabuhan Bakauheni .....	61
Tabel 3. 25. Deskripsi proses truk asal pelabuhan Bakauheni.....	62
Tabel 3. 26. Siklus kedatangan truk tujuan pelabuhan Bakauheni .....	63
Tabel 3. 27. Persebaran golongan truk tujuan pelabuhan Bakauheni .....	63
Tabel 3. 28. Pesebaran jumlah truk di setiap kapal roro .....	63



Tabel 3. 29. Harga tiket kapal roro untuk truk.....	66
Tabel 3. 30. Deskripsi bus ALS berdasarkan golongannya .....	69
Tabel 3. 31. Deskripsi lokasi sub-sistem bus ALS.....	69
Tabel 3. 32. Deskripsi proses bus ALS tujuan pelabuhan Bakauheni .....	70
Tabel 3. 33. Deskripsi proses bus ALS asal pelabuhan Bakauheni .....	71
Tabel 3. 34. Siklus kedatangan bus ALS tujuan pelabuhan Bakauheni.....	72
Tabel 3. 35. Persebaran golongan bus ALS tujuan pelabuhan Bakauheni.....	72
Tabel 3. 36. Persebaran jumlah bus ALS di setiap kapal roro .....	73
Tabel 3. 37. Harga tiket kapal roro untuk bus ALS .....	74
Tabel 3. 38. Deskripsi kendaraan pribadi berdasarkan golongannya.....	77
Tabel 3. 39. Deskripsi lokasi sub-sistem kendaraan pribadi.....	77
Tabel 3. 40. Deskripsi proses kendaraan pribadi tujuan pelabuhan Bakauheni....	78
Tabel 3. 41. Deskripsi proses kendaraan pribadi asal pelabuhan Bakauheni.....	79
Tabel 3. 42. Siklus kedatangan kendaraan pribadi tujuan pelabuhan Bakauheni .	80
Tabel 3. 43. Persebaran golongan kendaraan pribadi tujuan Pelabuhan Bakauheni .....	80
Tabel 3. 44. Persebaran jumlah kendaraan pribadi di setiap kapal roro .....	81
Tabel 3. 45. Harga tiket kapal roro untuk kendaraan pribadi.....	83
Tabel 5. 1. Skenario-skenario situasi .....	91
Tabel 5. 2. Strategi PT. ASDP menghadapi ke-16 skenario situasi.....	92
Tabel 5. 3. Strategi yang diusulkan.....	117

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1. Diagram keterkaitan masalah .....	3
Gambar 1. 2. Diagram alir metodologi penelitian.....	5
Gambar 2. 1. Konfigurasi sistem antrian .....	7
Gambar 2. 2. Skema sistem antrian dengan <i>parallel servers</i> .....	9
Gambar 2. 3. Elemen dari sistem .....	10
Gambar 2. 4. Optimasi untuk biaya sumber daya dan biaya tunggu.....	14
Gambar 2. 5. Proses uji simulasi.....	17
Gambar 2. 6. Contoh simulasi (a) deterministik dan (b) stokastik.....	19
Gambar 2. 7. Perbandingan simulasi diskrit dan kontinu .....	19
Gambar 3. 1. Layout pelabuhan Merak.....	21
Gambar 3. 2. Model konseptual sistem penyeberangan Merak .....	22
Gambar 4. 1. Simulasi pelabuhan penyeberangan Merak.....	84
Gambar 4. 2. User interface simulasi pelabuhan penyeberangan Merak.....	85
Gambar 4. 3. <i>Snapshot</i> algoritma pemrograman simulasi pelabuhan Merak .....	88
Gambar 4. 4. <i>Snapshot</i> animasi simulasi pelabuhan penyeberangan Merak .....	88
Gambar 4. 5. <i>Snapshot</i> animasi antrian truk di dermaga 2 .....	89
Gambar 4. 6. <i>Snapshot</i> animasi antrian truk di dermaga 3 dan 4.....	89
Gambar 4. 7. <i>Snapshot</i> Laporan Aktivitas Entitas .....	90
Gambar 5. 1. Jumlah penumpang dalam sistem pada Skenario 1 .....	92
Gambar 5. 2. Rata-rata waktu penumpang dalam sistem Skenario 1.....	93
Gambar 5. 3. Jumlah penumpang dalam sistem pada Skenario 2.....	94
Gambar 5. 4. Rata-rata waktu penumpang dalam sistem Skenario 2.....	94
Gambar 5. 5. Jumlah penumpang dalam sistem pada Skenario 3.....	95
Gambar 5. 6. Rata-rata waktu penumpang dalam sistem Skenario 3.....	96
Gambar 5. 7. Jumlah penumpang dalam sistem pada Skenario 4.....	97
Gambar 5. 8. Rata-rata waktu penumpang dalam sistem Skenario 4.....	97
Gambar 5. 9. Jumlah penumpang dalam sistem pada Skenario 5.....	98
Gambar 5. 10. Rata-rata waktu penumpang dalam sistem Skenario 5.....	99
Gambar 5. 11. Jumlah penumpang dalam sistem pada Skenario 6.....	100
Gambar 5. 12. Rata-rata waktu penumpang dalam sistem Skenario 6.....	100

Gambar 5. 13. Jumlah penumpang dalam sistem pada Skenario 7.....	101
Gambar 5. 14. Rata-rata waktu penumpang dalam sistem Skenario 7.....	101
Gambar 5. 15. Jumlah penumpang dalam sistem pada Skenario 8.....	102
Gambar 5. 16. Rata-rata waktu penumpang dalam sistem Skenario 8.....	103
Gambar 5. 17. Jumlah penumpang dalam sistem pada Skenario 9.....	104
Gambar 5. 18. Rata-rata waktu penumpang dalam sistem Skenario 9.....	104
Gambar 5. 19. Jumlah penumpang dalam sistem pada Skenario 10.....	105
Gambar 5. 20. Rata-rata waktu penumpang dalam sistem Skenario 10.....	106
Gambar 5. 21. Jumlah penumpang dalam sistem pada Skenario 11.....	107
Gambar 5. 22. Rata-rata waktu penumpang dalam sistem Skenario 11.....	107
Gambar 5. 23. Jumlah penumpang dalam sistem pada Skenario 12.....	108
Gambar 5. 24. Rata-rata waktu penumpang dalam sistem Skenario 12.....	108
Gambar 5. 25. Jumlah penumpang dalam sistem pada Skenario 13.....	109
Gambar 5. 26. Rata-rata waktu penumpang dalam sistem Skenario 13.....	110
Gambar 5. 27. Jumlah penumpang dalam sistem pada Skenario 14.....	111
Gambar 5. 28. Rata-rata waktu penumpang dalam sistem Skenario 14.....	111
Gambar 5. 29. Jumlah penumpang dalam sistem pada Skenario 15.....	112
Gambar 5. 30. Rata-rata waktu penumpang dalam sistem Skenario 15.....	112
Gambar 5. 31. Jumlah penumpang dalam sistem pada Skenario 16.....	113
Gambar 5. 32. Rata-rata waktu penumpang dalam sistem Skenario 16.....	113
Gambar 5. 33. Jumlah penumpang dalam sistem setelah 3 hari.....	114
Gambar 5. 34. Rata-rata waktu penumpang dalam sistem.....	115
Gambar 5. 35. Matriks tingkat kepuasan penumpang-kapal <i>as-is model</i> .....	116
Gambar 5. 36. Jumlah kendaraan pribadi dalam sistem setelah 3 hari (unit).....	119
Gambar 5. 37. Jumlah bus ALS dalam sistem setelah 3 hari (unit).....	120
Gambar 5. 38. Jumlah truk dalam sistem setelah 3 hari (unit).....	120
Gambar 5. 39. Rata-rata Waktu Kendaraan Pribadi dalam Sistem (menit).....	121
Gambar 5. 40. Rata-rata Waktu Bus ALS dalam Sistem (menit).....	121
Gambar 5. 41. Matriks tingkat kepuasan penumpang-kapal to-be model.....	122

## 1. PENDAHULUAN

### 1. 1. Latar Belakang

Indonesia, sebuah negara maritim dengan 18.110 pulau<sup>1</sup>, merupakan negara kepulauan terbesar di dunia. Beranjak dari kondisi geografis tersebut, peranan transportasi laut dan penyeberangan sangat dominan dalam memperlancar arus barang dan manusia. Mengingat pentingnya transportasi laut dan penyeberangan ini, penyediaan sarana dan prasarana transportasi laut dan penyeberangan harus dapat mengakomodir kebutuhan permintaan akan jasa transportasi laut dan penyeberangan secara efektif dan efisien.

Selama tahun 2007 sebanyak 40.557.832 orang, 5.720.936 kendaraan roda empat, 6.154.104 sepeda motor, dan 31.936.937 ton barang menggunakan jasa penyeberangan untuk berpindah pulau di Indonesia.<sup>2</sup> Angka yang sangat fantastis dan secara agregat meningkat 29.5% dibandingkan tahun sebelumnya. Salah satu faktor utama yang menyebabkan hal ini terjadi adalah tingginya pertumbuhan ekonomi Indonesia pada tahun 2007, bahkan mencapai tingkat tertinggi di periode paskakrisis, yakni 6.32%.<sup>3</sup> Akan tetapi, meskipun dari tahun ke tahun jumlah orang dan kendaraan yang menyeberang cenderung meningkat, sejak dulu pemerintah Indonesia tetap menghadapi masalah transportasi yang sama, yaitu kemacetan. Walaupun demikian, pemerintah telah banyak belajar dari pengalaman mengimplementasikan sistem perencanaan transportasi penyeberangan yang lemah selama bertahun-tahun, modal investasi yang sangat terbatas, penekanan pada kebutuhan jangka pendek, serta ketidakpercayaan terhadap pemodelan transportasi dan pengambilan keputusan yang bersifat strategis. Pemerintah juga telah paham, sebagai contoh, bahwa masalah-masalah lama tidak hilang begitu saja dibalik usaha-usaha untuk menguranginya melalui manajemen lalu-lintas yang lebih baik; masalah-masalah lama cenderung muncul kembali bahkan lebih dahsyat, lebih menyebar luas, dan dalam bentuk baru yang membuatnya terlihat lebih rumit dan sulit untuk diatasi. Oleh sebab itu, diperlukan sebuah pendekatan yang berbeda untuk mengatasi masalah-masalah ini. Pemodelan transportasi

---

<sup>1</sup> Suharsono, Jurnal Nasional 14 Desember 2007

<sup>2</sup> Dinas Lalu-Lintas Angkutan Sungai dan Penyeberangan (DLLASDP)

<sup>3</sup> Bank Indonesia, Laporan Perekonomian Indonesia 2007

penyeberangan dengan simulasi komputer adalah solusinya. Simulasi dapat didefinisikan sebagai imitasi dari sebuah sistem dinamis menggunakan model komputer dengan tujuan untuk melakukan evaluasi dan perbaikan terhadap performa sistem.<sup>4</sup> Dengan mempelajari perilaku model, akan diperoleh pemahaman mengenai perilaku dari sistem sebenarnya.

Kekuatan utama dari simulasi terletak pada fakta bahwa ia dapat menyediakan sebuah metode analisis yang tidak hanya formal dan prediktif, tetapi mampu mengevaluasi performa sebuah sistem yang paling kompleks sekalipun.<sup>5</sup> Dengan menggunakan komputer untuk memodelkan sebuah sistem sebelum sistem itu dibangun atau untuk menguji kebijakan-kebijakan operasional sebelum benar-benar diimplementasikan, banyak hambatan yang biasa ditemui pada saat memulai sebuah sistem baru atau modifikasi dari sebuah sistem yang sudah ada dapat dihindari. *Improvements* yang secara tradisional membutuhkan waktu berbulan-bulan atau bahkan bertahun-tahun dapat dicapai hanya dalam hitungan hari bahkan jam. Sehingga, simulasi dapat menghindari teknik tradisional *trial-and-error* yang cenderung mahal dan menghabiskan banyak waktu. Disamping itu, software simulasi modern menyediakan animasi grafis realistik dari sistem yang dimodelkan. Pemakai secara interaktif dapat mengatur kecepatan animasi dan bahkan merubah nilai-nilai parameter model untuk melakukan analisis "*what-if*". Teknologi simulasi terkini bahkan menyediakan kemampuan optimasi--bukan simulasi itu sendiri yang mengoptimasi, melainkan skenario-skenario yang memenuhi batasan-batasan feasibilitas tertentu secara otomatis dapat dijalankan dan dianalisis dengan algoritma *goal-seeking* khusus.

Penelitian ini terfokus pada perancangan simulasi sistem penyeberangan atau feri pada salah satu lintasan paling krusial di Indonesia, yaitu lintasan penyeberangan Merak-Bakauheni. Lintasan penyeberangan ini menghubungkan dua pulau penting Indonesia, yaitu pulau Jawa, tempat bersemayamnya Jakarta, ibukota negara Indonesia serta merupakan pusat perekonomian nasional, dan Sumatera yang kaya akan sumber daya alamnya. Beranjak dari fakta tersebut, rute penyeberangan ini dapat dikatakan sebagai salah satu pilar penopang

---

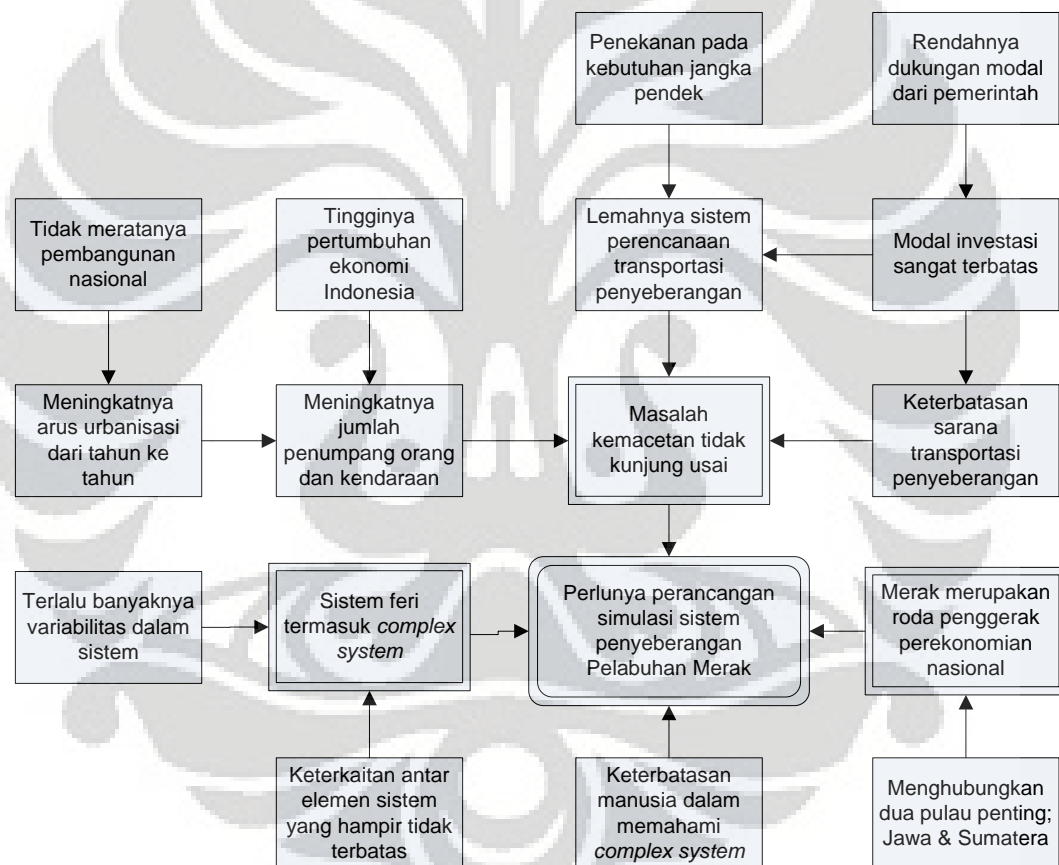
<sup>4</sup> Harrell, C., Biman, & Bowden, R, *Simulation using ProModel*, USA: McGraw-Hill, 2000, hal 5.

<sup>5</sup> *Ibid*, hal. 7.

perekonomian Indonesia. Di sisi lain, lintasan penyeberangan ini merupakan yang terpadat dengan kontribusi 41.7% dari total produksi angkutan penyeberangan nasional pada tahun 2007.<sup>6</sup> Oleh sebab itu, sedikit saja gangguan pada kedua pelabuhan ini dapat menyebabkan terjadinya stagnasi dan kongesti perekonomian baik di pulau Jawa maupun di pulau Sumatera.

## 1. 2. Diagram Keterkaitan

Berikut ini adalah diagram keterkaitan masalah yang menunjukkan keterkaitan antar elemen-elemen sistem:



**Gambar 1. 1.** Diagram keterkaitan masalah

## 1. 3. Perumusan Masalah

Pokok permasalahan penelitian ini adalah pada bagaimana merancang: (1) sebuah model saat ini (*as-is model*) dari sistem operasional Pelabuhan Merak, (2)

<sup>6</sup> Dinas Lalu-Lintas Angkutan Sungai dan Penyeberangan (DLLASDP)

skenario-skenario situasi dan solusi beserta *user interface*-nya, dan (3) sebuah model usulan (*to-be model*) dari sistem operasional Pelabuhan Merak, yang dimana ketiga elemen ini terintegrasi dalam sebuah simulasi sistem penyeberangan Pelabuhan Merak.

#### **1. 4. Tujuan Penelitian**

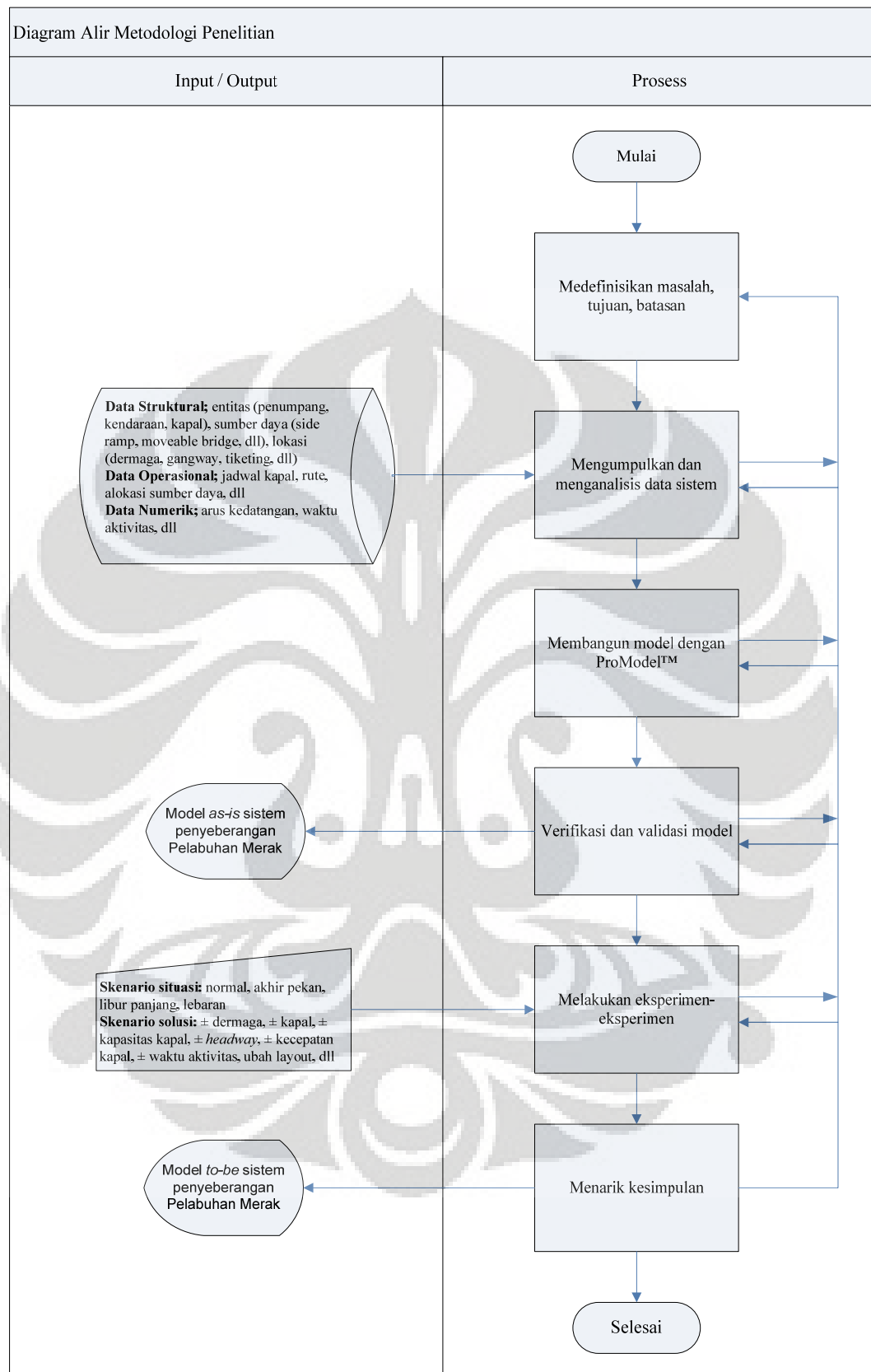
Menemukan suatu solusi, dalam bentuk sebuah desain sistem baru, untuk meminimisir waktu antrian penumpang di Pelabuhan Merak pada kondisi *peak*, sehingga penumpang kendaraan tidak perlu menunggu lebih dari 2 jam untuk menaiki kapal ro-ro.

#### **1. 5. Batasan Masalah**

1. Cakupan model terbatas pada aliran penumpang kendaraan, meliputi kendaraan pribadi, bus ALS, dan truk di area Pelabuhan Merak, dari dermaga sampai pintu masuk pelabuhan.
2. Bencana alam dan kejadian tak terduga lainnya, seperti kecelakaan, tidak dimodelkan.
3. Diasumsikan seluruh entitas taat aturan.

#### **1. 6. Metodologi Penelitian**

1. Mendefinisikan masalah, tujuan, dan batasan.
2. Mengumpulkan dan menganalisis data sistem.
3. Membangun model.
4. Verifikasi dan validasi model.
5. Melakukan eksperimen-eksperimen.
6. Menarik kesimpulan.



**Gambar 1. 2.** Diagram alir metodologi penelitian



## 1. 7. Sistematika Penulisan

Penelitian ini tersusun dalam enam bab yang terurai secara terinci dan terurut.

Bab 1 merupakan bab pendahuluan yang menjelaskan latar belakang pemilihan topik penelitian. Hal ini diperkuat dengan penguraian tujuan penelitian yang ingin dicapai, perumusan masalah dan batasan masalah sehingga pusat perhatian penelitian ini menjadi jelas bagi pembaca. Selain itu, dalam bab ini juga dijelaskan mengenai metodologi penelitian dan sistematika penulisan sehingga pembaca dapat memperoleh gambaran awal tentang langkah-langkah dan proses penelitian yang dilakukan.

Bab 2 menjelaskan secara terperinci mengenai landasan teori dan konsep yang relevan dengan masalah yang telah dirumuskan, yang terdiri dari teori antrian, sistem dinamis, dan simulasi.

Bab 3 menjelaskan tentang hasil pengumpulan data yang telah diolah dalam bentuk diagram, tabel, dan grafik yang berkaitan dengan aliran entitas dalam sistem penyeberangan pelabuhan Merak. Data-data ini mejadi input dalam merancang model simulasi pelabuhan penyeberangan Merak.

Bab 4 menjelaskan tentang model simulasi pelabuhan penyeberangan Merak yang terbagi kedalam empat elemen, yaitu *user interface*, model, animasi, dan output simulasi.

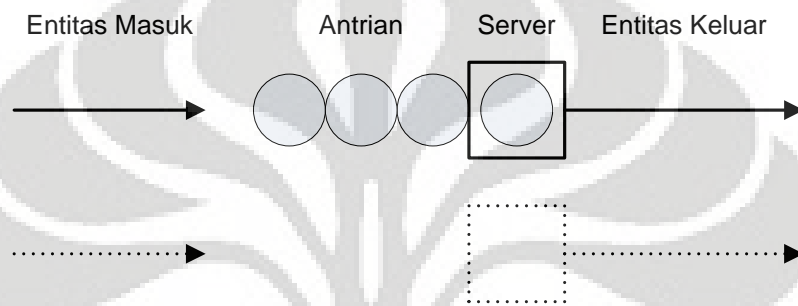
Bab 5 menjelaskan analisis hasil simulasi pelabuhan penyeberangan Merak saat ini (*as-is model*) yang terdiri atas 16 skenario, strategi untuk mengurangi waktu antrian, dan analisis hasil simulasi pelabuhan Merak usulan (*to-be model*).

Bab 6 merupakan bab terakhir yang menjelaskan kesimpulan penelitian dan saran-saran untuk penelitian selanjutnya.

## 2. LANDASAN TEORI

### 2. 1. Teori Antrian

Studi mengenai antrian berhubungan dengan fenomena mengkuantifikasi *waiting in lines* menggunakan pengukuran performa yang representatif seperti panjang antrian rata-rata, waktu tunggu rata-rata dalam antrian, dan utilisasi fasilitas rata-rata.



**Gambar 2. 1.** Konfigurasi sistem antrian

#### 2. 1. 1. Elemen Model Antrian

Ada beberapa elemen yang terdapat dalam model antrian yang umum yaitu entitas, *server*, sumber (*source*), fasilitas, dan antrian. Entitas dan *server* adalah dua faktor yang paling penting dalam sistem antrian. Entitas berasal dari suatu sumber. Entitas yang datang ke suatu fasilitas yang tidak sibuk dapat segera dilayani oleh *server*, sedangkan jika fasilitas sibuk, entitas menunggu di antrian. Apabila suatu tugas atau pelayanan sudah diselesaikan maka secara otomatis fasilitas akan “menarik” entitas yang sedang menunggu, jika ada, dari antrian. Tapi jika antrian kosong, fasilitas menjadi *idle* sampai entitas baru datang. Proses kedatangan entitas dalam sistem diwakili oleh waktu antar kedatangan diantara dua entitas berturut-turut sedang pelayanan ditunjukkan oleh waktu pelayanan per entitas. Waktu antar kedatangan dan waktu pelayanan dapat bersifat probabilistik seperti pada sistem operasi di kantor pos maupun deterministik seperti pada kedatangan pelamar pada wawancara kerja.

Keterangan lain yang diperlukan untuk mendeskripsikan suatu sistem antrian adalah ukuran antrian. Jumlah ukuran antrian ini bisa terhingga, seperti

pada area penyangga antara dua mesin yang berurutan dalam lini produksi, atau tidak terhingga, seperti pada fasilitas pemesanan surat.

### 2. 1. 2. Jenis Antrian

Ada berbagai macam *queue discipline*, cara yang bisa digunakan untuk memilih entitas dari suatu antrian untuk dilayani oleh *server*, yaitu:

- *First Come, First Service* (FCFS). FCFS mengatur entitas yang lebih dulu datang ke antrian akan lebih dulu dilayani. Ini merupakan cara yang paling banyak digunakan dalam berbagai sistem antrian.
- *Last Come, First Service* (LCFS). LCFS mengatur entitas yang datang lebih akhir akan lebih dulu dilayani.
- *Service In Random Order* (SIRO). Dengan pengaturan SIRO, entitas yang lebih dulu dilayani ditentukan secara acak.

Selain cara-cara ini, entitas juga dapat dipilih berdasarkan urutan prioritas misalnya pekerjaan-pekerjaan yang harus diselesaikan cepat lebih didahulukan dibanding pekerjaan-pekerjaan reguler.

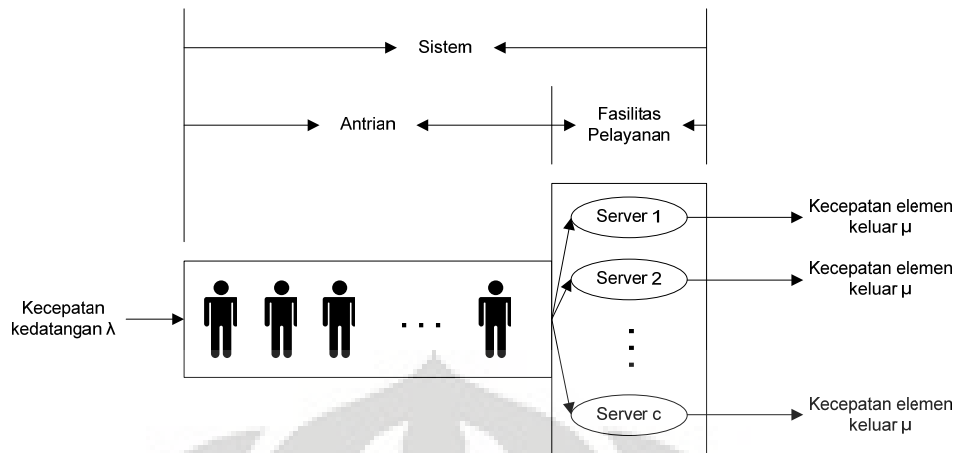
### 2. 1. 3. Jenis Server

Ada beberapa jenis rancangan fasilitas pelayanan sistem antrian, yaitu:

- *Parallel servers* seperti pada sistem operasi kantor pos.
- *Series servers* seperti pada pemrosesan pekerjaan-pekerjaan pada sejumlah mesin yang berurutan dalam suatu lini produksi.
- *Networked servers* seperti pada *routers* jaringan komputer.

### 2. 1. 4. Perilaku Entitas dalam Antrian

Perilaku entitas dalam antrian berperan penting dalam analisis *waiting-line*. Entitas “manusia” mungkin berpindah-pindah dari antrian yang satu ke antrian yang lain dengan tujuan mengurangi waktu tunggu. Mereka juga mungkin saja keluar dari antrian karena tidak mau menunggu lebih lama lagi atau mereka mungkin pula keluar membuat antrian baru untuk menghindari penundaan yang lama.



**Gambar 2. 2.** Skema sistem antrian dengan *parallel servers*

### 2. 1. 5. Persamaan Model Antrian

Notasi yang umum digunakan untuk mendeskripsikan suatu model antrian adalah:

$$(a/b/c) : (d/e/f) \dots \dots \dots (2.1)$$

dengan:

- $a$  = distribusi kedatangan
- $b$  = distribusi waktu pelayanan
- $c$  = jumlah *parallel servers* ( $1, 2, \dots, \infty$ )
- $d$  = *queue discipline*
- $e$  = jumlah maksimum entitas (terhingga atau tak terhingga) yang diizinkan di dalam sistem, yaitu jumlah entitas yang berada dalam antrian ditambah jumlah entitas yang sedang dilayani.
- $f$  = ukuran sumber (terhingga atau tak terhingga).

### 2. 1. 6. Distribusi Kedatangan

Notasi-notasi yang umum digunakan untuk menggambarkan distribusi kedatangan atau keluarnya entitas (simbol  $a$  dan  $b$ ) adalah:

- $M$  = distribusi Markovian atau Poisson
- $D$  = waktu konstan atau deterministik
- $E_k$  = distribusi (waktu) Erlang atau Gamma
- $GI$  = distribusi umum waktu antar kedatangan
- $G$  = distribusi umum waktu pelayanan

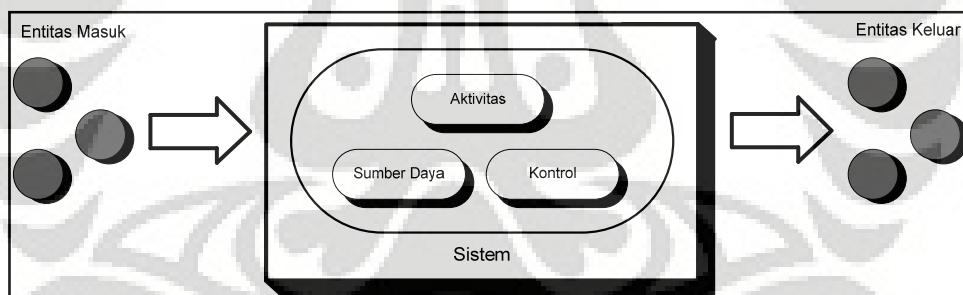
## 2. 2. Sistem

### 2. 2. 1. Definisi Sistem

Sistem merupakan kumpulan elemen yang bekerja bersama untuk mencapai tujuan tertentu (Blanchard, 1991).<sup>1</sup> Makna kunci yang tercakup dalam definisi ini adalah (1) sebuah sistem terdiri dari banyak elemen, (2) elemen-elemen ini saling terkait dan berkerja bersama-sama, (3) sebuah sistem ada dalam rangka mencapai tujuan-tujuan tertentu. Contoh-contoh sistem misalnya sistem lalu-lintas, sistem politik, sistem ekonomi, sistem manufaktur, dan sistem jasa. Setiap proses asalkan memiliki ketiga ciri-ciri sistem maka dapat dikatakan sebagai sistem proses.

### 2. 2. 2. Elemen Sistem

Dilihat dari sudut pandang simulasi, sistem terdiri dari beberapa elemen yaitu entitas, aktivitas, sumber daya, dan kontrol. Keempat elemen ini mendefinisikan siapa, apa, dimana, kapan, dan bagaimana entitas diproses seperti tampak pada **Gambar 2. 3**.



**Gambar 2. 3.** Elemen dari sistem

(Sumber: Charles Harrel, Biman K. Gosh dan Royce Bowden, 2000 hal 49)

#### 2. 2. 2. 1. Entitas

Merupakan *item* yang diproses didalam sistem dan memiliki karakteristik khusus (biaya, prioritas, bentuk). Entitas dapat diklasifikasikan sebagai berikut:

- Manusia atau benda hidup lainnya (konsumen, pasien).
- Benda-benda tak hidup (suku cadang, dokumen, keranjang sampah).

<sup>1</sup> Harrell, C., Biman, & Bowden, R, *Simulation using ProModel*, USA: McGraw-Hill, 2000, hal. 25.

- Benda-benda yang tidak berwujud (panggilan telepon, surat elektronik).

Entitas, baik pada sistem manufaktur maupun jasa, umumnya bersifat diskrit seperti jumlah kedatangan konsumen, dokumen dan lain sebagainya sedangkan contoh entitas yang bersifat kontinu dapat dilihat dalam proses pengisian aki atau paper mills.

#### 2. 2. 2. 2. Aktivitas

Aktivitas adalah tugas-tugas yang dilakukan di dalam sistem yang secara langsung maupun tidak langsung terlibat dalam pemrosesan entitas. Contoh aktivitas antara lain: memberikan pelayanan kepada konsumen, memotong benda di sebuah mesin atau pun memperbaiki bagian dari suatu peralatan. Aktivitas biasanya memakan waktu dan seringkali menggunakan sumber daya. Aktivitas dapat diklasifikasikan sebagai berikut:

- Proses-proses entitas (masuk atau mendaftar, inspeksi, produksi).
- Entitas dan perpindahan sumber daya (perpindahan forklift, naik tangga berjalan, dan lain-lain).
- Pengaturan sumber daya, pemeliharaan, dan perbaikan (pengaturan mesin, perbaikan mesin fotokopi).

#### 2. 2. 2. 3. Sumber Daya

Sumber daya adalah agen yang digunakan untuk memproses entitas dalam sistem. Sumber daya memiliki berbagai karakteristik seperti kapasitas, kecepatan, waktu siklus, dan konsistensi. Sebagaimana halnya entitas, sumber daya juga dibagi dalam sub kelompok berikut ini:

- Manusia atau benda hidup lainnya (operator, dokter).
- Benda-benda tak hidup (peralatan, alat pertukangan, rantai produksi).
- Benda-benda yang tidak berwujud (informasi, daya listrik).

#### 2. 2. 2. 4. Kontrol

Kontrol menjelaskan bagaimana, kapan, dan dimana aktivitas dilakukan. Kontrol menentukan urutan-urutan dalam sistem. Pada level atas, kontrol terdiri dari jadwal, rencana, dan kebijakan. Pada level bawah, kontrol menyediakan

informasi dan keputusan logis bagaimana sistem seharusnya beroperasi. Contoh kontrol yaitu:

- Urutan *routing*.
- Rencana produksi.
- Jadwal kerja.
- Prioritas tugas.
- Perangkat lunak pengontrol.
- Lembar instruksi.

### 2. 2. 3. Kompleksitas Sistem

Kapasitas pikiran manusia terlalu kecil untuk memformulasikan dan memecahkan permasalahan kompleks sistem bila dibandingkan dengan permasalahan itu sendiri yang membutuhkan solusi yang rasional untuk dunia nyata atau pendekatan beralasan yang sesuai dengan rasional tujuan sistem (Simon, 1957).<sup>2</sup> Kompleksitas sistem adalah akibat dari gabungan dua faktor berikut:

- Saling ketergantungan (*interdependencies*) antar elemen sehingga masing-masing elemen mempengaruhi elemen yang lain.
- Variasi perilaku elemen sehingga menghasilkan ketidakpastian.

### 2. 2. 4. Variabel Sistem

Merancang sebuah sistem baru atau memperbaiki suatu sistem lama membutuhkan lebih dari sekedar mengidentifikasi elemen-elemen sistem beserta performa tujuannya. Hal tersebut membutuhkan sebuah pemahaman tentang bagaimana elemen sistem saling mempengaruhi satu sama lain dan juga performa tujuan secara keseluruhan. Untuk membantu memahami hubungan-hubungan ini, terdapat tiga jenis variabel yang perlu diketahui, yaitu:

1. Variabel keputusan.
2. Variabel respon.
3. Variabel statis.

---

<sup>2</sup> *Ibid*, hal. 27.

#### 2. 2. 4. 1. Variabel Keputusan

Ketika melakukan eksperimen, variabel keputusan (variable input) dianggap sama dengan variabel independen. Mengubah nilai variabel-variabel independen pada sistem mempengaruhi perilaku sistem. Variabel independen ada yang dapat dikontrol dan ada pula yang tidak dapat dikontrol, ini tergantung pada apakah eksperimen yang dilakukan bisa memanipulasi variabel itu atau tidak. Contoh variabel yang dapat dikontrol adalah jumlah operator yang dialokasikan di lini produksi atau yang ditugaskan bekerja satu shift atau dua shift. Variabel yang dapat dikontrol ini disebut sebagai variabel keputusan karena peneliti selaku pembuat keputusan mengontrol nilai-nilai dari variabel tersebut. Sedang contoh variabel yang tidak dapat dikontrol antara lain waktu yang dihabiskan untuk memberikan pelayanan kepada pelanggan atau *reject rate* dari suatu operasi.

#### 2. 2. 4. 2. Variabel Respon

Variabel respon (variabel output) adalah variabel yang mengukur performa sistem yang merupakan hasil dari respon pengaturan variabel input tertentu. Variabel ini bisa berupa jumlah entitas yang diproses pada periode tertentu, utilisasi rata-rata dari suatu sumber daya, atau metrik-metrik kinerja sistem yang lain. Dalam sebuah eksperimen, variabel respon tergolong variabel lepas yang tergantung pada pengaturan nilai dari variabel-variabel independen. Tujuan dari perencanaan sistem sebenarnya adalah untuk mengetahui nilai-nilai variabel keputusan yang menghasilkan nilai respon yang diinginkan.

#### 2. 2. 4. 3. Variabel Statis

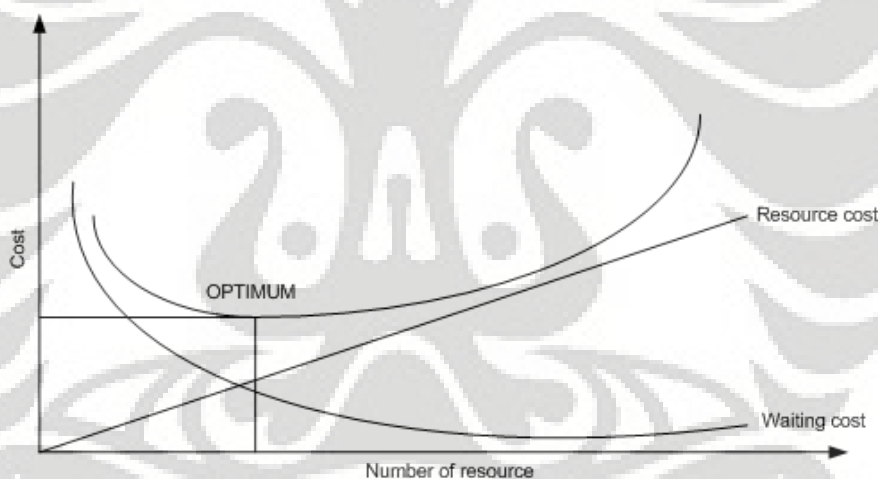
Variabel statis adalah variabel yang mengindikasikan status sistem pada titik waktu tertentu misalnya jumlah entitas pada waktu riil yang menunggu diproses atau status riil (kepadatan, waktu tunggu, waktu mesin mati, dan lain-lain) dari suatu sumber daya tertentu. Variabel respon merupakan rangkuman dari variabel-variabel statis yang berubah seiring berjalannya waktu.



### 2. 2. 5. Optimasi Sistem

Menentukan pengaturan yang tepat untuk variabel-variabel input agar dapat memenuhi tujuan-tujuan kinerja disebut sebagai optimasi. Secara khusus, optimasi ditujukan untuk mencari atau menentukan kombinasi terbaik dari nilai-nilai variabel keputusan yang meminimumkan atau memaksimumkan beberapa fungsi objektif seperti biaya atau keuntungan. Fungsi objektif merupakan variabel respon dari sistem.<sup>3</sup>

Pada masalah jumlah tenaga kerja dan biaya, logikanya makin banyak tenaga kerja tentunya akan menghemat biaya sehubungan dengan waktu tunggu yang berkurang namun pada satu titik hubungan tersebut akan berbalik di mana penambahan tenaga kerja tidak memberikan pengurangan pada biaya. Titik tersebut merupakan titik optimum dari penambahan tenaga kerja yang berdampak pada pengurangan biaya (**Gambar 2. 4.**).



**Gambar 2. 4.** Optimasi untuk biaya sumber daya dan biaya tunggu  
(Sumber: *Simulation Using ProModel*. 2000. McGraw-Hill)

Dalam optimasi sering terjadi konflik tujuan sehingga harus ada salah satu tujuan yang diprioritaskan. Pembobotan untuk prioritas tujuan sangat penting karena tujuan yang dipilih nantinya diharapkan dapat memberikan keputusan yang tepat.

<sup>3</sup> *Ibid*, hal 31-35.

## 2. 3. Simulasi

### 2. 3. 1. Definisi Simulasi

*Oxford American Dictionary* (1980) mendefinisikan simulasi sebagai sebuah cara untuk mendesain ulang kondisi dari suatu situasi, dalam bentuk model, untuk keperluan pembelajaran atau pengujian atau pelatihan, dsb. Salah satu kondisi yang bisa disimulasikan adalah perilaku operasional dari sistem-sistem dinamis dengan membuat model komputernya. Sehingga, dalam konteks ini simulasi dapat didefinisikan sebagai imitasi dari sebuah sistem dinamis menggunakan model komputer dengan tujuan melakukan evaluasi dan perbaikan terhadap performa sistem. Sedang menurut Schriber (1987), simulasi dijelaskan sebagai pembuatan model dari suatu proses atau sistem dengan suatu cara yang mengimitasi respon dari sistem aktual terhadap kejadian-kejadian yang terjadi menurut waktu. Dengan mempelajari perilaku model, dapat diketahui perilaku sistem aktual.<sup>4</sup>

Simulasi bukan salah satu teknik optimasi. Simulasi digunakan karena simulasi menyediakan suatu cara untuk melakukan validasi untuk mengetahui apakah keputusan-keputusan yang dibuat adalah yang terbaik atau tidak.<sup>5</sup>

### 2. 3. 2. Kekuatan Simulasi

Simulasi menghindari teknik tradisional *trial-and-error* yang cenderung mahal dan menghabiskan banyak waktu. Sekarang ini, dengan penekanan pada persaingan yang berbasis waktu, metode tradisional *trial-and-error* dalam pengambilan keputusan tidak lagi sesuai.

Kekuatan dari simulasi terletak pada fakta bahwa ia dapat menyediakan sebuah metode analisis yang tidak hanya formal dan prediktif, tetapi mampu mengevaluasi performa sebuah sistem yang paling kompleks sekalipun. Dengan menggunakan komputer untuk memodelkan sebuah sistem sebelum sistem itu dibangun atau untuk menguji kebijakan-kebijakan operasional sebelum benar-benar diimplementasikan, banyak hambatan yang biasa ditemui pada saat memulai sebuah sistem baru atau modifikasi dari sebuah sistem yang sudah ada dapat dihindari. Perbaikan (*improvements*) yang secara tradisional membutuhkan

---

<sup>4</sup> *Ibid*, hal. 584.

<sup>5</sup> *Operations Research: An Introduction* hal. 639.

waktu berbulan-bulan atau bahkan bertahun-tahun dapat dicapai hanya dalam hitungan waktu bahkan jam. Karena simulasi bekerja dalam waktu yang dipersingkat, operasi sistem yang bekerja selama mingguan dapat disimulasikan hanya dalam beberapa menit bahkan detik. Karakteristik dari simulasi yang membuatnya menjadi alat perencanaan dan pengambilan keputusan yang sangat *powerful* dapat diringkas sebagai berikut:

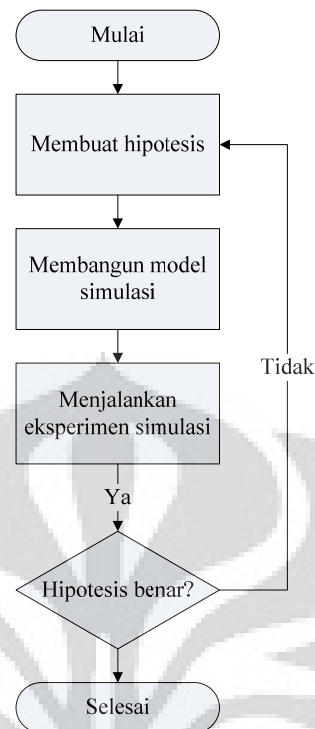
- Menangkap keterkaitan antar sistem.
- Memperhitungkan variabilitas sistem.
- Mampu memodelkan sistem apapun.
- Menunjukkan perilaku sepanjang waktu.
- Lebih murah dan tidak menghabiskan banyak waktu.
- Menyediakan informasi dari berbagai parameter performa.
- Menarik secara visual.
- Memberikan hasil yang mudah dipahami dan dikomunikasikan.
- Bekerja dalam waktu yang dipersingkat.
- Mendorong untuk berfikir detail dalam mendesain.

Karena simulasi memperhitungkan keterkaitan dan variasi, ia memberikan pemahaman kedalam kompleksitas dari dinamika sebuah sistem yang tidak mampu diperoleh dari teknik analisis lainnya. Simulasi membuat *system planners* memiliki kebebasan yang tidak terbatas untuk mencoba ide-ide yang berbeda untuk perbaikan dan bebas resiko. Selanjutnya, hasilnya dalam bentuk visual dan kuantitatif dengan statistika performa yang secara otomatis dilaporkan berdasarkan semua parameter pengukuran.

Simulasi menstimulus inovasi dan mendorong berpikir “diluar kotak”. Ia juga mampu mengakhiri perdebatan sengit dalam menentukan solusi mana yang bekerja paling baik dan seberapa besar baiknya.

### 2. 3. 3. Prosedur melakukan Simulasi

Prosedur melakukan simulasi mengikuti metode ilmiah berikut: (1) memformulasikan hipotesis, (2) membangun eksperimen, (3) menguji hipotesis melalui eksperimen, dan (4) menarik kesimpulan tentang keabsahan hipotesis.



**Gambar 2. 5.** Proses uji simulasi

Dalam simulasi kita memformulasikan hipotesis mengenai desain apa atau kebijakan operasional apa yang bekerja paling baik. Kemudian kita membangun eksperimen dalam bentuk model simulasi untuk menguji hipotesis. Dengan model tersebut kita melakukan beberapa replikasi eksperimen atau simulasi. Akhirnya, kita menganalisis hasil dari simulasi dan menarik kesimpulan mengenai hipotesis awal kita. Jika hipotesis kita benar, dengan yakinnya kita dapat terus maju untuk membuat perubahan desain operasional (dengan asumsi waktu dan kendala-kendala implementasi lainnya terpenuhi).

#### 2. 3. 4. Pengaplikasian Simulasi

Tidak semua masalah sistem yang mampu diselesaikan dengan bantuan simulasi harus diselesaikan dengan simulasi. Sangat penting untuk memilih alat yang tepat untuk suatu pekerjaan. Untuk beberapa masalah, simulasi dapat dianggap *overkill*-seperti menggunakan *shotgun* untuk membunuh lalat. Simulasi memiliki batasan-batasan tertentu yang dimana harus disadari sebelum mengambil keputusan untuk menggunakannya pada suatu situasi. Simulasi bukanlah “penawar” untuk semua masalah yang berkaitan dengan sistem dan hanya

**Universitas Indonesia**

digunakan jika “sepatunya cocok”. Sebagai aturan umum, simulasi dikatakan sesuai jika memenuhi kriteria-kriteria berikut:

- Sebuah keputusan operasional (logis atau kuantitatif) akan diambil.
- Proses yang dianalisis terdefinisi dengan baik dan bersifat repetitif.
- Aktivitas-aktivitas sistem menunjukkan keterkaitan dan variabilitas.
- Biaya akibat dari keputusan lebih besar daripada biaya melakukan simulasi.
- Biaya melakukan eksperimen terhadap sistem sebenarnya lebih besar daripada biaya melakukan simulasi.

### 2. 3. 5. Jenis-Jenis Simulasi

Cara simulasi bekerja sangat bergantung kepada jenis simulasi yang digunakan. Ada beberapa cara untuk menentukan kategori simulasi, yang umum dipakai yaitu:

- Statis atau Dinamis
- Stokastik atau Deterministik
- Diskrit atau Kontinu

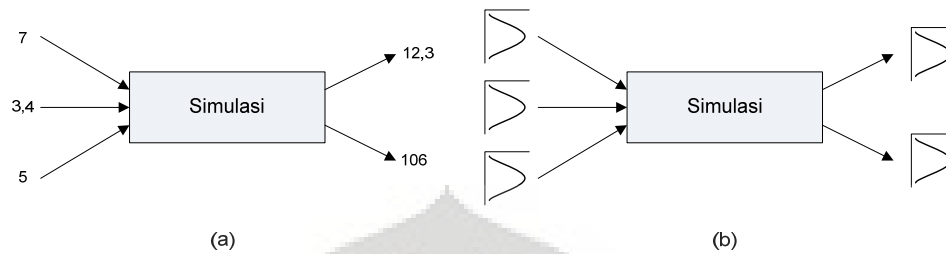
#### 2. 3. 5. 1. Statis atau Dinamis

Simulasi statis dijalankan tidak berdasarkan waktu, biasanya digambarkan dengan sampel-sampel acak untuk menghasilkan hasil statistik yang terkadang disebut simulasi Monte Carlo. Simulasi dinamis, yang merupakan kebalikan dari simulasi statis, dijalankan menurut aliran waktu. Simulasi dinamis adalah perubahan-perubahan statis yang terjadi seiring waktu. Simulasi ini digambarkan sebagai mekanisme jam bergerak maju seiring berjalannya waktu dan variabel-variabel statis diperbarui seiring pertambahan waktu. Simulasi dinamis sangat sesuai digunakan untuk menganalisis sistem-sistem manufaktur dan jasa karena keduanya beroperasi menurut waktu.

#### 2. 3. 5. 2. Stokastik atau Deterministik

Simulasi yang satu atau lebih variabel input-nya acak secara alami disebut sebagai simulasi stokastik atau probabilistik. Simulasi stokastik menghasilkan

output yang juga acak. Sedangkan simulasi yang komponen input-nya tidak acak disebut simulasi deterministik.

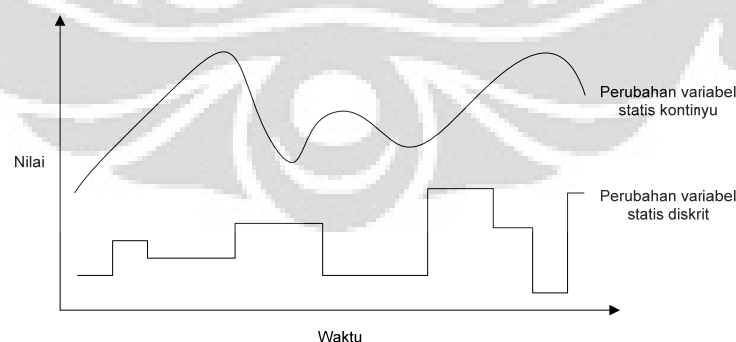


**Gambar 2. 6.** Contoh simulasi (a) deterministik dan (b) stokastik

### 2. 3. 5. 3. Diskrit atau Kontinu

Pada *discrete-event simulation* atau simulasi kejadian diskrit, perubahan-perubahan statis terjadi pada titik-titik tertentu yang sifatnya diskrit menurut waktu yang didorong oleh kejadian-kejadian. Kejadian-kejadian simulasi yang umum yaitu kedatangan entitas di stasiun kerja, kegagalan sumber daya, penyelesaian sebuah aktivitas, dan akhir suatu shift.

Sedangkan, pada simulasi kontinu, variabel-variabel statis atau dikenal juga sebagai *continuous-change state variables* berubah secara kontinu sepanjang waktu. Contoh variabel ini antara lain jumlah minyak yang diisikan atau dikeluarkan ke atau dari tangki, atau suhu gedung yang dikontrol oleh sistem pendingin dan pemanas.



**Gambar 2. 7.** Perbandingan simulasi diskrit dan kontinu

### 3. PENGUMPULAN DATA

#### 3. 1. Gambaran Umum Sistem Penyeberangan

##### 3. 1. 1. Definisi Sistem-Model Penyeberangan

Angkutan penyeberangan di Indonesia didefinisikan sebagai "jembatan bergerak" yang berfungsi menghubungkan jaringan jalan atau jaringan jalur kereta api yang terputus karena adanya perairan<sup>1</sup>, mengangkut penumpang dan kendaraan beserta muatannya<sup>2</sup>, serta diselenggarakan dengan trayek tetap dan teratur.<sup>3</sup> Berdasarkan definisi tersebut maka kriteria lintas penyeberangan meliputi:

1. Menghubungkan jaringan jalan dan/atau jaringan kereta api yang terputus oleh laut, selat dan teluk.
2. Melayani lintas dengan tetap dan teratur.
3. Berfungsi sebagai jembatan bergerak.
4. Menghubungkan antara dua pelabuhan.
5. Tidak mengangkut barang lepas.<sup>4</sup>

Transportasi penyeberangan merupakan bagian dari sistem transportasi darat yang mempunyai misi untuk mewujudkan transportasi yang handal, unggul dan berdaya saing serta mampu menjangkau pelosok wilayah daratan, menghubungkan antarpulau dalam rangka memantapkan perwujudan wawasan nusantara yang efektif dan efisien, sehingga mampu berperan sebagai urat nadi kehidupan ekonomi, sosial budaya, politik dan pertahanan keamanan guna memperkuat ketahanan nasional.

Berdasarkan Keputusan Menteri Perhubungan Nomor: Km. 11 Tahun 2002 tentang Pelaksanaan Kegiatan Pemerintahan di Pelabuhan Penyeberangan yang Diusahakan, badan usaha pelabuhan penyeberangan PT. Angkutan Sungai dan Penyeberangan, yang disingkat dengan PT. ASDP (Persero), memiliki fungsi ganda, yaitu sebagai regulator dan juga operator yang bertanggung jawab mengelola keseluruhan pelabuhan penyeberangan di Indonesia.

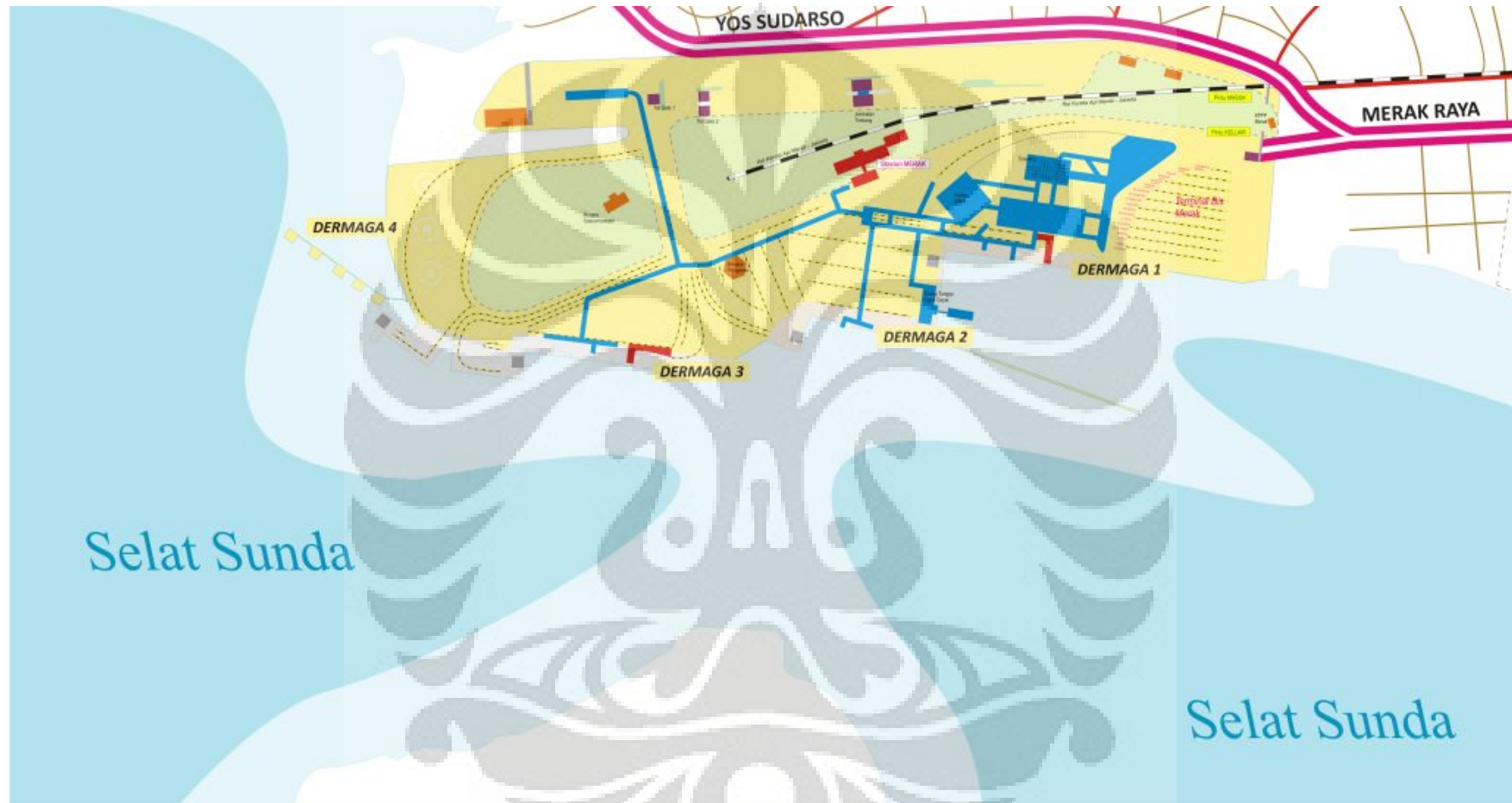
---

<sup>1</sup> UU 21, 1992, ps 1

<sup>2</sup> PP 82, 1999, ps 1

<sup>3</sup> UU 21, 1992, ps 81(2)

<sup>4</sup> PP 82, 1999, ps 75(3)



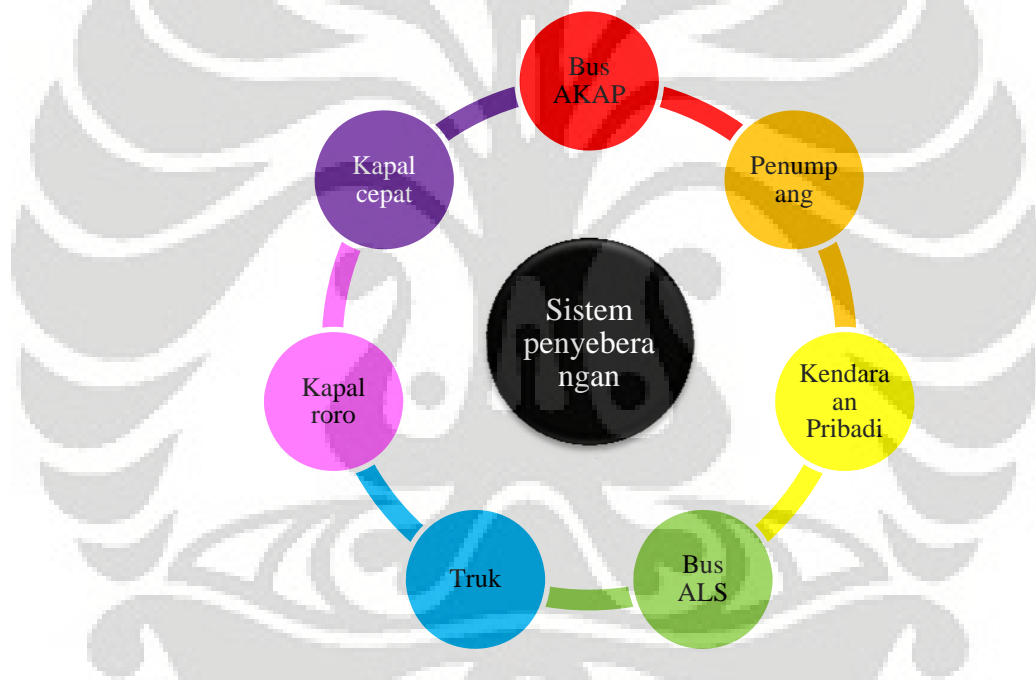
Gambar 3. 1. Layout pelabuhan Merak



### 3. 1. 2. Fakta-fakta Lintasan Penyeberangan Merak-Bakauheni

- 1 Juni 1981 lintasan penyeberangan Merak-Bakauheni diresmikan.
- 4 buah dermaga dimiliki Pelabuhan Merak.
- Rp 415 milyar pemasukan operasional yang diterima tahun 2007.
- 21.371 trip kapal ro-ro dan 2.384 trip kapal cepat yang beroperasi tahun 2007.
- 14.585.873 penumpang, 2.546.159 kendaraan, dan 18.058.364 ton barang yang diseberangkan tahun 2007.

### 3. 1. 3. Model Konseptual Sistem Penyeberangan Merak

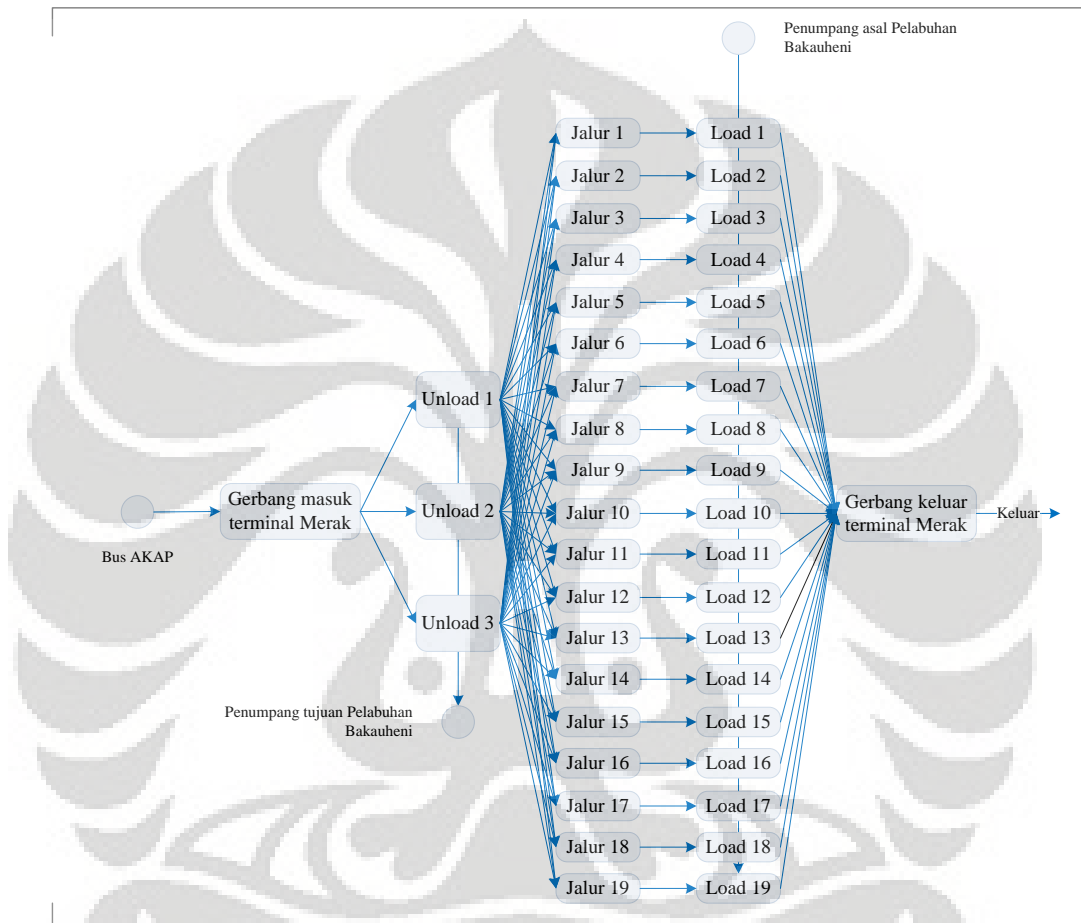


**Gambar 3. 2.** Model konseptual sistem penyeberangan Merak

Sistem penyeberangan Merak terbagi dalam tujuh sub-sistem berdasarkan jenis entitasnya, yaitu: (1) sub-sistem bus Antar Kota Antar Propinsi (AKAP), (2) sub-sistem penumpang, (3) sub-sistem kendaraan pribadi, (4) sub-sistem bus Antar Lintas Sumatera (ALS), (5) sub-sistem truk, (6) sub-sistem kapal ro-ro, dan (7) sub-sistem kapal cepat. Kesemua sub-sistem ini saling tergantung satu sama lain dan juga saling mempengaruhi satu sama lain sehingga terintegrasi menjadi satu membentuk sistem penyeberangan Merak.

### 3. 2. Sub-sistem Bus AKAP

Sub-sistem bus AKAP merupakan keseluruhan proses operasional bus AKAP di terminal bus Merak, meliputi proses menurunkan penumpang tujuan pelabuhan Bakauheni dan proses mengangkut penumpang asal pelabuhan Bakauheni, mulai dari gerbang masuk sampai gerbang keluar terminal bus Merak.



**Gambar 3. 1.** Diagram alir bus AKAP

#### 3. 2. 1. Entitas

Entitasnya adalah bus AKAP itu sendiri yang terbagi menjadi 13 berdasarkan jenis trayeknya dan masing-masing trayek terbagi lagi ke dalam dua kelas, yaitu kelas ekonomi dan non-ekonomi, seperti yang terlihat pada **Tabel 3. 1**. Kelas bisnis dan eksekutif tergabung kedalam kelas non-ekonomi. Hal ini dikarenakan kedua kelas bus ini mengalami proses yang sama selama dalam sistem serta jumlahnya sedikit, sehingga akan lebih praktis jika digabung menjadi

satu kelas, yaitu kelas non-ekonomi. Kapasitas bus kelas ekonomi adalah 59 orang, meliputi: 2 x 10 orang di sisi kiri bus, 3 x 11 orang di sisi kanan bus, dan 6 orang di sisi belakang bus. Sedangkan kapasitas kelas non-ekonomi adalah 48 orang, meliputi: 2 x 10 orang di sisi kiri bus, 2 x 11 orang di sisi kanan bus, dan 6 orang di sisi belakang bus. Kecepatan bus dalam sistem diasumsikan konstan 12 km/jam.

**Tabel 3. 1.** Karakteristik bus AKAP tujuan Merak

Trayek	Kelas	Kapasitas (orang)	Kecepatan (km/jam)
Merak-Sukabumi	Ekonomi	59	12
	Non-Ekonomi	48	12
Merak-Bogor	Ekonomi	59	12
	Non-Ekonomi	48	12
Merak-Bandung (via Puncak)	Ekonomi	59	12
	Non-Ekonomi	48	12
Merak-Bandung (via Cipularang)	Ekonomi	59	12
	Non-Ekonomi	48	12
Merak-Banjar	Ekonomi	59	12
	Non-Ekonomi	48	12
Merak-Kp. Rambutan	Ekonomi	59	12
	Non-Ekonomi	48	12
Merak-Kalideres	Ekonomi	59	12
	Non-Ekonomi	48	12
Merak-Pulogadung	Ekonomi	59	12
	Non-Ekonomi	48	12
Merak-Tanjung Priok	Ekonomi	59	12
	Non-Ekonomi	48	12
Merak-Jawa Tengah	Ekonomi	59	12
	Non-Ekonomi	48	12
Merak-Cirebon	Ekonomi	59	12
	Non-Ekonomi	48	12
Merak-Bekasi	Ekonomi	59	12
	Non-Ekonomi	48	12
Merak-Cikarang	Ekonomi	59	12
	Non-Ekonomi	48	12

### 3. 2. 2. Lokasi

Terminal bus Merak adalah lokasi utama tempat entitas bus AKAP diproses. Lokasi ini terbagi ke dalam lima area, seperti yang terlihat pada **Tabel 3. 2.**, yaitu: (1) gerbang masuk, (2) area menurunkan penumpang, (3) area antrian atau parkir, (4) area mengangkut penumpang baru, dan (5) gerbang keluar. Gerbang masuk dan keluar hanya bisa memuat satu unit bus pada satu waktu. Sehingga ketika gerbang masuk dan keluar sedang terisi, bus AKAP lain yang hendak menuju kedua lokasi ini wajib mengantri dibelakangnya. Area menurunkan penumpang terbagi menjadi tiga sesuai dengan jumlah pintu masuk pelabuhan. Jadi, bus AKAP menurunkan penumpang persis di depan masing-masing pintu masuk pelabuhan. Kemudian, area antrian atau parkir terbagi ke dalam 19 jenis, begitu pula dengan area mengangkut penumpangnya. Masing-masing area mengangkut penumpang terletak persis di depan area antrian dan hanya bisa memuat satu unit bus pada satu waktu. Bentuk terminal bus Merak yang menyerupai seperempat lingkaran mengakibatkan masing-masing area antrian memiliki kapasitas yang berbeda-beda.

**Tabel 3. 2.** Deskripsi lokasi tempat entitas bus AKAP diproses

Lokasi		Jumlah	Kapasitas
Gerbang masuk terminal Merak	unit	1	1
Area menurunkan penumpang			
Unload 1	unit	1	1
Unload 2	unit	1	1
Unload 3	unit	1	1
Jalur antrian bus AKAP			
Jalur 1	unit	1	2
Jalur 2	unit	1	3
Jalur 3	unit	1	4
Jalur 4	unit	1	4
Jalur 5	unit	1	5
Jalur 6	unit	1	5
Jalur 7	unit	1	5
Jalur 8	unit	1	6
Jalur 9	unit	1	6
Jalur 10	unit	1	6
Jalur 11	unit	1	6

Jalur 12	unit	1	6
Jalur 13	unit	1	7
Jalur 14	unit	1	7
Jalur 15	unit	1	7
Jalur 16	unit	1	7
Jalur 17	unit	1	7
Jalur 18	unit	1	7
Jalur 19	unit	1	7
Area mengangkut penumpang			
Load 1	unit	1	1
Load 2	unit	1	1
Load 3	unit	1	1
Load 4	unit	1	1
Load 5	unit	1	1
Load 6	unit	1	1
Load 7	unit	1	1
Load 8	unit	1	1
Load 9	unit	1	1
Load 10	unit	1	1
Load 11	unit	1	1
Load 12	unit	1	1
Load 13	unit	1	1
Load 14	unit	1	1
Load 15	unit	1	1
Load 16	unit	1	1
Load 17	unit	1	1
Load 18	unit	1	1
Load 19	unit	1	1
Gerbang keluar terminal Merak	unit	1	~

### 3. 2. 3. Deskripsi proses

Proses di terminal bus Merak dimulai ketika bus AKAP tiba di gerbang masuk terminal. Bus AKAP membeli karcis selama distribusi Triangular (min = 5, mode = 7, max = 10) detik. Setelah selesai membayar karcis, palang gerbang terminal dibuka dan bus dapat masuk ke dalam terminal. Palang gerbang kemudian ditutup kembali. Melalui rute yang sudah ditentukan pihak manajemen terminal, bus menuju salah satu area menurunkan penumpang (*unloading area*). Setiap penumpang membutuhkan waktu rata-rata 3 detik untuk turun dari bus. Setelah semua penumpang turun, bus menuju salah satu jalur antrian. Bus

mengantri dalam jalur menuju area mengangkut penumpang (*loading area*). Dari ujung antrian ke *loading area* membutuhkan waktu 5 detik. Waktu ini adalah waktu supir bus untuk menghidupkan mesin, memasukkan gigi, dan melaju menuju *loading area*. Kemudian di *loading area*, masing-masing bus mengangkut penumpang baru asal Bakauheni dalam waktu yang berbeda-beda untuk masing-masing jenis bus. Waktu pengangkutan ini berdasarkan jadwal yang sudah ditentukan sebelumnya oleh pihak perusahaan jasa angkutan bus. Logikanya, makin jauh trayek bus-nya dan makin sedikit jumlah bus yang beroperasi, maka makin lama waktu yang dibutuhkan untuk mengangkut penumpang. Jika bus sudah terisi penuh walaupun waktu pengangkutannya belum habis, bus dapat langsung menuju gerbang keluar. Begitu juga sebaliknya, jika bus belum terisi penuh tetapi waktu pengangkutannya sudah habis, mau tidak mau bus harus langsung berangkat menuju gerbang keluar. Di gerbang keluar, bus tidak melakukan proses apapun dan langsung menuju Jl. Raya Merak untuk keluar dari sistem.

**Tabel 3. 3.** Deskripsi proses sub-sistem bus AKAP

Lokasi	Proses	Waktu proses	Lokasi berikutnya	Waktu / cara berpindah
Gerbang masuk terminal Merak	Membeli karcis masuk terminal bus Merak.	T(5,7,10) detik	Unload 1 - 3	Melalui rute bus
Unload 1	Menurunkan penumpang menuju pintu masuk 1,2,3.	@ penumpang 3 detik	Jalur 1 - 19	Melalui rute bus
Unload 2	Menurunkan penumpang menuju pintu masuk 1,2,3.	@ penumpang 3 detik	Jalur 1 - 19	Melalui rute bus
Unload 3	Menurunkan penumpang menuju pintu masuk 1,2,3.	@ penumpang 3 detik	Jalur 1 - 19	Melalui rute bus
Jalur 1	Bergerak dalam antrian.		Load 1	5 detik
Jalur 2	Bergerak dalam antrian.		Load 2	5 detik
Jalur 3	Bergerak dalam antrian.		Load 3	5 detik
Jalur 4	Bergerak dalam antrian.		Load 4	5 detik
Jalur 5	Bergerak dalam antrian.		Load 5	5 detik

Jalur 6	Bergerak dalam antrian.		Load 6	5 detik
Jalur 7	Bergerak dalam antrian.		Load 7	5 detik
Jalur 8	Bergerak dalam antrian.		Load 8	5 detik
Jalur 9	Bergerak dalam antrian.		Load 9	5 detik
Jalur 10	Bergerak dalam antrian.		Load 10	5 detik
Jalur 11	Bergerak dalam antrian.		Load 11	5 detik
Jalur 12	Bergerak dalam antrian.		Load 12	5 detik
Jalur 13	Bergerak dalam antrian.		Load 13	5 detik
Jalur 14	Bergerak dalam antrian.		Load 14	5 detik
Jalur 15	Bergerak dalam antrian.		Load 15	5 detik
Jalur 16	Bergerak dalam antrian.		Load 16	5 detik
Jalur 17	Bergerak dalam antrian.		Load 17	5 detik
Jalur 18	Bergerak dalam antrian.		Load 18	5 detik
Jalur 19	Bergerak dalam antrian.		Load 19	5 detik
Load 1	Mengangkut penumpang.	T(53,60,75) menit	Gerbang keluar terminal Merak	Melalui rute bus
Load 2	Mengangkut penumpang	T(66,75,94) menit	Gerbang keluar terminal Merak	Melalui rute bus
Load 3	Mengangkut penumpang	T(158,180,225) menit	Gerbang keluar terminal Merak	Melalui rute bus
Load 4	Mengangkut penumpang	T(53,60,75) menit	Gerbang keluar terminal Merak	Melalui rute bus
Load 5	Mengangkut penumpang	T(66,75,94) menit	Gerbang keluar terminal Merak	Melalui rute bus
Load 6	Mengangkut penumpang	T(53,60,75) menit	Gerbang keluar terminal Merak	Melalui rute bus
Load 7	Mengangkut penumpang	T(16,18,22) menit	Gerbang keluar terminal Merak	Melalui rute bus

Load 8	Mengangkut penumpang	T(16,18,22) menit	Gerbang keluar terminal Merak	Melalui rute bus
Load 9	Mengangkut penumpang	T(24,27,34) menit	Gerbang keluar terminal Merak	Melalui rute bus
Load 10	Mengangkut penumpang	T(39,45,56) menit	Gerbang keluar terminal Merak	Melalui rute bus
Load 11	Mengangkut penumpang	T(26,30,38) menit	Gerbang keluar terminal Merak	Melalui rute bus
Load 12	Mengangkut penumpang	T(39,45,56) menit	Gerbang keluar terminal Merak	Melalui rute bus
Load 13	Mengangkut penumpang	T(53,60,75) menit	Gerbang keluar terminal Merak	Melalui rute bus
Load 14	Mengangkut penumpang	T(26,30,38) menit	Gerbang keluar terminal Merak	Melalui rute bus
Load 15	Mengangkut penumpang	T(158,180,225) menit	Gerbang keluar terminal Merak	Melalui rute bus
Load 16	Mengangkut penumpang	T(66,75,94) menit	Gerbang keluar terminal Merak	Melalui rute bus
Load 17	Mengangkut penumpang	T(39,45,56) menit	Gerbang keluar terminal Merak	Melalui rute bus
Load 18	Mengangkut penumpang	T(26,30,38) menit	Gerbang keluar terminal Merak	Melalui rute bus
Load 19	Mengangkut penumpang	T(39,45,56) menit	Gerbang keluar terminal Merak	Melalui rute bus
Gerbang keluar terminal Merak			Keluar sistem	

### 3. 2. 4. Kedatangan

Bus AKAP tiba di terminal bus Merak berdasarkan jadwal yang terangkum dalam **Tabel 3. 4.** berikut.

**Tabel 3. 4.** Jadwal kedatangan bus AKAP

Trayek	Kelas	Jam kedatangan					
Merak-Sukabumi	Ekonomi	8:00	16:00				
	Non-Ekonomi	12:00	20:00				
Merak-Bogor	Ekonomi	8:00	10:00	14:00	18:00		
	Non-Ekonomi	12:00	16:00	20:00			
Merak-Bandung (via Puncak)	Ekonomi	8:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00
		16:00	18:00	20:00	22:00		
	Non-Ekonomi	9:00	10:30	11:30	13:00	15:00	18:00
Merak-Bandung (via Cipularang)	Ekonomi	8:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00
		16:00	18:00	20:00	22:00		



	Non-Ekonomi	9:00	10:30	11:30	13:00	15:00	18:00
		23:00					
Merak-Banjar	Ekonomi	8:00	10:00	14:00	18:00		
	Non-Ekonomi	12:00	16:00	20:00			
Merak-Kp. Rambutan	Ekonomi	1:30	3:00	5:00	8:00	8:40	9:20
		10:00	10:15	10:30	10:45	11:00	11:15
		11:30	11:45	12:00	12:18	12:36	12:48
		13:06	13:24	13:42	14:00	14:30	15:00
		15:30	16:00	16:30	17:00	17:30	18:00
		19:00	20:00	21:00	22:00	22:40	23:40
	Non-Ekonomi	0:30	8:00	9:00	10:00	10:20	10:40
		11:00	11:20	11:40	12:00	12:20	12:40
		13:00	13:20	13:40	14:00	14:40	15:20
		16:00	16:40	17:20	18:00	19:00	20:00
		21:00	22:00	22:40	23:20		
Merak-Kalideres	Ekonomi	1:30	3:00	5:00	8:00	8:40	9:20
		10:00	10:15	10:30	10:45	11:00	11:15
		11:30	11:45	12:00	12:18	12:36	12:48
		13:06	13:24	13:42	14:00	14:30	15:00
		15:30	16:00	16:30	17:00	17:30	18:00
		19:00	20:00	21:00	22:00	22:40	23:40
	Non-Ekonomi	0:30	8:00	9:00	10:00	10:20	10:40
		11:00	11:20	11:40	12:00	12:20	12:40
		13:00	13:20	13:40	14:00	14:40	15:20
		16:00	16:40	17:20	18:00	19:00	20:00
		21:00	22:00	22:40	23:20		
Merak-Pulogadung	Ekonomi	8:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00
		16:00	18:00	20:00	22:00		
	Non-Ekonomi	9:00	10:30	11:30	13:00	15:00	18:00
		20:00	23:00				
Merak-Tanjung Priok	Ekonomi	8:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00
		16:00	18:00	20:00	22:00		
	Non-Ekonomi	9:00	10:30	11:30	13:00	15:00	18:00
		20:00	23:00				
Merak-Jawa Tengah	Ekonomi	8:00	10:00	14:00	18:00		
	Non-Ekonomi	12:00	16:00	20:00			
Merak-Cirebon	Ekonomi	8:00	11:00	14:00	17:00	20:00	
	Non-Ekonomi	9:30	13:30	17:30	21:30		
Merak-Bekasi	Ekonomi	1:00	3:00	8:00	10:00	10:30	11:00
		11:30	12:00	12:30	13:00	13:30	14:00
		15:00	16:00	17:00	19:00	21:00	23:00
	Non-Ekonomi	0:00	8:00	10:00	10:45	11:30	12:00
		12:45	13:30	14:00	15:00	16:00	18:00
		20:00	22:00				
Merak-Cikarang	Ekonomi	8:00	10:00	12:00	14:00	16:00	22:00
	Non-Ekonomi	8:00	11:00	14:00	17:00	20:00	

### 3. 2. 5. Pemacu pergerakan (*move trigger*)

#### 3. 2. 5. 1. Jl. Raya Merak menuju Gerbang masuk terminal

Bus AKAP dari Jl. Raya Merak akan bergerak menuju gerbang masuk terminal jika gerbang masuk tersebut dalam status tersedia. Artinya, gerbang masuk sedang kosong dan tidak ada bus lain yang sedang melakukan operasi disana. Jika ada, maka bus AKAP yang baru tiba harus mengantri menunggu giliran sampai gerbang masuk berubah status menjadi tersedia.

#### 3. 2. 5. 2. Gerbang masuk terminal menuju *Unload* 1,2,3

Setelah selesai melakukan operasi di gerbang masuk, bus AKAP menuju salah satu area menurunkan penumpang secara acak atau tidak menentu. Jika kesemua area menurunkan penumpang penuh, maka diasumsikan bus wajib menunggu dalam antrian sampai salah satu dari ketiga area tersebut kosong, baru bisa menurunkan penumpang. Bus akan secara otomatis menuju area yang pertama tersedia jika dua area lainnya sedang terisi.

#### 3. 2. 5. 3. Unload 1,2,3 menuju Jalur antrian 1–19

Di setiap jalur antrian sudah tertera sebuah tulisan yang menyatakan bahwa bus-bus dengan trayek X dan kelas Y harus mengantri di jalur Z. Persebarannya dapat dilihat pada **Tabel 3. 5**. Sebagai contoh, bus kelas ekonomi dengan trayek Merak-Bandung (via Puncak) harus masuk jalur 4. Sedangkan, khusus untuk bus kelas ekonomi dengan trayek Merak-Kp.Rambutan dan Merak-Kalideres terdapat dua jalur yang dapat dipakai. Sehingga, ketika hendak menuju jalur antrian, bus-bus dengan kedua karakteristik tersebut akan memilih yang paling tersedia atau yang paling kosong diantara keduanya.

**Tabel 3. 5.** Deskripsi jalur antrian bus terminal Merak

Lokasi	Trayek bis (Merak-...)	Kelas	
		Ekonomi	Non-Ekonomi
Jalur 1	Sukabumi & Bogor	•	•
Jalur 2	Bandung via Puncak		•
Jalur 3	Banjar	•	•
Jalur 4	Bandung via Puncak	•	

Jalur 5	Bandung via Cipularang		•
Jalur 6	Bandung via Cipularang	•	
Jalur 7	Kp. Rambutan	•	
Jalur 8	Kp. Rambutan	•	
Jalur 9	Kp. Rambutan		•
Jalur 10	Kalideres		•
Jalur 11	Kalideres	•	
Jalur 12	Pulogadung	•	•
Jalur 13	Tanjung Priok	•	•
Jalur 14	Kalideres	•	
Jalur 15	Jawa Tengah	•	•
Jalur 16	Cirebon	•	•
Jalur 17	Bekasi		•
Jalur 18	Bekasi	•	
Jalur 19	Cikarang	•	•

#### 3. 2. 5. 4. Jalur antrian 1-19 menuju *Load area* 1-19

Bus-bus AKAP yang mengantri di jalur antrian X hanya bisa menuju *load area* X jika kosong. Jika penuh, bus wajib mengantri dibelakangnya hingga area mengangkut penumpang tersebut menjadi kosong.

#### 3. 2. 5. 5. *Load area* 1-19 menuju Gerbang keluar terminal

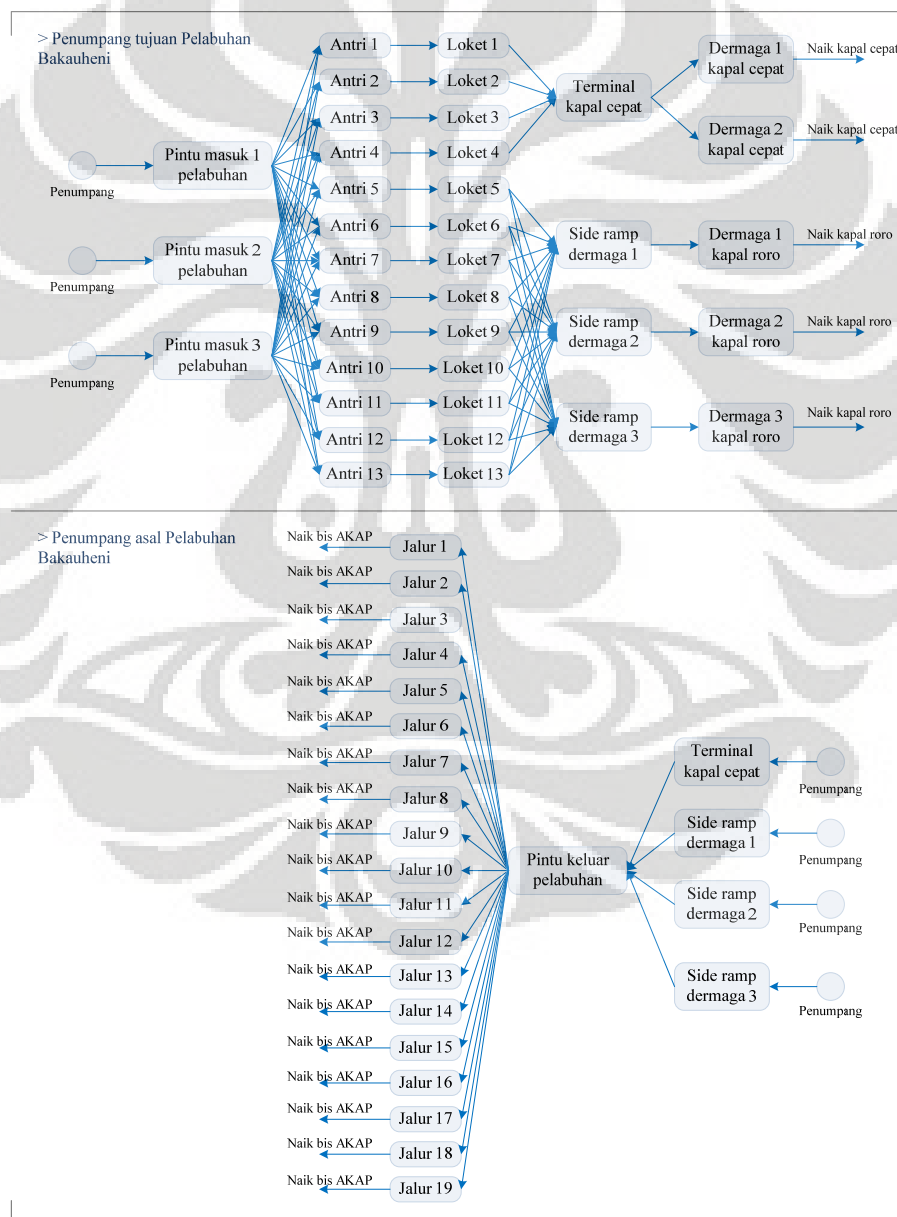
Setelah selesai mengangkut penumpang, bus AKAP akan keluar sistem melalui gerbang keluar terminal. Jika gerbangnya sedang tidak terisi (kosong), bus dapat langsung bergerak menuju gerbang. Sebaliknya, jika sedang terisi, bus terpaksa mengantri dan menunggu hingga kosong.

#### 3. 2. 6. Asumsi

- Semua bus AKAP berasal dari satu perusahaan jasa angkutan sehingga tidak ada *overlapping* jadwal kedatangan.
- Semua penumpang menggunakan moda bus AKAP untuk pergi ke pelabuhan.
- Bus AKAP akan tetap pergi meninggalkan terminal walaupun tidak ada satupun penumpang yang berhasil diangkut selama waktu pengangkutan.

### 3. 3. Sub-sistem Penumpang

Sub-sistem penumpang terbagi menjadi dua, yaitu penumpang tujuan pelabuhan Bakauheni dan penumpang asal pelabuhan Bakauheni. Sub-sistem penumpang tujuan pelabuhan Bakauheni merupakan keseluruhan proses operasional penumpang sejak turun dari bus AKAP hingga naik ke kapal, baik kapal ro-ro maupun kapal cepat. Sedangkan, sub-sistem penumpang asal pelabuhan Bakauheni dimulai sejak penumpang turun dari setiap kapal ro-ro atau kapal cepat di setiap dermaga hingga naik bus AKAP.



Gambar 3. 2. Diagram alir penumpang

### 3. 3. 1. Entitas

Penumpang terdiri atas dua jenis, yaitu penumpang dewasa dan anak-anak. Klasifikasi penumpang ini didasarkan atas perbedaan tarif naik kapal untuk kedua jenis penumpang tersebut. Tarif naik kapal penumpang anak-anak jauh lebih murah dibandingkan penumpang dewasa. Kemudian, kecepatan masing-masing entitas ini diasumsikan konstan 3 km/jam, yang merupakan kecepatan rata-rata manusia ketika sedang berjalan.

### 3. 3. 2. Lokasi

Area pelabuhan Merak merupakan lokasi utama tempat penumpang diproses. Area ini terbagi menjadi tujuh area utama, yaitu (1) pintu masuk pelabuhan, (2) antrian loket kapal cepat, (3) antrian loket kapal ro-ro, (4) loket kapal cepat, (5) loket kapal ro-ro, (6) *side ramp* dermaga kapal ro-ro, dan (7) terminal kapal cepat. Terdapat tiga pintu masuk pelabuhan, empat antrian dan loket kapal cepat, sembilan antrian dan loket kapal ro-ro, tiga *side ramp* dermaga, dan satu terminal kapal cepat. Jumlah dan kapasitasnya dapat dilihat pada **Tabel 3. 6.**

### 3. 6.

**Tabel 3. 6.** Deskripsi lokasi tempat entitas penumpang diproses

Lokasi		Jumlah	Kapasitas
Pintu masuk pelabuhan			
Pintu masuk 1	unit	1	~
Pintu masuk 2	unit	1	~
Pintu masuk 3	unit	1	~
Antrian loket kapal cepat			
Antrian 1	unit	1	4
Antrian 2	unit	1	4
Antrian 3	unit	1	4
Antrian 4	unit	1	8
Antrian loket kapal ro-ro			
Antrian 5	unit	1	8
Antrian 6	unit	1	8
Antrian 7	unit	1	8
Antrian 8	unit	1	4
Antrian 9	unit	1	4
Antrian 10	unit	1	4

Antrian 11	unit	1	4
Antrian 12	unit	1	4
Antrian 13	unit	1	4
Loket kapal cepat			
Loket 1	unit	1	1
Loket 2	unit	1	1
Loket 3	unit	1	1
Loket 4	unit	1	1
Loket kapal roro			
Loket 5	unit	1	1
Loket 6	unit	1	1
Loket 7	unit	1	1
Loket 8	unit	1	1
Loket 9	unit	1	1
Loket 10	unit	1	1
Loket 11	unit	1	1
Loket 12	unit	1	1
Loket 13	unit	1	1
<i>Side ramp</i>			
<i>Side ramp</i> dermaga 1	unit	1	~
<i>Side ramp</i> dermaga 2	unit	1	~
<i>Side ramp</i> dermaga 3	unit	1	~
Terminal kapal cepat	unit	1	~

### 3. 3. 3. Deskripsi proses

Berdasarkan jenis entitasnya, proses operasi penumpang di pelabuhan terbagi menjadi dua, yaitu proses operasi penumpang tujuan pelabuhan Bakauheni dan penumpang asal pelabuhan Bakauheni.

#### 3. 3. 3. 1. Penumpang tujuan pelabuhan Bakauheni

Proses operasi dimulai ketika penumpang turun dari bus AKAP dan menuju salah satu pintu masuk pelabuhan. Dari pintu masuk pelabuhan penumpang menuju antrian loket tiket. Penumpang mengambil keputusan apakah akan naik kapal cepat atau kapal roro. Jika hendak naik kapal cepat penumpang masuk antrian 1-4, sedangkan untuk kapal roro masuk antrian 5-13. Penumpang mengantri dan bergerak menuju loket tiket masing-masing antrian. Kemudian di setiap loket, baik loket kapal cepat maupun kapal roro, penumpang membeli tiket selama distribusi normal (rata-rata = 15, st. deviasi = 3) detik. Setelah

mendapatkan tiket, melalui gangway, penumpang kapal roro langsung menuju salah satu *side ramp*, sedangkan penumpang kapal cepat menuju terminal ponton. *Side ramp* merupakan sebuah jembatan bergerak yang menghubungkan gangway dengan kapal roro. Di *side ramp* dan terminal ponton, tiket diperiksa selama distribusi uniform (mean = 4, half range = 2) detik dan kemudian penumpang menunggu hingga diangkut kapal. Setiap penumpang rata-rata membutuhkan waktu 5 detik untuk berjalan di atas *side ramp* menuju kapal roro.

**Tabel 3. 7.** Deskripsi proses penumpang tujuan pelabuhan Bakauheni

Lokasi	Proses	Waktu proses	Lokasi berikutnya	Waktu / cara berpindah
Pintu masuk 1			Antrian loket tiket 1 - 10	Melalui rute masuk
Pintu masuk 2			Antrian loket tiket 1 - 10	Melalui rute masuk
Pintu masuk 3			Antrian loket tiket 1 - 10	Melalui rute masuk
Antrian loket 1	Bergerak dalam antrian menuju loket tiket.	7 detik	Loket tiket 1	1 detik
Antrian loket 2	Bergerak dalam antrian menuju loket tiket.	7 detik	Loket tiket 2	1 detik
Antrian loket 3	Bergerak dalam antrian menuju loket tiket.	7 detik	Loket tiket 3	1 detik
Antrian loket 4	Bergerak dalam antrian menuju loket tiket.	12 detik	Loket tiket 4	1 detik
Antrian loket 5	Bergerak dalam antrian menuju loket tiket.	12 detik	Loket tiket 5	1 detik
Antrian loket 6	Bergerak dalam antrian menuju loket tiket.	12 detik	Loket tiket 6	1 detik
Antrian loket 7	Bergerak dalam antrian menuju loket tiket.	12 detik	Loket tiket 7	1 detik
Antrian loket 8	Bergerak dalam antrian menuju loket tiket.	8 detik	Loket tiket 8	1 detik
Antrian loket 9	Bergerak dalam antrian menuju loket tiket.	8 detik	Loket tiket 9	1 detik
Antrian loket 10	Bergerak dalam antrian menuju loket tiket.	8 detik	Loket tiket 10	1 detik
Antrian loket 11	Bergerak dalam antrian menuju loket tiket.	8 detik	Loket tiket 11	1 detik
Antrian loket 12	Bergerak dalam antrian	8 detik	Loket tiket 12	1 detik

	menuju loket tiket.			
Antrian loket 13	Bergerak dalam antrian menuju loket tiket.	8 detik	Loket tiket 13	1 detik
Loket tiket 1	Membeli tiket kapal cepat.	N (15,3) detik	Terminal ponton	Melalui gangway
Loket tiket 2	Membeli tiket kapal cepat.	N (15,3) detik	Terminal ponton	Melalui gangway
Loket tiket 3	Membeli tiket kapal cepat.	N (15,3) detik	Terminal ponton	Melalui gangway
Loket tiket 4	Membeli tiket kapal cepat.	N (15,3) detik	Terminal ponton	Melalui gangway
Loket tiket 5	Membeli tiket kapal ro-ro.	N (15,3) detik	Side ramp dermaga 1 - 3	Melalui gangway
Loket tiket 6	Membeli tiket kapal ro-ro.	N (15,3) detik	Side ramp dermaga 1 - 3	Melalui gangway
Loket tiket 7	Membeli tiket kapal ro-ro.	N (15,3) detik	Side ramp dermaga 1 - 3	Melalui gangway
Loket tiket 8	Membeli tiket kapal ro-ro.	N (15,3) detik	Side ramp dermaga 1 - 3	Melalui gangway
Loket tiket 9	Membeli tiket kapal ro-ro.	N (15,3) detik	Side ramp dermaga 1 - 3	Melalui gangway
Loket tiket 10	Membeli tiket kapal ro-ro.	N (15,3) detik	Side ramp dermaga 1 - 3	Melalui gangway
Loket tiket 11	Membeli tiket kapal ro-ro.	N (15,3) detik	Side ramp dermaga 1 - 3	Melalui gangway
Loket tiket 12	Membeli tiket kapal ro-ro.	N (15,3) detik	Side ramp dermaga 1 - 3	Melalui gangway
Loket tiket 13	Membeli tiket kapal ro-ro.	N (15,3) detik	Side ramp dermaga 1 - 3	Melalui gangway
Terminal ponton	Tiket diperiksa. Menunggu sampai diangkat.	U (4,2) detik	Dermaga kapal cepat 1,2	5 detik
Side ramp dermaga 1	Tiket diperiksa. Menunggu sampai diangkat.	U (4,2) detik	Dermaga kapal ro-ro 1	5 detik
Side ramp dermaga 2	Tiket diperiksa. Menunggu sampai diangkat.	U (4,2) detik	Dermaga kapal ro-ro 2	5 detik
Side ramp dermaga 3	Tiket diperiksa. Menunggu sampai diangkat.	U (4,2) detik	Dermaga kapal ro-ro 3	5 detik

### 3. 3. 3. 2. Penumpang asal pelabuhan Bakauheni

Sub-sistem penumpang asal pelabuhan Bakauheni dimulai ketika penumpang tiba di salah satu *side ramp* setelah turun dari kapal ro-ro atau tiba di terminal ponton setelah turun dari kapal cepat. Dari keempat area tersebut,



melalui gangway, penumpang langsung menuju pintu keluar yang menghubungkan pelabuhan dengan terminal bus. Di pintu keluar, penumpang membutuhkan waktu sekitar normal (mean = 3, st. deviasi = 1) menit untuk berpikir akan naik bus jurusan apa. Kemudian penumpang menuju salah satu jalur bus selama 30 detik dan naik bus AKAP di jalur tersebut.

**Tabel 3. 8.** Deskripsi proses penumpang asal pelabuhan Bakauheni

Lokasi	Proses	Waktu proses	Lokasi berikutnya	Waktu / cara berpindah
Terminal ponton			Pintu keluar	Melalui rute keluar
<i>Side ramp</i> dermaga 1			Pintu keluar	Melalui rute keluar
<i>Side ramp</i> dermaga 2			Pintu keluar	Melalui rute keluar
<i>Side ramp</i> dermaga 3			Pintu keluar	Melalui rute keluar
Pintu keluar	Menentukan bus AKAP mana yang mau dinaiki.	N (3,1) min	Jalur bis 1-19	30 detik

### 3. 3. 4. Kedatangan

#### 3. 3. 4. 1. Penumpang tujuan pelabuhan Bakauheni

Penumpang tujuan pelabuhan Bakauheni datang bersama bus AKAP yang dimana di setiap bus terdistribusi sejumlah penumpang seperti yang terlihat pada **Tabel 3. 9.** Dari total penumpang yang datang, 95%-nya adalah penumpang dewasa sedangkan selebihnya adalah penumpang anak-anak.

**Tabel 3. 9.** Persebaran jumlah penumpang di setiap jenis bus AKAP

Trayek	Kelas	Distribusi
Merak-Sukabumi	Ekonomi	P(30)
	Non-Ekonomi	P(24)
Merak-Bogor	Ekonomi	P(15)
	Non-Ekonomi	P(12)
Merak-Bandung (via Puncak)	Ekonomi	P(24)
	Non-Ekonomi	P(20)
Merak-Bandung (via Cipularang)	Ekonomi	P(24)
	Non-Ekonomi	P(20)
Merak-Banjar	Ekonomi	P(30)

	Non-Ekonomi	P(24)
Merak-Kp. Rambutan	Ekonomi	P(9)
	Non-Ekonomi	P(8)
Merak-Kalideres	Ekonomi	P(9)
	Non-Ekonomi	P(8)
Merak-Pulogadung	Ekonomi	P(12)
	Non-Ekonomi	P(10)
Merak-Tanjung Priok	Ekonomi	P(12)
	Non-Ekonomi	P(10)
Merak-Jawa Tengah	Ekonomi	P(30)
	Non-Ekonomi	P(24)
Merak-Cirebon	Ekonomi	P(24)
	Non-Ekonomi	P(20)
Merak-Bekasi	Ekonomi	P(12)
	Non-Ekonomi	P(10)
Merak-Cikarang	Ekonomi	P(18)
	Non-Ekonomi	P(15)

#### 3. 3. 4. 2. Penumpang asal pelabuhan Bakauheni

Penumpang asal pelabuhan Bakauheni datang bersama kapal ro-ro dan kapal cepat. Setiap kapal ro-ro mengangkut sejumlah penumpang yang terdistribusi poisson seperti yang terlihat pada **Tabel 3. 10**.

**Tabel 3. 10.** Persebaran jumlah penumpang di setiap kapal ro-ro

Jam		Jumlah Penumpang
0:00	- 0:59	P(36)
1:00	- 1:59	P(15)
2:00	- 2:59	P(1)
3:00	- 3:59	P(1)
4:00	- 4:59	P(0)
5:00	- 5:59	P(3)
6:00	- 6:59	P(3)
7:00	- 7:59	P(5)
8:00	- 8:59	P(4)
9:00	- 9:59	P(57)
10:00	- 10:59	P(127)
11:00	- 11:59	P(122)
12:00	- 12:59	P(110)
13:00	- 13:59	P(95)
14:00	- 14:59	P(18)
15:00	- 15:59	P(64)

16:00	-	16:59	P(56)
17:00	-	17:59	P(47)
18:00	-	18:59	P(38)
19:00	-	19:59	P(25)
20:00	-	20:59	P(24)
21:00	-	21:59	P(47)
22:00	-	22:59	P(54)
23:00	-	23:59	P(63)

Pada tabel diatas, data persebaran jumlah penumpang di setiap kapalnya dilihat dari jam kedatangan kapal ro-ro di Pelabuhan Merak. Jadi, sebagai contoh, semua kapal ro-ro yang tiba di Pelabuhan Merak pada pukul 16:00 – 16:59 mengangkut penumpang yang terdistribusi poisson sejumlah 56 orang. Data diatas khusus berlaku pada situasi dimana dalam sehari jumlah kapal yang beroperasi sebanyak 20 buah dan *headway* antar kapal sebesar 18 menit. Jika kedua variabel ini berubah, maka data-data diatas akan berubah pula.

### 3. 3. 5. Pemacu pergerakan (*move trigger*)

#### 3. 3. 5. 1. *Unload area* 1,2,3, menuju Pintu masuk 1,2,3

Bus di lokasi *Unload area* 1,2,3 menurunkan penumpang menuju Pintu masuk 1,2,3 berdasarkan distribusi pada **Tabel 3. 11.** di bawah ini. Sebagai contoh, 55% penumpang yang diturunkan oleh bus AKAP di *Unload 2* bergerak menuju Pintu masuk 1, 40% bergerak menuju Pintu masuk 2, dan 5% bergerak menuju Pintu Masuk 3.

**Tabel 3. 11.** Persebaran pergerakan penumpang menuju Pintu Masuk 1,2,3

Dari:	Ke:		
	Pintu masuk 1	Pintu masuk 2	Pintu masuk 3
Unload 1	80%	20%	0%
Unload 2	55%	40%	5%
Unload 3	40%	45%	15%

#### 3. 3. 5. 2. Pintu masuk 1,2,3 menuju Antrian loket 1-13

Dari Pintu masuk 1,2,3, penumpang menuju antrian loket 1-13 berdasarkan dua kondisi. Kondisi pertama adalah kondisi dimana kapal cepat

beroperasi. Jika kapal cepat beroperasi, maka 10% penumpang yang tiba selama waktu pengoperasian loket kapal cepat tersebut akan menuju antrian 1-4, yaitu antrian loket kapal cepat. Sedangkan 90% lebihnya menuju antrian 5-13, yaitu antrian loket kapal ro-ro. Kondisi kedua adalah kondisi dimana kapal cepat tidak beroperasi. Jika kondisi itu terjadi, antrian loket 1-4 akan ditutup, dan mengakibatkan 100% penumpang menuju antrian loket 5-13.

#### 3. 3. 5. 3. Antrian loket 1-13 menuju Loket 1-13

Penumpang yang mengantri di antrian loket x hanya bisa menuju loket x jika loket x tersebut kosong. Jika sedang terisi (penuh), penumpang wajib mengantri dibelakangnya sampai loket tersebut kosong.

#### 3. 3. 5. 4. Loket 1-4 menuju Terminal ponton

Setelah membeli tiket kapal cepat di loket 1-4, penumpang langsung menuju terminal ponton jika tersedia. Jika tidak, penumpang wajib mengantri dan menunggu sampai tersedia.

#### 3. 3. 5. 5. Loket 5-13 menuju *Side ramp* dermaga 1,2,3

Setelah membeli tiket kapal ro-ro di loket 5-13, penumpang menuju salah satu *side ramp* dermaga 1,2,3 berdasarkan instruksi pelabuhan. Sebagai contoh, jika pelabuhan menginstruksikan bahwa pelayanan yang sedang berlangsung saat ini adalah pelayanan dermaga 3, maka semua penumpang yang membeli tiket dalam rentang waktu instruksi tersebut harus menuju dermaga 3. Prosedur instruksi pelabuhan akan dibahas lebih detail di **Bagian 3. 4. 3.**

#### 3. 3. 5. 6. Terminal ponton menuju Dermaga ponton 1,2

Penumpang di terminal ponton menuju dermaga ponton 1 atau 2 sesuai instruksi petugas terminal kapal cepat. Penumpang baru bisa naik kapal jika kapal tersebut sudah siap mengangkut penumpang baru, dalam arti semua penumpang asal Bakauheni sudah diturunkan dan kapal sudah selesai dibersihkan. Jika belum, penumpang wajib menunggu sampai kapal siap.

### 3. 3. 5. 7. *Side ramp* dermaga 1,2,3 menuju Dermaga 1,2,3

Penumpang di *side ramp* dermaga x hanya bisa menuju dermaga x untuk menaiki kapal. Penumpang baru bisa naik kapal jika kapal tersebut sudah siap mengangkut penumpang baru, dalam arti semua penumpang asal Bakauheni sudah diturunkan dan kapal sudah selesai dibersihkan. Jika belum, penumpang wajib menunggu sampai kapal siap.

### 3. 3. 5. 8. Terminal ponton dan *side ramp* dermaga 1,2,3 menuju Pintu keluar

Penumpang kapal ro-ro asal Pelabuhan Bakauheni yang turun di *side ramp* dermaga 1,2,3 dan penumpang kapal cepat yang turun di terminal ponton langsung menuju pintu keluar jika pintu keluarnya tersedia, yang notabene-nya pintu keluar pasti tersedia.

### 3. 3. 5. 9. Pintu keluar menuju Jalur 1-19.

Setiap penumpang di pintu keluar memiliki tujuannya masing-masing yang terdistribusi seperti pada **Tabel 3. 12**. Contohnya, 10.5% dari total penumpang yang tiba di pintu keluar Pelabuhan Merak hari itu berniat menuju Bandung via Cipularang. 60% dari penumpang tersebut memilih menggunakan bus kelas ekonomi sedangkan selebihnya memilih menggunakan bus kelas bisnis atau eksekutif. Penumpang dengan karakteristik tersebut langsung menuju jalur yang melayani bus dengan karakteristik yang sama, dengan syarat bus tersebut ada dan siap mengangkut penumpang baru. Jika tidak, penumpang wajib menunggu sampai busnya tiba.

**Tabel 3. 12.** Persebaran tujuan penumpang

%	Trayek	%	Kelas
2.6%	Merak-Sukabumi	60%	Ekonomi
		40%	Non-Ekonomi
2.6%	Merak-Bogor	60%	Ekonomi
		40%	Non-Ekonomi
10.5%	Merak-Bandung (via Puncak)	60%	Ekonomi
		40%	Non-Ekonomi
10.5%	Merak-Bandung (via Cipularang)	60%	Ekonomi
		40%	Non-Ekonomi
5.3%	Merak-Banjar	60%	Ekonomi

		40%	Non-Ekonomi
15.8%	Merak-Kp. Rambutan	60%	Ekonomi
		40%	Non-Ekonomi
15.8%	Merak-Kalideres	60%	Ekonomi
		40%	Non-Ekonomi
5.3%	Merak-Pulogadung	60%	Ekonomi
		40%	Non-Ekonomi
5.3%	Merak-Tanjung Priok	60%	Ekonomi
		40%	Non-Ekonomi
5.3%	Merak-Jawa Tengah	60%	Ekonomi
		40%	Non-Ekonomi
5.3%	Merak-Cirebon	60%	Ekonomi
		40%	Non-Ekonomi
10.5%	Merak-Bekasi	60%	Ekonomi
		40%	Non-Ekonomi
5.3%	Merak-Cikarang	60%	Ekonomi
		40%	Non-Ekonomi

### 3. 3. 6. Tarif

Berikut adalah harga tiket kapal ro-ro dan kapal cepat. Tiket kapal ro-ro termasuk kelas ekonomi sedangkan kapal cepat termasuk kelas bisnis.

**Tabel 3. 13.** Harga tiket kapal ro-ro dan kapal cepat

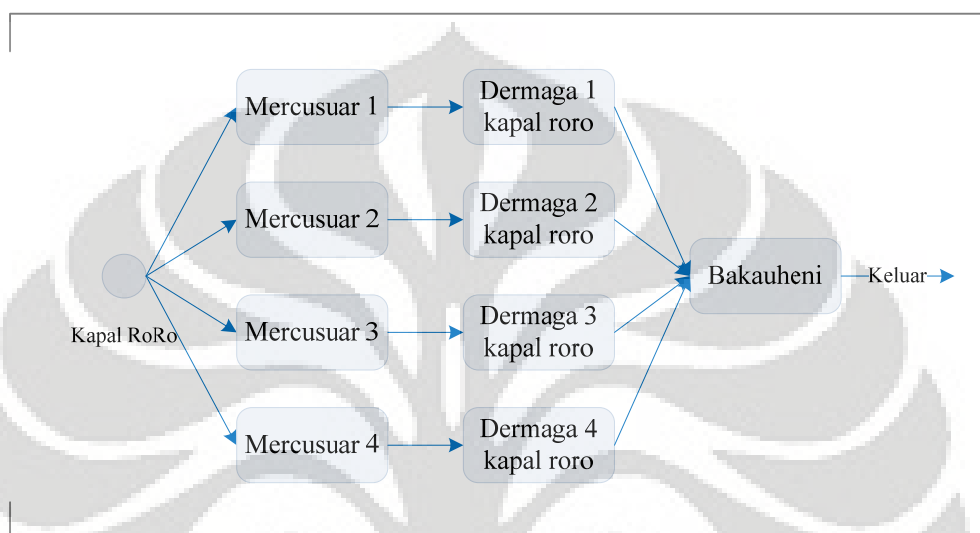
Golongan	Tarif				Jumlah
	Jasa Pelabuhan	Jasa Angkutan	Jasa Asuransi	Ke Pemda	
Bisnis Dewasa	2,700	25,650	1,050	600	<b>30,000</b>
Bisnis Anak	1,071	12,750	750	429	<b>15,000</b>
Ekonomi Dewasa	1,286	7,929	500	286	<b>10,000</b>
Ekonomi Anak	625	4,375	250	250	<b>5,500</b>

### 3. 3. 7. Asumsi

- Penumpang tidak bisa memilih-milih kapal yang hendak dinaiki. Kadangkala ada beberapa penumpang yang sudah hafal jadwal kapal ro-ro “langganannya”. Jadi dia akan menunggu di area pelabuhan sampai kapalnya itu datang.
- Di pintu keluar, penumpang akan terus menunggu hingga busnya tiba. Tidak ada pemikiran untuk mengalihkan tujuan.

### 3. 4. Sub-sistem Kapal RoRo

Sub-sistem kapal ro-ro merupakan keseluruhan proses operasional kapal ro-ro di pelabuhan Merak, mulai dari kedatangan kapal di mercusuar, berlabuh di dermaga untuk menurunkan dan mengangkat penumpang baru, hingga pergi berlayar menuju pelabuhan Bakauheni.



**Gambar 3. 3.** Diagram alir kapal ro-ro

#### 3. 4. 1. Entitas

Entitas dari sub-sistem ini adalah kapal ro-ro. Istilah ro-ro itu sendiri merupakan singkatan dari *Roll-on Roll off*. Artinya, kendaraan dapat langsung meluncur masuk (*roll-on*) ke dalam kapal, dan ketika sampai tujuan, kendaraan tersebut dapat meluncur keluar (*roll-off*) dari kapal menuju daratan. Kapal ro-ro yang beroperasi di lintasan penyeberangan Merak-Bakauheni berjumlah 29 unit, dapat dilihat pada **Tabel 3. 14**. Tiga diantaranya adalah milik pemerintah, yaitu Jatra I, Jatra II, dan Jatra III. Masing-masing kapal ini telah dijadwal untuk hanya bisa berlabuh di salah satu dermaga di Pelabuhan Merak. Contohnya, kapal-kapal yang saat ini dijadwal untuk berlabuh di dermaga 1 antara lain: Jatra I, Jatra II, Jatra III, BSP I, Mufidah, NS. Jaya, Windu Karsa P, dan Windu Karsa D. Jumlah kapal yang beroperasi di dermaga 1, 2, dan 3 dipukul rata sejumlah 8 unit. Sedangkan khusus untuk dermaga 4 hanya 5 unit kapal ro-ro yang beroperasi. Kecepatan maksimal tiap-tiap kapal berbeda-beda, mulai dari 9 knot hingga 18

knot. Akan tetapi, ketika beroperasi menggunakan jadwal kapal sekarang, kapal hanya diperbolehkan melaju dengan kecepatan 7.5 knot.

**Tabel 3. 14.** Deskripsi kapal ro-ro yang beroperasi di lintasan penyeberangan Merak-Bakauheni

Nama kapal	Kapasitas		Kecepatan maksimal (knot)	Dermaga			
	orang	kendaraan		1	2	3	4
Jatra I	800	80	10	•			
Jatra II	900	75	10	•			
Jatra III	800	80	14	•			
Bsp I	760	97	10	•			
Bsp II	600	148	9			•	
Bsp III	1,045	230	9			•	
Menggala	773	125	14		•		
Mufidah	530	89	14	•			
Duta Banten	470	118	17			•	
Ns Dharma	361	60	13		•		
Ns Bahagia	439	100	12				•
Ns Setia	404	68	12				•
Ns Agung	400	100	12			•	
Ns Mulia	430	71	10		•		
Ns Jaya	746	100	12	•			
Titian Murni	671	80	10		•		
Mitra Ns.	950	125	11		•		
Prima Ns.	1,006	45	11		•		
Royal Ns.	1,050	165	10			•	
Hm Baruna I	708	153	12			•	
Raja Basa I	592	101	10			•	
Tri Buana I	400	140	15			•	
Windu Karsa P	600	100	17	•			
Bahuga P	484	60	13		•		
Sms Kerta	480	75	12		•		
Kotabumi	400	20	10				•
Tristar 8	697	97	10				•
Mentari Nst	1,028	150	14				•
Windu Karsa D	378	85	18	•			



### 3. 4. 2. Lokasi

Lokasi untuk sub-sistem kapal ro-ro terbagi atas empat lokasi utama, yaitu: dok, mercusuar, dermaga, dan Bakauheni. Dok merupakan tempat awal dimana kapal tiba sebelum menuju dermaga. Kemudian, mercusuar terbagi ke dalam empat jenis sesuai dengan jumlah dermaga di pelabuhan Merak. Mercusuar ini berfungsi sebagai patokan pihak pelabuhan untuk mengalihkan pelayanan. Ketika sebuah kapal melewati mercusuar no. 3, maka situasi itu menjadi sebuah tanda bagi pihak pelabuhan untuk mengalihkan pelayanan ke dermaga no. 3. Demikian seterusnya. Dermaga merupakan tempat kapal ro-ro berlabuh untuk menurunkan penumpang dan mengangkut penumpang baru. Dermaga di pelabuhan Merak berjumlah 4 unit, sama dengan jumlah dermaga di pelabuhan Bakauheni. Dan yang terakhir, Bakauheni, merupakan pelabuhan tujuan berikutnya dari kapal ro-ro setelah selesai melakukan proses di pelabuhan Merak.

**Tabel 3. 15.** Deskripsi lokasi tempat entitas kapal ro-ro diproses

Lokasi		Jumlah	Kapasitas
Dok	unit	1	41
Mercusuar			
Mercusuar 1	unit	1	1
Mercusuar 2	unit	1	1
Mercusuar 3	unit	1	1
Mercusuar 4	unit	1	1
Dermaga kapal ro-ro			
Dermaga 1	unit	1	1
Dermaga 2	unit	1	1
Dermaga 3	unit	1	1
Dermaga 4	unit	1	1
Bakauheni	unit	1	~

### 3. 4. 3. Deskripsi proses

Proses sub-sistem kapal ro-ro dimulai ketika kapal tiba di dok Pelabuhan Merak. Dari sini, kapal langsung menuju salah satu mercusuar berdasarkan dermaga mana yang akan dimasuki. Jika ingin menuju dermaga 2, kapal ro-ro harus terlebih dahulu melewati mercusuar no. 2. Proses ini menjadi tanda bagi

pihak pelabuhan, yang mengawasi keempat mercusuar dari menara pengawas, untuk mengalihkan pelayanan dari dermaga sebelumnya menuju dermaga 2. Maksud dari “pelayanan” disini adalah proses mengalihkan penumpang orang dan kendaraan menuju salah satu dermaga oleh pegawai lapangan pelabuhan berdasarkan instruksi dari menara pengawas. Proses pengalihan pelayanan ini diumumkan melalui pengeras suara. Setelah itu, kapal ro-ro segera menuju salah satu dermaga untuk bersandar. Proses manuver ini memakan waktu selama distribusi normal ( $\text{mean} = 7$ ,  $\text{st.deviasi} = 3$ ) menit. Ketika nakhoda kapal merasa kapalnya sudah tepat posisinya, beberapa awak kapal akan menurunkan empat buah tali, dua di depan dan dua lagi di belakang, dan mengaitkannya ke lantai dermaga. Tujuannya adalah untuk menstabilkan posisi kapal. Proses ini memakan waktu selama distribusi normal ( $\text{mean} = 2$ ,  $\text{st. deviasi} = 1$ ) menit. Setelah kesemua proses ini selesai, pihak petugas lapangan pelabuhan segera mengoperasikan *side ramp* penumpang selama 1,5 menit dan *side ramp* kendaraan selama 1 menit. *Side ramp* ini berfungsi sebagai jembatan penghubung antara kapal dengan daratan. Sewaktu petugas pelabuhan mengoperasikan *side ramp*, para awak kapal mengaktifkan *moveable bridge* selama 45 detik. Jadi, penumpang keluar kapal lewat *side ramp* penumpang, sepeda motor dan mobil pribadi keluar kapal lewat *side ramp* kendaraan, serta bus dan truk keluar kapal lewat *moveable bridge*. Penumpang orang membutuhkan waktu 3 detik untuk turun dari kapal, motor & mobil membutuhkan waktu 6 detik untuk turun dari kapal, serta bus & truk membutuhkan waktu 10 detik untuk turun dari kapal. Setelah semua penumpang dan kendaraan turun, kapal ro-ro langsung mengangkut penumpang dan kendaraan baru yang sudah menunggu di *side ramp* atau area parkir dermaga. Proses ini berlangsung sampai 10 menit sebelum waktu pengangkutan berakhir. Waktu pengangkutan ini sudah ditentukan sebelumnya oleh manajemen PT. ASDP, yaitu 60 menit dihitung dari kapal ro-ro tiba di mercusuar. Setelah waktu pengangkutan ini habis, *side ramp* penumpang, kendaraan, dan *moveable bridge* dinonaktifkan. Kemudian tali-tali digulung kembali dan kapal bersiap-siap meninggalkan dermaga menuju pelabuhan Bakauheni.

**Tabel 3. 16.** Deskripsi proses sub-sistem kapal roro

Lokasi	Proses	Waktu proses	Lokasi berikutnya	Waktu / cara berpindah
Dok			Mercusuar 1,2,3,4	Melalui rute kapal
Mercusuar 1	Memberikan sinyal kepada menara pengawas untuk mengalihkan pelayanan ke dermaga 1		Dermaga 1	Melalui rute kapal
Mercusuar 2	Memberikan sinyal kepada menara pengawas untuk mengalihkan pelayanan ke dermaga 2		Dermaga 2	Melalui rute kapal
Mercusuar 3	Memberikan sinyal kepada menara pengawas untuk mengalihkan pelayanan ke dermaga 3		Dermaga 3	Melalui rute kapal
Mercusuar 4	Memberikan sinyal kepada menara pengawas untuk mengalihkan pelayanan ke dermaga 4		Dermaga 4	Melalui rute kapal
Dermaga 1	Sandar Manuver Mengaitkan tali ke dermaga Mengaktifkan side ramp pnp Mengaktifkan side ramp knd Menurunkan moveable bridge Disembarkasi Penumpang Motor & mobil Bus & truk Embarkasi Menonaktifkan side ramp pnp Menonaktifkan side ramp knd Menonaktifkan moveable bridge Menunggu	N (7,3) menit N (2,1) menit 1.5 menit 1 menit 45 detik  @ 3 detik @ 6 detik @ 10 detik T - 10 menit 1.5 menit 1 menit 45 detik 10 menit	Bakauheni	Melalui rute kapal
Dermaga 2	Sandar Manuver Mengaitkan tali ke dermaga Mengaktifkan side ramp pnp Mengaktifkan side ramp knd Menurunkan moveable bridge Disembarkasi Penumpang Motor & mobil Bus & truk	N (7,3) menit N (2,1) menit 1.5 menit 1 menit 45 detik  @ 3 detik @ 6 detik @ 10 detik	Bakauheni	Melalui rute kapal

	Embarkasi	T - 10 menit		
	Menonaktifkan side ramp pnp	1.5 menit		
	Menonaktifkan side ramp knd	1 menit		
	Menonaktifkan moveable bridge	45 detik		
	Menunggu	10 menit		
Dermaga 3	Sandar		Bakauheni	Melalui rute kapal
	Manuver	N (7,3) menit		
	Mengaitkan tali ke dermaga	N (2,1) menit		
	Mengaktifkan side ramp pnp	1.5 menit		
	Mengaktifkan side ramp knd	1 menit		
	Menurunkan moveable bridge	45 detik		
	Disembarkasi			
	Penumpang	@ 3 detik		
	Motor & mobil	@ 6 detik		
	Bus & truk	@ 10 detik		
	Embarkasi	T - 10 menit		
	Menonaktifkan side ramp pnp	1.5 menit		
	Menonaktifkan side ramp knd	1 menit		
	Menonaktifkan moveable bridge	45 detik		
	Menunggu	10 menit		
Dermaga 4	Sandar		Bakauheni	Melalui rute kapal
	Manuver	N (7,3) menit		
	Mengaitkan tali ke dermaga	N (2,1) menit		
	Mengaktifkan side ramp pnp	1.5 menit		
	Mengaktifkan side ramp knd	1 menit		
	Menurunkan moveable bridge	45 detik		
	Disembarkasi			
	Penumpang	@ 3 detik		
	Motor & mobil	@ 6 detik		
	Bus & truk	@ 10 detik		
	Embarkasi	T - 10 menit		
	Menonaktifkan side ramp pnp	1.5 menit		
	Menonaktifkan side ramp knd	1 menit		
	Menonaktifkan moveable bridge	45 detik		
	Menunggu	10 menit		
Bakauheni			Keluar sistem	

#### 3. 4. 4. Kedatangan

Kapal ro-ro tiba di Pelabuhan Merak berdasarkan jadwal yang terlihat pada **Tabel 3. 17.** dibawah ini. Urutan dermaga yang dilayani adalah 2-4-1-3. Jadi

dermaga 2 yang pertama dilayani kemudian dermaga 4, dermaga 1, dan terakhir dermaga 3. Setelah dermaga 3 akan berulang lagi ke dermaga 1. Siklus ini akan terus berputar-putar sampai 40 hari. Setelah 40 hari, urutan pelayanan dermaga ini akan dijadwal ulang oleh manajemen PT. ASDP. *Headway* kapal yang telah disepakati manajemen adalah 18 menit. Untuk menjaga rasa keadilan antar kapal, maka angka ini mengakibatkan proses pelayanan kapal juga berlangsung selama 18 menit. Dalam sehari ada 17 kapal yang beroperasi, yaitu: lima kapal di dermaga 1, 2, dan 3 serta dua kapal di dermaga 4. Sehingga mengakibatkan tiga kapal di masing-masing dermaga engker atau istirahat. Setelah satu unit kapal menyelesaikan 40 trip, kapal tersebut diistirahatkan dan diganti oleh kapal lain yang sedang engker dan sudah mengantri untuk masuk ke dalam sistem. Sekali perjalanan dari Merak ke Bakauheni atau sebaliknya dihitung sebagai satu trip.

**Tabel 3. 17.** Jadwal kapal roro pelabuhan Merak

Hari ke-25 MERAK					
No.	Jam	Dmg1	Dmg2	Dmg3	Dmg4
1	0:00		N. MULIA		
2	0:18				fr-2
3	0:36	MUFI			
4	0:54			TRIB	
5	1:12		BAHUGA		
6	1:30				TRISTAR
7	1:48	JAT-1			
8	2:06			BSP-2	
9	2:24		MITRA		
10	2:42				KOTA
11	3:00	JAT-3			
12	3:18			HMB	
13	3:36		MGL		
14	3:54				fr-5
15	4:12	WKP			
16	4:30			N.AGUNG	
17	4:48		SMS		
18	5:06				fr-1
19	5:24	JAT-2			
20	5:42			ROYAL	
21	6:00		N. MULIA		
22	6:18				fr-2
23	6:36	MUFI			
24	6:54			TRIB	
25	7:12		BAHUGA		
26	7:30				TRISTAR

27	7:48	JAT-1		
28	8:06		BSP-2	
29	8:24		MITRA	
30	8:42			KOTA
31	9:00	JAT-3		
32	9:18		HMB	
33	9:36		MGL	
34	9:54			fr-5
35	10:12	WKP		
36	10:30		N.AGUNG	
37	10:48		SMS	
38	11:06			fr-1
39	11:24	JAT-2		
40	11:42		ROYAL	
41	12:00		N. MULIA	
42	12:18			fr-2
43	12:36	MUFI		
44	12:54		TRIB	
45	13:12		BAHUGA	
46	13:30			TRISTAR
47	13:48	JAT-1		
48	14:06		BSP-2	
49	14:24		MITRA	
50	14:42			KOTA
51	15:00	JAT-3		
52	15:18		HMB	
53	15:36		MGL	
54	15:54			fr-5
55	16:12	WKP		
56	16:30		N.AGUNG	
57	16:48		SMS	
58	17:06			fr-1
59	17:24	JAT-2		
60	17:42		ROYAL	
61	18:00		N. MULIA	
62	18:18			fr-2
63	18:36	MUFI		
64	18:54		TRIB	
65	19:12		BAHUGA	
66	19:30			TRISTAR
67	19:48	JAT-1		
68	20:06		BSP-2	
69	20:24		MITRA	
70	20:42			KOTA
71	21:00	JAT-3		
72	21:18		HMB	
73	21:36		MGL	
74	21:54			fr-5
75	22:12	WKP		
76	22:30		N.AGUNG	
77	22:48		SMS	
78	23:06			fr-1

79	23:24	JAT-2		
80	23:42		ROYAL	
Kapal engker				
BSP-1	N.DHARMA	BSP-3	N.BHG	
N.JAYA	T.MURNI	DUTA B.	N.SETIA	
WKD	PRIMA	R. BASA	MENTAR	

### 3. 4. 5. Pemacu pergerakan (*move trigger*)

#### 3. 4. 5. 1. Dok menuju Mercusuar 1,2,3,4

Kapal roro menuju mercusuar 1, 2, 3, atau 4 berdasarkan jadwal kapal roro diatas. Kapal-kapal yang sudah dijadwalkan untuk berlabuh di dermaga x tidak bisa berlabuh di dermaga y, hanya di dermaga x. Jika mercusuar 1, 2, 3, atau 4 sedang terisi (penuh), maka kapal dibelakangnya harus menunggu hingga kosong. Karena mercusuar x sedang penuh, kapal tidak bisa beralih ke mercusuar y untuk menuju dermaga x.

#### 3. 4. 5. 2. Mercusuar 1,2,3,4 menuju Dermaga 1,2,3,4

Kapal-kapal dari mercusuar x hanya bisa menuju dermaga x. Jika dermaga x sedang penuh, masih ada kapal yang sedang bersandar, maka kapal terpaksa tetap menunggu di mercusuar x tersebut hingga dermaga x menjadi kosong.

#### 3. 4. 5. 3. Dermaga 1,2,3,4 menuju Bakauheni.

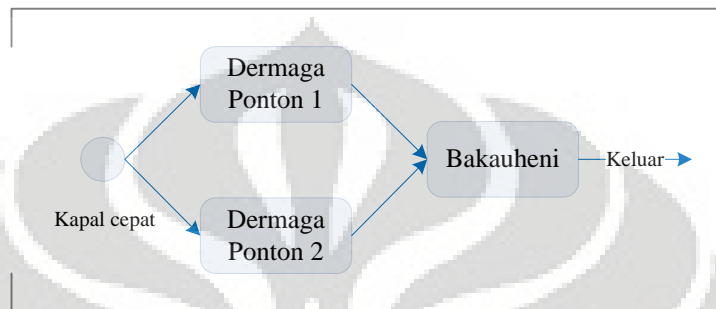
Setelah selesai melakukan operasi di dermaga, kapal roro dapat langsung menuju Bakauheni dan kemudian keluar dari sistem.

#### 3. 4. 6. Asumsi

- Kapal selalu tiba *on-time* sesuai jadwal (tidak pernah telat).
- Kapal berangkat dari dermaga menuju Bakauheni sesuai jadwal, proses embarkasi tidak dipercepat dan tidak juga diperlambat.
- Kapal tidak digilir setelah 40 trip.
- Bahan bakar kapal selalu penuh sehingga kapal tidak pernah mogok.
- Air bersih selalu tersedia tanpa perlu diisi ulang.

### 3. 5. Sub-sistem Kapal Cepat

Sub-sistem kapal cepat merupakan keseluruhan proses operasional kapal cepat di dermaga ponton, meliputi proses disembarkasi dan embarkasi penumpang dan dibatasi oleh sebuah jadwal yang telah ditetapkan oleh pihak manajemen PT. ASDP.



**Gambar 3. 4.** Diagram alir kapal cepat

#### 3. 5. 1 Entitas

Entitas dari sub-sistem ini adalah kapal cepat itu sendiri. Walaupun hanya bisa mengangkut penumpang, akan tetapi kapal cepat dua kali lebih cepat dibandingkan kapal ro-ro. Jika kapal ro-ro membutuhkan waktu 120 menit untuk sampai Pelabuhan Bakauheni, kapal cepat hanya membutuhkan waktu 60 menit untuk sampai tempat yang sama. Jadi, ketika berlayar kecepatan kapal cepat adalah sekitar 15 – 20 knot, walaupun pada dasarnya kecepatannya bisa mencapai 30 knot. Nama-nama kapal cepat beserta kapasitas dan kecepatannya dapat dilihat pada **Tabel 3. 18**. Total kapal cepat yang dialokasikan untuk lintasan penyeberangan Merak-Bakauheni berjumlah 12 unit. Akan tetapi, sehari-hari hanya terlihat beberapa saja kapal cepat yang beroperasi. Hal ini disebabkan oleh minimnya jumlah penumpang yang ingin menggunakan kapal cepat untuk menyeberang karena harga tiketnya yang cenderung mahal.

**Tabel 3. 18.** Deskripsi kapal cepat yang beroperasi di lintasan penyeberangan Merak-Bakauheni



Nama kapal	Kapasitas (orang)	Kecepatan maksimal (knot)
Samudra Jaya 2	181	26
Samudra Jaya 3	140	28
Alle Express 6	165	28
Widi Express 10	116	24
Srikandi	175	30
Srikandi 99	224	30
SS Ferry	124	28
Citra Jet 02	179	28
Citra Jet 03	218	30
Pascadana	171	29
Makasar Express	157	30
Tulang bawang	180	20

### 3. 5. 2. Lokasi

Sub-sistam kapal cepat memiliki tiga lokasi utama, yaitu dok, dermaga ponton, dan Bakauheni. Dok adalah lokasi pertama yang dikunjungi kapal cepat ketika masuk sistem. Dok kapal cepat sama dengan dok kapal ro-ro. Dermaga ponton terbagi menjadi dua, yaitu dermaga ponton 1 di sisi kiri terminal kapal cepat, dan dermaga ponton 2 di sisi kanan terminal kapal cepat. Dermaga ponton ini berfungsi sebagai tempat bersandarnya kapal. Kemudian yang terakhir, Bakauheni, merupakan pelabuhan tujuan berikutnya dari kapal cepat setelah selesai melakukan proses di dermaga ponton.

**Tabel 3. 19.** Deskripsi lokasi tempat kapal cepat diproses

Lokasi	Jumlah	Kapasitas
Dok	unit	41
Dermaga ponton		
Ponton 1	unit	1
Ponton 2	unit	1
Bakauheni	unit	~

### 3. 5. 3. Deskripsi proses

Sub-sistem kapal cepat dimulai ketika kapal cepat tiba di dok pelabuhan Merak. Dari sini, kapal cepat menuju salah satu dermaga, baik dermaga ponton 1

maupun dermaga ponton 2. Kapal cepat membutuhkan waktu distribusi normal (mean = 6, st. deviasi = 2) menit untuk melakukan manuver. Sama seperti kapal roro, setelah nahkoda kapal merasa posisi kapalnya sudah tepat, para awak kapal akan melempar dua buah tali, satu di depan dan satu lagi di belakang, yang kemudian dikaitkan ke tiang terminal ponton. Proses ini membutuhkan waktu distribusi normal (mean = 2, st. deviasi = 1) menit. Setelah kesemua proses ini selesai, kapal cepat akan menurunkan sebuah jembatan yang berfungsi sebagai penghubung antara kapal dengan terminal dan menjadi tempat pijakan penumpang yang akan turun dari kapal. Masing-masing penumpang membutuhkan waktu 5 detik untuk turun dari kapal. Setelah semua penumpang turun, kapal cepat langsung mengangkut penumpang baru yang sudah menunggu di area terminal kapal cepat atau masih dalam perjalanan menuju terminal kapal cepat. Proses ini berlangsung sampai 10 menit sebelum waktu pengangkutan berakhir. Waktu pengangkutan ini sudah ditentukan sebelumnya oleh manajemen PT. ASDP, yaitu 45 menit dihitung dari waktu kapal cepat tiba di dermaga ponton. Setelah waktu pengangkutan ini habis, jembatan dimasukkan kembali ke dalam kapal. Kemudian tali-tali digulung kembali dan kapal bersiap-siap meninggalkan dermaga ponton menuju pelabuhan Bakauheni.

**Tabel 3. 20.** Deskripsi proses sub-sistem kapal cepat

Lokasi	Proses	Waktu proses	Lokasi berikutnya	Waktu / cara berpindah
Dok			Dermaga ponton 1,2	Melalui rute kapal
Dermaga ponton 1	Sandar		Bakauheni	Melalui rute kapal
	Manuver	N (6,2) menit		
	Mengaitkan tali ke dermaga	N (2,1) menit		
	Mengoperasikan jembatan	30 detik		
	Disembarkasi	@ penumpang 5 detik		
	Embarkasi	T - 10 menit		
Dermaga ponton 2	Menunggu	10 menit	Bakauheni	Melalui rute kapal
	Sandar			
	Manuver	N (6,3) menit		
	Mengaitkan tali ke dermaga	N (2,1) menit		
	Mengoperasikan jembatan	30 detik		

Disembarkasi	@ penumpang 5 detik
Embarkasi	T - 10 menit
Menunggu	10 menit
Bakauheni	Keluar sistem

#### 3. 5. 4. Kedatangan

Dalam kondisi ideal, kapal cepat akan tiba di Pelabuhan Merak berdasarkan jadwal yang terlihat pada **Tabel 3. 21.** dibawah ini. Setiap hari ada 6 unit kapal cepat yang beroperasi yang dimana masing-masing kapal beroperasi sebanyak 3 – 6 trip. *Headway* antar kapal adalah 45 menit. Angka ini sama artinya dengan angka waktu pelayanan untuk masing-masing dermaga ponton. Jadi, 45 menit pertama adalah waktu pelayanan dermaga ponton 1, dan 45 menit kedua adalah waktu pelayanan dermaga ponton 2, dan begitu seterusnya. Setelah selesai satu hari, keenam kapal pertama diistirahatkan (engker) dan digilir dengan enam kapal kedua, dan begitu seterusnya.

**Tabel 3. 21.** Jadwal kapal cepat pelabuhan Merak

Hari ke-1		
No.	Kapal	Jam
1	Tulang bawang	8:00
2	Makasar Express	8:45
3	Samudra Jaya 2	9:30
4	Alle Express 6	10:15
5	Srikandi 99	11:00
6	Citra Jet 02	11:45
7	Tulang bawang	12:30
8	Makasar Express	13:15
9	Samudra Jaya 2	14:00
10	Alle Express 6	14:45
11	Srikandi 99	15:30
12	Citra Jet 02	16:15
13	Tulang bawang	17:00
Engker:		
	Samudra Jaya 3	Citra Jet 03
	SS Ferry	Widi Express 10
	Srikandi	Pascadana

### 3. 5. 5. Pemacu pergerakan (*move trigger*)

#### 3. 5. 5. 1. Dok menuju Dermaga Ponton 1,2

Kapal cepat menuju dermaga ponton 1 atau 2 secara bergantian. Jika dermaga ponton 1 sedang terisi, maka kapal menuju dermaga ponton 2. Begitu juga sebaliknya, jika dermaga ponton 2 sedang terisi, kapal menuju dermaga ponton 1. Jika dua-duanya terisi, kapal terpaksa menunggu di dok sampai salah satu dermaga ponton kosong. Jika dua-duanya kosong, kapal cepat akan menuju dermaga ponton 1 terlebih dahulu.

#### 3. 5. 5. 2. Dermaga ponton 1,2 menuju Bakauheni

Setelah selesai melakukan operasi di dermaga, kapal cepat dapat langsung menuju Bakauheni dan kemudian keluar dari sistem.

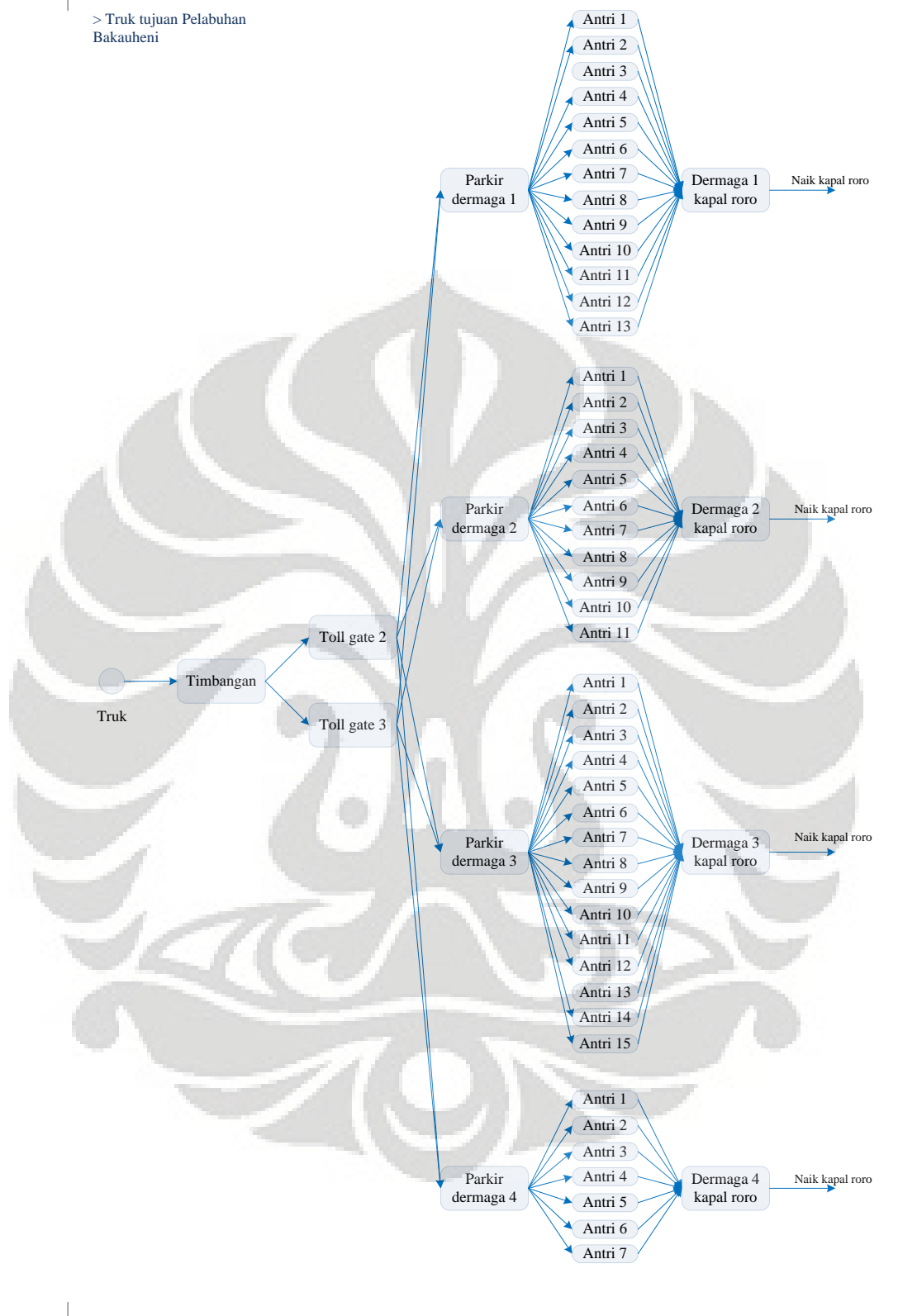
#### 3. 5. 6. Asumsi

- Kapal selalu tiba *on-time* sesuai jadwal (tidak pernah telat).
- Kapal berangkat dari dermaga menuju Bakauheni sesuai jadwal, proses embarkasi tidak dipercepat dan tidak juga diperlambat.
- Bahan bakar kapal selalu penuh sehingga kapal tidak pernah mogok.
- Air bersih selalu tersedia tanpa perlu diisi ulang.

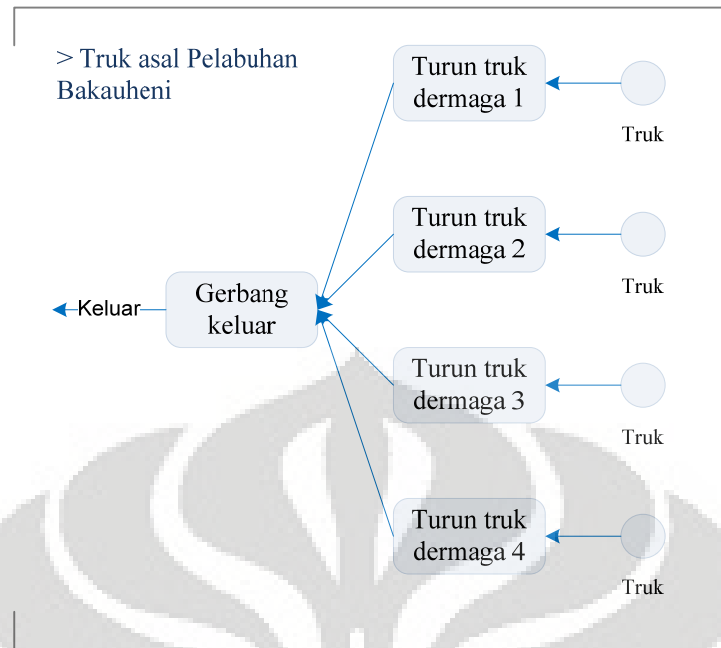
### 3. 6. Sub-sistem Truk

Sub-sistem truk terbagi menjadi dua, yaitu sub-sistem truk tujuan pelabuhan Bakauheni dan sub-sistem truk asal pelabuhan Bakauheni. Sub-sistem truk tujuan pelabuhan Bakauheni meliputi keseluruhan proses operasional truk mulai dari gerbang masuk pelabuhan, timbangan, *tollgate*, hingga parkir di dermaga untuk mengantri menaiki kapal ro-ro menuju pelabuhan Bakauheni. Sebaliknya, sub-sistem truk asal pelabuhan Bakauheni meliputi keseluruhan proses operasional truk sejak diturunkan dari kapal ro-ro hingga menuju gerbang keluar pelabuhan Merak.

> Truk tujuan Pelabuhan  
Bakauheni



**Gambar 3. 5.** Diagram alir truk tujuan pelabuhan Bakauheni



**Gambar 3. 6.** Diagram alir truk asal pelabuhan Bakauheni

### 3. 6. 1. Entitas

Truk adalah entitas dari sub-sistem ini. Truk ini terbagi kedalam lima golongan berdasarkan panjangnya, yaitu: (1) golongan IV, (2) golongan V, (3) golongan VI, (4) golongan VII, dan (5) golongan VIII. Semakin panjang truknya, semakin memakan tempat truk tersebut di dalam kapal, dan semakin mahal tarif tiket kapalnya. Sementara itu, kecepatan truk selama di area pelabuhan diasumsikan konstan 12 km/jam.

**Tabel 3. 22.** Deskripsi truk berdasarkan golongannya

Truk	Panjang (m)	Kecepatan (km/jam)
Golongan IV	< 5	12
Golongan V	5 - 7	12
Golongan VI	7 - 10	12
Golongan VII	10 - 12	12
Golongan VIII	> 12	12

### 3. 6. 2. Lokasi

Lokasi sub-sistem truk terbagi ke dalam enam lokasi utama, yaitu (1) gerbang masuk pelabuhan, (2) timbangan, (3) *tollgate*, (4) parkir, (5) area turun

dari kapal, dan (6) gerbang keluar pelabuhan. Truk masuk ke dalam sistem melalui gerbang masuk. Berat truk ditimbang di area timbangan sekaligus muatannya diperiksa apakah membawa barang-barang yang berbahaya atau tidak. Timbangan hanya bisa memuat satu truk pada satu waktu. *Tollgate* merupakan tempat dimana truk membeli tiket kapal ro-ro. Terdapat dua unit *tollgate* di pelabuhan Merak. Kemudian, area parkir dibagi menjadi empat sesuai jumlah dermaga. Area parkir ini berfungsi menampung truk sebelum dinaikkan ke dalam kapal. Masing-masing area parkir memiliki jumlah antrian yang berbeda-beda seperti yang dapat dilihat pada **Tabel 3. 23.** dibawah ini. Area turun adalah area transisi antara kapal dengan daratan yang terbagi menjadi empat pula berdasarkan jumlah dermaga pelabuhan Merak. Dan yang terakhir adalah gerbang keluar. Truk yang melewati lokasi ini menandakan bahwa truk tersebut sudah keluar dari sistem penyeberangan Merak.

**Tabel 3. 23.** Deskripsi lokasi sub-sistem truk

Lokasi		Jumlah	Kapasitas
Gerbang masuk pelabuhan		1	1
Timbangan	unit	1	1
Toll gate			
Toll gate 2	unit	1	1
Toll gate 3	unit	1	1
Parkir			
Antrian dermaga 1	unit	13	103
Antrian dermaga 2	unit	11	57
Antrian dermaga 3	unit	15	109
Antrian dermaga 4	unit	7	96
Turun			
Turun dermaga 1	unit	1	1
Turun dermaga 2	unit	1	1
Turun dermaga 3	unit	1	1
Turun dermaga 4	unit	1	1
Gerbang keluar pelabuhan	unit	1	1

### 3. 6. 3. Deskripsi proses

#### 3. 6. 3. 1. Truk tujuan pelabuhan Bakauheni

Truk tiba di gerbang masuk pelabuhan dan langsung menuju timbangan. Berat truk ditimbang dan muatannya diperiksa apakah membawa barang-barang berbahaya atau ilegal selama 30 detik. Kemudian truk menuju salah satu *tollgate* untuk membeli tiket kapal ro-ro. Proses pembelian tiket ini berlangsung selama distribusi triangular ( $\text{min} = 5$ ,  $\text{modus} = 7$ ,  $\text{max} = 10$ ) detik. Dari *tollgate*, truk menuju salah satu parkir dermaga sesuai dengan yang diinstruksikan petugas lapangan pelabuhan Merak. Di setiap area parkir dermaga, truk memilih salah satu antrian dan mengantri untuk diangkut kapal. Di ujung antrian akan ada seorang petugas yang memeriksa tiket selama distribusi uniform ( $\text{mean} = 4$ ,  $\text{half range} = 2$ ) detik. Jika sudah lengkap truk diperbolehkan untuk menaiki kapal. Setiap truk membutuhkan waktu 45 detik untuk masuk ke dalam kapal ro-ro.

**Tabel 3. 24.** Deskripsi proses truk tujuan pelabuhan Bakauheni

Lokasi	Proses	Waktu proses	Lokasi berikutnya	Waktu / cara berpindah
Timbangan	Bergerak dan ditimbang	5 detik	Toll gate 2,3	
Toll gate 2	Membeli tiket kapal ro-ro	T (5,7,10) detik	Parkir dermaga 1,2,3,4	
Toll gate 3	Membeli tiket kapal ro-ro	T (5,7,10) detik	Parkir dermaga 1,2,3,4	
Parkir dermaga 1			Antrian 1-13 dermaga 1	
Parkir dermaga 2			Antrian 1-11 dermaga 2	
Parkir dermaga 3			Antrian 1-15 dermaga 3	
Parkir dermaga 4			Antrian 1-7 dermaga 4	
Antrian 1-13 dermaga 1	Bergerak dalam antrian Tiket diperiksa Menunggu sampai diangkut	U (4,2) detik	Dermaga 1 kapal ro-ro	45 detik
Antrian 1-11 dermaga 2	Bergerak dalam antrian Tiket diperiksa	U (4,2) detik	Dermaga 2 kapal ro-ro	45 detik



Menunggu sampai diangkut				
Antrian 1-15 dermaga 3	Bergerak dalam antrian		Dermaga 3 kapal roro	45 detik
	Tiket diperiksa	U (4,2) detik		
	Menunggu sampai diangkut			
Antrian 1-7 dermaga 4	Bergerak dalam antrian		Dermaga 4 kapal roro	45 detik
	Tiket diperiksa	U (4,2) detik		
	Menunggu sampai diangkut			

### 3. 6. 3. 2. Truk asal pelabuhan Bakauheni

Truk asal pelabuhan Bakauheni memasuki sistem sejak turun dari kapal roro di salah satu area turun dermaga. Dari situ, truk langsung bergerak menuju gerbang keluar pelabuhan untuk keluar dari sistem.

**Tabel 3. 25.** Deskripsi proses truk asal pelabuhan Bakauheni

Lokasi	Proses	Waktu proses	Lokasi berikutnya	Waktu / cara berpindah
Turun dermaga 1			Gerbang keluar pelabuhan	
Turun dermaga 2			Gerbang keluar pelabuhan	
Turun dermaga 3			Gerbang keluar pelabuhan	
Turun dermaga 4			Gerbang keluar pelabuhan	
Gerbang keluar pelabuhan			Keluar sistem	

### 3. 6. 4. Kedatangan

#### 3. 6. 4. 1. Truk tujuan pelabuhan Bakauheni

Truk dengan tujuan pelabuhan Bakauheni tiba di pelabuhan Merak dengan siklus kedatangan seperti yang terlihat pada **Tabel 3. 26**. Dari tabel tersebut terlihat bahwa arus kedatangan truk cenderung merata dari waktu ke waktu. Sedangkan persebaran golongan truk yang tiba di pelabuhan Merak pada satu hari dapat dilihat pada **Tabel 3. 27**. Ternyata, berdasarkan data, jenis truk yang lebih sering menyeberang menuju pelabuhan Bakauheni didominasi oleh truk golongan V dan VI.

**Tabel 3. 26.** Siklus kedatangan truk tujuan pelabuhan Bakauheni

Jam	Distribusi
0:00 - 1:59	P(168)
2:00 - 3:59	P(160)
4:00 - 5:59	P(203)
6:00 - 7:59	P(204)
8:00 - 9:59	P(166)
10:00 - 11:59	P(151)
12:00 - 13:59	P(129)
14:00 - 15:59	P(161)
16:00 - 17:59	P(183)
18:00 - 19:59	P(141)
20:00 - 21:59	P(168)
22:00 - 23:59	P(192)

**Tabel 3. 27.** Persebaran golongan truk tujuan pelabuhan Bakauheni

Truk	Distribusi
Golongan IV	%total 16.12%
Golongan V	%total 33.54%
Golongan VI	%total 38.80%
Golongan VII	%total 9.79%
Golongan VIII	%total 1.75%
	100.00%

#### 3. 6. 4. 2. Truk asal pelabuhan Bakauheni

Truk asal pelabuhan Bakauheni datang bersama kapal. Setiap kapal ro-ro mengangkut sejumlah truk yang terdistribusi poisson seperti yang terlihat pada **Tabel 3. 28.** Tabel tersebut memaparkan data persebaran jumlah truk di setiap kapalnya dilihat dari jam kedatangan kapal ro-ro di pelabuhan Merak. Jadi, sebagai contoh, semua kapal ro-ro yang tiba di pelabuhan Merak pada pukul 13:00 – 13:59 mengangkut truk yang terdistribusi poisson sejumlah 23 unit. Data dibawah khusus berlaku pada situasi dimana dalam sehari jumlah kapal yang beroperasi sebanyak 20 buah dan *headway* antar kapal sebesar 18 menit. Jika kedua variabel ini berubah, maka data-data dibawah akan berubah pula.

**Tabel 3. 28.** Persebaran jumlah truk di setiap kapal ro-ro

Jam	Jumlah
-----	--------

			Truk
0:00	-	0:59	P(34)
1:00	-	1:59	P(29)
2:00	-	2:59	P(20)
3:00	-	3:59	P(40)
4:00	-	4:59	P(36)
5:00	-	5:59	P(61)
6:00	-	6:59	P(44)
7:00	-	7:59	P(33)
8:00	-	8:59	P(24)
9:00	-	9:59	P(38)
10:00	-	10:59	P(36)
11:00	-	11:59	P(32)
12:00	-	12:59	P(26)
13:00	-	13:59	P(23)
14:00	-	14:59	P(19)
15:00	-	15:59	P(41)
16:00	-	16:59	P(40)
17:00	-	17:59	P(44)
18:00	-	18:59	P(32)
19:00	-	19:59	P(21)
20:00	-	20:59	P(21)
21:00	-	21:59	P(43)
22:00	-	22:59	P(36)
23:00	-	23:59	P(54)

### 3. 6. 5. Pemacu pergerakan (*move trigger*)

#### 3. 6. 5. 1. Gerbang masuk pelabuhan menuju Timbangan

Truk yang tiba di gerbang masuk pelabuhan langsung menuju timbangan jika timbangannya sedang kosong. Jika tidak, truk wajib mengantri sampai timbangannya menjadi kosong.

#### 3. 6. 5. 2. Timbangan menuju *Tollgate* 2,3

Jika kedua *tollgate* tersebut kosong, truk lebih memilih *tollgate* 2. Jika keduanya penuh, truk memilih antrian *tollgate* yang paling sepi. Jika antrian *tollgatenya* juga penuh, truk terpaksa menunggu di timbangan sampai salah satu antrian *tollgate* tersedia untuk satu truk lagi.

### 3. 6. 5. 3. *Tollgate* 2,3 menuju Parkir dermaga 1,2,3,4

Setelah membeli tiket di *tollgate* 2 atau 3, truk diarahkan menuju salah satu dermaga yang sedang melakukan pelayanan oleh petugas lapangan pelabuhan. Truk wajib menaati segala instruksi petugas lapangan pelabuhan.

### 3. 6. 5. 4. Parkir dermaga 1 menuju Antrian truk 1-13

Truk memilih salah satu antrian yang paling sepi diantara tiga belas antrian truk yang tersedia. Jika dalam kondisi darurat, dimana semua antrian penuh, truk dialihkan oleh petugas pelabuhan menuju antrian dermaga yang akan melakukan pelayanan berikutnya, yaitu antrian dermaga 3 – 2 – 4.

### 3. 6. 5. 5. Parkir dermaga 2 menuju Antrian truk 1-11

Truk memilih salah satu antrian yang paling sepi diantara sebelas antrian truk yang tersedia. Jika dalam kondisi darurat, dimana semua antrian penuh, truk dialihkan oleh petugas pelabuhan menuju antrian dermaga yang akan melakukan pelayanan berikutnya, yaitu antrian dermaga 4 – 1 – 3.

### 3. 6. 5. 6. Parkir dermaga 3 menuju Antrian truk 1-15

Truk memilih salah satu antrian yang paling sepi diantara lima belas antrian truk yang tersedia. Jika dalam kondisi darurat, dimana semua antrian penuh, truk dialihkan oleh petugas pelabuhan menuju antrian dermaga yang akan melakukan pelayanan berikutnya, yaitu antrian dermaga 2 – 4 – 1.

### 3. 6. 5. 7. Parkir dermaga 4 menuju Antrian truk 1-7

Truk memilih salah satu antrian yang paling sepi diantara tujuh antrian truk yang tersedia. Jika dalam kondisi darurat, dimana semua antrian penuh, truk dialihkan oleh petugas pelabuhan menuju antrian dermaga yang akan melakukan pelayanan berikutnya, yaitu antrian dermaga 1 – 3 – 2.

### 3. 6. 5. 8. Antrian truk 1-13 menuju Dermaga 1

Truk menuju dermaga 1 untuk diangkut kapal ro-ro secara bergiliran, dari antrian 1 sampai 13. Kemudian digilir lagi dari antrian 13 sampai 1 dan begitu

seterusnya dengan syarat kapal ro-ro sudah siap mengangkut penumpang baru. Artinya, kapal sudah bersandar serta sudah selesai menurunkan semua penumpang dan kendaraan. Jika belum, truk harus menunggu sampai kondisi tersebut terpenuhi.

#### 3. 6. 5. 9. Antrian truk 1-11 menuju Dermaga 2

Truk menuju dermaga 2 untuk diangkut kapal ro-ro secara bergiliran, dari antrian 1 sampai 11. Kemudian digilir lagi dari antrian 11 sampai 1 dan begitu seterusnya dengan syarat kapal ro-ro sudah siap mengangkut penumpang baru.

#### 3. 6. 5. 10. Antrian truk 1-15 menuju Dermaga 3

Truk menuju dermaga 3 untuk diangkut kapal ro-ro secara bergiliran, dari antrian 1 sampai 15. Kemudian digilir lagi dari antrian 15 sampai 1 dan begitu seterusnya dengan syarat kapal ro-ro sudah siap mengangkut penumpang baru.

#### 3. 6. 5. 11. Antrian truk 1-7 menuju Dermaga 4

Truk menuju dermaga 4 untuk diangkut kapal ro-ro secara bergiliran, dari antrian 1 sampai 7. Kemudian digilir lagi dari antrian 7 sampai 1 dan begitu seterusnya dengan syarat kapal ro-ro sudah siap mengangkut penumpang baru.

#### 3. 6. 5. 12. Turun dermaga 1,2,3,4 menuju Gerbang keluar pelabuhan

Semua truk yang turun dari kapal ro-ro di dermaga 1, 2, 3, atau 4 langsung menuju gerbang keluar pelabuhan Merak jika tersedia, yang notabene-nya pasti tersedia (kecuali jika gerbang keluar pelabuhan sedang dalam perbaikan).

#### 3. 6. 6. Tarif

Berikut ini adalah harga tiket kapal ro-ro untuk setiap golongan truk. Makin tinggi golongannya, makin mahal harganya.

**Tabel 3. 29. Harga tiket kapal ro-ro untuk truk**

Golongan	Jasa Pelabuhan	Jasa Angkutan	Jasa Asuransi	Ke Pemda	Jumlah
Golongan IV	12,571	145,829	5,029	1,571	<b>165,000</b>

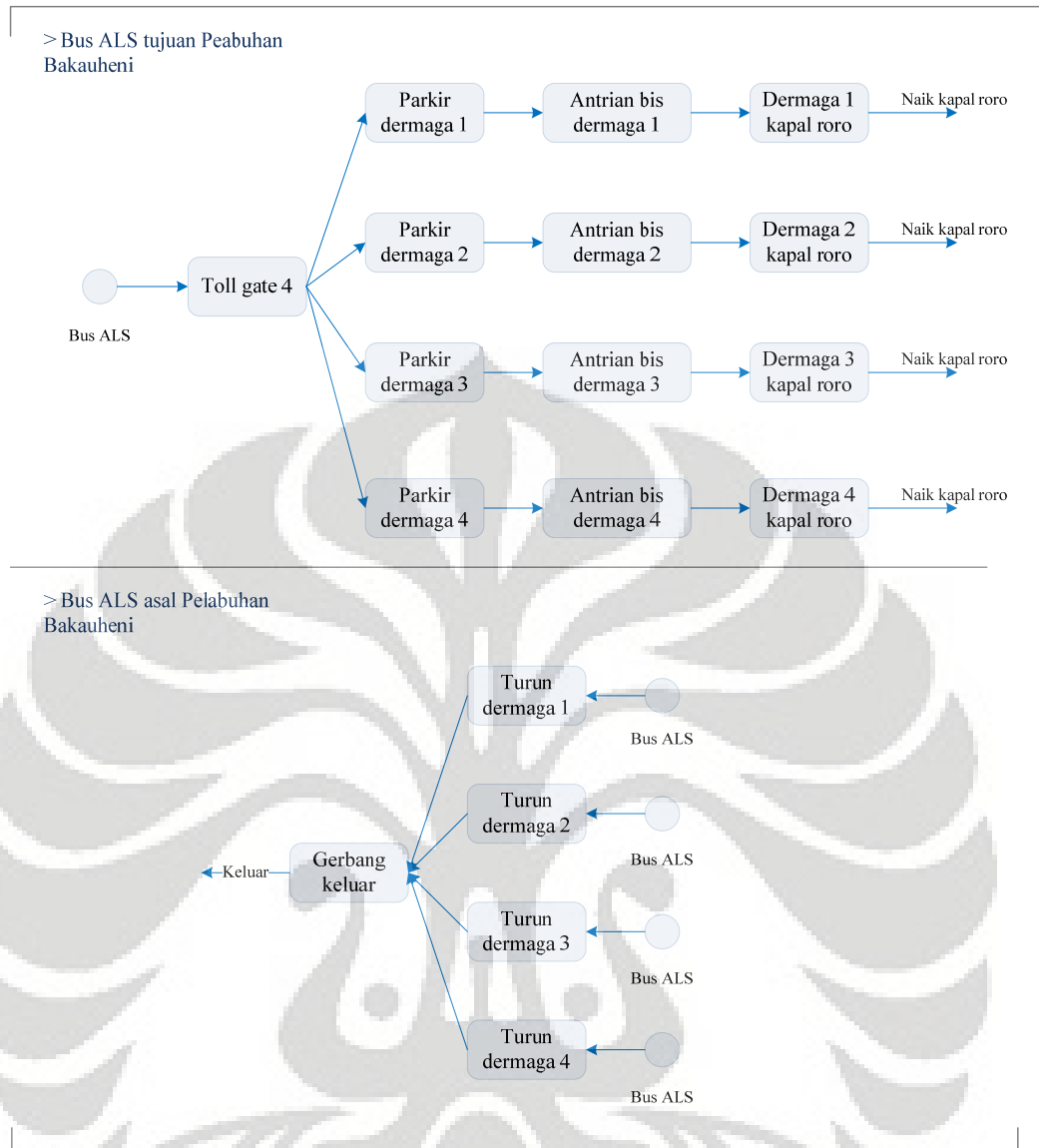
Golongan V	29,592	246,599	9,864	3,946	<b>290,000</b>
Golongan VI	47,250	340,007	13,886	3,857	<b>405,000</b>
Golongan VII	113,621	507,520	14,421	4,437	<b>640,000</b>
Golongan VIII	190,473	734,358	20,249	4,920	<b>950,000</b>

### 3. 6. 7. Asumsi

- Semua truk lolos uji berat dan uji keselamatan muatan.
- Truk yang sudah masuk antrian di salah satu area parkir dermaga tidak bisa keluar antrian menuju antrian area parkir dermaga lain.

### 3. 7. Sub-sistem Bus ALS

Sub-sistem bus ALS terbagi menjadi dua, yaitu sub-sistem bus ALS tujuan pelabuhan Bakauheni dan sub-sistem bus ALS asal pelabuhan Bakauheni. Sub-sistem bus ALS tujuan pelabuhan Bakauheni meliputi keseluruhan proses operasional bus mulai dari gerbang masuk pelabuhan, *tollgate*, hingga parkir dermaga untuk mengantri menaiki kapal ro-ro menuju pelabuhan Bakauheni. Sebaliknya, sub-sistem bus ALS asal pelabuhan Bakauheni meliputi keseluruhan proses operasional bus sejak diturunkan dari kapal ro-ro hingga menuju gerbang keluar pelabuhan Merak.



**Gambar 3. 7. Diagram alir bus ALS**

### 3. 7. 1. Entitas

Yang menjadi entitas dalam sub-sistem ini adalah bus ALS itu sendiri. Bus ALS terbagi ke dalam dua golongan berdasarkan ukurannya ,yaitu (1) golongan V, dan (2) golongan VI. Kecepatan bus di area pelabuhan Merak diasumsikan konstan 12 km/jam.

**Tabel 3. 30.** Deskripsi bus ALS berdasarkan golongannya

Bus	Panjang (m)	Kecepatan (km/jam)
Golongan V	5 - 7	12
Golongan VI	7 - 10	12

### 3. 7. 2. Lokasi

Lokasi sub-sistem bus ALS terbagi ke dalam lima lokasi utama, yaitu (1) gerbang masuk pelabuhan, (2) *tollgate*, (3) parkir, (4) area turun dari kapal, dan (5) gerbang keluar pelabuhan. Bus ALS masuk ke dalam sistem melalui gerbang masuk. *Tollgate* 4 merupakan tempat dimana bus membeli tiket kapal ro-ro dan tempat pemeriksaan jumlah penumpang. Kemudian, sama seperti truk, area parkir bus juga dibagi menjadi empat sesuai jumlah dermaga. Area parkir ini berfungsi menampung bus sebelum dinaikkan ke dalam kapal. Bedanya dengan truk, di masing-masing area parkir dermaga, hanya ada satu antrian untuk bus. Masing-masing area parkir tersebut memiliki kapasitas yang berbeda-beda seperti yang dapat dilihat pada **Tabel 3. 31** dibawah ini. Area turun adalah area transisi antara kapal dengan daratan yang terbagi menjadi empat pula berdasarkan jumlah dermaga pelabuhan Merak. Dan yang terakhir adalah gerbang keluar. Bus ALS yang melewati lokasi ini menandakan bahwa bus tersebut sudah keluar dari sistem penyeberangan Merak.

**Tabel 3. 31.** Deskripsi lokasi sub-sistem bus ALS

Lokasi		Jumlah	Kapasitas
Gerbang masuk pelabuhan		1	1
Toll gate 4		1	1
Parkir			
	Antrian bus dermaga 1	unit	1
	Antrian bus dermaga 2	unit	1
	Antrian bus dermaga 3	unit	22
	Antrian bus dermaga 4	unit	13
Turun			
	Turun dermaga 1	unit	1
	Turun dermaga 2	unit	1
	Turun dermaga 3	unit	1
	Turun dermaga 4	unit	1



Gerbang keluar pelabuhan	unit	1	1
--------------------------	------	---	---

### 3. 7. 3. Deskripsi Proses

#### 3. 7. 3. 1. Bus ALS tujuan pelabuhan Bakauheni

Bus tiba di gerbang masuk pelabuhan dan langsung menuju *tollgate* 4 untuk membeli tiket selama distribusi triangular (min = 5, modus = 7, max = 10) detik. Di lokasi ini, selain membeli tiket, jumlah penumpang bus juga dihitung selama distribusi normal (mean = 1.5, st. deviasi = 0.5) menit. Hal ini dilakukan dengan tujuan sebatas untuk pendataan operasional pelabuhan karena harga tiket bus yang dibeli sudah termasuk hitungan jumlah penumpang di dalamnya dengan asumsi bus dalam kondisi penuh. Dari *tollgate*, bus menuju salah satu parkir dermaga sesuai dengan yang diinstruksikan petugas lapangan pelabuhan Merak. Di setiap area parkir dermaga, bus langsung menuju antrian bus yang jumlahnya cuma satu. Di ujung antrian akan ada seorang petugas yang memeriksa tiket selama distribusi uniform (mean = 4, half range = 2) detik. Jika sudah lengkap, bus diperbolehkan untuk menaiki kapal. Bus mendapatkan prioritas lebih untuk menaiki kapal dibandingkan truk. Jadi, semua bus dalam antrian dipersilahkan naik kapal terlebih dahulu. Setelah itu, baru truk diperbolehkan naik kapal. Setiap bus membutuhkan waktu 45 detik untuk masuk ke dalam kapal ro-ro.

**Tabel 3. 32.** Deskripsi proses bus ALS tujuan pelabuhan Bakauheni

Lokasi	Proses	Waktu proses	Lokasi berikutnya	Waktu / cara berpindah
Toll gate 4	Jumlah penumpang diperiksa Membeli tiket kapal ro-ro	N(6,2) menit T(5,7,10) detik	Parkir dermaga 1,2,3,4	
Parkir dermaga 1			Antrian bus dermaga 1	
Parkir dermaga 2			Antrian bus dermaga 2	
Parkir dermaga 3			Antrian bus dermaga 3	
Parkir dermaga 4			Antrian bus dermaga 4	
Antrian bus dermaga 1	Bergerak dalam antrian Tiket diperiksa Menunggu sampai diangkut	U (4,2) detik	Dermaga 1 kapal ro-ro	45 detik

Antrian bus dermaga 2	Bergerak dalam antrian Tiket diperiksa Menunggu sampai diangkut	U (4,2) detik	Dermaga 2 kapal ro-ro	45 detik
Antrian bus dermaga 3	Bergerak dalam antrian Tiket diperiksa Menunggu sampai diangkut	U (4,2) detik	Dermaga 3 kapal ro-ro	45 detik
Antrian bus dermaga 4	Bergerak dalam antrian Tiket diperiksa Menunggu sampai diangkut	U (4,2) detik	Dermaga 4 kapal ro-ro	45 detik

### 3. 7. 3. 2. Bus ALS asal pelabuhan Bakauheni

Bus ALS asal pelabuhan Bakauheni memasuki sistem sejak turun dari kapal ro-ro di salah satu area turun dermaga. Dari situ, bus langsung bergerak menuju gerbang keluar pelabuhan untuk keluar dari sistem.

**Tabel 3. 33.** Deskripsi proses bus ALS asal pelabuhan Bakauheni

Lokasi	Proses	Waktu proses	Lokasi berikutnya	Waktu / cara berpindah
Turun dermaga 1			Gerbang keluar pelabuhan	
Turun dermaga 2			Gerbang keluar pelabuhan	
Turun dermaga 3			Gerbang keluar pelabuhan	
Turun dermaga 4			Gerbang keluar pelabuhan	
Gerbang keluar pelabuhan			Keluar sistem	

### 3. 7. 4. Kedatangan

#### 3. 7. 4. 1. Bus ALS tujuan pelabuhan Bakauheni

Bus ALS dengan tujuan pelabuhan Bakauheni tiba di pelabuhan Merak dengan siklus kedatangan seperti yang terlihat pada **Tabel 3. 34**. Dari tabel tersebut terlihat bahwa arus kedatangan bus ALS cenderung mulai padat pada jam 10 malam hingga jam 6 pagi. Sedangkan persebaran golongan bus ALS yang tiba di pelabuhan Merak pada satu hari dapat dilihat pada **Tabel 3.35**. Ternyata jenis

bus ALS yang menyeberang menuju Pelabuhan Bakauheni lebih banyak didominasi oleh bus golongan VI.

**Tabel 3. 34.** Siklus kedatangan bus ALS tujuan pelabuhan Bakauheni

Jam	Distribusi
0:00 - 1:59	P(36)
2:00 - 3:59	P(21)
4:00 - 5:59	P(20)
6:00 - 7:59	P(6)
8:00 - 9:59	P(2)
10:00 - 11:59	P(9)
12:00 - 13:59	P(8)
14:00 - 15:59	P(11)
16:00 - 17:59	P(18)
18:00 - 19:59	P(17)
20:00 - 21:59	P(11)
22:00 - 23:59	P(25)

**Tabel 3. 35.** Persebaran golongan bus ALS tujuan pelabuhan Bakauheni

Bus	Distribusi
Golongan V %total	26.79%
Golongan VI %total	73.21%
	100.00%

#### 3. 7. 4. 2. Bus ALS asal pelabuhan Bakauheni

Bus ALS asal pelabuhan Bakauheni datang bersama kapal. Setiap kapal roro mengangkut sejumlah bus yang terdistribusi poisson seperti yang terlihat pada **Tabel 3. 36.** Tabel tersebut memaparkan data persebaran jumlah bus ALS di setiap kapalnya dilihat dari jam kedatangan kapal roro di Pelabuhan Merak. Jadi, sebagai contoh, semua kapal roro yang tiba di Pelabuhan Merak pada pukul 00:00 – 00:59 mengangkut bus yang terdistribusi poisson sejumlah 5 unit. Data dibawah khusus berlaku pada situasi dimana dalam sehari jumlah kapal yang beroperasi sebanyak 20 buah dan *headway* antar kapal sebesar 18 menit. Jika kedua variabel ini berubah, maka data-data dibawah akan berubah pula.

**Tabel 3. 36.** Persebaran jumlah bus ALS di setiap kapal ro-ro

Jam		Jumlah Bus
0:00	- 0:59	P(5)
1:00	- 1:59	P(9)
2:00	- 2:59	P(4)
3:00	- 3:59	P(4)
4:00	- 4:59	P(6)
5:00	- 5:59	P(4)
6:00	- 6:59	P(2)
7:00	- 7:59	P(0)
8:00	- 8:59	P(0)
9:00	- 9:59	P(1)
10:00	- 10:59	P(1)
11:00	- 11:59	P(4)
12:00	- 12:59	P(1)
13:00	- 13:59	P(2)
14:00	- 14:59	P(1)
15:00	- 15:59	P(3)
16:00	- 16:59	P(3)
17:00	- 17:59	P(7)
18:00	- 18:59	P(2)
19:00	- 19:59	P(5)
20:00	- 20:59	P(2)
21:00	- 21:59	P(2)
22:00	- 22:59	P(6)
23:00	- 23:59	P(7)

### 3. 7. 5. Pemacu pergerakan (*move trigger*)

#### 3. 7. 5. 1. Gerbang masuk pelabuhan menuju *Tollgate 4*

Bus ALS yang tiba di gerbang masuk pelabuhan langsung menuju *tollgate 4* jika tersedia, dalam arti sedang kosong. Jika tidak, bus harus menunggu dan mengantri hingga *tollgate 4* kosong.

#### 3. 7. 5. 2. *Tollgate 4* menuju Parkir dermaga 1,2,3,4

Setelah membeli tiket di *tollgate 4*, bus ALS diarahkan menuju salah satu dermaga yang sedang melakukan pelayanan oleh petugas lapangan pelabuhan. Bus wajib menaati segala instruksi petugas lapangan pelabuhan.

### 3. 7. 5. 3. Parkir dermaga 1,2,3,4 menuju Antrian bus dermaga 1,2,3,4

Bus ALS langsung menuju antrian bus di masing-masing dermaga jika tersedia. Jika dalam kondisi darurat, dimana antrian bus-nya penuh, bus dialihkan oleh petugas pelabuhan menuju antrian bus dermaga yang akan melakukan pelayanan berikutnya.

### 3. 7. 5. 4. Antrian bus dermaga 1,2,3,4 menuju Dermaga 1,2,3,4

Bus menuju dermaga 1,2,3,4 untuk naik kapal ro-ro dengan prioritas kedua diatas truk dibawah kendaraan pribadi. Jadi, kendaraan pribadi yang pertama didahulukan masuk kapal, baru kemudian bus ALS, dan yang terakhir adalah truk dengan syarat kapal dalam kondisi sudah siap mengangkut. Artinya, kapal sudah bersandar serta sudah selesai menurunkan semua penumpang dan kendaraan. Jika belum, bus ALS harus menunggu sampai kondisi tersebut terpenuhi.

### 3. 7. 5. 5. Turun dermaga 1,2,3,4 menuju Gerbang keluar pelabuhan.

Semua bus ALS yang turun dari kapal ro-ro di dermaga 1, 2, 3, atau 4 langsung menuju gerbang keluar pelabuhan Merak jika tersedia, yang notabene-nya pasti tersedia (kecuali jika gerbang keluar pelabuhan sedang dalam perbaikan).

### 3. 7. 6. Tarif

Berikut ini adalah harga tiket kapal ro-ro untuk setiap golongan bus ALS. Makin tinggi golongannya, makin mahal harganya.

**Tabel 3. 37.** Harga tiket kapal ro-ro untuk bus ALS

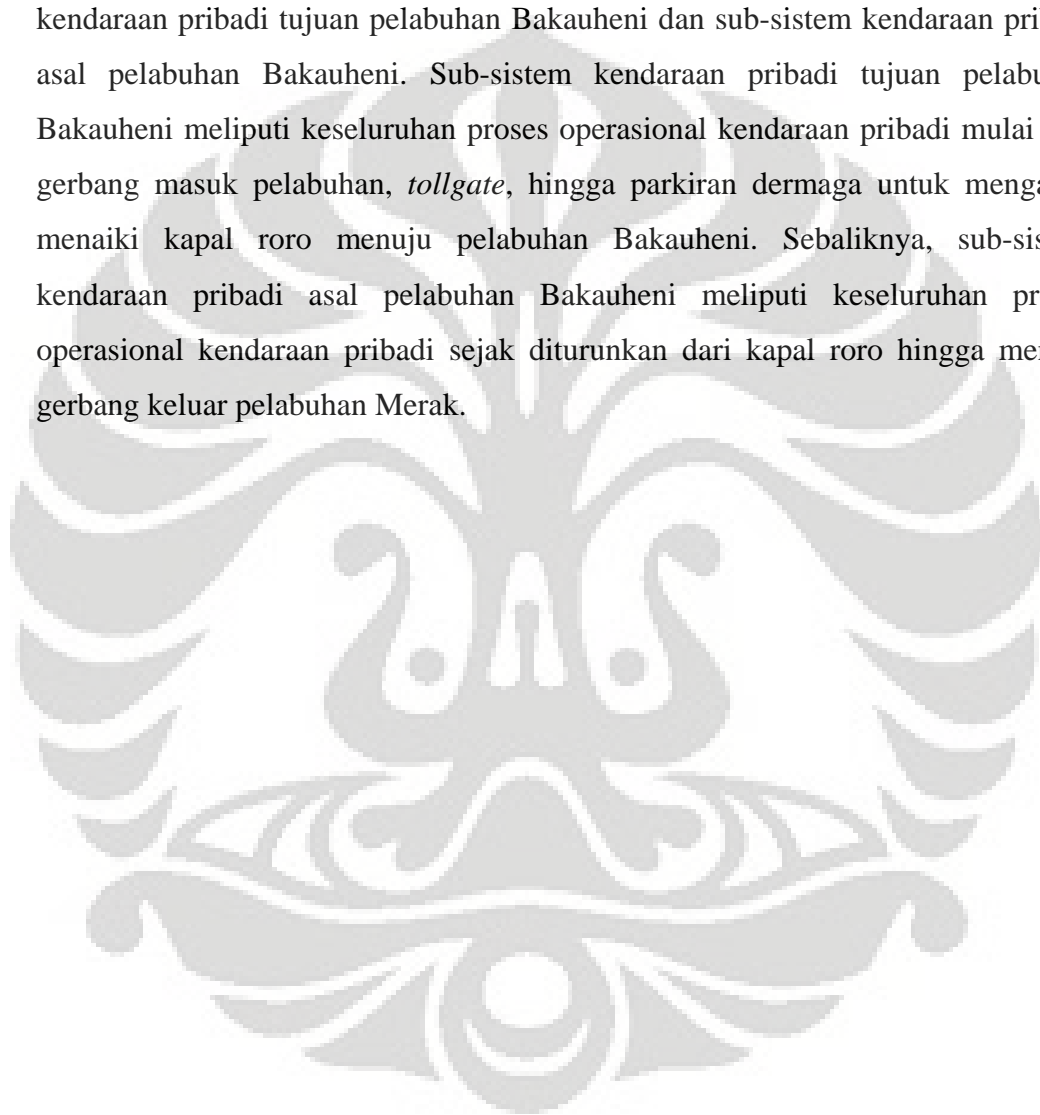
Tarif					
Golongan	Jasa Pelabuhan	Jasa Angkutan	Jasa Asuransi	Ke Pemda	Jumlah
Golongan V	37,917	299,216	10,637	2,230	<b>350,000</b>
Golongan VI	65,789	499,586	17,195	2,430	<b>585,000</b>

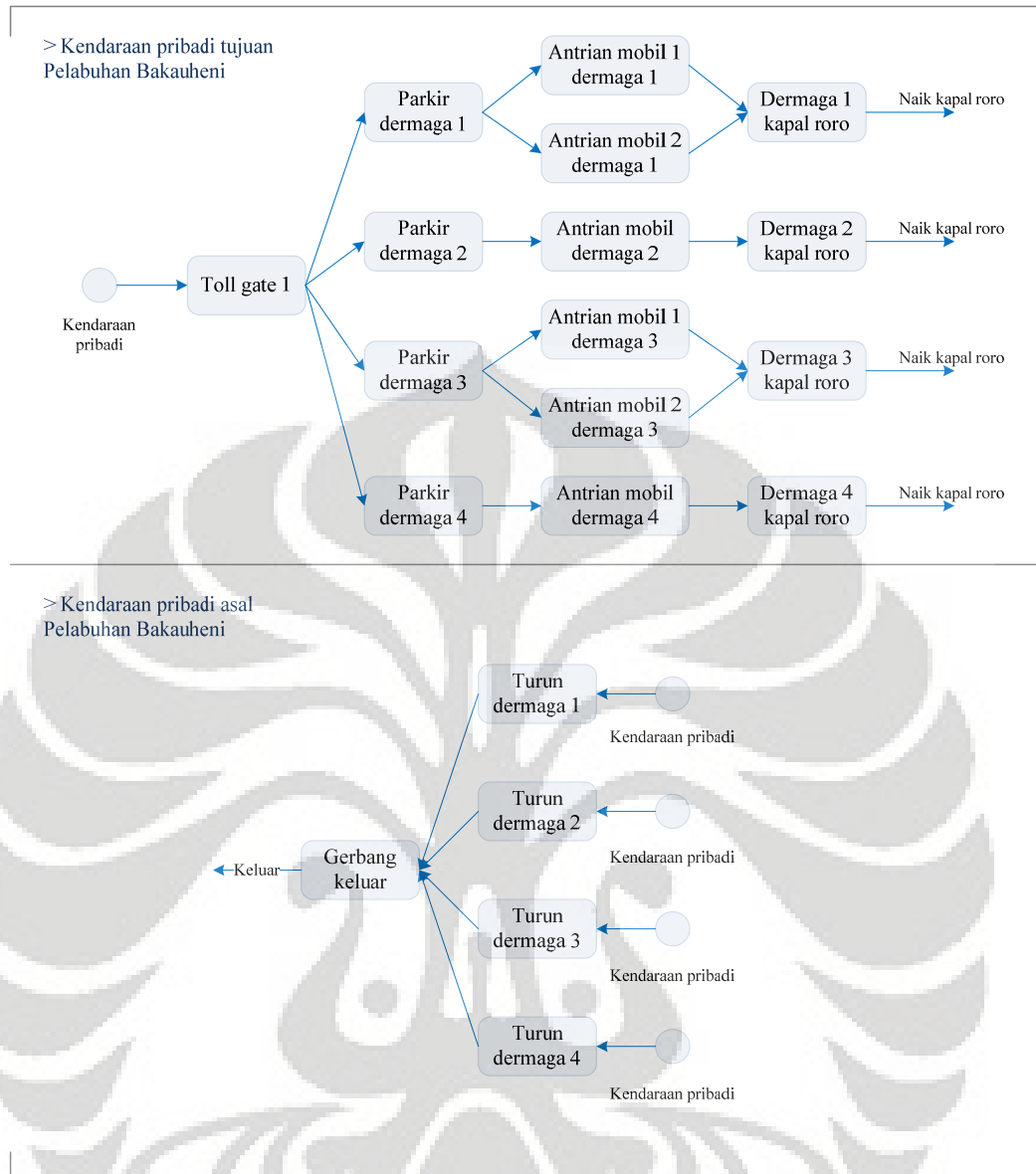
### 3. 7. 7. Asumsi

- Bus ALS yang sudah masuk antrian di salah satu area parkir dermaga tidak bisa keluar antrian menuju antrian area parkir dermaga lain.

### 3. 8. Sub-sistem Kendaraan Pribadi

Sub-sistem kendaraan pribadi terbagi menjadi dua, yaitu sub-sistem kendaraan pribadi tujuan pelabuhan Bakauheni dan sub-sistem kendaraan pribadi asal pelabuhan Bakauheni. Sub-sistem kendaraan pribadi tujuan pelabuhan Bakauheni meliputi keseluruhan proses operasional kendaraan pribadi mulai dari gerbang masuk pelabuhan, *tollgate*, hingga parkir dermaga untuk mengantri menaiki kapal ro-ro menuju pelabuhan Bakauheni. Sebaliknya, sub-sistem kendaraan pribadi asal pelabuhan Bakauheni meliputi keseluruhan proses operasional kendaraan pribadi sejak diturunkan dari kapal ro-ro hingga menuju gerbang keluar pelabuhan Merak.





**Gambar 3. 8.** Diagram alir kendaraan pribadi

### 3. 8. 1. Entitas

Yang menjadi entitas dalam sub-sistem ini adalah kendaraan pribadi itu sendiri. Kendaraan pribadi terbagi ke dalam empat golongan berdasarkan jenis dan ukurannya ,yaitu (1) golongan I, (2) golongan II, (3) golongan III, dan (4) golongan IV. Kecepatan kendaraan pribadi di area pelabuhan Merak diasumsikan konstan 12 km/jam.

**Tabel 3. 38.** Deskripsi kendaraan pribadi berdasarkan golongannya

Tipe kendaraan pribadi	Deskripsi	Kecepatan (km/jam)
Golongan I	Sepeda	12
Golongan II	Sepeda motor < 500cc	12
Golongan III	Sepeda motor > 500cc	12
Golongan IV	Jeep, sedan, minibus max. 5 m	12

### 3. 8. 2. Lokasi

Lokasi sub-sistem kendaraan pribadi terbagi ke dalam lima lokasi utama, yaitu (1) gerbang masuk pelabuhan, (2) *tollgate* 1, (3) parkir, (4) area turun dari kapal, dan (5) gerbang keluar pelabuhan. Kendaraan pribadi masuk ke dalam sistem melalui gerbang masuk. *Tollgate* 1 merupakan tempat dimana kendaraan pribadi membeli tiket kapal. Kemudian, area parkir kendaraan pribadi juga dibagi menjadi empat sesuai jumlah dermaga. Sama seperti bus dan truk, area parkir ini berfungsi menampung kendaraan pribadi sebelum dinaikkan ke dalam kapal. Di dermaga 1 dan 3, karena kendaraan pribadi menggunakan *side ramp* untuk menaiki kapal, maka jumlah antriannya ada dua. Sedangkan, di dermaga 2 dan 4 dimana tidak ada *side ramp*, kendaraan pribadi naik kapal melalui jalur yang sama dengan bus dan truk, yang mengakibatkan jumlah antriannya hanya ada satu. Masing-masing area parkir tersebut memiliki kapasitas yang berbeda-beda seperti yang dapat dilihat pada **Tabel 3. 39** dibawah ini. Area turun adalah area transisi antara kapal dengan daratan yang terbagi menjadi empat pula berdasarkan jumlah dermaga pelabuhan Merak. Dan yang terakhir adalah gerbang keluar. Kendaraan pribadi yang melewati lokasi ini menandakan bahwa kendaraan pribadi tersebut sudah keluar dari keseluruhan sistem penyeberangan Merak.

**Tabel 3. 39.** Deskripsi lokasi sub-sistem kendaraan pribadi

Lokasi	Jumlah	Kapasitas
Gerbang masuk pelabuhan	1	1
Toll gate 1	1	1
Parkir		
Antrian mobil dermaga 1	unit	2
Antrian mobil dermaga 2	unit	1
Antrian mobil dermaga 3	unit	2
		42
		27
		54



Antrian mobil dermaga 4	unit	1	50
Turun			
Side ramp dermaga 1	unit	1	1
Turun dermaga 2	unit	1	1
Side ramp dermaga 3	unit	1	1
Turun dermaga 4	unit	1	1
Gerbang keluar pelabuhan	unit	1	1

### 3. 8. 3. Deskripsi proses

#### 3. 8. 3. 1. Kendaraan pribadi tujuan pelabuhan Bakauheni

Kendaraan pribadi tiba di gerbang masuk pelabuhan dan langsung menuju *tollgate* 1 untuk membeli tiket selama distribusi triangular (min = 5, modus = 7, max = 10) detik. Dari *tollgate* 1, kendaraan pribadi menuju salah satu parkir dermaga sesuai dengan yang diinstruksikan petugas lapangan pelabuhan Bakauheni. Di setiap area parkir dermaga, kendaraan langsung menuju antrian kendaraan pribadi. Di ujung antrian akan ada seorang petugas yang memeriksa tiket selama distribusi uniform (mean = 4, half range = 2) detik. Jika sudah lengkap, kendaraan pribadi diperbolehkan untuk menaiki kapal. Kendaraan pribadi mendapatkan prioritas lebih untuk menaiki kapal dibandingkan bus ALS. Jadi, semua kendaraan pribadi dalam antrian dipersilahkan naik kapal terlebih dahulu. Setelah itu, baru bus dan kemudian truk yang diperbolehkan naik kapal. Setiap kendaraan pribadi membutuhkan waktu 15 detik untuk masuk ke dalam kapal ro-ro.

**Tabel 3. 40.** Deskripsi proses kendaraan pribadi tujuan pelabuhan Bakauheni

Lokasi	Proses	Waktu proses	Lokasi berikutnya	Waktu / cara berpindah
Toll gate 1	Membeli tiket kapal ro-ro	T(5,7,10) detik	Parkir dermaga 1,2,3,4	
Parkir dermaga 1			Antrian 1,2 dermaga 1	
Parkir dermaga 2			Antrian 1 dermaga 2	
Parkir dermaga 3			Antrian 1,2 dermaga 3	
Parkir dermaga			Antrian 1	

4			dermaga 4	
Antrian 1,2 dermaga 1	Bergerak dalam antrian Tiket diperiksa Menunggu sampai diangkut	U (4,2) detik	Dermaga 1 kapal roro	15 detik
Antrian 1 dermaga 2	Bergerak dalam antrian Tiket diperiksa Menunggu sampai diangkut	U (4,2) detik	Dermaga 2 kapal roro	15 detik
Antrian 1,2 dermaga 3	Bergerak dalam antrian Tiket diperiksa Menunggu sampai diangkut	U (4,2) detik	Dermaga 3 kapal roro	15 detik
Antrian 1 dermaga 4	Bergerak dalam antrian Tiket diperiksa Menunggu sampai diangkut	U (4,2) detik	Dermaga 4 kapal roro	15 detik

### 3. 8. 3. 2. Kendaraan pribadi asal pelabuhan Bakauheni

Kendaraan pribadi asal pelabuhan Bakauheni memasuki sistem sejak turun dari kapal roro di salah satu *side ramp* atau area turun dermaga. Dari situ, kendaraan pribadi langsung bergerak menuju gerbang keluar pelabuhan untuk keluar dari sistem.

**Tabel 3. 41.** Deskripsi proses kendaraan pribadi asal pelabuhan Bakauheni

Lokasi	Proses	Waktu proses	Lokasi berikutnya	Waktu / cara berpindah
Side ramp dermaga 1			Gerbang keluar pelabuhan	
Turun dermaga 2			Gerbang keluar pelabuhan	
Side ramp dermaga 3			Gerbang keluar pelabuhan	
Turun dermaga 4			Gerbang keluar pelabuhan	
Gerbang keluar pelabuhan			Keluar sistem	

### 3. 8. 4. Kedatangan

#### 3. 8. 4. 1. Kendaraan pribadi tujuan pelabuhan Bakauheni

Kendaraan pribadi dengan tujuan pelabuhan Bakauheni tiba di pelabuhan Merak dengan siklus kedatangan seperti yang terlihat pada **Tabel 3. 42.** Dari tabel

tersebut terlihat bahwa arus kedatangan kendaraan pribadi cenderung mulai padat pada jam 10 pagi hingga jam 8 malam. Sedangkan persebaran golongan kendaraan pribadi yang tiba di pelabuhan Merak pada satu hari dapat dilihat pada **Tabel 3. 42.** Jenis kendaraan pribadi yang menyeberang menuju pelabuhan Bakauheni lebih banyak didominasi sepeda motor < 500 cc dan mobil pribadi.

**Tabel 3. 42.** Siklus kedatangan kendaraan pribadi tujuan pelabuhan Bakauheni

Jam	Distribusi
0:00 - 1:59	P(174)
2:00 - 3:59	P(56)
4:00 - 5:59	P(32)
6:00 - 7:59	P(48)
8:00 - 9:59	P(67)
10:00 - 11:59	P(120)
12:00 - 13:59	P(172)
14:00 - 15:59	P(101)
16:00 - 17:59	P(135)
18:00 - 19:59	P(130)
20:00 - 21:59	P(96)
22:00 - 23:59	P(99)

**Tabel 3. 43.** Persebaran golongan kendaraan pribadi tujuan Pelabuhan Bakauheni

Truk	Distribusi
Golongan I %total	0.00%
Golongan II %total	30.28%
Golongan III %total	0.03%
Golongan IV %total	69.69%
	100.00%

#### 3. 8. 4. 2. Kendaraan pribadi asal pelabuhan Bakauheni

Kendaraan pribadi asal pelabuhan Bakauheni datang bersama kapal. Setiap kapal ro-ro mengangkut sejumlah kendaraan pribadi yang terdistribusi poisson seperti yang terlihat pada **Tabel 3. 44.** Tabel tersebut memaparkan data persebaran jumlah kendaraan pribadi di setiap kapalnya dilihat dari jam kedatangan kapal ro-ro di pelabuhan Merak. Jadi, sebagai contoh, semua kapal ro-ro yang tiba di pelabuhan Merak pada pukul 19:00 – 19:59 mengangkut kendaraan pribadi yang terdistribusi poisson sejumlah 18 unit. Data dibawah

khusus berlaku pada situasi dimana dalam sehari jumlah kapal yang beroperasi sebanyak 20 buah dan *headway* antar kapal sebesar 18 menit. Jika kedua variabel ini berubah, maka data-data dibawah akan berubah pula.

**Tabel 3. 44.** Persebaran jumlah kendaraan pribadi di setiap kapal roro

Jam		Jumlah Kendaraan Pribadi
0:00	- 0:59	P(24)
1:00	- 1:59	P(24)
2:00	- 2:59	P(9)
3:00	- 3:59	P(7)
4:00	- 4:59	P(4)
5:00	- 5:59	P(7)
6:00	- 6:59	P(6)
7:00	- 7:59	P(8)
8:00	- 8:59	P(6)
9:00	- 9:59	P(13)
10:00	- 10:59	P(21)
11:00	- 11:59	P(19)
12:00	- 12:59	P(28)
13:00	- 13:59	P(20)
14:00	- 14:59	P(9)
15:00	- 15:59	P(19)
16:00	- 16:59	P(23)
17:00	- 17:59	P(21)
18:00	- 18:59	P(18)
19:00	- 19:59	P(18)
20:00	- 20:59	P(12)
21:00	- 21:59	P(14)
22:00	- 22:59	P(20)
23:00	- 23:59	P(11)

### 3. 8. 5. Pemacu pergerakan (*move trigger*)

#### 3. 8. 5. 1. Gerbang masuk pelabuhan menuju *Tollgate* 1

Kendaraan pribadi yang tiba di gerbang masuk pelabuhan langsung menuju *tollgate* 1 jika tersedia, dalam arti sedang kosong. Jika tidak, kendaraan pribadi harus menunggu dan mengantri hingga *tollgate* 1 kosong.

#### 3. 8. 5. 2. *Tollgate* 1 menuju Parkir dermaga 1,2,3,4

Setelah membeli tiket di *tollgate* 1, kendaraan pribadi diarahkan menuju salah satu dermaga yang sedang melakukan pelayanan oleh petugas lapangan pelabuhan. Kendaraan pribadi wajib menaati segala instruksi petugas lapangan pelabuhan.

#### 3. 8. 5. 3. Parkir dermaga 1,2,3,4 menuju Antrian mobil dermaga 1,2,3,4

Kendaraan pribadi langsung menuju antrian kendaraan pribadi yang paling tersedia atau yang paling sepi di masing-masing dermaga. Jika dalam kondisi darurat, dimana antrian mobil-nya penuh, bus dialihkan oleh petugas pelabuhan menuju antrian mobil dermaga yang akan melakukan pelayanan berikutnya.

#### 3. 8. 5. 4. Antrian mobil dermaga 1,2,3,4 menuju Dermaga 1,2,3,4

Kendaraan pribadi menuju dermaga 1,2,3,4 untuk naik kapal ro-ro dengan prioritas paling pertama. Jadi, kendaraan pribadi yang pertama didahulukan masuk kapal, baru kemudian bus ALS, dan yang terakhir adalah truk dengan syarat kapal dalam kondisi sudah siap mengangkut. Artinya, kapal sudah bersandar serta sudah selesai menurunkan semua penumpang dan kendaraan. Jika belum, kendaraan pribadi harus menunggu sampai kondisi tersebut terpenuhi.

#### 3. 8. 5. 5. Turun dermaga 1,2,3,4 menuju Gerbang keluar pelabuhan

Semua kendaraan pribadi yang turun dari kapal ro-ro di dermaga 1, 2, 3, atau 4 langsung menuju gerbang keluar pelabuhan Merak jika tersedia, yang notabene-nya pasti tersedia (kecuali jika gerbang keluar pelabuhan sedang dalam perbaikan).

#### 3. 8. 6. Tarif

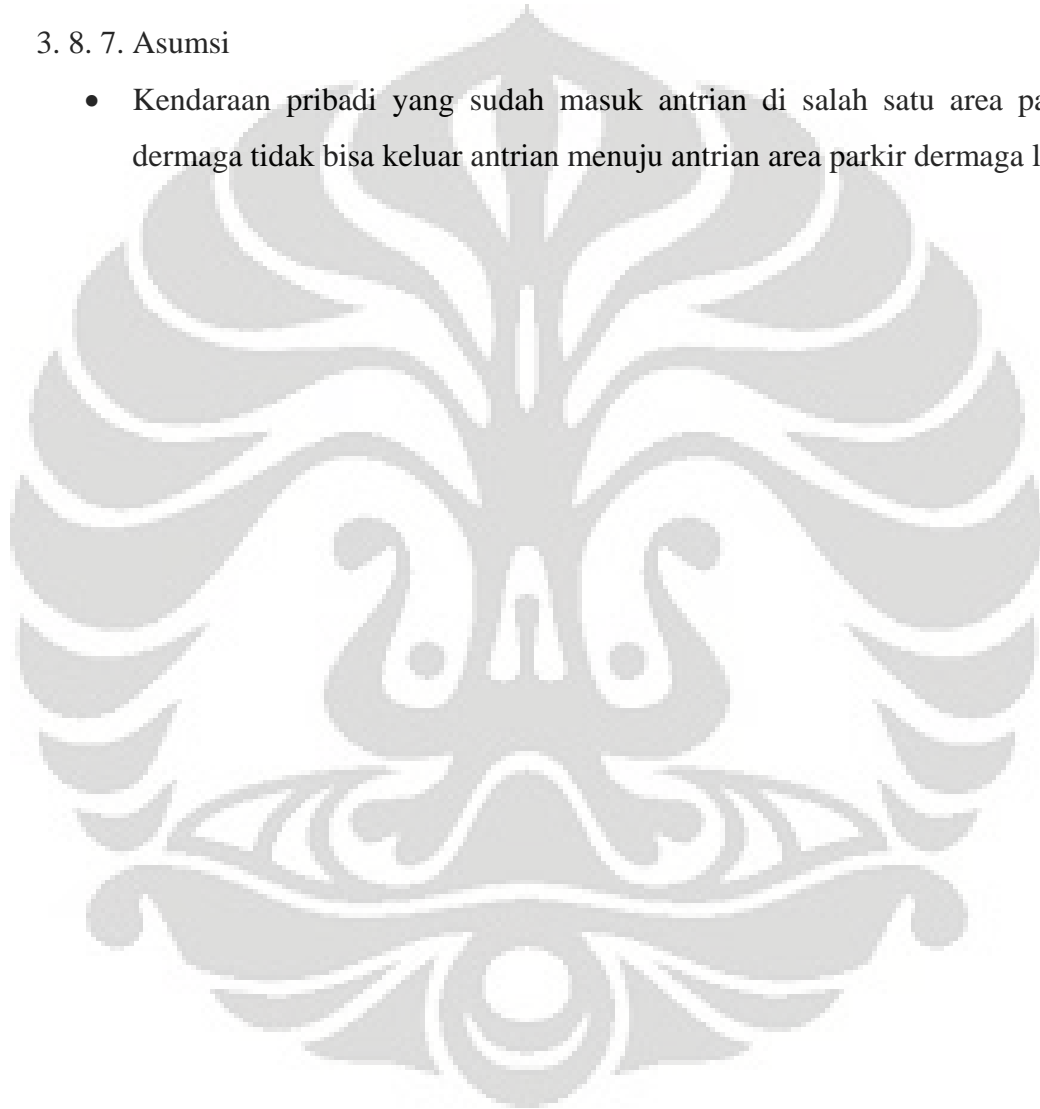
Berikut ini adalah harga tiket kapal ro-ro untuk setiap golongan kendaraan pribadi. Makin tinggi golongannya, makin mahal harganya.

**Tabel 3. 45.** Harga tiket kapal roro untuk kendaraan pribadi

Golongan	Jasa Pelabuhan	Jasa Angkutan	Jasa Asuransi	Ke Pemda	Jumlah
Golongan I	2,210	14,365	425	0	<b>17,000</b>
Golongan II	4,283	21,600	1,117	0	<b>27,000</b>
Golongan III	4,852	64,643	2,504	0	<b>72,000</b>
Golongan IV	17,400	154,543	6,343	1,714	<b>180,000</b>

## 3. 8. 7. Asumsi

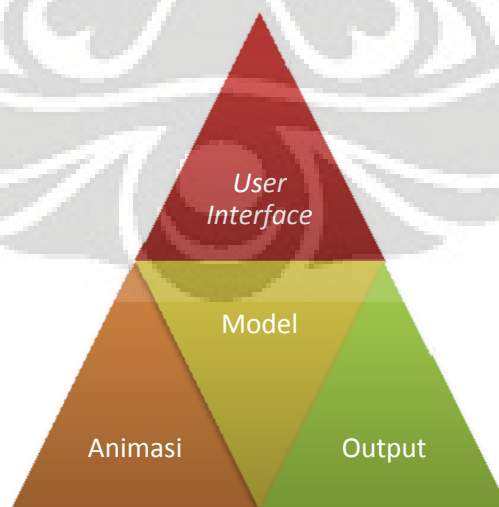
- Kendaraan pribadi yang sudah masuk antrian di salah satu area parkir dermaga tidak bisa keluar antrian menuju antrian area parkir dermaga lain.



#### 4. MODEL SIMULASI PELABUHAN PENYEBERANGAN MERAK

Hasil pengumpulan data merupakan representasi model konseptual. Model konseptual adalah sebuah formulasi dalam pemikiran seseorang mengenai bagaimana sebuah sistem beroperasi. Sedangkan, proses perancangan model simulasi adalah bagaimana mentransformasikan model konseptual ini menjadi sebuah model simulasi. Kemampuan berpikir sistem sangat dibutuhkan dalam melakukan hal ini. Model simulasi sistem operasional di pelabuhan penyeberangan Merak dirancang dengan menggunakan software simulasi ProModel. ProModel (*Production Modeler*) adalah salah satu alat simulasi untuk memodelkan berbagai sistem manufaktur dan jasa yang dikembangkan oleh PROMODEL Corporation. Di tangan para insinyur, ProModel dapat menjadi sebuah alat yang sangat hebat untuk menguji berbagai alternatif desain, ide, dan peta proses sebelum implementasi sebenarnya dilakukan. Perbaikan dari sistem saat ini atau rancangan sebuah sistem baru dapat dimodelkan dan diuji sebelum uang, waktu, dan sumber daya lainnya benar-benar dikeluarkan.

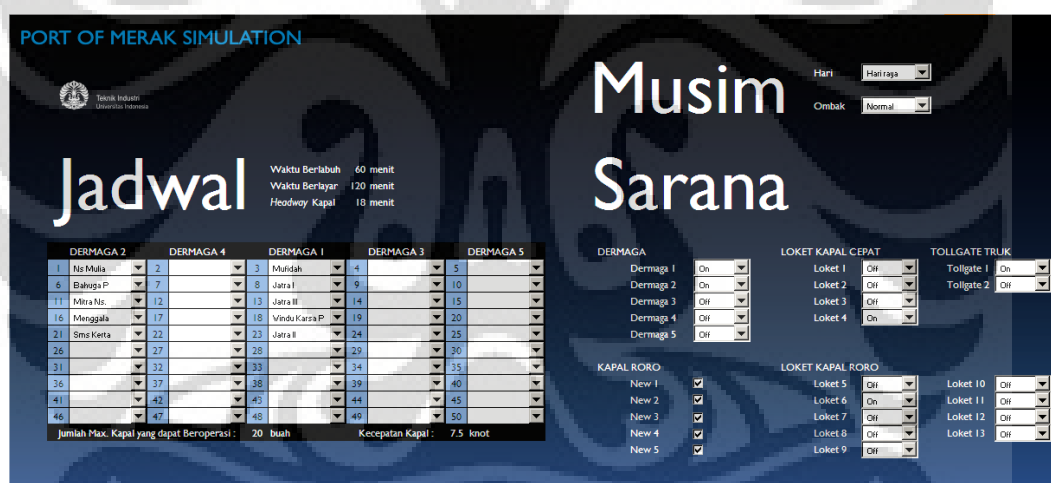
Model simulasi sistem operasional di pelabuhan penyeberangan Merak dirancang ke dalam empat elemen utama, yaitu *user interface*, model, animasi, dan output, seperti yang terlihat pada **Gambar 4. 1**. Keempat elemen ini saling berkaitan dan terintegrasi menjadi satu membentuk sebuah simulasi pelabuhan penyeberangan Merak.



**Gambar 4. 1.** Simulasi pelabuhan penyeberangan Merak

#### 4. 1. User Interface

*User interface* merupakan sebuah fasilitas bagi *user* untuk mengutak-atik skenario model simulasi sehingga *user* tidak perlu masuk ke dalam bahasa pemrograman simulasi untuk merubah parameter model. *User interface* ini dibuat dalam Microsoft Excel 2003 serta hanya dapat dibuka oleh aplikasi Microsoft Excel 2003 dan versi di atasnya. ProModel dihubungkan langsung dengan *user interface* sehingga perubahan sedikit saja pada *user interface* akan merubah perilaku model secara keseluruhan yang telah dirancang di ProModel. *User interface* ini sangat fleksibel dan dirancang *se-user-friendly* mungkin sehingga dapat menjadi sebuah instrumen pengambilan keputusan jangka pendek dan jangka panjang yang efektif dalam berbagai kemungkinan situasi. *User interface* simulasi pelabuhan penyeberangan Merak terbagi kedalam tiga seksi utama, yaitu: **Musim, Jadwal, dan Sarana.**



**Gambar 4. 2.** User interface simulasi pelabuhan penyeberangan Merak

##### 4. 1. 1. Musim

**Musim** terbagi dua, yaitu **hari** dan **ombak**. **Hari** menyatakan kondisi arus kedatangan penumpang, kendaraan pribadi, bus, dan truk pada hari-hari tertentu. *User* dapat memilih empat skenario **hari**, yaitu normal, akhir pekan, libur panjang, dan hari raya (lebaran). Rata-rata arus kedatangan penumpang, kendaraan pribadi, bus dan truk pada kondisi libur panjang meningkat 170% dibandingkan kondisi normal. Selanjutnya, pada kondisi menjelang hari raya arus



kedatangannya rata-rata meningkat 608% dibandingkan kondisi normal. Sedangkan untuk **ombak**, *user* dapat memilih antara skenario ombak normal atau ombak besar. Pada kondisi ombak normal, semua kapal ro-ro dapat berlayar. Akan tetapi, pada skenario ombak besar, diasumsikan hanya kapal ro-ro yang memiliki GRT di atas 3800 yang dapat berlayar. Selebihnya masuk dok dan tidak dapat berlayar.

#### 4. 1. 2. Jadwal

Pada seksi **Jadwal**, *user* dapat merubah variabel waktu berlabuh, waktu berlayar, *headway* kapal, dan jadwal kapal ro-ro itu sendiri. Waktu berlabuh menyatakan berapa lama kapal ro-ro diberi waktu untuk berlabuh di dermaga untuk bersandar, disembarkasi, dan embarkasi. Waktu berlayar menyatakan berapa lama waktu yang dibutuhkan kapal untuk menyeberang dari pelabuhan Merak menuju Bakauheni. Waktu ini berpengaruh terhadap kecepatan kapal yang menjadi *constraint*. Kecepatan maksimal kapal yang terkecil dari 29 kapal yang tersedia adalah 9 knot. Sehingga kecepatan maksimal semua kapal dalam jadwal ketika berlayar adalah 9 knot jika kapal dengan kecepatan maksimal 9 knot tersebut ada dalam jadwal. Jika tidak, kecepatan maksimal kapal dapat disesuaikan kembali. *Headway* kapal menyatakan interval waktu kedatangan antar masing-masing kapal di pelabuhan Merak. Ketiga variabel ini; waktu berlabuh, waktu berlayar, dan *headway* kapal, berpengaruh terhadap jumlah maksimal kapal yang dapat beroperasi dalam satu siklus. *User* juga dapat mengatur sendiri jadwal kapal ro-ro dengan cara memasukkan nama kapal pada masing-masing *slot* sesuai dengan dermaga tujuannya. Masing-masing kapal memiliki kapasitas penumpang dan kendaraan yang berbeda-beda sehingga pembedaan nama kapal yang di-*assign* pada setiap *slot* akan sangat berpengaruh pada perilaku sistem secara keseluruhan.

#### 4. 1. 3. Sarana

Di seksi **Sarana**, *user* dapat menambah dan mengurangi fasilitas-fasilitas pelabuhan penyeberangan Merak, meliputi: dermaga, kapal, loket, dan tollgate. Saat ini, dermaga yang tersedia di pelabuhan Merak berjumlah empat. Namun,

ada saat-saat tertentu ketika salah satu dermaga mati karena sedang dalam perbaikan. *User* dapat memasukkan kondisi ini ke dalam simulasi melalui *user interface* dengan mematikan salah satu diantara empat dermaga yang tersedia. Di samping itu, di *user interface* juga tersedia tambahan satu dermaga lagi, yaitu dermaga lima, yang notabene-nya belum ada, dan dapat dijadikan sebagai salah satu alternatif solusi untuk mengurangi panjang antrian. *User* juga dapat bereksperimen dengan menambah jumlah kapal ro-ro yang tersedia hingga lima unit. Masing-masing kapal ro-ro ini memiliki kapasitas penumpang 1000 orang dan kendaraan 250 unit. Loket dan tollgate juga dapat diaktifkan dan dinonaktifkan melalui *user interface* ini.

#### 4. 2. Model

ProModel terdiri atas beberapa modul untuk melakukan berbagai fungsi selama merancang simulasi, diantaranya *modeling interface module* dan *model processor*. Model pelabuhan penyeberangan Merak ini didefinisikan melalui input atau *modeling interface module*. Modul ini menyediakan alat-alat grafis dan dialog-dialog untuk memasukkan berbagai informasi mengenai model. Ketika model telah selesai dan dijalankan, *model processor* mengambil-alih database model dan berbagai data eksternal lainnya yang berfungsi sebagai input bagi model, dan membuat sebuah database simulasi. Proses ini melibatkan translasi data dan kompilasi algoritma pemrograman.

```

*****
***** Subroutines *****
*****
ID      Type      Parameter  Type      Logic
-----
Sandar  None      Dermaga   Integer   Variable<Dermaga+12> = No_Trip
Int X = 1
While X <= 4 Do
  Begin
    Order 20 Tali To Loc<<4*(Dermaga-1)>>+230*X>
    Wait 15 sec
    Inc X
  End
End

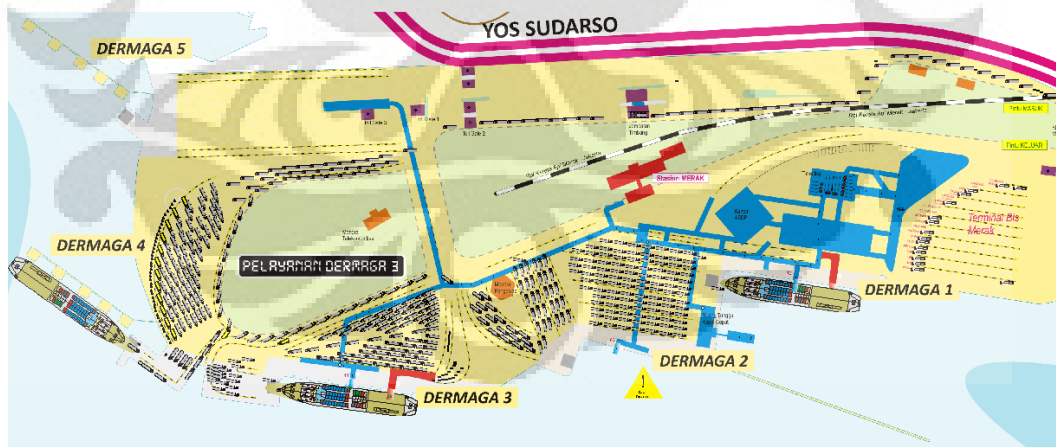
Disenbarkasi None      Dermaga   Integer   Order 1 Ent<16 + Dermaga> To Loc<95 + Dermaga>
Wait 1 min
Int X
Int Y
X = 0
While X <= 23 Do
  Begin
    If CalHour<> >= X and CalHour<> < X + 1 Then
      Begin
        Pnp_dari_Bakau = Kedatangan_Bakau[X+1,1]
        Mobil_dari_Bakau = Kedatangan_Bakau[X+1,2]
        Bus_dari_Bakau = Kedatangan_Bakau[X+1,3]
        Truk_dari_Bakau = Kedatangan_Bakau[X+1,4]
        Uarsible<Dermaga + 2> = Pnp_dari_Bakau
        Uarsible<Dermaga + 2> = Mobil_dari_Bakau + Bus_dari_Bakau + Truk_dari_Bakau
        Begin
          If Pnp_dari_Bakau > 0 Then
            Begin
              Y = 1
              While Y <= Pnp_dari_Bakau Do
                Begin
                  Tujuan_Pnp = u_Tujuan_Pnp<>
                  Inc Y
                End
              Route 1
            End
          End
          If Mobil_dari_Bakau > 0 Then
            Route 2
          If Bus_dari_Bakau > 0 Then
            Route 3
          If Truk_dari_Bakau > 0 Then
            Route 4
          End
          Inc X
        End
      End
    End
  End

```

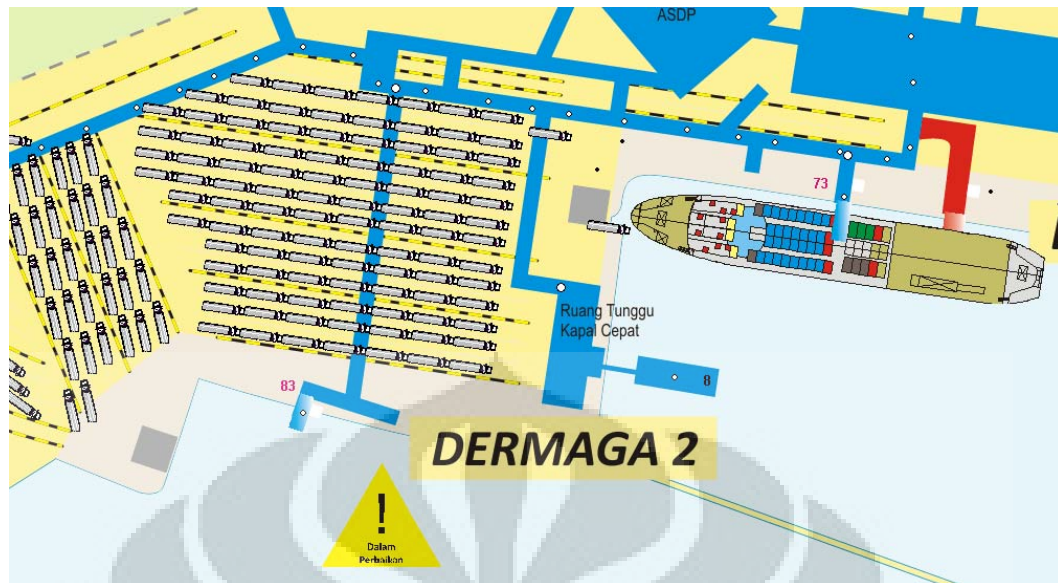
Gambar 4. 3. Snapshot algoritma pemrograman simulasi pelabuhan Merak

### 4. 3. Animasi

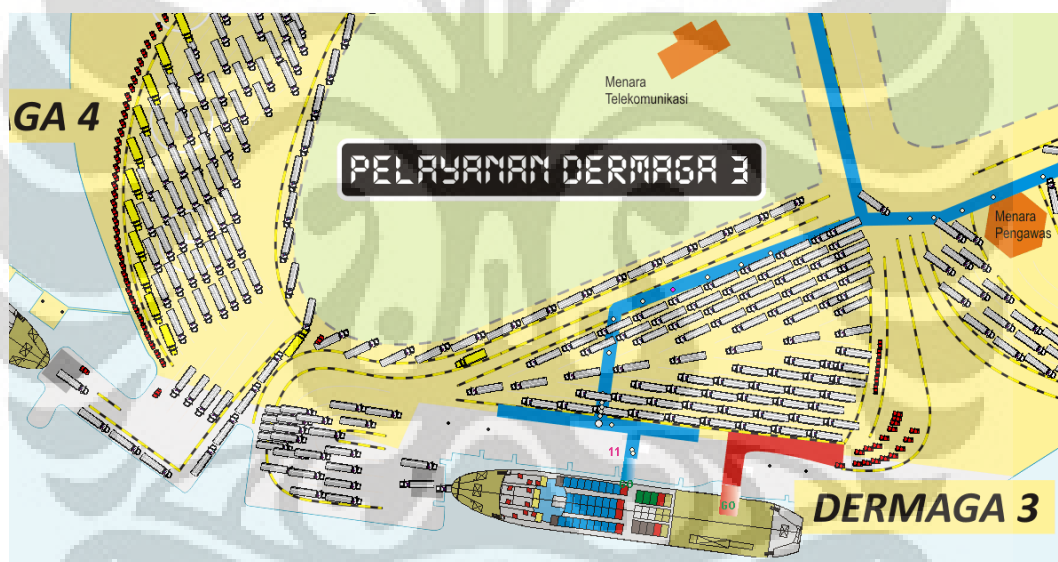
Animasi model simulasi pelabuhan penyeberangan Merak ditampilkan melalui *simulation interface module*. Selama simulasi berjalan, kecepatan animasi dapat diatur bahkan dapat dimatikan oleh *user*. Dengan hanya mengamati animasi model, *user* dapat mempelajari banyak hal mengenai perilaku model.



Gambar 4. 4. Snapshot animasi simulasi pelabuhan penyeberangan Merak



Gambar 4. 5. Snapshot animasi antrian truk di dermaga 2



Gambar 4. 6. Snapshot animasi antrian truk di dermaga 3 dan 4

#### 4. 4. Output

Setelah modelnya selesai dibangun, dan simulasinya dapat dijalankan, melalui *output processor*, ProModel menyediakan data statistik, baik detail ataupun hanya sebatas ringkasan, mengenai besaran performa-performa kunci. Hasil simulasi ini dipresentasikan dalam bentuk laporan, grafik, histogram, *pie chart*, dan lain-lain.

Entity Activity for port of merak june 27th							
Name	Total Exits	Current Qty In System	Avg Time In System (MIN)	Avg Time In Move Logic (MIN)	Avg Time Wait For Res (MIN)	Avg Time In Operation (MIN)	Avg Time Blocked (MIN)
Bus AKAP	46.00	31.00	53.48	1.69	44.85	3.89	3.05
Penumpang n	1222.00	1878.00	93.91	16.76	4.21	8.24	64.71
Penumpang t	398.00	209.00	150.97	8.41	25.84	1.25	115.47
Kapal	29.00	3.00	68.18	19.45	36.09	12.00	0.64
Mobil n	823.00	493.00	102.89	13.30	72.40	14.54	2.66
Mobil t	359.00	0.00	5.88	1.02	0.61	3.41	0.84
Bus ALS n	166.00	17.00	130.54	13.82	89.98	16.90	9.83
Bus ALS t	105.00	0.00	6.95	1.41	0.39	3.43	1.73
Truk n	841.00	1125.00	282.07	13.55	214.61	15.73	38.19
Truk t	1092.00	0.00	10.04	1.39	0.91	3.41	4.34

**Gambar 4. 7.** *Snapshot* Laporan Aktivitas Entitas



## 5. ANALISIS OUTPUT SIMULASI

### 5.1. *As-Is Model*

*As-Is model* merupakan model simulasi kondisi Merak saat ini dalam berbagai kemungkinan situasi, meliputi kombinasi antara hari, sarana yang tersedia, dan cuaca, beserta strategi yang diimplementasikan manajemen PT. ASDP untuk menghadapi berbagai kemungkinan situasi ini. Variabel hari terdiri atas hari normal, akhir pekan, libur panjang, dan lebaran. Variabel sarana yang tersedia direpresentasikan dengan jumlah dermaga yang beroperasi, yaitu empat dermaga atau tiga dermaga. Variabel cuaca direpresentasikan dengan besar kecilnya ombak. Dari ketiga jenis variabel ini didapatkan 16 jenis skenario yang terangkum dalam **Tabel 5. 1**. Sedangkan, strategi manajemen PT. ASDP meliputi strategi pengaturan waktu berlabuh, waktu berlayar, *headway* kapal, dan jumlah kapal yang beroperasi seperti yang terlihat pada **Tabel 5. 2**.

**Tabel 5. 1.** Skenario-skenario situasi

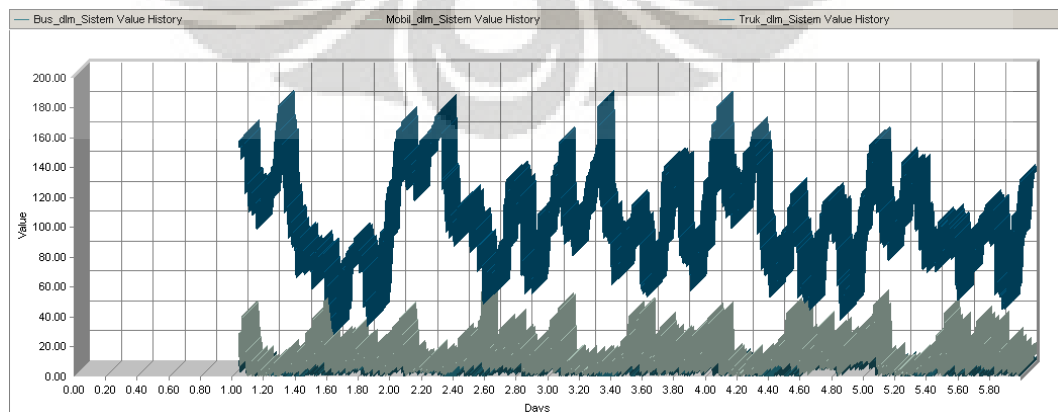
Skenario	Hari	Jumlah Dermaga	Ombak
1	Normal	Empat	Normal
2	Normal	Empat	Besar
3	Normal	Tiga	Normal
4	Normal	Tiga	Besar
5	Akhir pekan	Empat	Normal
6	Akhir pekan	Empat	Besar
7	Akhir pekan	Tiga	Normal
8	Akhir pekan	Tiga	Besar
9	Libur panjang	Empat	Normal
10	Libur panjang	Empat	Besar
11	Libur panjang	Tiga	Normal
12	Libur panjang	Tiga	Besar
13	Lebaran	Empat	Normal
14	Lebaran	Empat	Besar
15	Lebaran	Tiga	Normal
16	Lebaran	Tiga	Besar

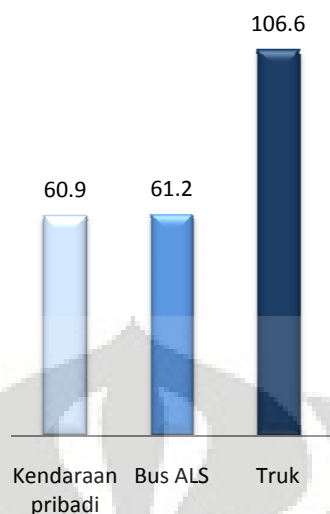
**Tabel 5. 2.** Strategi PT. ASDP menghadapi ke-16 skenario situasi

Skenario	Waktu Belah (menit)	Waktu Berlayar (menit)	Headway Kapal (menit)	Jumlah Kapal (unit)
1	60	120	18	17
2	60	120	18	13
3	60	120	24	15
4	60	120	24	12
5	60	120	18	17
6	60	120	18	13
7	60	120	24	15
8	60	120	24	12
9	60	120	18	20
10	60	120	18	15
11	60	120	24	15
12	60	120	24	12
13	60	120	18	20
14	60	120	18	15
15	60	120	24	15
16	60	120	24	12

### 5. 1. 1. Skenario 1

Skenario 1 dijalankan pada hari normal dengan dermaga yang beroperasi semua dan kondisi ombak yang tenang. Ini merupakan kondisi sehari-hari yang sering terlihat di pelabuhan Merak. Dalam situasi seperti ini, manajemen PT. ASDP cenderung mengoperasikan 17 unit kapal ro-ro dengan *headway* 18 menit. Berikut adalah hasil simulasi skenario 1 yang dijalankan selama 5 hari dengan periode *warmup* selama satu hari.

**Gambar 5. 1.** Jumlah penumpang dalam sistem pada Skenario 1



**Gambar 5. 2.** Rata-rata waktu penumpang dalam sistem Skenario 1

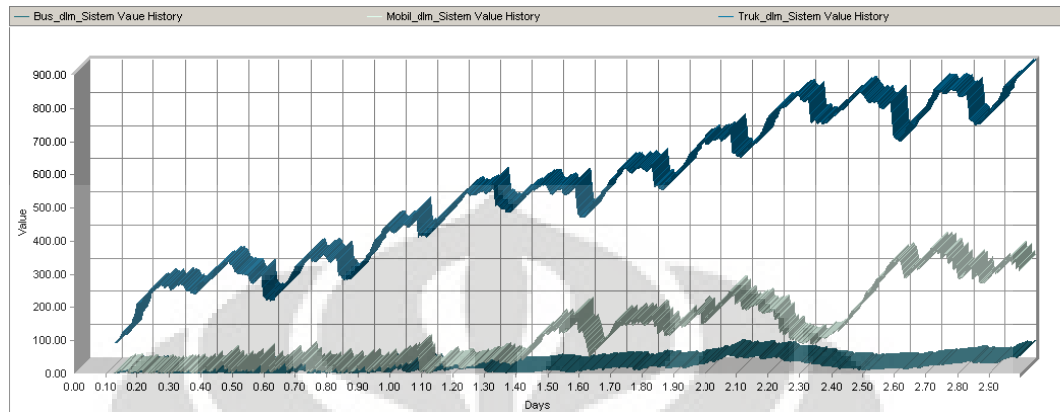
Jumlah dan rata-rata waktu truk dalam sistem cenderung lebih besar dibandingkan dengan dua jenis kendaraan lainnya, yaitu kendaraan pribadi dan bus, karena truk memiliki prioritas terakhir untuk menaiki kapal ro-ro. Yang menjadi prioritas pertama adalah kendaraan pribadi, kemudian yang kedua adalah bus ALS, dan yang terakhir adalah truk. Grafik jumlah kendaraan pribadi, bus ALS, dan truk menunjukkan perilaku oskilasi, yang berarti skenario 1 berada dalam kondisi ideal. Strategi yang dilakukan PT. ASDP mampu memenuhi permintaan (*demand*) penumpang. Setelah simulasi dijalankan selama lima hari, dapat terlihat bahwa jumlah truk dalam sistem hanya 168 unit, sedangkan pelabuhan Merak mampu menampung hingga 431 unit truk. Jumlah truk tertinggi mencapai 182 unit dan itu terjadi pada hari ke-1.3.

#### 5. 1. 2. Skenario 2

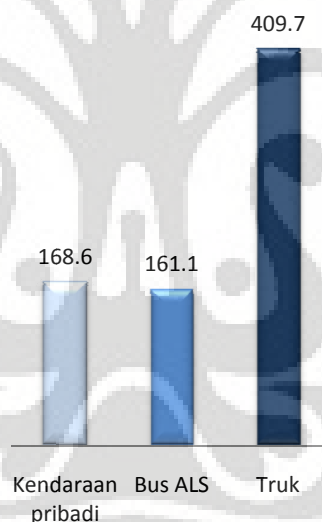
Skenario 2 dijalankan pada hari normal dengan empat dermaga yang beroperasi semua tetapi dalam kondisi cuaca buruk, yang ditandai dengan ombak besar. Pada dasarnya, kondisi cuaca menjadi hal yang sulit untuk diprediksi. Diasumsikan, ombak besar ini menyebabkan kapal-kapal dengan GRT dibawah 3800 tidak dapat berlayar. Terdapat empat kapal dalam jadwal yang memiliki GRT dibawah 3800. Akibatnya, dari total 17 kapal yang beroperasi, hanya 13



kapal ro-ro yang dapat berlayar. Berikut adalah hasil simulasi skenario 2 yang dijalankan selama tiga hari dengan periode *warmup* selama tiga jam.



**Gambar 5. 3.** Jumlah penumpang dalam sistem pada Skenario 2



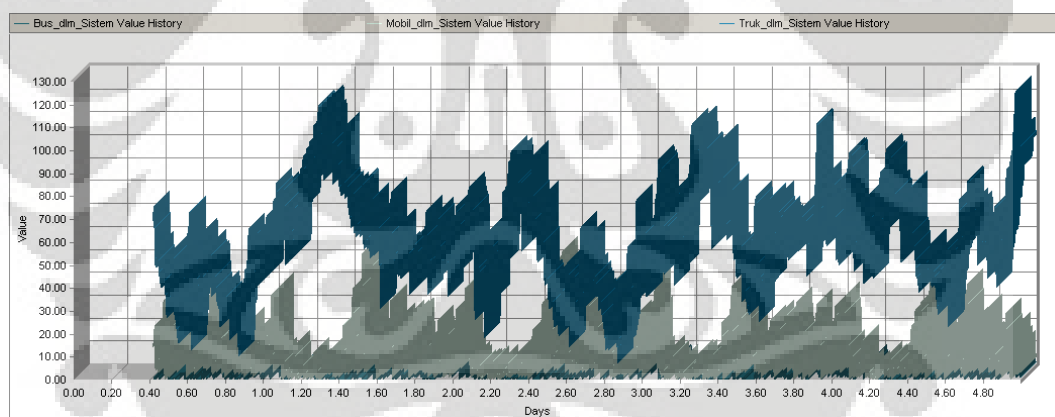
**Gambar 5. 4.** Rata-rata waktu penumpang dalam sistem Skenario 2

Grafik pada **Gambar 5. 3.** menunjukkan perilaku meningkat secara eksponensial (*exponential growth*). Hal ini menunjukkan bahwa kondisi cuaca buruk mengakibatkan sistem yang tadinya stabil, menjadi terganggu. Tigabelas kapal ro-ro yang beroperasi dengan *headway* 18 menit tidak mampu mengatasi permintaan penumpang. Akibatnya, setelah simulasi dijalankan selama 3 hari, terdapat 898 truk dan 311 kendaraan pribadi di pelabuhan Merak yang masih menunggu untuk diangkut kapal ro-ro. Dengan kapasitas pelabuhan Merak yang

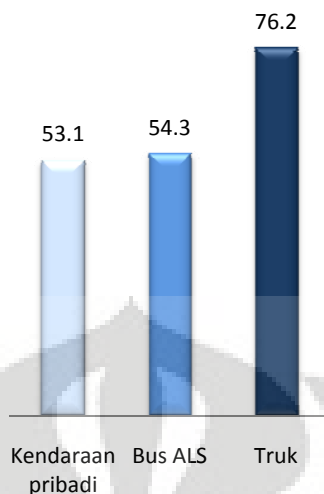
hanya mampu menampung 431 truk, terdapat 467 truk yang mengantri di luar pelabuhan. Dengan asumsi setiap 10 meter terdapat dua truk yang mengantri dalam dua jalur, maka panjang antrian diluar pelabuhan mencapai 2.3 km. Selain itu, rata-rata waktu truk dalam sistem meningkat hampir tiga kali lipat menjadi 409.7 menit atau 6.8 jam.

### 5. 1. 3. Skenario 3

Skenario 3 dijalankan pada hari normal pada kondisi cuaca yang baik, akan tetapi satu dermaga sedang dalam perbaikan, sehingga hanya tiga dermaga yang beroperasi. Perbaikan dermaga cukup rutin dilakukan sebagai salah satu bentuk perawatan pelabuhan. Akibat perbaikan salah satu dermaga ini, maka jadwal kapal ro-ro perlu dirombak ulang. Hanya 15 unit kapal ro-ro yang dapat beroperasi dengan *headway* yang lebih lama, yaitu 24 menit. Berikut adalah hasil simulasi skenario 3 yang dijalankan selama lima hari dengan periode *warmup* selama sepuluh jam.



**Gambar 5. 5.** Jumlah penumpang dalam sistem pada Skenario 3



**Gambar 5. 6.** Rata-rata waktu penumpang dalam sistem Skenario 3

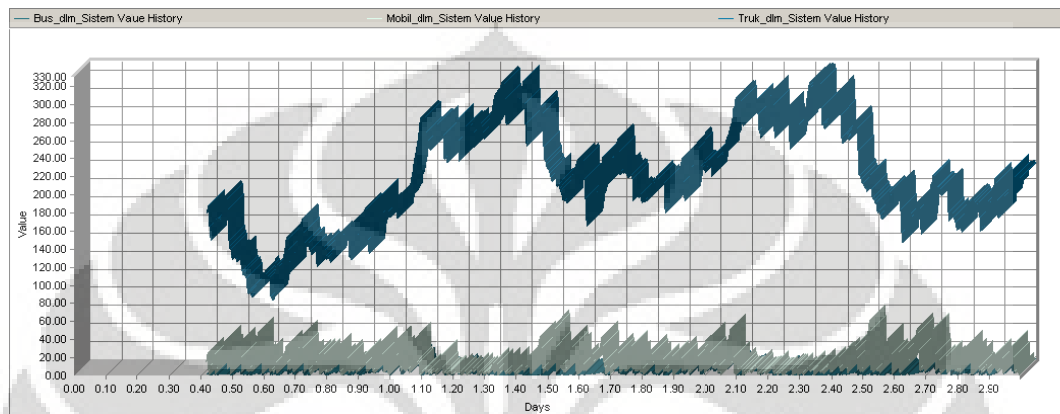
Grafik jumlah penumpang dalam sistem pada **Gambar 5. 5.** menunjukkan perilaku oskilasi, yang berarti sistem berada dalam kondisi stabil. Ternyata, walaupun jumlah dermaga yang beroperasi berkurang satu, hal tersebut tidak berpengaruh banyak terhadap stabilitas sistem. Strategi yang diterapkan PT. ASDP tetap mampu menampung permintaan penumpang. Bahkan, jumlah penumpang dan rata-rata waktu dalam sistem lebih baik dibanding skenario 1. Hal ini disebabkan oleh tidak adanya kekosongan jadwal pada skenario 3. Pada dasarnya, dengan *headway* 18 menit, jumlah maksimal kapal roto yang dapat beroperasi adalah sebanyak 20 unit. Pada skenario 1, jumlah kapal roto yang beroperasi adalah 17 unit, sehingga ada kekosongan 3 jadwal kapal roto yang mengakibatkan waktu tunggu kendaraan dalam antrian menjadi lebih lama. Pada skenario 3 tidak terdapat kekosongan jadwal karena dengan *headway* 24 menit, jumlah maksimal kapal roto yang dapat beroperasi juga 15 unit. Setelah simulasi dijalankan selama lima hari, terdapat 100 truk, 5 kendaraan pribadi, dan 1 bus ALS dalam sistem yang masih menunggu untuk diangkut kapal. Sedangkan, rata-rata waktu truk dalam sistem lebih kecil -28.5% dibanding skenario 1.

#### 5. 1. 4. Skenario 4

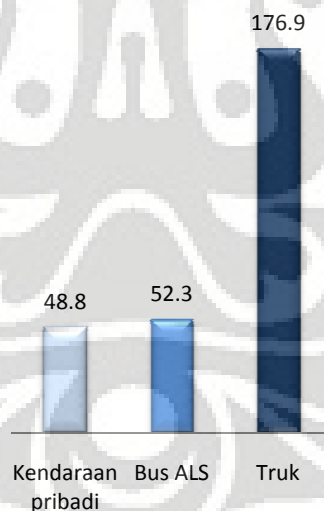
Skenario 4 dijalankan pada hari normal dengan satu dermaga dalam perbaikan dan dalam kondisi cuaca buruk. Ini merupakan skenario terburuk pada

**Universitas Indonesia**

hari normal. Karena satu dermaga sedang dalam perbaikan maka *headway* kapalnya adalah 24 menit dan dari 15 kapal ro-ro yang dapat beroperasi, hanya 12 kapal yang dapat berlayar dalam kondisi cuaca buruk dengan ombak besar. Berikut adalah hasil simulasi skenario 4 yang dijalankan selama tiga hari dengan periode *warmup* selama sepuluh jam.



**Gambar 5. 7.** Jumlah penumpang dalam sistem pada Skenario 4



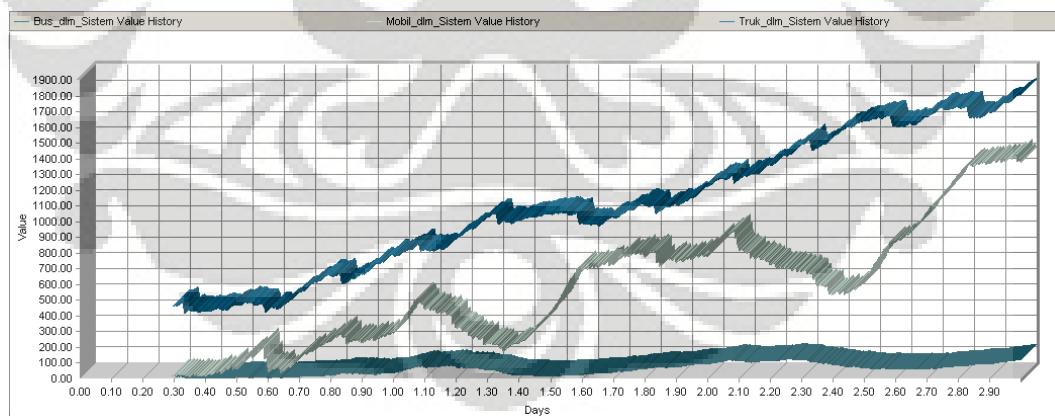
**Gambar 5. 8.** Rata-rata waktu penumpang dalam sistem Skenario 4

Grafik jumlah penumpang dalam sistem pada skenario 4 masih menunjukkan perilaku oskilasi. Jumlah permintaan penumpang masih mampu dipenuhi oleh jumlah kapal yang tersedia dengan *headway* kapal yang telah ditetapkan sebelumnya. Akan tetapi, rata-rata waktu truk dalam sistem meningkat

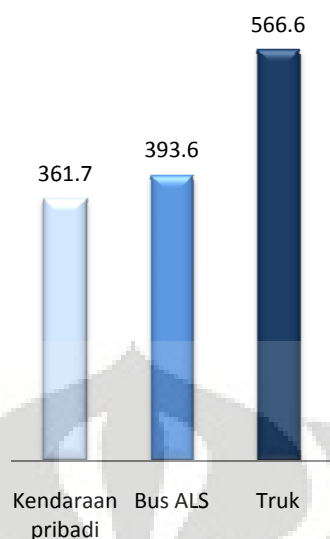
1.7 kali dibanding skenario 1 menjadi 176.9 menit atau sekitar 3 jam. Terdapat 70.3 menit yang terbuang percuma. Hal ini menunjukkan bahwa stabilitas sistem mulai sedikit terganggu akibat menurunnya *supply*, jumlah kapal yang tersedia, untuk memenuhi *demand* penumpang. Walaupun demikian, skenario 4 ini tidak berpengaruh banyak terhadap entitas kendaraan pribadi dan bus ALS, karena kedua jenis kendaraan ini selalu didahulukan untuk diangkut ke dalam kapal. Sehingga, yang menjadi korban adalah para supir truk yang selalu dinomorduakan untuk diangkut ke dalam kapal. Kemudian, setelah dijalankan selama tiga hari, terdapat 218 truk di areal pelabuhan yang menunggu untuk diangkut kapal. Jumlah truk tertinggi dalam sistem terjadi pada hari ke-2.35.

#### 5. 1. 5. Skenario 5

Skenario 5 dijalankan pada akhir pekan dengan dermaga yang beroperasi semua dan kondisi ombak yang tenang. Maksud akhir pekan disini adalah hari Jumat dan Sabtu. Dalam situasi seperti ini, manajemen PT. ASDP cenderung tetap mengoperasikan 17 unit kapal ro-ro dengan *headway* 18 menit sesuai dengan kondisi pada hari normal. Berikut adalah hasil simulasi skenario 5 yang dijalankan selama tiga hari dengan periode *warmup* selama tujuh jam.



**Gambar 5. 9.** Jumlah penumpang dalam sistem pada Skenario 5

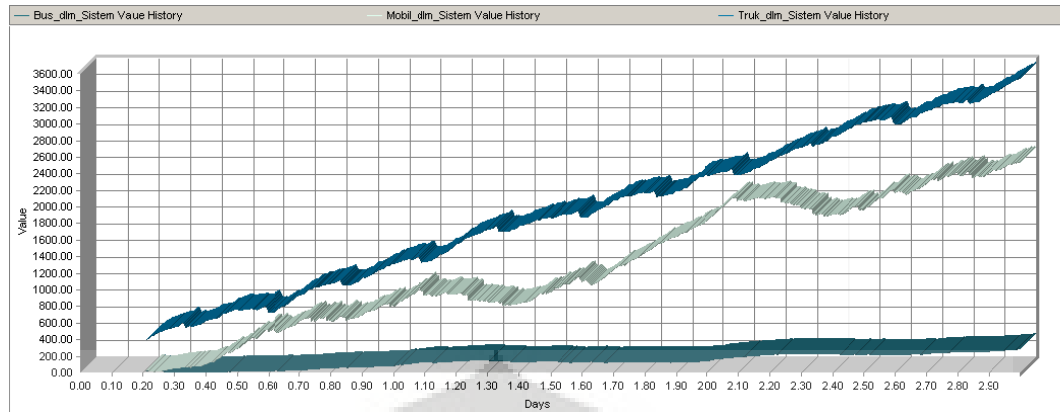


**Gambar 5. 10.** Rata-rata waktu penumpang dalam sistem Skenario 5

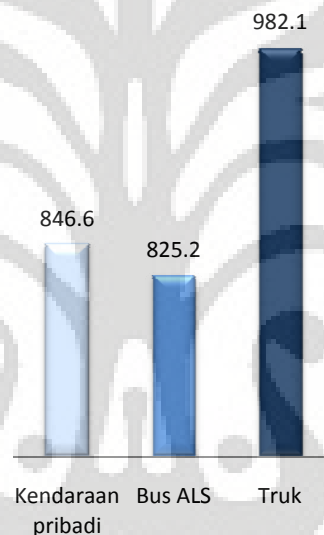
Grafik pada **Gambar 5. 10.** menunjukkan perilaku meningkat secara eksponensial (*exponential growth*). Hal ini menunjukkan bahwa kondisi akhir pekan mengakibatkan stabilitas sistem terganggu. Tujuhbelas kapal ro-ro yang beroperasi dengan *headway* 18 menit tidak mampu mengatasi permintaan penumpang. Akibatnya, setelah simulasi dijalankan selama tiga hari, terdapat 1805 truk dan 1373 kendaraan pribadi di pelabuhan Merak yang masih menunggu untuk diangkut kapal ro-ro. Dengan kapasitas pelabuhan Merak yang hanya mampu menampung 431 truk, terdapat 1374 truk yang mengantri di luar pelabuhan. Dengan asumsi setiap 10 meter terdapat dua truk yang mengantri dalam dua jalur, maka panjang antrian diluar pelabuhan mencapai 6.8 km. Selain itu, rata-rata waktu truk dalam sistem meningkat lebih dari lima kali lipat menjadi 566.6 menit atau 9 jam dibanding skenario 1.

#### 5. 1. 6. Skenario 6

Skenario 6 dijalankan pada akhir pekan dengan empat dermaga yang beroperasi semua tetapi dalam kondisi cuaca buruk, yang ditandai dengan ombak besar. Sama seperti skenario 2, terdapat empat kapal dalam jadwal yang memiliki GRT dibawah 3800. Akibatnya, dari total 17 kapal yang beroperasi, hanya 13 kapal ro-ro yang dapat berlayar. Berikut adalah hasil simulasi skenario 6 yang dijalankan selama tiga hari dengan periode *warmup* selama lima jam.



**Gambar 5. 11.** Jumlah penumpang dalam sistem pada Skenario 6

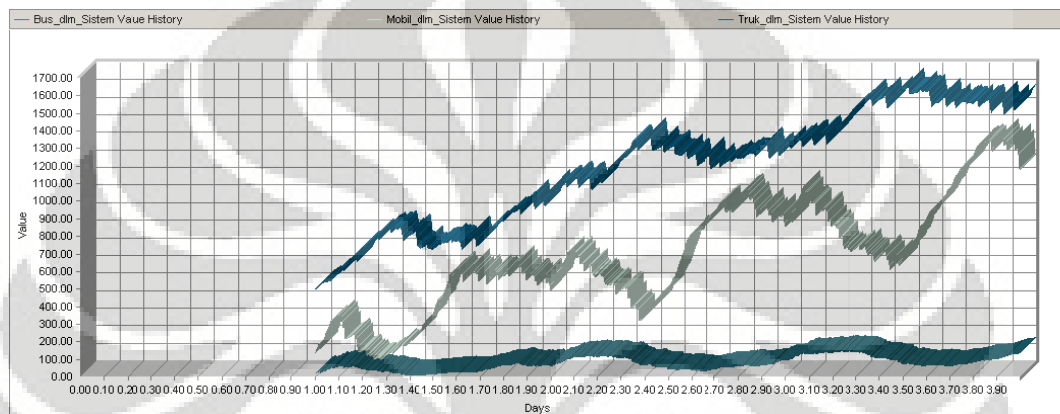


**Gambar 5. 12.** Rata-rata waktu penumpang dalam sistem Skenario 6

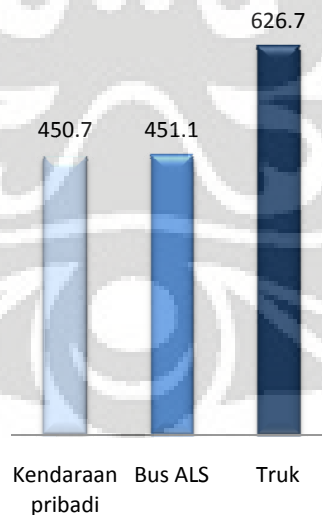
**Gambar 5. 11.** menunjukkan grafik jumlah penumpang dalam sistem yang berperilaku meningkat secara eksponensial dan lebih tajam dibanding grafik yang sama pada skenario 5. Hanya berselang 5 jam kemudian setelah kondisi normal, areal pelabuhan Merak sudah terisi penuh oleh truk yang hendak naik kapal ro-ro. Kemudian, setelah simulasi dijalankan selama tiga hari terdapat 3545 truk yang masih berada dalam sistem untuk diangkut kapal ro-ro. Sehingga diprediksikan terdapat antrian truk sepanjang 15 km di luar areal pelabuhan. Hal ini menunjukkan bahwa kondisi pada skenario 5 diperparah lagi oleh cuaca buruk di skenario 6. Rata-rata waktu truk dalam antrian juga meningkat tajam sebesar +73.3% dibanding skenario 5 menjadi 982.1 menit atau 16 jam.

### 5. 1. 7. Skenario 7

Skenario 7 dijalankan pada kondisi akhir pekan dan cuaca cerah akan tetapi dengan satu dermaga dalam perbaikan, sehingga hanya tiga dermaga yang beroperasi. Sama seperti strategi pada kondisi satu dermaga mati pada skenario-skenario sebelumnya, PT. ASDP mengoperasikan 15 unit kapal ro-ro dengan *headway* 24 menit. Berikut adalah hasil simulasi skenario 7 yang dijalankan selama tiga hari dengan periode *warmup* selama satu hari



**Gambar 5. 13.** Jumlah penumpang dalam sistem pada Skenario 7



**Gambar 5. 14.** Rata-rata waktu penumpang dalam sistem Skenario 7

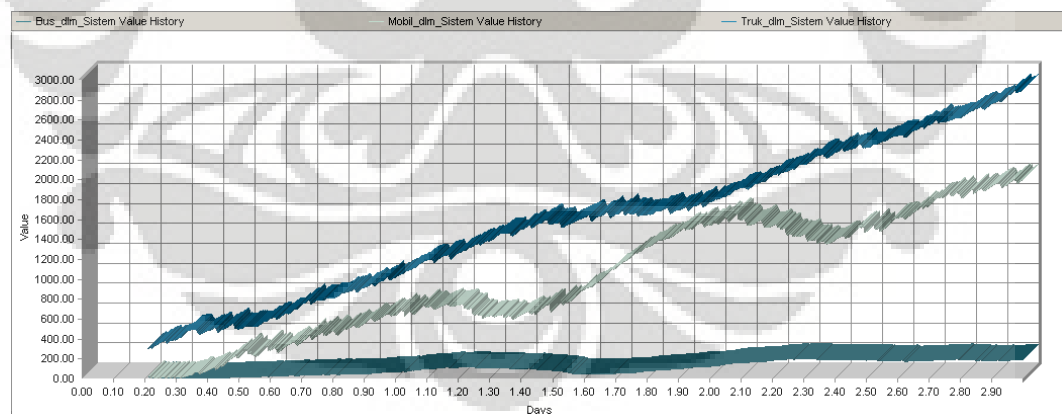
Dari **Gambar 5. 13.** diatas terlihat bahwa grafik jumlah truk dalam sistem berbentuk kurva-S atau perpaduan antara oskilasi dengan peningkatan



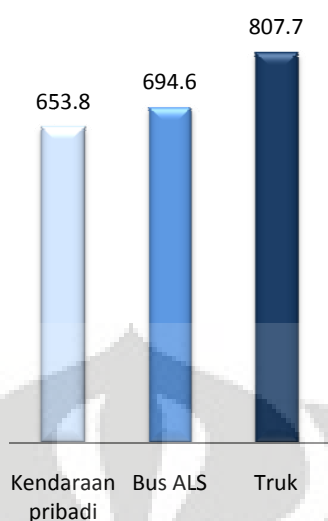
eksponensial. Hal ini menunjukkan bahwa pada awal-awal periode, jumlah kapal yang beroperasi masih sanggup memenuhi permintaan penumpang secara stabil dalam kurun waktu tertentu. Akan tetapi, seiring berjalannya waktu, sistem penyeberangan ini menjadi terganggu, dimana jumlah *demand* jauh melebihi jumlah *supply*. Setelah satu hari, lahan parkir di areal Pelabuhan Merak sudah tidak sanggup menampung arus kedatangan penumpang. Dan setelah dijalankan selama tiga hari, antrian truk diluar pelabuhan diprediksi mencapai 5.7 km. Hal ini mengakibatkan rata-rata waktu truk dalam sistem meningkat sebesar hampir enam kali lipat dibanding rata-rata waktu truk dalam sistem di skenario 1.

#### 5. 1. 8. Skenario 8

Skenario 8 dijalankan pada akhir pekan dengan satu dermaga dalam perbaikan dan dalam kondisi cuaca buruk. Ini merupakan skenario terburuk pada akhir pekan. Sama seperti situasi pada skenario 4, karena satu dermaga sedang dalam perbaikan maka *headway* kapalnya adalah 24 menit dan dari 15 kapal ro-ro yang dapat beroperasi, hanya 12 kapal yang dapat berlayar dalam kondisi cuaca buruk dengan ombak besar. Berikut adalah hasil simulasi skenario 8 yang dijalankan selama tiga hari dengan periode *warmup* selama lima jam.



**Gambar 5. 15.** Jumlah penumpang dalam sistem pada Skenario 8

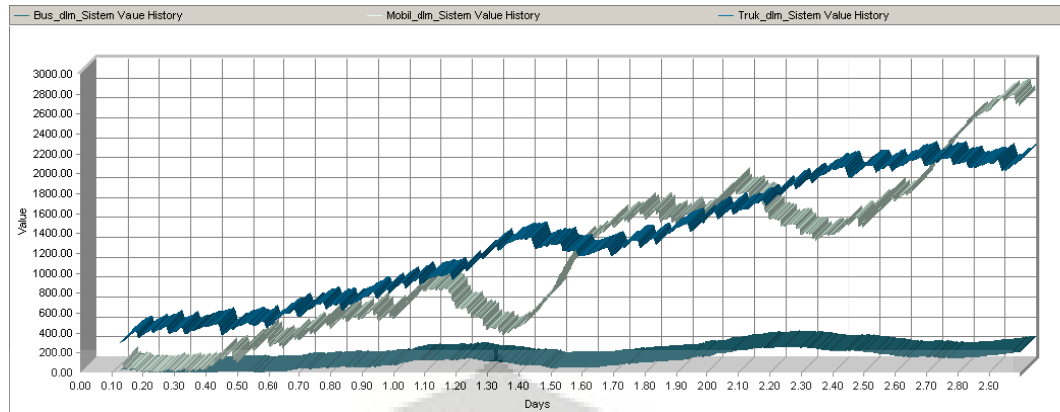


**Gambar 5. 16.** Rata-rata waktu penumpang dalam sistem Skenario 8

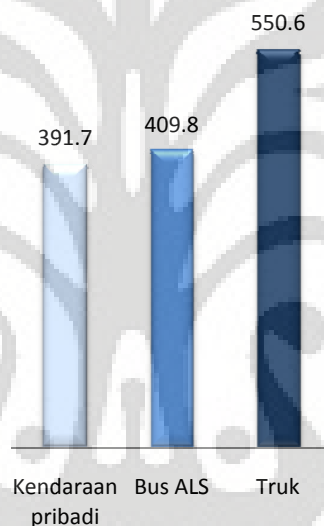
**Gambar 5. 15.** menunjukkan grafik jumlah penumpang dalam sistem yang berperilaku meningkat secara eksponensial dan lebih tajam dibanding grafik yang sama pada skenario 7. Hanya berselang 8 jam kemudian setelah kondisi normal, areal pelabuhan Merak sudah terisi penuh oleh truk yang hendak naik kapal ro-ro. Kemudian, setelah simulasi dijalankan selama tiga hari terdapat 2898 truk yang masih berada dalam sistem untuk diangkut kapal ro-ro. Sehingga diprediksikan terdapat antrian truk sepanjang 12.3 km di luar areal pelabuhan. Hal ini menunjukkan bahwa kondisi pada skenario 7 diperparah lagi oleh cuaca buruk di skenario 8. Rata-rata waktu truk dalam antrian juga meningkat sebesar +28.8% dibanding skenario 7 menjadi 807.7 menit atau 1 jam.

#### 5. 1. 9. Skenario 9

Skenario 9 dijalankan pada libur panjang dengan dermaga yang beroperasi semua dan kondisi ombak yang tenang. Definisi dari libur panjang disini adalah libur anak sekolah setelah ujian semester. Dalam situasi seperti ini, manajemen PT. ASDP cenderung memaksimalkan jumlah kapal ro-ro yang mungkin beroperasi, yaitu 20 unit kapal ro-ro dengan *headway* 18 menit. Berikut adalah hasil simulasi skenario 9 yang dijalankan selama tiga hari dengan periode *warmup* selama tiga jam.



**Gambar 5. 17.** Jumlah penumpang dalam sistem pada Skenario 9



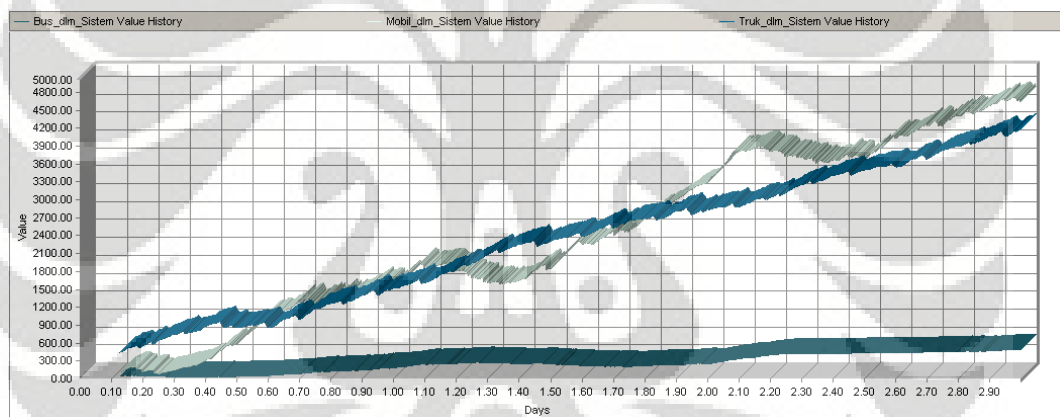
**Gambar 5. 18.** Rata-rata waktu penumpang dalam sistem Skenario 9

Grafik pada **Gambar 5. 17.** menunjukkan perilaku meningkat secara eksponensial (*exponential growth*). Hal ini menunjukkan bahwa kondisi libur panjang mengakibatkan stabilitas sistem terganggu. 20 kapal ro-ro yang beroperasi dengan *headway* 18 menit tidak mampu mengatasi permintaan penumpang. Akibatnya, setelah simulasi dijalankan selama tiga hari, terdapat 2131 truk dan 2689 kendaraan pribadi di pelabuhan Merak yang masih menunggu untuk diangkut kapal ro-ro. Jumlah kendaraan pribadi dalam sistem yang lebih besar dibandingkan dengan bus ALS sebagai akibat dari meningkatnya arus kedatangan kendaraan pribadi ke pelabuhan Merak karena libur panjang. Dengan kapasitas pelabuhan Merak yang hanya mampu menampung 431 truk, terdapat 1700 truk

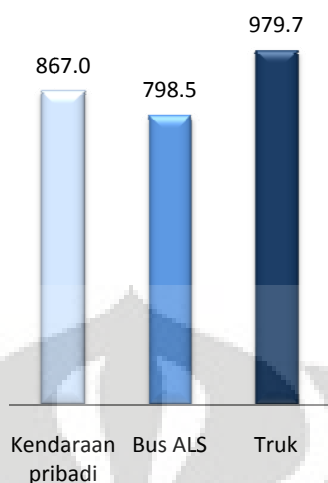
yang mengantri di luar pelabuhan. Dengan asumsi setiap 10 meter terdapat dua truk yang mengantri dalam dua jalur, maka panjang antrian diluar pelabuhan mencapai 8.5 km. Selain itu, rata-rata waktu truk dalam sistem meningkat lima kali lipat menjadi 551 menit atau 9 jam dibanding skenario 1.

#### 5. 1. 10. Skenario 10

Skenario 10 dijalankan pada libur panjang dengan empat dermaga yang beroperasi semua tetapi dalam kondisi cuaca buruk, yang ditandai dengan ombak besar. Dari 20 kapal ro-ro yang beroperasi, terdapat lima kapal yang memiliki GRT dibawah 3800. Akibatnya, hanya 15 kapal ro-ro yang dapat berlayar. Berikut adalah hasil simulasi skenario 10 yang dijalankan selama tiga hari dengan periode *warmup* selama tiga jam.



**Gambar 5. 19.** Jumlah penumpang dalam sistem pada Skenario 10

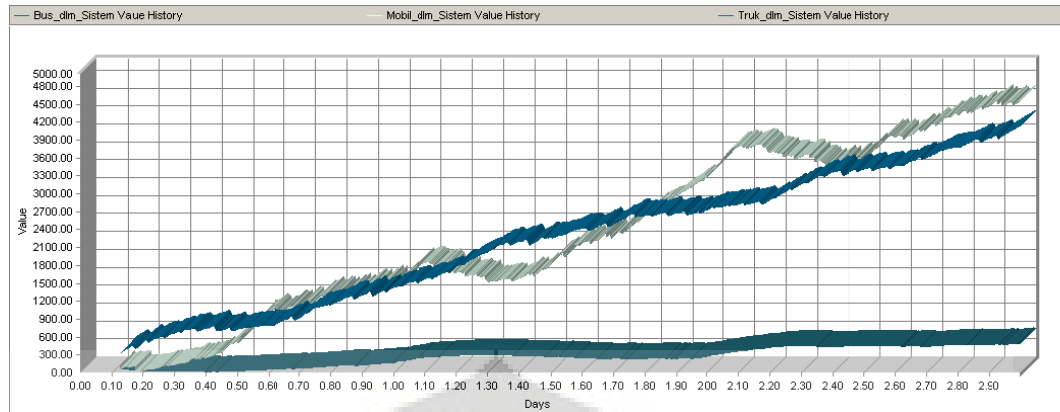


**Gambar 5. 20.** Rata-rata waktu penumpang dalam sistem Skenario 10

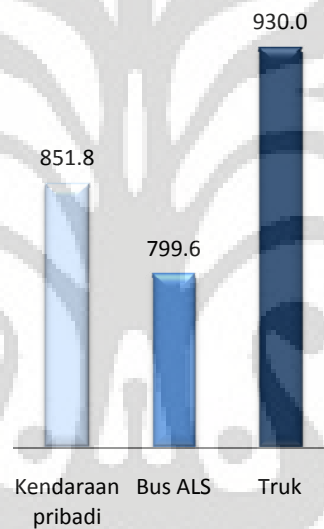
**Gambar 5. 19.** menunjukkan grafik jumlah penumpang dalam sistem yang berperilaku meningkat secara eksponensial dan lebih tajam dibanding grafik yang sama pada skenario 9. Hanya berselang 3 jam kemudian setelah kondisi normal, areal pelabuhan Merak sudah terisi penuh oleh truk yang hendak naik kapal ro-ro. Kemudian, setelah simulasi dijalankan selama tiga hari terdapat 4173 truk yang masih berada dalam sistem untuk diangkut kapal ro-ro. Sehingga diprediksikan terdapat antrian truk sepanjang 18.7 km di luar areal pelabuhan. Hal ini menunjukkan bahwa kondisi pada skenario 9 diperparah lagi oleh cuaca buruk di skenario 10. Rata-rata waktu truk dalam antrian juga meningkat tajam sebesar +77.9% dibanding skenario 9 menjadi 979.7 menit atau 16.3 jam.

#### 5. 1. 11. Skenario 11

Skenario 11 dijalankan pada kondisi libur panjang dan cuaca cerah, akan tetapi dengan satu dermaga dalam perbaikan, sehingga hanya tiga dermaga yang beroperasi. Pada situasi seperti ini, PT. ASDP mengoperasikan 15 unit kapal ro-ro dengan *headway* 24 menit. Berikut adalah hasil simulasi skenario 11 yang dijalankan selama tiga hari dengan periode *warmup* selama tiga jam.



**Gambar 5. 21.** Jumlah penumpang dalam sistem pada Skenario 11

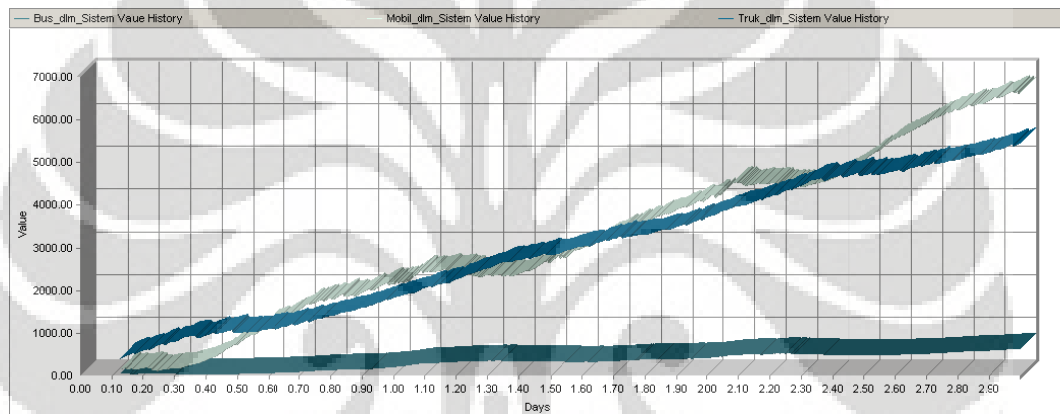


**Gambar 5. 22.** Rata-rata waktu penumpang dalam sistem Skenario 11

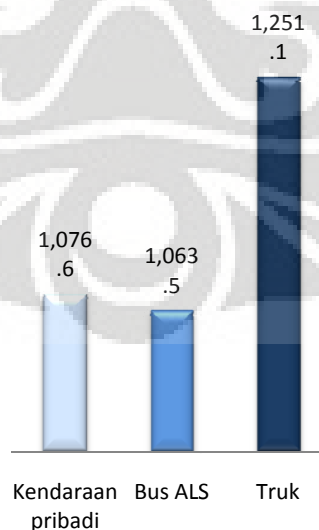
Grafik pada **Gambar 5.21.** memiliki perilaku yang sama dengan grafik pada **Gambar 5.19.** Hal ini disebabkan karena jumlah kapal roto yang beroperasi pada kedua skenario ini sama, yaitu 15 unit. *Headway* kapal ternyata tidak berpengaruh signifikan terhadap jumlah penumpang dalam sistem. Rata-rata waktu dalam sistem kedua skenario ini juga memiliki kemiripan. Mulai hari ke-2.1, jumlah kendaraan pribadi dalam sistem melebihi jumlah truk karena arus kedatangan kendaraan pribadi jauh melebihi arus kedatangan truk walaupun memiliki prioritas diatas truk dalam hal menaiki kapal roto.

### 5. 1. 12. Skenario 12

Skenario 12 dijalankan pada kondisi libur panjang dengan satu dermaga dalam perbaikan dan dalam kondisi cuaca buruk. Ini merupakan skenario terburuk pada kondisi libur panjang. Sama seperti situasi pada skenario 11, karena satu dermaga sedang dalam perbaikan maka *headway* kapalnya adalah 24 menit dan dari 15 kapal ro-ro yang dapat beroperasi, hanya 12 kapal yang dapat berlayar dalam kondisi cuaca buruk dengan ombak besar. Berikut adalah hasil simulasi skenario 12 yang dijalankan selama tiga hari dengan periode *warmup* selama tiga jam.



**Gambar 5. 23.** Jumlah penumpang dalam sistem pada Skenario 12

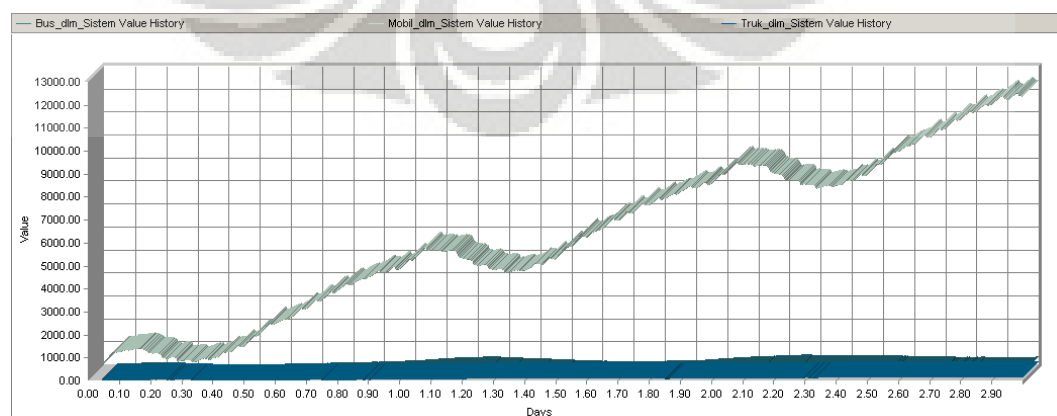


**Gambar 5. 24.** Rata-rata waktu penumpang dalam sistem Skenario 12

Dari **Gambar 5. 23.** diatas terlihat bahwa sejak hari ke-0.1 jumlah penumpang dalam sistem selalu meningkat dan grafiknya cenderung mulus. Hal ini mengindikasikan bahwa pada skenario ini kapal yang tersedia sama sekali tidak mampu memenuhi jumlah permintaan penumpang yang jauh meningkat dari waktu ke waktu. Setelah simulasi ini dijalankan selama tiga hari, dapat terlihat bahwa jumlah truk dalam sistem mencapai 5443 unit dan diprediksi terjadi antrian sepanjang 25 km. Rata-rata setiap truk harus menunggu hingga 20 jam dalam sistem untuk dapat diangkut kapal roro menuju Bakauheni.

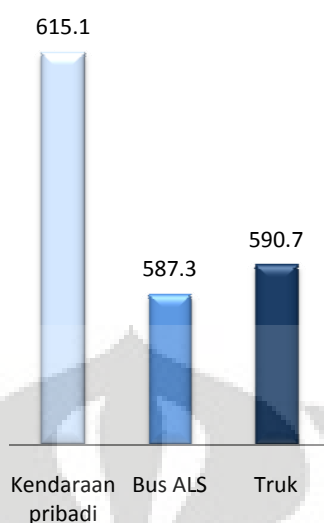
### 5. 1. 13. Skenario 13

Skenario 13 dijalankan pada kondisi lebaran dengan semua dermaga beroperasi dan kondisi cuaca sedang cerah. Terdapat perbedaan yang cukup signifikan antara skenario hari lebaran dengan hari-hari lainnya. Pada skenario lebaran, jumlah truk sangat minim. Hal ini dikarenakan ada larangan dari manajemen PT. ASDP bagi truk untuk menyeberang dari Merak menuju Bakauheni pada saat menjelang lebaran. Truk-truk yang diperbolehkan menyeberang hanyalah truk-truk yang mengangkut sembako. Pada situasi lebaran, jumlah kendaraan pribadi melonjak sebesar +1431% dibanding kondisi normal. Untuk memaksimalkan lahan parkir pelabuhan, area parkir kendaraan pribadi diperluas hingga menuju area parkir truk. Oleh sebab itu, pada situasi lebaran, pelabuhan Merak mampu menampung 1206 unit kendaraan pribadi. Berikut adalah hasil simulasi skenario 13 yang dijalankan selama tiga hari dengan periode *warmup* selama satu jam.



**Gambar 5. 25.** Jumlah penumpang dalam sistem pada Skenario 13



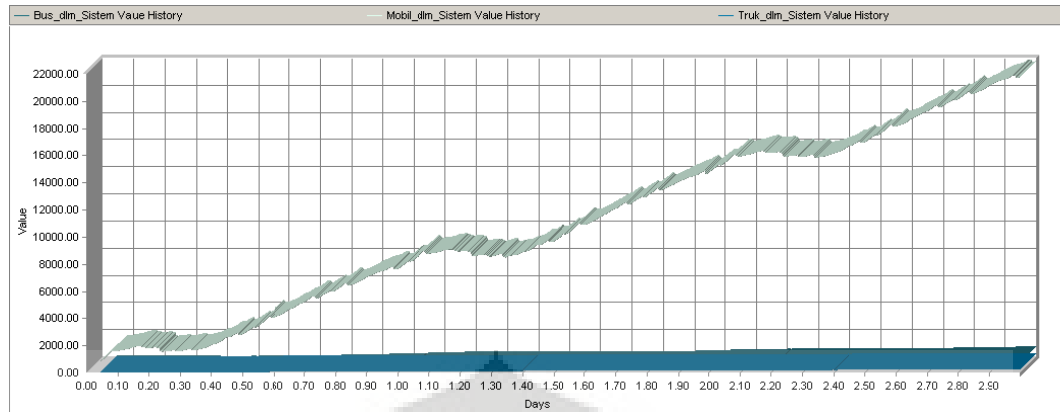


**Gambar 5. 26.** Rata-rata waktu penumpang dalam sistem Skenario 13

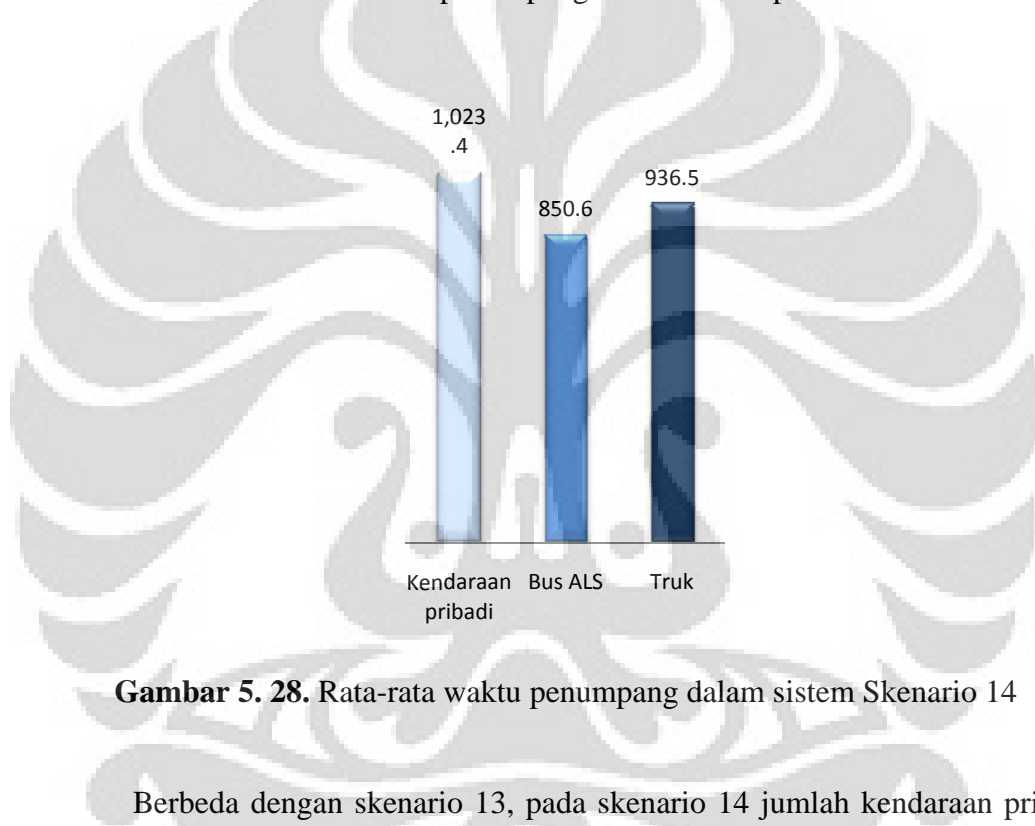
Pada skenario 13, 2 jam setelah kondisi normal, areal parkir pelabuhan sudah terisi penuh dan mengakibatkan kendaraan pribadi mengantri di luar gerbang pelabuhan. Grafik jumlah kendaraan pribadi dalam sistem menunjukkan perilaku eksponensial yang selalu meningkat dari waktu ke waktu. Setelah simulasi dijalankan selama tiga hari, kendaraan pribadi yang masih berada dalam sistem berjumlah 12377 unit. Dengan asumsi setiap 10 meter dapat terisi oleh 6 unit kendaraan pribadi yang mengantri dalam dua jalur, maka diprediksikan panjang antrian di luar pelabuhan mencapai 18.6 km. Selain itu, dibutuhkan waktu rata-rata 10 jam bagi kendaraan pribadi dalam antrian untuk dapat menaiki kapal ro-ro menuju Bakauheni. Waktu ini melonjak 10 kali lipat dibanding waktu normal yang dibutuhkan kendaraan pribadi untuk dapat menaiki kapal ro-ro.

#### 5. 1. 14. Skenario 14

Yang membedakan skenario 13 dengan skenario 14 adalah kondisi cuacanya. Skenario 14 dijalankan pada kondisi cuaca buruk yang menyebabkan ombak laut menjadi besar sehingga kapal-kapal kecil tidak mampu berlayar. Dari 20 kapal ro-ro yang dijadwal untuk berlayar, terdapat lima kapal berukuran kecil, sehingga hanya 15 kapal yang dapat berlayar pada skenario ini. *Headway* kapal sama dengan skenario 13, yaitu 18 menit. Berikut adalah hasil simulasi skenario 14 yang dijalankan selama tiga hari dengan periode *warmup* selama satu jam.



**Gambar 5.27.** Jumlah penumpang dalam sistem pada Skenario 14



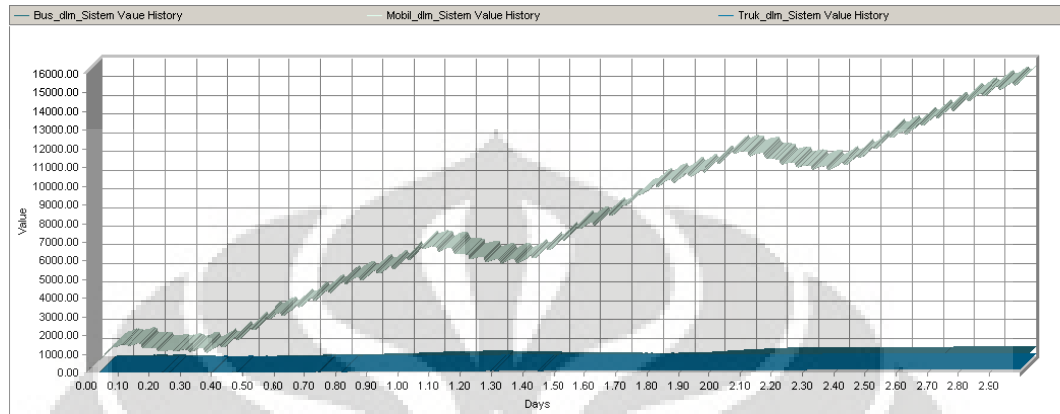
**Gambar 5.28.** Rata-rata waktu penumpang dalam sistem Skenario 14

Berbeda dengan skenario 13, pada skenario 14 jumlah kendaraan pribadi dalam sistem setelah dijalankan selama tiga hari lebih dahsyat, yaitu 21773 unit kendaraan. Dengan jumlah kendaraan yang sebesar ini, diprediksikan terjadi antrian kendaraan pribadi sepanjang 34 km dari gerbang masuk pelabuhan. Rata-rata waktu kendaraan pribadi dalam sistem juga meningkat tajam sebesar +66.4% atau lebih lama 7 jam dibanding situasi pada skenario 13.

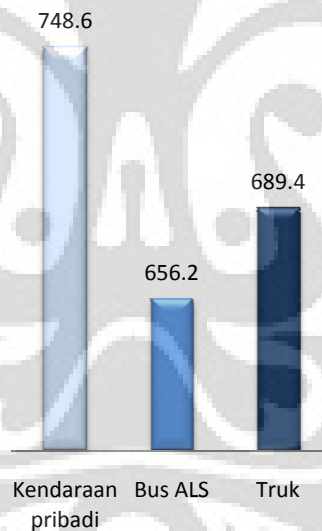
#### 5. 1. 15. Skenario 15

Skenario 15 dijalankan pada situasi hari lebaran dengan satu dermaga yang sedang dalam perbaikan dan kondisi cuaca sedang cerah. Karena hanya tiga

dermaga yang beroperasi, maka hanya 15 kapal yang mampu berlayar dengan *headway* sebesar 24 menit. Berikut adalah hasil simulasi skenario 15 yang dijalankan selama tiga hari dengan periode *warmup* selama satu jam.



**Gambar 5. 29.** Jumlah penumpang dalam sistem pada Skenario 15

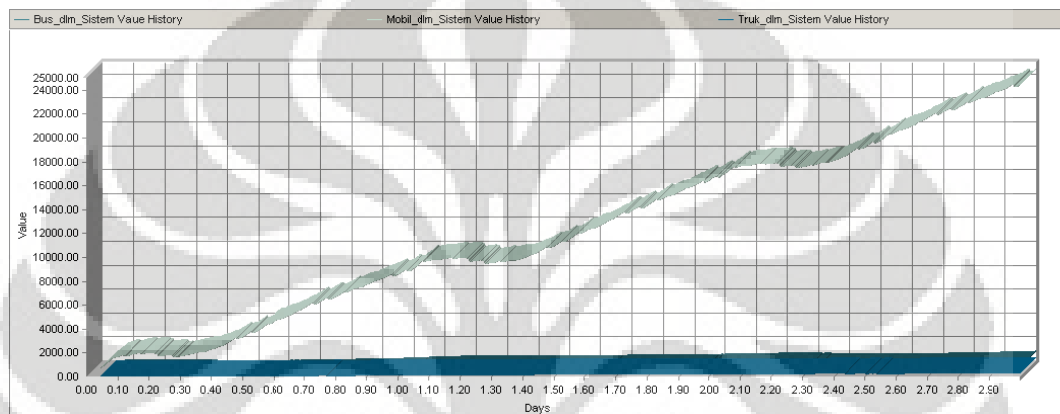


**Gambar 5. 30.** Rata-rata waktu penumpang dalam sistem Skenario 15

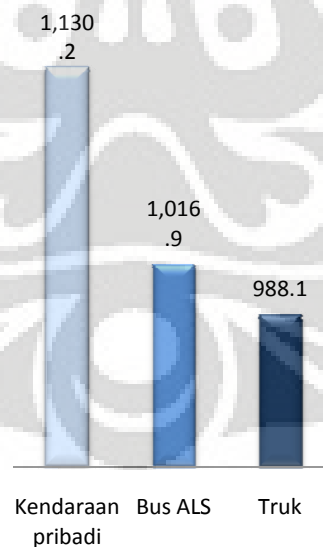
Perilaku grafik pada skenario 15 sama dengan grafik pada skenario 13 dan 14, yaitu eksponensial. Yang membedakannya adalah jumlah penumpang dalam sistem. Pada skenario 15, setelah simulasi dijalankan selama 3 hari, kendaraan pribadi yang masih dalam sistem berjumlah mencapai 15563 unit kendaraan dan diprediksi terjadi antrian sepanjang 24 km di luar pelabuhan Merak. Rata-rata waktu kendaraan pribadi dalam sistem lebih lama 2 jam dibanding skenario 13.

### 5. 1. 16. Skenario 16

Skenario 16 merupakan skenario yang terburuk dari semua skenario-skenario yang tersedia pada simulasi ini karena dijalankan pada hari lebaran, dengan satu dermaga sedang dalam perbaikan dan pada kondisi cuaca buruk. Terdapat 12 kapal yang mampu beroperasi pada situasi seperti ini dengan *headway* sebesar 24 menit. Berikut adalah hasil simulasi skenario 16 yang dijalankan selama tiga hari dengan periode *warmup* selama satu jam.



**Gambar 5. 31.** Jumlah penumpang dalam sistem pada Skenario 16

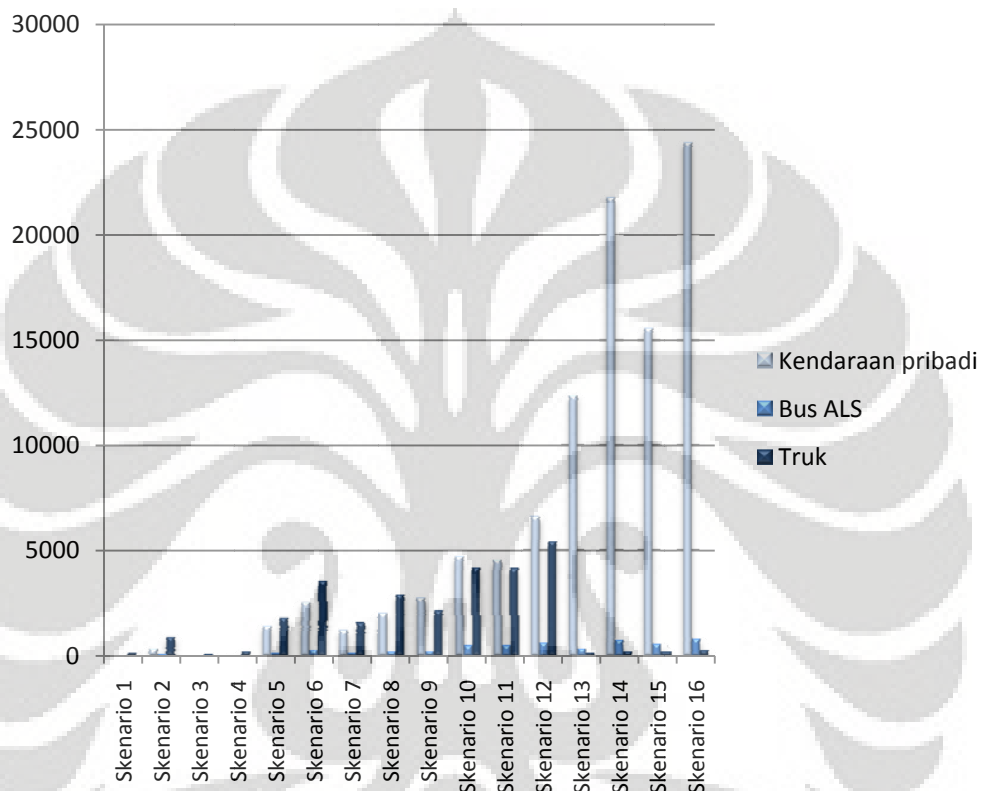


**Gambar 5. 32.** Rata-rata waktu penumpang dalam sistem Skenario 16

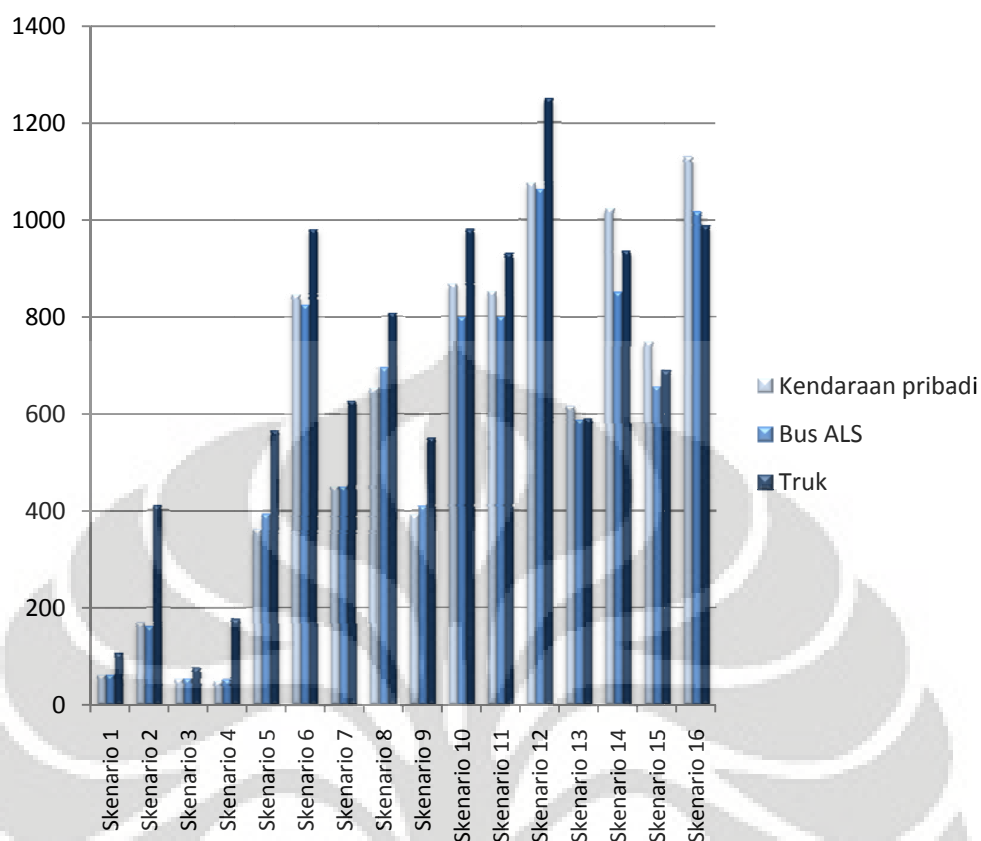
Setelah simulasi dijalankan selama 3 hari, diprediksikan terjadi antrian kendaraan pribadi sepanjang 39 km di luar gerbang masuk pelabuhan Merak.

Rata-rata waktu kendaraan pribadi dalam sistem meningkat 18 kali lipat dibanding kondisi normal. Hal ini menyebabkan terbuangnya waktu 17 jam sia-sia hanya untuk menunggu dalam antrian untuk menaiki kapal.

#### 5. 1. 17. Komparasi hasil simulasi antar skenario



**Gambar 5. 33.** Jumlah penumpang dalam sistem setelah 3 hari



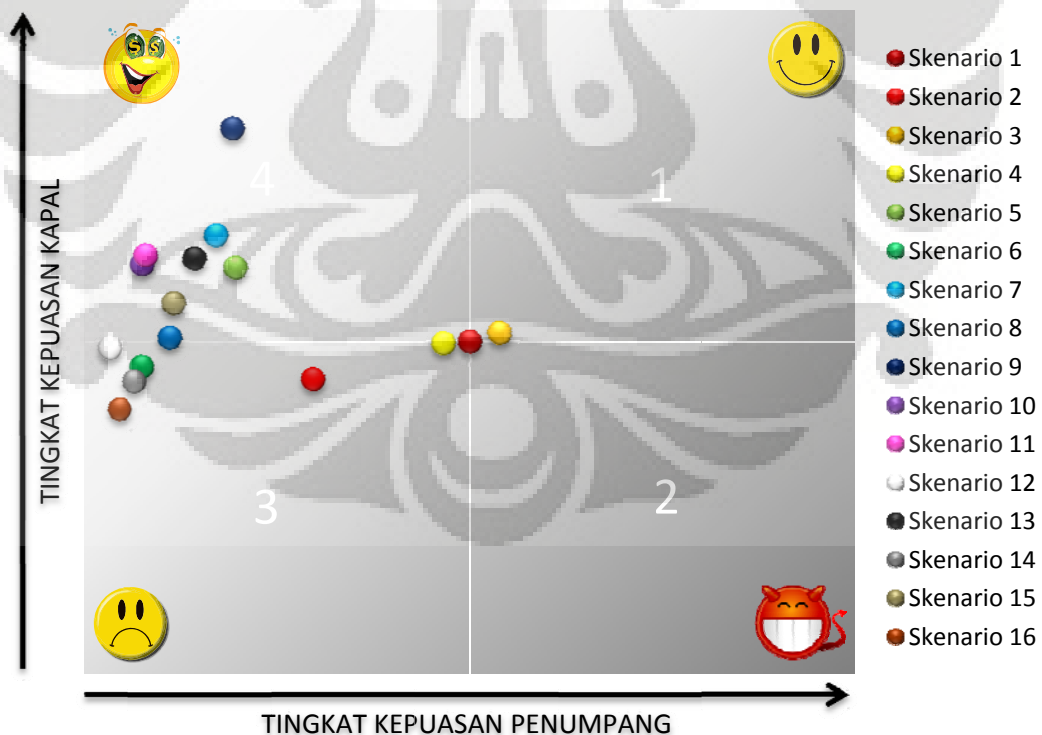
**Gambar 5. 34.** Rata-rata waktu penumpang dalam sistem

Jumlah penumpang dalam sistem dan rata-rata waktu dalam sistem menunjukkan hubungan yang linear. Semakin panjang antriannya, semakin lama waktu antrinya. Begitu juga sebaliknya. Jumlah kendaraan pribadi terbesar dan rata-rata waktu kendaraan pribadi terlama dalam sistem terjadi pada skenario 16, yaitu pada kondisi lebaran dengan satu dermaga mati dan cuaca buruk. Sedangkan, jumlah bus ALS & truk serta rata-rata waktu bus ALS & truk terlama terjadi pada skenario 12, yaitu pada saat libur panjang dengan satu dermaga mati dan cuaca buruk. Skenario 12 dan 16 dapat dikatakan sebagai skenario yang paling *peak*. Oleh sebab itu diperlukan sebuah solusi yang mampu meminimasi panjang antrian dan waktu antrian di kedua skenario ini.

## 5. 2. Formulasi Strategi

Definisi dari formulasi strategi ini adalah mencari sebuah solusi yang mampu meningkatkan kepuasan pemakai jasa pelabuhan penyeberangan Merak

dengan cara melakukan eksperimen-eksperimen terhadap model simulasi. Dari sudut pandang PT. ASDP, pemakai jasa pelabuhan terbagi menjadi dua, yaitu penumpang itu sendiri dan para pemilik kapal ro-ro. Tingkat kepuasan penumpang diukur dari rata-rata waktu yang dihabiskan dalam sistem. Semakin kecil rata-rata waktunya, semakin puas penumpangnya. Begitupun sebaliknya. Sedangkan tingkat kepuasan pemilik kapal ro-ro diukur dari rata-rata pendapatan yang ia terima dalam sekali perjalanan dan probabilitas kapalnya masuk dalam jadwal. Semakin tinggi pendapatannya, semakin puas pemilik kapalnya. Semakin tinggi probabilitas kapalnya masuk dalam jadwal, semakin puas pemilik kapalnya. Walaupun demikian, sebagai badan layanan umum, PT. ASDP wajib mendahulukan kepentingan penumpang di atas kepentingan para pemilik kapal ro-ro. Oleh sebab itu, diperlukan sebuah strategi yang mampu menurunkan rata-rata waktu tunggu penumpang dalam sistem tanpa mengorbankan pendapatan kapal ro-ro. Tingkat kepuasan pemakai jasa pelabuhan Merak pada *As-Is model* dipetakan dalam matriks dibawah ini.



**Gambar 5. 35.** Matriks tingkat kepuasan penumpang-kapal *as-is model*

Matriks ini terbagi kedalam empat kuadran, yaitu kuadran 1, 2, 3, dan 4. Skenario-skenario yang terletak pada kuadran 1 menunjukkan bahwa strategi yang dilakukan mampu memberikan kepuasan terhadap penumpang dan para pemilik kapal sekaligus. Hal ini akan memberikan dampak positif bagi perkembangan sistem pelabuhan Merak di masa mendatang. Skenario-skenario di kuadran 2 menunjukkan bahwa strategi yang dilakukan lebih mengarah pada kepentingan penumpang saja. Lebih mementingkan *image* di luar padahal kondisi keuangan internal buruk. Sistem dengan strategi ini akan memberikan dampak positif sesaat dan lama-kelamaan sistem tersebut akan hancur dengan sendirinya. Skenario-skenario di kuadran 3 menunjukkan bahwa strategi yang dilakukan tidak mampu memberikan kepuasan terhadap penumpang dan para pemilik kapal. Sistem dengan kondisi seperti ini sudah hancur dari awal. Terakhir, skenario-skenario di kuadran 3 menunjukkan bahwa strategi yang diterapkan lebih mementingkan uang daripada kepuasan penumpang. Sebagai titik acuan, skenario 1 terletak tepat di tengah-tengah matriks dan mengindikasikan bahwa skenario 1 menjadi standar pelayanan di mata para pemakai jasa pelabuhan Merak.

Dari matriks diatas terlihat jelas bahwa strategi yang diterapkan manajemen PT. ASDP saat ini cenderung tidak memihak penumpang pada sebagian besar skenario situasi. Oleh sebab itu, strategi yang akan diusulkan harus mampu menggeser titik-titik yang sebagian besar terkonsentrasi di sebelah kiri tersebut agar dapat lebih ke kanan dan ke atas menuju kuadran 1.

Setelah dilakukan eksperimen secara berulang-ulang kali, diperoleh strategi sebagai berikut.

**Tabel 5. 3.** Strategi yang diusulkan

Strategi		Resiko
Sarana	Jadwal	
Dermaga ditambah satu		Penumpang yang turun di dermaga 5 membutuhkan waktu yang lebih lama untuk keluar.
Tollgate ditambah satu		Lahan parkir berkurang.



	<i>Headway</i> kapal: 12 menit (5 dermaga) atau 15 menit (4 dermaga)	Jumlah penumpang yang dapat terangkut pada kondisi sepi berkurang.
	Jumlah kapal ro-ro yang beroperasi: 29 unit (5 dermaga) atau 24 unit (4 dermaga)	Tidak ada kapal cadangan jika terjadi kerusakan pada salah satu kapal.

Setelah melakukan pengamatan terhadap perilaku model untuk mengidentifikasi akar permasalahan penyebab kemacetan di pelabuhan Merak pada sebagian besar skenario *As-Is model*, diperoleh suatu kesimpulan bahwa penyebab kemacetan tersebut adalah tidak mencukupinya jumlah trip perjalanan kapal ro-ro yang tersedia dalam satu hari. Untuk mengatasi lonjakan permintaan penumpang pada saat-saat *peak* terutama pada saat libur panjang dan lebaran, jumlah trip perjalanan dalam satu hari perlu ditambah. Hal ini dapat dilakukan dengan menambah satu buah dermaga. Sehingga jumlah dermaga yang beroperasi di pelabuhan Merak menjadi lima. Dengan penambahan dermaga ini, secara otomatis jumlah trip dalam sehari dapat bertambah. Ditunjang dengan *headway* kapal yang diperkecil hingga 12 menit, trip kapal ro-ro dalam satu hari meningkat dari maksimal 80 trip menjadi maksimal 120 trip. Untuk mendukung strategi ini berjalan, semua kapal ro-ro yang tersedia perlu dioperasikan. Kemudian, khusus untuk skenario lebaran, ternyata *bottleneck* pada *as-is model* tidak hanya terjadi di area parkir dermaga, tetapi juga terjadi di lokasi *tollgate*. Hal ini disebabkan karena hanya satu *tollgate* yang tersedia untuk melayani penumpang kendaraan pribadi. Akibatnya, antrian kendaraan tidak dapat terelakkan.

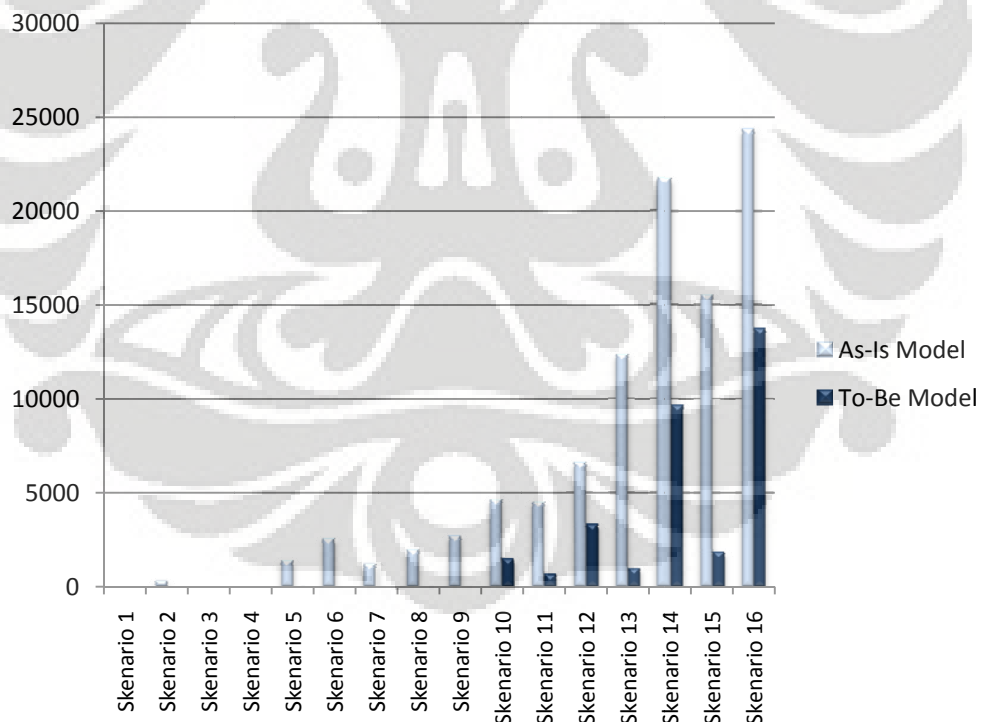
Resiko dari dibangunnya dermaga 5 adalah waktu yang dibutuhkan oleh penumpang yang turun di dermaga 5 menuju pintu keluar pelabuhan menjadi semakin lama. Hal ini disebabkan oleh tidak adanya jalur khusus keluar untuk penumpang yang turun di dermaga 5, sehingga penumpang yang turun di dermaga 5 ini berbaur dengan penumpang yang mengantri menuju salah satu area parkir dermaga untuk menaiki kapal ro-ro. Dengan berkurangnya *headway* kapal dari 18 menit menuju 12 menit akan berisiko menurunkan jumlah penumpang yang dapat terangkut oleh satu kapal pada satu kali perjalanan pada kondisi sepi. Hal ini disebabkan karena waktu pengalihan penumpang yang juga berkurang dari 18

menit menjadi 12 menit. Kemudian, dengan beroperasinya seluruh kapal roto yang tersedia, akan beresiko terjadinya ketidakstabilan sistem ketika ada salah satu kapal yang rusak karena tidak adanya kapal cadangan. Oleh karena itu, untuk mengatasi hal tersebut perlu ditambah setidaknya satu kapal untuk masing-masing dermaga. Hal ini dapat dilakukan dengan cara mengalihkan kapal roto yang tadinya beroperasi di lintasan penyeberangan lain untuk dapat beroperasi di lintasan penyeberangan Merak atau dengan cara membeli kapal baru.

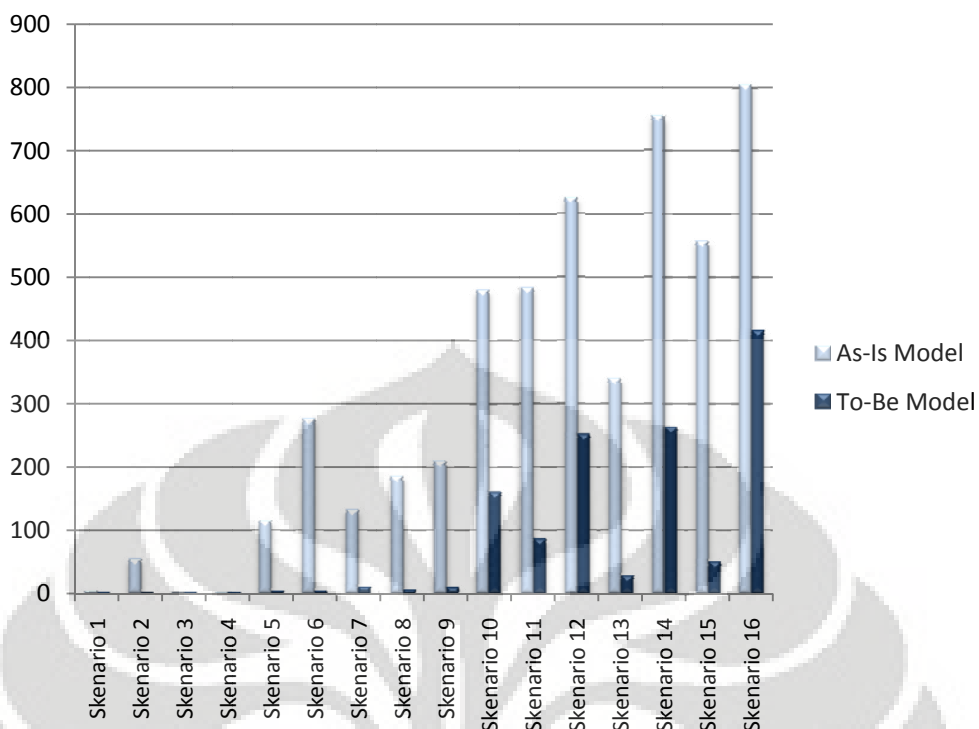
### 5.3. *To-Be Model*

*To-be model* merupakan model simulasi sistem penyeberangan Merak usulan. Strategi-strategi yang telah diformulasikan sebelumnya dimasukkan ke dalam model simulasi sebagai variabel input.

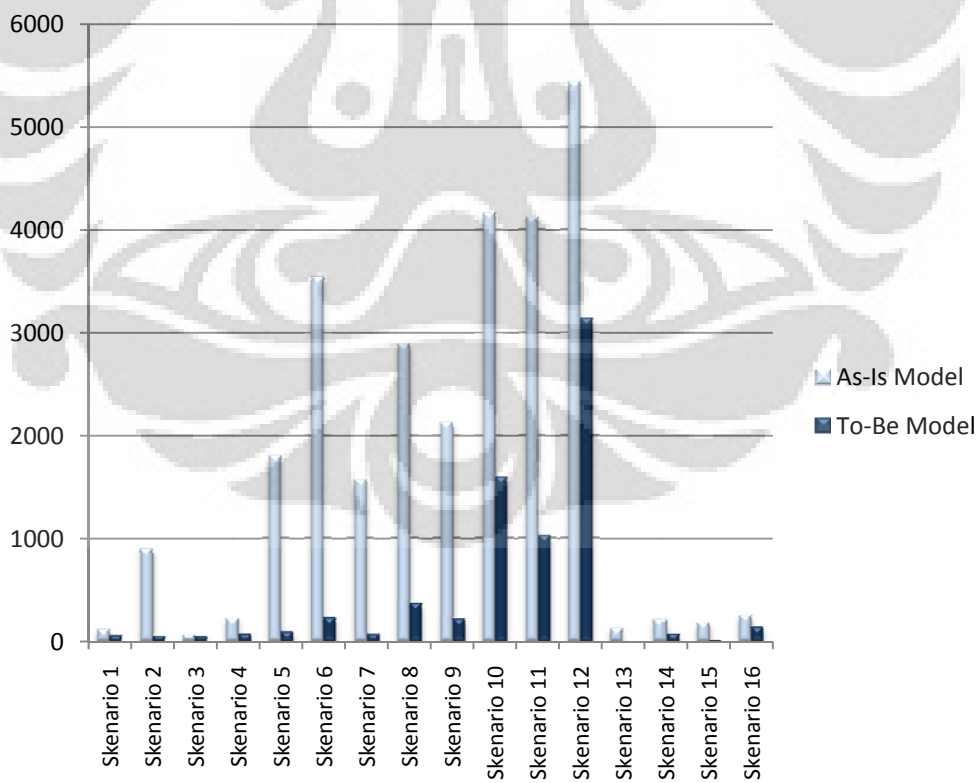
#### 5.3.1. Proyeksi Jumlah Penumpang dalam Sistem



**Gambar 5.36.** Jumlah kendaraan pribadi dalam sistem setelah 3 hari (unit)

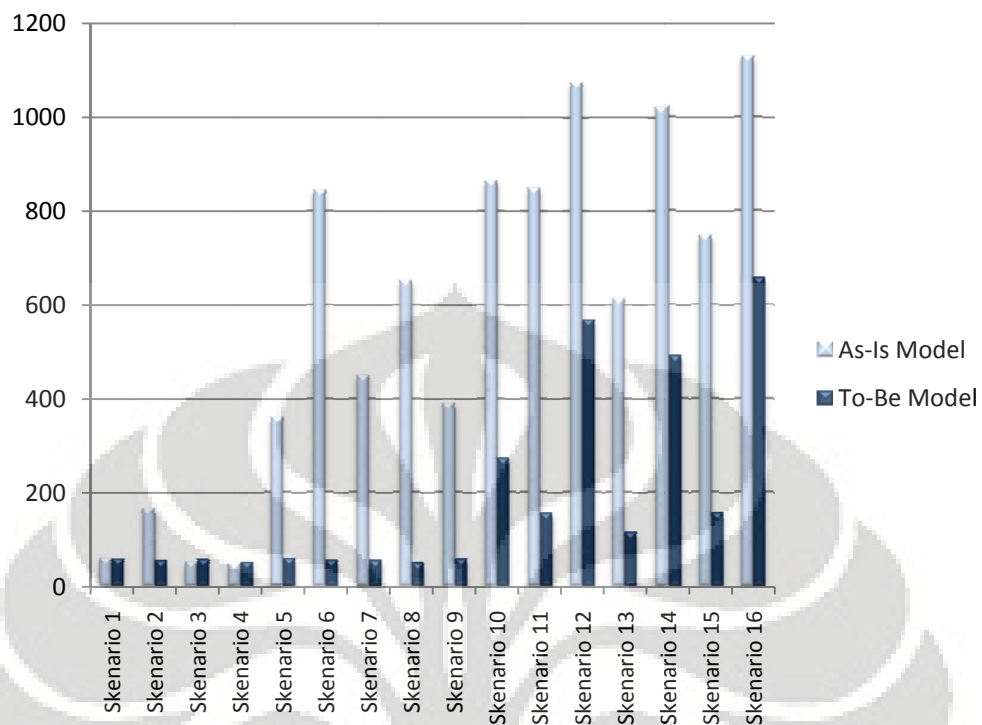


**Gambar 5. 37.** Jumlah bus ALS dalam sistem setelah 3 hari (unit)

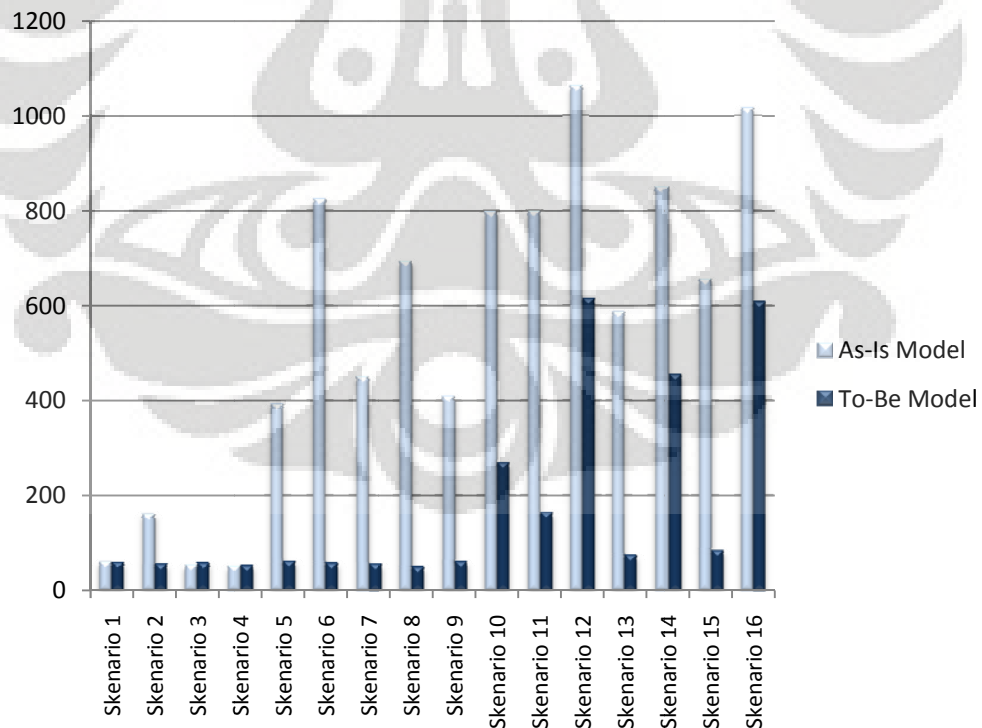


**Gambar 5. 38.** Jumlah truk dalam sistem setelah 3 hari (unit)

### 5. 3. 2. Proyeksi Rata-rata Waktu Antrian dalam Sistem

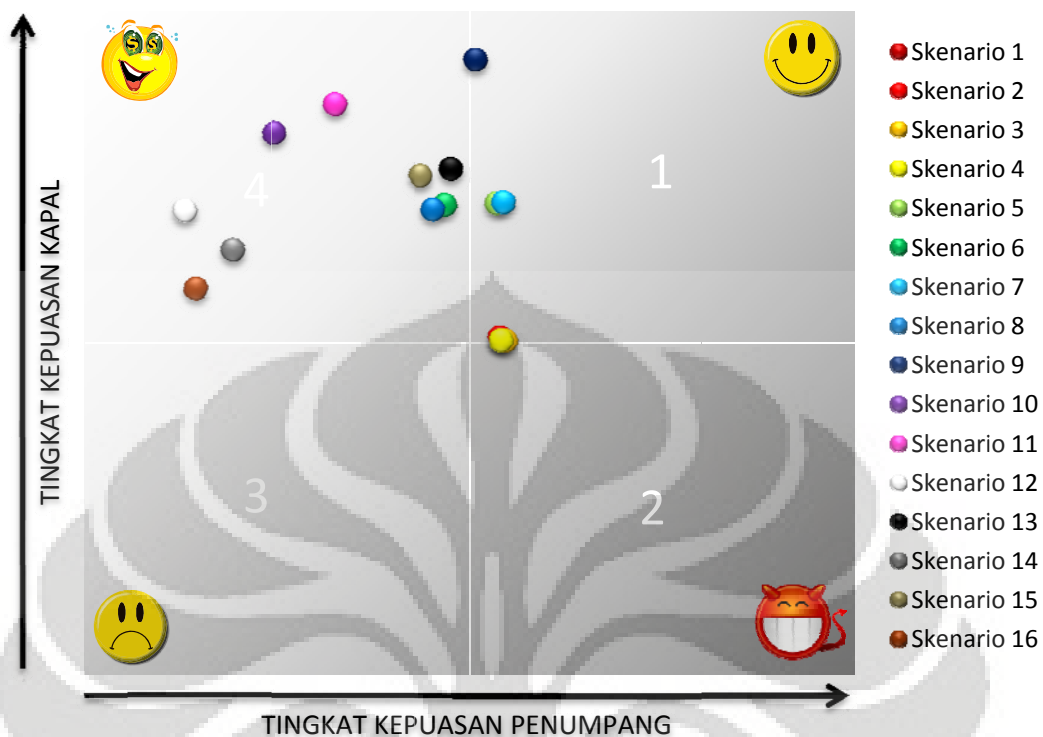


**Gambar 5. 39.** Rata-rata Waktu Kendaraan Pribadi dalam Sistem (menit)



**Gambar 5. 40.** Rata-rata Waktu Bus ALS dalam Sistem (menit)

### 5. 3. 3. Matriks Tingkat Kepuasan Penumpang-Kapal



Gambar 5. 41. Matriks tingkat kepuasan penumpang-kapal to-be model

## 6. KESIMPULAN DAN SARAN

### 6. 1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil simulasi sistem penyeberangan pelabuhan Merak saat ini, maka:

- Rata-rata waktu antrian truk pada kondisi libur panjang mencapai 9 jam 11 menit.
- Rata-rata waktu antrian kendaraan pribadi pada kondisi Lebaran mencapai 10 jam 15 menit.

Dengan menambah satu buah dermaga dan satu buah *tollgate* serta mengoperasikan 29 unit kapal ro-ro dengan *headway* sebesar 12 menit, maka:

- Waktu antrian truk pada kondisi libur panjang berkurang hingga 81.99% sehingga setiap truk rata-rata hanya menghabiskan waktu 1 jam 39 menit dalam antrian
- Waktu antrian kendaraan pribadi pada kondisi lebaran berkurang hingga 81.22% sehingga setiap kendaraan pribadi rata-rata hanya menghabiskan waktu 1 jam 56 menit dalam antrian.

### 6. 2. Saran

Untuk penelitian lebih lanjut perlu dilakukan:

- Analisis biaya kemacetan yang berhasil dihemat setelah mengimplementasikan solusi-solusi diatas.
- *Benefit-cost analysis* terhadap solusi-solusi yang ditawarkan.

## DAFTAR PUSTAKA

- Dragovic, Branislav, Nam Kyu Park, Zoran Radmilovic, Vladislav Maras. 2005. "Simulation Modeling of Ship-Berth Link with Priority Service." *Journal of Maritime Economics & Logistics*. Vol. 7, pp. 316-335.
- Harrell, Charles, B. K. Ghosh, dan R. Bowden. 2000. *Simulation Using ProModel*, ed. ke-3. Boston: McGraw-Hill.
- Hartmann, Sonke. 2004. "Generating Scenarios for Simulation and Optimization of Container Terminal Logistics." *Operation Research Spectrum*. Vol. 26, pp. 171-192.
- Kossiakofi, Alexander, William N. Sweet. 2003. *Systems Engineering Principles and Practice*. Canada: Wiley-Interscience.
- Levin, R. I. dan D. S. Rubin. 1998. *Statistics for Management*, ed. ke-7. New Jersey: Prentice-Hall.
- Luo, M, TA Grigalunas. 2003. "A Spatial-Economic Multimodal Transportation Simulation Model for US Coastal Container Ports." *Journal of Maritime Economics & Logistics*. Vol. 5, pp. 158-178.
- Ortuzar, Juan De Dios, Luis G. Willumsen. 2001. *Modeling Transport Third Edition*. England: John Wiley & Sons, Ltd.
- Pande, S. Peter, Robert P. Neuman, Roland R. Cavanaugh. 2002. *The Six Sigma Way Team Field book; An Implementation Guide for Project Improvement Teams*. USA: McGraw-Hill.
- Sterman, John D. 2000. *Business Dynamics*. USA: McGraw-Hill.