

**ANALISIS PERAMALAN PERMINTAAN DARAH UNTUK PERENCANAAN
SISTEM KETAHANAN DARAH (*BLOOD SECURITY SYSTEM*) DI KOTA
YOGYAKARTA MENGGUNAKAN METODE ARIMA BOX- JENKINS DAN
PENDEKATAN *SYSTEM DYNAMICS*
(STUDI KASUS: PMI UTD Kota Jogjakarta)**

TUGAS AKHIR

**Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Strata-1
Pada Jurusan Teknik Industri Fakultas Teknologi Industri**



**Nama : Tri Astuti Rini
No. Mahasiswa : 125 222 63**

**PROGRAM STUDI TEKNIK INDUSTRI
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA**

2016

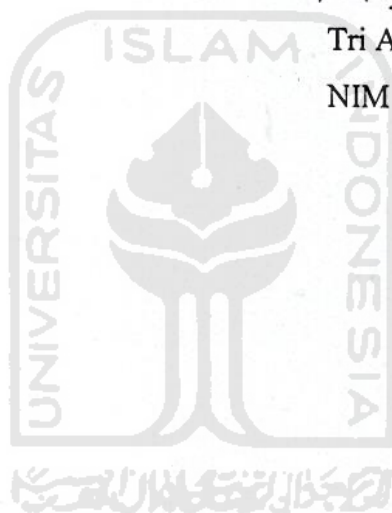
PERNYATAAN

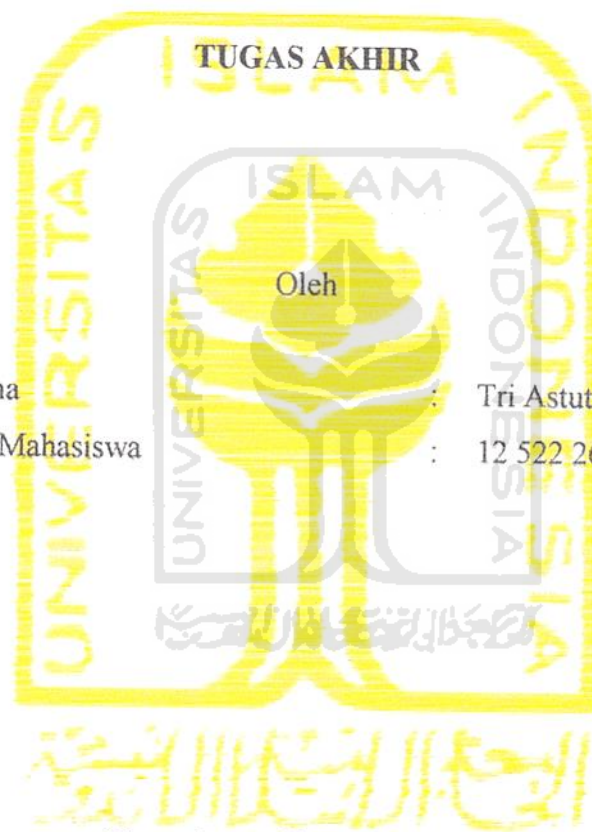
Demi Allah, saya akui karya ini adalah hasil kerja saya sendiri kecuali nukilan dan ringkasan yang setiap satunya telah saya jelaskan sumbernya. Jika dikemudian hari ternyata terbukti pengakuan saya ini tidak benar dan melanggar peraturan yang sah dalam karya tulis dan hak intelektual maka saya bersedia ijazah yang telah saya terima untuk ditarik kembali oleh Universitas Islam Indonesia.

Yogyakarta, Desember 2016



Tri Astuti Rini
NIM 12522263



LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING**ANALISIS PERAMALAN PERMINTAAN DARAH DAN PERENCANAAN
SISTEM KETAHANAN DARAH (*BLOOD SECURITY
SYSTEM*) MENGGUNAKAN METODE ARIMA BOX- JENKINS DAN
PENDEKATAN *SYSTEM DYNAMICS*
(STUDI KASUS: PMI UTD Kota Yogyakarta)**

Nama : Tri Astuti Rini
No. Mahasiswa : 12 522 263

Yogyakarta, Desember 2016

Pembimbing,

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Agus Mansur', is written over a long, thin horizontal line.

Agus Mansur, H, ST, M.Eng.Sc

LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI

ANALISIS PERAMALAN PERMINTAAN DARAH DAN PERENCANAAN SISTEM KETAHANAN DARAH (*BLOOD SECURITY SYSTEM*) MENGGUNAKAN METODE ARIMA BOX- JENKINS DAN PENDEKATAN *SYSTEM DYNAMICS* (STUDI KASUS: PMI UTD Kota Yogyakarta)

TUGAS AKHIR



Oleh
Nama : Tri Astuti Rini
No. Mahasiswa : 12 522 263

Telah dipertahankan di depan sidang penguji sebagai salah satu syarat untuk
memperoleh gelar Sarjana Strata-1 Teknik Industri
Yogyakarta, Desember 2016

Tim Penguji

Agus Mansur, H, ST, M.Eng.Sc
Ketua

Taufiq Immawan, Dr., MM., S.T
Anggota I

Joko Sulistio, S.T., M.Sc
Anggota II

[Handwritten signatures of Agus Mansur, Taufiq Immawan, and Joko Sulistio]

Mengetahui,

Ketua Jurusan Teknik Industri
Universitas Islam Indonesia



Yuli Agusti Rochman, S.T., M.Eng.

HALAMAN PERSEMBAHAN

*Kedua orang tuaku tercinta atas segala doa,dukungan dan kasih sayang yang
senantiasa mengalir untukku*

*Kakak- kakak tersayang yang selalu mendukung dan mengajarkan menjadi wanita
independen dan sukses*



MOTTO

فَإِنَّ مَعَ الْعُسْرِ يُسْرًا ۖ إِنَّ مَعَ الْعُسْرِ يُسْرًا ۚ

Kerana sesungguhnya bersama kesulitan itu ada kemudahan, sesungguhnya

Bersama kesulitan itu ada kemudahan (QS: Al-Insyirah 5-6)



KATA PENGANTAR

Assalamu 'alaikum Warahmatullah Wabarakatuh

Alhamdulillah, segala puji syukur hanya milik Allah Tuhan semesta alam penguasa hari pembalasan yang Maha Pengasih dan Penyayang, sholawat serta salam selalu tertuju pada sang revolusioner alam, yakni Nabi Muhammad saw yang telah mengajarkan betapa nikmatnya Dinul Islam.

Dengan Rahmat dan Hidayah Allah SWT akhirnya Tugas Akhir yang berjudul " Analisis Peramalan Permintaan Darah Untuk Perencanaan Sistem Ketahanan Darah (*Blood Security System*) di Kota Yogyakarta Menggunakan Metode ARIMA Box- Jenkins dan Pendekatan System Dynamic (Studi Kasus: PMI UTD Kota Jogjakarta)" dapat terselesaikan dengan baik.

Dalam penyelesaian laporan tugas akhir ini tidak terlepas dari bantuan berbagai pihak. Untuk itu dalam kesempatan ini, dengan rasa hormat penulis ingin mengucapkan terimakasih kepada :

1. Dekan Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia.
2. Kepala Program Studi Teknik Industri dan seluruh staf, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia.
3. Bapak Agus Mansur, H, ST, M.Eng.Sc selaku Dosen Pembimbing yang telah memberikan bantuan dan arahnya dalam penyusunan Tugas Akhir ini.
4. Kedua orang tuaku tercinta atas segala doa, bantuan, dan kasih sayang yang senantiasa mengalir untukku.
5. Kakak- kakak tersayang yang selalu sabar mengayomi, membimbing dan mendukung.
6. Kepala Laboratorium, Laboran dan seluruh Asisten Laboratorium Pemodelan dan Simulasi Industri yang selalu memberi dukungan dan membantu dalam jalannya penelitian.

7. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu.

Akhir kata penulis berharap semoga tugas akhir ini dapat memberikan manfaat khususnya di dunia ilmu pengetahuan bagi semua pihak. Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan tugas akhir ini masih banyak terdapat kekurangan sehingga dengan kerendahan hati penulis mengharapkan kritik dan saran yang bersifat membangun demi penyempurnaan pada masa mendatang.

Wassalamu'alaikum Warahmatullah Wabarakatuh



Yogyakarta, Desember 2016

Tri Astuti Rini

ABSTRAK

Manajemen inventory yang tepat merupakan tantangan yang harus diselesaikan dalam sistem rantai pasok darah untuk menghindari terjadinya kekurangan (*outstock*) atau keterlebihan darah (*overstock*). Berperan sebagai penyangga pasokan darah utama di Kota Yogyakarta maka PMI UTD Kota Yogyakarta dipilih sebagai studi kasus. Penelitian ini bertujuan untuk merencanakan dan mengontrol inventory sel darah merah pekat di PMI UTD Kota Yogyakarta agar mampu memenuhi permintaan darah khususnya di Kota Yogyakarta dan secara bersamaan meminimasi inventory serta limbah darah kadaluarsa. Selanjutnya penelitian ini akan menganalisis Ketahanan darah atau *Blood Security* di Kota Yogyakarta melalui tiga parameter pendekatan yaitu ketersediaan (*availability*), akses (*accessability*) dan kebermanfaatan (*utilization*). Peramalan jangka pendek digunakan untuk menghitung permintaan dan pasokan darah yang bersifat tetap maupun tidak tetap. Metode ARIMA Box- Jenkins dipilih untuk mengganti sistem peramalan tradisional yang kurang tepat dalam menghitung jumlah darah yang harus disediakan. Kemudian sistem timbal balik untuk memodelkan perencanaan dan pengontrolan level inventory menggunakan metode *system dynamic*. Model peramalan ARIMA Box- Jenkins yang dihasilkan adalah ARIMA (2,1,3) untuk pasokan dan ARIMA (3,0,3) untuk permintaan. Secara umum, status ketahanan darah di Kota Yogyakarta aman karena mampu memenuhi permintaan dari sisi *availability*, kemudahan akses dalam mendapatkan darah (*accessability*) dan kebergunaan tinggi (*utilization*) dalam mengatasi kebutuhan darah darurat pasien. Skenario design eksperimen pada *system dynamic* dilakukan dengan dua cara yaitu pertama mengatur rencana pasokan darah dan kedua mengatur distribusi darah pada *strategy level* setiap bulan di PMI UTD Kota Yogyakarta. Hasil design eksperimen mampu mengurangi jumlah darah kadaluarsa dari ± 100 kantong/bulan menjadi 11 kantong/ bulan dengan nilai inventory 100 kantong/golongan darah.

Kata kunci: sistem rantai pasok darah, sel darah merah pekat, sistem ketahanan darah, ARIMA Box- Jenkins, *system dynamic*

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
PERNYATAAN	ii
LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING	iii
LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI	iv
HALAMAN PERSEMBAHAN	v
MOTTO	vi
KATA PENGANTAR	vii
ABSTRAK	ix
DAFTAR ISI	x
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR GAMBAR	xiii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	6
1.3 Batasan Masalah.....	6
1.4 Tujuan Penelitian.....	7
1.5 Manfaat Penelitian.....	7
1.6 Sistematika Penulisan.....	8
BAB II KAJIAN LITERATUR.....	9
2.1 Kajian Deduktif	9
2.2 Kajian Induktif	27
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	32
3.1 Objek Penelitian	32
3.2 Kerangka Pemikiran	33
3.2.1 Identifikasi Masalah dan Mendefinisikan Tujuan.....	36
3.2.2 Menghitung Kebutuhan Darah, Ketersediaan dan Nilai Safety Stock.....	36
3.2.3 Mengidentifikasi Jalur Distribusi Darah	36
3.2.4 Membuat Hipotesis Dinamis dan Model Konseptual	37
3.2.5 Membuat Model Formal Distribusi Darah.....	37
3.2.6 Verifikasi.....	38
3.2.7 Validasi.....	38
3.2.8 Analisis Model	39
3.2.9 Design Improvement	39
3.2.10 Implementasi	39
3.3 Metode Pengumpulan Data	39
3.3.1 Pengumpulan Data	39
3.3.2 Data yang Dibutuhkan.....	40
3.4 Pengolahan data.....	41
3.4.1 Perancangan Model Formal	41
3.4.2 Validasi.....	41
3.4.3 Design Improvement	41
BAB IV PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA.....	42
4.1 Pengumpulan Data	42

4.1.1	Profil Perusahaan.....	42
4.1.2	Pengolahan Darah	43
4.1.3	Donor Darah	47
4.1.4	Pasokan Per Golongan Darah.....	47
4.1.5	Distribusi Darah	49
4.1.6	Sisa Persediaan	49
4.1.7	Darah Rusak	50
4.2	Pengolahan Data.....	50
4.2.1	Identifikasi Masalah dan Mendefenisikan Tujuan	50
4.2.2	Membuat peramalan (<i>forecasting</i>)	51
4.2.2.1	Data Peramalan ARIMA	52
4.2.2.2	Identifikasi.....	55
4.2.2.3	Tahap Penaksiran dan Pengujian.....	58
4.2.2.4	Pemeriksaan Diagnostik	61
4.2.2.5	Hasil Peramalan.....	61
4.2.3	Membuat hipotesis dinamis dan model konseptual.....	63
4.2.3.1	Pengadaan Darah	63
4.2.3.2	Persediaan Darah	65
4.2.4	Membangun Model Formal.....	67
4.2.4.1	Diagram Sub Sistem	67
4.2.4.2	Model Boundary Diagram (MBD).....	68
4.2.4.3	Model Persediaan Darah	70
4.2.5	Hasil Simulasi	81
4.2.6	Validasi.....	85
4.2.6.1	Validasi Struktural.....	85
4.2.6.2	Validasi Perilaku Model.....	86
4.2.7	Design Improvement	89
BAB V	PEMBAHASAN	93
5.1	Rantai Pasok Darah (<i>Blood Supply Chain</i>)	93
5.2	Peramalan	94
5.3	Model Awal.....	94
5.3.1	Model Persediaan Darah	94
5.4	Blood Security	95
5.4.1	Ketersediaan (<i>Availability</i>).....	95
5.4.2	Kemudahan Akses (<i>Accessability</i>)	95
5.4.3	Kebergunaan (<i>Utilization</i>).....	96
5.5	Desain Eksperimen.....	97
5.5.1	Manajemen Distribusi Darah	97
5.5.2	Manajemen Pasokan Darah	97
BAB VI	KESIMPULAN DAN SARAN	99
6.1	Kesimpulan.....	99
6.2	Saran.....	100
	DAFTAR PUSTAKA.....	101

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 State Of The Art	31
Tabel 4. 1 Jumlah Donor Sukarela Dan Pengganti	47
Tabel 4. 2 Pasokan Per Golongan Darah.....	47
Tabel 4. 3 Distribusi Darah Merah Pekat	49
Tabel 4. 4 Sisa Persediaan.....	49
Tabel 4. 5 Darah Rusak	50
Tabel 4. 16 Data Pasokan Darah Di PMI UTD Kota Yogyakarta	53
Tabel 4. 17 Data Permintaan Darah Di PMI UTD Kota Yogyakarta	53
Tabel 4. 18 Hasil Statistik Uji Model.....	60
Tabel 4. 19 Hasil Diagnostic Check.....	61
Tabel 4. 20 Model boundary diagram	69
Tabel 4. 21 Perbandingan Hasil Simulasi dan Data Aktual Inventory.....	86
Tabel 4. 22 Perbandingan Hasil Simulasi dan Data Aktual Pasokan.....	87
Tabel 4. 23 Perbandingan Hasil Simulasi dan Data Aktual Pasokan.....	88
Tabel 4. 24 Perbandingan Hasil Inventory	91
Tabel 4. 25 Perbandingan Hasil Kadaluarsa	91
Tabel 4. 26 Perbandingan Hasil Darah Kadaluarsa.....	92



DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1 Keadaan Overstock dan Outstock Inventory Darah	2
Gambar 2. 1 Sistem Rantai Pasok Darah	13
Gambar 2. 2 Sistem Input- Output Jenis Instansi Pelayanan Darah	14
Gambar 2. 3 Kerangka Berpikir Sistemik	19
Gambar 2. 4 Contoh <i>Causal Loop</i> Sistem Inventori	21
Gambar 2. 5 Diagram keterkaitan kausal sederhana antara variabel V1 dan V2	23
Gambar 2. 6 Simbol <i>level</i>	24
Gambar 2. 7 Simbol <i>rate</i>	24
Gambar 2. 8 Simbol <i>auxillary</i>	24
Gambar 2. 9 Simbol <i>constant</i>	25
Gambar 2. 10 Simbol <i>constant</i>	25
Gambar 2. 11 <i>Simplified version of Validation and Verification Paradigm</i>	26
Gambar 3. 1 Alur Penelitian	35
Gambar 4. 1 Alur Permintaan dan Distribusi Darah UTD Kota Yogyakarta	45
Gambar 4. 2 Bagan Alur Penyimpanan Darah	46
Gambar 4. 3 Plot Data Persediaan dan Permintaan Darah	51
Gambar 4. 4 Hasil Uji Stasioner	56
Gambar 4. 5 Stasioner Dalam Mean	57
Gambar 4. 6 Stasioner Dalam Mean	58
Gambar 4. 7 Grafik Correlogram Pasokan dan Permintaan	60
Gambar 4. 8 Hasil Forecasting	62
Gambar 4. 9 Perbandingan Hasil Forecasting Dengan Data Input	63
Gambar 4. 11 Bagan Alur Pengambilan Darah	65
Gambar 4. 13 Causal Loop Diagram (CLD) Persediaan Darah	67
Gambar 4. 14 Diagram Sub Sistem Model Persediaan Darah di PMI UTD Kota Yogyakarta	68
Gambar 4. 17 Flow Diagram Inventory Darah	70
Gambar 4. 18 Gambar hasil simulasi pasokan	82
Gambar 4. 19 Grafik Hasil Simulasi Pasokan	82
Gambar 4. 20 Gambar hasil simulasi inventory	83
Gambar 4. 21 Grafik Hasil Simulasi Pasokan	83
Gambar 4. 22 Gambar hasil simulasi inventory	84
Gambar 4. 23 Grafik Hasil Simulasi Distribusi	84
Gambar 4. 24 Validasi Perilaku Inventory	87
Gambar 4. 25 Validasi Perilaku Pasokan	88
Gambar 4. 26 Validasi Perilaku Inventory	89
Gambar 4. 27 Pengaturan Pasokan Melalui Mobil Unit	90
Gambar 4. 28 Subsidi silang untung	92

BAB I

PENDAHULUAN

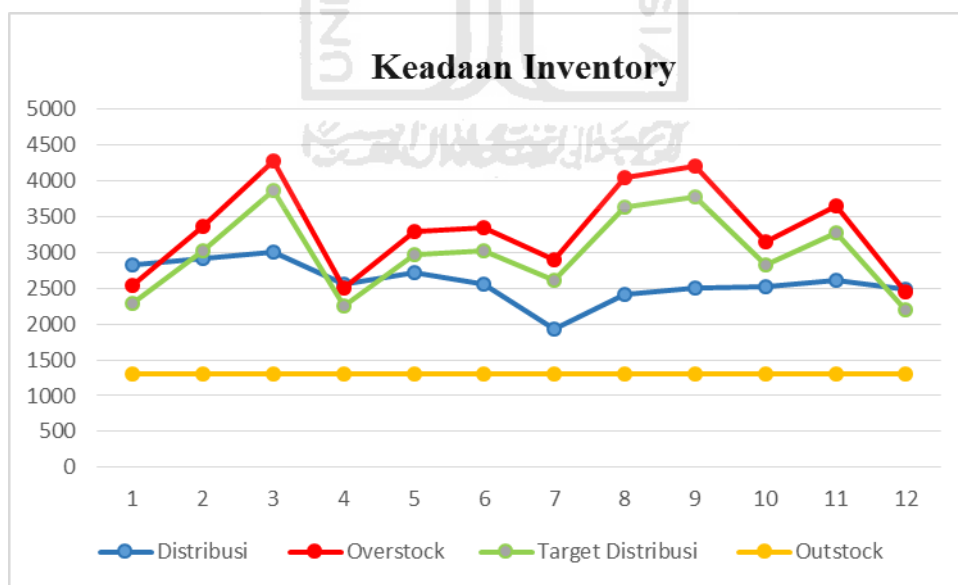
1.1 Latar Belakang

Secara periodik rumah sakit membutuhkan asupan pasokan darah segar dari Unit Transfusi Darah (UTD) dalam rangka untuk memenuhi permintaan pasien baik permintaan yang bersifat tetap maupun tidak tetap. Tentu saja hal ini menjadi kewajiban bagi UTD untuk memenuhi semua permintaan yang ada. Sehingga, seluruh informasi yang berkaitan dengan darah dimasa lampau mulai dari pasokan, penggunaan dan jumlah yang tidak terpakai sangat penting bagi pengelola UTD dalam membuat keputusan strategis agar mampu memanfaatkan sumber daya ini secara bijak. Dengan menggunakan informasi yang tersedia, kemudian pengelola UTD memiliki tugas penting dalam mengestimasi jumlah kebutuhan darah yang harus disiapkan untuk memenuhi permintaan darah dan secara bersamaan meminimasi inventory dan limbah darah rusak. Keputusan strategis seperti ini sulit dilakukan karena darah dan komponen- komponen turunannya tergolong sumber daya esensial dengan keterbatasan yaitu jumlah terbatas dan mudah rusak (*perishable*).

Sel darah merah pekat (*packed red cell*) merupakan produk turunan darah yang memiliki tingkat kebutuhan paling tinggi diantara semua jenis komponen darah di setiap unit transfusi darah. Sel darah merah sangat dibutuhkan pada beberapa bagian rumah sakit diantaranya bagian bedah, kebidanan atau kandungan, penyakit dalam dan anak. Tujuan transfusi sel darah merah pekat adalah untuk menaikkan Hb pasien tanpa menaikkan volume darah secara nyata. Sehingga sel darah merah sangat dibutuhkan dalam menangani banyak kasus darurat seperti kehilangan darah, nilai Hb <8gr/dl dengan penyakit utama seperti penyakit jantung. Sel darah merah pekat (*packed red cell*) merupakan komoditas

produk darah dengan sifat unik diantaranya *high utilized* (kebermanfaatan tinggi), *perishable* (mudah rusak) dan kompleks karena memiliki variabilitas permintaan serta pasokan tinggi. Sel darah merah memiliki masa simpan 30 hari dalam keadaan dingin (-4°C) dan 4 jam dalam suhu ruang.

Setiap UTD menghadapi permasalahan yang rumit karena masa pakai darah yang tidak bertahan lama. Selain itu darah juga komoditas yang kompleks karena variabilitas pasokan dan permintaan darah yang tinggi memberikan tantangan yang sulit dalam menjaga stabilitas ketersediaan darah untuk menghindari kejadian *stockout* (kekurangan) atau *overstock* (kelebihan). Setiap UTD memiliki tantangan yang penting untuk merencanakan dan mengontrol *inventory* darah. Jumlah *inventory* darah yang sedikit atau banyak akan secara langsung berpengaruh tidak hanya pada kemampuan untuk menyelamatkan jiwa orang lain melainkan juga biaya operasional UTD. Pada kenyataannya, jumlah *inventory* darah yang besar akan menyebabkan resiko darah yang kadaluarsa karena tidak terpakai semakin tinggi dan juga penambahan biaya pemusnahan. Di sisi lain, jumlah *inventory* yang sedikit dapat mengarah pada kekurangan darah yang dapat menyebabkan kematian pada pasien.



Gambar 1. 1 Keadaan Overstock dan Outstock Inventory Darah

PMI UTD Kota Yogyakarta memiliki peranan yang sangat besar dalam menyangga pasokan darah di Kota Yogyakarta. Hal ini dikarenakan UTD Kota

Yogyakarta memasok hampir seluruh kebutuhan darah diberbagai rumah sakit maupun unit transfusi darah lain. UTD PMI Kota Yogyakarta dalam proses operasionalnya mengalami kendala dalam proses mengatur inventory darahnya karena pola pasokan dan pola permintaan sangat fluktuatif. Perhitungan hanya dilakukan berdasarkan rata-rata permintaan dan pasokan periode sebelumnya sehingga apabila permintaan lebih sedikit atau lebih banyak dari periode sebelumnya PMI UTD Kota Yogyakarta akan mengalami kesulitan dalam mengatur persediaan yang ada. Untuk perencanaan dan pengontrolan level inventory di UTD, peramalan dengan tingkat akurasi tertentu sangat penting dilakukan dalam menghitung jumlah darah yang harus disediakan. Sehingga, peramalan sangat penting untuk mengantisipasi permintaan tetap darah dan memprediksi kejadian-kejadian darurat (permintaan tidak tetap).

Kestabilan ketersediaan darah yang terjadi karena keseimbangan jumlah pasokan dan permintaan sangat mempengaruhi sistem ketahanan darah. Sistem ketahanan darah (*blood security system*) adalah sistem yang menjaga ketersediaan darah yang diperuntukkan bagi setiap orang dalam setiap waktu yang didukung oleh kemudahan akses untuk mendapat darah yang sehat serta dalam jumlah yang cukup untuk mendukung proses hidup manusia. Pendekatan *blood security* dilakukan berdasarkan pendekatan *food security* dikarenakan objek utama yang diteliti memiliki kesamaan sifat yaitu sangat penting (*high priority*) dan *perishable* (mudah rusak). Oleh karena sifat darah dan makanan yang hampir sama inilah maka kemudian parameter-parameter yang digunakan untuk mengukur ketahanan darah atau *blood security* didasarkan pada pendekatan parameter *food security*. Parameter pendekatan ini terdiri dari tiga hal yaitu ketersediaan (*availability*), kemudahan akses (*accessability*) dan kebergunaan (*utilization*). Ketersediaan (*availability*) diukur berdasarkan ketersediaan produk yang mampu mencukupi setiap kebutuhan untuk mempertahankan stabilitas kehidupan. Kemudahan akses (*accessability*) diukur berdasarkan bahwa setiap orang dalam setiap waktu memiliki kemampuan secara fisik dan ekonomi untuk mengakses darah untuk memenuhi kebutuhan darurat mereka.

Sistem ketahanan darah dikatakan ‘tidak aman’ memiliki tantangan tersendiri untuk diukur karena berhubungan dengan produksi, distribusi dan pemakaian dari produk-produk darah. Secara singkat dapat dikatakan bahwa sistem ketahanan darah

tidak aman ketika tidak terdapat ketersediaan darah yang cukup sehingga dapat menimbulkan kematian bagi manusia. Untuk mengantisipasi ketidakamanan sistem rantai pasok darah dan mempercepat proses transfusi darah bagi pasien maka kerjasama rumah sakit baik yang memiliki bank darah atau non bank darah dengan unit transfusi darah menjadi sangat vital. Selama 5 tahun terakhir, PMI UTD Kota Yogyakarta memiliki ketersediaan darah yang cukup dalam memenuhi permintaan Kota Yogyakarta. Sehingga secara umum, sistem ketahanan darah dapat dikatakan aman. Namun penelitian lebih lanjut harus dilakukan untuk membahas sistem ketahanan darah di Kota Yogyakarta secara lebih komprehensif.

Penanganan darah di PMI memiliki aktivitas manajemen rantai pasok yang rumit. Hal ini memunculkan banyak variabel yang dibangun untuk menjadikan model representatif dengan sistem nyata dimana satu variabel berpengaruh dengan variabel lainnya. Misalnya kebijakan kegiatan pengadaan pasokan darah yang diadakan oleh PMI sangat bergantung dengan jumlah darah yang didistribusikan ke pihak- pihak yang membutuhkan dengan tujuan untuk menjaga stok darah selalu tersedia sesuai dengan kemampuan penampungan maksimum PMI UTD Kota Yogyakarta. Selain itu, hal ini bertujuan untuk meminimalisasi jumlah darah yang rusak karena pasokan darah berlebih yang tidak digunakan. Kesulitan yang dialami dalam menciptakan ketersediaan pasokan yang tepat adalah karena permintaan dan pasokan darah yang bersifat stokastik.

Sebenarnya PMI UTD Kota Yogyakarta memiliki manajemen tradisional namun perencanaan pasokan sering tidak *balance* dengan permintaan yang menyebabkan persediaan darah berlebih (*overstock*) sehingga darah rusak (kadaluarsa) menjadi tinggi. Sementara di bulan- bulan tertentu seperti bulan puasa atau hari raya besar memungkinkan terjadi kekurangan pasokan karena pasokan berkurang. Perhitungan hanya dilakukan berdasarkan rata- rata permintaan dan pasokan periode sebelumnya sehingga apabila permintaan lebih sedikit atau lebih banyak dari periode sebelumnya PMI UTD Kota Yogyakarta akan mengalami kesulitan dalam mengatur persediaan yang ada. Fluktuasi permintaan dan pasokan darah di PMI UTD Kota Yogyakarta tidak bisa diramalkan dengan metode moving average tradisional yang hanya berdasarkan pada rata- rata permintaan karena terbukti pada beberapa periode tidak selalu terjadi trend peningkatan permintaan darah namun juga terjadi penurunan permintaan darah yang

mengakibatkan jumlah darah rusak (kadaluarsa) meningkat tajam. Sehingga dibutuhkan metode peramalan parametrik yang lebih canggih dan sensitif yaitu metode ARIMA Box-Jenkins. Kemudian setelah diketahui pola permintaan dan pasokan barulah dibuat keputusan pada *strategic level* dalam menjalankan sistem rantai pasok darah. Hal ini lebih jauh juga akan dikaitkan dengan analisis ketahanan darah di Kota Yogyakarta. Padahal dengan mengetahui perkiraan jumlah permintaan darah akan sangat membantu manajemen PMI UTD Kota Yogyakarta dalam menentukan jumlah kantong darah yang harus dikumpulkan.

Berdasarkan kasus tersebut upaya pihak- pihak yang terkait dalam manajemen rantai pasokan darah dinilai belum tepat yang mengakibatkan perhitungan inventory kurang tepat. (Sylves, 2008) dan (Ozlem, Keskinocak , & Swann, 2011) menyarankan pentingnya *management science*. Pendekatan menggunakan peramalan dan metode dalam *management science* yaitu simulasi (Taha, 1996) dipilih untuk menyelesaikan permasalahan tersebut. Dimana peramalan digunakan untuk mengetahui jumlah permintaan dan pasokan periode kedepan sementara sistem dinamik menggabungkan berbagai informasi yang bersifat mental, tulisan maupun angka sehingga model yang dibangun dapat merepresentasikan sistem timbal balik model nyatanya.

Dalam pendekatan simulasi memiliki berbagai jenis perspektif dalam melihat sebuah sistem untuk dimodelkan. Salah satunya adalah simulasi *system dynamics*. *System dynamic* adalah metode pemodelan dengan komputer sebagai salah satu alat yang digunakan untuk menganalisis permasalahan kompleks (Wirjatmi, 2008). (Barlas, 2002) menjelaskan bahwa sistem dinamik digunakan untuk memahami penyebab dinamika yang tidak diinginkan dan merancang kebijakan baru untuk memperbaiki atau menghilangkan penyebab tersebut, dengan kata lain *system dynamics* bisa mengakomodasi permasalahan yang kompleks. Sebuah permasalahan dikatakan kompleks karena dinamis, yaitu memiliki feedback, non-linearity, sebab dan akibat dipisahkan dalam ruang dan waktu dan ketidakcukupan intuitif. Permasalahan manajemen rantai pasok memiliki karakteristik tersebut. Dengan demikian, metode ini cocok untuk menganalisis perencanaan pengadaan, distribusi dan pemakaian darah untuk menjamin terjadi nya sistem ketahanan darah (*blood security*) di PMI UTD Kota Yogyakarta.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian latar belakang diatas, maka rumusan permasalahan yang akan diselesaikan dalam penelitian ini adalah

1. Apakah permasalahan yang dihadapi oleh PMI UTD Kota Yogyakarta dalam menangani perencanaan sistem keamanan darah?
2. Bagaimana cara PMI UTD Kota Yogyakarta menangani permasalahan tersebut?
3. Bagaimana keadaan ketahanan darah (*blood security*) di Kota Yogyakarta?

1.3 Batasan Masalah

Agar penelitian ini lebih terarah, mudah dipahami dan topik yang dibahas tidak meluas, maka perlu dilakukan pembatasan lingkup penelitian. Adapun pembatasan lingkup penelitian ini adalah :

1. Software yang digunakan untuk mensimulasikan *system dynamics* adalah Powersim Studio 9.
2. Objek penelitian adalah produk sel darah merah pekat (*pack red cells*) dilakukan di PMI Kota Yogyakarta. Hal ini dikarenakan sel darah merah pekat (*pack red cells*) memiliki permintaan tertinggi.
3. Pengukuran kinerja dengan metode simulasi berbasis continues event dilakukan pada manajemen pasokan darah (*supply*) dan permintaan (*demand*) untuk satu tahun kedepan.
4. Penelitian ini hanya menfokuskan pada kinerja PMI dalam mengatur rantai pasok darah di Kota Yogyakarta. Kegiatan yang terlibat dalam darah setelah dari PMI tidak akan dibahas lebih lanjut.
5. Fokus penelitian ini hanya bertujuan untuk menghasilkan sebuah perhitungan inventory untuk meningkatkan performansi management rantai pasok darah sesuai dengan kebutuhan yang ada.
6. Dalam validasi model dilakukan dengan cara validasi kepada pakar serta validasi perilaku.
7. Kebutuhan darah yang dihitung berdasarkan jumlah permintaan yang berasal dari Bank Darah Rumah Sakit (BDRS) lokal dan luar wilayah, Non Bank Darah

Rumah Sakit (NBDRS) lokal dan luar wilayah serta Unit Transfusi Darah (UTD) lokal dan luar wilayah.

8. Proses yang terlibat dalam sistem rantai pasok darah *demand management*. Proses lain yang terlibat tidak dipertimbangkan.
9. Penelitian hanya pada desain eksperimen untuk memberikan rekomendasi perbaikan sistem. Evaluasi terhadap implementasi rekomendasi desain eksperimen tidak dibahas.

1.4 Tujuan Penelitian

Berdasarkan permasalahan penelitian yang telah disebutkan sebelumnya, tujuan penelitian ini adalah

1. Mengidentifikasi dan menganalisis permasalahan yang dihadapi oleh PMI UTD Kota Yogyakarta.
2. Membantu PMI UTD Kota Yogyakarta dalam menangani permasalahan tersebut.
3. Mengidentifikasi dan menganalisis keadaan ketahanan darah (*blood security*) di Kota Yogyakarta.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah :

1. Memberikan kemudahan kepada pihak-pihak terkait dalam menentukan jumlah kebutuhan darah pada setiap unit pengelola darah dalam upaya menjaga stabilitas ketersediaan darah.
2. Memberikan rekomendasi dalam melakukan perancangan perencanaan kebutuhan *supply* dan *demand* serta distribusi darah.
3. Meminimalkan jumlah korban yang membutuhkan darah dengan sistem peyangga (*safety stock*) untuk menjamin ketersediaan produk darah yang dibutuhkan.
4. Menjadi bahan rujukan penelitian berikutnya.

1. 6 Sistematika Penulisan

BAB II KAJIAN LITERATUR

Bab ini berisi kajian deduktif dan induktif yang menjadi landasan dalam penelitian dan menjelaskan posisi penelitian dibandingkan dengan penelitian terdahulu.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini menguraikan tentang kerangka dan bagan aliran penelitian, teknik yang dilakukan, analisis model, bahan atau materi penelitian yang digunakan, alat, tata cara penelitian dan data yang akan dikaji serta cara analisis yang dipakai dan sesuai dengan bagan alir yang telah dibuat.

BAB IV PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA

Bab ini menjelaskan tentang cara pengumpulan data dan bagaimana mengelolah data tersebut menggunakan metode yang akan diterapkan sehingga tujuan penelitian tercapai. Bab ini merupakan acuan untuk pembahasan hasil yang akan ditulis di bab V, yaitu pembahasan.

BAB V PEMBAHASAN

Bab ini menjelaskan tentang pembahasan dan analisis tentang pengolahan data yang telah dilakukan pada bab sebelumnya dengan mengacu pada teori dan alur penelitian yang telah dipaparkan sebelumnya.

BAB VI PENUTUP

Bab ini berisi kesimpulan terhadap analisa yang dibuat dan saran atas hasil yang telah dicapai untuk direkomendasikan pada objek penelitian. Kemudian, pada bab ini juga berisi tentang rekomendasi penelitian selanjutnya untuk mengembangkan penelitian yang telah dilakukan ini.

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

BAB II

KAJIAN LITERATUR

2.1 Kajian Deduktif

2.1.1 Darah

Darah memegang beberapa peranan penting untuk tubuh diantaranya respirasi membawa O₂ dan CO₂, mentransportasikan hormon, nutrisi dan limbah hasil metabolisme keseluruhan tubuh manusia. Darah sebagai barang penting yang memegang kendali atas kehidupan manusia menyimpan tantangan yang sangat sulit untuk dikelola (*manage*) karena tergolong barang yang mahal, sangat dibutuhkan dan mudah rusak (*perishable*) sehingga manajemen darah tidak bisa disamakan dengan produk pada umumnya.

Terdapat beberapa tipe dari produk darah meliputi darah lengkap (*whole blood*), sel darah merah pekat (*pack red cell*), sel darah merah cuci (*washed red cells*), plasma segar beku (*fresh frozen plasma*), plasma cair (*liquid plasma*), trombosit (*trombocyt concentrate*).

a. Darah lengkap

Darah lengkap mengandung semua komponen darah secara utuh, baik plasma maupun sel darahnya. Terbagi menjadi darah segar (*fresh blood*) yaitu darah segar dengan masa simpan 4-6 jam, darah baru dengan masa simpan 3-4 hari dan darah simpan dengan lama masa simpan 21-28 hari.

b. Sel darah merah pekat

Sebagian darah terdiri dari sel darah merah (*eritrosit*) dengan masih mengandung sisa leukosit dan trombosit. Indikasi pemberiannya adalah

pada pasien anemia dengan syarat dilakukan operasi besar Hb > 10 atau pada anemia yang menimbulkan keluhan dan mengancam keselamatan.

c. Sel darah merah cuci

Perbedaan sel darah merah cuci dengan sel darah merah pekat adalah kadar sisa leukosit dan trombosit jauh lebih rendah. Digunakan untuk pasien yang mengalami thalassemia yang sering melakukan transfusi.

d. Trombosit konsentrat

Trombosit konsentrat terdiri dari komponen trombosit saja dengan masa pakai 3 hari. Diberikan kepada pasien yang mengalami trombositopenia berat dengan kadar trombosit <100.000/mm³. Atau juga pada pasien trombositopenia dengan kadar trombosit <40.000/mm³ dengan atau tanpa pendarahan.

e. Plasma beku

Plasma segar yang dibekukan pada suhu -200°C. Berisi semua faktor pembekuan. Tahan disimpan 1 tahun (pada suhu -250°C). Kadar faktor plasma terdapat sekitar 70% dari persentase awal donasi. Plasma darah berfungsi mengganti plasma darah yang hilang pada luka bakar, kedaruratan abdomen dan jika ada trauma yang luas.

Semua produk hasil olahan darah berasal dari hasil ekstraksi darah lengkap yang digunakan untuk kebutuhan yang berbeda-beda. Sel darah merah pekat digunakan untuk operasi pada pasien yang mengalami kehilangan banyak darah. Selain itu sel darah merah pekat juga digunakan untuk merawat pasien anemia dan bayi prematur. Trombosit digunakan pada pasien yang mengalami kehabisan darah dan juga mengobati kanker. Sementara plasma darah adalah komponen ketiga yang digunakan untuk mengatasi pasien yang banyak kehilangan darah, merawat pasien yang mengalami gagal hati dan luka bakar.

2.1.2 Donor Darah

Pendonor adalah pihak yang menyumbangkan darahnya atau biasa juga disebut dengan *end supplier* secara sukarela. Karena bersifat sukarela inilah ketersediaan pasokan darah

bersifat tidak tetap (stokastik). Berdasarkan alasan dan frekuensi donor, kategori pendonor dapat diklasifikasikan sebagai berikut:

- a. Pendonor reguler adalah pendonor yang rutin datang ke unit transfusi darah untuk mendonorkan darahnya (minimal jangka 2 bulan).
- b. Pendonor wajib adalah pendonor yang secara reguler wajib mendonorkan darahnya karena penyakit yang diderita. Misalnya penyakit Hermachromatosis yaitu penyakit kelebihan penyerapan zat besi sehingga apabila darah tidak didonorkan akan memicu kerusakan organ tubuh bagian dalam.
- c. Pendonor pengganti adalah donor yang datang untuk mendonorkan darahnya untuk resipien yang sudah ditentukan. Biasanya pendonor seperti ini berasal dari keluarga resipien.
- d. Pendonor insidental adalah anggota masyarakat yang hanya sekali sekali misalnya terdapat event kegiatan sosial mendonorkan darahnya. Pendonor insidental ini biasanya dihimpun oleh instansi, pihak swasta atau Palang Merah sendiri.

Volume darah yang didonasikan adalah sumbangan dari 450 ml ditambah kurang lebih 10% diperlukan untuk memastikan komponen sel darah merah memenuhi spesifikasi sebanyak kurang lebih 300- 350 ml darah (termasuk sample) masuk dalam paket utama. Darah yang didonasikan memiliki konsentrasi hemoglobin memiliki aturan batas bawah yang diterima untuk vena adalah 12,5 g/dl untuk perempuan dan 13,5 g/dl untuk laki- laki. uji hemoglobin ini dilakukan dengan metode gravimetri menggunakan larutan tembaga sulfat pada sample darah kapiler yang didukung dengan uji spektrofometri untuk proses skrining-nya.

Syarat- syarat pendonor darah adalah:

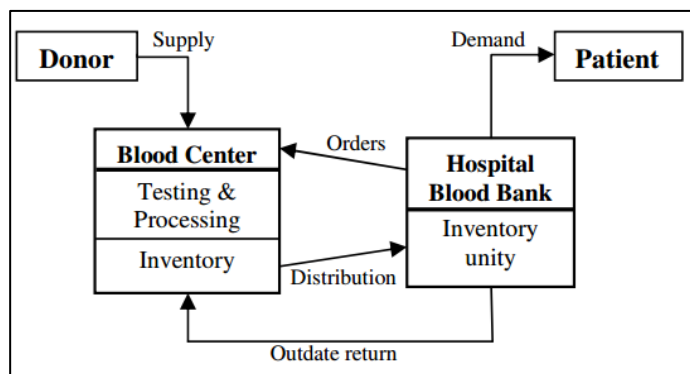
- a. Umur 16-18 tahun.
- b. Berat badan minimal 50 kg.
- c. Tekanan darah 110-160 mmHg minimal 70-100 mmHg.

- d. Tidak menderita penyakit jantung, hati, paru- paru, ginjal, diabetes, epilepsi, kanker, penyakit kulit kronis dan penyakit pendarahan.
- e. Tidak sedang hamil, menyusui dan menstruasi.
- f. Untuk donor tetap menyumbang darah sebelumnya minimal 8 minggu yang lalu maksimal 5 kali setahun.
- g. Kulit lengan donor dalam keadaan sehat.
- h. Tidak mendapat transfusi darah/ komponen darah dalam 6 bulan terakhir atau tidak sedang demam.
- i. Tidak menderita HIV/AIDS.
- j. Bukan pengguna alkohol atau narkoba.
- k. Tidak mendapat imunisasi dalam 2- 4 minggu dan tidak demam.
- l. Tidak digigit binatang yang diduga menderita rabies dalam 1 tahun terakhir.
- m. Memberitahu petugas apabila menggunakan aspirin dalam 3 hari terakhir.

2.1.3 Sistem Rantai Pasok Darah

Secara umum, sistem rantai pasok darah terdiri dari supplier darah (yaitu pendonor darah), *customer* (pengguna darah seperti rumah sakit, unit transfusi darah dan lain- lain) and *blood center* (unit transfusi darah) yang memiliki peran vital dalam mengatur koordinasi untuk menyelaraskan antara pasokan dan permintaan. Sistem rantai pasok darah secara struktur terdiri dari tiga bagian utama yaitu

- a. Pengumpulan darah yang berperan dalam logistiik pengumpulan darah yang berasal dari donor.
- b. Pendistribusian darah yang mencakup ditsribusi komponen- komponen darah ke rumah sakit atau unit transfusi darah lain.
- c. Unit transfusi darah yang memiliki peran sangat penting dalam mengkoordinasi dan mengsinkronisasi kebutuhan antara pasokan dan permintaan.



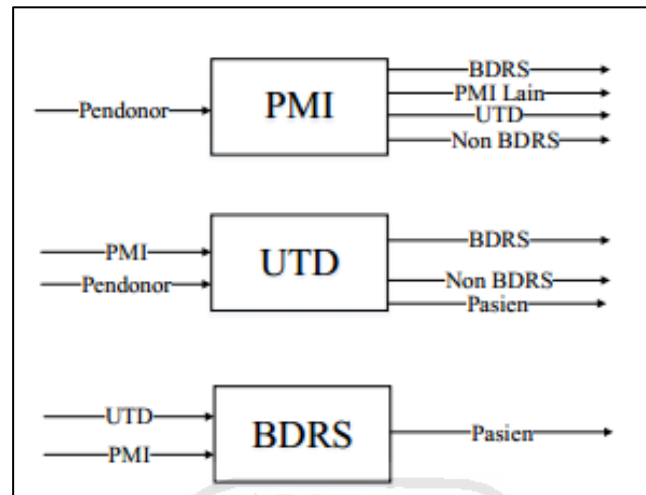
Gambar 2. 1 Sistem Rantai Pasok Darah

Sumber: (Mustafee & Katsaliaki, 2010)

(Mustafee & Katsaliaki, 2010) menggambarkan empat tahapan utama dalam sistem rantai pasok darah yaitu:

- a. Tahapan pertama (hilir rantai pasok): pengelola unit transfusi darah sangat bertanggung jawab dalam mengumpulkan darah. Donor diundang untuk mendonasikan darahnya melalui berbagai cara meliputi kampanye, pelaksanaan event donor darah, sms atau telepon. Pelaksanaan donor darah dilakukan di tempat umum maupun tempat khusus yang tersedia di institusi-institusi, pusat perbelanjaan, perusahaan swasta maupun rumah sakit atau unit tranfusi darah itu sendiri.
- b. Tahapan kedua: kantong darah yang terkumpul kemudian dikirimkan ke unit transfusi darah yang menyediakan uji serologi dan immunohematologi. Kemudian sisa darah akan dikirimkan ke bagian pengolahan untuk mengekstrasi komponen darah. Selama proses berlangsung, darah akan difraksi kemudian disimpan (Djik, Haijema , Van del Wal , & Sibinga , 2009).
- c. Tahapan ketiga: kemudian komponen- komponen darah didistribusikan ke rumah sakit atau bagian- bagian yang membutuhkan darah sesuai dengan permintaan untuk memenuhi kebutuhan darah misalnya menambah inventory di bank darah.
- d. Tahapan keempat: permintaan darah dari pasien dipenuhi dan sisa darah yang sudah kadaluarsa dikembalikan ke unit transfusi darah untuk dimusnahkan melalui proses incenerasi.

Berikut adalah sistem *input* dan *output* serta ruang lingkup pelayanan instansi pelayanan darah di Indonesia yang terdiri dari PMI, UTD dan BDRS:



Gambar 2. 2 Sistem Input- Output Jenis Instansi Pelayanan Darah

Sumber: PMI Kota Yogyakarta

2.1.4 Peramalan

Peramalan memberikan dampak yang sangat besar dalam penentuan keputusan dalam sistem rantai pasok darah. Sebagai contoh kombinasi antara peramalan darah dan peramalan komponen darah akan sangat berpengaruh pada jumlah inventory darah pada unit tranfusi darah atau bank darah rumah sakit agar terhindar dari resiko *stockout* atau darah kadaluarsa. *Forecasting* dikatakan tidak layak apabila menggunakan data yang bersifat sementara dan spasial. Peramalan dilakukan untuk mengestimasi jumlah donor yang terkumpul sekaligus menentukan tempat yang lebih produktif. Selain itu, peramalan darah utama bertujuan untuk memenuhi permintaan darah dengan menjaga nilai inventory tidak berlebihan.

Fluktuasi permintaan dan pasokan darah di PMI UTD Kota Yogyakarta tidak bisa diramalkan dengan metode moving average tradisional yang hanya berdasarkan pada rata-rata permintaan karena terbukti pada beberapa periode tidak selalu terjadi trend peningkatan permintaan darah namun juga terjadi penurunan permintaan darah yang mengakibatkan jumlah darah rusak (kadaluarsa) meningkat tajam. Sehingga dibutuhkan

metode peramalan parametrik yang lebih canggih dan sensitif yaitu metode ARIMA Box-Jenkins.

Diberbagai literatur, banyak cara yang digunakan untuk melakukan peramalan *time series*. Dimana metode *time series* tradisional berdasarkan konsep probabilitas statistik sedangkan metode yang lebih mutakhir yaitu menggunakan konsep neural network untuk peramalan periode yang panjang sementara prosedur automatic box-jenkins lebih cocok untuk peramalan periode yang pendek. Alasan digunakannya metode ARIMA adalah karena ARIMA merupakan model tanpa teori karena variabel yang digunakan adalah nilai-nilai lampau dan kesalahan yang mengikutinya; memiliki tingkat akurasi peramalan yang cukup tinggi karena setelah mengalami pengukuran kesalahan peramalan mean absolut error mendekati nol ; selain itu juga cocok digunakan untuk meramal sejumlah variabel dengan cepat, sederhana, akurat dan murah karena hanya membutuhkan data variabel yang akan diramal.

Model ARIMA menggunakan pendekatan iteratif dalam identifikasi terhadap suatu model yang ada. model yang dipilih diuji lagi dengan data masa lampau untuk melihat apakah model tersebut menggambarkan keadaan data secara akurat atau tidak. Suatu model dikatakan sesuai (tepat) jika residual antara model dengan titik-titik data historis bernilai kecil, terdistribusi secara acak dan bebas satu sama lainnya. Pemilihan model terbaik dapat dilakukan dengan membandingkan distribusi koefisien-koefisien autocorrelation (otokorelasi) dari data *time series* tersebut.

Metode *Autoregressive Integrated Moving Average* (ARIMA) atau biasa disebut juga sebagai metode Box-Jenkins merupakan metode yang secara intensif dikembangkan oleh George Box dan Gwilym Jenkins pada tahun 1970 (Box, Jenkins, & Reinsel, 1994). Metode ARIMA Box-Jenkins merupakan metode yang menghasilkan ramalan-ramalan berdasarkan sintesis dari pola data secara historis. Model ARIMA merupakan gabungan antara model AR (*Autoregressive*) yaitu suatu model yang menjelaskan pergerakan suatu variabel melalui variabel itu sendiri di masa lalu dan model MA (*Moving Average*) yaitu model yang melihat pergerakan variabelnya melalui residualnya di masa lalu.

ARIMA sangat baik ketepatannya untuk peramalan jangka pendek, sedangkan untuk peramalan jangka panjang ketepatan peramalannya kurang baik karena cenderung konstan untuk periode yang cukup panjang. Model *Autoregressive Integrated Moving Average* (ARIMA) adalah model yang secara penuh mengabaikan independen variabel dalam membuat peramalan. ARIMA menggunakan nilai masa lalu dan sekarang dari variabel *dependent* untuk menghasilkan peramalan jangka pendek yang akurat. ARIMA cocok jika observasi dari deret waktu (*time series*) secara statistik berhubungan satu sama lain (*dependent*).

Secara umum ARIMA dinotasikan sebagai ARIMA (p,d,q) dimana p,d dan q secara berurutan menyatakan orde dari auto- regression, integration (differencing) dan moving average. Sedangkan untuk model ARIMA dengan data musiman (SARIMA) dinyatakan dengan notasi ARIMA (p,d,q) (P,D,Q)s, dimana s menyatakan periode musiman. Lag dari data terdifferencing yang muncul dalam persamaan peramalan disebut autoregressive dan lag dari error peramalan disebut moving average, sedangkan suatu time series yang perlu didifferencing untuk menjadikannya stasioner disebut versi integrated dari suatu deret data yang stasioner.

Autoregressive (AR) merupakan suatu observasi pada waktu t dinyatakan sebagai fungsi linear terhadap p waktu sebelumnya ditambah dengan sebuah *residual* acak a_t yang *white noise* yaitu independen dan berdistribusi normal dengan rata-rata 0 dan varian konstan σ_a^2 , ditulis $a_t \sim N(0, \sigma_a^2)$. Bentuk umum model *autoregressive* orde p atau lebih ringkas ditulis model AR(p) dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$X_t = \mu' + \phi_1 X_{t-1} + \phi_2 X_{t-2} + \dots + \phi_p X_{t-p} \dots \dots \dots (2.1)$$

Moving average (MA) digunakan untuk menjelaskan suatu fenomena bahwa suatu observasi pada waktu t dinyatakan sebagai kombinasi linear dari sejumlah error acak. Bentuk umum model *moving average* orde q atau lebih ringkas ditulis sebagai model MA(q) dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$X_t = \mu' + e_t - \theta_1 e_{t-1} - \theta_2 e_{t-2} - \dots - \theta_q e_{t-k} \dots \dots \dots (2.2)$$

Autoregressive Moving Average (ARMA) ialah gabungan dari model AR(p) dan MA(q) sehingga memiliki asumsi bahwa data periode sekarang dipengaruhi oleh data periode sebelumnya dan nilai lampau kesalahannya (Makridakis, 1999). Berikut merupakan rumus dari ARMA:

$$X_t = \beta_0 + \beta_1 X_{t-1} + \beta_2 X_{t-2} + \alpha_0 e_t + \alpha_1 e_{t-1} + \alpha_2 e_{t-2} + \dots + \alpha_q e_{t-q} \dots \dots (2.3)$$

Model time series yang digunakan berdasarkan asumsi bahwa data time series stasioner artinya rata-rata dan varian suatu data time series konstan yang dapat dirumuskan sebagai berikut: suatu data *time series* kontan (Mulyono, 2000) yang dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$\phi(B)(1 - B)^d X_t = \theta(B) a_t \dots \dots \dots (2.4)$$

Keterangan:

- X_t : Nilai pengamatan pada saat t
 μ' : Suatu konstanta
 Φ_p : Koefisien parameter autoregresif (Autoregressive)
 θ_q : Koefisien parameter rata-rata bergerak (Moving average)
 e_t : Nilai Sisaan (error)
 d : Tingkat proses differencing
 q : Derajat moving average (MA)
 p : Derajat autoregressive (AR)
 B : Operator geser mundur
 D : Parameter Pembeda (differencing)

Peramalan dengan model ARIMA menggunakan notasi yang mudah dan umum. Misalkan model ARIMA (0,1,1)(0,1,1)¹² dijabarkan sebagai berikut:

$$(1 - B)(1 - B^2)X_t = (1 - \theta_1 B)(1 - \theta_1 B^2) e_t \dots \dots \dots (2.5)$$

Tetapi untuk menggunakannya dalam peramalan mengharuskan dilakukan suatu penjabaran dari persamaan tersebut dan menjadikannya persamaan regresi yang lebih umum. Untuk model diatas bentuknya adalah

$$X_t = X_{t-1} + X_{t-12} - X_{t-13} + e_t - \theta_1 e_{t-1} - \theta_1 e_{t-12} + \theta_1 \theta_1 e_{t-13} \dots \dots \dots (2.6)$$

Untuk nilai X_t , pada awal proses peramalan, kita akan mengetahui nilai X_t , X_{t-11} , X_{t-12} . Akan tetapi sesudah beberapa saat, nilai X akan berupa nilai ramalan (forecasted value) bukan nilai- nilai masa lalu yang telah diketahui.

2.1.5 Konsep Sistem

Sistem merupakan seperangkat elemen yang memiliki tujuan bersama yang saling berhubungan dengan mengoperasikan data untuk menghasilkan suatu informasi tertentu (Murdick, 1991). Dalam melakukan studi sistem sebenarnya simulasi merupakan turunan model matematik yang dikategorikan menjadi dua yaitu sistem diskrit dan kontinyu. Sistem diskrit adalah sistem jika keadaan variabel- variabel dalam sistem berubah seketika waktu. Sedangkan sistem kontinyu mempunyai arti bahwa keadaan variabel- variabel dalam sistem berubah secara terus menerus (kontinyu) mengikuti jalannya waktu.

Pada dasarnya segala sesuatu dapat kita golongkan dan kita definisikan sebagai sebuah sistem (Haraldsson, 2000) adalah sebagai berikut:

1. Memahami tujuan, baik sebagai suatu entitas yang terpisah maupun dalam kaitannya dengan sistem yang lebih besar tempat sistem itu berada.
2. Meninjau ulang sesuatu yang lebih teknikal sifatnya sehingga kita dapat dengan mudah mengurutkannya.

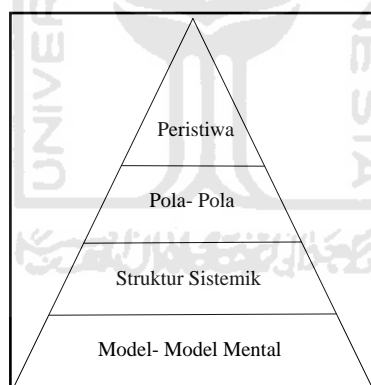
2.1.6 System Thinking

System thinking adalah sebuah konsep untuk memahami permasalahan- permasalahan yang kompleks dan perubahan- perubahan yang terjadi didalamnya. Terdapat beberapa poin penting yang dapat dirangkum dari berbagai definisi *system thinking* (Wirjatmi, 2008) yaitu:

1. *System thinking* adalah suatu kerangka kerja untuk melihat hubungan saling keterkaitan dan pola- pola daripada potret kejadian sesaat.

2. *System thinking* dapat merupakan suatu cara pandang baru yang digunakan untuk membantu orang dalam memandang dan memahami kompleksitas realitas saat ini.
3. *System thinking* suatu disiplin untuk melihat hubungan saling keterkaitan dan pola- pola dari pada potret sesaat.
4. *System thinking* suatu kerangka kerja untuk melihat hubungan saling keterkaitan dalam pola- pola dari pada potret sesaat.
5. *System thinking* berisi sekumpulan prinsip, perangkat dan teknik yang memungkinkan kita dapat memahami permasalahan- permasalahan sistem dengan baik.

System thinking mempunyai tiga dimensi yaitu paradigma, bahasa dan metodologi. kejadian apapun, baik fisik maupun non fisik dipandang sebagai bentuk kerja atau dapat berkaitan dengan keseluruhan interaksi antar unsur dalam batas lingkungan tertentu (Forrester, 1961).



Gambar 2. 3 **Kerangka Berpikir Sistemik**

Sumber: (Maani & Cavana , 2000)

Berdasarkan gambar 2.2 permasalahan sistem dapat dipandang melalui empat tingkatan perspektif yaitu secara berurutan mulai dari peristiwa (*event*), pola (*pattern*), struktur sistemik (*systemic structure*) dan model mental (*mentals model*) (Maani & Cavana , 2000).

2.1.7 System Dynamics (SD)

System dynamic (SD) adalah suatu metodologi untuk mempelajari dan mengelola umpan balik dari variabel- variabel yang terdapat pada system yang bersifat kompleks. *System dynamic* dapat membantu menyelesaikan permasalahan hingga level top management yang bersifat makro, dinamis dan kontinyu. *System dynamic* melihat sistem dari sisi alirannya, baik aliran material maupun aliran informasi. Konsep utama *system dynamic* adalah pemahaman tentang bagaimana semua objek dalam suatu sistem saling berinteraksi satu sama lain (Stermann, 2000).

System dynamic menjembatani keterbatasan pendekatan umum yang berbasis pada suatu nilai diskret yang hanya terjadi pada suatu waktu tertentu, tetapi pada waktu lain konsep sistem diskret tidak dapat digunakan karena lingkungan sistem yang satu akan berbeda dengan lingkungan yang lain. Dalam *system dynamic* terdapat *feedback* yang mampu menjembatani persoalan ini. *Feedback* dalam *system dynamic* membuat sistem ini selalu terkendali walaupun terjadi perubahan waktu. Selain itu pendekatan terhadap sistem ini hanya bisa dilakukan jika sesuai dengan lingkungannya antara lain : perilaku *counterintuitive* (nonintuisi), *nonlinearity*, dynamics, causality.

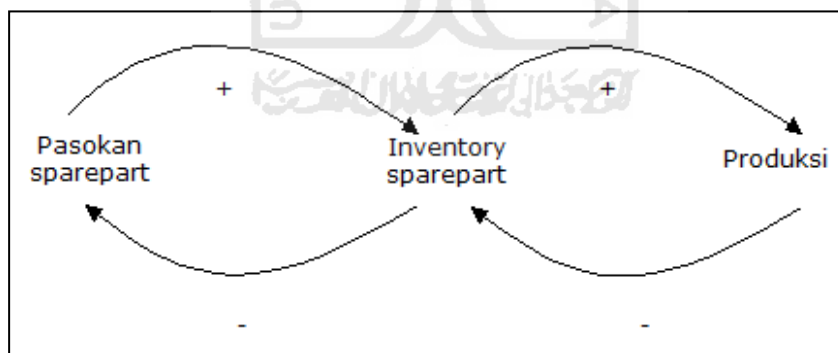
Tiga ciri pokok dalam *system dynamic* yaitu:

1. *Close-loop*: sistem yang dijadikan model harus sistem tertutup, meskipun sistem tidak sungguh- sungguh tertutup karena *feedback loop* tidak dapat melintas batasan sistem. Sistem dapat dipertimbangkan sebagai sistem tertutup.
2. *Feedback-loops*: terdapat dua jenis umpan balik yaitu umpan balik positif dan umpan balik negatif. Umpan balik positif diartikan naik/turunnya penyebab akan mengakibatkan naik/turunnya akibat. Sebaliknya umpan balik negatif.
3. *Variable state* dan *rate*: *state* artinya kondisi atau akumulasi dari sistem pada waktu tertentu sedangkan *rate* adalah aliran yang mengatur “kuantitas” dalam *state*.

Model *system dynamic* mempelajari masalah dengan sudut pandang sistematis, dimana elemen- elemen sistem tersebut saling berinteraksi tertentu dalam suatu hubungan umpan balik sehingga menghasilkan suatu perilaku. Interaksi dalam struktur ini diterjemahkan ke dalam model matematis yang selanjutnya dengan bantuan komputer digital disimulasikan untuk memperoleh perilaku historisnya.

2.1.8 Causal Loop Diagram (CLD)

Causal Loop Diagram (diagram sebab akibat) digunakan untuk membantu pemodel memahami sistem dengan memberikan gambaran umum melalui hubungan sebab dan akibat dalam sistem tersebut. Dengan menggunakan *causal loop diagram* pemodel dapat dengan cepat menyusun struktur model berdasarkan asumsi- asumsi yang digunakan (Maani & Cavana , 2000). Diagram ini menunjukkan arah aliran perubahan variabel dan polaritasnya. Polaritas aliran terbagi menjadi polaritas positif dan negatif. Disebut positif apabila perubahan variabel pada awal aliran mengakibatkan berubahnya variabel pada akhir aliran dalam arah yang sama. Sebaliknya, polaritas negatif terjadi jika perubahan variabel pada awal aliran mengakibatkan berubahnya variabel pada akhir aliran dalam arah yang berlawanan.



Gambar 2. 4 Contoh *Causal Loop* Sistem Inventori

Gambar 2.4 adalah contoh *causal loop diagram* sistem inventory yang melibatkan variabel inventory sparepart, pasokan sparepart dan produksi. Hubungan variabel inventory dan produksi, ketika inventory digudang banyak maka yang akan diproduksi menjadi produk akan bertambah banyak (+) sedangkan akan semakin banyak pasokan *sparepart* yang dibutuhkan untuk proses produksi tersebut sehingga *inventory sparepart* (-) menjadi berkurang. Perlu diketahui bahwa arah dari keterkaitan antara dua variabel

tidak selalu tetap melainkan bisa berubah berdasarkan asumsi- asumsi yang berbeda (Maani & Cavana , 2000).

Diagram simpal kausal merupakan suatu perangkat yang digunakan untuk menyatakan keterkaitan dinamik hubungan sebab akibat antara variabel yang ada dalam suatu sistem (Maani, 2000). Terdapat dua komponen dasar diagram simpal kausal, yaitu variabel dan tanda panah (*link*).

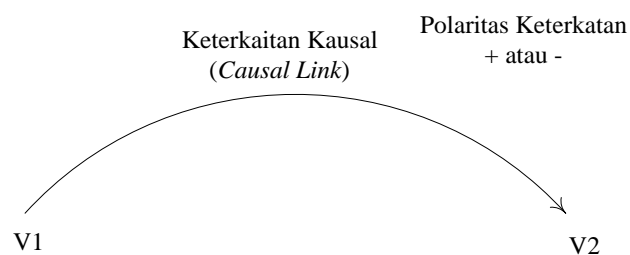
1. Variabel

Variabel merupakan suatu kondisi, tindakan atau keputusan yang akan mempengaruhi dan dapat dipengaruhi oleh variabel lain. (Maani, 2000). Suatu variabel dapat berupa variabel kualitatif, seperti profit, produktivitas, atau ketidakhadiran pekerja; atau dapat pula berupa variabel kuantitatif, seperti motivasi, kepercayaan masyarakat, dan sebagainya.

2. Tanda Panah

Tanda panah mengindikasikan suatu pengaruh kausal langsung antara dua variabel. Masing-masing keterkaitan kausal diberi tanda polaritas keterkaitan, '+' atau '-'. Gambar 2.6 merupakan contoh diagram kausal yang paling sederhana, terdiri dari dua variabel V1 dan V2, dimana V1 mempengaruhi V2 secara langsung. Dari diagram tersebut terdapat dua kemungkinan keterkaitan kausal.

- a. Suatu keterkaitan antara V1 ke V2 dikatakan positif jika jika V1 meningkat (menurun) maka V2 meningkat (menurun) diatas (dibawah) dari apa yang seharusnya terjadi.
- b. Suatu keterkaitan antara V1 ke V2 dikatakan negatif jika V1 meningkat (menurun) maka V2 menurun (meningkat) dibawah (diatas) dari apa yang seharusnya terjadi.



Gambar 2. 5 Diagram keterkaitan kausal sederhana antara variabel V1 dan V2

Sumber: Wirjatmi, 2008

2.1.9 Flow Diagram

Flow diagram digunakan untuk memperinci bentuk hubungan antar variabel sistem yang selanjutnya akan digunakan untuk pembuatan model matematisnya. Dalam *flow diagram* ini ditunjukkan jenis variabel dan jenis hubungan antar variabel. Pada *flow diagram* (diagram alir) dibedakan antara aliran fisik dan aliran informasinya. Perubahan sebuah variabel pada subsistem ini akan mengubah kuantitas fisiknya. Sebaliknya aliran informasi bukan merupakan aliran yang terkonversi. Informasi yang berasal dari satu sumber bisa ditransformasikan ke variabel lain tanpa mengurangi jumlah informasi yang ada dalam sumber.

Flow diagram memiliki karakteristik sebagai berikut:

1. Membedakan antara subsistem fisik dan subsistem informasi.
2. Membedakan antara tipe- tipe variabel *level*, *rate* dan *auxiliary*.
3. Mempunyai korespondensi satu- satu dengan persamaan matematis.
4. Menunjukkan *delay* dalam sistem.
5. Menunjukkan pemulusan dari variabel.
6. Menunjukkan secara jelas fungsi- fungsi khusus yang digunakan dalam rumus matematis.
7. Membedakan simbol yang digunakan dalam penggambaran tiap variabel yang berbeda.

Dalam *flow diagram* dikenal berbagai jenis variabel beserta notasinya. Variabel-variabel tersebut adalah sebagai berikut:

1. *Level (stocks)*

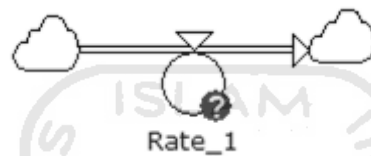
Tipe variabel yang merupakan perubahan akumulasinya sebagai akibat aktivitas aliran sepanjang waktu. *Level* akan dipengaruhi oleh *rate (flow)*.



Gambar 2. 6 Simbol *level*
Sumber: Powersim studio 9

2. Rate (Flow)

Variabel ini merupakan variabel yang mempengaruhi level secara langsung. variabel ini menggambarkan suatu aktivitas, pergerakan (movement), dan aliran yang berkontribusi terhadap perubahan persatuan waktu dalam suatu level yang dinyatakan dalam suatu besaran laju perubahan.



Gambar 2. 7 Simbol *rate*
Sumber: Powersim studio 9

3. Auxillary

Variabel ini memuat perhitungan dasar pada variabel lain. Ini merupakan variabel tambahan untuk menyederhanakan hubungan antara level dan rate. variabel ini dinyatakan dalam persamaan matematik yang pada dasarnya merupakan bagian dari rate.



Gambar 2. 8 Simbol *auxillary*
Sumber: Powersim studio 9

4. Constant

Constant merupakan tipe variabel yang memuat nilai tetap yang akan digunakan dalam perhitungan auxillary atau variabel flow.



Gambar 2. 9 Simbol *constant*
Sumber: Powersim studio 9

5. *Link*

Links merupakan suatu alat untuk menghubungkan antara satu variabel dengan variabel lainnya. Dalam powersim, link dapat dibedakan menjadi dua, yaitu link dan delay link.



Gambar 2. 10 Simbol *constant*
Sumber: Powersim studio 9

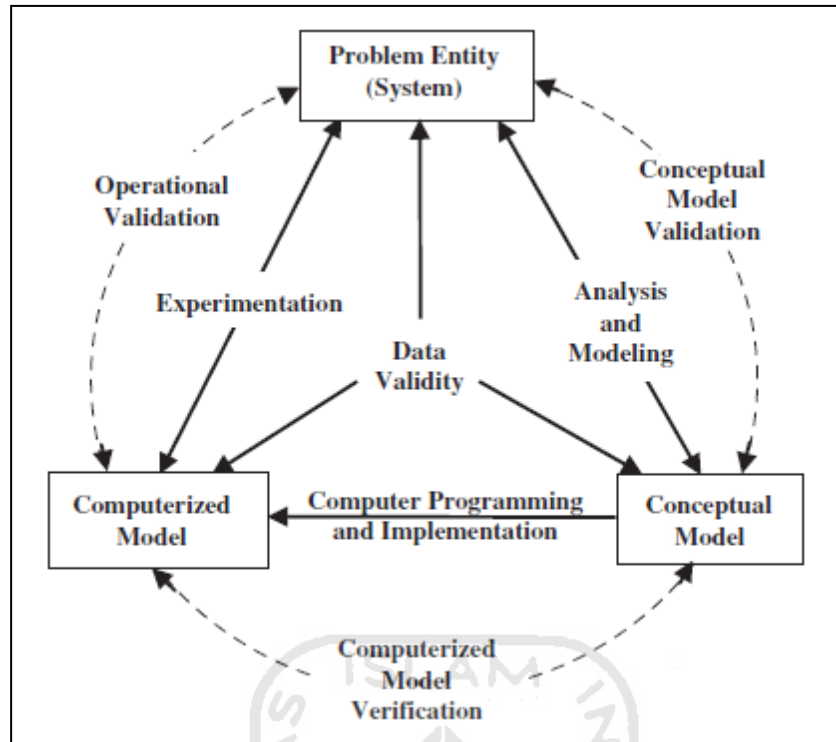
2.1.10 Validasi dan Verifikasi

Verifikasi adalah kegiatan untuk memastikan bahwa program komputer dari model komputerisasi telah dilakukan dengan benar (Surgent, 2013). Dengan kata lain verifikasi merupakan suatu langkah untuk meyakinkan bahwa model-model berkelakuan/bersifat seperti yang dikehendaki pemodel dan bisa dijalankan di komputer.

Validasi merupakan upaya pembuktian bahwa model komputerisasi dalam domainnya yang merupakan penerapan dari sistem nyata memiliki akurasi yang tepat terhadap aplikasi yang dimaksud dari model (Surgent, 2013). Dengan suatu pendekatan paling nyata dalam suatu validasi adalah membandingkan model dengan output dari sistem nyatanya.

Adapun tujuan validasi adalah sebagai berikut:

1. Menghasilkan model yang representatif terhadap perilaku sistem nyatanya untuk dapat digunakan sebagai substitusi dari sistem nyata dalam melakukan eksperimen terhadap suatu kebijakan tertentu.
2. Meningkatkan kredibilitas model, sehingga model dapat digunakan oleh para manajer dan para pengambil keputusan lainnya.



Gambar 2. 11 *Simplified version of Validation and Verification Paradigm*

Sumber: (Barlas, 2002)

Gambar 2.11 menjelaskan paradigma yang berhubungan dengan verifikasi dan validasi dalam proses pengembangan model. *Conceptual model validation* didefinisikan sebagai penentu bahwa teori- teori dan asumsi yang mendasari model konseptual adalah tepat dan bahwa model representasi dari masalah di sistem nyata masuk akal untuk tujuan yang ingin dicapai. *Computerized model verification* didefinisikan untuk memastikan bahwa pemrograman komputer dan pelaksanaan model konseptual telah berjalan sesuai dengan harapan pemodel. *Data validity* didefinisikan untuk memastikan bahwa data yang telah dikumpulkan untuk membangun model, mengevaluasi model dan pengujian, serta melakukan desain eksperimen dalam menyelesaikan permasalahan telah memadai dan benar (Barlas, 2002).

Menurut (Forrester & Senge , 1980) validasi adalah proses membangun keyakinan dari sebuah model. Model dikatakan valid apabila ketika orang yang akan menggunakan model yang telah dibangun yakin bahwa model dapat digunakan. Validasi dalam sistem dinamik sangatlah kompleks dan memiliki beberapa jenis validasi sesuai dengan

pandangan pemodel dan tujuan dari pembuatan model yang dilakukan melalui pendekatan sebagai berikut:

1. Uji Struktur Model

Pengujian model pada jenis ini bertujuan untuk menilai struktur dan parameter model secara langsung tanpa memperhatikan hubungan antara struktur dan perilaku model.

2. Uji Perilaku Model

Pengujian pada perilaku model dilakukan dengan mengevaluasi kecukupan struktur model melalui analisis perilaku model yang dihasilkan dari struktur yang telah dibuat.

3. Uji Implikasi Kebijakan

Pengujian dilakukan dengan membangun kepercayaan dengan mengimplikasikan model pada suatu kebijakan. Pengujian berdasar penerapan kebijakan pada model ini bertujuan untuk menverifikasi respon sistem nyata terhadap suatu kebijakan, apakah memiliki korespondensi dengan respon yang diprediksi pada model.

2.2 Kajian Induktif

Kajian induktif merupakan salah satu sub bab yang menyajikan penelitian- penelitian terdahulu yang mengacu pada upaya untuk mereduksi dampak yang diakibatkan bencana. Berikut penelitian-penelitian terdahulu yang mendukung penelitian ini.

Kerumitan pembuatan sistem manajemen darah yang memiliki sifat- sifat khusus dengan kebutuhan penanganan khusus menarik berbagai ilmuwan untuk menyelesaikan permasalahan yang hampir terjadi diseluruh dunia dengan kendala yang sama. Darah tergolong sebagai komoditas yang tidak biasa karena memiliki sifat yang mudah rusak dan tidak dapat bertahan dalam waktu yang lama. Rantai pasok untuk produk yang meemiliki sensitifitas terhadap waktu serta mudah rusak (perishable) dengan waktu hidup yang terbatas dan memiliki tantangan unik membutuhkan sistem penanganan khusus. (Zavanella, 2007) menyatakan contoh dari produk perishable adalah makanan dan turunannya, obat- obatan dan vaksin. Dengan tidak semua produk mudah rusak membutuhkan penanganan yang sama dimana ada yang mengandung unsur “hidup dan

mati” dari penggunaanya seperti darah. (Coelho & Laporte , 2013) menyatakan bahwa terdapat jenis- jenis produk yang walaupun masih dalam keadaan yang baik namun produk tersebut tidak dapat digunakan sama sekali seperti misalnya darah.

Darah memiliki peran yang sangat penting dalam kehidupan manusia dimana masalah yang dialami secara umum adalah kekurangan supply atau darah yang tidak bisa dipakai karena kadaluarsa. Hal ini bisa diakibatkan oleh banyak hal diantaranya lemahnya manajemen yang terintegrasi antara penyedia darah seperti PMI (di Indonesia atau Red Cross di Australia) dengan pihak yang membutuhkan seperti rumah sakit. Di Indonesia penelitian yang membahas mengenai penanganan darah diantaranya terdapat pembuatan model manajemen persediaan data di PMI didukung sistem berbasis web (Agustin & Sastramihardja , 2004) dan penyelesaian manajemen sistem rantai pasok darah di Indonesia dengan menggunakan simulasi yang memiliki fokus penelitian pada penanganan inventory (Suwardie, Sopha , & Herliansyah). Model simulasi yang menggambarkan sistem alur proses dalam rantai pasok darah digambarkan dengan beberapa skenario perbaikan meliputi kebijakan produksi (komposisi produk darah), kebijakan pengambilan dengan menerapkan sistem FIFO (*First in First Out*) pada jenis produk darah tertentu, proses kategorisasi mesin dan kebijakan inventory.

Pelayanan operasional darah adalah kunci utama dalam sistem pelayanan sistem kesehatan namun model dan analisis sistem dari sistem rantai pasok yang optimal masih belum lemah karena dihadapi dengan berbagai tantangan sifat natural dari darah itu sendiri. Berdasarkan kajian literatur oleh (Belien & Force , 2012) banyak metode yang diterapkan untuk menjawab permasalahan yang ada meliputi permintaan dan supply yang bersifat probabilistik sampai masalah inventory dan distribusi yang banyak menghadapi tantangan diantaranya adalah simulasi, model antrian, *stochastic dynamic programming (SDP)*, *integer programming*, *linear programming*, *statistical analysis*, *cost analysis*, *heuristic*, *what-if analysis*. Pengembangan model penyelesaian yang tepat harus ditemukan untuk peningkatan efektifitas dan efisiensi agar kelebihan produk darah pada bagian konsumen tertentu (*bullwhip effect*) dan kekurangan (*shortage*) dapat segera dideteksi dan diselesaikan.

Supply dari donor darah tergolong *irreguler* (tidak tetap) dan permintaan akan produk darah tergolong probabilistik. Kompleksitas manajemen darah semakin rumit karena selain dari darah yang bersifat *perishable* (mudah rusak), kekurangan stok produk darah akan mengakibatkan harga produk darah menjadi semakin tinggi serta langka yang dapat berakibat pada kematian bagi pasien. Selain itu, darah yang kadaluarsa menjadi tantangan besar untuk diselesaikan karena donor merupakan aset yang sangat berharga dengan jumlah dan waktu donasi yang terbatas (Belien & Force , 2012).

(Filho, Cezarino, & Salviano , 2012) menjelaskan bahwa dibutuhkan peramalan yang tepat terhadap jumlah permintaan darah sehingga menjadi *decision making tools* dalam menentukan jumlah darah yang harus didistribusikan. Unit Trnxfusi Darah biasanya menggunakan pertimbangan kuantitatif dan kualitatif dengan mengambil jumlah rata- rata setiap periodenya baik mingguan maupun bulanan yang menyebabkan perencanaan kurang tepat. Karena darah bersifat mudah rusak (*perishable*) peramalan yang salah dapat menyebabkan stok berlebih di unit transfusi darah (Karaesmen, Scheller-Wolf , & Deniz, 2011). Sehingga peramalan permintaan darah menjadi sangat penting untuk membantu unit tranfusi darah untuk mengatur tugas mereka dalam merencanakan dan mengontrol ketersediaan darah (Tetteh, 2008). Teknik Box- Jenkins sebagai teknik peramalan yang berbeda dengan kebanyakan model peramalan yang ada.

ARIMA sangat baik ketepatannya untuk peramalan jangka pendek, sedangkan untuk peramalan jangka panjang ketepatan peramalannya kurang baik karena cenderung konstan untuk periode yang cukup panjang. Model *Autoregressive Integrated Moving Average* (ARIMA) adalah model yang secara penuh mengabaikan independen variabel dalam membuat peramalan. ARIMA menggunakan nilai masa lalu dan sekarang dari variabel *dependent* untuk menghasilkan peramalan jangka pendek yang akurat. ARIMA cocok jika observasi dari deret waktu (*time series*) secara statistik berhubungan satu sama lain (*dependent*) (Filho, Cezarino, & Salviano , 2012).

Permasalahan yang tidak kalah pentingnya yang muncul adalah penambahan jumlah penduduk, trend penyakit yang cenderung meningkat menyebabkan kebutuhan akan darah menjadi semakin tinggi. Tantangan baru yang muncul adalah bagaimana cara perekrutan dan pertahanan donor darah agar ketersediaan selalu dapat dijamin tanpa

mengambil darah terlalu banyak untuk mengurangi jumlah darah kadaluarsa (Williamson & Devine , 2013). (Nagurney, Masoumi , & Yu , 2012) mengembangkan model optimasi pembuatan operasional sistem rantai pasok pada bank darah yang bertujuan untuk meminimasi biaya dan resiko melalui topology jaringan yang diperhitungkan menggunakan algoritma dari sistem regional bank darah. Jumlah safety stock dalam rantai pasok darah merupakan hal utama yang diperhitungkan dengan single- period type pada horizon waktu yang bervariasi yang melibatkan kegiatan pengadaan (*procurement*), pemrosesan, dan pendistribusian.

Permasalahan utama dalam manajemen proses rantai pasok darah mulai dari produsen (pendonor) yang bersifat *stochastic* sampai dengan penggunaan dari produk darah oleh konsumen yang tidak menentu kebutuhannya membutuhkan sistem komunikasi yang tepat antara UDD (Unit Donor Darah) sebagai agen pengumpul darah, PMI sebagai pusat kontrol utama ketersediaan produk- produk darah kemudian rumah sakit yang terbagi menjadi bank darah atau non bank darah. Salah satu solusi yang bisa diaplikasikan untuk menjembatani aktor dalam setiap jaringan rantai pasokan ini adalah melalui sistem dinamik.

Dalam penelitian Antuela dan Stewart (2012) yang berjudul “*The application of discrete event simulation and system dynamics in the logistics and supply chain context*” menemukan sebuah fakta baru bahwa dalam hal tingkat pengambilan keputusan yang terlibat, strategis atau operasional / taktis, tidak ada perbedaan dalam penggunaan baik *Discret Event Simulation* atau *System Dynamics*. Artinya, penggunaan system dynamics bisa digunakan dalam berbagai tingkat level keputusan, baik strategis maupun operasional/ taktis.

Tabel 2. 1 State Of The Art

Peneliti	Tujuan	Metode
Serkan Gunpinar & Grisselle Centeno (2015)	Minimalisasi biaya total, perencanaan produk darah di rumah sakit untuk mengatur kekurangan dan limbah dari produk darah	Stokastik Interger Programming
Lorna M Williamson & Dana V Devine (2013)	Optimasi jumlah darah di rumah sakit dan pasien agar kekurangan dan kelebihan pasokan darah tidak terjadi	Program pengembalian dan reissue produk darah dengan sistem elektronik dan managemen darah pasien
Ririn Dwi Agustin & Husni Sastramihardja (2004)	Pembuatan model manajemen persediaan darah yang mengadopsi konsep SCM dengan integrasi konsumen darah dengan sistem informasi berbasis WEB	Sistem informasi berbasis web
Aditya Wibisono Suwardie, Bertha Maya Sopha & Muhammad Kusumawan Herliansyah	Pembuatan model simulasi berbasis diskrit sebagai <i>tool</i> evaluasi untuk menentukan jumlah inventory yang tepat untuk menghasilkan data permintaan, kekurangan dan kadaluarsa.	Simulasi berbasis diskrit
Anna Nagurney, Amin H. Masoumi & Min Yu (2012)	Pengembangan model optimasi jaringan umum untuk sistem rantai pasok darah manusia yang kompleks dengan sifat darah yang mudah rusak dan menyelamatkan nyawa manusia dengan minimasi biaya dan resiko.	Model optimasi sistem rantai pasok dengan perhitungan algoritma
Jeroen Belien & Hein Force (2012)	Penjelasan penelitian yang dilakukan untuk membuat sistem manajemen rantai pasokan darah yang dilakukan peneliti- peneliti sebelumnya	Kajian literatur
Usulan	Peramalan permintaan dan supply darah, pembuatan jaringan sistem management rantai pasok integrasi semua agen pelaku mulai dari donor sampai resipien	Autoregression Integrated Moving Average Dan System dynamic

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Objek Penelitian

Berdasarkan jumlah darah yang ditangani Unit Transfusi Darah (UTD) Kota Yogyakarta mengolah lebih banyak darah dibandingkan dengan unit transdusi darah lain di Yogyakarta. Selain itu UTD Kota Yogyakarta terletak di tempat yang strategis dan memiliki banyak akses yang berhubungan dengan banyak rumah sakit. Fluktuasi permintaan dan pasokan menjadi tantangan yang secara *continues* harus selalu dilakukan oleh PMI UTD Kota Yogyakarta. Kekurangan supply darah dari pendonor ditambah dengan tidak adanya manajemen darah yang tepat serta absennya aliran rantai pasok mengatur sistem ini menyebabkan manajemen darah semakin rumit dan sulit dipecahkan. Masalah utama yang terjadi adalah fluktuasi keadaan dimana terkadang terdapat kekurangan pasokan darah atau bahkan kelebihan supply dimana darah tidak digunakan pada tempat- tempat tertentu. Mengingat pentingnya manajemen darah di unit transfusi darah utama sebagai peyangga pasokan darah di kota Yogyakarta maka penelitian akan difokuskan di PMI Kota Yogyakarta.

Permintaan darah yang akan diteliti berdasarkan beberapa pendekatan yaitu data historis kebutuhan darah yang didistribusikan ke rumah sakit baik dengan bank darah maupun non bank darah serta unit transfusi darah lain dalam skala bulanan. Untuk supply darah dilakukan pengamatan terhadap pola permintaan darah meliputi tipe dan pattern untuk jadwal donor baik yang sukarela maupun pengganti. Konsumen pengguna produk darah ini dibagi menjadi dua yaitu rumah sakit bank darah dan non bank darah rumah sakit. Kemudian sistem jaringan dari mulai PMI sampai resipien dengan tujuan utama

efisiensi dan efektifitas *demand* dan *supply* kemudian dilakukan optimasi manajemen bank darah.

3.2 Kerangka Pemikiran

Kebutuhan darah di daerah D.I Yogyakarta mengalami peningkatan signifikan setiap tahunnya. Darah yang memiliki nilai kepentingan dan sensitifitas sangat tinggi memerlukan management yang baik untuk menjaga ketersediaan darah selalu berada dalam batas aman, memudahkan jalur distribusi antar unit yang mengalami kekurangan (*outstock*) atau kelebihan (*over stock*) karena komunikasi antar unit pengolah darah yang kurang baik. Oleh karena itu, dibutuhkan pendekatan *management science* (simulasi *system dynamics*) untuk melakukan upaya *preparedness* dalam menghitung kebutuhan atau permintaan dan *supply*, mekanisme distribusi dan perhitungan inventory.

Taha (1996) mengatakan bahwa *management science* memiliki dua jenis perhitungan yang berbeda, yaitu model matematis dan model simulasi. Perhitungan model matematis memiliki kelebihan dalam menemukan solusi optimal dalam batasan-batasan tertentu. Namun, sejumlah situasi nyata masih berada jauh diluar kemampuan teknik-teknik matematis yang sekarang tersedia. Oleh karena itu dibutuhkan sebuah metode yang digunakan untuk menemukan solusi yang diinginkan dengan keluwesan pemodelan, metode tersebut adalah model simulasi.

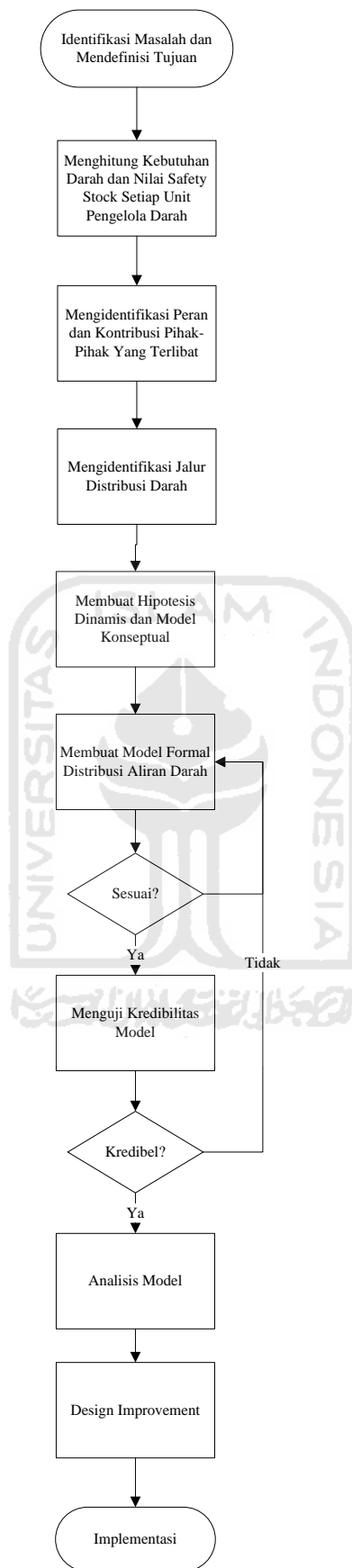
Simulasi digunakan untuk menyelesaikan persoalan dalam sistem yang sangat kompleks sehingga sangat sulit diselesaikan secara matematis (Banks et al, 1996). Artinya, model simulasi digunakan apabila penyelesaian matematis tidak memberikan penyelesaian yang diharapkan oleh modeler. Namun demikian, dalam melakukan penelitian ini penulis menggunakan kedua metode tersebut untuk tujuan yang berbeda. Model matematis digunakan untuk menghitung nilai kebutuhan yang ada pada setiap unit pengolah darah dan model simulasi digunakan untuk mensimulasikan alur jaringan distribusi darah serta manajemen pengelolaan darah.

Dalam penelitian ini beberapa langkah kerja yang dibutuhkan adalah mengklasifikasikan kebijakan ketersediaan darah pada masing- masing rumah sakit, menformulasikan model distribusi regional dan optimasi untuk menyelesaikan

permasalahan supply dan demand yang stochastic dan terakhir membuat pemetaan modul sistem operasi serta keterkaitannya dalam segala aspek untuk proses pengambilan keputusan yang lebih baik. Untuk itu peneliti menggunakan beberapa metode untuk melakukan tahapan diatas yaitu dengan forecasting untuk menentukan jumlah permintaan dan ketersediaan darah di masa depan menggunakan Autoregressive Integrated Moving Average (ARIMA) , menghitung nilai safety stock, system dynamic untuk mengetahui keterkaitan aspek- aspek dalam sistem manajemen darah, dan virtual organization sebagai organisasi pusat pengatur manajemen darah antar agen yang terlibat.

Berdasarkan data permintaan darah tersebut diketahui bahwa permintaan darah pada RS dan PMI Jogja selalu berubah setiap fungsi waktu. Sehingga diperlukan perhitungan yang lebih komprehensif dalam mengakomodasi karakteristik sistem yang ada. berikut tahap- tahap dalam melakukan penelitian.





Gambar 3. 1 Alur Penelitian

3.2.1 Identifikasi Masalah dan Mendefinisikan Tujuan

Sistem dinamis dilakukan untuk menyelesaikan masalah yang bersifat dinamis yang mengakomodasi interaksi antar variabel yang memiliki hubungan timbal balik. Langkah-langkah yang dilakukan dalam tahapan ini adalah:

1. Mengidentifikasi variabel- variabel yang terlibat baik dinamis maupun yang memberikan kontribusi kepada sistem.
2. Mengidentifikasi peran variabel serta perilaku dinamis dalam sistem.
3. Menentukan unit satuan waktu untuk perhitungan nilai serta *forecast* dimasa yang akan datang.
4. Menentukan acuan utama perilaku dinamis dalam sistem. Bagaimana pola dasar variabel kunci? Apa yang seharusnya terjadi di masa depan?.
5. Menetapkan tujuan yang diharapkan dapat memberikan kontribusi analisis dan pemecahan masalah.

3.2.2 Menghitung Kebutuhan Darah, Ketersediaan dan Nilai Safety Stock

Perhitungan akan kebutuhan darah merupakan perhitungan awal yang dilakukan untuk melihat trend perilaku permintaan kebutuhan darah pada setiap bulan sesuai dengan kondisi pada sistem misalnya terjadi penyakit musiman seperti demam berdarah, hari raya nasional atau situasi sistem lainnya. Pemenuhan kebutuhan darah juga akan dihitung melalui pola ketersediaan darah. Perhitungan akhir dari kebutuhan dan ketersediaan darah akan menghasilkan pernyataan ketersediaan darah mengalami kelebihan (*overstock*) atau kekurangan (*shortage*). Setelah trend kebutuhan dan ketersediaan dihitung kemudian ditentukan nilai *baseline safety stock* yang menjadi nilai acuan utama untuk rancangan sistem rantai pasok darah.

3.2.3 Mengidentifikasi Jalur Distribusi Darah

Jalur distribusi darah mulai dari unit donor darah sampai pada pihak yang memerlukan darah seperti rumah sakit akan diidentifikasi. Keterlibatan *stakeholder* didalamnya juga

akan teridentifikasi pada jalur distribusi darah ini. Identifikasi ini bertujuan untuk mengetahui proses aliran darah sehingga dapat dilakukan efisiensi dalam prosesnya.

3.2.4 Membuat Hipotesis Dinamis dan Model Konseptual

Perancangan model konseptual dibentuk oleh komponen- komponen atau variabel-variabel yang mempengaruhi perilaku sistem yang membentuk suatu model. Dalam tahapan ini dikembangkan suatu hipotesis yang menjelaskan penyebab yang melatarbelakangi permasalahan dinamis, kemudian dijadikan model simulasi dan pengujian validitas hipotesis (model konseptual). Langkah yang dilakukan dalam kegiatan ini adalah sebagai berikut:

1. Memahami masalah pada sistem yang diteliti berdasarkan observasi langsung maupun informasi teoritis yang relevan.
2. Mengidentifikasi semua variabel memiliki peran penting dalam sistem. Pada tahapan ini diperlukan analisis dari berbagai bidang disiplin keilmuan sesuai dengan permasalahan yang akan diselesaikan.
3. Mengidentifikasi *causal loop* dan *feed back* antar variabel.
4. Membangun *causal loop diagram* (CLD).
5. Mengidentifikasi variabel *stock* and *flow* untuk membangun flow diagram.

3.2.5 Membuat Model Formal Distribusi Darah

Data- data kualitatif dan kuantitatif untuk mendefinisikan rumus matematis dalam software Powersim Studio 9 disiapkan terlebih dahulu. Tahapan kegiatan yang dilakukan meliputi:

1. Membuat flow diagram (struktur model *stock-flow* diagram)
2. Mengisi perhitungan matematis dan membuat hubungan sebab akibat antar variabel.
3. Menentukan nilai- nilai pada variabel

3.2.6 Verifikasi

Verifikasi dilakukan untuk menguji apakah model yang dibuat sesuai dengan hipotesis awal yang telah dirancang sebelumnya. Hal ini untuk menjamin konsistensi model yang dibuat dengan hipotesis yang sudah dibangun oleh peneliti (Law & Kelton, 1991).

3.2.7 Validasi

Pengujian validasi model dilakukan untuk memastikan model yang sudah dibuat merepresentasikan masalah pada sistem nyata sehubungan dengan tujuan penelitian. Kredibilitas model yang dibangun meliputi: Struktural: adalah struktur model deskripsi yang berarti hubungan- hubungan yang sesungguhnya yang ada pada sistem yang diteliti. Behaviour : adalah pola dinamis yang dihasilkan oleh model cukup dekat dengan pola dinamis kepentingan yang nyata (Barlas, 2002). Validasi juga dilakukan pada awal proses meng-input data yaitu validasi input berdasarkan distribusi data, keseragaman data dan aktualisasi variabel lain yang mendukung model sudah benar atau sah.

Surgent (2013) merekomendasikan delapan step dalam melakukan validasi dan verifikasi. Berikut delapan langkah tersebut.

- a. Membuat sebuah kesepakatan sebelum mengembangkan model antara 1) pengembang mode; 2) Sponsor model; 3) *user* model simulasi yang menentukan validitas model (jika memungkinkan) dan menentukan satu set teknik validasi khusus yang digunakan untuk menentukan validitas model yang di bangun.
- b. Tentukan rentang akurasi sebuah variabel yang dijadikan tolak ukur validitas model sebelum membangun model.
- c. Pengujian sedapat mungkin asumsi dan teori-teori yang mendasari model simulasi.
- d. Dalam setiap iterasi dari model, setidaknya melakukan *face validity* pada model konseptual.
- e. Dalam setiap iterasi dari model, setidaknya mengeksplorasi perilaku model simulasi dengan menggunakan model komputerisasi.
- f. Setidaknya pada iterasi terakhir membuat perbandingan antara output model simulasi dengan perilaku sistem nyata untuk beberapa set kondisi eksperimental (jika memungkinkan).

- g. Siapkan dokumentasi verifikasi dan validasi untuk dimasukkan dalam dokumentasi model simulasi.

Jika model simulasi dijalankan untuk jangka panjang, maka buatlah jadwal untuk melakukan validasi secara berkala

3.2.8 Analisis Model

Analisis model dilakukan untuk mencari nilai kesetimbangan dan kondisi stabil dari sifat dinamis model. Simulasi dijalankan untuk mendapatkan informasi yang menggambarkan karakteristik dari model yang ada. Faktor- faktor input model bersifat *random* (probabilistik) sehingga dibutuhkan teknik- teknik statistik untuk menganalisis data yang dihasilkan. Output simulasi kemudian direpresentasikan dalam satu nilai rata- rata (mean) dan selang kepercayaan menggunakan pendekatan Central Limit Theoreme dan Confidential Interval. Kemudian berdasarkan output yang dihasilkan, performansi yang berbeda untuk setiap design akan diketahui sehingga model simulasi terbaik sesuai tujuan yang hendak dicapai.

3.2.9 Design Improvement

Setelah model yang dibuat sudah merepresentasikan sistem yang ada melalui uji validasi, langkah selanjutnya adalah menguji alternatif kebijakan- kebijakan baru untuk menemukan hasil yang diinginkan.

3.2.10 Implementasi

Tahapan ini dilakukan untuk mengaplikasikan alternatif kebijakan yang menjawab permasalahan yang sudah dirumuskan dibagian awal.

3.3 Metode Pengumpulan Data

3.3.1 Pengumpulan Data

Pengumpulan data dalam penelitian ini dilakukan melalui:

- a. Observasi, yaitu pengamatan secara langsung pada proses donor darah.
- b. Studi kepustakaan, yaitu penelitian yang dilakukan untuk memperoleh data dan informasi yang akan digunakan sebagai referensi untuk landasan teori, sistematika penulisan, dan kerangka berfikir ilmiah yang diambil dari literatur- literatur baik dari internet maupun dari buku- buku serta dari laporan penelitian terdahulu.
- c. Wawancara, yaitu pengumpulan data dengan cara tanya jawab langsung mengenai masalah terkait dengan penelitian kepada pihak- pihak terkait. Objek wawancara dalam penelitian ini adalah pihak PMI Jogjakarta, Rumah Sakit dan Unit Transfusi Darah di Yogyakarta.

3.3.2 Data yang Dibutuhkan

Data- data yang dibutuhkan untuk menyelesaikan masalah dalam penelitian ini dapat dibedakan menjadi dua, yaitu:

a. Data Primer

Data primer merupakan data yang dikumpulkan langsung oleh peneliti dari sumbernya yaitu PMI D.I Yogyakarta dan Rumah Sakit. Data primer yang dibutuhkan adalah:

1. Jumlah kebutuhan darah di Yogyakarta.
2. Pasokan darah pada unit- unit pengumpulan darah.
3. Data historis sistem manajemen distribusi darah.
4. Mekanisme pengadaan darah.
5. Data jumlah pendonor.

b. Data Sekunder

Data sekunder adalah data yang berasal dari sumber lain seperti hasil penelitian terdahulu, jurnal, laporan- laporan kegiatan dan buku- buku yang digunakan untuk mendapatkan dan menggali teori- teori yang dapat mendukung pemecahan masalah dalam penelitian. Data sekunder yang dibutuhkan adalah:

1. Alur manajemen distribusi darah.
2. Jumlah inventory darah disetiap unit pengolahan darah.

3.4 Pengolahan data

3.4.1 Perancangan Model Formal

Model konseptual dibangun oleh variabel- variable yang menjadi aktor utama dan mempengaruhi sistem. Dalam pengembangan model, masih dimungkinkan untuk penambahan jenis data lain selain yang sudah disebutkan. Dalam penelitian ini akan dibangun menggunakan software Powersim Studio 9.

3.4.2 Validasi

Validasi model dilakukan untuk memastikan bahwa model telah memiliki perilaku yang sama (representatif) dengan sistem nyatanya. Apabila model diyakini belum mewakili perilaku sistem maka langkah yang dilakukan adalah kembali membuat model sampai cukup representatif. Validasi dilakukan dengan cara membandingkan perilaku antara sistem nyata dan model yang dibangun.

3.4.3 Design Improvement

Jerry Banks et al (1996), desain eksperimen adalah “a class of linear statistical model for comparison and evaluation of alternative system design”. Design experiment adalah suatu analisis alternatif himpunan variabel sistem dengan metode simulasi untuk mendapatkan alternatif yang memenuhi keinginan pemodel. Design experiment diharapkan dapat memperbaiki sistem yang ada menjadi lebih baik sesuai dengan target yang ingin dicapai peneliti.

BAB IV

PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA

4.1 Pengumpulan Data

Data yang dikumpulkan disesuaikan dengan model yang dibangun untuk mengidentifikasi permasalahan yang dialami oleh Palang Merah Indonesia Kota Jogjakarta. Beberapa teknik pengumpulan data yang dibutuhkan yaitu 1) wawancara dan 2) data sekunder berupa hasil laporan- laporan manajemen PMI Kota Jogjakarta.

4.1.1 Profil Perusahaan

PMI Kota Jogjakarta terletak di Jalan Tegalendu 25 Kotagede, Yogyakarta. PMI Kota Yogyakarta adalah Unit Transfusi Darah utama yang mengolah darah hasil transfusi donor menjadi produk- produk darah seperti darah lengkap (*whole blood*), sel darah merah pekat (*packed red cell*), sel darah merah cuci (*washed red cell*), plasma segar beku (*fresh frozen plasma*), plasma cair (*liquid plasma*), trombosit, kriopresipitat dan plasma mengandung platelet (*platelet rich plasma*). PMI Kota Jogjakarta bekerjasama dengan beberapa Bank Darah Rumah Sakit seperti RS. Bethesda, RS. PKU Muhammadiyah Kota Yogya, RS PKU Muhammadiyah Bantul, RSUD Kota Yogya, RSUD Panembahan Senopati Bantul, RS. Panti Rapih, RS. JIH dan RSUP dr. Soeradji Tirtonegoro Klaten. Sedangkan UTD lain yang didistribusikan ke oleh PMI Kota Jogjakarta adalah PMI Sleman, PMI Gunungkidul, PMI Bantul, PMI Wates dan PMI Kulonprogo.

Teknis pendistribusian atau permintaan darah di PMI Kota Jogjakarta sesuai dengan Standar of Operation (SOP) yaitu distribusi ke rumah sakit dan unit donor darah lain. Pertama, distribusi ke rumah sakit. Pendistribusian ke rumah sakit terdapat dua macam yaitu ke rumah sakit dengan MoU dan ke rumah sakit tanpa dengan MoU. Biaya

untuk satu kantong darah yang harus dibayarkan oleh rumah sakit yaitu seharga Rp. 360.000,-. Namun apabila uji silang serasi dilakukan di Bank Darah Rumah Sakit maka harga satu kantong darah seharga Rp. 335.000,-. Kedua, distribusi ke Unit Donor Darah PMI lain yang masih dalam daerah Jogjakarta. biaya pendistribusian satu kantong darah ke Unit Transfusi Donor (UTD) sebesar Rp 320.000,-. Namun dalam praktiknya, keluarga resipien datang langsung ke PMI dengan membawa surat rujukan dari rumah sakit. Hal ini sebenarnya tidak sesuai dengan aturan yang dimiliki oleh PMI. Tapi dikarenakan pasien sangat membutuhkan darah, PMI akan tetap melayani transaksi dengan biaya per kantong sebesar Rp. 360.000,-.

Adapun visi dan misi dari Palang Merah DIY yaitu:

Visi : PMI yang berkarakter, profesional, mandiri dan cinta masyarakat.

Misi :

1. Menjadi organisasi kemanusiaan terdepan yang memberikan layanan berkualitas melalui kerjasama dengan masyarakat dan mitra sesuai dengan prinsip-prinsip dasar Gerakan Palang Merah dan Bulan Sabit Merah.
2. Meningkatkan kemandirian organisasi PMI melalui kemitraan strategis yang berkesinambungan dengan pemerintah, swasta, mitra gerakan dan pemangku kepentingan lainnya di semua tingkatan.
3. Meningkatkan reputasi organisasi PMI di tingkat nasional dan internasional.

4.1.2 Pengolahan Darah

A. Perencanaan

Perencanaan merupakan tahapan paling awal yang dilakukan oleh UTD Kota Yogyakarta dalam menentukan berapa banyak jumlah darah yang harus terkumpul agar dapat memenuhi permintaan darah baik yang berasal dari Bank Darah Rumah Sakit, Non Bank Darah Rumah Sakit dan Unit Transfusi Darah lain. Proses perencanaan ini dilakukan setiap hari karena jumlah permintaan darah yang tidak pernah tetap. Dalam pelaksanaannya UTD Kota Yogyakarta akan menghubungi berbagai mitra, pihak instansi pemerintah atau swasta lain untuk mengadakan kegiatan donor darah dan mengantisipasi pasokan berlebih dengan membuat kerjasama distribusi.

Secara umum UTD Kota Yogyakarta melakukan perencanaan pengadaan donasi darah setiap harinya sebagai berikut:

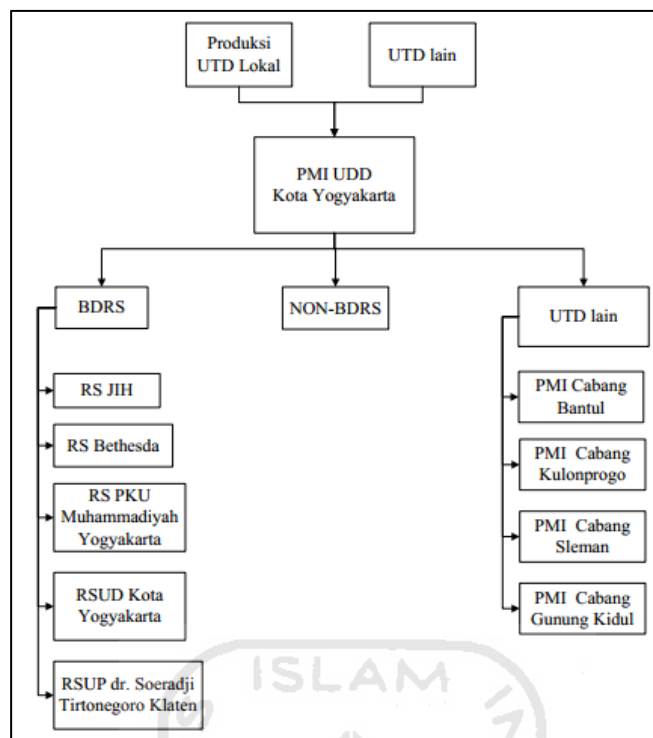
$$\text{Perencanaan pengadaan} = \text{perkiraan permintaan}_{t+1} + \text{safety stock}_{t+1} - \text{inventory}_t \dots (4.1)$$

Safety stock dianggap sebagai persediaan paling sedikit yang tersedia untuk mengantisipasi kebutuhan darah darurat. Tidak terdapat perhitungan yang rigid dikarenakan perencanaan pengadaan juga sangat tergantung dengan permintaan darah. Apabila darah tersedia sudah mencapai > 500 kantong dalam satu bulannya sementara jumlah permintaan < 75% dari stok yang tersedia maka kegiatan donor darah tidak dilaksanakan melainkan *di-reschedule* pada bulan berikutnya.

B. Pengadaan

Berdasarkan Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 83 Tahun 2014 Sumber pengadaan darah PMI Kota DIY bersumber dari produksi lokal UTD dan kiriman UTD lain. Namun, kiriman dari UTD lain ini nihil karena PMI Kota DIY cenderung mengirim kantong- kantong darah ke UTD lain. Perencanaan pengadaan darah dilakukan berdasarkan pertimbangan kebutuhan darah dan potensi pendonor darah di wilayah yang bersangkutan. Perencanaan oleh pelayanan UTD meliputi kegiatan rekrutmen pendonor, seleksi pendonor, pengambilan darah, pengamanan darah, pengolahan darah dan penyimpanan darah.

Pengadaan darah dari produksi lokal berasal dari donor sukarela dan donor pengganti. Kegiatan donor darah dilakukan melalui dua cara yaitu di PMI UTD Kota Yogyakarta dan *mobile*. Donor darah secara *mobile* terkumpul melalui kegiatan- kegiatan donor darah seperti donor darah di pusat- pusat perbelanjaan, sekolah, mobil unit pengumpul darah, kampanye, dan broadcast donor darah.



Gambar 4. 1 Alur Permintaan dan Distribusi Darah UTD Kota Yogyakarta

Sumber: PMI Kota Yogyakarta, 2015

Permintaan darah dapat dilakukan oleh pasien yaitu melalui bank darah yang ada di bank darah rumah sakit ataupun meminta ke pihak PMI secara langsung melalui rekomendasi dari dokter. Stok darah yang tersedia di PMI Kota Yogyakarta melalui proses administrasi yang dilanjutkan dengan uji saring (*screening*) dan uji cocokserasi (*cross matching*) untuk meminimalisasi resiko ketidakcocokan terhadap pasien.

C. Penyimpanan

Penyimpanan darah adalah suatu '*treatment*' yang dilakukan untuk menjaga kualitas darah yang akan disalurkan terjaga sekaligus terhindar dari kerusakan fisik maupun kontaminasi kimia. Hal tersebut dilakukan dengan cara menyimpan darah di bank darah dengan suhu $(-2^{\circ})^{\text{C}} - (-6^{\circ})^{\text{C}}$. Darah yang disimpan di bank darah memiliki rentang masa hidup selama 30 hari. Rata-rata persediaan darah yang dimiliki oleh PMI Kota Yogyakarta selama rentang lima tahun (2011-2015) adalah sebanyak 1330 kantong. Sedangkan nilai persediaan darah paling minimum sebanyak 25 kantong darah lengkap (*whole blood*). Bagan alur penyimpanan darah adalah sebagai berikut:



Gambar 4. 2 **Bagan Alur Penyimpanan Darah**

Sumber: Palang Merah Indonesia

D. Distribusi Darah

Distribusi darah sebagaimana yang tercantum pasal 33 pendistribusian darah merupakan kegiatan penyampaian darah dari UTD ke rumah sakit melalui BDRS dengan sistem distribusi tertutup dan sistem rantai dingin. Sistem distribusi tertutup merupakan sistem pendistribusian darah yang harus dilakukan oleh petugas UTD dan petugas rumah sakit tanpa melibatkan keluarga pasien. Sementara sistem rantai dingin adalah sistem penyimpanan dan distribusi darah dan produk darah dalam suhu dan kondisi yang tepat dari tempat pengambilan donor pendonor sampai darah ditransfusikan ke pasien. Kerjasama dengan UTD lain dilakukan dengan mekanisme “subsidi silang” dan juga transfer antar kota ke daerah Jawa Tengah apabila stok berlebih.

E. Pemusnahan Darah

Pemusnahan darah dilakukan terhadap darah yang tidak mampu memenuhi persyaratan dan standar mutu Palang Merah Indonesia. Pemusnahan dilakukan oleh UTD atau bekerjasama dengan fasilitas pelayanan kesehatan lain yang memiliki sarana pengolahan limbah.

4.1.3 Donor Darah

Tabel 4. 1 Jumlah Donor Sukarela Dan Pengganti

BULAN	Donor Sukarela					Donor Pengganti				
	Pria		Wanita		TOT AL	Pria		Wanita		TOT AL
	Baru	Lama	Baru	Lama		Baru	Lama	Baru	Lama	
Jan	327	2080	53	334	2794	17	126	2	6	151
Feb	672	2126	125	284	3207	21	143	4	8	176
Mar	1208	2240	199	621	4268	10	45	0	3	58
Apr	1040	1015	143	261	2459	10	55	4	2	71
Mei	435	2580	64	182	3261	13	29	2	8	52
Jun	705	1977	203	386	3271	12	97	2	6	117
Jul	437	1924	75	267	71	132	2	5	12	151
Agust	849	2438	156	521	3964	27	92	4	6	129
Sept	511	2950	203	505	4169	33	24	1	3	61
Okt	880	1667	198	372	3117	8	27	1	3	39
Nov	871	1963	310	457	3601	21	34	3	2	60
Des	423	1609	218	169	2419	28	9	2	1	40

Sumber: PMI UTD Kota Yogyakarta, 2015

4.1.4 Pasokan Per Golongan Darah

Tabel 4. 2 Pasokan Per Golongan Darah

Bulan	Donor Darah	A		B		O		AB	
		Rh +	Rh -	Rh +	Rh -	Rh +	Rh -	Rh +	Rh -
Jan	Pengambilan Darah di UTD	544	2	273	0	768	1	159	0
	Pengambilan di Instansi	204	0	255	0	279	0	54	0
Feb	Pengambilan Darah di UTD	378	0	482	0	596	0	117	0
	Pengambilan di Instansi	413	0	522	0	719	0	138	0
Mar	Pengambilan Darah di UTD	236	0	295	2	395	0	68	0
	Pengambilan di Instansi	750	0	958	0	1320	0	265	0
Apr	Pengambilan Darah di UTD	212	0	253	0	301	0	80	0

Bulan	Donor Darah	A		B		O		AB	
		Rh +	Rh -	Rh +	Rh -	Rh +	Rh -	Rh +	Rh -
Mei	Pengambilan di Instansi	398	0	502	0	636	0	130	0
	Pengambilan Darah di UTD	390	0	459	0	551	0	117	0
	Pengambilan di Instansi	449	0	504	0	685	0	140	0
Juni	Pengambilan Darah di UTD	263	7	336	2	426	3	73	0
	Pengambilan di Instansi	542	0	580	0	858	0	264	0
Juli	Pengambilan Darah di UTD	393	0	423	3	495	2	103	0
	Pengambilan di Instansi	384	0	427	0	564	0	111	0
Agustus	Pengambilan Darah di UTD	383	0	555	1	691	4	155	0
	Pengambilan di Instansi	551	0	673	0	867	0	167	0
Sept	Pengambilan Darah di UTD	268	0	318	0	430	3	81	0
	Pengambilan di Instansi	689	0	950	0	1217	0	252	0
Okt	Pengambilan Darah di UTD	334	1	403	0	538	3	111	0
	Pengambilan di Instansi	415	0	539	0	659	0	140	0
Nov	Pengambilan Darah di UTD	336	0	377	0	514	1	74	0
	Pengambilan di Instansi	594	0	669	0	894	0	190	0
Des	Pengambilan Darah di UTD	291	2	314	0	459	3	92	0
	Pengambilan di Instansi	318	0	347	0	542	0	81	0

Sumber: PMI UTD Kota Yogyakarta, 2015

4.1.5 Distribusi Darah

Tabel 4. 3 Distribusi Darah Merah Pekat

BULAN	BDRS		NBDRS		UTD	
	Lokal	Luar Wilayah	Lokal	Luar Wilayah	Lokal	Luar Wilayah
Jan	1571	527	562	4	159	0
Feb	1536	577	714	0	100	0
Mar	2098	21	830	6	50	0
Apr	1392	413	752	1	8	0
Mei	1742	4	929	3	46	0
Juni	1265	15	781	10	488	0
Juli	1190	34	515	8	190	0
Agust	1502	26	830	6	61	0
Sept	1344	8	852	11	6	292
Okt	1341	67	529	3	584	0
Nov	1446	2	751	5	5	400
Des	1569	10	514	2	4	392

Sumber: PMI UTD Kota Yogyakarta, 2015

4.1.6 Sisa Persediaan

Tabel 4. 4 Sisa Persediaan

	2011	2012	2013	2014	2015
Jan	164	142	29	63	51
Feb	160	189	247	105	208
Mar	127	373	463	468	1092
Apr	206	370	388	729	309
Mei	237	443	337	469	415
Jun	34	265	530	493	474
Jul	362	224	371	31	33
Agust	33	92	63	424	257
Sept	140	354	498	721	1389
Okt	140	73	1327	378	287
Nov	374	33	894	63	342
Des	72	97	520	309	94

Sumber: PMI UTD Kota Yogyakarta, 2015

4.1.7 Darah Rusak

Tabel 4. 5 Darah Rusak

Bulan	2011	2012	2013	2014	2015
Jan	0	0	0	15	33
Feb	5	0	0	1	8
Mar	13	93	0	4	69
Apr	28	81	0	24	474
Mei	1	63	208	328	223
Jun	61	0	0	146	354
Jul	51	0	4	94	477
Agust	0	0	59	69	9
Sept	0	0	0	269	120
Okt	0	0	0	26	293
Nov	0	0	95	41	81
Des	79	0	90	22	193

Sumber: PMI UTD Kota Jogjakarta, 2015

4.2 Pengolahan Data

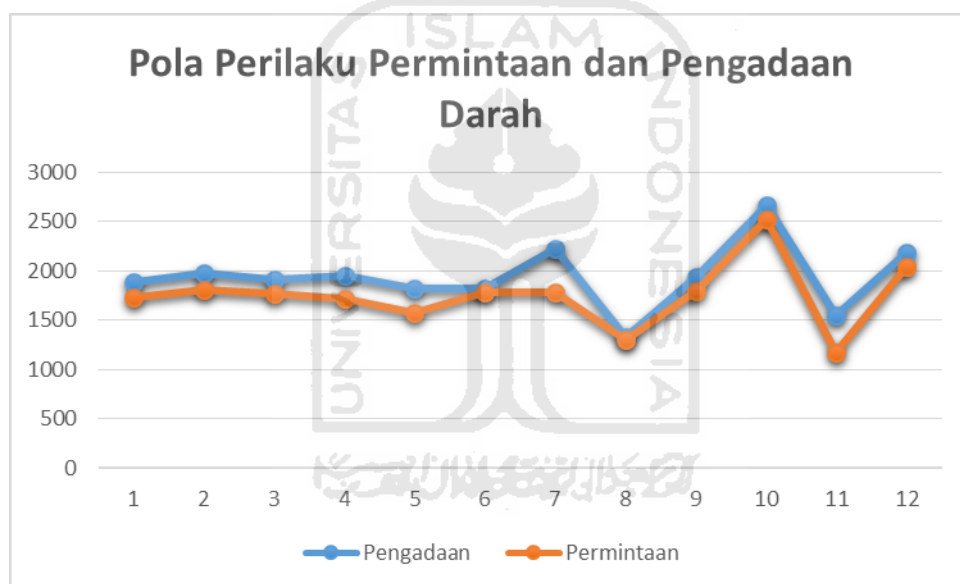
4.2.1 Identifikasi Masalah dan Mendefinisikan Tujuan

Peristiwa *stockout* dan *overstok* yang dialami oleh PMI Kota Jogjakarta disebabkan karena jumlah permintaan darah yang stokastik ditambah lagi dengan perilaku dinamis para pendonor darah. Berdasarkan permasalahan yang telah dijelaskan pada bab sebelumnya, persediaan darah bersifat dinamis dikarenakan perubahan jumlah pendonor yang selalu berubah. Hal ini dikarenakan beberapa faktor yaitu donor sukarela tetap dan baru yang tidak selalu konsisten dalam mendonorkan darah untuk periode selanjutnya. Kejadian-kejadian lain yang membuat persediaan darah menjadi lebih sedikit adalah pada saat bulan puasa dan lebaran.

PMI Kota Jogjakarta kemudian mengadakan kegiatan donor darah ditempat yang ramai dikunjungi masyarakat untuk mem-backup kebutuhan darah. Namun karena masa hidup darah yang singkat, jumlah darah yang banyak terkumpul kadang tidak tersalurkan dengan baik sehingga terjadi penumpukan dan darah tersebut menjadi tidak bisa lagi digunakan (kadaluarsa). Untuk lebih jelasnya pada sub bab berikutnya akan dijelaskan tentang hipotesa dinamis dari sistem dalam bentuk Causal Loop Diagram (CLD).

Selain dikarenakan faktor pengadaan darah yang sulit dijaga kestabilannya, faktor lain yang berkontribusi dalam dinamisasi persediaan darah adalah jumlah permintaan darah yang bersifat stokastik. Hal ini dikarenakan perubahan lingkungan misalnya terjadi endemi penyakit seperti demam berdarah. Selain itu, *lead time* pengiriman informasi kebutuhan darah di UTD lain menyebabkan ketidakstabilan level persediaan darah yang ada di PMI Kota Yogyakarta.

Berikut adalah grafik yang menunjukkan perilaku dinamis antara pengadaan darah dan permintaan darah yang ada di PMI Kota Jogjakarta. Sel darah merah pekat adalah objek utama yang diteliti oleh penulis.



Gambar 4. 3 Plot Data Persediaan dan Permintaan Darah

Berdasarkan masalah yang telah dijelaskan sebelumnya tujuan dari pemodelan system dynamics adalah untuk menganalisis persediaan darah pada PMI Kota Yogyakarta untuk meminimalisasi jumlah *stockout* dan *overstock* bulanan akibat perilaku dinamis pengadaan dan permintaan darah.

4.2.2 Membuat peramalan (*forecasting*)

Kebutuhan dan pasokan darah bersifat sangat dinamis. Estimasi kebutuhan dan pasokan darah akan memberikan pengaruh yang sangat besar terhadap keputusan manajemen PMI

UTD Kota Yogyakarta sehingga peramalan menjadi suatu yang sangat penting untuk dilakukan. Peramalan terhadap kebutuhan dan pasokan darah di PMI UTD Kota Yogyakarta dilakukan menggunakan metode Autoregressive Integrated Moving Average (ARIMA) Box- Jenkins dengan software *E-Views 6*. Tujuan pembuatan model forecasting dengan ARIMA ini adalah untuk menentukan hubungan statistik yang baik antar variabel yang diramal dengan nilai historis variabel tersebut. ARIMA menggunakan nilai masa lalu dan sekarang dari variabel dependent untuk menghasilkan peramalan jangka pendek yang akurat (Makridakis, Steven C., & Victor E. , 1999)

4.2.2.1 Data Peramalan ARIMA

Peramalan dilakukan terhadap kebutuhan dan pasokan darah di PMI UTD Kota Yogyakarta.



Tabel 4. 6 Data Pasokan Darah Di PMI UTD Kota Yogyakarta

TAHUN	BULAN	DATA	TAHUN	BULAN	DATA
2011	Januari	1892	2014	Januari	2559
	Februari	1976		Februari	2544
	Maret	1912		Maret	3441
	April	1949		April	1331
	Mei	1819		Mei	3179
	Juni	4166		Juni	3201
	Juli	2226		Juli	2432
	Agustus	1331		Agustus	3580
	September	1937		September	3792
	Oktober	2664		Oktober	3781
	November	1548		November	3090
	Desember	2190		Desember	3761
2012	Januari	1870	2015	Januari	2907
	Februari	2290		Februari	3143
	Maret	2653		Maret	4166
	April	2617		April	3349
	Mei	2499		Mei	3362
	Juni	2369		Juni	3387
	Juli	2185		Juli	2447
	Agustus	2369		Agustus	2691
	September	2687		September	4022
	Oktober	2163		Oktober	3104
	November	2227		November	3032
	Desember	2415		Desember	2778
2013	Januari	2046			
	Februari	2397			
	Maret	3437			
	April	2816			
	Mei	2809			
	Juni	3196			
	Juli	2876			
	Agustus	2385			
	September	2912			
	Oktober	3112			
	November	3255			
	Desember	3007			

Sumber: PMI UTD Kota Jogjakarta, 2015

Tabel 4. 7 Data Permintaan Darah Di PMI UTD Kota Yogyakarta

TAHUN	BULAN	DATA	TAHUN	BULAN	DATA
-------	-------	------	-------	-------	------

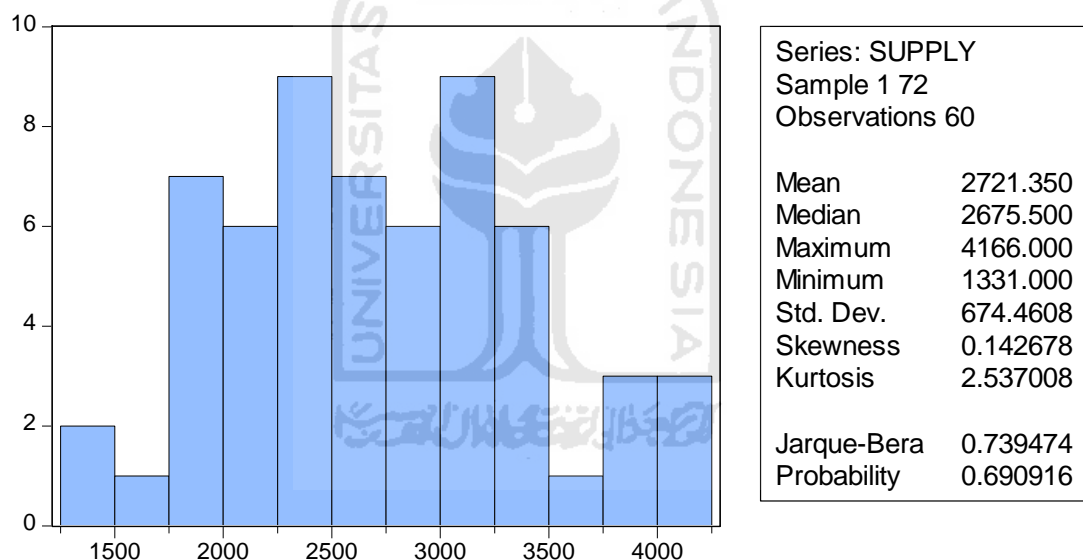
2011	Januari	1728	2014	Januari	2481
	Februari	1811		Februari	2438
	Maret	1772		Maret	2969
	April	3430		April	2290
	Mei	1581		Mei	2382
	Juni	1784		Juni	2562
	Juli	1779		Juli	2307
	Agustus	1298		Agustus	3087
	September	1797		September	2802
	Oktober	2524		Oktober	3377
	November	1174		November	2986
	Desember	2039		Desember	3430
2012	Januari	1728	2015	Januari	2823
	Februari	2101		Februari	2927
	Maret	2187		Maret	3005
	April	2166		April	2566
	Mei	1993		Mei	2724
	Juni	2104		Juni	2559
	Juli	1961		Juli	1937
	Agustus	2277		Agustus	2425
	September	2333		September	2513
	Oktober	2090		Oktober	2524
	November	2194		November	2609
	Desember	2318		Desember	2491
2013	Januari	2017			
	Februari	2150			
	Maret	2974			
	April	2428			
	Mei	2264			
	Juni	2666			
	Juli	2501			
	Agustus	1774			
	September	2414			
	Oktober	1785			
	November	2266			
	Desember	2397			

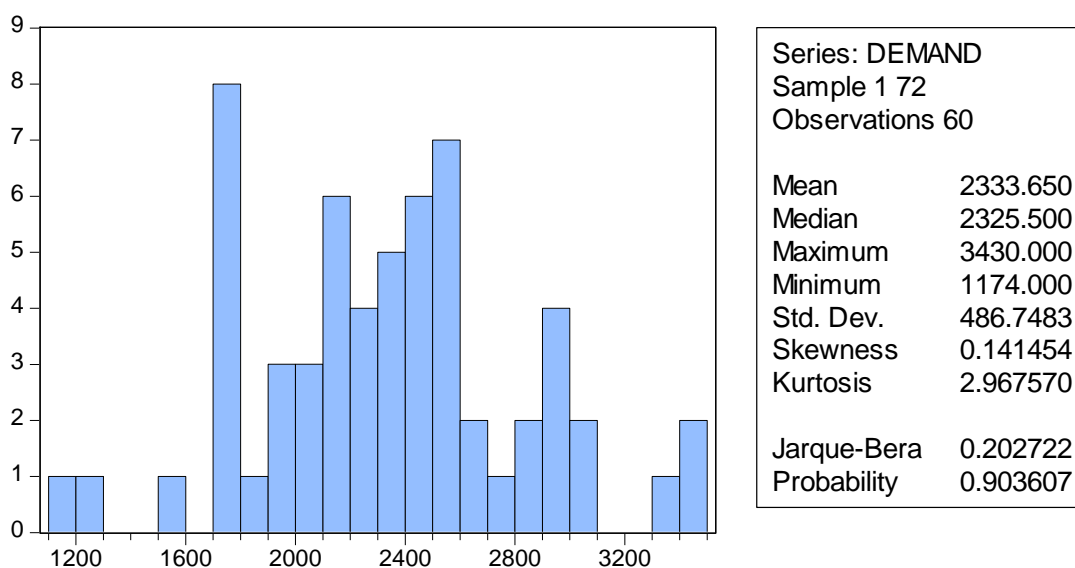
Sumber: PMI UTD Kota Jogjakarta, 2015

4.2.2.2 Identifikasi

Model ARIMA hanya berkenan dengan deret berskala stasioner. Stasioner berarti tidak terdapat pertumbuhan atau penurunan pada data. Data secara kasarnya harus horizontal sepanjang sumbu waktu. Hal ini berarti fluktuasi data berada di sekitar suatu nilai rata-rata yang konstan, tidak tergantung pada waktu dan varians dari fluktuasi tersebut pada pokoknya tetap konstan setiap waktu.

Suatu deret waktu yang stasioner harus diubah menjadi data stasioner dengan melakukan *differencing*. *Differencing* adalah menghitung perubahan atau selisih nilai observasi. Nilai selisih yang diperoleh dicek lagi apakah stasioner atau tidak. Jika belum maka dilakukan *differencing* lagi (Makridakis, Steven C., & Victor E. , 1999).





Gambar 4. 4 Hasil Uji Stasioner

i. Hipotesis

H_0 : Residual berdistribusi normal

H_1 : Residual tidak berdistribusi normal

ii. Tingkat Signifikansi ($\alpha = 0.05$)

iii. Daerah Kritis

H_0 ditolak jika $p\text{-value} < \alpha$

iv. Statistik Uji

$\alpha = 0.05$

$p\text{-value (sig)} = 0.690916$ (supply) ;

v. Keputusan

Karena $p\text{-value (sig)} > \alpha$ maka keputusannya adalah H_0 ditolak.

vi. Kesimpulan

Dengan tingkat signifikansi 95% maka dapat disimpulkan bahwa residual berdistribusi normal.

Dari hasil uji hipotesis tersebut diketahui residual menyebar normal, oleh karena itu data tidak perlu di transformasi. Oleh karena data telah mengikuti distribusi normal maka disimpulkan bahwa data stasioner dalam varians. Setelah melakukan uji normalitas, kemudian dilakukan pengujian terhadap mean apakah stasioner atau tidak. Uji yang digunakan adalah uji ADF.

	t-Statistic	Prob.*
Augmented Dickey-Fuller test statistic	-2.459476	0.1307
Test critical values:		
1% level	-3.550396	
5% level	-2.913549	
10% level	-2.594521	

*Mackinnon (1996) one-sided p-values.

	t-Statistic	Prob.*
Augmented Dickey-Fuller test statistic	-2.920819	0.0491
Test critical values:		
1% level	-3.548208	
5% level	-2.912631	
10% level	-2.594027	

*Mackinnon (1996) one-sided p-values.

Gambar 4. 5 Stasioner Dalam Mean

- i. Hipotesis
 - H_0 : Data mengandung unit root (tidak stasioner dalam mean)
 - H_1 : Data tidak mengandung unit root (stasioner dalam mean)
- ii. Daerah Kritis
 - H_0 ditolak jika nilai ADF test < Nilai Kritis
- iii. Statistik Uji
 - ADF test = -2.459476 (pasokan) ; -2,920819 (permintaan)
 - Nilai Kritis = -2.913549 (pasokan) ; -2,912631 (permintaan)
- iv. Keputusan
 - Karena ADF test > Nilai kritis maka keputusannya adalah H_0 gagal ditolak.
- v. Kesimpulan
 - Dengan tingkat signifikansi 95% maka dapat disimpulkan bahwa data mengandung unit root atau data tidak stasioner untuk *supply*. Data mengandung tidak unit root atau data stasioner untuk permintaan.

Dengan melihat hasil uji hipotesis untuk membuktikan apakah data tersebut sudah stasioner terhadap *mean* atau tidak, ternyata data tersebut tidak stasioner terhadap *mean*. Oleh karena itu, data tersebut harus di-*differencing*

	t-Statistic	Prob.*
Augmented Dickey-Fuller test statistic	-10.70070	0.0000
Test critical values:		
1% level	-3.550396	
5% level	-2.913549	
10% level	-2.594521	

*Mackinnon (1996) one-sided p-values.

Gambar 4. 6 Stasioner Dalam Mean

- i. Hipotesis
 - H_0 : Data mengandung unit root (tidak stasioner dalam mean)
 - H_1 : Data tidak mengandung unit root (stasioner dalam mean)
- ii. Daerah Kritis
 - H_0 ditolak jika nilai ADF test < Nilai Kritis
- iii. Statistik Uji
 - ADF test = -10.70070
 - Nilai Kritis = -2.913549
- iv. Keputusan
 - Karena ADF test < Nilai kritis maka keputusannya adalah H_0 ditolak.
- v. Kesimpulan
 - Dengan tingkat signifikansi 95% maka dapat disimpulkan bahwa data mengandung tidak unit root atau data stasioner.

4.2.2.3 Tahap Penaksiran dan Pengujian

Estimasi model sementara dilakukan dengan cara melihat hasil *correlogram* pada data yang sudah stasioner tersebut

Autocorrelation	Partial Correlation	AC	PAC	Q-Stat	Prob	
		1	-0.438	-0.438	11.888	0.001
		2	-0.206	-0.492	14.577	0.001
		3	0.243	-0.175	18.383	0.000
		4	-0.041	-0.105	18.493	0.001
		5	-0.184	-0.256	20.752	0.001
		6	0.213	-0.057	23.843	0.001
		7	-0.042	-0.060	23.967	0.001
		8	-0.135	-0.129	25.259	0.001
		9	0.176	0.018	27.497	0.001
		10	-0.094	-0.097	28.143	0.002
		11	-0.066	-0.108	28.466	0.003
		12	0.191	0.063	31.252	0.002
		13	-0.139	-0.062	32.773	0.002
		14	-0.083	-0.127	33.321	0.003
		15	0.239	0.050	38.005	0.001
		16	-0.152	-0.052	39.945	0.001
		17	-0.063	-0.041	40.282	0.001
		18	0.236	0.125	45.160	0.000
		19	-0.201	-0.051	48.810	0.000
		20	-0.042	-0.038	48.969	0.000
		21	0.201	0.018	52.812	0.000
		22	-0.149	-0.082	54.978	0.000
		23	-0.021	-0.009	55.021	0.000
		24	0.164	0.016	57.791	0.000

Autocorrelation	Partial Correlation	AC	PAC	Q-Stat	Prob	
		1	0.389	0.389	9.5458	0.002
		2	0.460	0.363	23.093	0.000
		3	0.428	0.234	35.043	0.000
		4	0.317	0.023	41.724	0.000
		5	0.305	0.018	48.000	0.000
		6	0.454	0.288	62.196	0.000
		7	0.178	-0.159	64.411	0.000
		8	0.253	-0.054	68.985	0.000
		9	0.219	0.005	72.495	0.000
		10	0.190	0.065	75.184	0.000
		11	0.184	0.002	77.754	0.000
		12	0.154	-0.108	79.584	0.000
		13	0.054	-0.050	79.812	0.000
		14	0.044	-0.077	79.966	0.000
		15	0.067	0.046	80.338	0.000
		16	-0.030	-0.113	80.413	0.000
		17	0.090	0.125	81.109	0.000
		18	0.039	0.067	81.241	0.000
		19	-0.035	-0.078	81.352	0.000
		20	0.024	0.017	81.405	0.000
		21	0.065	0.100	81.805	0.000
		22	-0.108	-0.122	82.943	0.000
		23	0.095	0.063	83.857	0.000
		24	-0.025	0.001	83.920	0.000
		25	-0.123	-0.148	85.529	0.000
		26	-0.051	-0.075	85.812	0.000
		27	-0.050	0.016	86.093	0.000
		28	-0.212	-0.140	91.314	0.000

Gambar 4. 7 Grafik Correlogram Pasokan dan Permintaan

Grafik *correlogram* adalah grafik yang digunakan untuk mengetahui model ARMA pada suatu data tersebut. Berdasarkan gambar tersebut pada *autocorrelation* merupakan model MA sedangkan pada *partial correlation* merupakan model AR. Sehingga didapatkan pada grafik pasokan tersebut adalah AR (2) dan MA (3). Hal ini dilihat dari garis yang keluar dari garis putus- putus adalah lag ke 18 pada ACF dan 5 pada PACF. Sehingga didapatkan modelnya adalah ARIMA (2,1,3).

Sementara pada grafik permintaan pada AR (3) dan MA (4) hal dilihat dari garis yang keluar dari garis putus- putus adalah lag 8 pada ACF dan 6 pada PACF. Sehingga didapatkan modelnya adalah ARMA (3,0,4).

Namun tidak hanya sampai disitu, pemodelan ARIMA bisa dikembangkan lagi melalui *overfitting* untuk diuji yang terbaik. Selama periode awal yang pertama tetap 4 dan pemodelan tidak melebihi pemodelan awal AR dan MA.

- i. Hipotesis
 - H_0 : Model tidak signifikan
 - H_1 : Model signifikan
- ii. Daerah Kritis
 - H_0 ditolak jika nilai p-value < alpha
- iii. Statistik Uji

Tabel 4. 8 Hasil Statistik Uji Model

Model				AR(1)	AR(2)	MA(1)	MA(2)	MA(3)
ARIMA	2	1	3	v	v	v	v	V
ARIMA	2	1	2	x	x	x	x	-
ARIMA	2	1	1	x	x	v	-	-
ARIMA	2	1	0	v	v	-	-	-
ARIMA	1	1	3	v	-	x	v	X
ARIMA	1	1	2	v	-	x	v	-
ARIMA	1	1	1	x	-	v	-	-
ARIMA	1	1	0	v	-	-	-	-
ARIMA	0	1	3	-	-	v	x	X
ARIMA	0	1	2	-	-	v	x	-
ARIMA	0	1	1	-	-	v	-	-

iv. Kesimpulan

Berdasarkan pengujian tersebut diketahui 4 model yang signifikan untuk pasokan, yaitu model ARIMA (2,1,3), ARIMA (2,1,0), ARIMA (1,1,0) dan ARIMA (0,1,1). Sementara untuk permintaan didapatkan model ARMA (3,0,3), ARMA (2,0,0), ARMA (1,0,3) dan ARMA (1,0,1)

4.2.2.4 Pemeriksaan Diagnostik

Setelah didapatkan model- model ARIMA yang sesuai kemudian kita harus menentukan model yang signifikan dan terbaik dengan melakukan uji autokorelasi, heteroskedasitas dan normalitas residu.

Tabel 4. 9 Hasil Diagnostic Check

Model				No autokorelasi	No-heteroskedasitas	R- Square
ARIMA	2	1	3	V	v	0.5758
ARIMA	2	1	0	V	v	0.3870
ARIMA	1	1	0	X	x	0.1911
ARIMA	0	1	1	V	v	0.4288

Model				No autokorelasi	No-heteroskedasitas	R- Square
ARIMA	3	0	3	V	v	0.4459
ARIMA	2	0	0	X	v	0.1535
ARIMA	1	0	3	X	x	0.3639
ARIMA	1	0	1	X	v	0.3020

Berdasarkan tabel diatas diketahui bahwa asumsi *diagnostic* yang terpenuhi untuk model ARIMA (2,1,3), ARIMA (2,1,0) dan ARIMA (0,1,1). Oleh karena itu kemudian dilihat berdasarkan nilai AIC, SC dan SSR ter diketahui bahwa model terbaik untuk supply adalah ARIMA (2,1,3). Sementara untuk permintaan digunakan ARIMA (3,0,3).

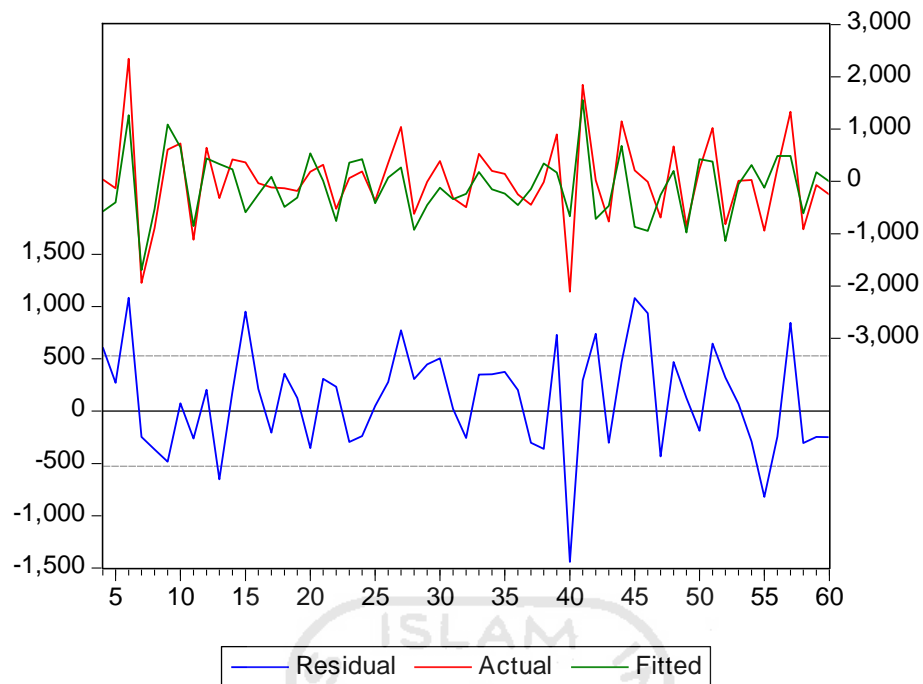
4.2.2.5 Hasil Peramalan

Berdasarkan model ARIMA (2,1,3) maka didapatkan hasil peramalan untuk satu tahun kedepan yaitu periode 61 sampai 72 adalah sebagai berikut

SUPPLYF			
56	2691.000		
57	4022.000		
58	3104.000		
59	3032.000		
60	2778.000		
61	3146.874		
62	3242.713		
63	3102.787		
64	3083.471		
65	3207.809		
66	3170.370		
67	3083.359		
68	3151.814		
69	3194.537		
70	3119.403		
71	3116.277		
72	3179.926		

56	2896.325
57	2885.188
58	2878.660
59	2871.906
60	2869.711
61	2859.206
62	2871.419
63	2883.633
64	2895.846
65	2908.060
66	2920.273
67	2932.487
68	2944.700
69	2956.914
70	2969.127
71	2981.341
72	2993.554

Gambar 4. 8 Hasil Forecasting



Gambar 4. 9 Perbandingan Hasil Forecasting Dengan Data Input

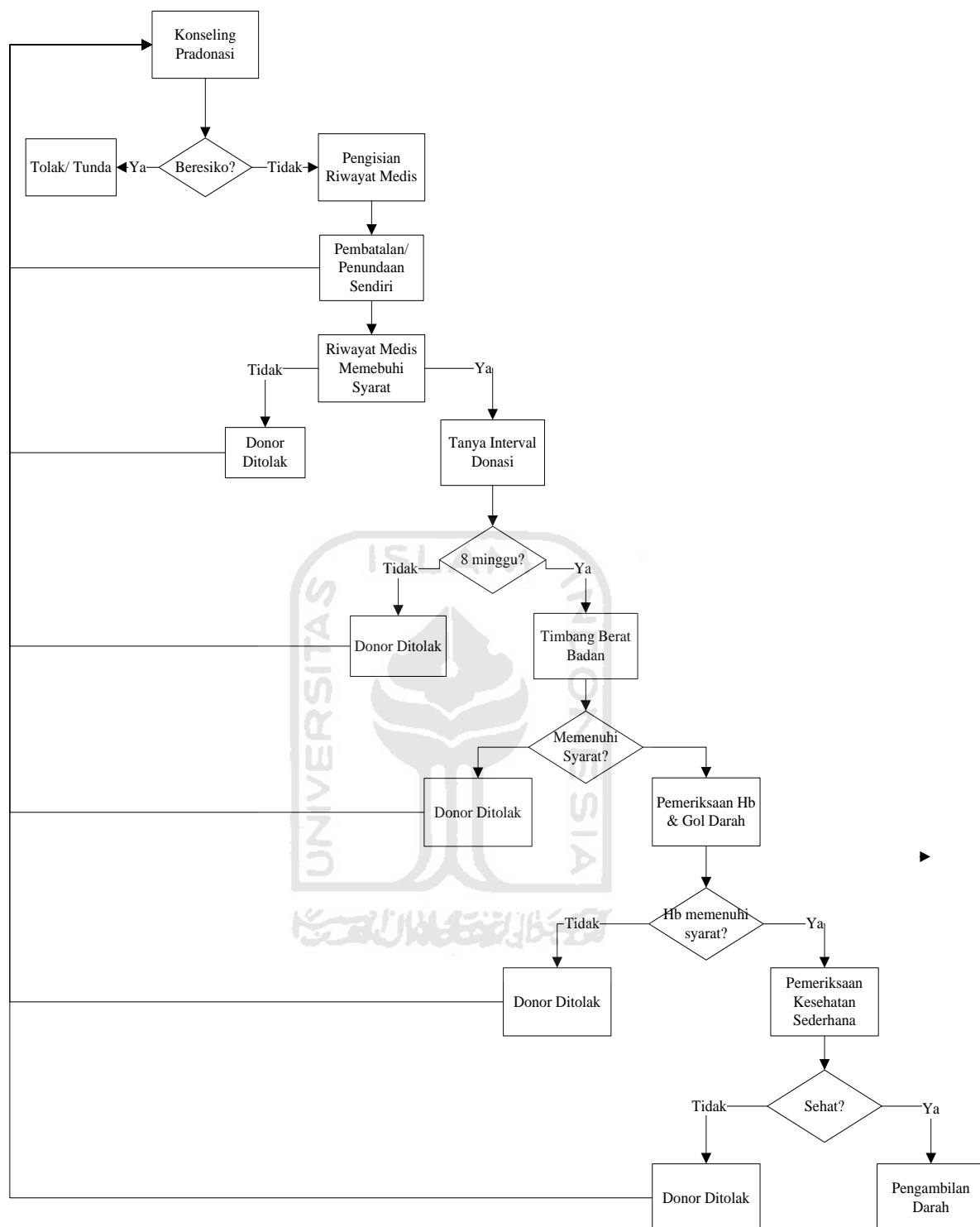
4.2.3 Membuat hipotesis dinamis dan model konseptual

Dalam menjabarkan hipotesis dinamis pada suatu sistem maka sistem akan dibagi menjadi dua subsistem yaitu sub sistem pengadaan darah (donor) dan sub sistem persediaan darah.

4.2.3.1 Pengadaan Darah

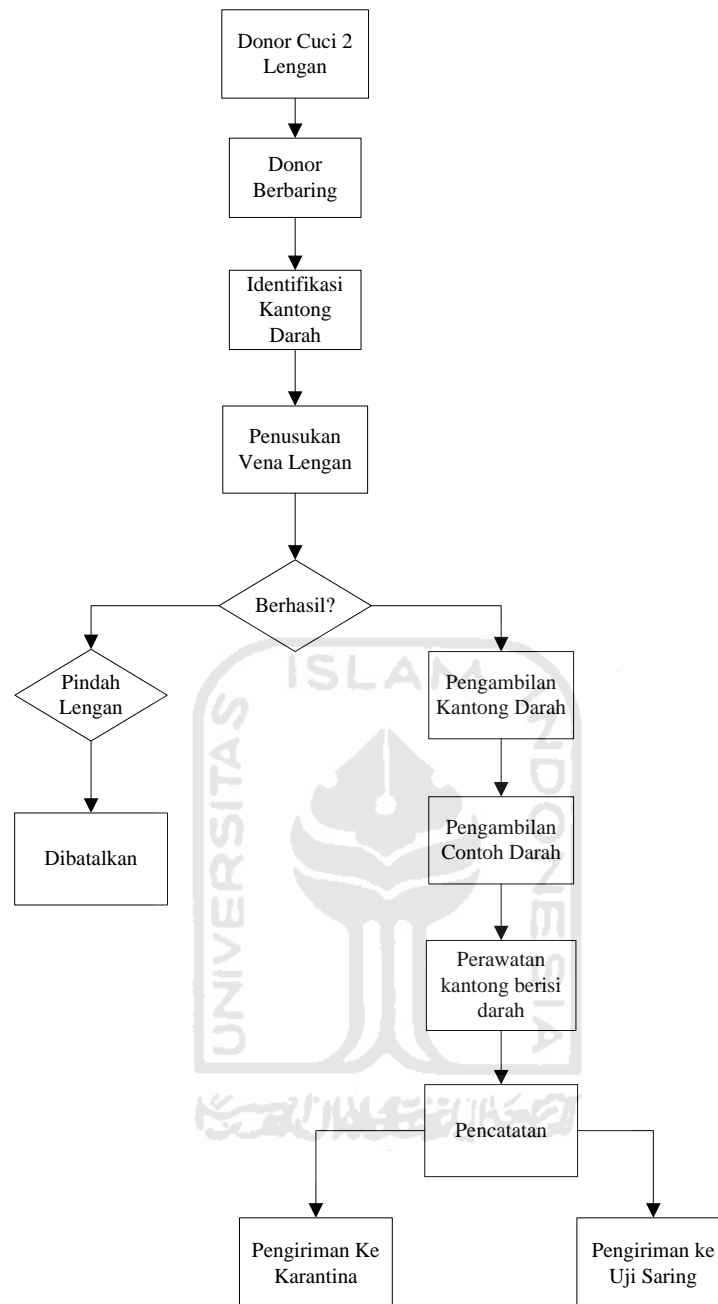
Pengadaan atau penyediaan darah adalah rangkaian pengambilan dan pelabelan darah pendonor, pencegahan penularan penyakit, pengolahan darah dan penyimpanan darah pendonor.

Proses pengambilan darah dari donor dapat dijelaskan sebagai berikut:



Gambar 4. 10 Bagan Alur Seleksi Donor

Sumber: PMI UTD Kota Yogyakarta, 2015



Gambar 4. 11 **Bagan Alur Pengambilan Darah**

Sumber: PMI UTD Kota Yogyakarta, 2015

4.2.3.2 Persediaan Darah

Sumber ketidakpastian dalam ketersediaan darah adalah permintaan darah yang bersifat stokastik untuk variasi produk darah yang tersedia di inventori dalam jumlah yang terbatas. Demand produk darah pasti akan meningkat seiring dengan pertambahan laju

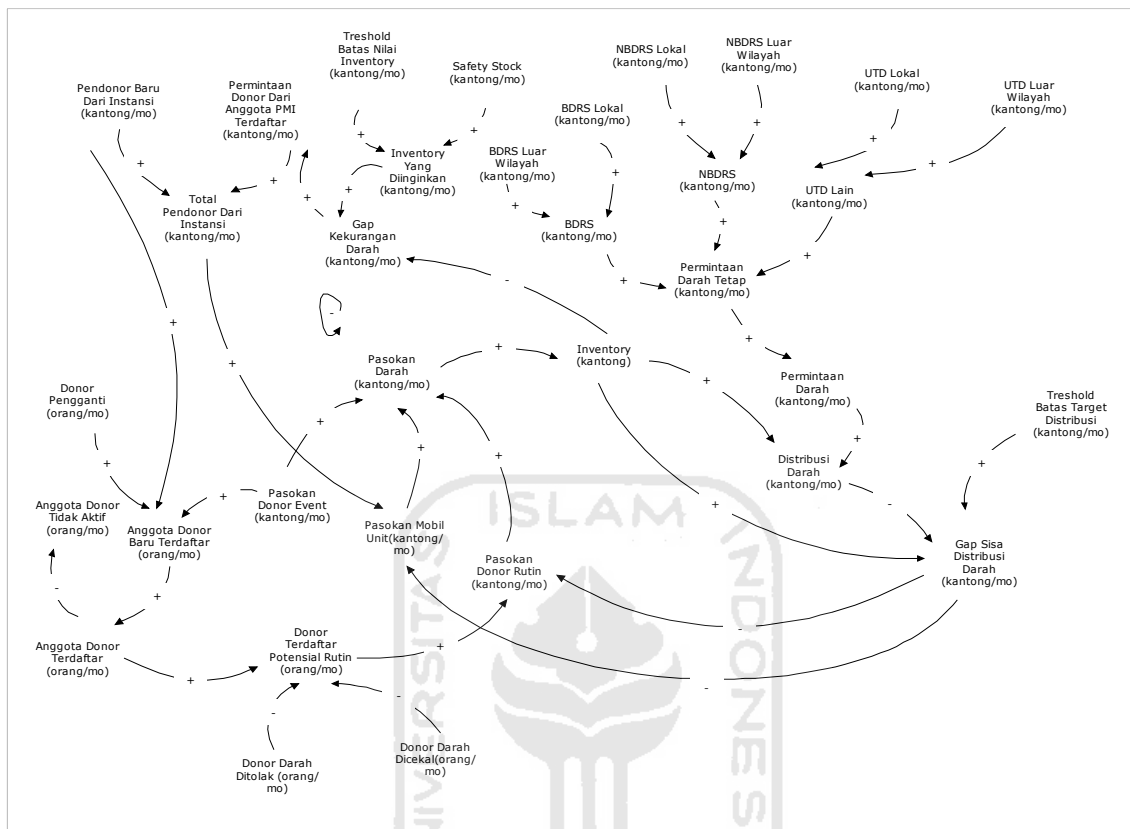
pertumbuhan penduduk, namun jumlah pendonor potensial tidak dapat diprediksi. Permintaan darah yang tinggi terjadi ketika terjadi wabah penyakit tertentu seperti demam berdarah. Permintaan darah juga akan meningkat ketika musim hujan dan menjelang hari raya dimana angka kecelakaan akan meningkat (Akhdemila,2009).

Pasokan darah yang masuk ke persediaan PMI Kota Yogyakarta sangat ditentukan oleh jumlah pendonor dimana tidak adanya supply dari UTD lain. PMI UTD Yogyakarta memiliki jumlah pendonor yang berbanding lurus dengan usaha PMI sendiri dalam mencari pendonor. Usaha- usaha yang dilakukan melalui penyuluhan secara langsung maupun tidak langsung. Penyuluhan secara langsung dilakukan dengan cara pengadaan donor di tempat- tempat umum baik melalui perseorangan maupun kolektif. Penyuluhan secara tidak langsung dilakukan melalui media tertentu seperti media massa, call center dan website.

Peramalan yang akurat dalam mengidentifikasi jumlah permintaan dan pasokan darah dimasa depan harus segera ditemukan. Ditambah lagi belum adanya kebijakan mengenai manajemen dan perencanaan persediaan membuat persediaan darah terancam mengalami *outstock* ataupun *overstok*. Oleh karena itu, untuk meningkatkan pelayanan terhadap masyarakat khususnya bagi orang yang membutuhkan darah, diperlukan pembenahan didalam sistem persediaan manajemen PMI Kota Yogyakarta.

Dalam mendistribusikan darah ke pihak- pihak terkait, PMI Kota Yogyakarta harus mempertimbangkan persediaan darah untuk menghindari overstock pada periode selanjutnya karena akan menimbulkan biaya-biaya yang merugikan. Belum adanya pertimbangan khusus yang dimiliki oleh PMI dalam mendistribusikan jumlah darah membuat deviasi persediaan darah PMI menjadi cukup tinggi. Permintaan dan persediaan darah yang terkadang terdapat gap dimana trend tidak berbanding lurus dengan tren permintaan darah. Persediaan darah yang tinggi tidak diikuti dengan permintaan darah yang tinggi menyebabkan *overstok* sementara permintaan yang tinggi tidak diikuti dengan pengadaan kegiatan donor menyebabkan persediaan darah mengalami kekurangan (*outstock*).

Berdasarkan uraian diatas, dapat digambarkan hipotesa dinamis sistem persediaan darah dalam bentuk *causal loop diagram* (CLD) adalah sebagai berikut:



Gambar 4. 12 Causal Loop Diagram (CLD) Persediaan Darah

Sumber: PMI UTD Kota Yogyakarta, 2015

Keterangan:

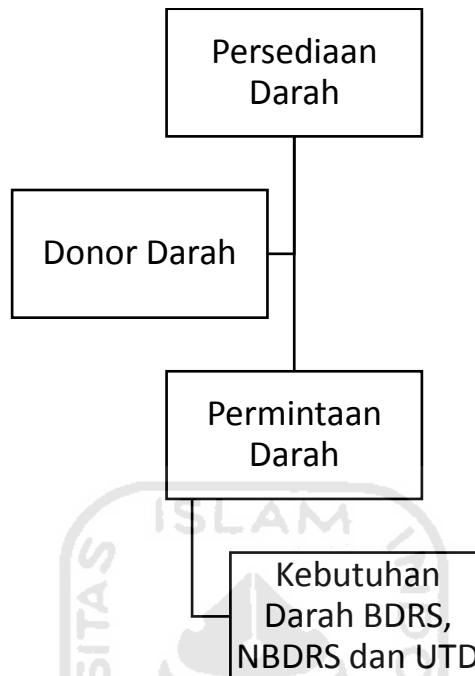
- + : Hubungan dua variabel yang berbanding lurus
- : Hubungan dua variabel yang berbanding terbalik
- Garis tebal : Garis yang menggambarkan *loop*

4.2.4 Membangun Model Formal

4.2.4.1 Diagram Sub Sistem

Diagram sub sistem adalah diagram yang menjelaskan pembagian sistem yang akan dimodelkan menjadi beberapa sub model yaitu sub model pendonor darah, sub model

kebutuhan darah dan sub model persediaan darah. Berikut diagram yang menggambarkan hubungan dari setiap sub model tersebut



Gambar 4. 13 **Diagram Sub Sistem Model Persediaan Darah di PMI UTD Kota Yogyakarta**

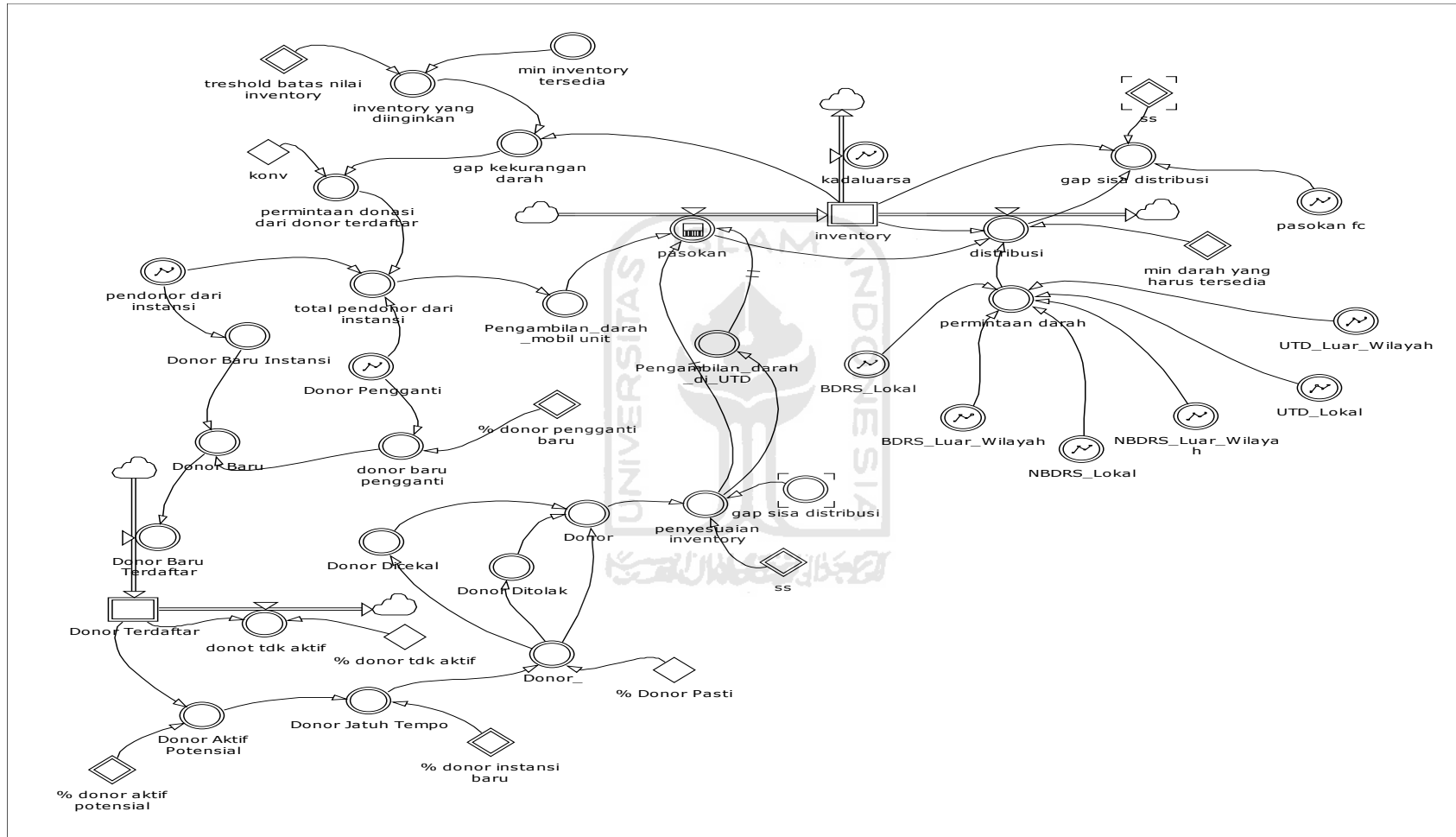
4.2.4.2 Model Boundary Diagram (MBD)

Model boundary diagram merupakan diagram yang menjelaskan *scope* dari model yang dibangun. *Model boundary diagram* mengklasifikasikan variabel- variabel yang terlibat dalam sistem kedalam beberapa kategori *endogenous*, *exogenous*, *exclude*. Berikut *boundary diagram model* yang akan dibangun.

Tabel 4. 10 Model boundary diagram

Endogenous	Exogenous
Pelaksanaan Donor	Donor Sukarela Lama Pria
Donor Baru	Donor Sukarela Lama Wanita
Donor PMI	Donor Sukarela Baru Pria
Donor yang ditolak	Donor Sukarela Baru Wanita
Donor tidak aktif	Donor Pengganti Lama Pria
%Pertumbuhan Donor Aktif	Donor Pengganti Lama Wanita
Koefisien Forecast	Donor Pengganti Baru Pria
Pasokan Darah	Donor Pengganti Baru Wanita
Pengendalian Donor	Kapasitas Maksimal
Inventory Darah	% Donor Tidak Aktif
Distribusi Darah	Donor Dicekal
Pengambilan Darah Di Instansi	Donor Gagal
Pengambilan Darah Di UTD	Donor Pengganti
Permintaan Darah	Pendonor Dari Instansi
Penyesuaian Inventory	Minimal Inventory Tersedia
Donor Aktif Potensial	Treshold Batas Target Distribusi
Donor Terdaftar	
Permintaan Donasi Dari Donor Terdaftar	
Gap Kekurangan Darah	
Inventory Yang Diinginkan	
Gap Sisa Distribusi	

4.2.4.3 Model Persediaan Darah



Gambar 4. 14 Flow Diagram Inventory Darah

Keterangan:

Variabel yang memiliki garis dua lapis merupakan variabel yang memuat nilai lebih dari satu. Nilai- nilai tersebut adalah darah golongan A, B, O dan AB. Berikut adalah informasi yang terkandung dalam setiap variabel dalam flow diagram inventory darah.

1. Pasokan darah

Pasokan darah adalah variabel yang menunjukkan jumlah darah yang terkumpul dari kegiatan donasi yang dilakukan melalui pengambilan darah di instansi dan pengambilan darah di UTD. Adapun fungsi matematisnya adalah sebagai berikut:

```
{
('Pengambilan_darah_mobil
unit'[A]*I<<kantong/orang>>)+DELAYPPL(((penyesuaian
inventory'[A]*80%*I<<kantong/orang>>)+Pengambilan_darah_di_UTD[A]*
I<<kantong/orang>>);0<<mo>>;289<<kantong/mo>>);
('Pengambilan_darah_mobil
unit'[B]*I<<kantong/orang>>)+DELAYPPL(((penyesuaian
inventory'[A]*80%*I<<kantong/orang>>)+Pengambilan_darah_di_UTD[B]*
I<<kantong/orang>>);0<<mo>>;338<<kantong/mo>>);
('Pengambilan_darah_mobil
unit'[O]*I<<kantong/orang>>)+(DELAYPPL(((penyesuaian
inventory'[A]*80%*I<<kantong/orang>>)+Pengambilan_darah_di_UTD[O]*
I<<kantong/orang>>);0<<mo>>;457<<kantong/mo>>));
('Pengambilan_darah_mobil
unit'[AB]*I<<kantong/orang>>)+(DELAYPPL(((penyesuaian
inventory'[A]*80%*I<<kantong/orang>>)+Pengambilan_darah_di_UTD[AB]
*I<<kantong/orang>>);0<<mo>>;93<<kantong/mo>>))
}
```

2. Inventory darah

Inventory darah adalah stok darah yang digunakan untuk mempermudah proses distribusi untuk memenuhi permintaan darah. Inventory darah selalu dijaga ketersediaan stoknya yang digunakan untuk mengantisipasi kebutuhan darah darurat dari pasien. Data *input* yang digunakan adalah data kondisi inisial stok yang tersedia di bulan januari 2015.

```

{
12<<kantong>>;
14<<kantong>>;
19<<kantong>>;
4<<kantong>>
}

```

3. Distribusi darah

Distribusi darah dilakukan PMI UTD Kota Jogjakarta ke berbagai pihak baik mitra maupun permintaan secara langsung yang meliputi distribusi ke bank darah rumah sakit, non bank darah rumah sakit dan unit transfusi darah lain baik lokal maupun luar wilayah. Fungsi matematis yang digunakan adalah

IF(inventory+pasokan-'permintaan darah'>'min darah yang harus tersedia';'permintaan darah';inventory+pasokan-'min darah yang harus tersedia')

4. Minimum inventory tersedia

Minimum inventory tersedia adalah batas minimum jumlah darah yang harus distok untuk semua jenis golongan darah.

```

{
MAX (100<<kantong/mo>>;125<<kantong/mo>>);
MAX (100<<kantong/mo>>;125<<kantong/mo>>);
MAX (125<<kantong/mo>>;150<<kantong/mo>>);
MAX (25<<kantong/mo>>;100<<kantong/mo>>)
}

```

5. Treshold batas nilai inventory

Theshold batas nilai inventory adalah nilai ambang batas inventory tersedia yang harus dipenuhi oleh PMI UTD Kota Yogyakarta untuk memenuhi perannya sebagai penyangga stok darah di Kota Yogyakarta. Nilai batas treshold juga digunakan untuk menunjukkan berapa jumlah pasokan darah yang harus didapatkan untuk setiap jenis golongan darah.

25 <<kantong/mo>>

6. Inventory yang diinginkan

Inventory yang diinginkan adalah jumlah inventory yang diinginkan untuk tersedia di PMI UTD Kota Yogyakarta.

'min inventory tersedia'+ 'treshold batas nilai inventory'

7. Gap kekurangan darah

ABS(IF(inventory<'inventory yang diinginkan';inventory-'inventory yang diinginkan';0<<kantong/mo>>))

8. Permintaan donasi dari darah terdaftar

Permintaan donasi dari donor terdaftar bermaksud sebagai penentuan berapa jumlah darah yang harus dikumpulkan oleh petugas PMI UTD Kota Yogyakarta.

*'gap kekurangan darah'*konv*

9. Pengambilan Darah Mobil Unit

Pendonor dari mobil unit adalah pendonor yang berasal dari donasi mobil unit yang dilaksanakan di instansi- instansi pemerintah ataupun *event- event* tertentu.

```
{
  'total pendonor dari instansi'[A];
  'total pendonor dari instansi'[B];
  'total pendonor dari instansi'[O];
  'total pendonor dari instansi'[AB]
}
```

10. Total pendonor dari instansi

Total pendonor dari instansi adalah akumulasi jumlah pendonor yang mendonasikan darahnya lewat pengambilan mobil unit.

'pendonor dari instansi'+ 'permintaan donasi dari donor terdaftar'+ 'Donor Pengganti'

11. Donor pengganti

Donor pengganti adalah donor yang mendonorkan darahnya ketika terdapat permintaan dari keluarga atau orang yang membutuhkan dengan segera. Rumus matematis untuk donor pengganti adalah sebagai berikut:

```
{
  GRAPH(MONTH()           ;           1           ;
  1;{37;43;14;17;13;29;37;32;15;10;15;10})*1<<orang/mo>>;
  GRAPH(MONTH()           ;           1           ;
  1;{43;51;17;20;15;34;43;37;18;11;17;15})*1<<orang/mo>>;
  GRAPH(MONTH()           ;           1           ;
  1;{59;68;23;27;20;45;58;50;24;15;23;16})*1<<orang/mo>>;
```

```
GRAPH(MONTH() ; 1 ; 1;{12;14;5;6;4;9;12;10;5;3;5;3})*1<<orang/mo>>
}
```

12. Pendonor dari instansi

Pendonor dari instansi adalah pendonor yang mendonasikan darahnya melalui kegiatan donasi yang dilakukan di instansi melalui mobil unit.

```
{
GRAPH(MONTH() ; 1 ; 1;{204;413;750;398;449;542;384;551;689;415;594;318})*1<<orang/mo>>;
GRAPH(MONTH() ; 1 ; 1;{255;522;958;502;504;580;427;673;950;539;669;347})*1<<orang/mo>>;
GRAPH(MONTH() ; 1 ; 1;{279;719;1320;636;685;858;564;867;1217;659;894;542;770})*1<<orang/mo>>;
GRAPH(MONTH() ; 1 ; 1;{54;138;265;130;140;264;111;167;252;140;190;81;161})*1<<orang/mo>>
}
```

13. Donor baru instansi

Donor baru instansi adalah donor yang baru pertamakalinya mendonasikan darahnya melalui kegiatan di instansi.

*'pendonor dari instansi'*80<<%>>*

14. Donor baru

Donor baru adalah akumulasi donor yang mendonorkan darahnya untuk pertama kali.

'donor baru pengganti'+ 'Donor Baru Instansi'

15. Donor baru pengganti

Donor baru pengganti adalah donor pengganti yang pertamakali mendonasikan darahnya.

'% donor pengganti baru' 'Donor Pengganti'*

16. % donor pengganti baru

% donor pengganti baru digunakan untuk menghitung donor pengganti baru dari total pengganti yang ada.

```
{
```

```
GRAPH(MONTH(           ;           1           ;
1;{0,125828;0,142045;0,172414;0,197183;0,288462;0,119658;0,907285;0,240
31;0,557377;0,230769;0,4;0,75});
```

```
GRAPH(MONTH(           ;           1           ;
1;{0,125828;0,142045;0,172414;0,197183;0,288462;0,119658;0,907285;0,240
31;0,557377;0,230769;0,4;0,75});
```

```
GRAPH(MONTH(           ;           1           ;
1;{0,125828;0,142045;0,172414;0,197183;0,288462;0,119658;0,907285;0,240
31;0,557377;0,230769;0,4;0,75});
```

```
GRAPH(MONTH(           ;           1           ;
1;{0,125828;0,142045;0,172414;0,197183;0,288462;0,119658;0,907285;0,240
31;0,557377;0,230769;0,4;0,75})
```

```
}
```

17. Donor baru terdaftar

'Donor Baru'

18. Donor terdaftar

Donor terdaftar adalah akumulasi dari jumlah donor yang ada. Data inisial didapatkan dari bulan desember tahun 2014.

```
{
12259<<orang>>;
14366<<orang>>;
19399<<orang>>;
3977<<orang>>
}
```

19. Donor tidak aktif

Donor tidak aktif adalah donor yang tidak lagi mendonasikan darahnya.

'Donor Terdaftar''% donor tdk aktif'*

20. % donor tidak aktif

28,95<<%>>

21. Donor aktif potensial

'Donor Terdaftar''% donor aktif potensial'*

22. % donor aktif potensial

```
{
```



```

GRAPH(MONTH()           ;           1           ;
1;{0,27467;0,23477;0,26288;0,29;0,2574;0,28227;0,2349;0,22677;0,23636;0,2
47333;0,2086;0,206056});

```

```

GRAPH(MONTH()           ;           1           ;
1;{0,27467;0,2095;0,283;0,229;0,2334;0,2155;0,2617;0,2142;0,2226;0,25826;
0,2419;0,2749});

```

```

GRAPH(MONTH()           ;           1           ;
1;{0,517;0,4095;0,483;0,4229;0,46334;0,4155;0,4617;0,4142;0,4226;0,4826;0,
4419;0,42749});

```

```

GRAPH(MONTH()           ;           1           ;
1;{0,117;0,1095;0,183;0,1229;0,1334;0,1155;0,1617;0,1142;0,1226;0,1826;0,1
419;0,1749})

```

```

}

```

23. Donor jatuh tempo

```

'Donor Aktif Potensial'*'% donor instansi baru'

```

24. % donor instansi baru

```

{

```

```

GRAPH(MONTH()           ;           1           ;
1;{0,117;0,2095;0,283;0,4229;0,1334;0,2155;0,1617;0,2142;0,1226;0,2826;0,2
419;0,1749});

```

```

GRAPH(MONTH()           ;           1           ;
1;{0,117;0,2095;0,283;0,4229;0,1334;0,2155;0,1617;0,2142;0,1226;0,2826;0,2
419;0,1749});

```

```

GRAPH(MONTH()           ;           1           ;
1;{0,117;0,2095;0,283;0,4229;0,1334;0,2155;0,1617;0,2142;0,1226;0,2826;0,2
419;0,1749});

```

```

GRAPH(MONTH()           ;           1           ;
1;{0,117;0,2095;0,283;0,4229;0,1334;0,2155;0,1617;0,2142;0,1226;0,2826;0,2
419;0,1749})

```

```

}

```

25. Donor_

```

{

```

```

('Donor Jatuh Tempo'[A]*'% Donor Pasti');

```

```

('Donor Jatuh Tempo'[B]*'% Donor Pasti');
('Donor Jatuh Tempo'[O]*'% Donor Pasti');
('Donor Jatuh Tempo'[AB]*'% Donor Pasti')
}

```

26. % Donor pasti

```
29,86<<%>>
```

27. Donor dicekal

```

{
0,1194*Donor_[A];
0,1125*Donor_[B];
0,01459*Donor_[O];
0,375*Donor_[AB]
}

```

28. Donor ditolak

```

{
0,2194*Donor_[A];
0,2125*Donor_[B];
0,11459*Donor_[O];
0,275*Donor_[AB]
}

```



29. Donor

Donor_-'Donor Dicekal'-'Donor Ditolak'

30. Penyesuaian inventory

```

{
IF('gap sisa distribusi'[A]<ss[A];Donor[A];0<<orang/mo>>);
IF('gap sisa distribusi'[B]<ss[B];Donor[B];0<<orang/mo>>);
IF('gap sisa distribusi'[O]<ss[O];Donor[O];0<<orang/mo>>);
IF('gap sisa distribusi'[AB]<ss[AB];Donor[AB];0<<orang/mo>>)
}

```

31. Safety stock

```

{
50<<kantong/mo>>;
50<<kantong/mo>>;
}

```

75<<kantong/mo>>;

25<<kantong/mo>>

}

32. Pengambilan darah di mobil unit

{

'total pendonor dari instansi'[A]+'penyesuaian inventory'[A];

'total pendonor dari instansi'[B]+'penyesuaian inventory'[B];

'total pendonor dari instansi'[O]+'penyesuaian inventory'[O];

'total pendonor dari instansi'[AB]+'penyesuaian inventory'[AB]

}

33. Pengambilan darah di UTD

'penyesuaian inventory'

34. Kadaluarsa

{

GRAPH(MONTH() ; 1 ;

1;{8;2;17;116;55;87;117;2;29;72;20;47})*1<<kantong/mo>>;

GRAPH(MONTH() ; 1 ;

1;{9;2;20;136;64;102;137;3;34;84;23;55})*1<<kantong/mo>>;

GRAPH(MONTH() ; 1 ;

1;{13;3;27;184;87;137;185;3;47;114;31;75})*1<<kantong/mo>>;

GRAPH(MONTH() ; 1 ;

1;{3;1;5;38;18;28;38;1;10;23;6;15})*1<<kantong/mo>>

}

35. Gap sisa distribusi

IF(inventory-distribusi+'pasokan fc'<ss AND 'pasokan fc'+inventory-distribusi >

0<<kantong/mo>>;'pasokan fc'+inventory-distribusi;0<<kantong/mo>>)

36. Minimum darah yang harus tersedia

15<<kantong/mo>>

37. Permintaan darah

{

BDRS_Lokal[A]+BDRS_Luar_Wilayah[A]+NBDRS_Lokal[A]+NBDRS_Luar_

Wilayah[A]+UTD_Lokal[A]+UTD_Luar_Wilayah[A];

BDRS_Lokal[B]+BDRS_Luar_Wilayah[B]+NBDRS_Lokal[B]+NBDRS_Luar_Wilayah[B]+UTD_Lokal[B]+UTD_Luar_Wilayah[B];
BDRS_Lokal[O]+BDRS_Luar_Wilayah[O]+NBDRS_Lokal[O]+NBDRS_Luar_Wilayah[O]+UTD_Lokal[O]+UTD_Luar_Wilayah[O];
BDRS_Lokal[AB]+BDRS_Luar_Wilayah[AB]+NBDRS_Lokal[AB]+NBDRS_Luar_Wilayah[AB]+UTD_Lokal[AB]+UTD_Luar_Wilayah[AB]
}

38. BDRS lokal

{
GRAPH(MONTH() ; 1 ;
*1;{385;377;514;341;427;310;292;368;330;329;355;385})*1<<kantong/mo>>;*
GRAPH(MONTH() ; 1 ;
*1;{451;441;602;400;500;363;342;432;386;385;415;451})*1<<kantong/mo>>;*
GRAPH(MONTH() ; 1 ;
*1;{610;596;814;540;676;491;462;583;521;520;561;608})*1<<kantong/mo>>;*
GRAPH(MONTH() ; 1 ;
*1;{125;122;167;111;139;101;95;119;107;107;115;125})*1<<kantong/mo>>*
}

39. BDRS luar wilayah

{
GRAPH(MONTH() ; 1 ;
*1;{129;141;5;101;1;4;8;6;2;16;0;3})*1<<kantong/mo>>;*
GRAPH(MONTH() ; 1 ;
*1;{151;166;6;119;1;4;10;7;3;19;1;3})*1<<kantong/mo>>;*
GRAPH(MONTH() ; 1 ;
*1;{204;224;8;160;2;6;13;10;3;26;1;4})*1<<kantong/mo>>;*
*GRAPH(MONTH() ; 1 ; 1;{42;46;2;33;0;1;3;2;1;5;0;1})*1<<kantong/mo>>*
}

40. NBDRS lokal

{
GRAPH(MONTH() ; 1 ;
*1;{138;175;203;184;228;191;126;203;209;130;184;126})*1<<kantong/mo>>;*

44. Pasokan forecast

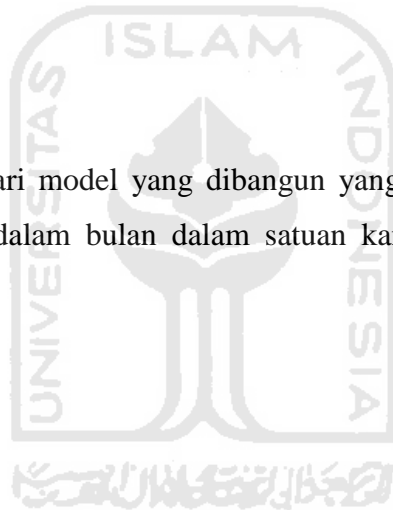
```

{
  GRAPH(MONTH()           ;           1           ;
  1;{772;795;761;756;787;778;756;773;784;765;764;780})*1<<kantong/mo>>;
  GRAPH(MONTH()           ;           1           ;
  1;{904;932;892;886;922;911;886;906;918;897;896;914})*1<<kantong/mo>>;
  GRAPH(MONTH()           ;           1           ;
  1;{1221;1258;1204;1197;1245;1230;1197;1223;1240;1211;1209;1234})*1<<k
  antong/mo>>;
  GRAPH(MONTH()           ;           1           ;
  1;{251;258;247;246;256;253;246;251;255;249;248;253})*1<<kantong/mo>>
}

```

4.2.5 Hasil Simulasi

Hasil simulasi didapatkan dari model yang dibangun yang dijalankan selama periode 2015. Data yang disajikan dalam bulan dalam satuan kantong. Berikut adalah hasil simulasi



4.2.6 Validasi

Validasi digunakan untuk menguji tingkat kepercayaan model yang dibangun melalui uji perilaku model dan validasi struktural. Validasi dilakukan hanya pada variabel- variabel penting yang menjadi fokus penelitian.

4.2.6.1 Validasi Struktural

1. Uji Verifikasi Struktural

Verifikasi struktural berarti membandingkan secara langsung struktur model dengan struktur dari model nyata yang sudah dinyatakan dalam model. Untuk dapat memenuhi uji verifikasi struktural, informasi dalam struktur model tidak boleh kontradiksi dengan informasi yang ada pada struktur sistem nyata. Uji verifikasi struktural bisa berasal dari orang yang memiliki pengetahuan yang tinggi akan sistem yang diteliti. Uji verifikasi struktural juga dapat dilakukan dengan cara membandingkan asumsi – asumsi dalam model dengan relasi pada pengambilan keputusan atau organisasi terkait yang ditemukan dalam kajian literatur (Forrester & Senge , 1980). Dalam model yang dibangun validasi dilakukan oleh pegawai PMI UTD Kota Yogyakarta oleh petugas PMI UTD Kota Yogyakarta.

2. Uji *boundary adequacy*

Uji ini digunakan untuk menentukan hubungan- hubungan yang penting untuk menciptakan model sesuai yang diinginkan. Uji *boundary adequacy* akan menguji apakah model agregasi sesuai dan jika model mencangkupi semua struktur yang relevan. Sebagai bagian dari uji struktural, uji *boundary adequacy* melibatkan pembangunan hipotesis penting yang menghubungkan struktur model yang ditawarkan dengan masalah utama yang dikaji dalam model. Uji *boundary adequacy* akan melakukan pengujian terhadap batasan penelitian akan dianalisis misalnya pada saat awal sistem terjadi sampai dengan pada saat pengambilan keputusan (Forrester & Senge , 1980). Uji ini dilakukan oleh Bapak Agus Mansur, S.T.,M. Eng.Sc selaku dosen pembimbing.

4.2.6.2 Validasi Perilaku Model

Validasi perilaku model mengevaluasi kecukupan struktur model melalui analisis perilaku yang didapatkan dari struktur. Validasi perilaku model memiliki tujuan untuk memberikan keyakinan sejauh mana kemampuan kinerja model menghasilkan secara akurat hasil simulasi sesuai dengan kinerja sistem nyata. Uji *behaviour reproduction* adalah validasi yang menguji apakah perilaku model simulasi yang dibuat telah sesuai dengan perilaku sistem nyata. Uji *behaviour reproduction* mengutamakan pengujian perilaku historis (Forrester & Senge , 1980). Validasi perilaku ini juga diperkuat dengan validasi output dengan cara mengamati dan membandingkan antara output model terhadap sistem nyata. Menurut (Barlas Y. , 1989) model akan valid jika tingkat error lebih rendah dari 5%. Dimana formula yang digunakan adalah sebagai berikut:

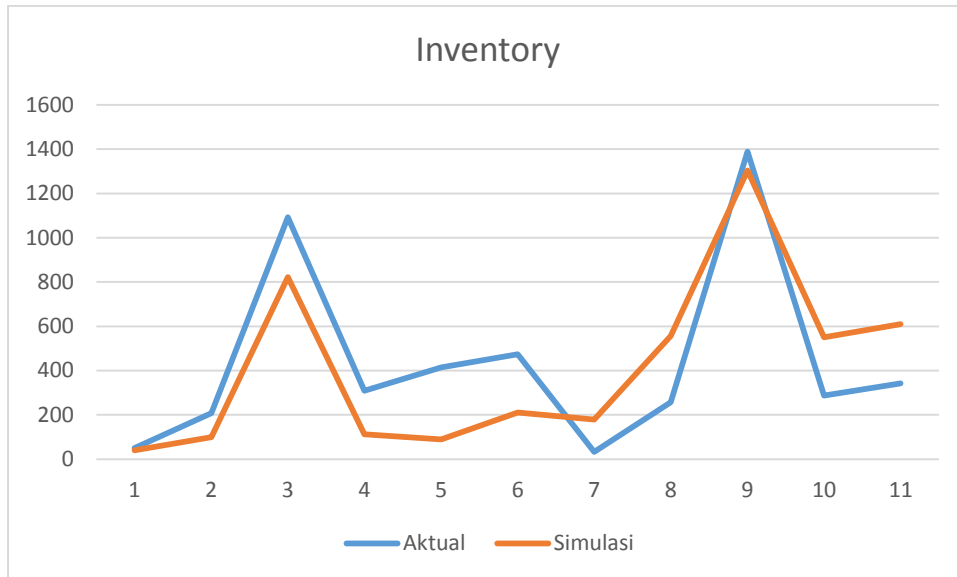
$$\text{Error rate} = [S - A]/A \dots\dots\dots 4.2$$

Keterangan: S= rata- rata simulasi
A= rata- rata data aktual/ historis

1. Inventory

Tabel 4. 11 Perbandingan Hasil Simulasi dan Data Aktual Inventory

Bulan	Aktual	Simulasi
01/01/2015	51	40
01/02/2015	208	100
01/03/2015	1092	822
01/04/2015	309	113
01/05/2015	415	90
01/06/2015	474	211
01/07/2015	33	179
01/08/2015	257	556
01/09/2015	1389	1303
01/10/2015	287	550
01/11/2015	342	609



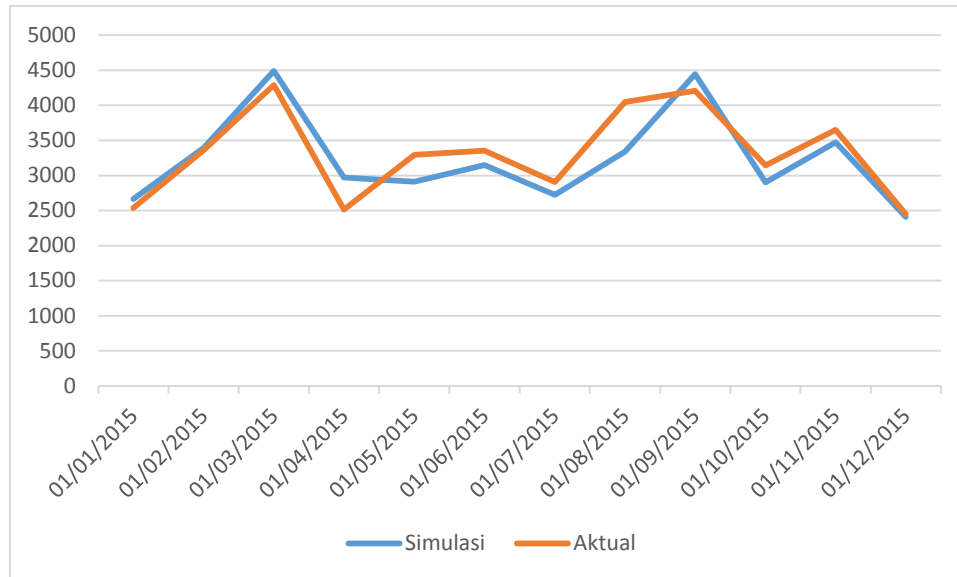
Gambar 4. 21 **Validasi Perilaku Inventory**

Berdasarkan fungsi persamaan 4.2 diatas maka error rate inventory yang dihasilkan adalah $-0,0585$ yang berarti $< 0,05$ sehingga dapat dikatakan bahwa model yang dibangun valid.

2. Pasokan

Tabel 4. 12 Perbandingan Hasil Simulasi dan Data Aktual Pasokan

Bulan	Aktual	Simulasi
01/01/2015	2598	2671
01/02/2015	3092	2840
01/03/2015	3958	4141
01/04/2015	2257	2017
01/05/2015	3053	2586
01/06/2015	2972	3217
01/07/2015	1973	2330
01/08/2015	2658	3107
01/09/2015	3765	3466
01/10/2015	1715	1990
01/11/2015	2745	2753
01/12/2015	2436	1606



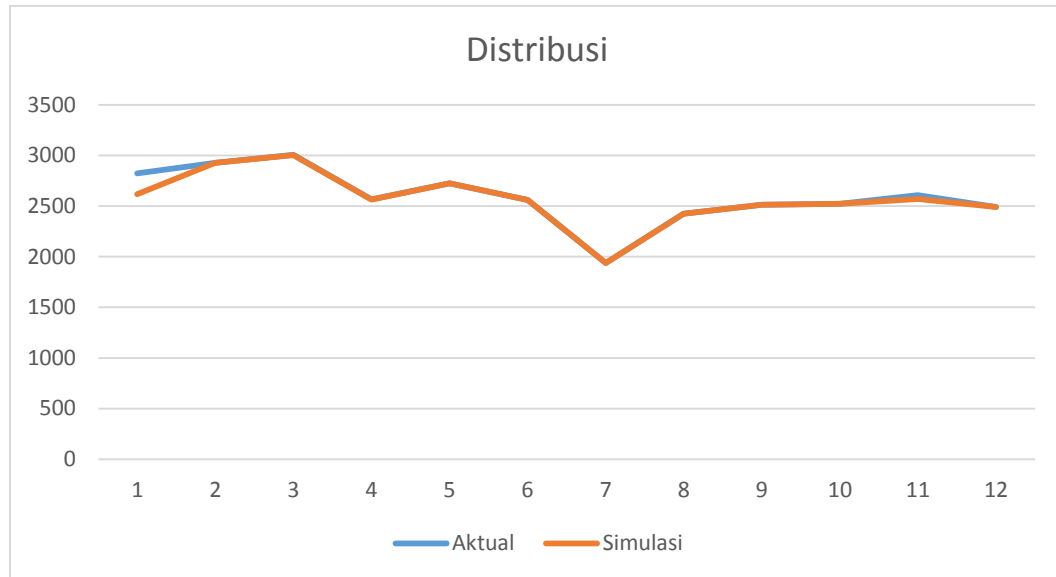
Gambar 4. 22 Validasi Perilaku Pasokan

Berdasarkan fungsi persamaan 4.2 diatas maka *error rate* pasokan yang dihasilkan adalah -0,0152 yang berarti $< 0,05$ sehingga dapat dikatakan bahwa model yang dibangun valid.

3. Distribusi

Tabel 4. 13 Perbandingan Hasil Simulasi dan Data Aktual Pasokan

Bulan	Aktual	Simulasi
01/01/2015	2823	2616
01/02/2015	2927	2927
01/03/2015	3005	3002
01/04/2015	2566	2564
01/05/2015	2724	2724
01/06/2015	2559	2559
01/07/2015	1937	1939
01/08/2015	2425	2423
01/09/2015	2513	2514
01/10/2015	2524	2522
01/11/2015	2609	2569
01/12/2015	2491	2492



Gambar 4. 23 **Validasi Perilaku Distribusi**

Berdasarkan fungsi persamaan 4.2 di atas maka error rate pasokan yang dihasilkan adalah $-0,0081$ yang berarti $< 0,05$ sehingga dapat dikatakan bahwa model yang dibangun valid.

4.2.7 Design Improvement

Design improvement merupakan suatu tahap dalam simulasi untuk memperoleh model alternatif yang dimungkinkan memiliki kondisi yang lebih baik dibandingkan dengan model awal berdasarkan parameter tertentu.

Hasil simulasi menunjukkan bahwa banyak darah yang masih mengalami keadaluarsa. Hal ini dikarenakan permintaan yang tidak pasti sehingga PMI UTD Kota Yogyakarta menyiapkan stok darah berlebih agar dapat memenuhi permintaan yang ada. Namun permintaan kota Yogyakarta cenderung stabil sementara kesadaran akan donor darah semakin meningkat sehingga pasokan darah di PMI UTD Kota Yogyakarta cenderung selalu mengalami overstock. Salah satu cara yang dilakukan dalam menyelesaikan permasalahan ini adalah dengan mengatur pasokan dan distribusi dari kantong darah tersebut.

Tabel 4. 14 Perbandingan Hasil Inventory

Tanggal	Simulasi	DE
01/01/2015	327	327
01/02/2015	160	173
01/03/2015	127	116
01/04/2015	943	98
01/05/2015	616	96
01/06/2015	280	91
01/07/2015	364	97
01/08/2015	508	97
01/09/2015	614	91
01/10/2015	1588	89
01/11/2015	1032	88
01/12/2015	968	88

Tabel 4. 15 Perbandingan Hasil Kadaluarsa

Tanggal	Simulasi	DE
01/01/2015	33	33
01/02/2015	15	17
01/03/2015	10	10
01/04/2015	109	8
01/05/2015	68	8
01/06/2015	27	8
01/07/2015	51	8
01/08/2015	64	9
01/09/2015	183	8
01/10/2015	113	8
01/11/2015	105	8
01/12/2015	105	8

2. Mekanisme subsidi silang untung mengurangi jumlah kadaluarsa

Mekanisme subsidi silang dimaksudkan untuk mengurangi jumlah darah rusak karena ketidakseimbangan jumlah pasokan dan distribusi. Mekanisme transfer atau subsidi silang darah dilakukan apabila semua permintaan darah tercukupi dan sisa persediaan darah masih dalam batas aman. Model sistem transfer atau subsidi darah adalah sebagai berikut:

BAB V

PEMBAHASAN

5.1 Rantai Pasok Darah (*Blood Supply Chain*)

Rantai pasok darah secara umum terdiri dari supplier darah (yaitu pendonor darah), *customer* (agen transfusi seperti rumah sakit) dan *blood center* (PMI), yang memiliki peran penting dalam dalam mengkoordinasi dan mensinkronisasi antara pasokan dan permintaan (seperti dijelaskan pada gambar 2.1). Dimana PMI memegang peranan yang paling besar dalam mengatur sistem rantai pasok darah di Kota Yogyakarta.

Dalam penelitian ini akan membahas secara spesifik mengenai manajemen permintaan (*demand management*) di PMI UTD Kota Yogyakarta. Manajemen permintaan berfungsi untuk menyeimbangkan kebutuhan konsumen dengan kapasitas perusahaan yang menyediakan produk atau jasa yang dibutuhkan. Didalamnya termasuk menentukan apa yang menjadi kebutuhan konsumen dan kapan dibutuhkannya. Sistem manajemen permintaan yang baik menggunakan point of sale dan data konsumen untuk mengurangi ketidakpastian serta meningkatkan efisiensi aliran barang dalam rantai pasok. Kebutuhan pemasaran dan rencana produksi harus dikoordinasikan, kebutuhan konsumen dan kapasitas produksi harus diselaraskan agar persediaan secara global dapat dikelola dengan baik.

Pasokan darah PMI UTD Kota Yogyakarta berasal dari beberapa sumber yaitu pengumpulan darah di kantor PMI secara langsung dan pengambilan melalui mobil instansi. Pengambilan melalui mobil instansi dilakukan melalui pelaksanaan donasi ke instansi- instansi seperti kantor, sekolah atau tempat- tempat umum. Perbedaan dalam mekanisme pengumpulan darah ini terletak pada jumlah darah yang terkumpul. Darah terkumpul melalui pengambilan di kantor PMI secara langsung berkisar 50- 75 kantong/hari, mobil unit terkumpul 30-100 kantong/ hari. Sementara pelaksanaan donor

di tempat umum melalui event donor darah dapat mengumpulkan sekitar 1000-1500 kantong darah setiap kali kegiatan. Sementara kapasitas total kantong darah di PMI UTD Kota Yogyakarta hanya sebesar 1300 kantong. Pasokan darah yang berlebihan seperti inilah yang dapat menyebabkan jumlah darah berlebih di PMI UTD Kota Yogyakarta.

5.2 Peramalan

Berdasarkan peramalan yang dilakukan, model ARIMA yang sesuai untuk data pasokan adalah model ARIMA (2,1,3). Model tersebut menunjukkan bahwa di periode yang akan datang maka jumlah pasokan tertinggi terjadi di bulan februari kemudian mengalami sedikit penurunan di bulan- bulan berikutnya. Kemudian pasokan darah akan kembali meningkat di bulan Juni dan cenderung stabil untu periode- periode selanjutnya. Model ARIMA yang sesuai untuk permintaan darah adalah ARIMA (3,0,3) dimana permintaan tertinggi terdapat di bulan Desember dan permintaan terendah di bulan Februari. Nilai error dari forecast dari hasil *mean squared error* adalah 31,03 dengan *bias proportion* sebesar 0,602692 dan *variance proportion* 0,194082. Hasil error ini menunjukkan bahwa data hasil peramalan dapat digunakan karena memiliki nilai *mean squared error*, bias dan variansi yang relatif kecil. Data peramalan ini kemudian dapat digunakan untuk menjadi data inputan *system dynamic* dalam analisis lanjutan.

5.3 Model Awal

5.3.1 Model Persediaan Darah

Model persediaan darah dibangun dengan tujuan untuk menentukan mekanisme supply dan demand serta manajemen rantai pasok darah di PMI UTD Kota Yogyakarta untuk mengatur persediaan yang efisien untuk mengantisipasi kejadian *overstock* atau *stockout* darah. Dengan demikian, perencanaan pasokan dan distribusi darah yang dilakukan oleh PMI UTD Kota Yogyakarta dapat lebih efektif.

Model awal persediaan darah telah divalidasi menggunakan tiga jenis uji validasi yaitu validasi struktral, validasi perilaku model dan validasi output. Uji struktural dilakukan dengan mencocokkan struktur sistem nyata dengan struktur model. Uji perilaku model dilakukan dengan cara membandingkan perilaku pasokan, distribusi dan inventory

sel darah merah pekat selama satu tahun. Sementara uji output dilakukan dengan cara menghitung rata-rata sistem nyata dengan rata-rata pada model yang dibangun.

Berdasarkan pengujian validasi struktural, model yang dibangun telah sesuai dengan struktur model nyata berdasarkan pendapat ahli dari manajemen PMI UTD Kota Yogyakarta. Pengujian perilaku model yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa model persediaan darah telah memiliki perilaku yang sama dengan kondisi sistem nyata. Hal ini terlihat dari pola yang sama yaitu pasokan naik pada bulan maret dan september dan pasokan terendah pada bulan desember. Sementara untuk distribusi, permintaan naik pada bulan februari dan maret kemudian permintaan akan berada pada nilai yang relatif sama untuk bulan-bulan selanjutnya.

Darah kadaluarsa terjadi karena terdapat ketidakseimbangan antara jumlah pasokan dan distribusi. Perilaku ini terjadi pada bulan maret dan juli yang menyebabkan jumlah darah kadaluarsa melebihi target dari PMI UTD Kota Yogyakarta.

5.4 Blood Security

5.4.1 Ketersediaan (*Availability*)

Ketersediaan adalah jumlah inventory darah yang tersedia di PMI UTD Kota Yogyakarta dalam memenuhi semua permintaan darah dalam kota Yogyakarta. berdasarkan pendekatan *food security*, ketersediaan berarti terdapat jumlah yang cukup dari pangan secara konsisten. Melalui pendekatan ini maka ketersediaan di PMI UTD Kota Yogyakarta sudah mampu memenuhi jumlah darah secara konsisten. Bahkan PMI UTD Kota Yogyakarta mampu menyumbangkan darahnya ke unit transfusi darah lain di luar kota Yogyakarta. Sehingga dari sisi ketersediaan sudah dapat terpenuhi.

5.4.2 Kemudahan Akses (*Accessibility*)

1. Kemudahan Akses Material

Kemudahan akses material adalah kemampuan orang dalam mendapatkan darah yang dibutuhkan untuk memenuhi kebutuhan darurat darah dengan prosedur yang mudah dan

cepat. Akses untuk mendapatkan darah di PMI UTD Kota Yogyakarta melalui prosedur yang cukup mudah yaitu datang langsung atau melalui telepon kemudian dengan membawa surat rekomendasi dokter dan melengkapi administrasi, darah akan diantarkan oleh petugas PMI ke tempat pasien yang membutuhkan. Apabila keberadaan PMI UTD Kota Yogyakarta jauh dengan keberadaan pasien maka pengiriman darah dapat dilakukan melalui kiriman paket khusus atau melalui UTD PMI terdekat yang diperoleh melalui komunikasi antar UTD.

2. Kemudahan Akses Informasi

Kemudahan akses informasi adalah kemudahan akses yang memungkinkan pasien untuk mendapatkan darah dengan cepat melalui informasi ketersediaan stok darah di PMI di seluruh Indonesia. Kemudahan mengetahui ketersediaan darah melalui akses informasi yang cepat bisa diperoleh dari web resmi PMI yaitu SIMMUDA yang terus mengupdate informasi stok darah di seluruh UTD di Indonesia ataupun website PMI UTD Kota Yogyakarta dan pesan teks dengan nomor 0274 372176. Semua media ini mampu menjembatani kebutuhan akses informasi darah cepat dalam keadaan darurat.

5.4.3 Kebergunaan (*Utilization*)

Aspek kebergunaan (*utilization*) diukur berdasarkan kebergunaan darah untuk menolong nyawa orang lain agar mampu mejalani hidupnya secara normal. Sebagaimana berdasarkan pendekatan *food security*, kebergunaan adalah kebermanfaatan makanan yang dikonsumsi terhadap kesehatan tubuh dan mempengaruhi kualitas hidup seseorang. PMI UTD Kota Yogyakarta yang mampu mengambil peran sebagai peyangga stok darah di kota Yogyakarta mampu memenuhi tugasnya dengan baik karena sebagian besar permintaan yang berasal dari Kota Yogyakarta dapat dipenuhi. Selain dari itu apabila terdapat permintaan darurat dari unit transfusi darah di kota lain, UTD Kota Yogyakarta juga tanggap dalam membantu sehingga dapat menolong pasien yang berada dalam keadaan darurat tersebut. Sehingga berdasarkan aspek kebergunaan (*utilization*) PMI UTD Kota Yogyakarta sudah memenuhi kriteria tersebut.

5.5 Desain Eksperimen

5.5.1 Manajemen Distribusi Darah

Berdasarkan permasalahan yang telah dijelaskan sebelumnya maka kemudian perbaikan yang bisa dilakukan untuk memperbaiki jumlah overstock yang terjadi di PMI UTD Kota Yogyakarta melalui dua cara yaitu transfer atau subsidi silang dan pengaturan pasokan stok dari mobil unit. Skenario pertama dilakukan dengan cara transfer atau subsidi silang ke rumah sakit atau UTD daerah lain yang membutuhkan. Mekanisme design eksperimen dilakukan dengan cara menerima semua pasokan darah yang masuk baik melalui mobil unit atau donasi ke langsung ke UTD. Kemudian darah yang masuk akan didistribusikan sesuai dengan permintaan dala Kota Yogyakarta. Apabila semua permintaan terpenuhi maka darah yang tersisa di inventory hanya akan ditampung sebesar batas aman nilai minimum darah yang harus tersedia di UTD untuk mengantisipasi permintaan darurat yaitu sebanyak 100 kantong/golongan darah. Barulah kemudian darah yang tersisa akan didistribusikan ke unit transfusi darah luar Kota Yogyakarta atau rumah sakit lain yang membutuhkan.

5.5.2 Manajemen Pasokan Darah

Skenario kedua dilakukan dengan cara mengatur jumlah pasokan yang dikumpulkan melalui donasi mobil unit. Pasokan dari mobil unit menjadi penting utama untuk diatur karena menyumbang darah hampir 80% pasokan darah di UTD Kota Yogyakarta. Pengaturan pasokan dilakukan dengan cara menyesuaikan dari permintaan. Apabila jumlah permintaan kurang dari pasokan darah yang terkumpul dan sudah melewati nilai safety stock ketersediaan darah maka donor darah dari mobil unit akan ditahan. Kemudian akan dijadwalkan ulang untuk pelaksanaan donasi darah. Hal ini bertujuan untuk mengurangi jumlah darah rusak karena pasokan yang berlebih. Mekanisme ini dilakukan apabila semua permintaan dalam kota Yogyakarta terpenuhi dan batas nilai minimum safety stock yang tersisa di inventory 100 kantong/golongan darah untuk mengantisipasi permintaan darurat. Mekanisme skenario ini dilakukan dengan cara apabila nilai sisa inventory kurang dari 1300 kantong/ bulan kemudian sudah didistribusikan dan tersisa 100 kantong/golongan darah maka pasokan dari mobil unit akan diterima. Sementara

apabila pasokan darah yang masuk belum didistribusikan karena tidak ada permintaan maka donasi darah dari mobil unit akan ditahan. Skenario desain eksperimen ini dapat meminimalisasi jumlah darah kadaluarsa dari ± 20 sampai 100 kantong/ bulan menjadi 11 kantong/ bulan dengan nilai inventory berada pada batas nilai aman.



BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

Berdasarkan analisa dan pengolahan data yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa:

1. Masalah utama yang terjadi di PMI UTD Kota Yogyakarta adalah *overstock* kantong darah yang disebabkan oleh pasokan darah yang melebihi kapasitas penyimpanan yaitu 1300 kantong dan permintaan yang fluktuatif
2. Dalam mengantisipasi jumlah permintaan yang fluktuatif sebaiknya manajemen PMI UTD Kota Yogyakarta melakukan peramalan permintaan dan merencanakan model simulasi rantai pasok darah agar terhindar dari jumlah darah kadaluarsa yang besar. Dalam mengatur persediaan darah sekaligus untuk mengurangi jumlah darah kadaluarsa maka manajemen sistem rantai pasok darah diatur melalui dua cara yaitu mengatur pasokan darah dari mobil unit dan distribusi darah yang diperluas ke daerah DIY dan Jateng atau kota- kota lainnya.
3. Status ketahanan darah daerah Yogyakarta berdasarkan parameter *blood security* yaitu ketersediaan (*availability*), akses (*accessability*), kebermanfaatan (*utilization*) dan stabilitas (*stability*) sudah terpenuhi sehingga dapat dikatakan aman.
4. Dampak yang diakibatkan dari *overstock* adalah sisi positif adalah PMI UTD Kota Yogyakarta dapat memenuhi kebutuhan darah yang ada dan keamanan darah (*blood security system*) dapat terwujud. Sementara dampak negatif yang ditimbulkan dari *overstock* adalah munculnya biaya- biaya yang tidak diinginkan seperti biaya pemusnahan, biaya pengolahan dan biaya kantong darah.

6.2 Saran

Saran yang direkomendasikan untuk penelitian selanjutnya adalah

1. Melakukan subsidi silang dengan pihak- pihak terkait terutama PMI daerah lain yang memiliki supply darah kurang. Subsidi silang bisa dilakukan di sekitar daerah Yogyakarta dan Jawa Tengah dengan pertimbangan dari segi penambahan biaya tidak besar karena jarak yang terjangkau serta dari jumlah kekurangan yang belum terpenuhi di daerah- daerah tersebut.
2. Turut mengikutsertakan PMI daerah lain dalam pelaksanaan event- event besar donasi darah untuk menjaga stabilitas ketersediaan stok darah PMI UTD Kota Yogyakarta tidak berlebih sekaligus membantu memenuhi kebutuhan darah daerah defisit kantong darah. Hal ini juga bertujuan untuk menjaga semangat masyarakat Yogyakarta untuk mendonor darah yang tinggi.
3. Menerapkan forecast dan model persediaan darah sebagai acuan untuk melakukan perencanaan pengadaan donor darah untuk periode selanjutnya.
4. Langkah- langkah yang dapat dilakukan untuk menghindari *overstock* dapat dilakukan dengan cara membatasi jumlah kantong yang dibawa ketika donasi darah, membuat target kantong darah yang harus terkumpul, menjadwalkan kerjasama dengan UTD lain ketika pelaksanaan donasi darah dan merencanakan jumlah pembagian kantong darah.

DAFTAR PUSTAKA

- Agustin, R. D., & Sastramihardja, H. (2004). Model Manajemen Persediaan Darah di PMI Didukung Sistem Informasi Berbasis Web (mengadopsi sistem supply chain management). *Seminar Nasional Aplikasi Teknologi Informasi*, 1-10.
- Barlas, Y. (2002). System dynamics: systemic feedback modeling for policy analysis. *Encyclopedia of Life Support System*, 1131-1175.
- Barlas, Y. (2002). System Dynamics: Systemic Feedback Modeling For Policy Analysis. *Encyclopedia of Life Support System*. 1131-1175.
- Belien, J., & Force, H. (2012). Supply Chain Management of Blood Products: A Literature Review. *European Journal of Operational Research*, 1-16.
- Box, G., Jenkins, G., & Reinsel, G. (1994). *Time series analysis forecasting and control*. New Jersey : Third Edition. Printice- Hall.
- Brooker, C. (2008). *Medical Dictionary*. UK: Norfolk.
- Coelho, L. C., & Laporte, G. (2013). Optimal Joint Replenishment, Delivery and Inventory Management Policies For Perishable Products. 1-30.
- Djik, N. V., Haijema, R., Van del Wal, J., & Sibinga, C. (2009). Blood platelet production: a novel approach for practical optimization. *Transfusion*, 49: 411-420.
- Filho, O. S., Cezarino, W., & Salviano, G. R. (2012). A Decision Making Tool for Demand Forecasting of Blood Component. *Proceeding of the 14th IFAC Symposium on Information Control Problems in Manufacturing*, 1499-1504.
- Forrester, J. W. (1961). *Industrial Dynamics*. Massachusetts- USA: Massachusetts Institute of Technology.
- Forrester, J. W., & Senge, P. (1980). *Test for building confidence in system dynamics models*. *System dynamics*. TIMS studies in management science : 14,209-228.
- Haraldsson, H. V. (2000). *Introduction to System and Causal Loop Diagrams*. Diambil kembali dari http://dev.crs.org.pl:4444/rid=1244140954250_1167059429_1461/Introduction%20to%20Systems%20and%20Causal%20Loop%20Diagrams.pdf

- Karaesmen, Z. I., Scheller- Wolf , A., & Deniz, B. (2011). Planning production and inventories in the extended enterprise . *International Series in Operations Research and Management Science*, 327-337.
- Maani, K. E., & Cavana , R. Y. (2000). *System Thinking and Modelling Understanding Change and Complexity* . New Zealand : Prentice Hall.
- Makridakis. (1999). *Metode dan Aplikasi Peramalan Jilid 1 Edisi ke 2 Terjemahan Untung Sus Andriyanto* . Jakarta : Erlangga .
- Makridakis, S., Steven C., W., & Victor E. , M. (1999). *Metode dan Aplikasi Peramalan* . Jakarta : Erlangga.
- Mulyono. (2000). *Peramalan Bisnis dan Ekonometrika Edisi Pertama* . Yogyakarta : BPF.
- Murdick, R. G. (1991). *Sistem Informasi Untuk Manajemen Modern*. Jakarta: Erlangga.
- Mustafee, N., & Katsaliaki, K. (2010). The blood supply game . *Proceedings of the 2010 Winter Simulation IEEE Conference* , 327-337.
- Nagurney, A., Masoumi , A. H., & Yu , M. (2012). Supply Chain Network Operation Management Of A Blood Banking System With Cost and Risk Minimization . *Computer Management Science* , 205-231 .
- Oscar, S. S., Cezarino, W., & Salviano, G. R. (2012). A Decision- making Tool for Demand Forecasting of Blood Components . *Information Control Problems in Manufacturing* , 1499-1504.
- Ozlem, E., Keskinocak , P., & Swann, J. (2011). Introduction to the special issues on humanitarian applications: doing good with good OR. 41: 215-222.
- Presiden Republik Indonesia. (2007). *UNDANG-UNDANG REPUBLIK INDONESIA* . (Online): <http://www.bnpb.go.id/uploads/pubs/1.pdf> (14 Maret 2014).
- Ridwan, A., & Armilawaty , A. H. (2016, 10 20). *Hipertensi dan Faktor Resikonya dalam Kajian Epidemiologi*. Diambil kembali dari <http://ridwanamidurrdin.wordpress.com/2007/12/08/hipertensi-dan-faktor-risikonya-dalamkajian-epidemiologi/>
- Sterman, S. G. (2000). *Business Dynamic: System thinking and Modelling For A Complex World* . New York: McGraw- Hill.
- Surgent, S. G. (2013). Verification and validation of simulation models . *Journal of Validation* , 12-24.

- Suwardie, A. W., Sopha, B. M., & Herliansyah, M. K. (t.thn.). A Simulation Model OF Blood Supply Chain at Indoensia Regional Red- Cross .
- Sylves, R. (2008). FEMA, Katrina and operation research. *Public Management*, 68-71.
- Taha, R. H. (1996). *Riset Operasi Suatu Pengantar. Edisi Kelima Jilid I* . Jakarta : Binarupa Aksara.
- Tetteh, G. A. (2008). Optimal Allocation of Blood Products. *PhD Thesis in Transportation Engineering, New Jersey Institute of Technology* .
- Tetteh, G. A. (2008). *Optimal Allocation of Blood Products, PhD Thesis in Transportation Engineering* . New Jersey : Institute of Technology, Newark .
- Williamson, L. M., & Devine, D. V. (2013). Challenges In The Management of The Blood Supply . *Lancet* , 1866.
- Wirjatmi, W. E. (2008). *System Thinking: Suatu Pendekatan Pemecahan Permasalahan Yang Kompleks dan Dinamis*. Bandung: STIA LAN Bandung Pers.
- Zavanella, Z. S. (2007). Single Vendor Single Buyer with Integrated Transport- Inventory System: Models and Heuristics in the case of perishable goods. *Comput Ind Eng*, 107-123.

