

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Terdahulu

Penelitian terdahulu yang mengkaji terkait optimasi persediaan darah atau meminimalkan biaya operasional persediaan darah dengan pendekatan solusi heuristik telah banyak dilakukan oleh peneliti terdahulu hingga sekarang. Penelitian terkait persediaan darah yang mudah rusak banyak dikembangkan metodologi untuk menyelesaikan permasalahan tersebut. Solyali (2015), Kim (2015) mengembangkan sebuah penelitian dalam tantangan menangani ketidakpastian permintaan dalam permasalahan yang ada di management persediaan. Penelitian sebelumnya pada persediaan darah biasanya mengasumsikan bahwa permintaan yang tidak pasti dapat dimodelkan dengan distribusi *Poisson* atau Normal. Karena pendekatan yang diusulkan untuk mengatasi batasan model tidak bergantung pada asumsi mengenai bagaimana suatu permintaan yang tidak pasti dapat dimodelkan.

Sifat produk darah yang mudah rusak sulit dalam pemodelan manajemen rantai pasok darah. Persediaan darah yang mudah rusak berakibat pada terjadinya menumpuknya persediaan karna permintaan yang tidak pasti akan menyebabkan pengeluaran produk darah yang lama serta biaya-biaya terkait yang dikeluarkan. Selain itu juga darah yang diterima dari pendonor juga sangat terbatas. Oleh karena itu, persediaan darah di PMI yang efisien sangatlah penting. (Y. T. Chung., 2013) mendesain kontrak pasokan untuk platelet dengan dua periode masa simpan, yaitu unit “lama” dan unit “muda”. Sedangkan (Civelek, 2015) mempertimbangkan sebuah system persediaan dengan waktu diskrit dan tingkat perlindungan untuk masalah pemesanan platelet. Karaesmen (2011) meninjau item yang mudah rusak dalam manajemen persediaan darah dan arah penelitian di masa yang akan datang.

Dalam 60 tahun terakhir sejak rantai pasok darah mendapat perhatian yang signifikan, ada berbagai metode yang diterapkan untuk menyelidiki hal tersebut, seperti teori antrian dan

rantai Markov, analisa statistik, simulasi, dan optimalisasi. Penelitian terdahulu yang membuat model matematis persediaan yang mempertimbangkan faktor umur produk dan faktor diskon yaitu oleh (Prasetyo, Nugroho, & Pujiarti, 2006). Setelah itu (Limansyah, 2012) membuat suatu model dengan memperhatikan faktor *all unit discount* dan memperbaiki fungsi algoritma dari model yang sebelumnya dibuat oleh Prasetyo *et al.* Selain itu juga terdapat model persediaan yang dibuat oleh (T. Limansyah, 2011) untuk berbagai produk (*multi item*) yang mempertimbangkan faktor umur produk serta *all unit discount* dimana permintaan atas produk tersebut deterministik.

Selain itu, terdapat beberapa penelitian lainnya yang telah membuat model persediaan dengan mempertimbangkan faktor kadaluwarsa dengan menambahkan faktor-faktor lainnya. Salah satu penelitian tersebut yang mengembangkan model persediaan yang memiliki umur produk yaitu oleh (Dye, 2012). Selain itu model persediaan yang mempertimbangkan diskon saat penjualan dan retur dikembangkan oleh (L. Nafisah, 2016). Terdapat juga penelitian yang model persediaanya (L. Nafisah, 2016) dengan laju permintaan diasumsikan fungsi linear terhadap waktu, dimana nantinya tingkat persediaan mengikuti *trapezoidal type demand rate*. Terdapat model sistem persediaan lain yang dilakukan oleh (Mishra, 2012) yang menggambarkan bahwa umur dari barang mengikuti distribusi Weibul serta yang mengikuti fungsi linear terhadap waktu yaitu biaya penyimpanan. Selain itu untuk persediaan *multi item* dikembangkan oleh (Wang, 2011) yang mempertimbangkan faktor laju kerusakan dan kapasitas penyimpanan gudang. Untuk persediaan *continuous review* dikembangkan oleh (Dutta, 2012) yang mempertimbangkan faktor umur produk serta laju permintaan yang bergantung pada jumlah persediaan.

Tabel 2. 1 Penelitian Terdahulu

No	Judul Jurnal	Penulis	Fokus Kajian (Tujuan)	Model yang Dihasilkan	Hasil Penelitian
1	Blood supply chain network design under uncertainty in supply and demand considering social aspects	Reza Ramezani, Zahra Behboodi (2017)	untuk meningkatkan utilitas dan meningkatkan pendonor	$\min \sum_j f_j X_j$ $+ \sum_j \sum_l \sum_t V_{jlt} Z_{jlt}$ $+ \sum_j \sum_l \sum_t \sum_k a_{jkl} Q_{ijkt}$ $+ \sum_t \sum_k h_k I_{kt}$ $+ \sum_t \sum_k S_k \delta_{kt}$	utilitas dipertimbangkan dari sudut pandang donor darah dan karena pendonor darah maka dipertimbangkan jarak antara satu fasilitas dengan fasilitas lainnya.
2	Development of a discrete event simulation model for evaluating strategies of red blood cell provision following mass casualty	Simon M. Glasgowa, Zane B. Perkins, Nigel R. M. Tai b, Karim Brohi a, Christos Vasilakis (2018)	Untuk mengembangkan model yang dengan sasaran meningkatkan 'tingkat persediaan' dalam sistem transfusi dan meningkatkan hasil terhadap kejadian di masa depan.	$\sum_{j=1}^{T_i} (C_{ij} - R_{ij}), \quad i = 1, \dots, n$	kinerja model yang akan diukur = pertama tingkat persediaan darurat O sel darah merah habis (ukuran pengganti ketidakmampuan rumah sakit untuk terus menerima pasien mengingat bahwa tidak ada perawatan yang dapat menyelamatkan hidup dapat diberikan kepada korban pendarahan ketika persediaan sel darah merah O habis, kedua persentase korban perdarahan P1 (prioritas 1) dan P2 (prioritas 2) yang menerima tingkat transfusi yang diperlukan dalam

No	Judul Jurnal	Penulis	Fokus Kajian (Tujuan)	Model yang Dihasilkan	Hasil Penelitian
3	Performan ce analysis of a university hospital blood laboratory via discrete event simulation	Deniz Kadi , Yusuf Kuvvetli and Selcxuk Cxolak (2016)	untuk melakukan aplikasi simulasi pada laboratorium darah	$n_i^*(\gamma)$ $= \left\{ i \right.$ $\geq n: \frac{t_{i-1, 1-\alpha/2, \sqrt{S^2/i}}}{ \bar{X}(n) }$ $\leq \gamma^I$	waktu yang dialokasikan oleh kategori mereka (dalam satu jam untuk P1 dan empat jam untuk P2) simulasi yang dilakukan terdapat 4 tahap yang berbeda= pertama pengambilan darah, kedua pencatatan dan persiapan, ketiga pengujian darah, keempat keluar dari sistem
4	Efficiency improvement of blood supply chain system using Taguchi method and dynamic simulation	Seyed Mojib Zahraee, Jafri Mohd Rohani, Alireza Firouzi, Ataollah Shahpanah (2015)	menerapkan simulasi dinamis dan metode Taguchi dalam merancang sistem rantai pasok darah yang kuat untuk meningkatkan efisiensi.	$Z = -10 \text{Log} \frac{\sum_{i=1}^n \frac{1}{y_i^2}}{n}$	faktor-faktor yang ditentukan adalah faktor yang tidak bisa dikontrol yaitu permintaan. Sedangkan faktor yang terkontrol adalah tingkat kedatangan pendonor, tingkat persediaan maksimum dan minimum, dan kebijakan dilaam pengiriman darah
5	Optimizati on of blood supply chain with shortened shelf lives	Qinglin Duan, T. War ren Liao (2014)	mengoptimal kan tingkat pemesanan sel darah merah serta kebijakan	$S_{max} =$ $max_y \left\{ \frac{\sum_{x=0}^y (y-x)p(x, C)}{y} \right.$ $\leq \beta \left. \right\}$	terdapat skenario dalam penelitian ini = pertama tidak ada substitusi yang kompatibel dengan golongan darah ABO, kedua substitusi golongan

No	Judul Jurnal	Penulis	Fokus Kajian (Tujuan)	Model yang Dihasilkan	Hasil Penelitian
6	and ABO compatibility A game-based approach towards facilitating decision making for perishable products: An example of blood supply chain	Korina Katsaliaki , Navonil Mustafee , Sameer Kumar (2014)	pada sistem rantai pasokan pusat darah di satu rumah sakit tunggal Untuk menyinkronkan permintaan dan pasokan darah dan memaksimalkan nilai dari keseluruhan rantai pasok	$S_H(i, d)$ $= S_H(i, d - 1)$ $+ I_{NBS}(i, d - 1) - T(i, d - 1)$	darah ABO yang dapat kompatibel hanya dirumah sakit, ketiga substitusi golongan darah ABO yang dapat kompatibel di rumah sakit dan blood center terdapat 3 kebijakan = pertama menetapkan stok sesuai permintaan, kedua menetapkan stok sesuai permintaan dengan cara menyesuaikan pengumpulan darah, ketiga tetapkan stok secara kolektif
7	Simulation - optimization model for production planning in the blood supply chain	Andres F. Osorio, Sally C. Brailsford, Honora K. Smith, Sonia P. Forero-Matiz, Bernardo A. Camacho-Rodríguez (2016)	model simulasi optimasi untuk mendukung keputusan strategis dan operasional dalam perencanaan produksi rantai pasok darah.	$Min W$ $= \sum_{i \in I} \sum_{k \in K} \sum_{t \in T} E_k X_{ikt}$ $+ Q \sum_{t \in T} \sum_{p \in P} e_{pt}$ $+ L \sum_{t \in T} \sum_{j \in J} y_{jt}$ $+ Z \sum_{t \in T} \sum_{i \in I} \delta_{it}^+$	skenario yang dibangun = pertama blood center dapat mengumpulkn jumlah donor yang optimal, berdasarkan golongan darah dan metode pengumpulan, kedua blood center dapat mengumpulkan jumlah donor yang optimal tetapi hanya berdasarkan metode pengumpulan darah, ketiga blood center hanya dapat

No	Judul Jurnal	Penulis	Fokus Kajian (Tujuan)	Model yang Dihasilkan	Hasil Penelitian
8	A two-stage stochastic programming model for inventory management in the blood supply chain	Mary Dillonn, Fabricio Oliveira, Babak Abbasi (2017)	Model pemrograman stokastik dua tahap untuk menentukan periode yang optimal dalam manajemen persediaan sel darah merah dan untuk meminimalkan biaya operasional,	$\text{Min } z = \sum_{\rho} O_{\rho} v_{\rho} \sum_{\xi} P(\xi) [\sum_{\rho, \beta} (H_{\rho} T_{\rho} f(\xi)_{\rho, \beta} + K_{\rho} e(\xi)_{\rho, \beta} + \sum_{\beta'} Q_{\beta', \beta} P(\xi)_{\rho, \beta', \beta})]$	<p>mengontrol jumlah optimal darah untuk setiap metode pengumpulan</p> <p>Model dapat mengoptimalkan kuantitas persediaan darah serta dapat meminimasi total biaya operasional yang dikeluarkan berdasarkan beberapa skenario yang dibangun.</p>

2.2 Palang Merah Indonesia (PMI)

Palang merah Indonesia menurut Agustin (2004) terdiri dari PMI Pusat, PMI DATI I (provinsi) dan PMI DATI II (kabupaten/kota) adalah suatu lembaga yang bertanggungjawab dan berwenang mengelola persediaan darah di Indonesia. Mulai dari pengumpulan darah, produksi, penyimpanan dan pengeluaran darah untuk kebutuhan pasien.

Lembaga Swadaya Masyarakat (LSM) dan Unit kegiatan mahasiswa (UKM) berkoordinasi dengan PMI DATI II secara sukarela guna membantu penyediaan darah melalui kegiatan-kegiatan sosial. Setiap permintaan darah harus atas permintaan dokter yang menangani pasien. Idealnya setiap rumah sakit memiliki bank darah (BDRS) agar dapat memenuhi permintaan pasien di rumah sakit tersebut.

Pihak atau orang yang menyumbangkan darahnya secara sukarela disebut pendonor. Sedangkan orang yang menerima darah disebut pasien atau resipien. Beberapa kategori pendonor antara lain adalah pendonor reguler yaitu pendonor yang secara reguler 2 atau 3 bulan sekali mendonorkan darahnya ke PMI. Pendonor pengganti yaitu pendonor yang mendonorkan darahnya untuk pasien yang sudah ditentukan, biasanya adalah keluarga resipien. Pendonor wajib adalah pendonor yang wajib mendonorkan darahnya secara reguler, karena menderita suatu penyakit misalnya *Hermachromatir* yaitu suatu penyakit kelebihan penyerapan zat besi dalam darah, oleh karena itu jika tidak dilakukan donor maka akan memincu kerusakan bagian dalam dari organ tubuh. Pendonor insidental adalah pendonor yang hanya sesekali saja mendonorkan darahnya misalnya pada saat kegiatan-kegiatan sosial.

Mengacu pada peraturan Menteri Kesehatan No. 91 tahun 2015 terdapat beberapa persyaratan yang harus dipenuhi pendonor, antara lain adalah sebagai berikut:

1. Usia pendonor minimal 17 tahun (bagi pendonor yang pertama kali mendonorkan darah dengan usia lebih dari 60 tahun dan pendonor ulang dengan usia lebih dari 65 tahun, dapat menjadi pendonor dengan pertimbangan medis terkait kondisi kesehatannya).
2. Berat badan pendonor darah lengkap minimal 45 kilogram untuk penyumbang darah 350 cc.
3. Tekanan darah sistolik antara 90 hingga 160 mmHg. Diastolik antara 60 hingga 100 mmHg. Dan perbedaan sistolik dengan diastolic lebih dari 20 mmHg.
4. Denyut nadi pendonor antara 50 hingga 100 kali per menit dan teratur.

5. Suhu tubuh berkisar 36.5-37.5 derajat celsius.
6. Hemoglobin antara 12.5 hingga 17 g/dL.
7. Interval sejak penyumbangan terakhir kurang lebih 2 bulan.
8. Tidak sedang minum obat atau alkohol.
9. Tidak menderita penyakit Hepatitis B, hepatitis C, sifilis dan HIV.

2.3 Produk Darah

Cohen M. d. (1974) mengingatkan bahwa darah mempunyai karakteristik *perishable product* dengan *lifetime* tetap. *Perishable product* mempunyai *lifetime* yang memiliki batasan usia penggunaan, setelah itu harus dibuang (Federgruen. G., 1986). Rytälä (2006) menyatakan darah terdiri dari beberapa komponen (sel darah merah, beberapa jenis sel darah putih, platelet plasma) yang beberapa diantaranya diekstraksi dari *whole blood*. Masing2 komponen memiliki fungsi tersendiri dalam tubuh manusia dan mempunyai kegunaan yang berbeda dalam pengobatan medis pasien. Sel darah merah digunakan untuk pasien bedah atau korban kecelakaan yang kehilangan banyak darah anemia dan bayi prematur. Platelet digunakan untuk pasien kanker dan pasien bedah atau korban kecelakaan yang kehilangan banyak darah. Fresh frozen plasma digunakan untuk pasien bedah atau korban kecelakaan yang kehilangan banyak darah, pengobatan penyakit hati dan luka bakar

Pada umumnya produk yang dipakai dalam penelitian adalah Whole Blood dan PRC karena kedua produk tersebut merupakan bagian mayor dari donasi dan transfusi darah (Whitaker, 2007). Seperti dikatakan oleh Hardianti (2012) untuk *Packed Red Cells* (PRC) rata-rata umurnya adalah 35 hari jika dalam penyimpanan bersuhu $4 \pm 2^{\circ}\text{C}$

Jenis komponen darah yang biasa menjadi fokus pelayanan unit transfusi darah menurut (Suranto, 2011) adalah sebagai berikut:

1. Darah Lengkap/ Whole Blood (DL, WB)
 - a. Darah Segar (WB kurang 48 jam)
 - b. Darah Baru (WB kurang 6 hari)
 - c. Darah Biasa
2. Suspensi Sel Darah Merah/ PRC
 - a. PRC Biasa (PRC)
 - b. PRC Cuci (WE, *Washed Erythrocyte*)

- c. PRC Miskin Leukosit (PRC *leukodepleted*)
- 3. Sispensi trombosit / TC
- 4. Plasma Biasa
- 5. Faktor Pembekuan
 - a. AHF (*antihemofilia*)
 - b. Plasma segar beku (FFP)

Suranto (2011) juga menyebutkan adanya pelakuan darah khusus yang biasa diberikan UTD seperti:

1. Darah heparin, untuk pasien yang akan menjalani *open heart surgery*.
2. Darah/komponen darah untuk neonates/pediatric dalam kemasan *pediatric bag*.
3. Apheresis donasi, apheresis platelet dan *apheresis red cell*
4. Apheresis terapeutik untuk pasien pediatri

2.4 Masa Simpan Komponen Darah

Darah mempunyai standar penyimpanan dan aturan dimana darah dikelola dengan serius, adapun standar penyimpanan komponen darah agar darah tidak cepat rusak.

Tabel 2. 2 Tabel Masa Simpan Komponen Darah

No	Jenis Komponen	Singkatan	Masa Simpan	Suhu	Tempat
1	<i>Whole Blood</i>	WB	30 hari	4±2°C	<i>Blood Bank</i>
2	<i>Packed Red Cell</i>	PRC	30 hari	4±2°C	<i>Blood Bank</i>
3	<i>Platelet Rich Plasma</i>	PRF	24 jam	4±2°C	<i>Blood Bank</i>
4	<i>Platelet Concentrat</i>	TC	5 hari	22±2°C	<i>Platelet Agligator</i>
5	<i>Fresh Frozen Plasma</i>	FFP	12 bulan	-30/20°C	<i>Frezzer</i>
6	<i>Ffp Dicairkan</i>	FFP	4 jam	4±2°C	<i>Blood Bank</i>
7	<i>Cryo Reccipitat</i>	AHF	6 bulan	4±2°C	<i>Frezzer</i>
8	<i>Ahf Dicairkan</i>	AHF	4 jam	4±2°C	<i>Blood Bank</i>
9	<i>Liquid Plasma</i>	LP	35 hari	4±2°C	<i>Blood Bank</i>
10	<i>Buffycoat</i>	BC	24 jam	4±2°C	<i>Blood Bank</i>

Sumber : PMI cabang Kota Yogyakarta

2.5 Penyediaan Darah

Darah merupakan elemen yang paling penting dalam tubuh. Tanpa adanya darah, manusia tidak akan dapat hidup. Darah manusia adalah cairan jaringan tubuh. Fungsi utamanya adalah mengangkut oksigen yang diperlukan oleh sel-sel di seluruh tubuh. Darah juga menyuplai jaringan tubuh dengan nutrisi, mengangkut zat-zat sisa metabolisme, dan mengandung berbagai bahan penyusun sistem imun yang bertujuan mempertahankan tubuh dari berbagai penyakit.

Landsteiner adalah orang yang menemukan 3 dari 4 golongan darah dalam ABO system pada tahun 1900 dengan cara memeriksa golongan darah beberapa teman sekerjanya. Kesimpulan dari penelitiannya tersebut ialah terdapat dua macam antigen A dan B di sel darah merah yang disebut golongan A dan B, atau sama sekali tidak ada reaksi yang disebut golongan O. Pada tahun 1901 Von Decastello dan Sturli menemukan golongan darah AB. Von Decastello dan Sturli menemukan golongan darah AB di mana kedua antigen A dan B ditemukan secara bersamaan pada sel darah merah sedangkan pada serum tidak ditemukan *antibody*.

Penelitian kedua orang tersebut menghasilkan kesimpulan bahwa golongan darah manusia dibagi menjadi 4 golongan yaitu A, B, O, AB. Setiap manusia hanya mempunyai 1 jenis golongan darah. Golongan darah seseorang tidak akan pernah berubah dari lahir hingga dia meninggal dan tidak dapat dicampur. Seseorang yang memerlukan darah bergolongan A maka darah yang ditransfusikannya harus berasal dari golongan yang sama. Tubuh penerima akan mengalami kerusakan apabila darah yang ditransfusikannya berbeda.

Melalui uraian di atas maka penyediaan darah mutlak dilakukan sebagai langkahantisipasi kehabisan stok darah mengingat peran darah dalam tubuh manusia sangat vital serta resiko yang ditimbulkan apabila darah yang ditransfusikan kepada pasien berbeda golongan.

2.6 Permintaan Persediaan Darah

Unit Donor Darah adalah ujung tombak pemerintah dalam melakukan pelayanan darah kepada masyarakat. Setiap pasien yang membutuhkan darah pasti akan mendatangi Unit Donor Darah Cabang (UDDC) yang terdekat dengan rumah sakit tempatnya dirawat. Persediaan darah yang ada di UDDC terkadang melimpah akan tetapi pada saat ada

permintaan darah, permintaan tersebut tidak dapat terpenuhi. Hal ini terjadi karena apabila melihat data persediaan berdasarkan golongan darah maka akan terlihat bahwa ada golongan darah yang tidak tersedia walaupun secara keseluruhan persediaan darah melimpah.

Permintaan darah dalam setiap bulannya tidak pernah menentu. Terkadang dalam satu bulan permintaan darah tidak mencapai 100 kantong darah namun pada bulan berikutnya permintaan darah dapat melebihi 100 atau bahkan sampai dengan 300 kantong darah. Pada saat-saat tertentu darah yang diminta banyak berasal dari golongan O sedangkan permintaan akan golongan A, B serta AB kurang. Sebaliknya pada waktu-waktu tertentu darah yang diminta banyak yang berasal dari golongan A serta B namun yang tersedia di UDDC adalah golongan O dan AB sehingga permintaan darah tersebut tidak dapat terpenuhi. Waktu permintaan darah yang paling banyak adalah saat musim penghujan dan banyak wabah demam berdarah. Pada bulan-bulan tersebut dapat dipastikan permintaan darah meningkat. Permintaan darah juga meningkat pada saat hari raya lebaran, natal serta tahun baru karena berhubungan dengan angka kecelakaan yang melonjak dengan tajam.

2.7 Manajemen Persediaan

Tujuan utama manajemen persediaan adalah menentukan jumlah barang yang akan disimpan dengan tepat. Persediaan harus diatur sedemikian rupa sehingga proses bisnis perusahaan tetap stabil dalam kondisi apapun, namun tetap memperhatikan jumlah barang yang disimpan agar biaya investasi yang dikeluarkan akibat penyimpanan tidak merugikan perusahaan. Persediaan dalam jumlah besar cukup menguntungkan perusahaan karena tidak perlu khawatir ketika terjadinya lonjakan harga akibat inflasi, namun disisi lain biaya investasi akan meningkat. Biaya yang timbul bukan hanya akibat pembelian barang, namun juga akibat penyimpanan barang dalam jangka waktu yang lama di dalam gudang. Setiap perusahaan menginginkan biaya investasi yang dikeluarkannya seminimal mungkin namun mendapat keuntungan semaksimal mungkin. Salah satu caranya dengan meminimalkan persediaan. Manajemen persediaan dibutuhkan untuk mencapai dua tujuan tersebut, memiliki persediaan untuk pengamanan proses bisnis perusahaan dan meminimalkan biaya investasi yang dibutuhkan.

2.8 Definisi Persediaan

Menurut Ma'arif (2003) persediaan adalah suatu aktiva yang meliputi barang-barang milik perusahaan dengan maksud untuk dijual dalam suatu periode usaha atau barang-barang yang masih dalam proses produksi ataupun persediaan bahan baku yang masih menunggu untuk digunakan dalam suatu proses produksi.

Selain itu persediaan juga merupakan bahan-bahan yang disediakan dan bahan-bahan dalam proses yang terdapat dalam perusahaan untuk proses produksi serta barang-barang jadi atau produk yang disediakan untuk memenuhi permintaan dari konsumen atau pelanggan setiap waktu (Rangkuti, 2007).

Persediaan tidak hanya merupakan barang jadi yang sudah diproduksi oleh perusahaan, namun juga bahan baku ataupun barang yang masih dalam proses produksi. Persediaan ini diperlukan untuk memastikan bahwa proses produksi akan tetap berjalan sehingga perusahaan tidak mengalami penghentian proses produksi. Terkadang perusahaan menghentikan proses produksinya karena tidak adanya persediaan bahan baku. Hal tersebut mengakibatkan sebagian besar perusahaan membagi investasinya sebesar 50% hanya untuk mencukupi kebutuhan persediaannya saja.

2.9 Alasan dan Fungsi Persediaan

Alasan dilakukannya persediaan pada beberapa perusahaan meliputi beberapa hal yaitu (Rangkuti, 2007):

1. Menghilangkan risiko keterlambatan datangnya barang atau bahan-bahan yang dibutuhkan perusahaan.
2. Menghilangkan risiko dari materi yang dipesan berkualitas tidak baik sehingga harus dikembalikan.
3. Untuk mengantisipasi bahan-bahan yang dihasilkan secara musiman sehingga dapat digunakan bila bahan itu tidak ada di pasaran.
4. Mempertahankan stabilitas operasi perusahaan atau menjamin kelancaran arus produksi.
5. Mencapai penggunaan mesin yang optimal.
6. Memberikan pelayanan kepada pelanggan dengan sebaik-baiknya dimana keinginan pelanggan pada suatu waktu dapat dipenuhi dengan memberikan jaminan tetap tersedianya barang jadi tersebut.

7. Membuat pengadaan atau produksi tidak perlu sesuai dengan penggunaan atau penjualannya.

Menurut Rangkuti (2007) fungsi persediaan dibagi menjadi 3 kelompok yaitu :

1. Fungsi *Decoupling*

Persediaan yang memungkinkan perusahaan untuk memenuhi permintaan pelanggan tanpa bergantung pada supplier. Persediaan diadakan untuk menghadapi fluktuasi permintaan konsumen yang tidak dapat diperkirakan atau diramalkan (*fluctuation stock*).

2. Fungsi *Economic Lot Sizing*

Persediaan dilakukan sebagai upaya penghematan atau potongan pembelian. Pembelian dalam jumlah besar akan menurunkan biaya operasional yang dibebankan pada tiap unit produknya. Biaya yang dapat dikurangi karena pembelian dalam kuantitas yang besar seperti biaya pengangkutan, tetapi dapat menimbulkan biaya persediaan, seperti: biaya sewa gudang, investasi, risiko dan lain-lain.

3. Fungsi Antisipasi

Persediaan dilakukan untuk menghadapi fluktuasi permintaan yang dapat diperkirakan berdasarkan pengalaman atau data historis perusahaan. Selain itu persediaan juga dilakukan untuk menghadapi ketidakpastian jangka waktu pengiriman. Perusahaan memerlukan persediaan ekstra yang disebut persediaan pengaman (*safety stock*).

Selain itu penyebab timbulnya persediaan menurut Ma'arif dan Hendri (2003) adalah:

1. Mekanisme pemenuhan atas permintaan. Permintaan terhadap suatu barang tidak dapat dipenuhi seketika bila barang tersebut tidak tersedia sebelumnya. Pembuatan serta pengiriman barang tersebut memerlukan waktu. Persediaan merupakan hal yang sulit dihindarkan.
2. Keinginan untuk meredam ketidakpastian. Ketidakpastian terjadi akibat permintaan yang bervariasi sedangkan jumlah maupun waktu kedatangan serta waktu pembuatan yang cenderung tidak konstan antara satu produk dengan produk berikutnya dan waktu tenggang (*lead time*) yang cenderung tidak pasti karena banyak faktor yang tidak dapat dikendalikan. Hal-hal tersebut dapat diantisipasi dengan mengadakan persediaan.
3. Keinginan melakukan spekulasi yang bertujuan mendapatkan keuntungan besar dari kenaikan harga pada masa mendatang.

2.10 Inventori Tak Tentu (*Uncertainly*)

Inventori tak tentu (*uncertainty*) adalah sistem inventori dimana karakteristik fenomenanya tidak diketahui secara lengkap, atau secara statistik karakteristik parameter populasinya diketahui hanya sebagian. Oleh karena dalam kondisi tak tentu, perencanaan inventori untuk jangka panjang sangat sulit untuk dilakukan maka biasanya horizon waktu perencanaannya sangat pendek dan tidak diperlukan pemesanan ulang. Pemesanan ulang tidak diperlukan diantaranya dikarenakan (Bahagia, 2003) :

- Musim penjualan berakhir sangat singkat, misalnya penjualan paket lebaran, pohon natal.
- Barang tidak diproduksi lagi karena telah mengalami perubahan model atau teknologi.
- Biaya yang dikeluarkan untuk pemesanan ulang sangat mahal.

Menurut Bahagia (2003) karena pesanan hanya dapat dilakukan sekali, maka ukuran pemesanan menjadi hal yang esensial dan merupakan persoalan utama. Apabila terdapat kelebihan inventori pada inventori tak tentu kelebihan tersebut tidak dapat digunakan lagi sehingga dijual dengan harga obral karena fungsinya menurun. Permasalahan inventori tak tentu dapat dikelompokkan menjadi dua, yaitu:

1. Inventori tak tentu beresiko terkendali

Inventori tak tentu beresiko terkendali adalah persoalan inventori tak tentu dimana karakteristik parameter permintaan hanya dilengkapi dengan informasi tentang jumlah dan kemungkinan terjadinya permintaan tersebut tanpa dilengkapi dengan pengetahuan tentang pola distribusi kemungkinan teoritisnya.

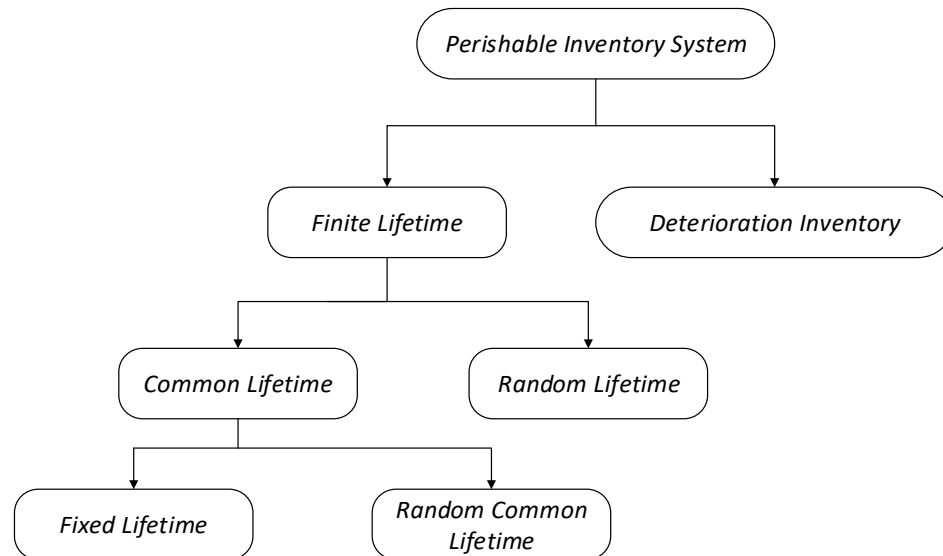
2. Inventori tak tentu beresiko tak terkendali

Inventori tak tentu beresiko tak terkendali merupakan inventori tak tentu dimana informasi mengenai permintaan diketahui hanya sebagian saja (misal hanya diketahui ekspektasinya) atau sama sekali tidak diketahui karakteristik parameter populasinya. Inventori jenis ini sering juga disebut dengan inventori murni tak tentu.

2.11 Sistem Persediaan untuk Bahan Tidak Tahan Lama

William dan Putuwo dalam Wienda (2009) menjelaskan bahwa persediaan untuk barang tidak tahan lama (*perishable inventory*) merupakan suatu bagian penting dari teori umum persediaan, kadang-kadang teori ini lebih sulit di analisis. *Perishability* merupakan suatu fenomena yang luas yang ada diberbagai sektor. Di supermarket, beberapa jenis makanan

segar harus dapat dijual sebelum masa kadaluarsanya yang biasanya tertera dilabel, ditoko obat, obat harus digunakan sebelum masa kadaluarsa, dan darah yang bersifat tidak tahan lama dengan variasi umur 6 jam untuk darah putih dan 21 hari sampai 35 hari untuk darah merah.



Gambar 2. 1 Klasifikasi Sistem Persediaan Tidak Tahan Lama

Fogarty dalam Crisandi (2009) mengemukakan bahwa *perishable product* merupakan produk yang dapat rusak apabila telah mencapai umur hidupnya atau telah melewati ketahanan dari item tersebut. *Perishable product* memerlukan penanganan khusus baik dalam hal penyimpanan, persiapan, penampilan dan pemeliharannya. *Perishable product* dapat meliputi susu, telur, buah-buahan, sayuran, dan roti. Perusahaan yang menjual kebutuhan atau produk dengan karakteristik *perishable* seringkali mengalami masalah ketika persediaan kebutuhan tersebut ada yang bersisa, hal ini dikarenakan produk yang berlebih tersebut seringkali dianggap memiliki kualitas yang lebih rendah dibandingkan dengan produk baru.

2.12 Safety Stock

Merupakan persediaan minimal yang harus ada agar perusahaan dapat berjalan normal. Semakin besar *safety stock* maka perusahaan kemungkinan khabisan persediaan akan semakin kecil.

Safety stock adalah istilah yang digunakan oleh spesialis persediaan untuk menggambarkan tingkat stok tambahan yang dipertahankan di bawah siklus saham untuk penyangga terhadap *stockouts*. *Safety Stock* (juga disebut *Buffer Stock*) ada untuk menghadapi ketidakpastian dalam penawaran dan permintaan. *Safety stock* didefinisikan sebagai unit tambahan persediaan dibawa sebagai perlindungan terhadap kemungkinan *stockouts* (kekurangan bahan baku atau kemasan). Dengan memiliki jumlah yang memadai *safety stock* di tangan, sebuah perusahaan dapat memenuhi permintaan penjualan yang melebihi perkiraan permintaan mereka tanpa mengubah rencana produksi mereka. Hal ini diadakan ketika suatu organisasi tidak dapat secara akurat memprediksi permintaan atau tenggang waktu untuk produk. Ini berfungsi sebagai asuransi terhadap *stockouts*.

Dengan produk baru, *safety stock* dapat dimanfaatkan sebagai alat strategis sampai perusahaan dapat menilai seberapa akurat ramalan mereka adalah setelah beberapa tahun pertama, terutama bila digunakan dengan perencanaan kebutuhan material *worksheet*. Yang kurang akurat peramalan, yang lebih *safety stock* diperlukan. Dengan perencanaan kebutuhan material (MRP) lembar sebuah perusahaan dapat menilai berapa banyak mereka akan perlu untuk memproduksi untuk memenuhi permintaan penjualan diperkirakan tanpa mengandalkan *safety stock*. Namun, strategi yang umum adalah untuk mencoba dan mengurangi tingkat persediaan pengaman untuk membantu menjaga biaya persediaan rendah sekali permintaan produk menjadi lebih diprediksi. Ini dapat sangat penting bagi perusahaan dengan keuangan yang lebih kecil bantal atau mereka yang berusaha untuk berjalan di *lean manufacturing*, yang bertujuan untuk menghilangkan pemborosan seluruh proses produksi.

Jumlah *safety stock* disebuah organisasi memilih untuk terus di tangan dapat secara dramatis mempengaruhi bisnis mereka. Terlalu banyak *safety stock* dapat mengakibatkan biaya tinggi memegang persediaan. Selain itu, produk yang disimpan terlalu lama dapat merusak, kedaluarsa, atau istirahat selama proses pergudangan. Terlalu sedikit *safety stock* dapat mengakibatkan kehilangan penjualan dan, dengan demikian, yang lebih tinggi tingkat perputaran pelanggan. Akibatnya, menemukan keseimbangan yang tepat antara terlalu banyak dan terlalu sedikit *safety stock* adalah sangat penting.

2.13 Optimasi

Optimasi adalah salah satu disiplin ilmu dalam matematika yang fokus untuk mendapatkan nilai minimum atau maksimum secara sistematis dari suatu fungsi, peluang maupun pencarian nilai lainnya dalam berbagai kasus. Optimasi sangat berguna di hampir segala bidang dalam rangka melakukan usaha secara efektif dan efisien untuk mencapai target hasil yang ingin dicapai. Tentunya hal ini akan sangat sesuai dengan prinsip ekonomi yang berorientasikan untuk senantiasa menekan pengeluaran untuk memberikan hasil output yang maksimal.

Banyak cara yang dapat dilakukan dalam menyelesaikan masalah untuk memberikan hasil output yang maksimal. Sistem optimasi ini umumnya mengacu kepada teknik program matematika yang biasanya membahas atau mengacu kepada jalannya program penelitian (*research programming*) tentang masalah yang sedang dihadapi. Teknik ini diharapkan dapat memberikan solusi yang terbaik dari hasil keputusan yang telah diambil dari permasalahan yang sedang dihadapi tersebut. Teknik optimasi digunakan untuk memberikan hasil terbaik dari hal yang terburuk atau hal yang terbaik, tergantung masalah yang dihadapi. Hasil optimasi mungkin hasil tertinggi (misalnya keuntungan) atau hasil terendah (misalnya kerugian). Optimasi memerlukan strategi yang bagus dalam mengambil keputusan agar diperoleh hasil yang optimum. Penyelesaian suatu permasalahan optimasi akan lebih mudah bila masalah ini diubah dalam bentuk persamaan matematika dan kemudian diselesaikan dengan menggunakan teknik pemrograman matematika.

2.14 Simulasi

Untuk merumuskan model stokastik pada sebuah sistem yang kompleks, perlu adanya pertimbangan yang baik dalam menentukan model tiruan sistem nyata dan analisis matematika mana yang dapat dikerjakan. Oleh karena itu, tidak akan ada hasil apapun yang diperoleh dalam memilih model yang sangat sesuai dengan sistem yang diteliti jika model tersebut tidak dapat dianalisis secara matematis. Dewasa ini, metode yang digunakan dalam memilih model yang bersesuaian dengan sistem nyata dengan teknik analisis matematis yang mumpuni adalah simulasi. Dalam kacamata statistikawan, simulasi merupakan metode kuantitatif dengan kunci utamanya adalah keacakan, di mana dalam menganalisis suatu sistem, pendekatannya menggunakan sebuah algoritma (Thompson, 2000).

Selain itu, Harrel (2004) mengatakan bahwa simulasi didefinisikan sebagai sebuah sistem dinamik yang menggunakan model komputer dengan tujuan untuk mengevaluasi dan meningkatkan kinerja sistem.

Selanjutnya, Harrel (2004) mengutip dari Schriber (1987) dengan mengungkapkan bahwa simulasi adalah pemodelan sebuah proses atau sistem sedemikian rupa model yang dibentuk dapat menyerupai bentuk sistem nyata berdasarkan kejadian-kejadian yang berlangsung dari waktu ke waktu.

Simulasi hampir selalu dilakukan sebagai bagian dari proses yang lebih besar dari desain sistem atau pengembangannya. Simulasi pada dasarnya merupakan sebuah alat eksperimen di mana model komputer dari sistem baru atau dari yang sudah ada dibuat dengan tujuan melakukan sebuah penelitian.

2.14.1 Karakteristik Simulasi

Simulasi merupakan metode dengan menghindari teknik trial dan proses mahal yang memakan waktu. Dengan menggunakan bantuan komputer untuk memodelkan, maka model imitasi dapat menyerupai sistem nyata.

Kekuatan simulasi terletak dalam hal menyediakan metode analisis yang tidak hanya bersifat formal dan prediktif, tapi juga dapat memprediksi secara akurat bagaimana kinerja sebuah sistem yang kompleks sekalipun.

Adapun karakteristik simulasi yang menjadikannya sebagai alat pembuat keputusan yang kuat dapat dijelaskan di bawah ini:

1. Mengidentifikasi ketergantungan dalam sistem
2. Bersifat fleksibel untuk jenis sistem manapun
3. Menunjukkan perilaku terhadap waktu
4. Tidak memakan banyak biaya, banyak waktu dan *error* yang lebih besar dibandingkan dengan metode kuantitatif lain
5. Menghasilkan informasi pada pengukuran beberapa kinerja sistem
6. Menghasilkan analisis yang mudah dipahami dan dijelaskan

2.14.2 Tahapan Simulasi

Untuk melakukan simulasi ada beberapa elemen prosedur atau tahapan simulasi yaitu (Kelton, 2008):

1. Memformulasikan Masalah

Pertamkali mencoba mengetahui garis besar dari suatu system. Pada tahapan ini ini perlu mengetahui masalah yang ada, objek yang menjadi fokus analisa variabel yang terlibat, hal-hal yang menjadi kendala dan ukran perfomansi yang akan di capai.

2. Mengumpulkan Data

Data penunjang sistem dikumpulkan selanjutnya diinput setelah penyusunan model.

3. Memilih *Software* dan Mengembangkan Model

Tahap ini model mulai disusun dan dikembangkan dangan cara dan bahasa yang sesuai dengan *software* yang diinginkan.

4. Melakukan Verifikasi dan Validasi Model

Verifikasi merupakan suatu langkah bahwa model berlaku benar sesuai dengan konsep, asumsi yang dibuat dan diterjemahkan secara benar kedalam bahasa *softwarena*. Verifikasi dilakukan dengan cara meneliti jalannya simulasi untuk setiap bagian model. Sedangkan validasi adalah tahap untuk memastikan bahwa model benar – benar mempersentasikan sistem nyata dan dapat digunakan untuk pembelajaran sistem tersebut.

2. Melakukan Analisis dengan Eksplorasi Model

System dapat dianalisis memalui model yang telah valid. Pada system yang bersifat terbuka, dimungkinkan melaukan eksplorasi model dengan melakukan kondisi input maupun keadaan lainnya.

3. Melakukan Eksperimen Optimasi Model

Pada tahapan ini output simulasi perilaku system dan analisisnya diteliti dan dilakukan eksperimen untuk menjawab pertanyaan formulasi permasalahannya. Dengan demikian didapat gambaran optimal system melalui model yang di jadikan pertimbangan untuk perbaikan system nyata.

4. Mengimplementasikan Hasil Simulasi

Hasil simulasi perlu di sampaikan pada manajemen sebagai masukan perbaikan system. Implementasi hasil simulasi dalam system nyata perlu terus dikontrol atau perlu menjadi masukan lagi bagi analisa agar dapat terjadi kesinambungan dalam optimasi system.

2.14.3 Model-model Simulasi

Model-model simulasi yang ada dapat dikelompokkan ke dalam beberapa penggolongan, antara lain adalah model stokastik atau probabilistik, model deterministik, model statik, model dinamik, dan model heuristik. Model stokastik adalah kebalikan dari model deterministik, dan model statik adalah kebalikan dari model dinamik (Subagyo, 2000)

1. Model Simulasi Stokastik

Model ini disebut juga sebagai model simulasi Monte Carlo. Di dalam proses stokastik sifat-sifat keluaran (*output*) dari proses ditentukan berdasarkan, dan merupakan hasil dari konsep random (acak). Meskipun *output* yang diperoleh dapat dinyatakan dengan rata-rata, namun kadang-kadang ditunjukkan pula pola penyimpangannya.

2. Model Simulasi Deterministik

Model ini tidak memperhatikan unsur random, sehingga pemecahan masalahnya menjadi lebih sederhana. Contoh aplikasi dari model ini adalah dalam *dispatching*, *line balancing*, *sequencing*, dan *plant layout*.

3. Model Simulasi Dinamik dan Statik

Model simulasi dinamik adalah model yang memperhatikan perubahan- perubahan nilai dari variabel-variabel yang ada jika terjadi pada waktu yang berbeda. Tetapi model statik tidak memperhatikan perubahan-perubahan ini. Contoh dari model simulasi yang statik ini adalah *line balancing* dan *plant layout*. Dalam perencanaan *layout* tentu saja diperlukan syarat keadaan- keadaan lain bersifat statik. Sedang contoh dari model dinamik adalah sistem persediaan, *job shop model*, dan sebagainya.

4. Model Simulasi Heuristik

Model simulasi heuristik adalah model yang dilakukan dengan cara coba-coba, kalau dilandasi suatu teori masih bersifat ringan, langkah perubahannya dilakukan berulang-ulang, dan pemilihan langkahnya bebas, sampai diperoleh hasil yang lebih baik, tetapi belum tentu optimal.

Model stokastik adalah kebalikan dari model deterministik, sehingga keduanya bersifat saling meniadakan. Demikian pula hubungan antara model dinamik dengan model statik juga bersifat saling meniadakan. Tetapi salah satu model stokastik atau model deterministik bisa digunakan bersama-sama dengan model dinamik atau dengan model statik.

Model simulasi digunakan karena model analitik mempunyai beberapa keterbatasan, yaitu sebagai berikut:

1. Model analitik

Model analitik tidak mampu menelusuri perangai suatu sistem pada masa lalu dan masa mendatang melalui pembagian waktu. Model analitik hanya memberikan penyelesaian secara menyeluruh, suatu jawab yang mungkin tunggal dan optimal tetapi tidak menggambarkan suatu prosedur operasional untuk masa lebih singkat dari masa perencanaan. Misalnya, penyelesaian persoalan program linier dengan masa perencanaan satu tahun, tidak menggambarkan prosedur operasional untuk masa bulan demi bulan, minggu demi minggu, atau hari demi hari.

2. Model matematika

Model matematika yang konvensional sering tidak mampu menyajikan sistem nyata yang lebih besar dan rumit (kompleks). Sehingga sukar untuk membangun model analitik untuk sistem nyata yang demikian. Walaupun model matematika mampu menyajikan sistem nyata yang kompleks demikian, tetapi bisa jadi tidak mungkin diselesaikan dengan hanya menggunakan teknik analitis yang sudah ada. Seperti sistem pedesaan yang dikaitkan dengan faktor ekonomi, sosial, politik, dan lain-lain.

3. Model analitik

Model analitik terbatas pemakaiannya dalam hal-hal yang tidak pasti dan aspek dinamis (faktor waktu) dari persoalan manajemen.

2.14.4 Monte Carlo

Model Monte Carlo merupakan bentuk simulasi probabilistic dimana solusi dari suatu masalah diberikan berdasarkan proses randomisasi (acak). Proses acak ini melibatkan suatu distribusi probabilitas dari variabel-variabel data yang dikumpulkan berdasarkan data masa lalu maupun distribusi probabilitas teoritis. Bilangan acak digunakan untuk menjelaskan kejadian acak setiap waktu dari variabel acak dan secara berurutan mengikuti perubahan-perubahan yang terjadi dalam proses simulasi.

Simulasi Monte Carlo merupakan simulasi terhadap sampling yang bertujuan untuk mengestimasi distribusi dari variabel output yang bergantung pada beberapa variabel input yang *probabilistic*. Istilah simulasi Monte Carlo pertama digunakan selama masa

pengembangan bom atom yang merupakan nama kode dari simulasi fisi nuklir (*nuclear fission*) (Suryani, 2006). Banyak para peneliti menggunakan istilah ini karena adanya kesamaan dengan game *roulette* dalam kasino terkenal di Monte Carlo, Monaco. Simulasi Monte Carlo sering digunakan untuk evaluasi dampak kebijakan perusahaan dan risiko dalam pembuatan keputusan.

Dalam model simulasi Monte Carlo, harus ada asumsi tentang ketidakpastian input. Ketidakpastian input ini dapat membentuk distribusi probabilitas. Beberapa contoh ketidakpastian input diantaranya adalah jumlah penjualan di masa mendatang, rata-rata pertumbuhan, faktor-faktor inflasi dan waktu antar kedatangan.

Ide dasar dari simulasi Monte Carlo adalah untuk menghasilkan nilai dari beberapa variabel model yang ingin dipelajari. Akan ada banyak sekali variabel yang sangat probabilistic pada kenyataan dan itu yang akan dilakukan dalam proses simulasi. Tujuan utama dari simulasi ini yaitu untuk melakukan eksperimen terhadap kemungkinan dari pengambilan sampel secara acak. Selain itu, simulasi Monte Carlo merupakan salah satu jenis dari proses simulasi yang cukup terkenal karena simulasi ini merupakan sebuah model yang paling sering digunakan untuk sebuah proses analisa data. Model ini merupakan sebuah cara dalam melihat masalah bahwa ada banyak kemungkinan yang dimaksud dapat berupa subjek yang bermacam-maca seperti harga atau biaya, volume dan lain-lain.

Langkah-langkah utama dalam simulasi Monte Carlo adalah sebagai berikut (Djati, 2007):

1. Mendefinisikan distribusi probabilitas yang diketahui secara pasti dari data yang didapatkan dari pengumpulan data di masa lalu
2. Mengonversikan distribusi probabilitas ke dalam bentuk frekuensi kumulatif. Distribusi probabilitas kumulatif ini akan digunakan sebagai dasar pengelompokkan batas interval dari bilangan acak.
3. Menjalankan proses simulasi dengan menggunakan bilangan acak. Bilangan acak dikategorikan sesuai dengan rentang distribusi probabilitas kumulatif dari variabel-variabel yang digunakan dalam simulasi. Faktor-faktor yang sifatnya tidak pasti seringkali menggunakan bilangan acak untuk menggambarkan kondisi yang sesungguhnya. Urutan proses simulasi yang melibatkan bilangan acak akan memberikan gambaran dari variasi yang sebenarnya.

4. Analisis yang dilakukan dari keluaran simulasi sebagai masukan bagi alternatif pemecahan permasalahan dan pengambilan kebijakan. Pihak manajemen dapat melakukan evaluasi terhadap kondisi yang sedang terjadi dengan hasil simulasi.
5. Melakukan simulasi berulang-ulang.