

**MODEL SIMULASI SISTEM PRODUKSI DENGAN SISTEM DINAMIK GUNA
MEMBANTU PERENCANAAN KAPASITAS PRODUKSI**

**SIMULATION MODEL OF PRODUCTION SYSTEM WITH SYSTEM DYNAMIC TO
SUPPORT PRODUCTION CAPACITY PLANNING**

April Fortunella¹⁾, Ishardita Tambang Tama²⁾, Agustina Eunike³⁾

Jurusan Teknik Industri, Universitas Brawijaya

Jalan MT. Haryono 167, Malang 65145, Indonesia

E-mail: a.fortunella@gmail.com¹⁾, kangdith@gmail.com²⁾, agustina.eunike@gmail.com³⁾

Abstrak

PT Kasin Malang merupakan perusahaan di bidang tannery kulit yang menerapkan produksi make to order dengan permintaan yang fluktuatif dan tidak menentu. Dengan kemampuan yang dimiliki, perusahaan tidak setiap bulannya dapat memenuhi permintaan dan kemudian menghasilkan order backlog. PT Kasin berusaha untuk memenuhi permintaan pelanggan dengan mengubah kapasitas produksi dengan memanfaatkan tenaga kerja yang dimiliki. Banyak variabel dalam sistem yang terlibat dan dipertimbangkan dalam perencanaan kapasitas produksi. Dengan adanya interaksi antar variabel di dalam sistem, diusulkan untuk membuat model dan simulasi sistem dinamik. Hasil dari penelitian ini adalah jumlah perubahan kapasitas produksi dan perencanaan produksi. Rata-rata dibutuhkan sebanyak 37 pekerja dan 1300 jam kerja lembur untuk melakukan perubahan kapasitas hingga mencapai nilai kapasitas sebesar 3708 unit selama 24 bulan. Dengan menggunakan simulasi, perusahaan dapat mengetahui hubungan antar variabel beserta nilainya untuk mempermudah melakukan analisis dan mendapatkan hasil output berupa jumlah perubahan kapasitas beserta perencanaannya sekaligus.

Kata kunci: Pemodelan, Simulasi, Sistem Dinamik, Kapasitas Produksi, Perencanaan Produksi

1. Pendahuluan

Permintaan yang semakin meningkat dan keinginan konsumen yang mengalami perubahan tiap waktunya, memacu perusahaan untuk berusaha memenuhi keinginan dan mengikuti perkembangan produk di kalangan konsumen. Perusahaan dituntut untuk dapat menganalisa pasar dan meramalkan permintaan konsumen karena nilainya yang fluktuatif dan tidak sama setiap periode waktunya. Dengan mengetahui kondisi tersebut, perusahaan dapat merencanakan bagaimana proses produksi beroperasi agar memenuhi keinginan konsumen. Perusahaan dituntut bekerja secara efektif dalam menghasilkan *output* dan efisien dalam menggunakan *input* dengan menyesuaikan kapasitas produksi perusahaan.

Produksi adalah fungsi pokok dalam setiap organisasi industri yang mencakup aktivitas-aktivitas guna penciptaan nilai tambah produk yang merupakan *output* dari setiap organisasi tersebut. Dalam proses produksi, terdapat elemen-elemen yang membentuk kesatuan yang saling berinteraksi membentuk sistem, dan disebut sistem produksi. Sistem produksi memiliki komponen atau elemen

struktural dan fungsional yang berperan penting menunjang kontinuitas operasional sistem (Gaspersz, 2000). Di dalam sistem produksi, terdapat interaksi antar variabel didalamnya untuk mencapai tujuan. Interaksi tersebut memberikan umpan balik dan pengaruh dari nilai antar variabel yang tiap periodenya mengalami perubahan. Untuk mempermudah dalam menggambarkan dan mengetahui interaksi tersebut, dapat dibuat model dan dilakukan simulasi sistem produksi dengan sistem dinamik. Sistem dinamik merupakan sebuah metodologi dan teknik pemodelan matematika untuk membingkai, memahami, dan mendiskusikan masalah yang kompleks. Metodologi sistem dinamika pada dasarnya menggunakan hubungan-hubungan sebab-akibat (*causal*) dalam menyusun model suatu sistem yang kompleks, sebagai dasar dalam mengenali dan memahami tingkah laku dinamis sistem. Dengan simulasi sistem dinamik, dapat diketahui perilaku sistem dan perubahan nilai dari variabel sistem yang kemudian dapat dijadikan pendukung keputusan dalam merancang kebijakan perbaikan sistem.

PT Kasin Malang merupakan perusahaan

di bidang industri kulit yang telah didirikan sejak tahun 1941. Produk yang dihasilkan dari PT Kasin diantaranya kulit nabati jenis *box* dan *sol*. Dari semua produk, yang memiliki jumlah pemesanan terbanyak adalah produk kulit nabati *box*. Kulit nabati *box* setiap tahunnya memiliki jumlah permintaan yang berubah-ubah. Tabel 1 menyajikan data permintaan kulit nabati *box* dari bulan Januari 2011 hingga Desember 2012.

Tabel 1 Permintaan Kulit *Box* Tiap Periode Bulan

No.	Bulan	Order rate (Unit)	
		2011	2012
1.	Januari	1900	2500
2.	Februari	1700	2000
3.	Maret	2200	1700
4.	April	2500	2800
5.	Mei	2700	3300
6.	Juni	3200	3800
7.	Juli	4000	4000
8.	Agustus	3500	3400
9.	September	3000	3000
10.	Okttober	3000	2400
11.	November	2500	2600
12.	Desember	3200	3000

(Sumber: PT Kasin Malang (Observasi))

PT Kasin menerapkan produksi *make to order*, yaitu berproduksi sebanyak permintaan dari konsumen atau berproduksi sesuai dengan keinginan dari konsumen. Sebagai perusahaan yang bergerak di bidang *tannery*, permintaan dari konsumen berfluktuasi dan nilainya tidak menentu setiap periode pemesanannya. Hal ini menyebabkan perusahaan harus bisa memenuhi keinginan dari pelanggan dan siap untuk berproduksi sesuai dengan jumlah permintaan agar tidak terjadi *delay* dalam pengiriman. PT Kasin menerapkan sistem produksi dengan menggunakan bahan baku, energi, dan sumber daya lainnya secara efisien dan efektif. Berdasarkan Tabel 1.1, permintaan kulit *box* tiap bulannya bernilai antara 1700 hingga 4000 unit. PT Kasin memiliki mesin dengan kemampuan menghasilkan 6000 unit kulit tiap bulannya. PT Kasin hanya bisa berproduksi sebanyak 2000 unit perbulan dengan 25 pekerja di bagian produksi yang mengoperasikan bahan baku dan jalannya mesin. Dengan kemampuan yang dimiliki, perusahaan tidak setiap bulannya dapat memenuhi permintaan pelanggan dan kemudian menghasilkan *order backlog*. PT Kasin berusaha untuk dapat memenuhi permintaan pelanggan dengan memanfaatkan

sumber daya dimiliki. Salah satu sumber daya adalah tenaga kerja, karena dari segi mesin dan bahan baku tidak terdapat kendala dalam memenuhi permintaan. Pemenuhan permintaan dapat dilakukan dengan menambah jam kerja maupun mengubah jumlah tenaga kerja.

Sistem produksi pada PT Kasin termasuk ke dalam sistem dinamik dengan nilai variabel di dalam sistem dipengaruhi oleh perubahan waktu. Selain itu terdapat interaksi antar variabel di dalam sistem yang saling mempengaruhi satu sama lain. Dengan adanya hal tersebut, dalam penelitian ini diusulkan untuk membuat model dan simulasi sistem dinamik dari sistem produksi kulit PT Kasin. Model dan simulasi sistem dinamik dapat mempermudah perusahaan dalam merencanakan kapasitas produksi dengan melihat variabel yang berinteraksi dan berpengaruh di dalam sistem produksi perusahaan, dimana salah satunya adalah melihat kemampuan perusahaan dalam memenuhi permintaan pelanggan yang berubah setiap periodenya. *Software* yang digunakan untuk melakukan simulasi sistem dinamik adalah *Vensim* karena lebih sering digunakan dalam simulasi sistem dinamik, *user interface* yang mudah dipahami, dan *software* lebih mudah dipelajari. Sistem dinamik dapat membantu mencari solusi persoalan yang melibatkan interaksi dan timbal balik antar variabel yang dinamis di lantai produksi sebuah perusahaan. Dengan simulasi sistem dinamik dapat dilakukan simulasi sebanyak waktu atau periode yang diinginkan. Sistem dinamik juga bisa dimodifikasi dengan mudah apabila terjadi perubahan ataupun penambahan variabel baru. Dengan simulasi sistem dinamik, PT Kasin dapat membuat model sistem produksi untuk mengetahui hubungan dan nilai variabel di dalam produksi, serta dijadikan pendukung perencanaan proses produksi yang efektif dan efisien untuk memenuhi keinginan konsumen.

2. Metode Penelitian

Metode penelitian dalam penelitian ini adalah deskriptif, karena dalam melakukan penelitian menggunakan informasi atau data yang telah dikumpulkan dan kemudian dideskripsikan sejumlah variabel yang berhubungan dengan objek penelitian untuk mengeksplorasi sistem, menyelesaikan permasalahan di dalam sistem, dan menjawab tujuan penelitian. Penelitian ini juga termasuk

rekayasa yang menerapkan ilmu pengetahuan dalam suatu rancangan guna mendapatkan hasil kerja yang sesuai dengan persyaratan yang ditentukan. Rancangan tersebut merupakan sintesis unsur-unsur rancangan yang dipadukan dengan metode ilmiah agar memenuhi spesifikasi tertentu. Penelitian ini menggunakan model sebagai rancangan yang merepresentasikan sistem dan dapat dijadikan *tools* membantu menyelesaikan permasalahan di sistem.

2.1 Langkah-Langkah Penelitian

Langkah-langkah yang dilakukan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Studi Lapangan dan Studi Pustaka
2. Identifikasi Masalah
3. Perumusan Masalah
4. Penentuan Tujuan Penelitian
5. Pengolahan Data
 - a. Pendefinisan Sistem dan Identifikasi Variabel

Tahap awal pengolahan data ini adalah mengidentifikasi elemen atau faktor-faktor yang saling berinteraksi di dalam sistem produksi perusahaan. Kemudian menentukan variabel-variabel yang nantinya akan dimodelkan dan disimulasikan.

b. Konseptualisasi Model

Untuk mempermudah melihat hubungan antar variabel, dibuat *causal loop diagram* (CLD) dan *stock flow diagram* (SFD). CLD akan mengungkapkan kejadian hubungan sebab akibat (*causal relationship*) dari variabel-variabel sistem ke dalam bahasa gambar dimana gambar yang ditampilkan adalah panah-panah yang saling terkait membentuk sebuah diagram sebab akibat. Sedangkan SFD menggambarkan hubungan variabel dengan menuliskan formulasi perhitungan di dalam variabel berdasarkan hubungan antar variabel.

c. Simulasi dengan Software Vensim

Dari CLD, kemudian dibuat *stock flow diagram* untuk disimulasikan dengan bantuan *software* Vensim. Dengan simulasi, akan keluar *output* simulasi untuk mempermudah mengetahui hubungan variabel secara kuantitatif. Simulasi dilakukan selama 24 bulan karena dilakukannya perencanaan produksi jangka menengah.

d. Verifikasi dan Validasi

Model yang dibuat diverifikasi dan divalidasi guna menambah kepercayaan bahwa model sudah dianggap dapat merepresentasikan sistem nyata yang ada di perusahaan. Tes verifikasi model dilakukan dengan cara *check model* dan *unit check* dari model yang dibuat apakah sudah sesuai dengan hubungan antar variabel yang digambarkan pada model yang dibuat. Tes validasi model dilakukan dengan cara mengajukan gambar model kepada *expert* perusahaan dan menanyakan apakah model sudah sesuai dengan keadaan sistem nyata dan menganalisa model di kondisi *extreme-condition* pada titik kapasitas maksimal perusahaan dan melihat grafik hubungan antar variabel apakah sudah sesuai dengan tinjauan pustaka. Uji validasi pada *output* simulasi dengan berdasarkan *error* rata-rata dan *error* variasi. Apabila model tidak tervalifikasi dan tidak tervalidasi maka kembali pendefinisan sistem dan pengidentifikasi variabel.

6. Analisa Hasil Simulasi

Hasil simulasi yang akan dianalisa untuk mengetahui kemampuan perusahaan dalam memenuhi permintaan adalah nilai *backlog*. Nilai *backlog* ini didapatkan dari pengurangan *order rate* dikurangi dengan *shipment rate*. Selain itu, hasil simulasi dianalisa untuk mengetahui jumlah perubahan kapasitas dan perencanaan produksi.

7. Pembahasan dan Rekomendasi Perbaikan

Hasil simulasi dibahas untuk dapat mengetahui keadaan sistem berdasarkan grafik maupun angka dari simulasi dan dibuat rekomendasi perbaikan sesuai hasil simulasi.

8. Penarikan Kesimpulan dan Saran

Tahap kesimpulan dan saran merupakan tahap terakhir dalam penelitian.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Identifikasi Sistem

Pada penelitian ini, model yang digunakan mengadopsi dari model Asif (2012) dalam menentukan perubahan kapasitas karena memiliki kesamaan karakteristik permasalahan. Namun demikian beberapa perubahan dilakukan untuk disesuaikan dengan kondisi di perusahaan objek penelitian, yaitu PT Kasin. Proses adopsi model dan penyesuaian dengan kondisi di perusahaan diawali dengan

identifikasi kembali variabel-variabel yang dapat digunakan, tidak perlu digunakan, dan perlu ditambahkan. Variabel-variabel yang teridentifikasi dalam model berasal dari hasil data studi pustaka (Asif, 2012 dan Smith, 1994) yang kemudian diajukan dan disesuaikan dengan data yang didapatkan dari penelitian hasil observasi dan wawancara langsung dengan karyawan perusahaan. Variabel-variabel yang telah diidentifikasi berkaitan dengan sistem produksi yang dapat menggambarkan dan merepresentasikan sistem untuk melihat perilaku sistem dan mengetahui kemampuan produksi dalam memenuhi permintaan pelanggan Berdasarkan Asif (2012) dan Smith (1994), dengan pengamatan ke riil sistem, variabel-variabel pada sistem produksi yang terlibat dalam penelitian dan yang dimodelkan dan disimulasikan disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2 Hasil Identifikasi Variabel

No.	Variabel	Keterangan
1.	Order Backlog	Jumlah pesanan atau permintaan pelanggan yang belum terpenuhi oleh sistem produksi
2.	Order Rate	Jumlah pesanan atau permintaan dari pelanggan
3.	Shipment Rate	Jumlah <i>output</i> yang telah diproduksi dan siap dikirim ke pelanggan
4.	Delivery Delay	Lama waktu penundaan bagi perusahaan untuk pemenuhan permintaan berdasarkan permintaan pelanggan belum terpenuhi
5.	Time to Perceived Delivery Delay	Lama waktu yang dibutuhkan perusahaan dalam menyelesaikan pemenuhan permintaan pelanggan yang belum terpenuhi
6.	Perceived Delivery Delay	Waktu yang dibutuhkan perusahaan untuk memenuhi permintaan pelanggan yang belum terpenuhi
7.	Desired Delivery Delay	Waktu yang telah ditentukan dan dijadikan standar oleh perusahaan untuk memenuhi permintaan pelanggan yang belum terpenuhi
8.	Pressure to Expand	Nilai yang didapatkan dari perbandingan variabel <i>perceived delivery delay</i> dengan <i>desired delivery delay</i> dan dapat dijadikan penilaian bagi perusahaan untuk melakukan penambahan kapasitas produksi

Lanjutan Tabel 2 Hasil Identifikasi Variabel

No.	Variabel	Keterangan
9.	Effect of Pressure	Nilai pengali yang didapatkan berdasarkan variabel <i>pressure to expand</i> untuk mengetahui berapa perubahan kapasitas berdasarkan <i>delivery delay</i>
10.	Average Order	Rata-rata jumlah permintaan dari pelanggan
11.	Initial Capacity	Kapasitas yang dimiliki perusahaan sebelum dilakukan perbaikan
12.	Desired Capacity	Jumlah kapasitas yang diinginkan perusahaan sesuai dengan lama waktu penundaan bagi perusahaan untuk pemenuhan permintaan pelanggan yang belum terpenuhi dan efek dari tekanan penambahan kapasitas oleh perusahaan
13.	Change in Capacity	Perubahan kapasitas yang diperlukan untuk pemenuhan permintaan dalam bentuk jumlah produk
14.	Capacity Addition Delay	Periode waktu perusahaan dalam melakukan perubahan atau penambahan kapasitas
15.	Change Capacity Time	Waktu yang dibutuhkan untuk pembuatan sejumlah perubahan kapasitas produk
16.	Standard Time	Lama waktu yang dibutuhkan untuk memproduksi satu unit produk
17.	Working Days Added	Penambahan jam kerja atau kerja lembur untuk memenuhi sejumlah perubahan produksi
18.	Overtime Available	Lama penambahan jam kerja atau waktu lembur untuk satu pekerja
19.	Desired Overtime	Total lama penambahan jam kerja atau waktu lembur yang tersedia oleh perusahaan
20.	Worker Changed	Penambahan pekerja untuk memenuhi sejumlah perubahan produksi produk berdasarkan jumlah waktu pembuatan unit perubahan produksi
21.	Unit Produce per Worker	Jumlah unit yang dapat diproduksi oleh seorang pekerja
22.	Working Days	Jumlah hari kerja selama satu bulan
23.	Average Number Produce	Rata-rata unit yang diproduksi oleh seorang pekerja dalam satu hari
24.	Min Number of Worker	Jumlah perubahan pekerja yang dibutuhkan untuk pemenuhan perubahan jumlah kapasitas produksi
25.	Desired Number of Worker	Jumlah pekerja yang dibutuhkan untuk pemenuhan perubahan jumlah kapasitas produksi
26.	Worker Available	Jumlah pekerja yang tersedia di perusahaan

Lanjutan Tabel 2 Hasil Identifikasi Variabel

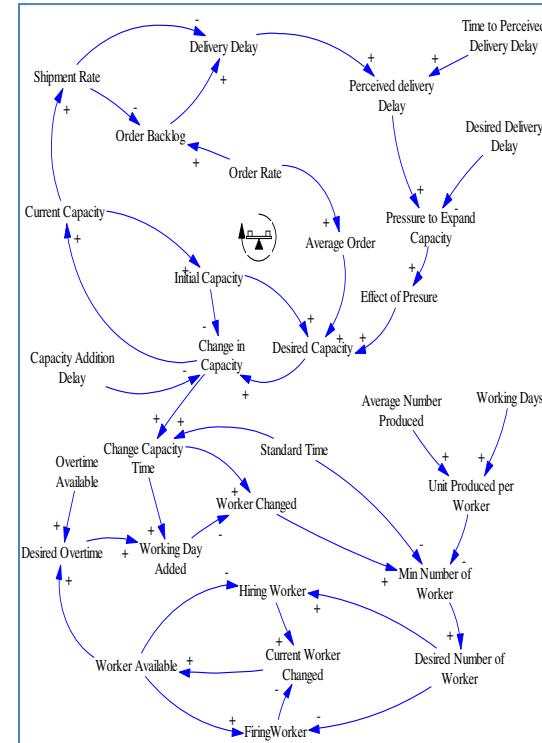
No.	Variabel	Keterangan
27.	Hiring Worker	Jumlah pekerja yang ditambahkan atau direkrut oleh perusahaan untuk pemenuhan jumlah tenaga kerja
28.	Firing Worker	Jumlah pekerja yang dipecat oleh perusahaan untuk pemenuhan jumlah tenaga kerja
29.	Current Worker	Jumlah pekerja yang tersedia oleh perusahaan sesuai perubahan kapasitas produksi
30.	Current Capacity	Kapasitas produksi perusahaan setelah ditambah perubahan kapasitas

3.2 Konseptualisasi Sistem

Setelah melakukan identifikasi sistem, langkah selanjutnya pada pendekatan simulasi sistem dinamik adalah melakukan konseptualisasi sistem dengan melakukan penggambaran *causal loop diagram* dan *stock flow diagram*.

3.2.1 Causal Loop Diagram

Causal loop diagram (CLD) adalah pengungkapan tentang kejadian hubungan sebab akibat (*causal relationship*) ke dalam bahasa gambar dimana gambar yang ditampilkan adalah panah-panah yang saling terkait membentuk sebuah diagram sebab akibat (*causal loop*). PT Kasin memproduksi sejumlah produk berdasarkan pesanan dari konsumen. Perusahaan memproduksi sejumlah *output* produksi sesuai dengan kemampuan atau kapasitas produksi yang dimiliki. PT Kasin memiliki kepasitas produksi sebesar 2000 unit dengan jumlah pekerja sebesar 25 pekerja. Namun jumlah yang diproduksi tiap bulannya memiliki nilai lebih dari kapasitas produksi yang dimiliki. Jumlah permintaan konsumen tiap bulannya sebesar 1700 hingga 4000 unit. Karena jumlah permintaan yang lebih tinggi daripada kapasitas produksi, maka timbul *order backlog*. Untuk dapat mengatasi kenaikan *order backlog* tiap bulannya, perusahaan melakukan perubahan kapasitas produksi dengan meningkatkan jumlah kapasitas. Gambar 1 merupakan *causal loop diagram* sistem produksi PT Kasin dalam melakukan perubahan jumlah kapasitas dan perencanaan produksi dengan variabel yang telah diidentifikasi di Tabel 2.

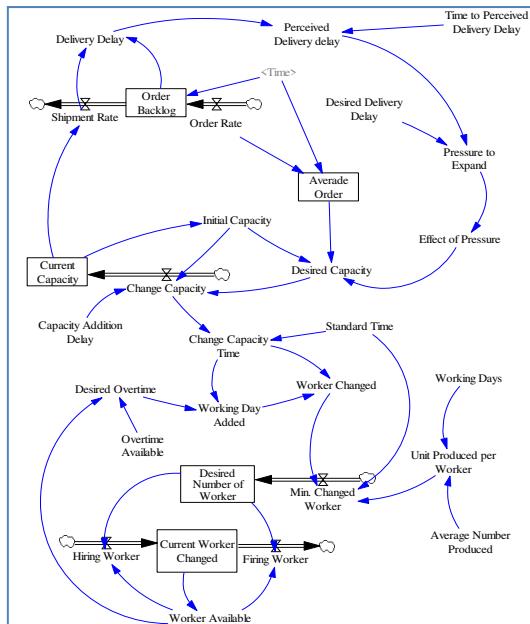


Gambar 1 *Causal Loop Diagram* Perubahan Kapasitas dan Perencanaan Produksi

3.2.2 Stock Flow Diagram

Stock flow diagram (SFD) dibuat berdasarkan CLD yang telah dibuat dan ditunjukkan pada Gambar 1. Pada SFD, *order backlog* merupakan aliran materi (*level*) yang dipengaruhi oleh laju *rate* dari *order rate* dan *shipment rate*. Nilai dari *order backlog* merupakan integral dari hasil pengurangan *order rate* dan *shipment rate*. Selain *order backlog*, yang menjadi *level* dalam SFD variabel *current capacity* dengan variabel *change in capacity* sebagai *rate*. Nantinya, nilai dari *current capacity* merupakan penjumlahan integral dari variabel *change in capacity*. Gambar 2 merupakan gambar SFD dari sistem produksi PT Kasin.

Formulasi model dilakukan dengan memberikan unit dan formula (persamaan matematis) pada model yang telah digambarkan pada *stock and flow diagram* yang didapatkan dari hubungan antar variabel, data historis, dan konstanta yang digunakan oleh perusahaan. Formulasi ini nantinya akan menghasilkan nilai *output* setelah dilakukannya simulasi. Pada variabel dengan jenis *stock/level*, pemberian formulasi model merupakan hasil integral dari variabel terkait dibandingkan dengan waktu yang digunakan untuk simulasi.



Gambar 2 Stock Flow Diagram Sistem Produksi PT Kasin

Waktu simulasi menggunakan satuan bulan, sesuai dengan sistem pelaporan perusahaan. Variabel yang telah diidentifikasi dan dimodelkan, memiliki hubungan dan membentuk formulasi yang mempengaruhi serta menghasilkan nilai dari variabel lainnya. Formulasi didapatkan dari Asif (2012) dan Smith (1994) dengan menyesuaikan sistem riil di perusahaan dan ditampilkan pada Lampiran 1.

3.3 Simulasi Model

Dalam melakukan simulasi model, beberapa hal yang perlu diperhatikan adalah verifikasi model, validasi model, dan *model setting*. *Model setting* yang dimaksudkan adalah pengaturan simulasi sesuai *software* yang digunakan, dalam hal ini adalah pengaturan pada *software* Vensim. Pada penelitian ini dilakukan simulasi dengan satuan waktu bulan sebanyak 24 dan hasil simulasi akan ditampilkan per bulannya. Pemilihan waktu simulasi selama 24 bulan karena perencanaan produksi yang akan dilakukan adalah perencanaan produksi menengah atau *medium/aggregate planning* karena sesuai dengan permasalahan perusahaan dan tujuan perusahaan mencapai efektifitas dan efisiensi dalam menggunakan tenaga kerja.

3.3.1 Verifikasi Model

Verifikasi model dilakukan untuk

memeriksa *error* pada model dan meyakinkan bahwa model berfungsi sesuai dengan logika pada obyek sistem. Verifikasi dilakukan dengan memeriksa formulasi apakah sudah sesuai dengan hubungan variabel dengan variabel lain dan memeriksa satuan (*unit*) variabel dalam model. Jika tidak terdapat *error* pada model, maka model telah terverifikasi. Berdasarkan hasil verifikasi, model telah dibuat sudah dengan baik tanpa *error* pada formulasi dan tanpa *error* pada *unit* yang digunakan model.

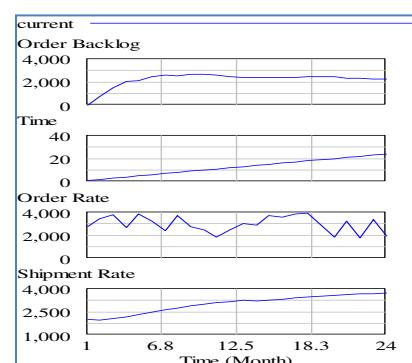
3.3.2 Validasi Model

Validasi model bertujuan untuk mengetahui kesesuaian antara hasil simulasi dengan gejala atau proses yang ditirukan. Menurut Barlas (1996) terdapat dua proses validasi model yang dilakukan, yaitu validasi struktur model dan validasi *behavior* model.

1. Uji Validitas Struktur

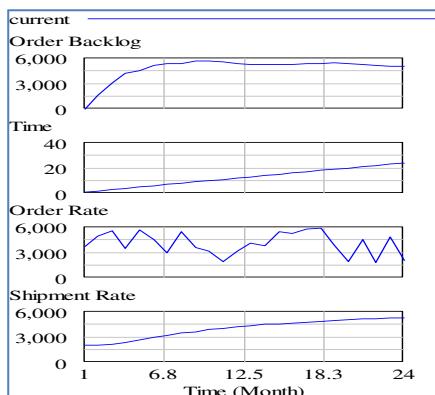
Uji validitas struktur secara langsung dapat dilakukan juga secara teori dengan membandingkan formulasi dan bentuk hubungan model dengan sumber literatur. Model pada penelitian ini valid dari segi sumber literatur dikarenakan pembuatan model dan formulasi berdasarkan jurnal dan buku.

Untuk uji struktur model berdasarkan struktur *behavior* model dapat dilakukan dengan melihat bentuk hubungan antar variabel dengan membandingkan hubungan variabel model yang telah digambarkan pada *causal loop diagram* dan grafik variabel hasil simulasi. Berdasarkan Gambar 3 didapatkan bahwa *cause strip diagram* hasil simulasi telah sesuai dengan *causal loop diagram* pada Gambar 1, di mana besar nilai *order rate* berpengaruh positif terhadap *order backlog* dan nilai *shipment rate* berpengaruh negatif terhadap *order backlog*.



Gambar 3 Cause Strip Diagram Variabel Order Backlog, Order rate, dan Shipment Rate

Untuk mengetahui kehandalan model atau *robust* dari model dapat dilakukan validasi dengan metode *extreme-condition test*. Validasi ini dilakukan dengan mengubah nilai variabel model dan melihat hasil simulasinya apakah sesuai dengan logika model dan sumber literatur pembuatan model. Uji *extreme-condition* pada model sistem produksi PT Kasin dilakukan dengan mengubah nilai variabel *order rate* yang memiliki berdistribusi *uniform* dengan nilai maksimal 4000 dirubah menjadi sebanyak ijin kapasitas maksimal produksi kult *box* 6000 unit. Jadi diasumsikan permintaan maksimal yang diterima perusahaan 6000 unit. Dengan dilakukan perubahan, model masih bisa disimulasikan dan tidak terjadi *error*. Untuk hasil simulasi, dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4 Causes Strip Extreme-Condition Test Variabel Order Backlog

2. Validitas *Behavior Model*

Validitas *behavior* model memiliki tujuan untuk memberikan keyakinan sejauh mana kemampuan kinerja model menghasilkan secara akurat hasil simulasi sesuai dengan kinerja sistem nyata sehingga memenuhi syarat sebagai model ilmiah. Validitas ini dapat dilakukan secara statistik dengan membandingkan data empiris sistem nyata dengan *output* simulasi model. Variabel yang akan diuji validitasnya adalah variabel *order rate*.

1. Berdasarkan persen *error* dari rata-rata data empiris dan data *output* simulasi

$$E_1 = \frac{|\bar{S} - \bar{A}|}{\bar{A}} \quad (\text{Pers. 1})$$

$$E_1 = \frac{|2949,333 - 2829,167|}{2829,167}$$

$$E_1 = 0,042474 = 4,24\%$$

2. Berdasarkan persen *error* dari variasi data empiris dan data *output* simulasi

$$E_2 = \frac{|S_S - S_A|}{S_A} \quad (\text{Pers. 2})$$

$$E_2 = \frac{701,54}{664,2938}$$

$$E_2 = 0,056076 = 5,6\%$$

Melalui hasil perhitungan didapatkan nilai E1 dan E2 pada variabel *order rate* sebesar 4,25% dan 5,6%. Model simulasi penelitian ini valid dikarenakan nilai E1 yang kurang dari sama dengan 5% dan nilai E2 kurang dari sama dengan 30%.

3.4 Pembahasan Hasil Simulasi

3.4.1 Order Backlog

Backlog merupakan sejumlah permintaan yang tidak terpenuhi oleh perusahaan. Hal tersebut dapat terjadi salah satunya dikarenakan kemampuan perusahaan dalam memproduksi tidak sebanding dengan jumlah permintaan. Kemampuan perusahaan dapat dilihat dari kapasitas produksi yang tersedia. Jadi, nilai *backlog* yaitu selisih antara permintaan pelanggan (*Order rate*) dengan produk yang dihasilkan perusahaan dan dapat memenuhi permintaan (*Shipment rate*). *Order backlog* berhubungan dengan *shipment rate* dimana dipengaruhi oleh kapasitas. Jadi, secara tidak langsung jumlah *order backlog* dipengaruhi oleh kapasitas produksi yang dimiliki perusahaan. Berikut hasil simulasi variabel *backlog* yang dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5 Graph Variabel Order Backlog

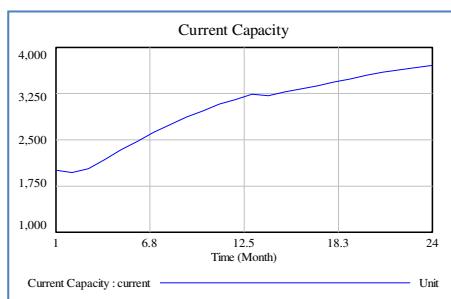
Pada periode awal, *order backlog* memiliki nilai yang tinggi dan cenderung naik hingga mencapai 2644 unit pada periode 9. *Order backlog* yang digambarkan dengan *stock/level* pada *stock flow diagram* memiliki arti bahwa nilai variabel tersebut merupakan akumulasi dari pengurangan *order rate* dengan *shipment rate* di tiap periodenya. Naiknya nilai *order backlog* menandakan bahwa perubahan kapasitas masih menghasilkan *backlog*. Pada periode 10, *order backlog* mulai menurun. Pada periode selanjutnya, tampak bahwa nilai *order*

backlog tetap pada kisaran 2400 unit.

Perubahan kenaikan terbesar *order backlog* terjadi pada bulan ke-2 sebesar 741,2 unit karena masih awal terjadinya perubahan kapasitas. Sedangkan perubahan *order backlog* minus atau terendah terjadi pada bulan ke-12 sebesar 114 unit. Perubahan *order backlog* bernilai negatif menandakan penambahan kapasitas yang terjadi telah memenuhi *order rate* dan kapasitas dapat memproduksi melebihi *order rate*. Dengan nilai *order backlog* yang memiliki nilai sama dan terlihat membentuk garis lurus menandakan bahwa nilai *backlog* tiap bulannya sudah berkurang. Jadi penambahan kapasitas produksi dapat membuat *backlog* pada perusahaan menurun sehingga tingkat *order backlog* semakin lama membentuk garis lurus dan perusahaan dapat memenuhi permintaan pelanggan.

3.4.2 Current Capacity

Sesuai dengan salah satu tujuan penelitian ini yaitu untuk perencanaan kapasitas produksi perusahaan berdasarkan sistem produksi PT Kasin dalam memenuhi permintaan produksi yang fluktuasi dengan melihat nilai *order backlog* produksi maka dilakukan analisia pada variabel *current capacity*. *Current capacity* dipengaruhi oleh perubahan kapasitas berdasarkan *delivery delay* yang didapatkan dari hasil bagi *order backlog* dan *shipment rate*. Jadi *current capacity* dianggap berhubungan tidak langsung dengan *order backlog* yang dipengaruhi oleh variabel *shipment rate*. Hasil simulasi *current capacity* dapat memberikan gambaran jumlah kapasitas produksi untuk mengurangi *order backlog* dan dapat dilihat pada Gambar 6.

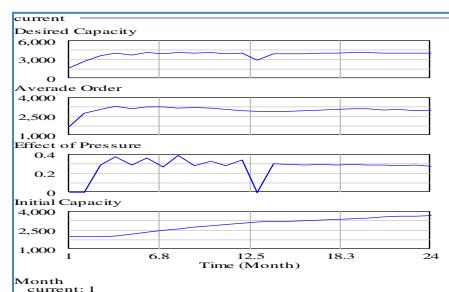


Gambar 6 Graph Variabel Current Capacity

Pada waktu 24 bulan simulasi, nilai variabel *current capacity* mengalami kenaikan mulai dari 2000 unit hingga 3708 unit. Nilai *current capacity* mengalami kenaikan setiap

bulannya. Pada periode 1 hingga 10 *current capacity* berada di kisaran 2000 unit. Pada bulan selanjutnya *current capacity* memiliki nilai di kisaran 3000 unit. Rata-rata kenaikan dari *current capacity* adalah sebesar 69,375 unit tiap bulannya dengan kenaikan terbesar di periode 4 sebesar 169 unit dan terkecil sebesar -25 unit karena mengalami penurunan.

Nilai variabel *current capacity* mengalami kenaikan secara perlahan dikarenakan nilai variabel *change capacity* dan variabel *desired capacity*. *Change capacity* merupakan hasil pengurangan dari *desired capacity* dengan *current capacity* dibagi *capacity addition delay*. *Desired capacity* dipengaruhi langsung oleh variabel *average order*, *effect of pressure*, dan *initial capacity*. *Desired capacity* merupakan kapasitas yang diinginkan perusahaan dilihat dari rata-rata permintaan dan perubahan kapasitas dilihat dari tingkat perbedaan waktu penundaan dengan kemampuan perusahaan dalam memenuhi *backlog*. Untuk mengetahui nilai variabel-variabel yang mempengaruhi *desired capacity* dapat dilihat pada Gambar 7. *Desired capacity* dipengaruhi oleh *average order* yang juga memiliki grafik nilai yang konstan. *Average order* memiliki nilai dengan rata-rata sebesar 3004 unit, nilai tertinggi 3294 unit, dan terendah sebesar 1700 unit.



Gambar 7 Causes Strip Variabel Desired Capacity

Effect of pressure cenderung memiliki nilai dengan kisaran 0,29–0,3 sehingga grafik terlihat konstan. Hanya pada periode 13 yang mengalami penurunan dratis menjadi nol. *Effect of pressure* kemudian dikalikan *initial capacity* sebagai jumlah perubahan dari kapasitas yang ada berdasarkan tingkat *order backlog* dan *delivery delay*. Karena variabel yang mempengaruhinya memiliki nilai yang hampir sama di tiap periode, membuat nilai dari *desired capacity* juga memiliki nilai yang sama dengan rata-rata nilai 3796 unit, nilai terkecil 1700 unit,

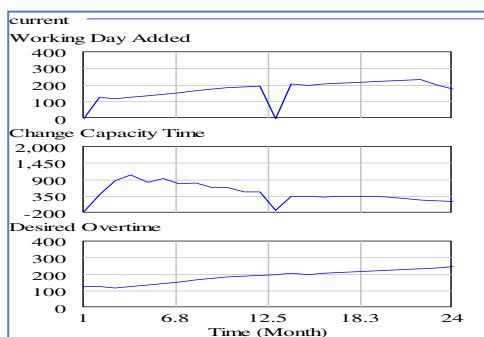
dan nilai tertinggi 4155 unit.

3.4.3 Working Day Added - Worker Changed

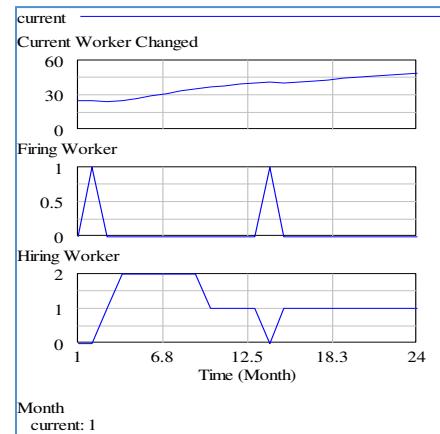
Perencanaan kapasitas dilakukan dengan menambah maupun mengurangi jumlah tenaga kerja atau jam kerja tambahan (*overtime*) yang merupakan salah satu yang terlibat dalam kapasitas produksi. Perubahan jumlah tenaga kerja atau variabel *current worker changed* didapatkan dari *change capacity* yang kemudian dijabarkan dan diinterpretasikan dalam model dengan pendekatan agregat. *Change capacity* yang dalam bentuk unit diubah menjadi bentuk variabel *change capacity time* dalam satuan waktu *Day/Month*. Dengan begitu dapat diketahui untuk memenuhi perubahan kapasitas perusahaan memberlakukan berapa lama *working day added* dan berapa banyak jumlah tenaga kerja yang berubah (*worker changed*).

Besarnya penambahan jam kerja dipengaruhi oleh jumlah jam lembur yang tersedia (*Desired overtime*) oleh perusahaan dibandingkan dengan perubahan jumlah kapasitas dengan satuan waktu (*Change capacity time*). Grafik dari ketiga variabel tersebut disajikan pada Gambar 8. Perubahan kapasitas dapat dilakukan perusahaan dengan memanfaatkan tenaga kerja yang tersedia dan jam kerja lembur yang disediakan perusahaan. Pada grafik *desired overtime* dan *working day added*, besar nilai keduanya memiliki jumlah yang sama pada masing-masing periode.

Penambahan jumlah tenaga kerja terjadi apabila untuk memenuhi perubahan kapasitas tidak cukup hanya dengan melakukan penambahan jam kerja. *Current changed worker* menggambarkan jumlah tenaga kerja yang dimiliki perusahaan untuk dapat memenuhi perubahan kapasitas. Variabel *current worker changed* dipengaruhi oleh jumlah *firing worker* dan *hiring worker*. *Causes strip current worker changed* ditunjukkan pada Gambar 9.



Gambar 8 Causes Strip Variabel Worker Day Added



Gambar 9 Causes Strip Variabel Current Worker Changed

Terjadi perubahan jumlah tenaga kerja dikarenakan perusahaan menambahkan atau mengurangi jumlah tenaga kerjanya sesuai dengan variabel *worker changed*. *Current worker changed* mengalami kenaikan hampir di setiap periodenya. Dari jumlah semula sebesar 25 pekerja menjadi 49 pekerja di periode 24. Rata-rata jumlah tenaga kerja yang dibutuhkan untuk pemenuhan perubahan kapasitas selama 24 bulan adalah 37 pekerja. Terjadinya penambahan kerja setiap periodenya dikarenakan perubahan kapasitas yang dilakukan perusahaan tidak cukup terpenuhi apabila hanya dilakukan penambahan jam kerja. Penambahan terbanyak terjadi pada periode 4 hingga periode 9 sebanyak 2 pekerja. Untuk pengurangan jumlah tenaga kerja terjadi pada periode 2 dan 14 masing-masing 1 pekerja. Hal ini dikarenakan *worker changed* bernilai negatif dan perubahan kapasitas yang dilakukan adalah mengurangi jumlah kapasitas produksi.

3.5 Perencanaan Agregat

Perencanaan jumlah tenaga kerja yang dibutuhkan dapat dihitung dengan cara perhitungan agregat. Perhitungan agregat yang dapat dilakukan oleh PT Kasin adalah perencanaan strategi menggunakan *chase strategy* karena perusahaan menggunakan sistem produksi *make to order* dan menerapkan *zero inventory* karena bahan dari produk yang berupa kulit untuk menjaga kualitas produk. Yang menjadi *input* perencanaan agregat adalah hasil simulasi variabel *current capacity*. Hasil simulasi dari variabel *current capacity* yang akan dijadikan acuan perencanaan agregat menggunakan *chase strategy*. Tabel 3 berisikan

jumlah tenaga kerja hasil simulasi yang direpresentasikan oleh variabel *current changed worker* dan hasil perencanaan agregat.

Tabel 3 Hasil Simulasi dan *Chase Strategy* Perencanaan Tenaga Kerja

No.	Tenaga Kerja		No.	Tenaga Kerja	
	Simul	Chase		Simul	Chase
1.	25	25	13.	40	44
2.	25	25	14.	41	44
3.	24	25	15.	40	44
4.	25	26	16.	41	44
5.	27	30	17.	42	44
6.	29	30	18.	43	44
7.	31	37	19.	44	48
8.	33	37	20.	45	48
9.	35	37	21.	46	48
10.	37	36	22.	47	48
11.	38	36	23.	48	48
12.	39	44	24.	49	51

Antara hasil simulasi dan *chase strategy* mengalami perbedaan nilai di masing-masing bulan. Untuk mengetahui apakah tidak ada perbedaan menggunakan simulasi dan *chase startegy* dalam melakukan perencanaan, maka dilakukan uji statistik. Uji pertama yang dilakukan adalah uji kenormalan dengan hasil statistik disajikan pada Tabel 4.

Tabel 4 Uji Normal Hasil Simulasi dan *Chase Strategy*

	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
Simulasi	.135	24	.200*	.923	24	.068
ChaseS	.227	24	.002	.886	24	.011

Berdasarkan uji normalitas, data hasil simulasi nilai sig dari *Kolmogorov-Smirnov^a* > 0,05, maka dapat disimpulkan bahwa H_0 diterima yaitu data berdistribusi normal. Sedangkan *chase strategy* mempunyai *Kolmogorov-Smirnov^a* < 0,05 sehingga H_0 ditolak dan data tidak berdistribusi normal.

Setelah data diketahui normalitas data, maka dilakukan uji statistik untuk pengujian hipotesis atau pengambilan keputusan. Karena salah satu data tidak berdistribusi normal, maka uji yang dilakukan adalah uji statistik nonparametrik *Wilcoxon*. Uji *Wilcoxon* dilakukan untuk mengetahui apakah ada perbedaan rata-rata antara hasil simulasi dengan *chase strategy*. Hasil uji disajikan pada Tabel 5.

Pada Tabel 5, didapatkan nilai *Asymp. Sig. (2-tailed)* sebesar 0,182 yang menunjukkan $0,05 \leq 0,182$. Dari hasil tersebut didapatkan hasil H_0 diterima yang artinya tidak ada

perbedaan rata-rata hasil dari simulasi dengan setelah dilakukannya *chase strategy*. Jadi model simulasi penelitian dapat digunakan untuk perencanaan kapasitas produksi karena *output* perencanaan kapasitas produksi tidak memiliki perbedaan rata-rata dengan perencanaan menggunakan *chase strategy*.

Tabel 5 Hasil Uji Wilcoxon

	ChaseS - Simulasi
Z Asymp. Sig. (2-tailed)	-1.334 .182

3.6 Rekomendasi Bagi Perusahaan

Pada penelitian ini dilakukan pembuatan model simulasi dengan sistem dinamik untuk dapat meramalkan kebutuhan kapasitas selama 24 bulan dan perencanaan produksi dengan mengubah jumlah tenaga kerja dan penambahan *overtime*. Model yang dibuat telah terverifikasi dan tervalidasi sehingga bisa digunakan. *Output* yang hasil simulasi dapat membantu menjawab permasalahan perusahaan. Sehingga model simulasi dinilai telah menjawab permasalahan dan dibuat sesuai dengan tujuan penelitian.

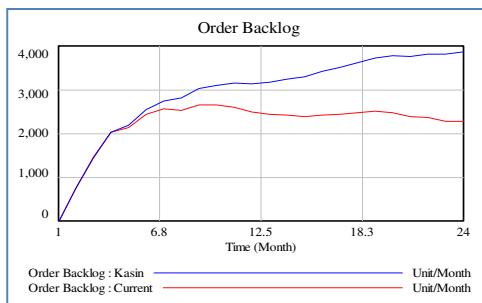
Model simulasi sistem dinamik mempertimbangkan hubungan antar variabel yang ada di dalam sistem produksi perusahaan. Perencanaan kapasitas produksi memiliki hubungan dengan perubahan jumlah kapasitas produksi. Untuk mencari nilai kedua variabel tersebut, dengan simulasi dapat secara langsung digunakan untuk mengetahui seberapa besar perubahan kapasitas produksi dan berapa banyak tenaga kerja yang dibutuhkan untuk pemenuhan perubahan kapasitas produksi.

Order backlog PT Kasin selama 24 bulan setelah dilakukan perubahan jumlah kapasitas memiliki nilai sebesar 2214 unit. Perbandingan jumlah *order backlog* antara simulasi dengan yang terjadi pada perusahaan sebelum dilakukan perubahan kapasitas dapat dilihat pada grafik di Gambar 10. Grafik *current* menggambarkan hasil simulasi setelah dilakukan perubahan. Sedangkan grafik kasin menggambarkan hasil sebelum dilakukan perubahan kapasitas. Sebelum dilakukan perubahan kapasitas, *order backlog* selama 24 bulan memiliki grafik yang naik dengan nilai 3866 unit pada periode terakhir.

4. Kesimpulan

Kesimpulan yang dapat diambil dari penelitian di PT Kasin Malang tentang

pembuatan model simulasi sistem produksi dengan sistem dinamik untuk membantu perencanaan kapasitas produksi adalah:



Gambar 4.10 Graph Perbandingan *Order Backlog* Perusahaan Setelah dan Sebelum Perubahan Kapasitas

1. Model simulasi sistem dinamik yang dibuat untuk membantu PT Kasin dalam merencanakan kapasitas produksi sesuai dengan jumlah permintaan pelanggan telah terverifikasi dan tervalidasi serta memiliki hasil yang tidak memiliki perbedaan dengan perencanaan agregat menggunakan *chase strategy*. Model dibuat melibatkan variabel-variabel yang berhubungan dalam sistem produksi untuk mendapatkan nilai perubahan kapasitas dan perencanaan produksi. Hasil simulasi pun sesuai dengan hubungan yang terjadi antar variabel sehingga model dapat digunakan.
2. Simulasi model dijalankan selama 24 bulan karena perencanaan produksi yang dilakukan adalah perencanaan jangka menengah. Dari hasil simulasi didapatkan nilai perubahan yang terjadi terhadap kapasitas produksi perusahaan. Kapasitas produksi yang semula sebesar 2000 cenderung mengalami kenaikan setiap bulannya hingga mencapai nilai kapasitas sebesar 3708 unit di bulan terakhir. Perubahan jumlah kapasitas produksi dilakukan berdasarkan rata-rata permintaan pelanggan dan pengaruh *order backlog* dan *delivery delay*.
3. Berdasarkan hasil simulasi, kapasitas produksi akan mengalami perubahan

sehingga untuk perencanaan produksi setiap bulannya mengalami perbedaan. Perusahaan dapat menambahkan jam kerja dengan menerapkan jam lembur (*overtime*) dan perubahan jumlah tenaga. Berdasarkan hasil simulasi selama 24 bulan dibutuhkan rata-rata *overtime* selama 163 day/month atau sebesar 1300 jam kerja dan rata-rata jumlah tenaga kerja sebesar 37 dengan jumlah tenaga kerja tertinggi pada bulan periode terakhir sebesar 49 pekerja untuk memenuhi perubahan kapasitas produksi selama 24 bulan

Daftar Pustaka

- Asif, F. MA, Bianchiz, C., Rashid, A., & Niculescu, C. M. (2012), *Performance Analysis of The Closed Loop Supply Chain*, Journal of Remanufacturing 2012 2:4, <http://www.journalofremanufacturing.com/content/pdf/2210-4690-2-4.pdf>, diakses pada hari Rabu, 2 Juli 2014 Pk.19.00 WIB.
- Barlas, Y. (1996), *Formal Aspects of Model Validity and Validation in System Dynamics*, System dynamic Review Volume 12 Number 3 Fall 1996, http://www.ie.boun.edu.tr/labs/sesdyn/publications/articles/Barlas_1996.pdf, diakses pada hari Kamis, 10 April 2014 Pk.13.00 WIB.
- Gasper, V. (2000), *Manajemen Produktivitas Total*, Jakarta: Gramedia Pustaka Utama.
- Hasan, M. Iqbal (2010), *Pokok-Pokok Materi Statistik 2 (Statistik Inferensif)*, Edisi Kedua, Jakarta: Bumi Aksara.
- Smith, Spencer B. (1994), *Computer-Based Production and Inventory Control*. Amerika: Prentice Hall PTR Upper Saddle River.
- Sterman, John D. 2000. *Business Dynamic: Systems Thinking and Modeling for A Complex World*. Amerika: McGraw-Hill Higher Education.

Lampiran 1. Formulasi Model

No.	Variable	Type	Equation	Unit
1.	Order Backlog	Level - Normal	INTEGRAL ((Order Rate – Shipment Rate)/Time), 0)	Unit
2.	Shipment Rate	Auxiliary - Normal	Current Capacity	Unit/Month
3.	Order Rate	Auxiliary - Normal	Random Uniform (1700, 4000, 1700))	Unit/Month
4.	Delivery Delay	Auxiliary - Normal	Backlog/Shipment Rate	Month
5.	Time to Perceived Delivery Delay	Constant - Normal	RANDOM UNIFORM(0, 1 , 0)	Month
6.	Perceived Delivery Delay	Auxiliary - Normal	SMOOTH(Delivery Delay, Time to Perceived Delivery Delay)	Month
7.	Pressure to Expand	Auxiliary - Normal	Perceived Delivery Delay/Desired Delivery Delay	Dimensional
8.	Desired Delivery Delay	Constant - Normal	1	Month
9.	Effect of Pressure	Auxiliary - With Lookup	IF THEN ELSE(Pressure to Expand >= 0 , Pressure to Expand , 0) ((0,0) -(10,10], (0,0), (0.2,0.2), (0.4,0.25), (0.6,0.28), (0.8,0.3), (1,0.32), (1.2, 0.35), (1.4, 0.38), (1.6, 0.42), (1.8, 0.46), (2,0.5), (2.2,0.52), (2.4,0.54), (2.6,0.56), (2.8,0.58), (3,0.6))	Dimensional
10.	Initial Capacity	Auxiliary - Normal	DELAY1(Current Capacity, Month)	Unit
11.	Average Order	Level - Normal	INTEG((Order rate-Average Order)/Time, 1700)	Unit/Month
12.	Desired Capacity	Auxiliary - Normal	(Initial Capacity*Effect of Pressure)+Average Order	Unit
13.	Change in Capacity	Auxiliary - Normal	(Desired Capacity – Initial Capacity) / Capacity Acquisition Delay	Unit
14.	Capacity Addition Delay	Constant - Normal	12	Month
15.	Change Capacity Time	Auxiliary - Normal	Change in Capacity * Standard Time	Day/Month
16.	Standard Time	Constant - Normal	6.28	Day/Unit
17.	Working Days Added	Auxiliary - Normal	IF THEN ELSE(Change Capacity Time > Desired Overtime , Desired Overtime , (IF THEN ELSE(Change Capacity Time >= 0, Change Capacity Time , 0)))	Day/Month
18.	Overtime Available	Constant - Normal	5	Day/Month/ Worker
19.	Worker Changed	Auxiliary - Normal	IF THEN ELSE(Change Capacity Time-Working Day Added > 0, Change Capacity Time-Working Day Added ,Change Capacity Time)	Day/Month
20.	Desired Overtime	Auxiliary - Normal	Overtime Available * Worker Available	Day/Month
21.	Unit Produce per Worker	Auxiliary - Normal	Working Days*Average Number Produce	Unit/Worker
22.	Working Days	Constant - Normal	Random Uniform (18, 22, 18)	Day/Month
23.	Average Number Produce	Constant - Normal	4	(Unit*Month)/(Day* Worker)
24.	Min Number of Worker	Auxiliary - Normal	IF THEN ELSE((Worker Changed/Standard Time) / Unit Produced per Worker < 0, (INTEGER ((Worker Changed/Standard Time) / Unit Produced per Worker)-1), (INTEGER ((Worker Changed/Standard Time) / Unit Produced per Worker)+1))	Worker/ Month
25.	Desired Number of Worker	Level - Normal	INTEG (Min Number of Worker, 25)	Worker
26.	Worker Available	Constant - Normal	Current Worker	Worker
27.	Hiring Worker	Auxiliary - Normal	INTEGER(IF THEN ELSE((Desired Number of Worker-Worker Available) >= 0, (Desired Number of Worker-Worker Available), 0))	Worker
28.	Firing Worker	Auxiliary - Normal	INTEGER(ABS(IF THEN ELSE((Desired Number of Worker-Worker Available) < 0, (Desired Number of Worker-Worker Available), 0)))	Worker
29.	Current Worker	Level - Normal	INTEG ((Hiring Worker - Firing Worker), 25)	Worker
30.	Current Capacity	Level - Normal	INTEG (Change in Capacity, 2000)	Unit