

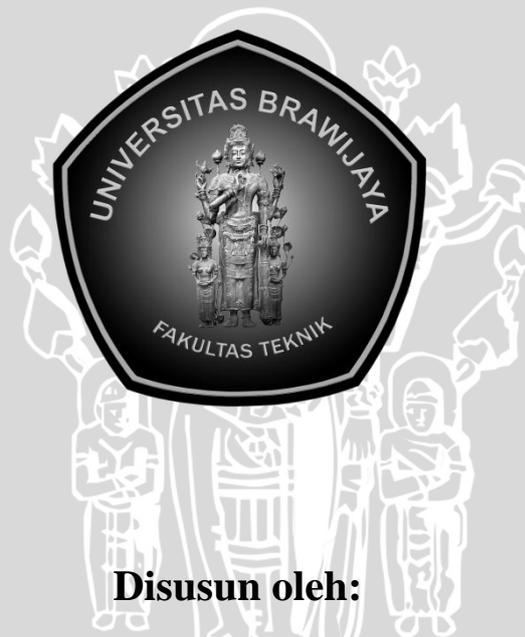
MODEL SIMULASI SISTEM PRODUKSI DENGAN SISTEM DINAMIK GUNA MEMBANTU PERENCANAAN KAPASITAS PRODUKSI

(Studi Kasus di PT Kasin Malang)

SKRIPSI

KONSENTRASI MANAJEMEN SISTEM INDUSTRI

**Diajukan untuk memenuhi persyaratan
memperoleh gelar Sarjana Teknik**



Disusun oleh:

**APRIL FORTUNELLA
NIM. 105060700111038 - 67**

**KEMENTERIAN RISET TEKNOLOGI DAN PENDIDIKAN TINGGI
UNIVERSITAS BRAWIJAYA
FAKULTAS TEKNIK
MALANG
2015**

LEMBAR PERSETUJUAN

**MODEL SIMULASI SISTEM PRODUKSI DENGAN
SISTEM DINAMIK GUNA MEMBANTU PERENCANAAN
KAPASITAS PRODUKSI
(Studi Kasus di PT Kasin Malang)**

SKRIPSI

KONSENTRASI MANAJEMEN SISTEM INDUSTRI

**Diajukan untuk memenuhi persyaratan
memperoleh gelar Sarjana Teknik**

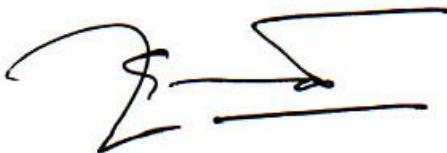


Disusun oleh:

**APRIL FORTUNELLA
NIM. 105060700111038 - 67**

Telah diperiksa dan disetujui oleh:

Dosen Pembimbing I



Ishardita Pambudi Tama, ST., MT., Ph.D.
NIP. 19730819 199903 1 002

Dosen Pembimbing II



Agustina Eunike, ST., MT., M.BA.
NIP. 19800811 201212 2 002

LEMBAR PENGESAHAN

**MODEL SIMULASI SISTEM PRODUKSI DENGAN
SISTEM DINAMIK GUNA MEMBANTU PERENCANAAN
KAPASITAS PRODUKSI
(Studi Kasus di PT Kasin Malang)**

SKRIPSI

KONSENTRASI MANAJEMEN SISTEM INDUSTRI

**Diajukan untuk memenuhi persyaratan
memperoleh gelar Sarjana Teknik**

Disusun oleh :

**APRIL FORTUNELLA
NIM 105060700111038-67**

**Skripsi ini telah diuji dan dinyatakan lulus pada
Tanggal 22 Januari 2015**

Penguji Skripsi 1



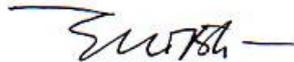
**Ceria Farela Mada Tantrika, ST., MT.
NIP. 19840426 200812 2 002**

Penguji Skripsi 2



**Arif Rahman, ST., MT.
NIP. 19740528 200801 1 010**

Penguji Komprehensif



**Ir. Purnomo Budi Santoso, M.Sc., Ph.D.
NIP. 19530113 198303 1 003**

**Mengetahui,
Ketua Jurusan Teknik Industri**



**Ishardita Pambudi Tama, ST., MT., Ph.D.
NIP. 19730819 199903 1 002**

PERNYATAAN ORISINALITAS SKRIPSI

Saya menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa sepanjang pengetahuan saya, di dalam naskah skripsi ini tidak terdapat karya ilmiah yang pernah diajukan oleh orang lain untuk memperoleh gelar akademik di suatu perguruan tinggi, dan tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis dikutip dalam naskah ini dan disebutkan dalam sumber kutipan dan daftar pustaka.

Apabila ternyata di dalam naskah skripsi ini dapat dibuktikan unsur-unsur plagiasi, saya bersedia skripsi ini digugurkan dan gelar akademik yang telah saya peroleh (SARJANA TEKNIK) dibatalkan serta diproses sesuai dengan peraturan perundang-undangan yang berlaku (UU No 20 Tahun 2003, Pasal 25 ayat 2 dan Pasal 70).

Malang, 3 Februari 2015
Mahasiswa



April Fortunella
NIM. 105060700111038

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa yang telah memberikan rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Model Simulasi Sistem Produksi Dengan Sistem Produksi Guna Membantu Perencanaan Kapasitas Produksi Studi Kasus PT Kasin Malang” dengan baik. Tak lupa shalawat dan salam selalu tercurah kepada baginda Rasulullah Nabi Muhammad SAW. Penulis menyadari bahwa terdapat beberapa pihak yang membantu dan memberikan bimbingan serta dukungan kepada penulis, mulai masa perkuliahan sampai pada penyusunan skripsi, sehingga dapat menyelesaikan skripsi ini. Secara khusus ucapan terima kasih penulis sampaikan kepada:

1. Bapak Ishardita Pambudi Tama, ST., MT., Ph.D selaku Ketua Jurusan Teknik Industri Fakultas Teknik Universitas Brawijaya dan Dosen Pembimbing I, terima kasih atas bimbingan, nasehat, arahan, motivasi, ilmu yang sangat berharga, dan saran yang diberikan demi kelancaran pengerjaan skripsi.
2. Bapak Arif Rahman, ST., MT. selaku Sekretaris Jurusan Teknik Industri Fakultas Teknik Universitas Brawijaya.
3. Ibu Agustina Eunike, ST., MT., MBA selaku Dosen Pembimbing II, terima kasih atas bimbingan, nasehat, arahan, motivasi, ilmu yang sangat berharga, dan saran yang diberikan demi kelancaran pengerjaan skripsi.
4. Bapak Remba Yanuar Efranto, ST., MT. selaku Ketua Konsentrasi Dasar Keahlian Manajemen Sistem Industri dan Dosen Pembimbing Akademik yang telah memberikan arahan dan saran dalam penyusunan agenda akademik penulis.
5. Bapak dan Ibu dosen pengamat/penguji pada Seminar Proposal, Seminar Hasil, dan Ujian Komprehensif atas saran dan masukannya, serta seluruh dosen Teknik Industri yang telah memberikan ilmu yang sangat berharga sehingga membantu dalam menyusun skripsi.
6. Bapak Hendrik dan seluruh karyawan PT Kasin Malang yang telah memberikan kesempatan dan waktu bagi penulis untuk melakukan pengamatan dan pengambilan data serta memberikan arahan kepada penulis untuk pengerjaan skripsi ini.

7. Papa Tonny Widoyoko dan Mama Nanik Setyowati, orang tua penulis yang hebat yang selalu memberikan doa, cinta, kasih sayang, dan motivasi baik secara moril maupun materiil tiada henti kepada penulis.
8. Mas Yoko Prima Setya dan Mbak Noni Hapsari, kakak dan kakak ipar penulis yang tiada henti mengingatkan untuk segera menyelesaikan skripsi dan memberikan doa, keceriaan, serta semangat kepada penulis.
9. Eka Putri santika Devi, S.Psi., dan Restu Sunjaya, ST., teman SMA yang selalu ada hingga saat ini, terima kasih atas semangat, dukungan, dan doa selama penyusunan skripsi. Kalian selalu ada di saat suka maupun duka.
10. Mak Ti, Mbak Mimin, Novita Jogja, Sita, Mira, dan Nurista, teman-teman sesama perantauan yang selalu menemani penulis di kehidupan sehari-hari, memberikan keceriaan, dan rasa kekeluargaan. Serta Nastiti sekeluarga dan Firda sekeluarga atas kebaikan yang diberikan kepada penulis selama di Malang.
11. Sahabatku Jalan-Jalan Hore "TELENAN", Lalena Bunga Tanjung, Nastiti Puji Lestari, dan Steffi Melati Achlam, terima kasih atas kebersamaan dan kenangan yang telah dibuat selama di perkuliahan dan semoga selalu terjaga selamanya, serta dukungan dan doa yang diberikan ke penulis dalam penyelesaian skripsi.
12. Teman-teman asisten Laboratorium simulasi dan Aplikasi Industri mulai dari simulator 1 hingga simulator 31, khususnya Rochsi, Ega, Ririd, Ridha Sista, Astari, Irawan, Ajib, Shabrina M., Sindy, Faisal Randy, Adam, dan Hilal, terima kasih atas kerjasama, kebersamaan, dan pengalaman organisasi yang diberikan.
13. Firda, Ninda, Devi, Galuh Zuhria, Elvina, Puu, Rifka dan seluruh teman-teman Teknik Industri angkatan 2010, INSURGENT, yang tidak dapat saya sebutkan satu persatu, terima kasih atas kebersamaan, kekeluargaan, dan kenangan yang diberikan kepada penulis selama masa perkuliahan.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari kesempurnaan. Maka dari itu penulis mengharapkan kritik dan saran dari pembaca terhadap skripsi yang telah penulis susun ini demi perbaikan untuk penyusunan laporan sejenis dimasa yang akan datang.

Malang, Januari 2015

Penulis

DAFTAR ISI

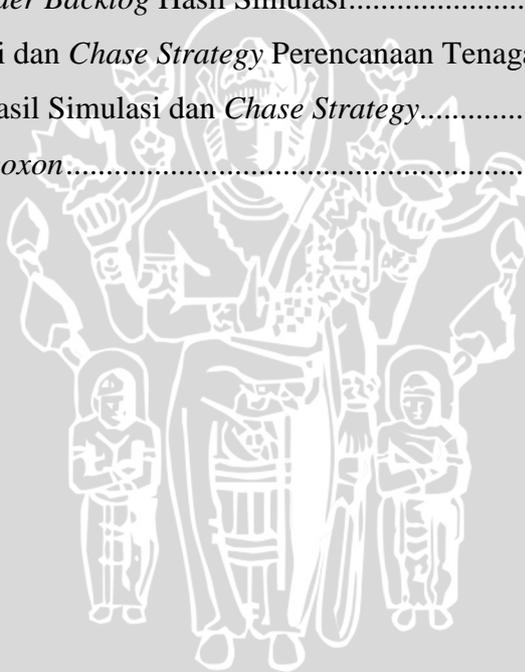
KATA PENGANTAR	i
DAFTAR ISI	iii
DAFTAR TABEL	v
DAFTAR GAMBAR	vi
DAFTAR LAMPIRAN	vii
RINGKASAN	ix
SUMMARY	x
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Identifikasi Masalah	3
1.3 Perumusan Masalah.....	4
1.4 Batasan Masalah.....	4
1.5 Asumsi Penelitian.....	4
1.6 Tujuan Penelitian.....	4
1.7 Manfaat Penelitian.....	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1 Penelitian Terdahulu	6
2.2 Sistem Produksi.....	6
2.2.1 Elemen <i>Input</i> Sistem Produksi.....	8
2.2.2 Elemen Proses Sistem Produksi.....	9
2.2.3 Elemen <i>Output</i> Sistem Produksi.....	12
2.3 Perencanaan Produksi	12
2.4 Sistem dan Model.....	13
2.4.1 Definisi Sistem.....	13
2.4.2 Klasifikasi Sistem	15
2.5 Simulasi Sistem Dinamik	16
2.5.1 Struktur dan Hubungan Dalam Model	17
2.5.1.1 <i>Causal Loop Diagram</i> (CLD).....	18
2.5.1.2 <i>Stock Flow Diagram</i> (SFD).....	19
2.5.2 Struktur dan Perilaku Dalam Model.....	19
2.6 Validasi Model	22
2.7 Analisis Kebijakan	24

BAB III METODE PENELITIAN	26
3.1 Jenis Penelitian	26
3.2 Tempat dan Waktu Penelitian	26
3.3 Pengumpulan Data	26
3.4 Langkah-Langkah Penelitian.....	27
3.5 Diagram Alir Penelitian	30
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	31
4.1 Gambaran Umum Objek Penelitian	31
4.1.1 Profil Perusahaan	31
4.1.2 Struktur Organisasi	32
4.1.3 Produk PT Kasin Malang.....	33
4.1.4 Produksi PT Kasin Malang	34
4.1.4.1 Mesin dan Peralatan Produksi.....	35
4.1.4.2 Proses Produksi.....	36
4.2 Simulasi Sistem Dinamik	38
4.2.1 Identifikasi Sistem	40
4.2.2 Konseptualisasi Sistem	42
4.2.2.1 <i>Causal Loop Diagram</i>	42
4.2.2.2 <i>Stock Flow Diagram</i>	48
4.2.3 Simulasi Model	55
4.2.3.1 Verifikasi Model	55
4.2.4.2 Validasi Model.....	56
4.3 Pembahasan Hasil Simulasi.....	60
4.4 Perencanaan Agregat	69
4.5 Rekomendasi Bagi Perusahaan	72
BAB V PENUTUP	75
5.1 Kesimpulan.....	75
5.2 Saran.....	76
DAFTAR PUSTAKA.....	77
LAMPIRAN	79



DAFTAR TABEL

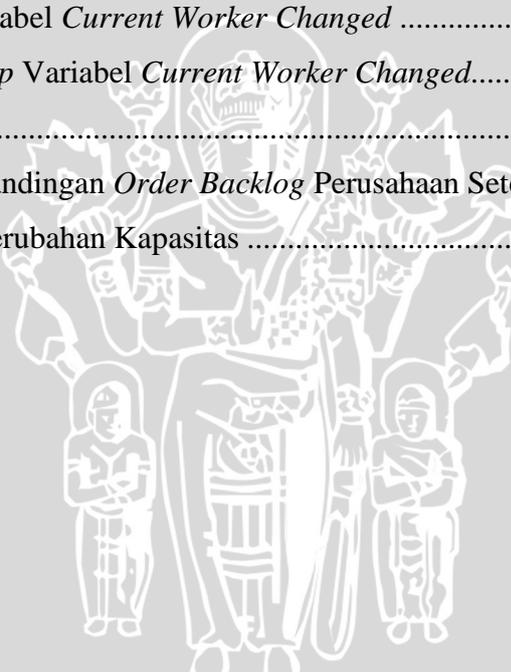
Tabel 1.1	Permintaan Kulit <i>Box</i> Tiap Periode Bulan.....	2
Tabel 2.1	Perbandingan Penelitian Terdahulu dengan Penelitian yang Dilakukan.....	7
Tabel 2.2	Macam-Macam Perencanaan Produksi.....	14
Tabel 2.3	Simbol <i>Stock Flow Diagram</i>	19
Tabel 4.1	Hasil Identifikasi Variabel	41
Tabel 4.2	Formulasi <i>Stock Flow Diagram</i> Perubahan Jumlah Kapasitas Produksi	51
Tabel 4.3	Formulasi <i>Stock Flow Diagram</i> Perencanaan Kapasitas Produksi	53
Tabel 4.4	Data Empiris dan Data Simulasi Variabel <i>Order rate</i>	59
Tabel 4.5	Data Nilai <i>Order Backlog</i> Hasil Simulasi.....	61
Tabel 4.6	Hasil Simulasi dan <i>Chase Strategy</i> Perencanaan Tenaga Kerja	70
Tabel 4.7	Uji Normal Hasil Simulasi dan <i>Chase Strategy</i>	71
Tabel 4.8	Hasil Uji <i>Wilcoxon</i>	72



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Skema Sistem Produksi.....	8
Gambar 2.2	Diagram Alir Proses Dari Sistem Produksi.....	10
Gambar 2.3	Pengembangan Penelitian Menggunakan Model.....	15
Gambar 2.4	Contoh <i>Causal Loop Diagram</i>	19
Gambar 2.5	Grafik <i>Exponential Growth</i>	20
Gambar 2.6	Grafik <i>Goal Seeking</i>	21
Gambar 2.7	Grafik <i>Oscillation</i>	21
Gambar 2.8	Grafik <i>S-Shaped Growth</i>	22
Gambar 3.1	Diagram Alir Penelitian.....	30
Gambar 4.1	Struktur Organisasi PT Kasin.....	32
Gambar 4.2	Kulit <i>Box</i> Produksi PT Kasin.....	34
Gambar 4.3	Kulit Sol Produksi PT Kasin.....	34
Gambar 4.4	Diagram Alir Proses Produksi Kulit Nabati Jenis <i>Box</i>	39
Gambar 4.5	<i>Causal Loop Diagram</i> Sederhana Sistem Produksi PT Kasin.....	43
Gambar 4.6	<i>Causal Loop Diagram</i> Penentuan Jumlah Perubahan Kapasitas ..	44
Gambar 4.7	<i>Causal Loop Diagram</i> Perubahan Kapasitas Produksi.....	45
Gambar 4.8	<i>Causal Loop Diagram</i> Sederhana Perencanaan Produksi.....	46
Gambar 4.9	<i>Causal Loop Diagram</i> Perencanaan Penambahan Jam Kerja.....	46
Gambar 4.10	<i>Causal Loop Diagram</i> Perencanaan Perubahan Jumlah Tenaga Kerja.....	47
Gambar 4.11	<i>Causal Loop Diagram</i> Perubahan Kapasitas dan Perencanaan Produksi.....	48
Gambar 4.12	<i>Stock Flow Diagram</i> Sistem Produksi PT Kasin.....	49
Gambar 4.13	<i>Stock Flow Diagram</i> Perubahan Jumlah Kapasitas Produksi.....	51
Gambar 4.14	<i>Stock Flow Diagram</i> Perencanaan Kapasitas Produksi.....	52
Gambar 4.15	Tampilan Uji Distribusi Variabel <i>Order Rate</i> dan <i>Working Days</i>	54
Gambar 4.16	<i>Model Setting</i> Penelitian.....	55
Gambar 4.17	Hasil Simulasi Verifikasi Formulasi Model dan Unit Model.....	56
Gambar 4.18	<i>Cause Strip Diagram</i> Variabel <i>Order Backlog</i> , <i>Order Rate</i> , dan <i>Shipment Rate</i>	57
Gambar 4.19	<i>Cause Strip Extreme-Condition Test</i> Variabel <i>Order Backlog</i>	58

Gambar 4.20	<i>Graph</i> Variabel <i>Order Backlog</i>	60
Gambar 4.21	Grafik Variabel <i>Order Backlog</i> dan Perubahan.....	61
Gambar 4.22	<i>Causes Tree</i> Variabel <i>Order Backlog</i>	62
Gambar 4.23	<i>Graph</i> Variabel <i>Order rate</i>	62
Gambar 4.24	<i>Graph</i> Variabel <i>Current Capacity</i>	63
Gambar 4.25	<i>Causes Tree</i> Variabel <i>Current Capacity</i>	64
Gambar 4.26	<i>Causes Strip</i> Variabel <i>Change Capacity</i>	64
Gambar 4.27	<i>Causes Tree</i> Variabel <i>Desired Capacity</i>	65
Gambar 4.28	<i>Causes Strip</i> Variabel <i>Desired Capacity</i>	65
Gambar 4.29	Perbandingan <i>Graph</i> Variabel <i>Working Day Added</i> dan <i>Worker Changed</i>	66
Gambar 4.30	<i>Causes Strip</i> Variabel <i>Worker Day Added</i>	67
Gambar 4.31	<i>Graph</i> Variabel <i>Current Worker Changed</i>	68
Gambar 4.32	<i>Causes Strip</i> Variabel <i>Current Worker Changed</i>	68
Gambar 4.33	Data SPSS.....	71
Gambar 4.34	<i>Graph</i> Perbandingan <i>Order Backlog</i> Perusahaan Setelah dan Sebelum Perubahan Kapasitas.....	74



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1	<i>Cause Strip Diagram</i> Hasil Simulasi	79
Lampiran 2	Nilai Hasil Simulasi Variabel Kapasitas dan Perencanaan Produksi.....	81
Lampiran 3	Perencanaan Agregat dengan <i>Chase Strategy</i>	82



RINGKASAN

April Fortunella, Jurusan Teknik Industri, Fakultas Teknik Universitas Brawijaya, Januari 2015, *Model Simulasi Sistem Produksi dengan Sistem Dinamik Guna Membantu Perencanaan Kapasitas Produksi (Studi Kasus: PT Kasin Malang)*, Dosen Pembimbing: Ishardita Pambudi Tama dan Agustina Eunike.

PT Kasin Malang merupakan perusahaan di bidang industri kulit yang menerapkan produksi *make to order*. Sebagai perusahaan yang bergerak di bidang *tannery*, permintaan dari konsumen berfluktuasi dan nilainya tidak menentu setiap periode pemesanannya. Permintaan kulit *box* tiap bulannya bernilai antara 1700 hingga 4000 unit. Untuk berproduksi, PT Kasin memiliki mesin dengan kemampuan menghasilkan 6000 unit kulit tiap bulannya namun perusahaan hanya bisa berproduksi sebanyak 2000 unit perbulan dengan 25 pekerja di bagian produksi yang mengoperasikan bahan baku dan jalannya mesin. Dengan kemampuan yang dimiliki PT Kasin, perusahaan tidak setiap bulannya dapat memenuhi permintaan pelanggan dan kemudian menghasilkan *order backlog*. PT Kasin berusaha untuk dapat memenuhi permintaan pelanggan dengan mengubah kapasitas produksi dengan memanfaatkan sumber daya yang dimiliki. Salah satu sumber daya adalah tenaga kerja, dengan cara menambah jam kerja maupun mengubah jumlah tenaga kerja dengan menambah maupun menguranginya.

Dalam penentuan perubahan kapasitas, banyak variabel dalam sistem yang terlibat dan dipertimbangkan dalam perencanaan kapasitas produksi. Dengan adanya interaksi antar variabel di dalam sistem, 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. Langkah awal pembuatan model adalah mengidentifikasi dan menjabarkan interaksi variabel-variabel di dalam sistem produksi. Interaksi variabel digambarkan menggunakan *influence diagram*. Langkah berikutnya konseptualisasi model menggunakan *causal loop diagram* yang menggambarkan hubungan *looping* dan positif-negatif antar variabel dan *stock flow diagram* yang menggambarkan alur perhitungan formulasi. Kemudian dilakukan verifikasi dan validasi model. Langkah terakhir analisis hasil simulasi.

Hasil dari penelitian ini adalah jumlah perubahan kapasitas produksi dan perencanaan produksi. Hasil tersebut didapatkan dari *output* simulasi model yang telah dibuat. 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. Terjadi perbedaan *order backlog* sebelum dan sesudah dilakukan perubahan kapasitas sebesar 1652 unit. Dengan menggunakan simulasi, perusahaan dapat melihat hubungan antar variabel beserta nilainya untuk mempermudah melakukan analisis dan mendapatkan hasil *output* berupa jumlah perubahan kapasitas beserta perencanaannya sekaligus tanpa dilakukan perhitungan dan penelitian terpisah.

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

SUMMARY

April Fortunella, Department of Industrial Engineering, Faculty of Engineering University of Brawijaya, January 2015, *Simulation Model of Production System with System Dynamic to Support Production Capacity Planning (A Case Study in PT Kasin Malang)*, Academic Supervisors: Ishardita Pambudi Tama and Agustina Eunike.

PT Kasin Malang is tannery industry with make to order principle for their production system. The demand from costumers has fluctuating and erratic value in every order period. PT Kasin has equipment with the ability to produce 6,000 units of leather every month. Demand of box leather has value between 1700 to 4000 units/month. PT Kasin can only produce as much as 2,000 units per month with 25 workers at the production field that operate the equipment. With that capability, the company can not fulfill customer demand each month and then generate the order backlog. PT Kasin strives to meet customer demand by changing production capacity with maximizing their own resources. One of the resources is worker, by extending working hours or doing overtime and changing the number of worker by hiring or firing worker.

In the determination of capacity changed, there are variables involved in the system and considered in planning production capacity. Considering interactions between variables in the system, this research proposed to make the model and simulation of System Dynamics for PT Kasin's leather production system. Model and simulation of System Dynamics can facilitate the company for planning production capacity by looking at the variables interaction and influence in the production system, with observing the company's ability to fulfill fluctuating customer demand in every period. The first step for model-making is identifying and explaining the variables interaction in the production system. Variables interactions are described using influence diagrams. The second step is conceptualization model using a causal loop diagram to illustrate the looping relationship and positive-negative relation between variables and using a stock flow diagrams depicting the formulations calculating flow. The next step is verification and validation the model. The last step is analysing the simulation results.

The results of this research is the changed of production capacity amount and production planning. The results are obtained from the analysis of simulation model output. There are 37 workers and 1300 hours overtime needed for capacity changed to 3708 units for 24 months. There is diferrence in value between before and after capacity changed which is 1652 units. Using simulation, the company can view the relationships between variables and their value to make easier analysis and get the number of capacity needed and planning at once without separate research and calculation.

Keywords: Modelling, Simulation, System Dynamic, Production Capacity, Production Planning

BAB I

PENDAHULUAN

Bab ini berisi latar belakang dilakukannya penelitian, identifikasi dan perumusan masalah yang akan diteliti, batasan masalah untuk membatasi ruang lingkup penelitian agar lebih terfokus, serta tujuan dan manfaat yang diharapkan dapat diperoleh dari penelitian.

1.1 LATAR BELAKANG

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. Produksi dalam perusahaan melibatkan beberapa unsur *input* yang akan diproses menjadi *output* atau produk hasil jadi. 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 mbingkai, memahami, dan mendiskusikan masalah yang kompleks (Arifin, 2009). 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 untuk 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 1.1 menyajikan data permintaan kulit nabati *box* dari bulan Januari 2011 hingga Desember 2012.

Tabel 1.1 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.	Oktober	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 yang dimiliki. Salah satu sumber daya adalah tenaga kerja, karena dari segi mesin dan bahan baku tidak terdapat kendala dalam memenuhi permintaan. Cara 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 rantai produksi sebuah perusahaan (Bazin, 2011). 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. Oleh karena itu, dengan simulasi sistem dinamik, PT Kasin dapat membuat model sistem produksi untuk mengetahui hubungan dan kondisi nilai variabel di dalam produksi, serta dijadikan pendukung perencanaan proses produksi yang efektif dan efisien untuk memenuhi keinginan konsumen.

1.2 IDENTIFIKASI MASALAH

Berdasarkan uraian latar belakang, identifikasi masalah yang didapatkan adalah sebagai berikut.

1. Kapasitas produksi yang dimiliki PT Kasin cenderung lebih kecil dibandingkan dengan jumlah permintaan perusahaan tiap bulannya sehingga belum dapat memenuhi permintaan pelanggan

2. Tenaga kerja yang tersedia pada PT Kasin belum bisa menghasilkan *output* produk sesuai dengan permintaan

1.3 PERUMUSAN MASALAH

Rumusan masalah yang diambil dalam penelitian ini adalah

1. Bagaimana menggambarkan hubungan antar elemen di dalam sistem produksi kulit *box* PT Kasin?
2. Berapa jumlah perubahan kapasitas produksi yang dibutuhkan oleh perusahaan untuk memenuhi permintaan yang berubah tiap bulan?
3. Berapa jumlah tenaga kerja dan *overtime* yang dibutuhkan dalam perencanaan produksi untuk merealisasikan perubahan kapasitas produksi?

1.4 BATASAN PENELITIAN

Dalam pengerjaan, penelitian ini memiliki batasan sistem yang diantaranya:

1. Sistem yang dimodelkan dan disimulasikan adalah sistem produksi kulit nabati *box*.
2. Saran perencanaan yang diberikan berupa jumlah tenaga kerja dan tidak mempertimbangkan biaya untuk mengubah jumlah tenaga kerja

1.5 ASUMSI PENELITIAN

Asumsi yang digunakan dalam melakukan penelitian ini adalah:

1. Kulit *box* yang diproduksi perusahaan memiliki karakteristik yang sama.
2. Bahan baku yang digunakan selalu tersedia

1.6 TUJUAN PENELITIAN

Tujuan dilakukan penelitian ini adalah:

1. Membuat model simulasi sistem produksi PT Kasin dan mensimulasikannya untuk mengetahui hubungan antar elemen di dalam sistem
2. Mengetahui perubahan dari kapasitas produksi perusahaan sesuai dengan permintaan yang berubah dan hasil dari simulasi

3. Memberikan saran perencanaan produksi untuk merealisasikan perubahan kapasitas produksi sesuai dengan hasil simulasi

1.7 MANFAAT PENELITIAN

Manfaat yang dapat diperoleh dari penelitian ini adalah:

1. Mempermudah melihat gambaran sistem produksi PT Kasin dan mengetahui hubungan antar elemen di dalam sistem dengan melihat model dan hasil simulasi
2. Dapat mengetahui dan menganalisa kemampuan produksi PT Kasin berdasarkan kapasitas produksi yang dimiliki dan permintaan konsumen yang fluktuasi
3. Dapat merencanakan kebutuhan produksi dan kebijakan perusahaan untuk perbaikan sistem dalam pemenuhan permintaan dengan melihat hasil simulasi



BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Tinjauan pustaka berisikan pustaka-pustaka atau teori-teori yang digunakan untuk membantu pengerjaan penelitian dan memberikan pondasi atau penguatan dasar dalam penelitian. Pada penelitian ini, pembahasan tinjauan pustaka meliputi penjelasan penelitian-penelitian terdahulu yang berhubungan dengan simulasi sistem dinamik dan kapasitas produksi, pengertian sistem produksi dan elemen sistem produksi, pengertian sistem dan model, penjelasan mengenai simulasi sistem dinamik, pengertian dan langkah-langkah uji validasi, dan penjelasan mengenai analisis kebijakan.

2.1 PENELITIAN TERDAHULU

Penelitian ini mengacu kepada beberapa penelitian serupa yang pernah dilaksanakan yang nantinya dapat digunakan sebagai referensi dalam menyelesaikan penelitian, selain sumber dari buku. Tabel 2.1 menjelaskan tentang penelitian terdahulu dan penelitian yang akan dilaksanakan ini.

2.2 SISTEM PRODUKSI

Produksi adalah fungsi pokok dalam setiap organisasi industri yang mencakup aktivitas-aktivitas guna penciptaan nilai tambah produk yang merupakan *output* dari setiap organisasi tersebut. Sistem produksi merupakan sistem integral yang mempunyai komponen struktural dan fungsional. Di dalam sistem produksi terjadi suatu proses transformasi nilai tambah yang mengubah *input* menjadi *output* yang dapat dijual dengan harga kompetitif di pasar. Sistem produksi memiliki beberapa karakteristik berikut (Gaspersz, 2000).

1. Mempunyai komponen-komponen atau elemen-elemen yang saling berkaitan satu sama lain dan membentuk satu kesatuan.
2. Mempunyai tujuan yang mendasari keberadaannya, yaitu menghasilkan produk (barang dan/atau jasa) berkualitas yang dapat dijual dengan harga kompetitif di pasar.
3. Mempunyai aktivitas, berupa proses transformasi nilai tambah *input* menjadi *output* secara efektif dan efisien.

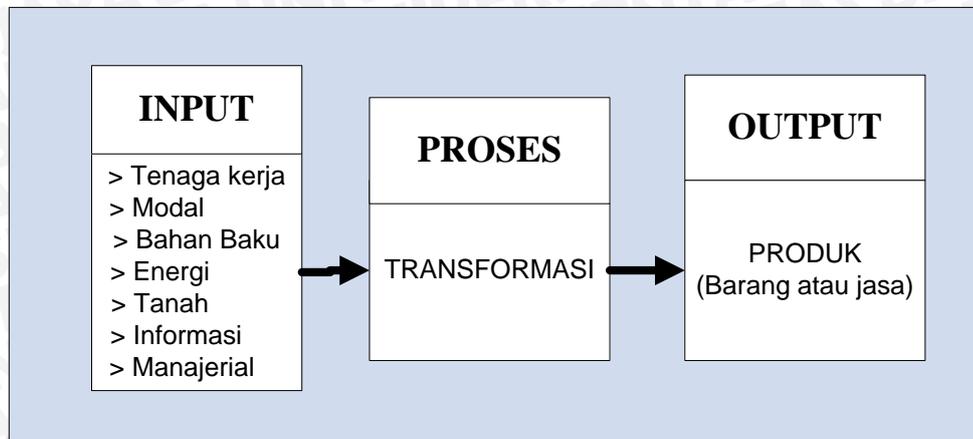
Tabel 2.1 Perbandingan Penelitian Terdahulu dengan Penelitian yang Dilakukan

Karakteristik Penelitian	Nama Peneliti			
	Suryani (2006)	Resta dan Suryani (2012)	Lovelestari dan Suryani (2012)	Penelitian Ini
Judul	Perancangan Skenario Kebijakan Perencanaan Kapasitas Terpasang Pada Industri Semen Dengan Berbasis Model Sistem Dinamik	Analisa Permintaan Untuk Perencanaan Produksi Dengan Menggunakan Simulasi sistem Dinamik Pada Industri Benang	Peramalan Permintaan Pasar dan Perencanaan Kapasitas Produksi dengan Menggunakan Model Sistem Dinamik Untuk Industri Pupuk Sebagai Sarana Penunjang Pembuatan Keputusan	Model Simulasi Sistem Produksi Dengan Sistem Dinamik Guna Membantu Perancangan Kapasitas Produksi
Obyek Penelitian	Industri Semen	Perusahaan manufaktur benang	Perusahaan manufaktur pupuk	Perusahaan manufaktur kulit sintetis
Tujuan Penelitian	Membuat skenario kebijakan untuk dijadikan alternatif yang dapat membantu pembuat keputusan dalam merencanakan produksi	Membuat model simulasi guna meramalkan permintaan pelanggan agar dapat merencanakan kapasitas produksi.	Membuat model dan skenario yang dapat memprediksi dan menganalisa permintaan dan perencanaan kapasitas produksi	Membuat model simulasi sistem produksi dan merencanakan produksi perusahaan dilihat dari perubahan kapasitas produksi
Penyelesaian	Simulasi sistem dinamik dengan <i>software</i> Vensim	Simulasi sistem dinamik dengan <i>software</i> Vensim	Simulasi sistem dinamik dengan <i>software</i> Vensim	Simulasi sistem dinamik dengan <i>software</i> Vensim
Hasil Penelitian	Peramalan tingkat permintaan dan laju produksi pada industri semen dalam kurun waktu 2005-2020. Pemberian rekomendasi untuk penambahan kapasitas dilakukan secara berkala	Peramalan permintaan, saran penambahan mesin pada 2012, dan penambahan kapasitas untuk menghadapi permintaan hingga tahun 2016	Metode untuk mengembangkan model untuk meningkat market share pupuk di masa datang berdasarkan kondisi optimis, most likely, dan pesimiss	Model simulasi sistem produksi perusahaan guna mengetahui perubahan kapasitas produksi dan perencanaan produksi untuk memenuhi permintaan yang fluktuatif

4. Mempunyai mekanisme yang mengendalikan pengoperasiannya, berupa optimasi pengalokasian sumber-sumber daya.

Sistem produksi memiliki komponen atau elemen struktural dan fungsional yang berperan penting menunjang kontinuitas operasional sistem. Komponen atau elemen struktural terdiri dari bahan (material), tenaga kerja, mesin dan peralatan, modal, energi, informasi, tanah, dll. Sedangkan komponen atau elemen fungsional terdiri dari

perencanaan, pengendalian, koordinasi, dan semua yang berkaitan dengan manajemen dan organisasi. Secara skematis sederhana, sistem produksi dapat digambarkan seperti dalam Gambar 2.1.



Gambar 2.1 Skema Sistem Produksi

Sumber: Handoko (1999)

2.2.1 Elemen *Input* Sistem Produksi

Pada dasarnya, *input* dalam sistem produksi dapat diklasifikasikan ke dalam dua jenis *input*, yaitu *input* tetap (*fixed input*) dan *input* variabel (*variable input*). *Input* tetap didefinisikan sebagai suatu *input* bagi sistem produksi yang tingkat penggunaannya tidak tergantung pada jumlah *output* yang akan diproduksi. *Input* variabel didefinisikan sebagai suatu *input* bagi sistem produksi yang tingkat penggunaannya tergantung pada jumlah *output* yang akan diproduksi. Menurut Gaspersz (2000) dalam sistem produksi terdapat beberapa *input*, diantaranya:

1. Tenaga kerja (*Labor*)

Operasi sistem produksi membutuhkan intervensi manusia dan orang-orang yang terlibat dalam proses sistem produksi dianggap sebagai *input* tenaga kerja. *Input* tenaga kerja dapat diklasifikasikan sebagai *input* tetap dan variabel. *Input* tetap misalnya gaji karyawan tiap bulan, sedangkan variabel misalnya buruh harian yang pembayaran upahnya berdasarkan kuantitas produksi yang dihasilkannya setiap hari.

2. Modal

Operasi sistem produksi membutuhkan modal. Berbagai macam fasilitas peralatan, mesin-mesin produksi, bangunan pabrik, gudang, dan lain-lain dapat dianggap sebagai barang modal.

3. Material

Agar sistem produksi dapat menghasilkan produk manufaktur, diperlukan bahan baku atau material untuk menghasilkan produk atau *output* produksi. Material yang digunakan bisa dari bahan mentah maupun barang setengah jadi.

4. Energi

Mesin-mesin produksi dan aktivitas pabrik lainnya membutuhkan energi untuk menjalankan aktivitas produksi. Berbagai macam bahan bakar, minyak pelumas, tenaga listrik, air untuk keperluan pabrik, dan lain-lainnya, dianggap sebagai *input* energi.

5. Tanah

Sistem produksi manufaktur membutuhkan lokasi (ruang) untuk mendirikan pabrik, gudang, dll. Dalam sistem industri manufaktur atau jasa lainnya, *input* tanah diklasifikasikan sebagai *input* tetap. Namun, dalam sistem produksi pertanian, *input* tanah dapat diklasifikasikan sebagai *input* variabel.

6. Informasi

Dalam industri modern, informasi telah dipandang sebagai *input*. Berbagai macam informasi tentang kebutuhan atau keinginan pelanggan, kuantitas permintaan pasar, harga produk di pasar, perilaku pesaing di pasar, peraturan pemerintah dapat dianggap sebagai *input* informasi.

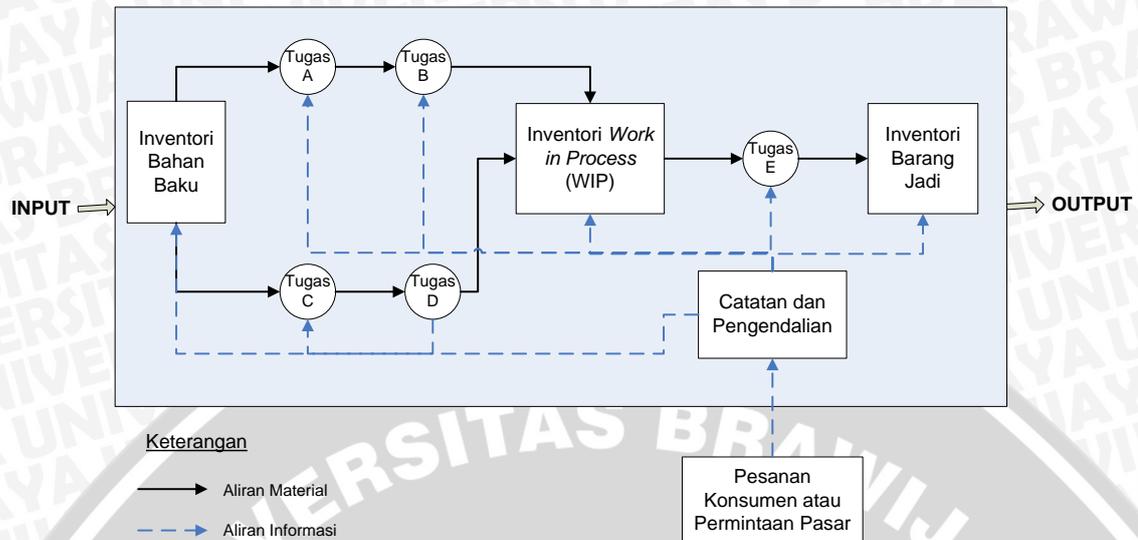
7. Manajerial

Sistem industri modern yang berada dalam lingkungan pasar global yang sangat kompetitif membutuhkan supervisi, perencanaan, pengendalian, koordinasi, dan kepemimpinan yang efektif untuk meningkatkan performansi sistem itu secara terus-menerus. Berbagai pengetahuan manajemen industri modern dianggap sebagai *input* manajerial atau sering disebut juga *input* entrepreneurial (*input of entrepreneurial*).

2.2.2 Elemen Proses Sistem Produksi

Menurut Gaspersz (2000), proses adalah suatu kumpulan tugas yang dikaitkan melalui suatu aliran material dan informasi yang mentransformasikan berbagai *input* ke dalam *output* yang bermanfaat atau bernilai tambah tinggi. Suatu proses memiliki kapabilitas atau kemampuan untuk menyimpan material (yang diubah menjadi barang setengah jadi) dan informasi selama transformasi berlangsung. Salah satu cara yang umum dipergunakan untuk menggambarkan proses dari sistem produksi adalah diagram

alir proses (*process flow diagram*). Diagram alir dari suatu proses dapat ditunjukkan Gambar 2.2.



Gambar 2.2 Diagram Alir Proses Dari Sistem Produksi
Sumber: Gasperzs (2000)

Secara umum, terdapat tiga kategori untuk semua aktivitas dalam proses. Ketiga kategori itu adalah:

1. Tugas-Tugas (*Tasks*)

Tugas atau aktivitas dalam sistem produksi memberikan nilai tambah produk (barang dan/atau jasa) sesuai yang diinginkan pelanggan. Untuk menjalankan suatu tugas sering membutuhkan penambahan tenaga kerja pada produk

2. Aliran-Aliran (*Flows*)

Terdapat dua jenis aliran yang perlu dipertimbangkan dari setiap proses dalam sistem produksi, yaitu aliran material atau produk setengah jadi dan aliran informasi. Aliran material terjadi apabila material dipindahkan dari satu tugas ke tugas berikutnya, atau dari beberapa tugas ke tempat penyimpanan, atau sebaliknya. Aliran informasi mengawali dan membantu dalam proses produksi suatu barang dan/atau jasa. Perbedaan antara aliran (*flows*) dan tugas (*tasks*) adalah bahwa aliran mengubah posisi dari produk dan tidak memberikan nilai tambah, sedangkan tugas mengubah karakteristik dan memberikan nilai tambah pada produk.

3. Penyimpanan (*Storage*)

Penyimpanan adalah segala sesuatu yang bukan tugas atau aliran. Suatu penyimpanan terjadi apabila tidak ada tugas yang dilakukan serta produk itu sedang tidak dipindahkan. Kapasitas adalah suatu tingkat keluaran, suatu kuantitas keluaran dalam

periode tertentu dan merupakan kuantitas keluaran tertinggi yang mungkin selama periode waktu tersebut (Handoko, 1999). Untuk berbagai keperluan, kapasitas dapat disesuaikan dengan tingkat penjualan yang sedang berfluktuasi yang dicerminkan dalam jadwal produksi induk (*master production schedule*). Beberapa definisi kapasitas secara umum adalah sebagai berikut:

1. *Design capacity*, yaitu tingkat keluaran per satuan waktu pabrik yang dirancang
2. *Rated capacity*, yaitu tingkat keluaran per satuan waktu yang menunjukkan bahwa fasilitas secara teoritik mempunyai kemampuan memproduksinya
3. *Standard capacity*, yaitu tingkat keluaran per satuan waktu yang ditetapkan sebagai tujuan pengoperasian bagi manajemen, supervisi dan para operator mesin
4. *Actual/operating capacity*, yaitu tingkat keluaran rata-rata per satuan waktu selama periode-periode waktu yang telah lewat
5. *Peak capacity*, yaitu jumlah keluaran per satuan waktu yang dapat dicapai melalui maksimasi keluaran, dan mungkin dilakukan dengan kerja lembur, menambah tenaga kerja, menghapus penundaan-penundaan, mengurangi jam istirahat, dll.

Kapasitas atau tingkat keluaran ini pada umumnya dinyatakan dalam satuan-satuan sebutan persamaan, seperti batang, ton, kilogram, meter, atau jam kerja yang tersedia. Sedangkan satuan-satuan waktu yang sangat penting bagi perencanaan kapasitas, dapat dinyatakan dalam satuan seperti jam, hari, minggu, atau bulan. Perusahaan biasanya menggunakan tingkat kapasitas nyata atau kapasitas pengoperasian yang ditentukan dari laporan-laporan atau catatan-catatan pusat kerja. Pengukuran kapasitas produksi yang dipergunakan dalam perencanaan produksi adalah kapasitas aktual atau kapasitas efektif. Kapasitas efektif atau aktual merupakan tingkat *output* yang dapat diharapkan berdasarkan pengalaman, yang mengukur produksi secara aktual dari pusat-pusat kerja (*work centers*) pada masa lalu. Biasanya diukur dengan angka rata-rata berdasarkan beban kerja normal. Proses perencanaan kapasitas dapat direncanakan sebagai berikut (Buffa, 1986) :

1. Meramalkan tuntutan masa mendatang, termasuk kemungkinan dampak teknologi, persaingan, dan kejadian-kejadian lain.
2. Menerjemahkan peramalan menjadi persyaratan kapasitas fisik.



3. Menyebutkan bermacam-macam rencana kapasitas sehubungan dengan persyaratan
4. Menganalisa efek ekonomis dari bermacam-macam rencana
5. Memperhatikan resiko dan efek-efek strategis dari bermacam-macam rencana
6. Menentukan rencana implementasi

2.2.3 Elemen *Output* dalam Sistem Produksi

Output dari proses dalam sistem produksi dapat berbentuk barang dan/atau jasa, yang dapat disebut sebagai produk. Pengukuran *output* yang paling mudah dan bersifat klasik dilihat dari unit *output*/produk yang dihasilkan atau diproduksi oleh sistem produksi. Dalam era persaingan saat ini, beberapa dipertimbangkan dalam pengukuran tingkat *output* sistem produksi seperti (Gaspersz, 2000) :

1. Kuantitas produk yang sesuai pesanan konsumen atau permintaan pasar dan diukur dalam satuan unit.
2. Tingkat efektivitas dari sistem produksi, yang merupakan persentase dari rasio *output* aktual terhadap *output* yang direncanakan sesuai permintaan pasar. Nilai ideal dari tingkat efektivitas adalah 100%. Penyimpangan nilai ideal harus dikoreksi pada proses produksi berikutnya untuk memperkecil atau menghilangkan penyimpangan.
3. Banyaknya produk cacat, diukur dalam satuan unit atau persentase dari *output* total yang diproduksi sesuai permintaan pasar.
4. Biaya per unit *output*.
5. Karakteristik kualitas produk sesuai keinginan pelanggan (pasar).

2.3 PERENCANAAN PRODUKSI

Perencanaan produksi dilakukan untuk memenuhi permintaan (*demand*) berdasarkan kapasitas produksi yang sesuai (Wignjosuebrototo, 2006). Kondisi umum yang terjadi di dalam sistem produksi adalah permintaan yang cenderung berfluktuasi, naik-turun dan tidak tetap dari satu waktu ke waktu yang lain. Metode perencanaan produksi dapat ditentukan berdasarkan faktor:

1. *External*, yaitu tergantung dari tipikal permintaan pasar yang dilayani, struktur ekonomi, dan lain-lain
2. *Internal*, yaitu berdasarkan potensi sumber daya yang dimilikinya

Selain itu, perencanaan juga bisa dibuat berdasarkan periode waktu yang ingin dicakup, seperti:

1. Perencanaan jangka panjang (*long-term planning*) yang biasanya diaplikasikan untuk hal-hal yang bersifat strategis
2. Perencanaan jangka menengah (*medium-term* atau *aggregate planning*) yang biasanya diaplikasikan untuk periode waktu 1 tahunan
3. Perencanaan jangka pendek (*short-term planning*) yang biasanya diaplikasikan untuk aktivitas operasional yang bersifat taktikal.

Macam-macam atau tipe perencanaan produksi dapat dilihat dalam Tabel 2.2 yang berisikan variabel keputusan dan perbedaan dari masing-masing perencanaan produksi.

2.4 SISTEM DAN MODEL

2.4.1 Definisi Sistem

Menurut Djati (2007), sistem adalah suatu kesatuan yang terdiri dari sekumpulan elemen-elemen (entitas atau subsistem yang saling berinteraksi, selaras, atau bertolak belakang, bergabung, atau terurai) secara simultan dan terpadu untuk mewujudkan tujuan tertentu dengan mendapatkan masukan tertentu dengan menghasilkan keluaran pada lingkungan di luar batasan sistem. Sistem mempunyai beberapa persyaratan umum, yaitu harus mempunyai elemen, lingkungan, interaksi antar elemen, interaksi antara elemen dengan lingkungannya, dan tujuan yang akan dicapai.

Berdasarkan persyaratan di atas, sistem dapat didefinisikan sebagai seperangkat elemen yang digabungkan satu dengan lainnya untuk suatu tujuan bersama. Kumpulan elemen terdiri dari manusia, mesin, prosedur, dokumen, data atau elemen lain yang terorganisir dari elemen-elemen tersebut. Elemen sistem disamping berhubungan satu sama lain, juga berhubungan dengan lingkungannya untuk mencapai tujuan yang telah ditentukan sebelumnya. Sistem diklasifikasikan dari sudut pandang tingkah laku sistemnya dibedakan menjadi dua, yaitu sistem tertentu (*Deterministic System*) dan sistem tak tentu (*Probabilistic System*).

Tabel 2.2 Macam-Macam Perencanaan Produksi

Masukan Proses Perencanaan (Planning Inputs)	Variabel-Variabel Keputusan			Keluaran Proses Perencanaan (Planning Outputs)
	- Kapasitas Produksi Jangka Panjang - Alokasi sumber (Produk, Proses, dll)	Tingkat Pemakaian Alternatif Produksi / Kegiatan (Reguler, Inventory, dll)	- Jumlah Tenaga Kerja - Rate Produksi - Sequencing of Orders	
Manajemen Puncak - Basic Purpose - Tujuan Organisasi - Peramalan Umum - Modal Tersedia - Kompetisi	<pre> graph TD A[Long-Term Planning (5-10 Tahun)] --> B[Medium-Term / Aggregate Planning (1-24 Bulan)] B --> C[Short-Term Planning / Scheduling (1-30 Hari)] </pre>			- Perencanaan untuk perluasan kapasitas (ekspansi) atau penciutan - Perencanaan untuk pemakaian teknologi baru, pemasaran, lokasi, dll
Manajemen Menengah - Perencanaan Jangka Panjang - Keterbatasan Kapasitas Terpasang - Peramalan Jangka Menengah (Tahunan) - Kelayakan Alternatif Produksi dan Biaya				Perencanaan kegiatan produksi untuk melihat apakah kebutuhan permintaan sudah dipenuhi dengan kapasitas dan sumber-sumber produksi tersedia
Manajemen Bawah - Perencanaan Jangka Menengah - Order yang Diterima - Waktu untuk Penyampaian Output yang Dikehendaki				Perencanaan kegiatan produksi dengan penugasan secara spesifik ke departemen, tenaga kerja (shifts), mesin dan peralatan produksi, dll.
Tujuan Perencanaan - Untuk memperoleh arah dan sasaran organisasi yang spesifik - Startegi dan kebijakan jangka panjang yang layak	Untuk mencapai efektivitas dan efisiensi pemakaian segala resources yang tersedia	Untuk memenuhi kepuasan pelanggan dalam hal pelayanan dan ketepatan waktu		

Sumber: Wignjosoebroto (2006)

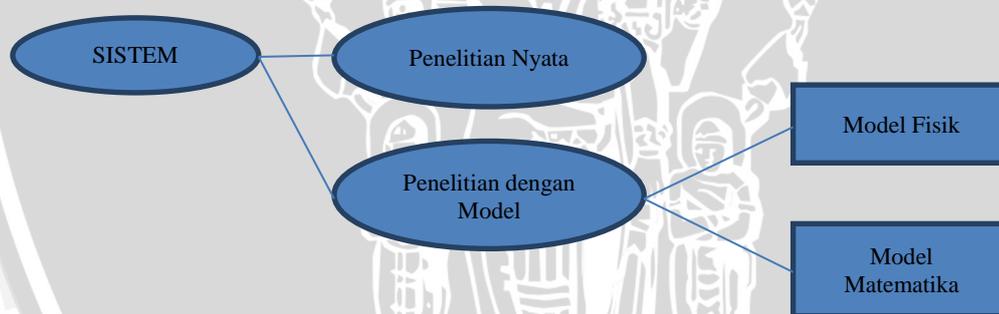
1. Sistem tertentu beroperasi tertentu dengan tingkah laku yang sudah dapat diprediksi. Interaksi diantara bagian-bagiannya dapat dideteksi dengan pasti, sehingga keluaran dari sistem dapat diramalkan. Sistem deterministik adalah

sistem yang operasinya dapat diprediksi secara tepat. Contohnya sistem komputer. Sistem komputer adalah contoh dari sistem tertentu yang tingkah lakunya dapat dipastikan berdasarkan program-program yang dijalankan.

2. Sistem tak tentu adalah sistem yang kondisi masa depannya tidak dapat diprediksi karena mengandung unsur probabilitas. Sistem Probabilistik adalah sistem yang tidak dapat diprediksi dengan pasti karena mengandung unsur probabilitas. Contohnya sistem evapotranspirasi, sistem serapan hara.

2.4.2 Klasifikasi Model

Model adalah suatu representasi atau formalisasi suatu sistem nyata dalam bahasa, simbol, atau bentuk tertentu yang mewakili karakteristik dan perilaku sistem sesuai sudut pandang dan dasar pengetahuan pemodel dalam tujuan mempelajari sistem. Model sistem digunakan untuk mengenali perilaku data, apakah sama dengan keadaan yang nyata. Djati (2007) mengungkapkan bahwa dalam kehidupan, model yang digunakan untuk mengenal suatu sistem (studi terhadap sistem), yang digambarkan pada Gambar 2.3, dibedakan berdasarkan data yang diperoleh.



Gambar 2.3 Pengembangan Penelitian Menggunakan Model

Sumber: Djati (2007)

1. Model Fisik

Dalam pemodelan seperti ini atribut atau *field* (data) dari sistem didapatkan dari pengukuran, seperti jarak yang ditempuh oleh truk dengan beban tertentu dan kecepatan tertentu juga yang mempengaruhi kemampuan mesin.

2. Model Matematika

Pada model matematika menggunakan simbol-simbol dan persamaan-persamaan matematika untuk menggambarkan sistem. Atribut atau *field* dari sistem dipresentasikan oleh aktivitas-aktivitas setiap variabel yang dideklarasikan (diidentifikasi lebih awal)

dan kemudian dengan fungsi-fungsi matematika maka dari seluruh variabel tersebut akan dihasilkan aktivitas-aktivitas yang diharapkan. Model matematika dibagi menjadi dua, yaitu model dinamik yang sangat dipengaruhi oleh perubahan waktu dan model statik yang menunjukkan perilaku sistem secara spesifik pada kondisi tertentu.

2.5 SIMULASI SISTEM DINAMIK

Simulasi adalah proses perancangan model dari suatu sistem nyata dan pelaksanaannya dengan menggunakan eksperimen-eksperimen dengan modul-modul yang bertujuan untuk memahami tingkah laku atau menyusun strategi sehubungan dengan beroperasinya sistem tersebut (Djati, 2007). Sistem dinamik merupakan sebuah metodologi dan teknik pemodelan matematika untuk membongkar, memahami, dan mendiskusikan masalah yang kompleks (Arifin, 2009). Sesuai dengan namanya, penggunaan sistem dinamik erat berhubungan dengan pertanyaan-pertanyaan tentang sistem yang kompleks, yaitu pola-pola tingkah laku yang dibangkitkan oleh sistem itu dengan bertambahnya waktu.

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 tersebut. Sistem dinamik diajarkan bagaimana berpikir secara sistem. Artinya adalah dalam menyelesaikan suatu masalah tidak dilihat pada satu pokok bagian saja, tetapi dilihat semua pengaruhnya terhadap semua yang berhubungan dengan masalah tersebut. Tujuan dilakukannya simulasi sistem dinamik adalah:

1. Mengatasi permasalahan manajemen yang umum seperti fluktuasi inventori, ketidakstabilan tenaga kerja, penurunan pangsa pasar suatu perusahaan, dan lain-lain.
2. Sebagai pendukung keputusan dalam merancang kebijakan-kebijakan yang efektif.
3. Untuk mengetahui perilaku sistem nyata yang kompleks.

Persoalan yang dapat dengan tepat dimodelkan menggunakan metodologi sistem dinamika adalah masalah yang:

1. Mempunyai sifat dinamis (berubah terhadap waktu).

2. Struktur fenomenanya mengandung paling sedikit satu struktur umpan-balik (*feedback structure*).

Langkah-langkah yang digunakan untuk menyelesaikan masalah secara sistem dinamik (Arifin, 2009) adalah sebagai berikut:

1. Mengidentifikasi masalah, termasuk di dalamnya mencari batasan tertutup bagi sistem yang dianalisis.
2. Menentukan faktor-faktor yang dominan terhadap permasalahan, sehingga menghasilkan identifikasi dari variabel-variabel dari sistem yang bersangkutan.
3. Menelusuri terbentuknya *loop* umpan balik dari tindakan, informasi, pembuatan keputusan, dan seterusnya, serta interaksi antara *loop* satu dengan yang lainnya.
4. Melakukan perhitungan simulasi dengan memasukkan kondisi mula sistem untuk mencari solusinya yang berupa pola tingkah laku sistem dalam selang waktu penelitian.
5. Melakukan pengujian model simulasi dengan sistem yang dijadikan objek penelitian dengan cara:
 - a. Verifikasi, untuk melihat apakah model yang dibuat sudah benar dalam menggambarkan masalah sesungguhnya dengan bertanya kepada orang yang ahli dalam masalah yang dimodelkan.
 - b. Validasi, untuk melihat apakah model yang dibuat sudah sesuai dengan kenyataan atau tidak dengan cara memasukkan nilai yang ekstrem pada model yang telah dibuat. Jika pada model hasilnya berbeda dengan kenyataan maka model harus dilihat lagi.
6. Menerapkan kebijakan tertentu dalam melakukan modifikasi terhadap model simulasi sesuai dengan kebijakan.
7. Melakukan kembali simulasi berikutnya dengan model yang mengalami perubahan.
8. Melakukan analisis terhadap semua hasil simulasi yang diperoleh dan menarik kesimpulan berdasarkan hasil tersebut.

2.5.1 Struktur dan Hubungan Dalam Model

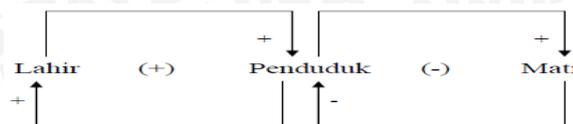
Suatu model sistem dinamika dibentuk karena adanya hubungan sebab-akibat (*causal*) yang memengaruhi struktur di dalamnya baik secara langsung antar dua

struktur, maupun akibat dari berbagai hubungan yang terjadi pada sejumlah struktur, hingga membentuk umpan-balik (*causal loop*). Struktur umpan-balik ini merupakan blok pembentuk model yang diungkapkan melalui lingkaran-lingkaran hubungan sebab-akibat dari variabel-variabel yang melingkar secara tertutup.

2.5.1.1 Causal Loop Diagram (CLD)

Suatu sistem akan mentransformasikan *input* menjadi *output* dimana proses transformasi secara khas ditandai dengan adanya *feedback* (umpan balik). Dalam pemodelan sistem dinamik, terdapat langkah menemukan dan menggambarkan proses umpan balik (*feedback*), bersama struktur *stock and flow*, *time delay*, dan ke-nonlinier-an yang menentukan dinamik suatu sistem. Semakin banyak interaksi maka semakin banyak variabel (unsur) dan parameter (waktu) yang membuat semakin rinci dan dinamis. Terdapat dua tipe *feedback loop*, yaitu *positive* atau *self-reinforcing loop* dan *negative* atau *self-correcting loop*. *Positive loop* cenderung untuk memperkuat atau memperbesar dari nilai yang diamati di dalam suatu sistem dan *loop* yang ada diberi tanda (+) atau huruf R. Sedangkan *negative loop* menandakan bahwa *feedback* yang diberikan membalas dan menentang terjadinya perubahan. *Negative loop* diberi tanda (-) atau huruf B dari kata *Balancing*. Untuk menggambarkan sebuah konsep *feedback* pada struktur sistem, dalam sistem dinamik dikenal dengan *causal loop diagram* (CLD).

Causal loop diagram (CLD) adalah suatu bentuk pemetaan yang menunjukkan hubungan sebab akibat antara variabel dengan panah dari sebab dan akibat (Sterman, 2000). CLD menampilkan hubungan dengan gambar panah-panah yang saling terkait membentuk sebuah diagram sebab akibat (*causal loop*), dimana hulu panah mengungkapkan sebab dan ujung panah mengungkapkan akibat. Keduanya, baik unsur sebab maupun akibat, atau salah satu diantaranya harus merujuk keadaan yang terukur, baik secara kualitatif untuk keadaan dirasakan (*perceived*) maupun secara kuantitatif untuk keadaan nyata (*actual*). Setelah dapat memahami mana unsur yang menjadi sebab dan akibat, selanjutnya dapat diketahui jika hubungan tersebut searah, maka tanda panah adalah positif (+) dan jika hubungan tersebut berlawanan arah, maka tanda panah adalah negatif (-). Gambar 2.4 merupakan contoh dari *causal loop diagram* dari sistem populasi.



Gambar 2.4 Contoh *Causal Loop Diagram*

Sumber: Aminullah (2001)

2.5.1.2 Stock Flow Diagram (SFD)

Stock flow diagram (SFD) menggambarkan struktur secara fisik, dimana *stock* merupakan akumulasi yang dapat bertambah dan berkurang, sedangkan *flow* adalah proses yang menyebabkan *stock* bertambah atau berkurang. SFD merupakan konsep sentral dalam teori sistem dinamik, dimana dapat diilustrasikan dengan sebuah bak mandi yang dihubungkan dengan dua kran masukan dan keluaran air. Kedua kran sebagai pengontrol akumulasi air dalam bak. Besar kecilnya nilai dalam *stock* dan *flow* berdasarkan perhitungan persamaan matematik integral dan diferensial dimana persamaan matematik *stock* merupakan integrasi dari nilai *inflow* dan *outflow*. SFD diterjemahkan menggunakan simbol-simbol komputer sesuai dengan perangkat lunak simulasi yang digunakan. Tabel 2.2 menyajikan simbol-simbol yang digunakan dalam SFD.

Tabel 2.4 Simbol *Stock Flow Diagram*

SIMBOL	NAMA	KETERANGAN
	<i>Stock / Level</i>	Akumulasi
	<i>Rate</i>	Variabel yang mempengaruhi perubahan pada level
"Tanpa Gambar"	<i>Auxiliary</i>	Variabel yang tidak memiliki memori, nilainya independen pada periode sebelumnya
"Tanpa Gambar"	<i>Constant</i>	Nilai variabel yang tidak berubah dari waktu ke waktu

Sumber: Sterman (2000)

2.5.2 Struktur dan Perilaku Dalam Model

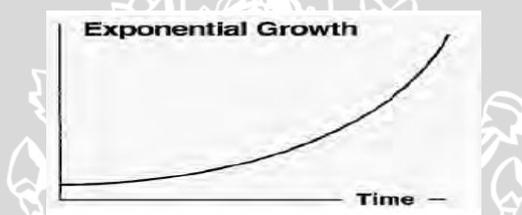
Perilaku dari sistem timbul dari struktur modelnya dimana struktur itu terdiri dari *feedback loop*, *stock* dan *flow*, dan nonlinieritas yang dihasilkan oleh interaksi struktur secara fisik dan proses pengambilan keputusan dari orang yang berpengaruh bertindak di dalam sistem (Sterman, 2000). Model perilaku sistem dinamik diidentifikasi

dari struktur umpan balik dari model sistem. Beberapa model perilaku pada model sistem dinamik adalah:

1. *Exponential Growth*

Exponential growth muncul dari *positive loop*. *Exponential growth* menggambarkan bahwa hasil dari model suatu sistem meningkat kuantitasnya seiring dengan perubahan

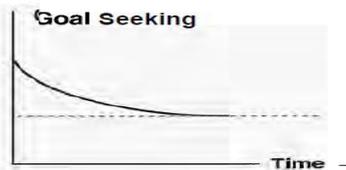
unsur yang mempengaruhi semakin meningkat, contohnya saat berinvestasi, semakin banyak yang diinvestasikan maka bunga yang didapatkan juga akan bertambah. Peningkatan kuantitas tersebut menyebabkan terjadinya pertumbuhan. *Positive loop* tidak selalu menghasilkan pertumbuhan, namun dapat juga membuat penurunan. Misal ketika penurunan harga saham mengikis kepercayaan investor yang mengarah ke lebih banyak penjualan, lebih rendah harga penjualan, dan rendahnya kepercayaan. Gambar 2.5 merupakan grafik dari perilaku sistem *Exponential growth*.



Gambar 2.5 Grafik *Exponential Growth*
Sumber: Sterman (2000)

2. *Goal Seeking*

Positive loop menghasilkan pertumbuhan, memperkuat penyimpangan, dan memperkuat perubahan. *Negative loop* menghasilkan keadaan seimbang dan statis, dengan begitu membawa keadaan sistem sesuai dengan tujuan yang diinginkan. Jika ada perbedaan antara tujuan yang diinginkan dengan keadaan aktual sistem, maka dibuat tindakan korektif untuk membawa keadaan sistem kembali sesuai dengan tujuan. Kadang-kadang keadaan yang diinginkan tindakan korektif dan sistem eksplisit berada di bawah kendali pembuat keputusan, misalnya tingkat persediaan yang diinginkan. Kadang-kadang tujuannya implisit dan tidak berada di bawah kontrol secara sadar, atau di bawah kendali badan manusia sama sekali seperti suhu. Gambar 2.6 merupakan grafik dari perilaku sistem *goal seeking*.

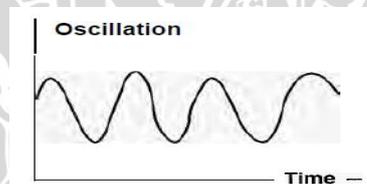


Gambar 2.6 Grafik *Goal Seeking*

Sumber: Sterman (2000)

3. *Oscillation*

Oscillation adalah model dasar dari ketiga perilaku yang diamati dalam sistem dinamik. Seperti perilaku *goal seeking*, *oscillation* disebabkan oleh *negative loop*. Keadaan sistem ini dibandingkan dengan tujuannya dan tindakan korektif diambil untuk menghilangkan segala perbedaan. Dalam sistem *oscillation*, keadaan sistem terus-menerus cenderung melakukan pengetatan tujuan atau keseimbangan, sehingga terjadi naik turun kuantitas. Penurunan timbul dari kehadiran signifikan waktu penundaan (*delay time*) dalam *negative loop*. *Delay time* menyebabkan tindakan korektif terus bahkan setelah keadaan sistem mencapai tujuannya, memaksa sistem untuk tetap menyesuaikan tujuan dan memicu koreksi baru dalam arah yang berlawanan. Gambar 2.7 merupakan grafik dari perilaku sistem *oscillation*.



Gambar 2.7 Grafik *Oscillation*

Sumber: Sterman (2000)

4. *S-Shaped*

Kuantitas nyata tidak dapat tumbuh atau mengalami penurunan selamanya yang mengakibatkan satu atau lebih kendala menghentikan pertumbuhan. Model perilaku *s-shaped* awalnya *exponential growth* tetapi kemudian secara bertahap melambat sampai keadaan sistem mencapai tingkat keseimbangan. Bentuk kurva menyerupai membentang "S". Sistem menghasilkan *s-shaped growth* hanya jika duakondisi terpenuhi. Pertama, *negative loop* tidak harus menyertakan *delay time* karena jika ada *delay time*, sistem akan menurun dan terombang-ambing di sekitar kondisi seimbang. Kedua, sistem akan tetap berada di kondisi seimbang. Pada awalnya, *s-shaped* didominasi oleh *positive loop* dan keadaan sistem tumbuh secara eksponensial. Kemudian dibuat batas-batas pertumbuhan, sehingga timbul *negative loop* dan

mendominasi dinamika serta menghasilkan titik dimana keadaan sistem menjadi seimbang dan statis. Gambar 2.8 merupakan grafik dari perilaku sistem *s-shaped growth*.



Gambar 2.8 Grafik *S-Shaped Growth*
Sumber: Sterman (2000)

2.6 VALIDASI MODEL

Validitas adalah salah satu kriteria penilaian keobjektivan dari suatu pekerjaan ilmiah (Aminullah, 2001). Objektif ditunjukkan dengan sejauh mana model dapat menirukan fakta, yaitu kejadian yang diamati. Validasi bertujuan untuk mengetahui kesesuaian antara hasil simulasi dengan gejala atau proses yang ditirukan. Hasil simulasi yang sudah divalidasi tersebut digunakan untuk memahami perilaku gejala atau proses serta kecenderungan di masa depan, yang dapat dijadikan sebagai dasar bagi pengambil keputusan untuk merumuskan suatu kebijakan di masa mendatang.

Suatu model dikatakan valid jika struktur dasarnya dan polanya dapat menggambarkan perilaku sistem nyata, atau dapat mewakili dengan cukup akurat, data yang dikumpulkan sehubungan dengan sistem nyata atau asumsi yang dibuat berdasarkan referensi sesuai cara sistem nyata bekerja. Terdapat dua uji validitas, yaitu uji validitas terstruktur dan uji validitas kinerja.

1. Uji Validitas Terstruktur

Uji validitas struktur dilihat dari struktur atau model itu sendiri dengan sistem nyatanya. Ada dua jenis validitas struktur, yaitu validitas konstruksi dan validitas kestabilan struktur. Berikut penjelasan masing-masing uji validitas terstruktur.

a. Validitas Konstruksi

Validitas konstruksi memberikan keyakinan terhadap konstruksi model valid secara ilmiah atau diterima secara akademis. Terdapat dua jenis validitas konstruksi yaitu melalui teori dan kritik teori. Melalui teori berarti generalisasi struktur nyata yang ditunjukkan dengan sejauh mana model yang diciptakan sesuai dengan aturan berpikir logis, harus didukung dengan argumentasi teori ilmiah. Meskipun model teoritis sudah didukung oleh teori dan konsep yang

relevan, namun tidak dengan sendiri menjadi model valid menurut kritik teori. Dinamika sistem nyata menyebabkan teori berubah dan berkembang sehingga ada kemungkinan teori yang dipakai kurang relevan. Oleh karena itu, dalam membangun model diperlukan kreativitas.

b. Kestabilan Struktur

Uji validitas struktur untuk melihat keberlakuan atau kekuatan struktur dalam dimensi waktu dapat dilakukan dengan cara menguji model terhadap perlakuan agregasi unsur dan disagregasi sistem. Keduanya, baik model agregat yang umum maupun disagregat yang rinci, apabila disimulasikan harus menghasilkan perilaku yang serupa. Jika hasil simulasi mengakibatkan hasil yang tidak logis maka ada kesalahan di dalam model dan harus diperbaiki.

2. Uji Validitas Kinerja / *Output Model*

Validitas kinerja memiliki tujuan untuk memberikan keyakinan sejauh mana kinerja model sesuai dengan kinerja sistem nyata sehingga memenuhi syarat sebagai model ilmiah. Caranya dengan melihat kesesuaian data empiris dan perilaku *output* model. Terdiri dari dua langkah untuk uji validitas kinerja dengan cara mengeluarkan *output* simulasi yang kemudian dibandingkan dengan pola perilaku data empiris dan melakukan uji statistik untuk melihat penyimpangan antara *output* simulasi dengan data aktual. Berikut rumus yang dapat digunakan untuk menguji validasi kinerja menurut Barlas (1996).

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

$$E_1 = \frac{|\bar{S} - \bar{A}|}{\bar{A}} \quad (2-2)$$

Dimana,

$$\bar{S} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N S_i \quad (2-3)$$

$$\bar{A} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N A_i \quad (2-4)$$

A = Data empiris

S = *Output* Simulasi

N = Periode / Banyaknya data

Model dianggap Valid jika $E_1 \leq 5\%$

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

$$E_2 = \frac{|S_s - S_A|}{S_A} \quad (2-5)$$

Dimana,

$$S_s = \sqrt{\frac{1}{N} \sum (S_i - \bar{S})^2} \quad (2-6)$$

$$S_A = \sqrt{\frac{1}{N} \sum (A_i - \bar{A})^2} \quad (2-7)$$

Model dianggap Valid jika $E_2 \leq 30\%$

2.7 ANALISIS KEBIJAKAN

Menurut Aminullah (2001), analisis kebijakan adalah pekerjaan intelektual memilah dan mengelompokan tindakan untuk memperoleh pengetahuan tentang cara-cara yang strategis dalam mempengaruhi sistem mencapai tujuan yang telah ditetapkan. Salah satu aspek penting dalam proses analisis kebijakan dalam sistem dinamis adalah simulasi model. Dengan menirukan perilaku sistem nyata maka proses analisis akan lebih hemat, menyeluruh, dan dapat dipertanggungjawabkan. Ada dua tahap simulasi model untuk analisis kebijakan, yaitu:

1. Pengembangan Kebijakan Alternatif

Pengembangan kebijakan alternatif adalah suatu proses berpikir kreatif yaitu menciptakan ide-ide baru tentang tindakan yang diperlukan dalam rangka mempengaruhi sistem mencapai tujuan. Ada dua teknik untuk pengembangan ide kebijakan baru, yaitu:

a. Model Tetap

Pengembangan dilakukan dengan mengombinasikan berbagai parameter dalam model yang kemudian ditafsirkan ke dalam pernyataan kebijakan dalam sistem nyata dan dikategorikan ke dalam kelompok kebijakan lama dan baru. Kebijakan lama merupakan kebijakan yang sudah pernah diterapkan. Sedangkan baru artinya kebijakan tersebut sama sekali belum pernah diterapkan dan baru.

b. Model Diubah

Perubahan model dapat dilakukan dengan dua jalan, yaitu perubahan unsur dan/atau mekanisme dalam model yang berorientasi pada pemecahan masalah dan

perubahan struktur dasar dari model yang berorientasi pada penciptaan sistem yang bernilai lebih. Cara mengubah model dapat dilakukan sebagai berikut.

- 1) Memotong mekanisme permasalahan
- 2) Memintas mekanisme permasalahan
- 3) Menambah unsur baru dengan mekanisme baru

2. Analisis Kebijakan Alternatif

Analisis kebijakan pada dasarnya adalah menemukan langkah strategis untuk mempengaruhi sistem. Dalam rangka mempengaruhi sistem tersebut ada dua pilihan, yaitu sistemnya tetap atau berubah. Jika sistemnya tetap maka analisis terhadap langkah-langkah yang diambil menghasilkan alternatif langkah yang mempengaruhi fungsi dari unsur sistem atau disebut kebijakan fungsional. Apabila sistem diubah maka analisis terhadap langkah-langkah yang diambil menghasilkan alternatif langkah yang menciptakan variasi struktur sistem yang berbeda dengan sistem semula atau disebut juga kebijakan perubahan struktural.



BAB III METODE PENELITIAN

Metodologi penelitian merupakan cara atau prosedur beserta tahapan-tahapan yang jelas dan disusun secara sistematis dalam proses penelitian. Penelitian ini harus mempunyai tujuan dan arah yang jelas. Oleh karena itu diperlukan sistematika kegiatan yang akan dilaksanakan dengan metode dan prosedur yang tepat mengarah kepada sasaran atau target yang telah ditetapkan. Adapun yang diuraikan dalam bab ini adalah metode penelitian, tempat dan waktu penelitian, pengumpulan data, langkah-langkah penelitian, dan diagram alir penelitian.

3.1 JENIS PENELITIAN

Jenis 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 dijadikan sebagai *tools* membantu menyelesaikan permasalahan di dalam sistem.

3.2 TEMPAT DAN WAKTU PENELITIAN

Penelitian ini dilaksanakan di PT Kasin di Jalan Peltu Sujono nomor 25 Malang. Penelitian diadakan pada bulan Juni 2014 - Januari 2015.

3.3 PENGUMPULAN DATA

Pengumpulan data yang dilakukan dengan metode sebagai berikut.

1. Observasi

Observasi atau pengamatan langsung dilakukan terhadap kegiatan proses produksi dari PT Kasin Malang.

2. Interview

Interview dilakukan dengan beberapa karyawan terkait dengan kondisi perusahaan dan penelitian yang dilakukan.

Dari pengumpulan data, didapatkan data-data yang dapat mendukung penelitian. Data-data tersebut adalah:

1. Data *output* produksi PT Kasin tiap bulan
2. Data permintaan dari konsumen tiap bulannya
3. Jumlah karyawan dan jam kerja pada bidang produksi PT Kasin
4. Data kapasitas produksi produksi PT Kasin

3.4 LANGKAH-LANGKAH PENELITIAN

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

1. Studi Lapangan dan Studi Pustaka

Studi lapangan dalam penelitian ini dilakukan dengan mengamati langsung kondisi perusahaan dan melakukan pengumpulan data yang berhubungan dengan penelitian di PT Kasin Malang. Usaha ini dilakukan agar dapat melihat permasalahan yang ada dengan lebih jelas, yaitu pada sistem produksi perusahaan. Sedangkan studi pustaka dilakukan untuk melihat teori yang mungkin digunakan untuk memecahkan masalah yang ada sesuai dengan kondisi pada perusahaan. Studi pustaka sangat berguna dalam penelitian karena dapat dimanfaatkan sebagai landasan berpikir logis dalam menyelesaikan masalah secara ilmiah dan mencapai tujuan penelitian. Teori-teori tersebut diantara adalah penjelasan mengenai sistem produksi dan elemen di dalamnya, pemodelan dan simulasi sistem dinamik.

2. Identifikasi Masalah

Identifikasi masalah dilakukan berdasarkan studi lapangan terhadap objek penelitian dan studi pustaka tentang permasalahan yang dihadapi. Berdasarkan kondisi PT Kasin Malang pada latar belakang, maka identifikasi masalah yaitu kapasitas produksi yang dimiliki PT Kasin cenderung lebih kecil dibandingkan dengan jumlah permintaan perusahaan tiap bulannya sehingga belum dapat memenuhi permintaan pelanggan dan tenaga kerja yang tersedia belum bisa menghasilkan *output* produk sesuai dengan permintaan.

3. Perumusan Masalah

Setelah mengidentifikasi masalah dengan seksama, tahap selanjutnya adalah merumuskan masalah sesuai dengan kenyataan di lapangan yang dikaji serta menunjukkan tujuan dari persoalan yang dikemukakan. Perumusan masalah dalam penelitian ini adalah bagaimana hubungan antar elemen di dalam sistem produksi kulit *box* PT Kasin, berapa jumlah perubahan kapasitas produksi yang dibutuhkan oleh perusahaan untuk memenuhi permintaan yang berubah tiap bulan, dan berapa jumlah tenaga kerja dan *overtime* yang dibutuhkan dalam perencanaan produksi untuk merealisasikan perubahan kapasitas produksi.

4. Penentuan Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ditentukan berdasarkan perumusan masalah yang telah dijabarkan sebelumnya. Hal ini ditujukan untuk menentukan batasan – batasan dan asumsi-asumsi yang perlu dalam pengolahan analisis hasil pengukuran selanjutnya. Tujuan penelitian ini adalah membuat model simulasi sistem produksi PT Kasin dan mensimulasikannya untuk mengetahui hubungan antar elemen di dalam sistem, sehingga mempermudah mengetahui perubahan kapasitas produksi serta melakukan perencanaan pemenuhan perubahan kapasitas.

5. Pengolahan Data

a. Pendefinisian 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 atau 2 tahun 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 terverifikasi dan tidak tervalidasi maka kembali pendefinisian sistem dan pengidentifikasian 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 dalam melakukan perubahan kapasitas.

7. Pembahasan dan Rekomendasi Perbaikan

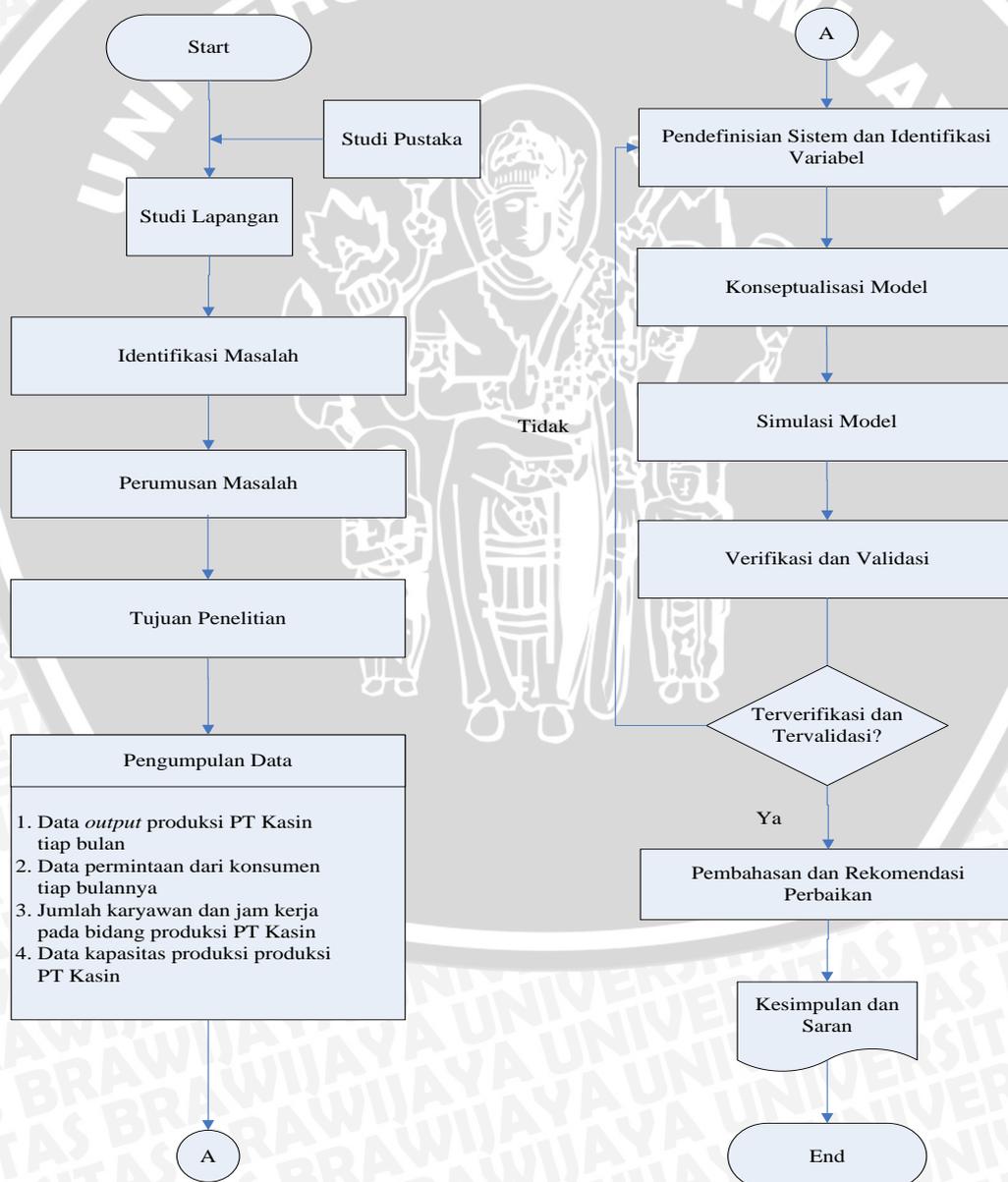
Hasil simulasi dibahas untuk dapat mengetahui bagaimana keadaan sistem berdasarkan grafik maupun angka dari simulasi dan dibuat rekomendasi perbaikan sesuai dengan keadaan sistem yang telah disimulasikan. Dan pada langkah ini dilakukan perencanaan agregat dengan *chase strategy* untuk pembanding apakah hasil simulasi memiliki perbedaan rata-rata dengan hasil dilakukan perencanaan *chase strategy*.

8. Penarikan Kesimpulan dan Saran

Tahap kesimpulan dan saran merupakan tahap terakhir dalam penelitian ini. Kesimpulan berisikan jawaban dari tujuan penelitian yang telah ditetapkan sebelumnya yang didapatkan dari hasil pengumpulan, pengolahan, dan analisis data. Sedangkan saran berisikan saran guna pengembangan perusahaan maupun penelitian sejenis selanjutnya.

3.5 DIAGRAM ALIR PENELITIAN

Berdasarkan langkah-langkah penelitian yang telah dijabarkan sebelumnya, maka diagram alir penelitian disajikan pada Gambar 3.1.



Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab hasil dan pembahasan berisi tentang profil perusahaan yang dijadikan objek penelitian, pengolahan data, analisis hasil, dan pembahasan. Pengolahan data yang dilakukan diantaranya pendefinisian dan deskripsi variabel sistem, pembuatan *causal loop diagram*, pembuatan dan simulasi *stock flow diagram*, pembahasan hasil simulasi, pembuatan dan skenario kebijakan, dan melakukan analisis serta memberikan rekomendasi untuk perusahaan.

4.1 GAMBARAN UMUM PERUSAHAAN

Gambaran umum perusahaan berisikan penjelasan mengenai profil perusahaan, produk yang dijadikan objek penelitian, dan proses produksi.

4.1.1 Profil Perusahaan

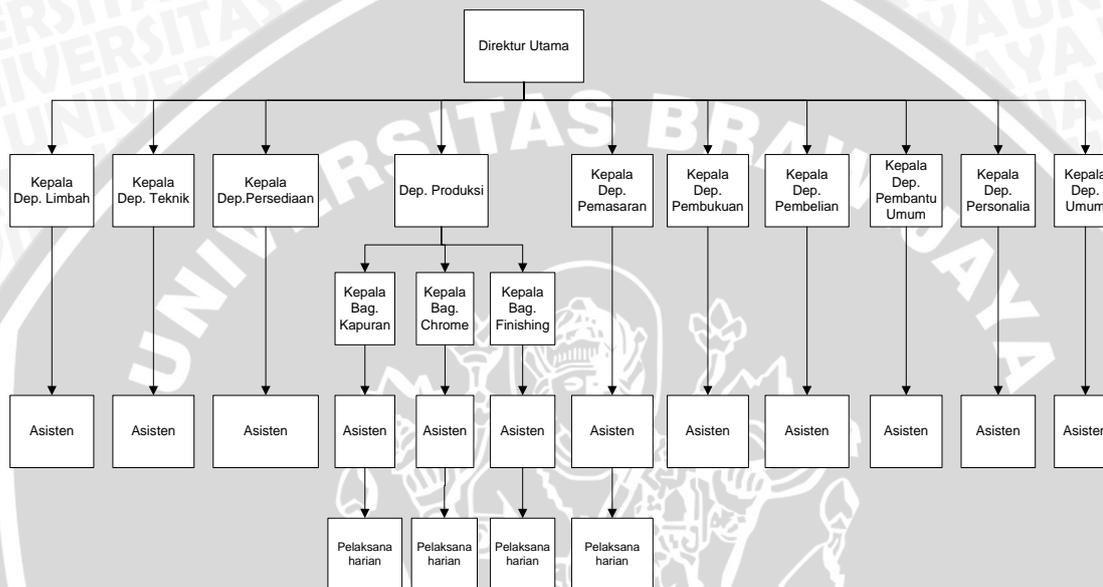
PT Kasin adalah perusahaan manufaktur di bidang penyamaan kulit. Perusahaan kulit ini didirikan pada tahun 1941 oleh Bapak Tan IK Wan di Kasin Kidul gang VIII, yang sekarang nama jalan tersebut berubah menjadi Jalan Arief Margono. Pada mulanya PT Kasin dikenal dengan nama “Pabrik Penyamakan Kulit Tradisional”. Sejalan dengan rencana tata ruang kota oleh pemerintahan daerah tingkat II Malang melalui surat keputusan tanggal 31 Desember 1951, maka lokasi pabrik dipindahkan ke kawasan industri tenun yaitu di Jalan Perusahaan yang sekarang berganti nama menjadi Jalan Peltu Sujono. Nama baru diberikan pada perusahaan setelah dipindahkan dengan maksud untuk mengenang daerah asal berdirinya perusahaan, yaitu PT Kasin yang digunakan hingga sekarang.

Perpindahan lokasi perusahaan tersebut ternyata membawa dampak positif pada perusahaan. Perusahaan dapat menggunakan mesin-mesin baru serta tata organisasi dan manajemen yang semakin disempurnakan. Perkembangan itu dilakukan karena pemimpin perusahaan ingin memajukan PT Kasin untuk menunjang industrialisasi di Indonesia. Dengan adanya penggunaan peralatan atau mesin-mesin baru dari proses penyamakan kulit, maka kualitas dan kuantitas kulit dapat ditingkatkan. Kulit yang

diproduksi oleh PT Kasin diantaranya adalah kulit nabati jenis *box* dan sol yang memiliki nilai pesanan tinggi setiap periode tahunnya.

4.1.2 Struktur Organisasi

Struktur organisasi merupakan kerangka yang menunjukkan tugas dan tanggung jawab dari masing-masing bagian dalam usaha mencapai tujuan perusahaan. Pada Gambar 4.1 merupakan struktur organisasi dari PT Kasin.



Gambar 4.1 Struktur Organisasi PT Kasin
Sumber: PT Kasin Malang (Observasi)

Berikut ini jumlah karyawan yang ada pada PT Kasin :

1. Pegawai Tak Langsung :
 - a. Direktur Utama : 1
 - b. Kepala Departemen Limbah : 1
 - c. Kepala Departemen Teknik : 1
 - d. Kepala Departemen Persediaan : 1
 - e. Departemen Produksi
 - Kepala Departemen Kapuran : 1
 - Kepala Departemen Chrome : 1
 - Kepala Departemen Ffinishing : 1
 - f. Kepala Departemen Pemasaran : 1

g.	Kepala Departemen Pembukuan	: 1
h.	Kepala Departemen Pembelian	: 1
i.	Kepala Departemen Pembantu Umum	: 1
j.	Kepala Departemen Personalia	: 1
k.	Kepala Departemen Umum	: 1
l.	Asisten masing-masing departemen	: 12
m.	Satuan Petugas Keamanan	: 5

Jumlah : 30 orang

2. Pegawai Langsung

a.	Bagian Produksi	: 25
b.	Pemasaran	: 25

Jumlah : 50 orang

Jumlah seluruh karyawan : 80 orang

Waktu kerja yang ditetapkan PT Kasin Malang adalah lima hari kerja per minggu, dimulai dari hari Senin hingga hari Jumat dengan rincian waktu sebagai berikut.

1. Hari Senin – Kamis : - Jam kerja pukul 07.00-16.00
- Jam istirahat 12.00-13.00
2. Hari Jumat : - Jam kerja pukul 07.00-16.00
- Jam istirahat pukul 11.30-12.30

4.1.3 Produk PT Kasin Malang

PT Kasin yang bergerak dibidang penyamakan kulit. Terdapat 2 jenis kulit yang diproduksi PT Kasin, yakni:

1. Kulit *Box*

Kulit *box* ini memiliki *nerf* yaitu lapisan kulit teratas atau yang terluar dan halus. Untuk memproses kulit *box* sangat sulit apabila dibandingkan dengan kulit jenis sol, sehingga kualitasnya sangat tinggi. Kulit *box* mempunyai izin kapasitas produksi sebanyak 6000 unit dengan 1 unit berukuran 28 x 28 cm untuk ukuran standar nasional dan 30 x 30 cm untuk ukuran internasional. Pembuatan kulit *box* ini menghasilkan 3 macam kulit yang dibedakan menurut tebalnya:

- a. Ukuran 1,2 - 1,4 mm digunakan untuk kulit sepatu wanita
- b. Ukuran 1,4 - 1,6 mm digunakan untuk kulit sepatu pria
- c. Ukuran 1,6 - 2,0 mm digunakan untuk kulit sepatu *sport*

Gambar 4.2 merupakan kulit *box* hasil produksi dari PT Kasin yang menjadi objek penelitian.



Gambar 4.2 Kulit *Box* Produksi PT Kasin
Sumber: PT Kasin Malang (Observasi)

2. Kulit Sol

Cara produksi kulit sol menggunakan 2/3 lapisan kulit. Dengan demikian prosesnya lebih mudah dibandingkan kulit *box* dan ketebalan kulit sol lebih besar dibandingkan dengan kulit *box*. Kulit sol mempunyai izin kapasitas produksi dari pemerintah sebesar 100 ton dengan realisasi produk 30 ton yang berupa barang jadi. Gambar 4.3 adalah kulit sol hasil produksi PT Kasin.



Gambar 4.3 Kulit Sol Produksi PT Kasin
Sumber: PT Kasin Malang (Observasi)

4.1.4 Produksi PT Kasin Malang

Produksi yang terjadi pada PT Kasin menggunakan prinsip *make to order*. Bahan baku utama yang digunakan untuk pembuatan kulit adalah kulit sapi yang telah dikeringkan atau dijemur terlebih dahulu. Untuk bahan pembantu yang digunakan

diantaranya adalah *Teepol* (detergen), larutan kimia seperti soda sulfida, HCOOH, HCl, dan *Cromosal*, serta cat.

4.1.4.1 Mesin dan Peralatan Produksi

Adapun mesin-mesin dan peralatan yang digunakan dalam proses produksi PT Kasin adalah:

1. Tong / Molen sebanyak 24 unit yang berfungsi untuk tempat *soaking* atau perendaman kulit beserta pengapurannya.
2. Mesin *Split* sebanyak 3 unit yang berfungsi untuk membelah kulit dengan ukuran yang kasar
3. Mesin *Shaving* sebanyak 3 unit yang berfungsi untuk membelah kulit sesuai dengan ukuran yang diinginkan (ukuran halus)
4. *Setting Out* sebanyak 2 unit yang digunakan untuk memperlebar luas permukaan kulit
5. Mesin *Vacuum Drying* sebanyak 2 unit untuk membuang air yang selanjutnya dapat membuat permukaan kulit menjadi lebih licin
6. Mesin *Toogle* atau mesin oven sebanyak 2 unit yang berfungsi menghilangkan kerutan pada kulit agar permukaan benar-benar lebar
7. Mesin *Staking* sebanyak 1 unit yang berfungsi untuk melembekkan atau melenturkan kulit kaku
8. Mesin *Spraying* sebanyak 2 unit yang berfungsi untuk mewarnai kulit (pengecatan) sesuai dengan warna yang diinginkan
9. Mesin *Embossing* sebanyak 2 unit yang berfungsi untuk mencetak atau menyeterika kulit agar ketebalan merata yang disertai proses *rolling*
10. Mesin *Measuring* sebanyak 1 unit yang berfungsi untuk mengukur kulit yang sudah selesai diproses
11. *Genset* sebanyak 1 unit digunakan sebagai pembangkit tenaga listrik yang digunakan untuk menjalankan mesin disamping energi dari PLN
12. *Boyle* sebanyak 1 unit yang digunakan sebagai penghasil uap
13. Pompa air sebanyak 4 unit yang berfungsi untuk memompa air yang berasal dari sumur bor

14. Pisau yang digunakan untuk memotong bagian dari kulit yang cacat/rusak setelah proses pencucian dan pembelahan
15. Gunting yang digunakan untuk memotong kulit yang serabutnya tidak merata

4.1.4.2 Proses Produksi

Adapun langkah-langkah proses pembuatan kulit nabati jenis *box* adalah:

1. Proses *Soaking* (Perendaman)

Proses *soaking* dilakukan pada kulit kering yang digunakan untuk mengembalikan kadar air sehingga keadaan kulit sama dengan kulit segar, melarutkan lemak, dan mengeluarkan kandungan garam. Peralatan yang digunakan dalam proses ini adalah tong/molen, dengan bahan pembantu air dan racun kulit.

2. Proses *Liming* (Pengapuran)

Proses *liming* atau pengapuran bertujuan untuk menghancurkan gelatin, menghilangkan bulu, dan mengurangi kadar lemak. Proses ini dikerjakan di dalam tong/molen yang telah diisi dengan zat untuk pengapuran.

3. Proses *Splitting* (Pembelahan)

Proses pembelahan kulit yang dikerjakan dengan mesin *Split* menghasilkan kulit menjadi dua lapisan, dimana lapisan atas mempunyai kualitas lebih baik dibandingkan dengan lapisan bawah karena adanya lapisan kulit ari/jangat.

4. Proses *Deliming/Bating* (Pembuangan Kapur dan Pelemasan)

Proses *deliming/bating* merupakan proses untuk menghilangkan pembengkakan pada kulit agar menjadi lemas. Bahan yang digunakan pada proses ini adalah air ZA, H_2SO_4 , Oropom, *Degreasing*.

5. Proses *Pickling* (Penggaraman)

Proses *pickling* merupakan proses penggaraman kulit yang dicampur dengan larutan obat pengawet kulit guna menurunkan PH. Bahan yang digunakan adalah air, garam, $HCOOH$, H_2SO_4 .

6. Proses *Sammying* (Pemerasan)

Proses selanjutnya setelah dilakukan proses *pickling* (penggaraman) adalah proses *sammying*. *Sammying* merupakan proses yang dilakukan setelah kulit direndam dengan tujuan mengurangi kadar air pada kulit.

7. Proses *Shaving* (Penyerutan)

Proses *shaving* merupakan proses penyerutan pada kulit. Tujuan dari proses ini untuk mengurangi ketebalan kulit sehingga dihasilkan tebal kulit sesuai dengan yang dibutuhkan/diharapkan.

8. Proses *Neutralizing* (Penetralan)

Setelah didapatkan ketebalan yang diinginkan pada kulit, proses selanjutnya adalah penetralan pada kulit dengan menggunakan soda (bahan kimia yang bersifat basa) hingga pH netral namun tidak mutlak 7 dengan kisaran angka 4,5 sampai 8.

9. Proses *Retanning* (Penyamakan Kulit)

Proses *retanning* merupakan proses penyamakan kulit kembali atau kulit disempurnakan lagi dengan bahan nabati dan sintetis sebelum dilakukannya pewarnaan dasar.

10. Proses *Fixtion* (Penetapan)

Proses *fixtion* merupakan proses lanjutan *retanning* dengan peningkatan obat-obatan *retanning* menggunakan asam formiat. Dengan dilakukan proses *fixtion* hasil kulit yang didapatkan lebih baik dibandingkan hanya dengan *retanning*.

11. Proses *Fatliquoring* (Perminyakan)

Proses *fatliquoring* akan menghasilkan kulit yang lemas. Kelemasan pada kulit diatur tergantung sesuai dengan permintaan konsumen dan hasil akhir produk kulit yang diinginkan.

12. Proses *Dyeing* (Pewarnaan)

Proses *dyeing* merupakan proses pemberian warna dasar pada kulit sesuai dengan permintaan konsumen. Warna dasar yang digunakan biasanya berwarna hitam atau coklat.

13. Proses *Setting out* (Pelebaran)

Proses pelebaran ini dilakukan untuk menghilangkan lipatan pada kulit dan menghaluskan kulit ari supaya permukaan kulit menjadi nyata seperti kulit sesungguhnya dan permukaan menjadi halus.

14. Proses *Vacum Drying* (Penguapan)

Proses *vacum drying* dilakukan untuk mengurangi kadar air kulit dan pemerataan permukaan kulit. Dengan proses *vacum drying*, kulit yang dihasilkan akan menjadi ringan dan kering.

15. Proses *Drying* (Pengeringan)

Proses pengeringan dilakukan dengan cara menjemur kulit dimana panas untuk pengeringan berasal dari sisa panas generator. Tujuannya sama seperti proses *vacum drying* yaitu untuk menjadikan kulit kering.

16. Proses *Toggling* (Pementangan)

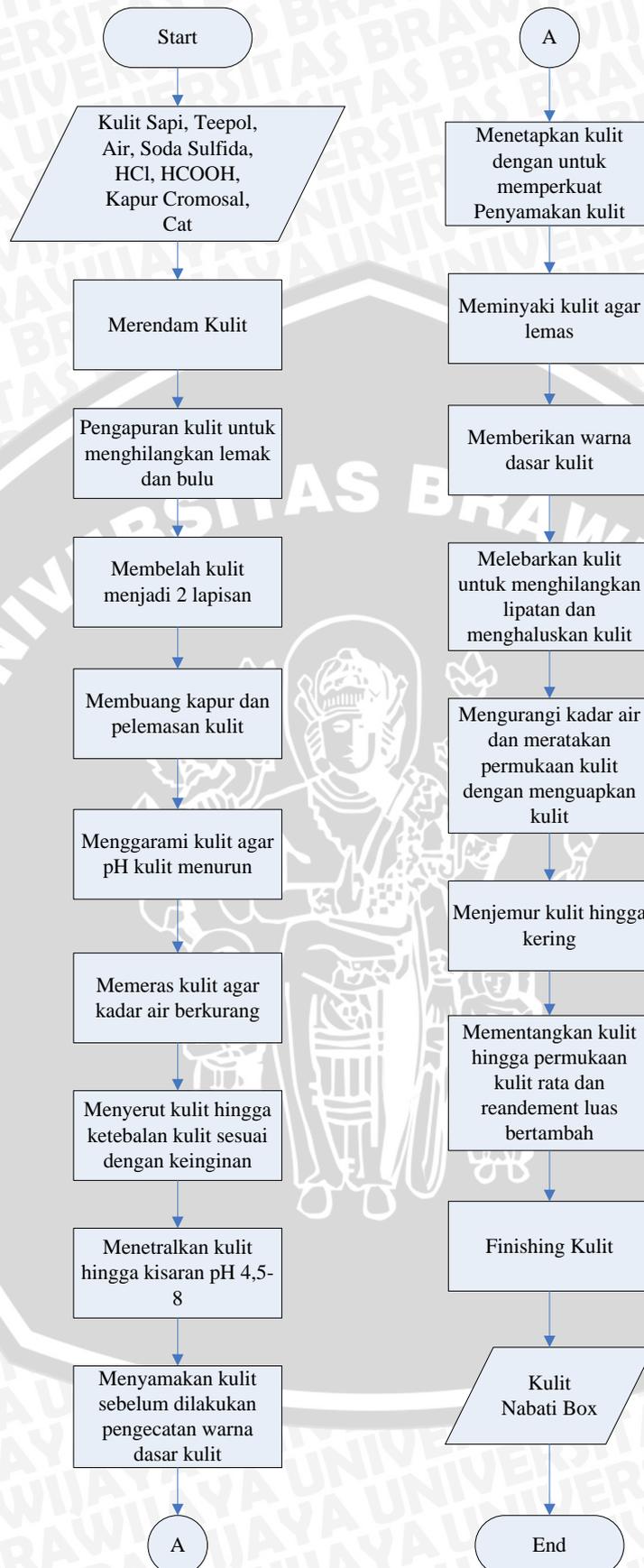
Proses *toggling* atau pementangan merupakan proses pengeringan kulit dengan cara dipentangkan dalam ruang pemanas hingga permukaan kulit menjadi rata dan *reandement* luas bertambah.

17. Proses *Finishing* (Penyelesaian)

Proses *finishing* atau penyelesaian dalam proses produksi kulit nabati jenis *box* terdiri dari proses pengecatan, setrika rol, *laquer*/pengkilapan, pengukuran, pemeriksaan, *packing*, dan pengangkutan kulit ke *storage*. Diagram alir proses produksi kulit nabati *box* pada PT Kasin yang disajikan pada Gambar 4.4.

4.2 SIMULASI SISTEM DINAMIK

Untuk menentukan jumlah perubahan kapasitas produksi dan perencanaan produksi di dalam sistem melibatkan variabel dalam sistem. Berdasarkan data hasil pengamatan dan literatur yang digunakan, diperoleh variabel-variabel sistem produksi. Nilai antar variabel akan mengalami perubahan karena pengaruh dari hubungan variabel yang terlibat di dalam sistem seiring bertambahnya periode waktu. Oleh karena itu sistem produksi pada PT Kasin termasuk kedalam sistem dinamik. Variabel tersebut digunakan dalam model sistem dinamik untuk melihat kemampuan perusahaan dalam memenuhi permintaan pelanggan yang berubah. Model sistem dinamik dibuat untuk mempermudah melihat interaksi variabel-variabel di dalam sistem produksi pembuatan kulit di PT Kasin. Adapun yang dilakukan dalam simulasi sistem dinamik, meliputi identifikasi sistem, konseptualisasi sistem, formulasi model, dan simulasi model.



Gambar 4.4 Diagram Alir Proses Produksi Kulit Nabati Jenis Box

4.2.1 Identifikasi Sistem

Identifikasi sistem bertujuan untuk memahami sistem dan perilaku sistem yang diamati. PT Kasin memproduksi kulit nabati *box* berdasarkan jumlah permintaan dari konsumen. Permintaan dipenuhi dan diproduksi dengan kapasitas produksi yang dimiliki perusahaan. Apabila permintaan lebih tinggi dibandingkan dengan kapasitas produksi perusahaan, maka terjadilah *order backlog* yang mengakibatkan perusahaan memanfaatkan tenaga kerja yang ada dengan penambahan jam kerja atau kerja lembur. Apabila belum terpenuhi, konsumen harus menunggu terpenuhinya permintaan. Untuk meningkatkan kerjasama dan hubungan dengan konsumen, perusahaan meningkatkan kapasitas produksinya dengan melihat tingkat *order backlog* dan *order rate*. Agar dapat memahami sistem secara menyeluruh dilakukan identifikasi variabel dalam sistem dan interaksi antar variabel di dalam 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. Identifikasi ini juga bertujuan untuk mengeksplor *mental modeling* peneliti agar model dapat lebih terstruktur sesuai dengan perumusan masalah dan tujuan penelitian. 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. Menurut Asif (2012), variabel dalam sistem produksi yang berpengaruh dalam penentuan perubahan kapasitas adalah jumlah *backlog*, *shipment rate*, *delivery delay*, *perceived delivery delay*, *desired delivery delay*, *pressure to expand*, *effect of pressure*, *desired capacity*, *change to capacity*, dan *current capacity*. Variabel-variabel tersebut dapat merepresentasikan sistem produksi untuk mencapai tujuan mengetahui kemampuan perusahaan dalam memproduksi dan perubahan kapasitas yang dibutuhkan untuk pemenuhan permintaan berdasarkan nilai *backlog* dan *delivery*

delay. Untuk perencanaan pemenuhan perubahan kapasitas dengan mengubah jumlah tenaga kerja, variabel yang terlibat adalah *standard time*, *unit produce per worker*, *working days*, *average number produce*, *minimum number of worker*, *hiring worker*, dan *firing worker* (Smith, 1994). Berdasarkan Asif dan Smith, dengan pengamatan ke riil sistem, variabel-variabel pada sistem produksi yang terlibat dalam penelitian dan yang akan dimodelkan dan disimulasikan disajikan pada Tabel 4.1.

Tabel 4.1 Hasil Identifikasi Variabel

No.	Variabel	Keterangan
1.	<i>Order Backlog</i>	Jumlah pesanan atau permintaan pelanggan yang belum terpenuhi oleh sistem produksi
2.	<i>Order Rate</i>	Jumlah pesanan atau permintaan dari pelanggan
3.	<i>Shipment Rate</i>	Jumlah <i>output</i> yang telah diproduksi dan siap dikirim ke pelanggan
4.	<i>Delivery Delay</i>	Lama waktu penundaan bagi perusahaan untuk pemenuhan permintaan berdasarkan permintaan pelanggan yang belum terpenuhi
5.	<i>Time to Perceived Delivery Delay</i>	Lama waktu yang dibutuhkan perusahaan dalam menyelesaikan pemenuhan permintaan pelanggan yang belum terpenuhi
6.	<i>Perceived Delivery Delay</i>	Waktu yang dibutuhkan perusahaan untuk memenuhi permintaan pelanggan yang belum terpenuhi
7.	<i>Desired Delivery Delay</i>	Waktu yang telah ditentukan dan dijadikan standar oleh perusahaan untuk memenuhi permintaan pelanggan yang belum terpenuhi
8.	<i>Pressure to Expand</i>	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
9.	<i>Effect of Pressure</i>	Nilai pengali yang didapatkan berdasarkan variabel <i>pressure to expand</i> untuk mengetahui berapa perubahan kapasitas berdasarkan <i>delivery delay</i>
10.	<i>Average Order</i>	Rata-rata jumlah permintaan dari pelanggan
11.	<i>Initial Capacity</i>	Kapasitas yang dimiliki perusahaan sebelum dilakukan perubahan
12.	<i>Desired Capacity</i>	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.	<i>Change in Capacity</i>	Perubahan kapasitas yang diperlukan untuk pemenuhan permintaan dalam bentuk jumlah produk
14.	<i>Capacity Addition Delay</i>	Periode waktu perusahaan dalam melakukan perubahan atau penambahan kapasitas
15.	<i>Change Capacity Time</i>	Waktu yang dibutuhkan untuk pembuatan sejumlah perubahan kapasitas produk
16.	<i>Standard Time</i>	Lama waktu yang dibutuhkan untuk memproduksi satu unit produk
17.	<i>Working Days Added</i>	Penambahan jam kerja atau kerja lembur untuk memenuhi sejumlah perubahan produksi produk
18.	<i>Overtime Available</i>	Lama penambahan jam kerja atau waktu lembur untuk satu pekerja
19.	<i>Desired Overtime</i>	Total lama penambahan jam kerja atau waktu lembur yang tersedia oleh perusahaan

Tabel 4.1 Hasil Identifikasi Variabel (Lanjutan)

No.	Variabel	Keterangan
20.	<i>Worker Changed</i>	Penambahan pekerja untuk memenuhi sejumlah perubahan produksi produk berdasarkan jumlah waktu pembuatan unit perubahan produksi
21.	<i>Unit Produce per Worker</i>	Jumlah unit yang dapat diproduksi oleh seorang pekerja
22.	<i>Working Days</i>	Jumlah hari kerja selama satu bulan
23.	<i>Average Number Produce</i>	Rata-rata unit yang diproduksi oleh seorang pekerja dalam satu hari
24.	<i>Min Number of Worker</i>	Jumlah perubahan pekerja yang dibutuhkan untuk pemenuhan perubahan jumlah kapasitas produksi
25.	<i>Desired Number of Worker</i>	Jumlah pekerja yang dibutuhkan untuk pemenuhan perubahan jumlah kapasitas produksi
26.	<i>Worker Available</i>	Jumlah pekerja yang tersedia di perusahaan
27.	<i>Hiring Worker</i>	Jumlah pekerja yang ditambahkan atau direkrut oleh perusahaan untuk pemenuhan jumlah tenaga kerja
28.	<i>Firing Worker</i>	Jumlah pekerja yang dipecat oleh perusahaan untuk pemenuhan jumlah tenaga kerja
29.	<i>Current Worker</i>	Jumlah pekerja yang tersedia oleh perusahaan sesuai perubahan kapasitas produksi
30.	<i>Current Capacity</i>	Kapasitas produksi perusahaan setelah ditambah perubahan kapasitas yang menggambarkan kapasitas yang dibutuhkan perusahaan dalam pemenuhan permintaan pelanggan yang belum terpenuhi dan jumlah yang akan diproduksi

4.2.2 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*.

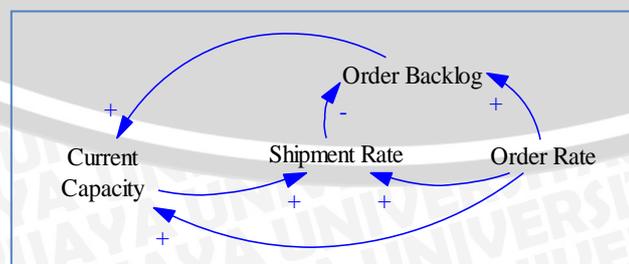
4.2.2.1 Causal Loop Diagram

Untuk mengetahui interaksi dan hubungan variabel yang telah diidentifikasi, dibuatlah *causal loop diagram* (CLD). 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*). Panah-panah tersebut menunjukkan bahwa bagian hulu panah memiliki arti sebagai sebab dan ujung panah menunjukkan akibat. Semua variabel dilibatkan dalam pembuatan model. Variabel-variabel yang telah disajikan pada Tabel 4.1 dibangun dalam sebuah model *causal loop diagram* yang terlihat pula pola interaksi antar variabel.

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 kapasitas 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.

1. Terjadinya *Order Backlog*

Variabel yang menjadi inti dari permasalahan ini adalah kapasitas produksi perusahaan. Kapasitas produksi (*Current capacity*) akan menentukan berapa banyaknya produk yang akan dikirim ke pelanggan (*Shipment rate*) sesuai dengan jumlah pesanan (*Order rate*). Apabila tidak dapat terpenuhi maka akan timbul *order backlog*. Besar *order backlog* merupakan selisih dari variabel *shipment rate* dan *order rate*. Jika *shipment rate* nilainya besar dibandingkan *order rate* maka tidak akan timbul *order backlog* atau nilainya menjadi minus dan dapat dinyatakan *order rate* terpenuhi. Sebaliknya, apabila *shipment rate* lebih rendah dibandingkan *order rate* maka terjadi *order backlog* yang berarti *order rate* belum terpenuhi. Banyaknya *order backlog* yang terjadi dapat dijadikan acuan atau pertimbangan perusahaan dalam menentukan jumlah kapasitas produksi perusahaan yang mempengaruhi jumlah *shipment rate*. Semakin banyak *order backlog* membuat perusahaan menambah jumlah kapasitas produksinya. Selain *order backlog*, *order rate* dari perusahaan diperhitungkan dalam menentukan kapasitas produksi. Gambar 4.5 merupakan *causal loop* yang menggambarkan hubungan antar variabel *capacity*, *shipment rate*, *order rate*, dan *order backlog*.

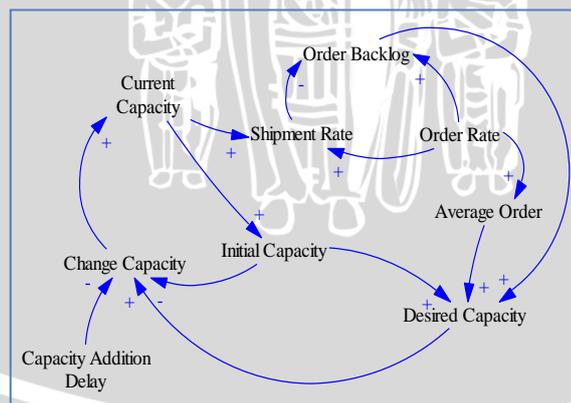


Gambar 4.5 *Causal Loop Diagram* Sederhana Sistem

Produksi PT Kasin

2. Perubahan Kapasitas

Berdasarkan Gambar 4.5, kapasitas produksi dipengaruhi oleh *order rate* dan *order backlog*. Kapasitas produksi dapat dirubah jumlahnya sesuai dengan nilai kedua variabel tersebut. Untuk mengetahui besarnya perubahan kapasitas produksi (*Change capacity*) ditentukan terlebih dahulu berapa kapasitas perusahaan yang diinginkan (*Desired capacity*) dan kemudian dibandingkan dengan kapasitas awal yang telah dimiliki perusahaan sebelum dilakukan perubahan (*Initial capacity*). *Desired capacity* dipengaruhi oleh *order backlog* dan *order rate*, dan *initial capacity*. Semakin besar variabel yang mempengaruhinya, maka *desired capacity* dari perusahaan akan besar. Setelah mengetahui *desired capacity*, maka akan diketahui *change capacity* yang kemudian mempengaruhi variabel *current capacity* atau jumlah kapasitas setelah dilakukan perubahan. *Change capacity* dipengaruhi oleh *desired capacity*, *initial capacity*, dan *capacity addition delay*. Nilai *change capacity* akan semakin besar apabila *desired capacity* semakin besar nilainya dibandingkan dengan nilai kapasitas yang dimiliki perusahaan (*Initial capacity*). Besar nilai *initial capacity* dipengaruhi oleh *current capacity* pada periode sebelum dilakukan perubahan. Sedangkan *capacity addition delay* adalah waktu bagi perusahaan dalam melakukan perubahan yang telah ditentukan perusahaan sesuai dengan kemampuan yang dimiliki. Gambar 4.6 merupakan *causal loop diagram* yang menggambarkan variabel yang terlibat dalam menentukan perubahan kapasitas.

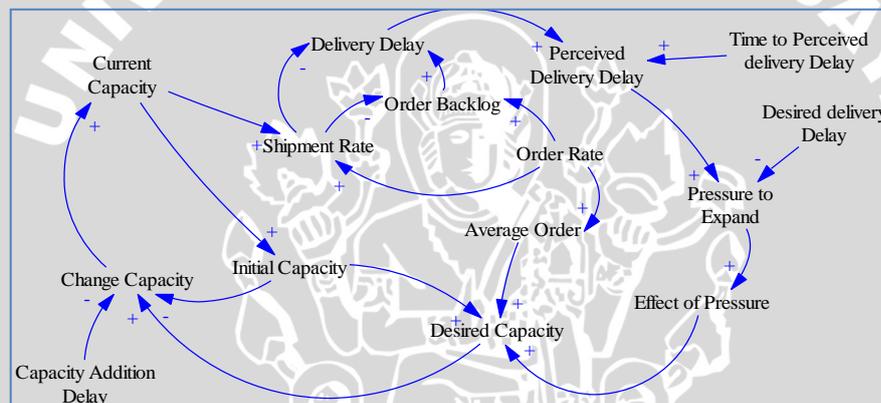


Gambar 4.6 Causal Loop Diagram Penentuan Jumlah Perubahan Kapasitas

3. Penentuan Jumlah Perubahan Kapasitas Berdasarkan *Order Backlog*

Jumlah dari *order backlog* yang akan ditambahkan ke *desired capacity* ditentukan dengan dibandingkan kemampuan perusahaan dalam memenuhi *order backlog* (*Desired delivery delay*). Sebelumnya, *order backlog* dalam unit dirubah kedalam satuan waktu yaitu *delivery delay*. Setelah didapatkan perbandingan maka diketahui jumlah efek dari

order backlog yang mempengaruhi dari penentuan jumlah *desired capacity*. *Delivery delay* dipengaruhi oleh variabel *shipment rate* dan *order backlog*. *Shipment rate* memiliki hubungan negatif dengan *delivery delay* karena sebagai pembagi *order backlog* untuk mengetahui besar nilai variabel dan apabila nilai *shipment rate* tinggi maka nilai *delivery delay* akan rendah. Kemudian *delivery delay* akan mempengaruhi *perceived delivery delay* bersama dengan variabel *time to perceived delivery*. *Perceived delivery delay* dan *desired delivery delay* mempengaruhi variabel *pressure to expand*. Selanjutnya *pressure to expand* mempengaruhi variabel *effect of pressure*, dimana apabila nilai *pressure to expand* naik atau memiliki nilai yang tinggi maka nilai variabel *effect of pressure* juga akan meninggi yang kemudian mempengaruhi *desired capacity*. Berikut Gambar 4.7 *causal loop diagram* melakukan perubahan jumlah kapasitas produksi.



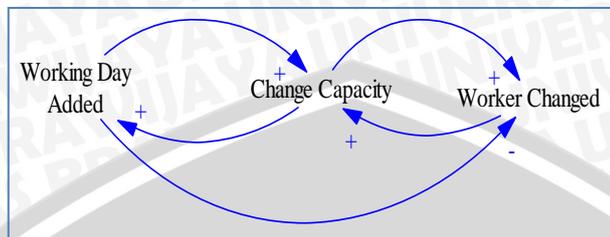
Gambar 4.7 Causal Loop Diagram Perubahan Kapasitas Produksi

Diadopsi dari Asif (2012)

4. Perencanaan Produksi

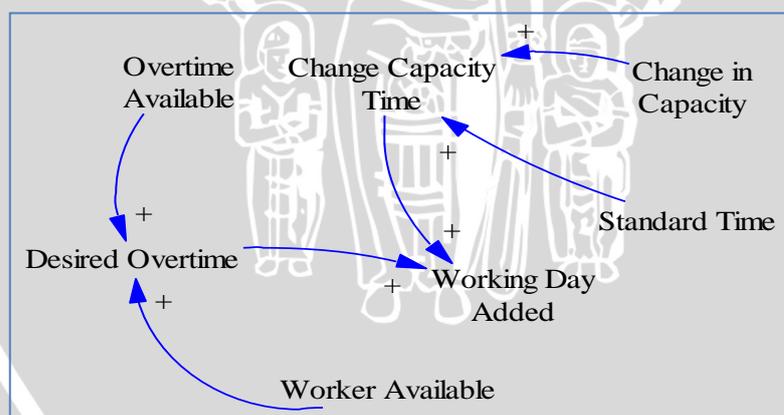
Setelah diketahui besar perubahan kapasitas produksi, maka selanjutnya dilakukan perencanaan produksi. Perencanaan produksi dapat dilakukan dengan menambah jam kerja (*Working day added*) yang tersedia dengan kerja lembur (*Overtime*) dan mengubah jumlah tenaga kerja (*Worker changed*) dengan menambah maupun mengurangi jumlah tenaga kerja apabila dengan *overtime* belum bisa memenuhi perubahan kapasitas. *Change capacity* mempengaruhi jumlah berapa *working day added* dan *worker changed* yang dilakukan perusahaan dalam perencanaan produksi. Dengan nilai variabel *change capacity* yang besar maka jumlah *working day added* dan *worker changed* yang dibutuhkan juga besar. Begitupun dengan kedua variabel ini juga mempengaruhi terpenuhinya *change capacity*. Selain *change capacity*, *worker changed* juga dipengaruhi oleh variabel *worker day added*. Semakin besar nilai dari variabel

working day added maka *worker changed* semakin kecil karena apabila dengan besarnya *working day added* dapat memenuhi *change capacity* maka dibutuhkan jumlah kecil *worker changed*. Gambar 4.8 merupakan *causal loop diagram* sederhana dari perencanaan produksi.



Gambar 4.8 Causal Loop Diagram Sederhana Perencanaan Produksi

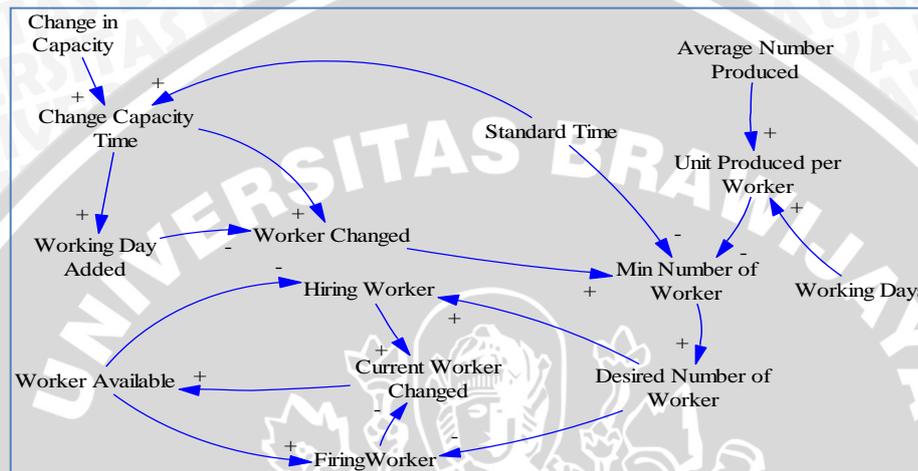
Untuk lebih memudahkan dalam penentuan banyaknya *working day added* dan *worker changed*, *change capacity* dalam satuan unit dirubah kedalam satuan waktu (*Change capacity time*) dengan dikalikan *standard time*. Selain dari jumlah *change capacity* atau *change capacity time*, besarnya *working day added* juga dipengaruhi dengan *desired overtime* atau jam lembur yang tersedia oleh perusahaan. *Desired overtime* dipengaruhi oleh banyaknya jam lembur per orang untuk 1 bulan kerja (*Overtime available*) dengan jumlah tenaga kerja yang tersedia di perusahaan (*Worker available*). Untuk *causal loop diagram* dari perencanaan produksi dengan penambahan jam kerja disajikan pada Gambar 4.9.



Gambar 4.9 Causal Loop Diagram Perencanaan Penambahan Jam Kerja

Desired overtime dipengaruhi oleh variabel *overtime available* dan *worker available*. Semakin besar jumlah tenaga kerja dan jam kerja lembur yang tersedia, maka *desired overtime* yang disediakan oleh perusahaan juga semakin besar. *Desired overtime* akan mempengaruhi berapa banyaknya *working day added* yang akan dilakukan perusahaan. Apabila *desired overtime* besar maka dapat dilakukannya *working day added* juga dengan jumlah besar. Untuk perencanaan produksi dengan

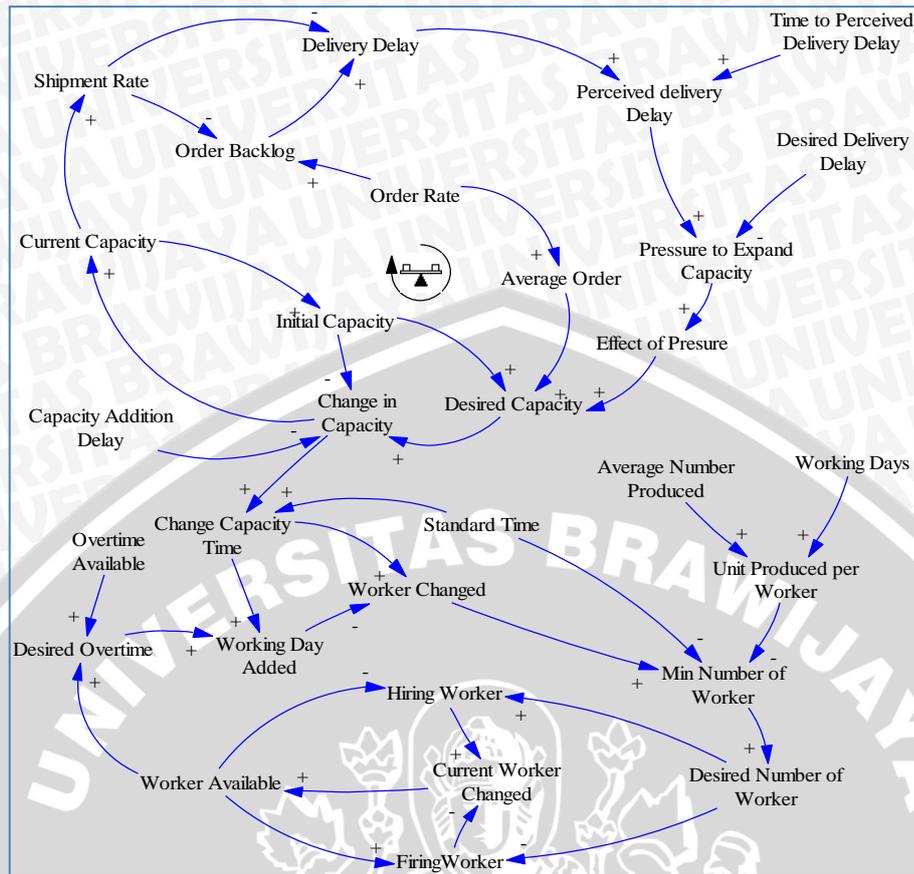
melakukan perubahan jumlah tenaga kerja, *worker changed* dirubah ke dalam bentuk satuan pekerja untuk mengetahui berapa jumlah tenaga kerja yang dibutuhkan (*Min.number of worker*). Variabel yang berpengaruh untuk mengetahui jumlah tenaga kerja yang dibutuhkan adalah *unit produced per worker*. Setelah mengetahui berapa jumlah tenaga yang dibutuhkan, perusahaan dapat mengetahui berapa tenaga kerja yang perlu ditambahkan (*Hiring worker*) atau dikurangi (*Firing worker*). Gambar 4.10 merupakan *causal loop diagram* perencanaan dengan mengubah jumlah tenaga kerja.



Gambar 4.10 *Causal Loop Diagram* Perencanaan Perubahan Jumlah Tenaga Kerja

Min. Number of worker dipengaruhi oleh variabel *worker changed*, *standard time*, dan *unit produced per worker*. *Unit produced per worker* sendiri dipengaruhi oleh variabel *average number produced* dan *working days*. *Unit produced per worker* dan *standard time* memiliki hubungan negatif karena sebagai pembagi *worker changed* untuk mengetahui nilai *min. number of worker*. *Min. number of worker* memiliki hubungan positif dengan *desired number of worker*. *Desired number of worker* dengan *worker available* memiliki pengaruh dan hubungan dengan *hiring worker* dan *firing worker*. Apabila *desired number of worker* lebih besar dibandingkan dengan *worker available* maka perusahaan akan melakukan *hiring worker*. Sebaliknya, jika *desired number of worker* lebih kecil dibandingkan dengan *worker available* maka perusahaan akan melakukan *firing worker*. Gambar 4.11 merupakan *causal loop diagram* sistem produksi PT Kasin dalam melakukan perubahan jumlah kapasitas dan perencanaan produksi.





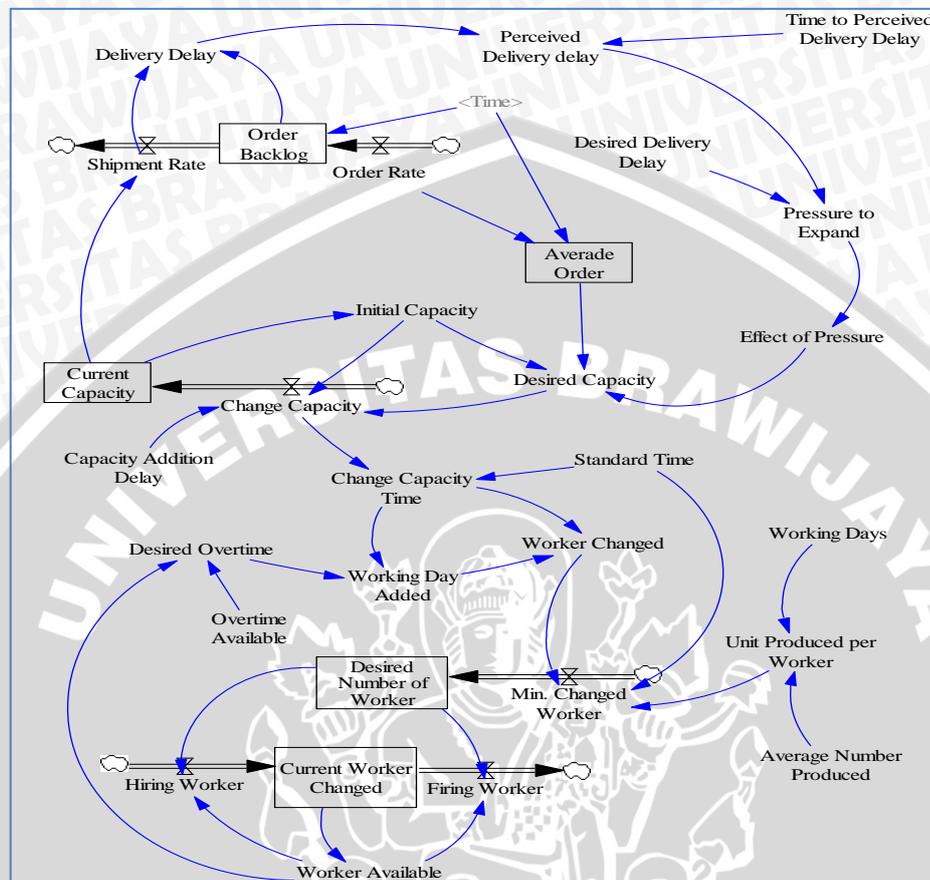
Gambar 4.11 Causal Loop Diagram Perubahan Kapasitas dan Perencanaan Produksi

Causal loop diagram sistem produksi PT Kasin memiliki *feedback loop* negatif atau *balancing loop* yang memiliki arah searah jarum jam yang melibatkan variabel-variabel yang diantaranya variabel *order backlog*, *shipment rate*, *delivery delay*, *perceived delivery delay*, *pressure to expand*, *effect of pressure*, *desired capacity*, *initial capacity*, *change in capacity*, dan *current capacity*. Hubungan dalam *feedback* ini menggambarkan hubungan variabel menghasilkan keseimbangan nilai dari variabel amatan, yaitu *order backlog*. Dengan meningkatnya variabel *shipment rate* akan mengurangi nilai *order backlog* sehingga tidak terjadi kenaikan nilai *order backlog* terus menerus, melainkan mengalami perubahan naik turun.

4.2.2.2 Stock Flow Diagram

Stock flow diagram (SFD) dibuat berdasarkan CLD yang telah dibuat dan ditunjukkan pada Gambar 4.11. 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 4.12 merupakan gambar SFD dari sistem produksi PT Kasin.



Gambar 4.12 Stock Flow Diagram 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. 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.

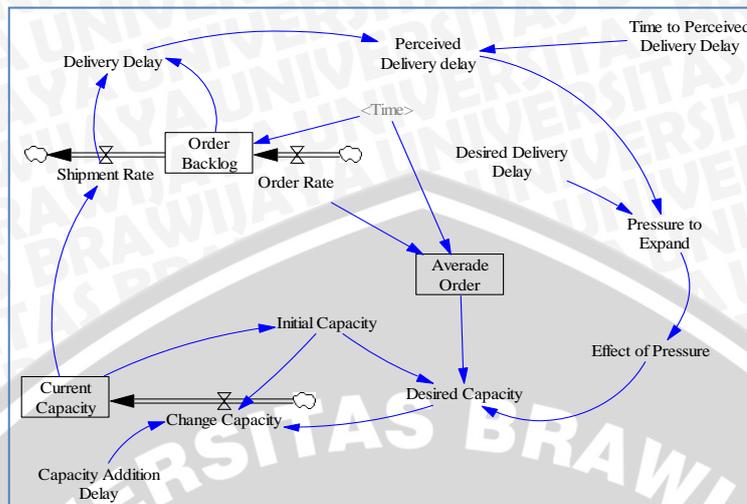
Nilai variabel *order backlog* didapatkan dari *order rate* dikurangi dengan *shipment rate*. *Order backlog* merupakan nilai yang menunjukkan seberapa besar *order rate* yang tidak terpenuhi jika perusahaan menghasilkan *output* sebesar *shipment rate*.

Current capacity merupakan nilai akumulasi dari nilai awal kapasitas perusahaan sebesar 2000 unit dengan nilai variabel *change capacity*. Nilai *change capacity* didapatkan dari hubungan variabel yang membentuk *looping* mulai dari *order backlog*, *shipment rate*, *delivery delay*, *time to perceived delivery delay*, *perceived delivery delay*, *pressure to expand*, *desired delivery delay*, *effect of pressure*, *desired capacity*, *change in capacity*, dan *current capacity* (Asif, 2012). Sedangkan untuk mengetahui jumlah tenaga kerja yang dibutuhkan untuk perubahan kapasitas produksi, dilihat dari nilai variabel *current worker changed*. Nilai variabel *current worker changed* didapatkan dari variabel yang saling mempengaruhi, diantaranya *change capacity time*, *unit produce per worker*, *min number of worker changed*, dan *average number of produce* (Smith, 1994).

1. Perubahan Kapasitas Produksi

Model simulasi dibuat menghasilkan *output* perubahan jumlah kapasitas produksi berdasarkan total tingkat *order backlog* setiap periode bulannya dibandingkan dengan lama waktu perusahaan dalam memenuhi *backlog*. Nilai *order backlog* direpresentasikan dengan *stock* memberikan gambaran total *order backlog* selama periode simulasi. *Order backlog* yang masih dalam satuan unit dirubah menjadi satuan waktu menjadi variabel *delivery delay* yang kemudian dibandingkan dengan *time to perceived delivery delay* untuk mengetahui lama waktu yang dibutuhkan perusahaan untuk memenuhi *order backlog* (*perceived delivery delay*). Untuk mengetahui banyaknya perubahan kapasitas, *perceived delivery delay* dibandingkan dengan *desired delivery delay* dan diketahui angka pengali *initial capacity* sebagai penentu banyaknya *desired capacity* perusahaan dengan ditambah rata-rata permintaan pelanggan. Perubahan kapasitas dapat diketahui sebagai hasil pengurangan *desired capacity* dengan *current capacity*. *Current capacity* merupakan nilai kapasitas setelah dilakukan perubahan dan merupakan hasil tambah dari nilai perubahan kapasitas (*change capacity*). Penetapan perubahan kapasitas dilakukan perusahaan selama satu tahun sekali sebagai perencanaan produksi menengah sehingga *change capacity* dibagi dengan *capacity addition delay* sebesar 12 bulan. Nilai *current capacity* juga menggambarkan banyaknya *output* produksi yang dapat dihasilkan perusahaan setelah dilakukan perubahan kapasitas produksi. Gambaran *stock flow diagram* yang menggambarkan model simulasi menghasilkan *output* perubahan kapasitas produksi ditunjukkan pada Gambar 4.13 dengan formulasi yang ada di dalamnya disajikan pada Tabel 4.2.

Formulasi pada *stock flow diagram* dalam menentukan perubahan kapasitas produksi didapatkan dari model yang telah dibuat oleh Asif (2012).



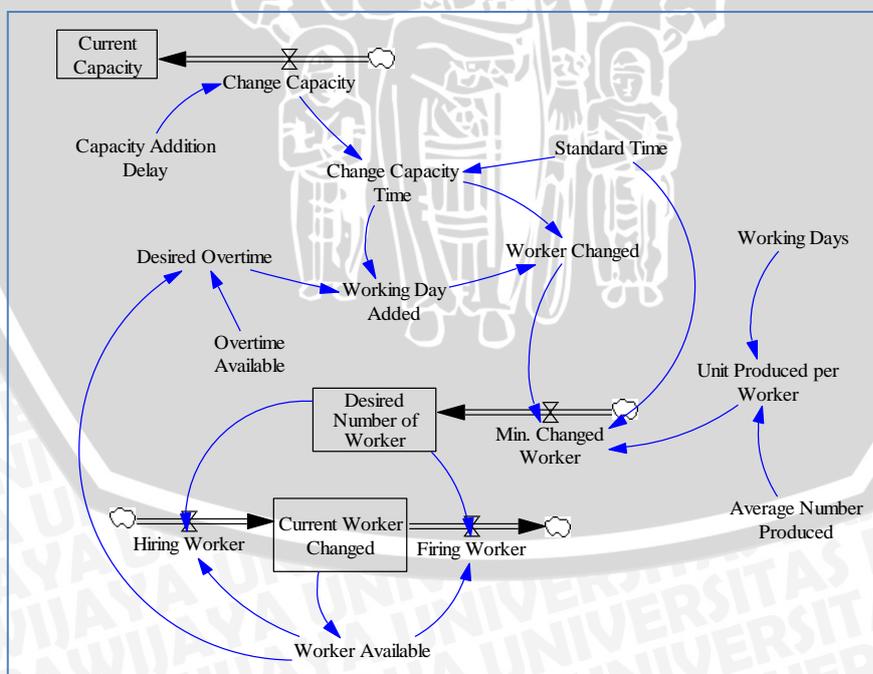
Gambar 4.13 Stock Flow Diagram Perubahan Jumlah Kapasitas Produksi

Tabel 4.2 Formulasi Stock Flow Diagram Perubahan Jumlah Kapasitas Produksi

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

2. Perencanaan Perubahan Kapasitas Produksi

Model simulasi juga menghasilkan *output* berupa perencanaan kapasitas produksi yang ditentukan berdasarkan banyaknya jumlah kapasitas yang berubah. Perencanaan produksi dapat dilakukan dengan mengubah jumlah tenaga kerja dan atau menambah jam kerja. *Change capacity* yang memiliki satuan unit dirubah kesatuan waktu (*Change capacity time*), yaitu *day/month* untuk mempermudah menentukan perencanaan produksi yang akan dilakukan. Pemenuhan perubahan kapasitas produksi dapat dilakukan dengan menambah jam tenaga kerja (*Working day added*) apabila nilai dari *change capacity time* lebih kecil dibandingkan dengan jumlah jam tambahan atau waktu lembur yang tersedia (*Desired overtime*). Apabila *change capacity time* lebih besar nilainya dibandingkan dengan *desired overtime* maka sisa dari *change capacity time* yang tidak terpenuhi apabila dilakukan penambahan jam kerja maka dilakukanlah perubahan jumlah tenaga kerja (*Worker changed*) dengan penambahan (*Hiring worker*) maupun pengurangan (*Firing worker*) tenaga kerja. Untuk mengetahui jumlah tenaga kerja yang dibutuhkan, *worker changed* yang masih memiliki satuan waktu dirubah menjadi satuan *worker* dengan dibagi *standard time* dan *unit produced per worker*. Untuk *stock flow diagram* perencanaan produksinya digambarkan pada Gambar 4.14 dengan formulasi yang disajikan pada Tabel 4.3.



Gambar 4.14 Stock Flow Diagram Perencanaan Kapasitas Produksi

Tabel 4.3 Formulasi Stock Flow Diagram Perencanaan Kapasitas Prroduksi

No.	Variable	Type	Equation	Unit
1.	Change Capacity Time	Auxiliary - Normal	Change in Capacity * Standard Time	Day/Month
2.	Standard Time	Constant - Normal	6.28	Day/Unit
3.	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
4.	Overtime Available	Constant - Normal	5	Day/Month/ Worker
5.	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
6.	Desired Overtime	Auxiliary - Normal	Overtime Available * Worker Available	Day/Month
7.	Unit Produce per Worker	Auxiliary - Normal	Working Days*Average Number Produce	Unit/Worker
8.	Working Days	Constant - Normal	Random Uniform (18, 22, 18)	Day/Month
9.	Average Number Produce	Constant - Normal	4	(Unit*Month)/(Day * Worker)
10.	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
11.	Desired Number of Worker	Level - Normal	INTEG (Min Number of Worker, 25)	Worker
12.	Worker Available	Constant - Normal	Current Worker	Worker
13.	Hiring Worker	Auxiliary - Normal	INTEGER(IF THEN ELSE((Desired Number of Worker-Worker Available) >= 0, (Desired Number of Worker-Worker Available), 0))	Worker
14.	Firing Worker	Auxiliary - Normal	INTEGER(ABS(IF THEN ELSE((Desired Number of Worker-Worker Available) < 0, (Desired Number of Worker-Worker Available), 0)))	Worker
15.	Current Worker	Level - Normal	INTEG ((Hiring Worker - Firing Worker), 25)	Worker
16.	Current Capacity	Level - Normal	INTEG (Change in Capacity, 2000)	Unit

Variabel *order rate*, *time to perceived delivery delay*, dan *working days* memiliki nilai yang setiap bulannya berubah-ubah. Oleh karena itu, di dalam formulasi nilai variabel tersebut bersifat distribusi. Nilai variabel *order rate*, *time to perceived delivery delay*, dan *working days* didapatkan dengan memasukkan data yang telah

diambil dan diolah menggunakan *software Stat::Fit*. Berikut langkah pencarian distribusi data menggunakan *software Stat::Fit*.

1. Memasukkan data variabel ke dalam *software Stat::Fit*.
2. Pilih *Fit* – Klik *Goodness of Fit*.
3. Membandingkan *p-value* pada distribusi yang ditampilkan dan distribusi dengan kategori *Do Not Reject*. Nilai *p-value* terbesar pada uji *Anderson Darling* merupakan jenis distribusi yang terpilih. Tampak pada Gambar 4.15 hasil distribusi dari variabel *order rate* dan *working days*
4. Setelah mendapatkan distribusi yang terpilih langkah selanjutnya adalah memasukkan distribusi data pada kolom yang tersedia pada *software Vensim*.

The image shows two side-by-side screenshots of the Stat::Fit software's 'Goodness of Fit' window. The left window is titled 'Working Days: Goodness of Fit' and the right is 'Order Rate: Goodness of Fit'. Both windows display a table of goodness of fit statistics and a summary table of distribution tests.

Working Days: Goodness of Fit		Order Rate: Goodness of Fit	
goodness of fit		goodness of fit	
data points	12	data points	24
estimates	maximum likelihood estimates	estimates	maximum likelihood estimates
accuracy of fit	3.e-004	accuracy of fit	3.e-004
level of significance	5.e-002	level of significance	5.e-002
summary		summary	
distribution	Kolmogorov Smirnov	Anderson Darling	Kolmogorov Smirnov
Lognormal	0.417	1.41	0.217
Uniform	0.333	1.69	0.17
			1.64
			1.08
			1.8

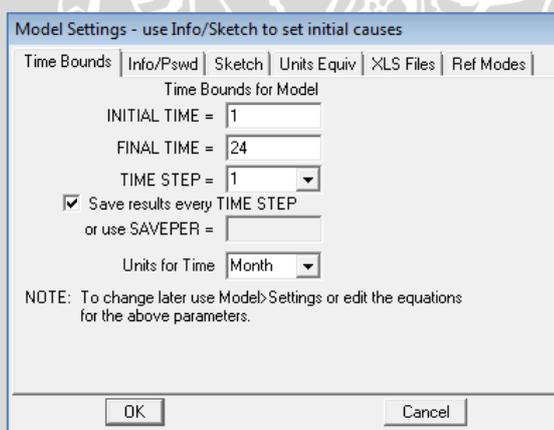
(a) (b)
Gambar 4.15 Tampilan Uji Distribusi Variabel
 (a) *Order Rate*
 (b) *Working Days*

Berdasarkan Gambar 4.15 didapatkan bahwa *p-value* uji *Anderson Darling* untuk variabel *working days* dan *order rate* keduanya sama-sama memiliki nilai distribusi *uniform* paling besar dibandingkan dengan distribusi lain. Maka distribusi yang digunakan untuk formulasi *stock flow diagram* variabel *working days* dan *order rate* adalah distribusi *uniform*. Untuk nilai dari variabel dengan *constant type* dalam formulasi didapatkan dari hasil wawancara dengan pihak perusahaan. Variabel dengan *constant type* diantaranya adalah *desired delivery delay*, *initial capacity*, *capacity addition delay*, *standard time*, dan *desired overtime*. Untuk *look up* grafik pada variabel *effect of pressure* didapatkan dari asumsi dan percobaan perhitungan dimana yang menghasilkan nilai *backlog* terkecil. Sedangkan untuk nilai variabel *average number produced* didapatkan dari hasil perhitungan pembagian *output* produksi maksimal sesuai kapasitas produksi perusahaan yang bernilai 2000 dengan 25 jumlah tenaga kerja awal yang dimiliki perusahaan dan rata-rata hari kerja dalam satu tahun sebesar 20 hari.

Maka didapatkan jumlah *average number produced* tiap pekerja selama satu hari adalah 4 unit kulit.

4.2.3 Simulasi Model

Setelah melakukan identifikasi variabel, konseptualisasi model, dan formulasi model, langkah selanjutnya adalah melakukan 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 *med-term/aggregate planning* karena sesuai dengan permasalahan perusahaan dan tujuan perusahaan mencapai efektifitas dan efisiensi dalam menggunakan tenaga kerja. *Model setting* yang digunakan dalam penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 4.16.

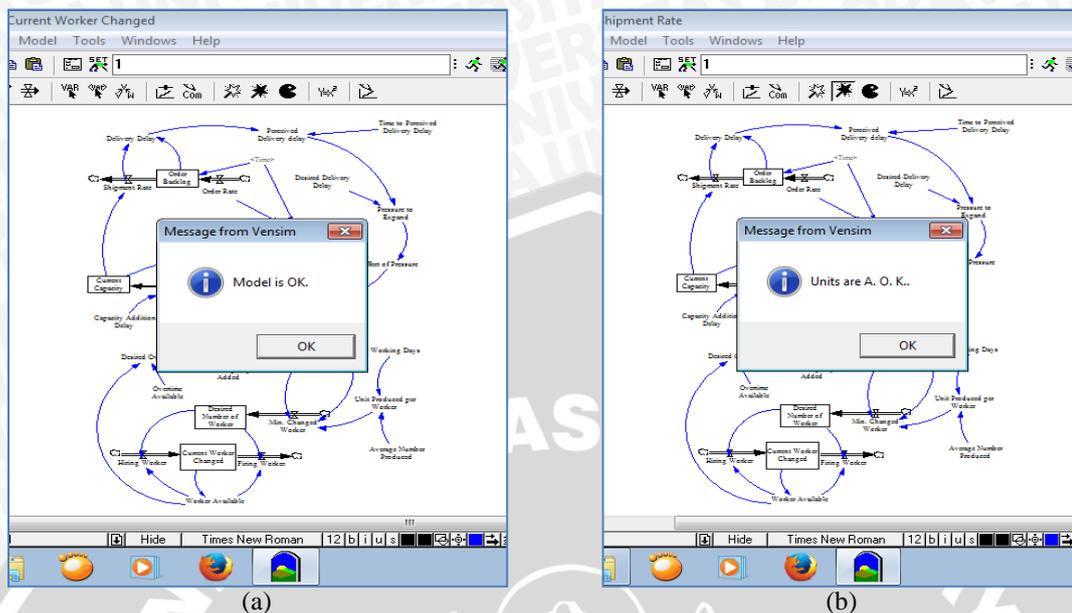


Gambar 4.16 Model Setting Penelitian

4.2.3.1 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 simulasi, model, baik *units check* maupun *model check*, model telah dibuat sudah dengan baik

tanpa *error* pada formulasi dan tanpa *error* pada *unit* yang digunakan model, yang ditunjukkan pada Gambar 4.17.



Gambar 4.17 Hasil Simulasi Verifikasi

(a) Formulasi Model

(b) Unit Model

4.2.3.2 Validasi Model

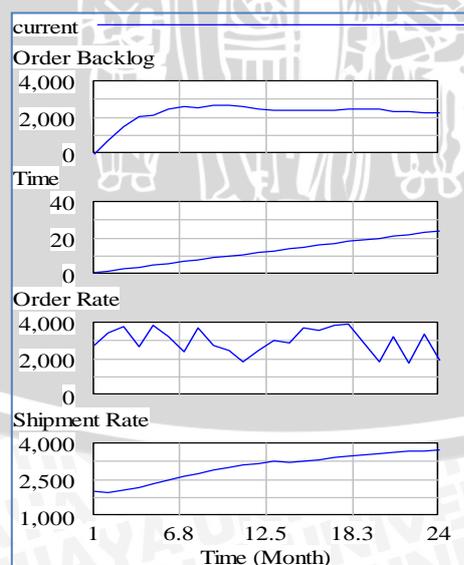
Validasi model bertujuan untuk mengetahui kesesuaian antara hasil simulasi dengan gejala atau proses yang ditirukan. Hasil simulasi yang sudah divalidasi tersebut digunakan untuk memahami perilaku gejala atau proses serta kecenderungan di masa depan, yang dapat dijadikan sebagai dasar bagi pengambil keputusan untuk merumuskan suatu kebijakan di masa mendatang. Menurut Barlas (1996) terdapat dua proses validasi model yang dilakukan, yaitu validasi struktur model dan validasi *behavior* model.

1. Uji Validitas Struktur

Uji struktur model bertujuan untuk melihat apakah struktur model sudah sesuai dengan struktur model pada sistem nyata. Uji validitas struktur dibedakan menjadi dua, yaitu secara langsung dan dilihat dari struktur *behavior* model. Pengujian struktur model secara langsung dilakukan dengan melibatkan pihak-pihak yang memahami sistem nyata. Pada penelitian ini, peneliti melakukan wawancara dan *brainstorming* dengan para *expert* di PT Kasin untuk bertindak sebagai evaluator untuk mengevaluasi model. Model sistem produksi untuk melihat kapasitas produksi perusahaan baik

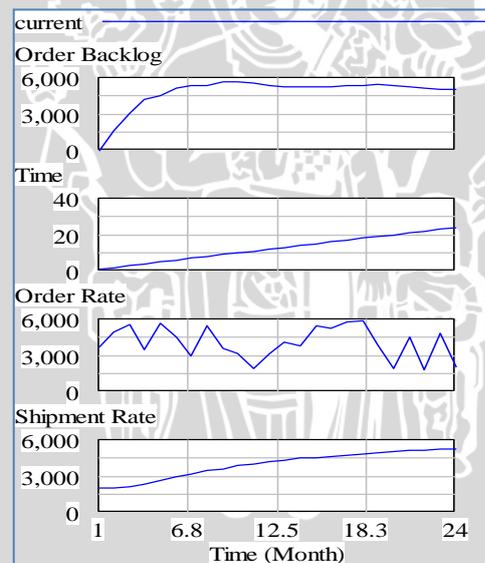
formulasi dan unitnya telah diterima oleh evaluator, maka model telah valid secara kualitatif. Uji validitas struktur secara langsung dapat dilakukan juga secara teori dengan membandingkan formulasi dan bentuk hubungan model dengan sumber literatur. Model pada penelitian ini valid dari segi sumber literatur dikarenakan pembuatan model dan formulasi berdasarkan sumber 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. Pada penelitian ini variabel yang akan diuji adalah variabel *order backlog* yang berhubungan dengan variabel *shipment rate* dan *order rate*. Variabel *order backlog* mempunyai hubungan positif dengan *order rate*, sedangkan dengan variabel *shipment rate* memiliki hubungan negatif. Secara logika, jumlah variabel *order backlog* berbanding lurus dengan *order rate* dimana semakin tinggi nilai dari *order rate* maka nilai *order backlog* yang dihasilkan semakin bertambah. Sedangkan hubungan *order backlog* dengan *shipment rate* yang negatif memiliki arti bahwa semakin tinggi nilai *shipment rate*, maka nilai variabel *order backlog* yang dihasilkan akan berkurang. Berdasarkan Gambar 4.18 didapatkan bahwa *cause strip diagram* hasil simulasi telah sesuai dengan *causal loop diagram* pada Gambar 4.13, di mana besar nilai *order rate* berpengaruh positif terhadap *order backlog* dan nilai *shipment rate* berpengaruh negatif terhadap *order backlog*.



Gambar 4.18 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 kulit *box* 6000 unit. Jadi diasumsikan permintaan maksimal yang diterima perusahaan sebanyak 6000 unit. Dengan dilakukan perubahan, model masih bisa disimulasikan dan tidak terjadi *error*. Untuk hasil simulasi, dapat dilihat pada Gambar 4.19 bahwa nilai dari *order backlog* tidak bernilai negatif, sebagaimana diketahui nilai *order backlog* yaitu bernilai positif, setelah dirubah nilai dari *order rate* yang mempengaruhi nilai *order rate*. Begitupun dengan hubungan antar variabel, pada *causes strip* antara variabel *order rate*, *order backlog*, dan *shipment rate* tergambar grafik sesuai dengan hubungan masing-masing variabel yang telah digambarkan dan dijelaskan pada *causal loop diagram*.



Gambar 4.19 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. Pengujian dilakukan berdasarkan persamaan (2-2) hingga

persamaan (2-5). Variabel yang akan diuji validitasnya adalah variabel *order rate*. Tabel 4.4 menyajikan data empiris dari variabel *order rate* mulai dari Januari 2011 (1) – Desember 2012 (24) dan juga hasil simulasi selama 24 bulan atau 2 tahun.

Tabel 4.4 Data Empiris dan Data Simulasi Variabel *Order Rate*

No.	Order Rate (Unit)		No.	Order Rate (Unit)	
	Empiris	Simulasi		Empiris	Simulasi
1.	1900	2741	13.	2500	2977
2.	1700	3403	14.	2000	2834
3.	2200	3739	15.	1700	3686
4.	2500	2623	16.	2800	3558
5.	2700	3828	17.	3300	3848
6.	3200	3220	18.	3800	3927
7.	4000	2391	19.	4000	2869
8.	3500	3721	20.	3400	1812
9.	3000	2720	21.	3000	3180
10.	3000	2452	22.	2400	1747
11.	2500	1824	23.	2600	3339
12.	3200	2467	24.	3000	1878
Rata-Rata				2829,167	2949,333
Standar Deviasi				664,2938	701,5449

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

$$E_1 = \frac{|\bar{S} - \bar{A}|}{\bar{A}}$$

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

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

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

$$E_2 = \frac{|S_S - S_A|}{S_A}$$

$$E_2 = \frac{|701,5449 - 664,2938|}{664,2938}$$

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

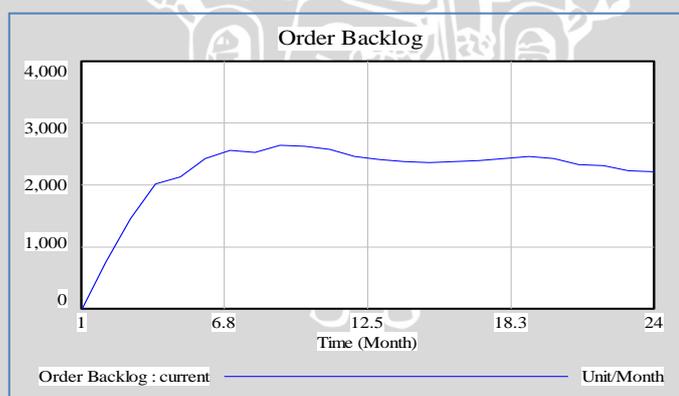
Melalui hasil perhitungan didapatkan nilai E_1 dan E_2 pada variabel *order rate* sebesar 4,25% dan 5,6%. Model simulasi penelitian ini valid dikarenakan nilai E_1 yang kurang dari sama dengan 5% dan nilai E_2 kurang dari sama dengan 30%.

4.3 PEMBAHASAN HASIL SIMULASI

Sesuai dengan *model setting* pada Gambar 4.16, simulasi dijalankan selama periode 24 bulan. Pada penelitian ini dilakukan simulasi sistem produksi untuk melihat *order backlog* dan pengaruhnya terhadap penambahan kapasitas produksi perusahaan. Penambahan kapasitas produksi dilihat dari jumlah kapasitas yang tersedia yang dipengaruhi oleh perubahan kapasitas dan perencanaan jam kerja serta perubahan jumlah tenaga kerja. Oleh karena itu, variabel utama yang dibahas adalah variabel *order backlog*, *current capacity*, dan *current worker changed*.

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 4.20.



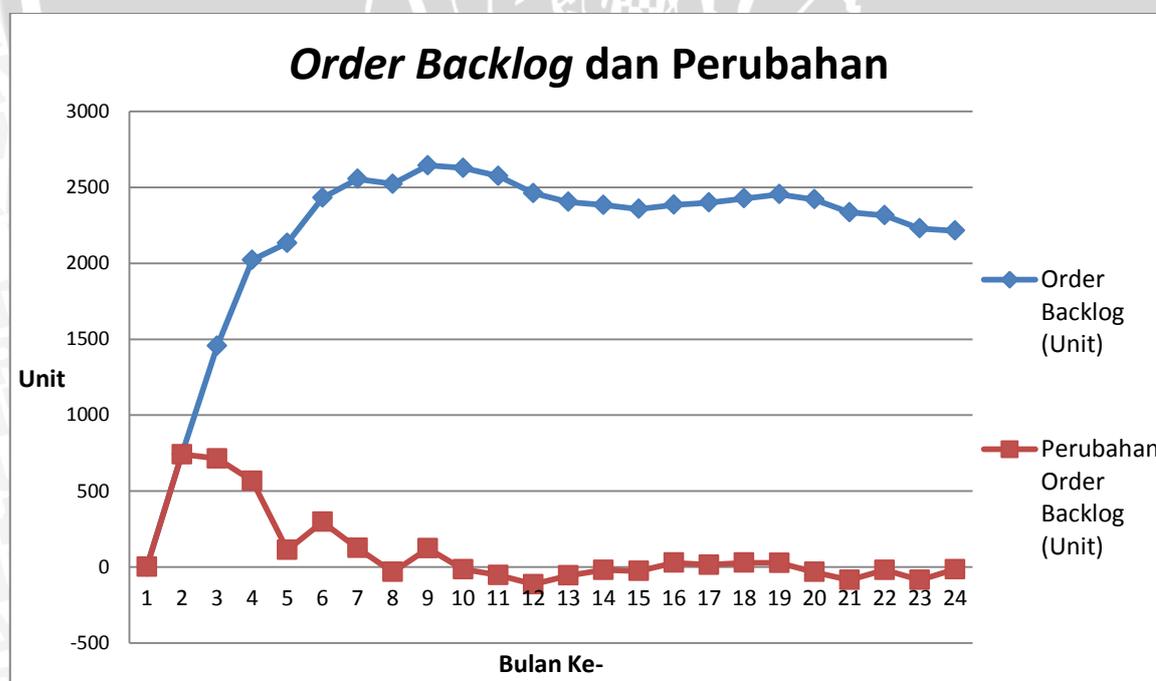
Gambar 4.20 Graph Variabel *Order Backlog*

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 mengalami penurunan. Pada periode selanjutnya, tampak bahwa nilai *order backlog* tetap pada nilai di kisaran

2400 unit. 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. Untuk nilai dari perubahan *order backlog* disajikan pada Tabel 4.5 dan ditampilkan dalam bentuk grafik pada Gambar 4.21.

Tabel 4.5 Data Nilai *Order Backlog* Hasil Simulasi

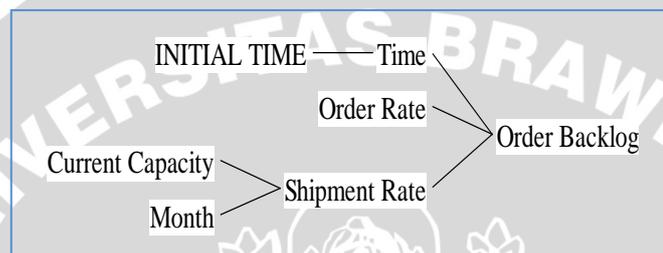
Bulan Ke-	<i>Order Backlog</i> (Unit)	Perubahan <i>Order Backlog</i> (Unit)	Bulan Ke-	<i>Order Backlog</i> (Unit)	Perubahan <i>Order Backlog</i> (Unit)
1.	0	0	13.	2404	-57
2.	741,20	741,2	14.	2384	-20
3.	1455	713,8	15.	2357	-27
4.	2022	567	16.	2385	28
5.	2134	112	17.	2399	14
6.	2431	297	18.	2427	28
7.	2555	124	19.	2454	27
8.	2522	-33	20.	2421	-33
9.	2644	122	21.	2335	-86
10.	2628	-16	22.	2315	-20
11.	2575	-53	23.	2229	-86
12.	2461	-114	24.	2214	-15



Gambar 4.21 Grafik Variabel *Order Backlog* dan Perubahan

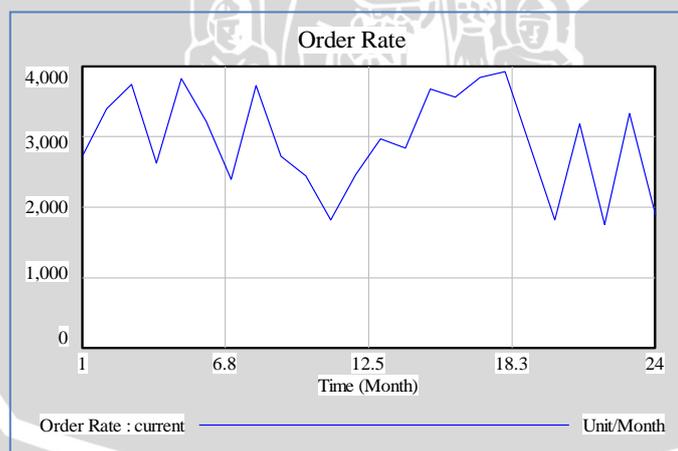
Nilai variabel *order backlog* mengalami naik turun dipengaruhi oleh beberapa variabel. Perubahan kenaikan terbesar terjadi pada bulan ke-2 sebesar 741,2 unit karena

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*. Variabel yang mempengaruhi *order backlog* tersaji pada Gambar 4.22. Tampak pada *causes tree* yang menjadi pengaruh utama terhadap nilai variabel *order backlog* adalah variabel *order rate* dan *shipment rate*. Seperti yang telah digambarkan *causal loop diagram*, variabel *order rate* memiliki hubungan positif dengan variabel *order backlog*. Sedangkan *shipment rate* memiliki hubungan negatif dengan *order backlog*.



Gambar 4.22 Causes Tree Variabel Order Backlog

Berdasarkan *cause tree* dari *order backlog* pada Gambar 4.22, nilai variabel *order backlog* mengalami perubahan karena variabel yang berpengaruh juga mengalami perubahan nilai, salah satu variabel tersebut yaitu *order rate* yang tidak stabil. Grafik nilai dari *order rate* ditunjukkan pada Gambar 4.23.



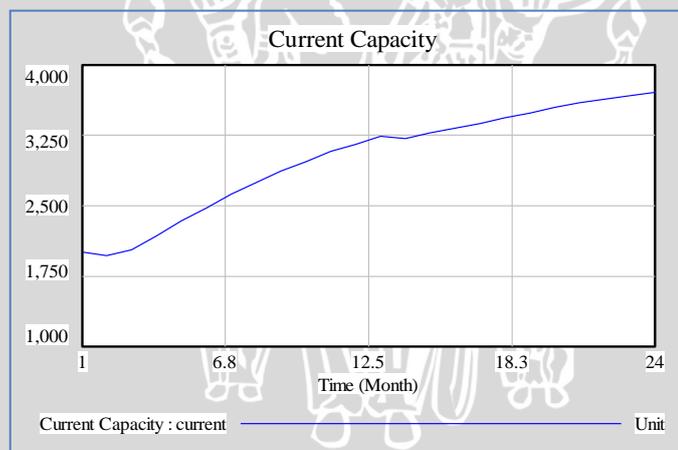
Gambar 4.23 Graph Variabel Order Rate

Nilai variabel *order rate* berubah-ubah dengan nilai terendah sebesar 1747 unit dan nilai tertinggi sebesar 3927 unit. Untuk variabel *shipment rate*, setiap periodenya mengalami kenaikan. Nilai *shipment rate* pada periode awal sebesar 2000 unit menjadi 3665 unit di akhir periode simulasi. Dengan naiknya *shipment rate* yang mendekati rata-rata nilai *order rate* membuat *backlog* tiap bulannya semakin berkurang. Oleh karena

itu, grafik dari *order backlog* yang merupakan integral dari pengurangan *order rate* dengan *shipment rate* mengalami garis konstan karena tingkat *shipment rate* dari perusahaan sudah mendekati nilai dari *order rate*. Agar dapat membuat nilai *backlog* berkurang dan membuat *order backlog* stabil, perusahaan dapat meningkatkan *shipment rate* dimana dipengaruhi oleh variabel *current capacity*.

2. *Current Capacity*

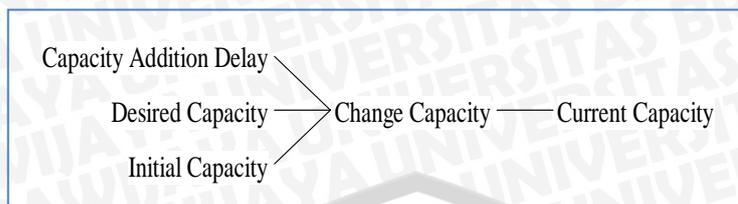
Sesuai dengan salah satu tujuan penelitian ini yaitu untuk perencanaan kapasitas produksi perusahaan berdasarkan sistem produksi PT Kasin dalam memenuhi permintaan produksi yang fluktuasi dengan melihat nilai *order backlog* produksi maka dilakukan analisa pada variabel *current capacity*. Hasil simulasi *current capacity* dapat memberikan gambaran jumlah kapasitas produksi yang dapat mewakili perusahaan untuk dapat mengurangi *order backlog*. *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 variabel *current capacity* dapat dilihat pada Gambar 4.24.



Gambar 4.24 Graph Variabel *Current Capacity*

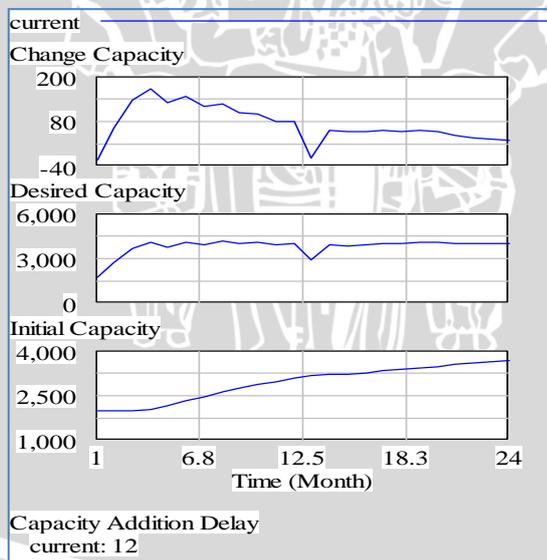
Pada waktu 24 bulan simulasi, nilai variabel *current capacity* mengalami kenaikan mulai dari 2000 unit hingga 3708 unit. Nilai *current capacity* mengalami kenaikan setiap bulannya. Pada periode 1 hingga periode 10 *current capacity* berada di nilai dengan kisaran 2000 unit. Pada bulan selanjutnya *current 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. Untuk nilai *current capacity* hasil simulasi disajikan pada lampiran 2. Nilai variabel *current capacity* dipengaruhi

langsung oleh variabel *change capacity* seperti yang digambarkan pada Gambar 4.25 *causes strip* dari *current capacity*.



Gambar 4.25 *Causes Tree* Variabel *Current Capacity*

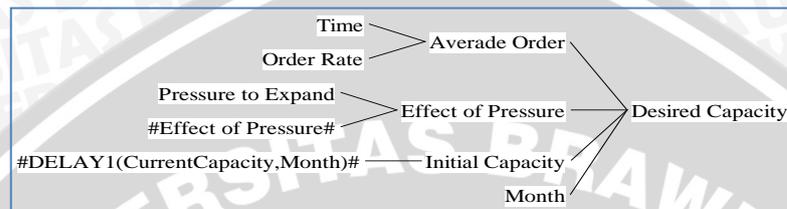
Nilai *current capacity* dipengaruhi oleh *change capacity* dimana nilainya dipengaruhi oleh *current capacity* sendiri, *capacity addition delay*, dan *desired capacity*. Variabel-variabel ini berinteraksi dan memiliki hubungan sasatu sama lain seperti yang tergambar pada *causal loop diagram*. *Change capacity* memiliki hubungan positif dengan *current capacity*. Sedangkan *current capacity* memiliki hubungan negatif dengan *change capacity*. Selain *current capacity*, *desired capacity* memiliki hubungan secara positif dengan *change capacity*. Pada Gambar 4.26, tampak *causes strip* dari *change capacity* dengan variabel *current capacity* dan *desired capacity*. Dengan melihat *causes strip* ini, dapat dilakukan analisa perubahan nilai dari variabel *current capacity*.



Gambar 4.26 *Causes Strip* Variabel *Change Capacity*

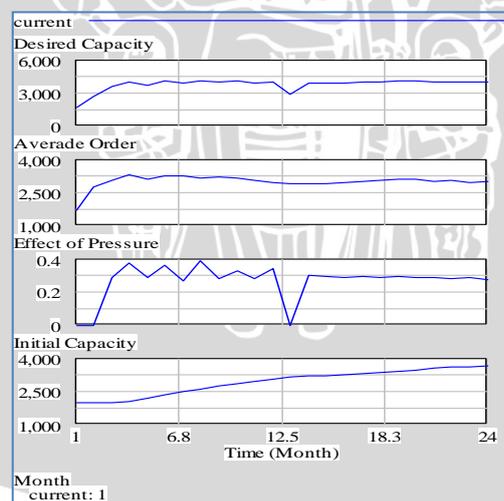
Nilai variabel *current capacity* mengalami kenaikan secara perlahan dikarenakan nilai variabel *change capacity* dan variabel *desired capacity* berubah di tiap periode nya dengan *change capacity* yang semakin menurun dan *desired capacity* yang terlihat konstan. *Change capacity* merupakan hasil pengurangan dari *desired capacity* dengan *current capacity* dibagi *capacity addition delay*. *Change capacity* yang semakin

menurun menggambarkan bahwa perbedaan nilai dari *desired capacity* dan *current capacity* semakin mengecil. Jadi perubahan kapasitas yang dilakukan pada *current capacity* mendekati nilai dari *desired capacity* yang dibutuhkan perusahaan tiap periode. Besarnya *change capacity* dipengaruhi oleh *desired capacity* sehingga yang menjadi penyebab perubahan nilai *current capacity* secara tidak langsung dipengaruhi *desired capacity*. *Causes tree* yang menampilkan variabel-variabel yang mempengaruhi *desired capacity* ditampilkan pada Gambar 4.27.



Gambar 4.27 Causes Tree Variabel Desired Capacity

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 4.28 *causes strip* dari *desired capacity*.



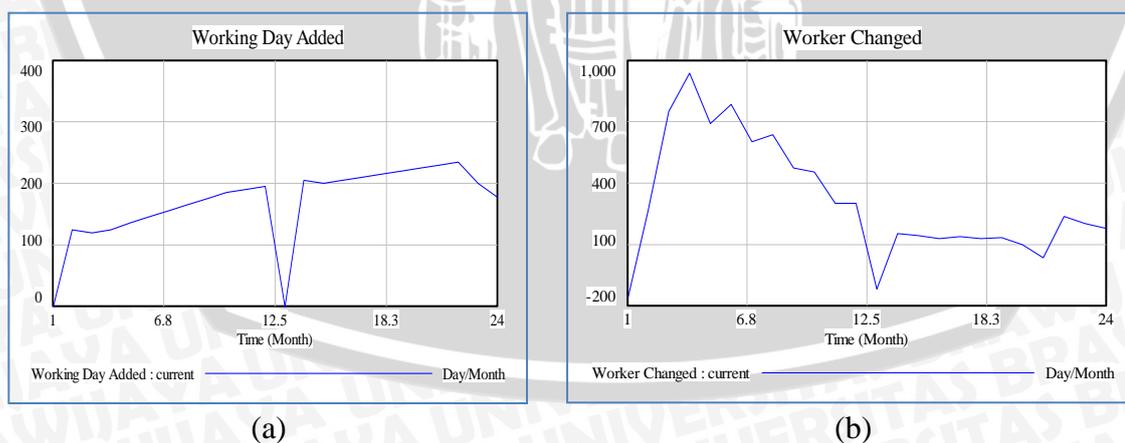
Gambar 4.28 Causes Strip Variabel Desired Capacity

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. Variabel *average order* kemudian ditambahkan dengan hasil perkalian *effect of pressure* dengan *initial capacity*. Nilai dari *effect of pressure* berada 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 periodenya, membuat nilai dari *desired capacity* juga memiliki nilai yang sama dengan rata-rata nilai sebesar 3796 unit, nilai terkecil sebesar 1700 unit, dan nilai tertinggi sebesar 4155 unit.

3. *Working Day Added - Worker Changed*

Pada penelitian ini, 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*). Pada Gambar 4.29 (a) merupakan grafik dari variabel *working day added* yang tampak bahwa setiap bulannya untuk memenuhi perubahan kapasitas dilakukan kerja lembur atau *overtime* terus. Sedangkan pada Gambar 4.29 (b) merupakan gambar grafik dari variabel *worker changed* yang tampak setiap bulannya mengalami penurunan.

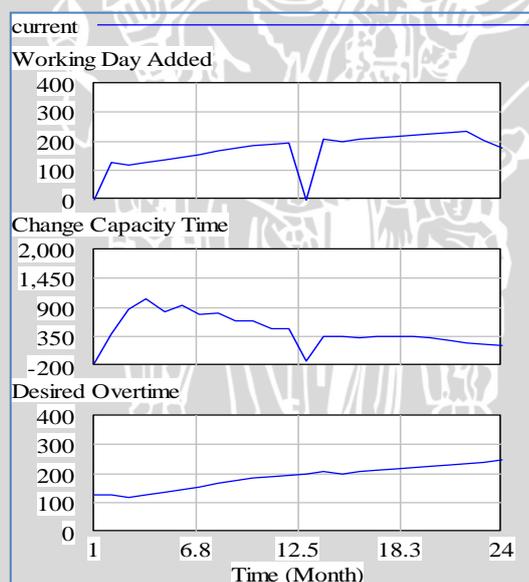


Gambar 4.29 Perbandingan *Graph* Variabel

(a) *Working Day Added*

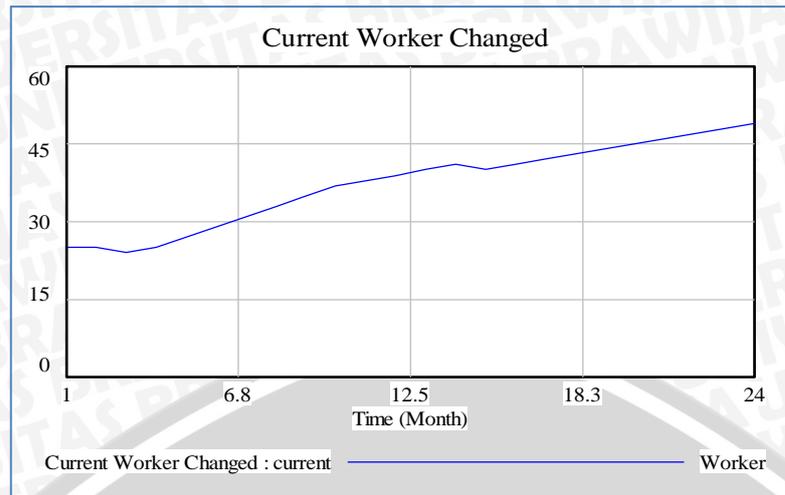
(b) *Worker Changed*

Pada periode 1 dan 13, *working day added* memiliki nilai nol dan *worker changed* memiliki nilai minus yang berarti tidak terjadi perubahan kapasitas atau kapasitas mengalami penurunan sehingga tidak perlu adanya penambahan jam kerja maupun perubahan tenaga kerja. Nilai hasil simulasi variabel *working day added* dan *worker changed* disajikan pada lampiran 2. Dalam memenuhi perubahan kapasitas selama 24 bulan, perusahaan dapat melakukan menambah jam kerja atau menambah jam kerja sekaligus menambah tenaga kerja apabila perubahan kapasitas tidak cukup dikakukan dengan menambah jam kerja saja. Pada Gambar 4.29, setiap bulannya perusahaan melakukan penambahan jam kerja. 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 4.30. 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.



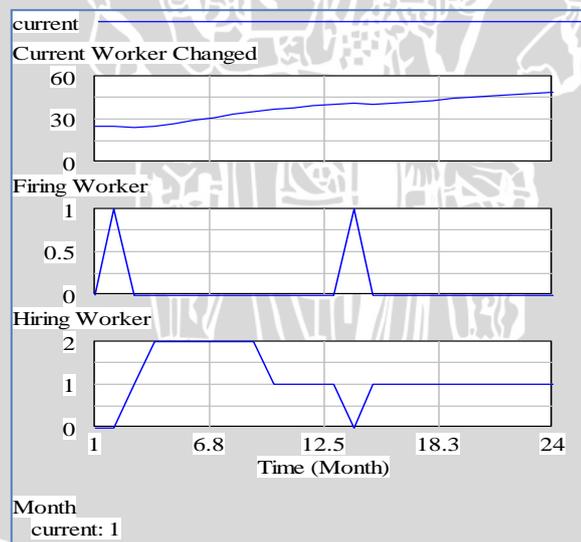
Gambar 4.30 Causes Strip Variabel Worker Day Added

Penambahan jumlah tenaga terjadi apabila untuk memenuhi perubahan kapasitas tidak cukup hanya dengan melakukan penambahan jam kerja. Untuk perubahan jumlah tenaga kerja dapat dilihat pada Gambar 4.31 grafik dari variabel *current worker changed*. *Current changed worker* menggambarkan jumlah tenaga kerja yang dimiliki perusahaan untuk dapat memenuhi perubahan kapasitas.



Gambar 4.31 Graph Variabel Current Worker Changed

Variabel *current worker changed* dipengaruhi oleh jumlah *firing worker* dan *hiring worker*. Banyaknya jumlah *hiring* dan *firing worker* dilihat dari seberapa banyak jumlah tenaga kerja yang dibutuhkan untuk memenuhi *change capacity*, berapa jumlah unit yang tidak terpenuhi setelah dilakukan kerja lembur, dan seberapa banyak jumlah tenaga kerja yang tersedia. Untuk mengetahui nilai dari variabel *firing worker* dan *hiring worker* yang mempengaruhi jumlah nilai variabel *current worker changed* dapat dilihat pada Gambar 4.32.



Gambar 4.32 Causes Strip Variabel Current Worker Changed

Terjadi perubahan jumlah tenaga kerja dikarenakan perusahaan menambahkan atau mengurangi jumlah tenaganya 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. Setiap periodenya terjadi penambahan sebanyak 1 pekerja sesuai dengan hasil perhitungan variabel *min changed worker*. 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 sebanyak 1 pekerja. Hal ini dikarenakan *worker changed* bernilai negatif dan perubahan kapasitas yang dilakukan adalah mengurangi jumlah kapasitas produksi.

4.4 PERENCANAAN AGREGAT

Setelah melakukan simulasi model, dapat diketahui berapa jumlah perubahan kapasitas perusahaan dan jumlah total kapasitas perusahaan sesuai dengan permintaan yang berubah setiap bulannya. Selain dari segi jumlah kapasitas, simulasi model juga menghasilkan *output* berupa perencanaan *input* tenaga kerja yang dibutuhkan untuk memenuhi sejumlah perubahan kapasitas produksi. 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. Perhitungan *chase strategy* dilakukan selama 24 bulan untuk perencanaan jangka menengah sama periodenya dengan perencanaan menggunakan simulasi sistem dinamik. Dengan perhitungan agregat, dapat dijadikan perbandingan antara hasil agregat dengan hasil simulasi. 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* yang telah disajikan pada Lampiran 2. Perencanaan produksi dengan agregat untuk pemenuhan perubahan kapasitas produksi disajikan pada di Lampiran 3. Hasil agregat dengan menggunakan *chase strategy* didapatkan jumlah *overtime* atau kerja lembur yang dikerjakan dan jumlah tenaga kerja yang dibutuhkan perusahaan.

Dalam waktu 24 bulan, perusahaan melakukan penambahan jam kerja maupun melakukan penambahan jam kerja dan penambahan jumlah tenaga kerja. Jumlah tenaga kerja yang dibutuhkan untuk 24 bulan dalam perubahan jumlah kapasitas produksi berdasarkan perencanaan menggunakan *chase strategy* adalah sebanyak 51 pekerja.

Pada penelitian ini memiliki tujuan membuat model simulasi sistem produksi PT Kasin dan mensimulasikannya untuk mengetahui hubungan antar elemen di dalam sistem, mengetahui perubahan dari kapasitas produksi perusahaan sesuai dengan permintaan yang berubah, dan memberikan saran perencanaan produksi sesuai dengan hasil simulasi. Selain dengan simulasi, perencanaan dapat dilakukan dengan perhitungan matematik menggunakan *chase strategy*. Tabel 4.6 berisikan jumlah tenaga kerja selama 24 bulan hasil simulasi yang direpresentasikan oleh variabel *current changed worker* dan hasil perencanaan agregat menggunakan *chase strategy* yang direpresentasikan dengan nama *desired number of worker*.

Tabel 4.6 Hasil Simulasi dan *Chase Strategy* Perencanaan Tenaga Kerja

No.	Tenaga Kerja		No.	Tenaga Kerja	
	Simulasi	<i>Chase Strategy</i>		Simulasi	<i>Chase Strategy</i>
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 strategy* dalam melakukan perencanaan, maka dilakukan uji statistik. Uji statistik yang dilakukan adalah melakukan uji kenormalan terlebih dahulu. Langkah uji kenormalan adalah sebagai berikut.

1. Uji statistik pada penelitian ini menggunakan *software SPSS 19.0*. Hipotesa pada uji statistik ini adalah:

H_0 : Data berdistribusi normal

H_1 : Data tidak berdistribusi normal

Pertama, masukkan data yang telah disajikan pada Tabel 4.6. Gambar 4.33 merupakan tampilan data yang telah dimasukkan di SPSS. Data ini juga digunakan untuk uji *Wilcoxon*.

- Melakukan uji kenormalan dengan cara pilih *Analyze – Descriptive Statistics – Explore*. Kemudian memasukkan variabel sebagai *Dependent List*. Tekan *Plots* lalu centang *Normality Plots with Tests*. Tekan *continue* lalu tekan OK. Hasilnya disajikan pada Tabel 4.7.

	Simulasi	ChaseS	var
1	25.00	25.00	
2	25.00	25.00	
3	24.00	25.00	
4	25.00	26.00	
5	27.00	30.00	
6	29.00	30.00	
7	31.00	37.00	
8	33.00	37.00	
9	35.00	37.00	
10	37.00	36.00	
11	38.00	36.00	
12	39.00	44.00	
13	40.00	44.00	
14	41.00	44.00	
15	40.00	44.00	
16	44.00	44.00	

Gambar 4.33 Data SPSS

Tabel 4.7 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

- H_0 diterima apabila $\text{sig} > 0.05$ dan ditolak apabila $\text{sig} < 0.05$. 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 kembali untuk pengujian hipotesis atau pengambilan keputusan. Karena data yang digunakan salah satunya tidak berdistribusi normal, maka uji yang dilakukan adalah uji statistik nonparametrik. Uji nonparametrik yang digunakan adalah uji *wilcoxon*. Uji *wilcoxon* dilakukan untuk mengetahui apakah ada perbedaan rata-rata antara hasil perencanaan

menggunakan simulasi dengan *chase strategy*. Langkah uji *wilcoxon* adalah sebagai berikut.

1. Membuat hipotesa uji statistik, yaitu:
 - H_0 : Tidak ada perbedaan rata-rata hasil simulasi dan hasil dilakukannya perencanaan menggunakan *chase strategy*
 - H_1 : Ada perbedaan rata-rata hasil simulasi dan hasil dilakukannya perencanaan menggunakan *chase strategy*
2. Melakukan uji *wilcoxon* dengan cara klik *Analyze-Nonparametric Tests-Legacy Dialogs-2 Related Samples*. Masukkan variabel ke dalam kotak *Test Pairs* dan centang *Wilcoxon* pada kolom *Test Type*. Lalu klik *OK*. Hasil uji *Wilcoxon* disajikan pada Tabel 4.8.

Tabel 4.8 Hasil Uji *Wilcoxon*

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

Taraf nyata pada uji *Wilcoxon* adalah 0,05 dengan kriteria pengujiannya H_0 diterima apabila $0,025 \leq \text{Asymp. Sig. (2-tailed)}$. Pada Tabel 4.8, didapatkan nilai *Asymp. Sig. (2-tailed)* $0,05 \leq 0,182$. 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*.

4.5 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 dihasilkan setelah simulasi pun dapat membantu menjawab permasalahan perusahaan. Sehingga model simulasi bisa dinilai telah menjawab permasalahan dan telah dibuat sesuai dengan tujuan penelitian.

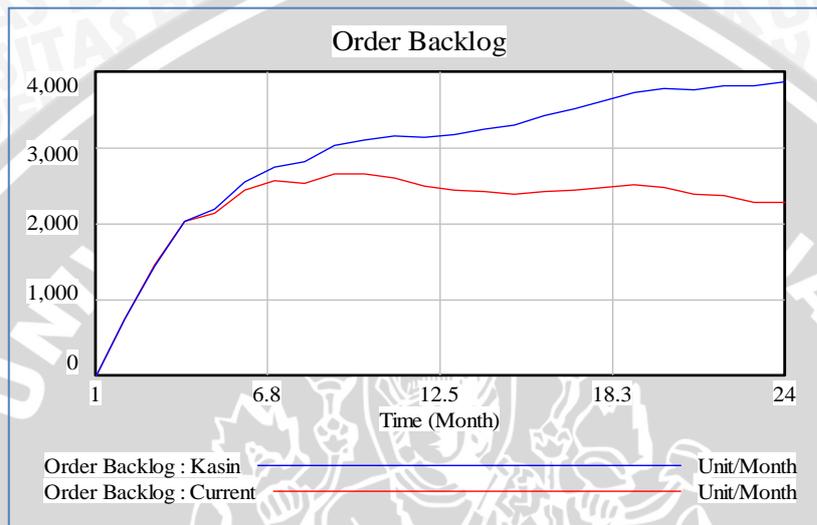
Model simulasi pada penelitian ini, selain digunakan untuk perencanaan agregat, juga digunakan untuk meramalkan dan melihat seberapa besar penambahan kapasitas produksi yang akan dilakukan perusahaan sesuai dengan jumlah permintaan dan *order backlog*. Dari *order backlog* yang terjadi, perusahaan dapat menghitung seberapa banyak kapasitas yang ditambahkan oleh perusahaan. Dengan melihat *delivery delay* dan *perceived delivery delay*, perusahaan dapat mengetahui besarnya tekanan perusahaan untuk menambah maupun mengurangi jumlah kapasitas produksi. Nilai dari variabel *perceived delivery delay* yang tiap bulannya tidak dapat dipastikan membuat kemudahan dalam pencariannya menggunakan simulasi sistem dinamik. Dengan bantuan formulasi yang disediakan pada *software* simulasi sistem dinamik membuat kemudahan dalam mencari maupun menghitung nilai dari variabel *perceived delivery delay* dan variabel simulasi yang lain.

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. Sehingga perusahaan memiliki kemudahan dalam menentukan perubahan kapasitas dan langkah dalam pemenuhan kapasitas tanpa menghitung manual masing-masing nilai dari kedua hal tersebut.

Selain menggunakan simulasi, perencanaan produksi bisa dikerjakan dengan perhitungan matematis menggunakan perencanaan agregat. PT Kasin dengan sistem produksi *make to order* dapat menggunakan perencanaan agregat menggunakan *chase strategy*. Penelitian ini juga menggunakan perencanaan *chase strategy* sebagai pembandingan dengan perencanaan menggunakan simulasi. Berdasarkan uji *Wilcoxon*, perencanaan produksi menggunakan simulasi dan dengan menggunakan *chase strategy output* yang dihasilkan tidak memiliki perbedaan. Ini memiliki arti bahwa model simulasi yang dibuat di penelitian ini dapat dimanfaatkan dan digunakan oleh perusahaan untuk perencanaan produksi.

Order backlog PT Kasin selama 24 bulan setelah dilakukan perubahan jumlah kapasitas memiliki nilai sebesar 2214 unit. Nilai *order backlog* tertinggi ada pada periode awal karena belum dilakukannya perubahan kapasitas. Perbandingan jumlah

order backlog antara simulasi dengan yang terjadi pada perusahaan sebelum dilakukan perubahan kapasitas dapat dilihat pada grafik di Gambar 4.34. Grafik *current* menggambarkan hasil simulasi setelah dilakukan perubahan kapasitas. Sedangkan grafik *kasin* menggambarkan hasil sebelum dilakukan perubahan kapasitas. Tampak bahwa terjadi perbedaan *order backlog* terjadi. Sebelum dilakukan perubahan kapasitas, *order backlog* selama 24 bulan memiliki grafik yang naik dengan nilai 3866 unit pada periode terakhir.



Gambar 4.34 Graph Perbandingan *Order Backlog* Perusahaan Setelah dan Sebelum Perubahan Kapasitas

BAB V PENUTUP

Bab penutup berisikan tentang kesimpulan dan saran. Kesimpulan didapatkan dari hasil penelitian yang telah dilakukan. Sedangkan saran berisikan tentang saran yang diberikan untuk perusahaan dan untuk penelitian selanjutnya.

5.1 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:

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 produksi dan perencanaan produksi. Hasil simulasi pun sesuai dengan hubungan yang terjadi dengan 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.

5.2 SARAN

Saran yang dapat diberikan kepada perusahaan maupun bagi penelitian selanjutnya adalah sebagai berikut.

1. Perusahaan dapat mengimplementasikan model simulasi guna mengetahui dan meramalkan dan merencanakan kebutuhan kapasitas produksi untuk periode-periode selanjutnya. Simulasi memberikan kemudahan dalam penggunaannya dan cepat memberikan hasil dibandingkan dengan menggunakan peramalan dan perencanaan secara matematis.
2. Untuk penelitian selanjutnya, dapat menggunakan variabel tenaga kerja lebih kompleks dan detail dalam penentuan kriteria dan jumlah tenaga kerja yang dibutuhkan.
3. Untuk penelitian selanjutnya, penentuan asumsi untuk nilai tabel pada variabel *effect of pressure* lebih tepat sehingga menghasilkan nilai *order backlog* membentuk grafik *s-shaped* setelah dilakukan perubahan kapasitas

DAFTAR PUSTAKA

- Aminullah, E., Muhammadi, & Soesilo, B., 2001, *Simulasi Sistem Dinamis*, Jakarta: UMJ Press.
- Arifin, M., 2009, *Simulasi Sistem Industri*, Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Asif, F. MA, Bianchiz, C., Rashid, A., & Nicolescu, C. M., 2012, *Performance Analysis of Yhe Closed Loop Supply Chain*, Journal of Remanufacturing 2012 2:4.
- Barlas, Y., 1996, *Formal Aspects of Model Validity and Validation in System Dynamics*, System dynamic Review Volume 12 Number 3 Fall 1996.
- Bazin, N. E. N., & Mustaffa, N. H., 2011, *Using System Dynamics in Modeling Production Systems*, Proceedings of the Annual International Conference on Operations Research and Statistics (ORS 2011).
- Buffa, E. S., 1986, *Manajemen Produksi/Operasi*, Jakarta: Erlangga.
- Djati, L., 2007, *Simulasi Teori dan Aplikasinya*, Yogyakarta: ANDI Yogyakarta.
- Febriana, A. D., 2013, *Evaluasi Struktur Supply Chain Pendistribusian Benih dan Budidaya Ikan terhadap Profit Supply Chain dengan Pendekatan Simulasi Sistem Dinamik (Studi Kasus: Hatchery Ikan Kerapu di Situbondo)*, Skripsi Tidak Dipublikasikan, Malang: Universitas Brawijaya.
- Gasper, V., 2000, *Manajemen Produktivitas Total*, Jakarta: Gramedia Pustaka Utama.
- Handoko, H., 1999, *Dasar-Dasar Manajemen Produksi & Operasi*, Yogyakarta: BPFE.
- Hasan, M. I., 2010, *Pokok-Pokok Materi Statistik 2 (Statistik Inferensif)*, Edisi Kedua, Jakarta: Bumi Aksara.
- Lestari, N. P., 2014, *Analisis Sistem Produksi Terhadap Profit Perusahaan Dengan Pendekatan Simulasi Sistem Dinamik (Studi Kasus: PT Industri Sandang Nusantara Unit Patal Lawang)*, Skripsi Tidak Dipublikasikan, Malang: Universitas Brawijaya.
- Lovelestari, Gabrindiyah W. & Suryani, Erma. 2012. *Peramalan Permintaan Pasar dan Perencanaan Kapasitas Produksi dengan Menggunakan Model Sistem Dinamik Untuk Industri Pupuk Sebagai Sarana Penunjang Pembuatan Keputusan*. Skripsi tidak dipublikasikan. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh November.
- Resta, Cintara & Suryani, Erma. 2011. *Analisa Permintaan Untuk Perencanaan Produksi Dengan Menggunakan Simulasi sistem Dinamik Pada Industri Benang*. Skripsi tidak dipublikasikan. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh November.
- Sipper, Daniel. 1998. *Production: Planning, Control, and Integration*. Singapore: McGraw - Hill Book Co – Singapore.

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.

Suryani, Erma. 2006. *Perancangan Skenario Kebijakan Perencanaan Kapasitas Terpasang Pada Industri Semen Dengan Berbasis Model Sistem Dinamik*. Skripsi tidak dipublikasikan. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh November.

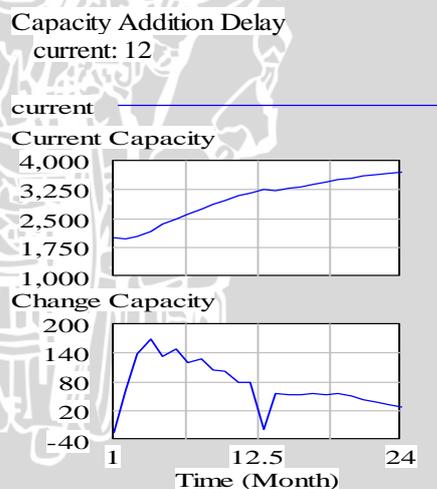
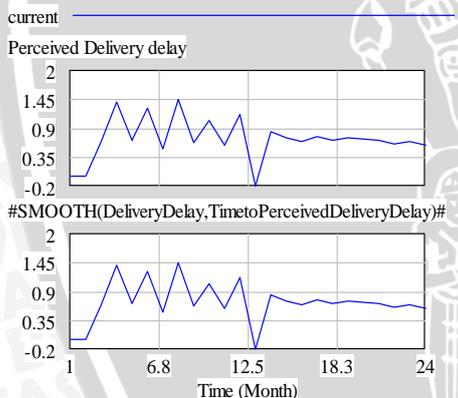
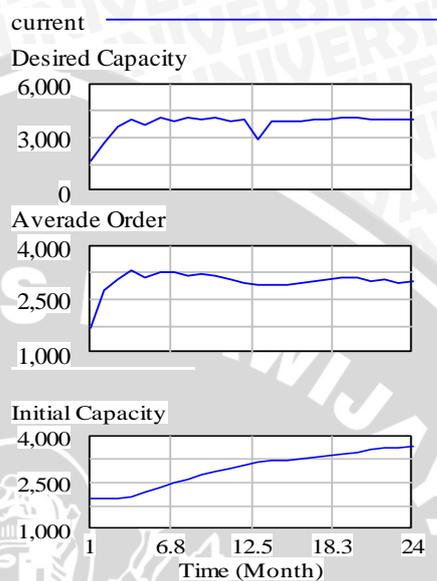
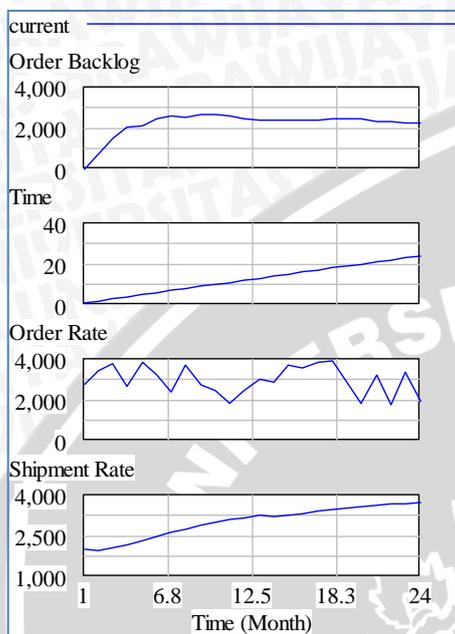
Trihendradi, C. 2011. *Langkah Mudah Melakukan Analisis Statistik Menggunakan SPSS 19*. Yogyakarta: Penerbit ANDI.

Wignjosoebroto, Sritomo. 2006. *Pengantar Teknik & Manajemen Industri*. Surabaya: Guna Widya.



LAMPIRAN

Lampiran 1. Cause Strip Diagram Hasil Simulasi



Desired Delivery Delay
current: 1

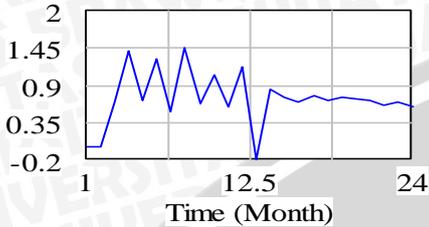


current _____

Effect of Pressure

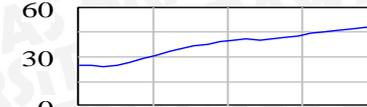


Pressure to Expand

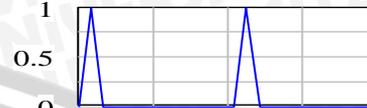


current _____

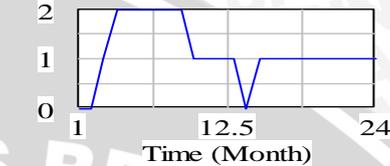
Current Worker Changed



Firing Worker



Hiring Worker

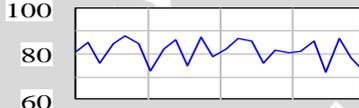


current _____

"Min. Changed Worker"



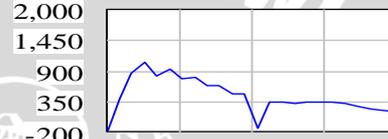
Unit Produced per Worker



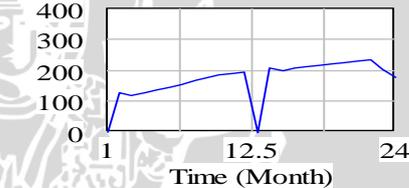
Worker Changed



Change Capacity Time

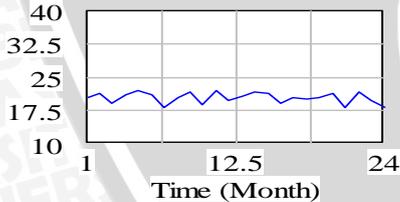


Working Day Added



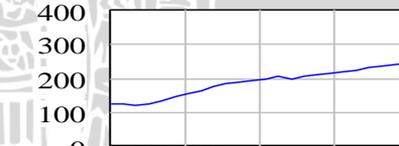
Standard Time
current: 6.280

Working Days

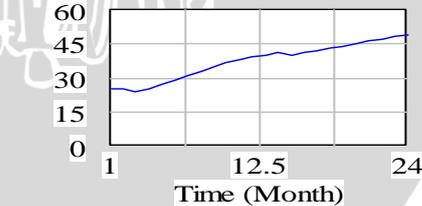


current _____

Desired Overtime



Worker Available



Average Number Produced

current: 4

current _____

Desired Number of Worker



Overtime Available

current: 5



Lampiran 2. Nilai Hasil Simulasi Variabel Kapasitas dan Perencanaan Produksi

Bulan Ke-	Current Capacity (Unit)	Working Day Added (Day/Month)	Worker Changed (Day/Month)	Desired Number of Worker (Worker)	Current Worker Changed (Worker)	Worker Available (Worker)	Hiring Worker (Worker)	Firing Worker (Worker)
1.	2000	0	-157	25	25	25	0	0
2.	1975	125	262.89	24	25	25	0	1
3.	2036	120	750.07	25	24	24	1	0
4.	2175	125	937.01	27	25	25	2	0
5.	2344	135	691.09	29	27	27	2	0
6.	2475	145	783.4	31	29	29	2	0
7.	2623	155	599.97	33	31	31	2	0
8.	2744	165	636.81	35	33	33	2	0
9.	2871	175	474.86	37	35	35	2	0
10.	2975	185	453.99	38	37	37	1	0
11.	3076	190	301.78	39	38	38	1	0
12.	3155	195	302.22	40	39	39	1	0
13.	3234	0	-119.01	41	40	40	1	0
14.	3215	205	151.87	40	41	41	0	1
15.	3272	200	140.77	41	40	40	1	0
16.	3326	205	130.03	42	41	41	1	0
17.	3379	210	137.15	43	42	42	1	0
18.	3435	215	126.93	44	43	43	1	0
19.	3489	220	134.92	45	44	44	1	0
20.	3546	225	97.17	46	45	45	1	0
21.	3597	230	35.07	47	46	46	1	0
22.	3639	234.74	234.74	48	47	47	1	0
23.	3677	200.65	200.65	49	48	48	1	0
24.	3708	177.3	177.33	50	49	49	1	0

Lampiran 3. Perencanaan Agregat dengan Chase Strategy

Month	Working Days (A)	Unit Produced / Worker (B = A*4)	Day of Unit Produced / Worker (C = B*6.28)	Forecasted Net Demand (D)	Day for Forecasted Net Demand (E = D*6.28)	Worker Available (F)	Finished Forecasted Net Demand (G = F*C)	Remained Forecasted Net Demand (H = IF (E-G) > 0 Then (E-G) Else 0)	Overtime Available (I = F*5)	Overtime Used (J = IF (H > 0) Then (I) Else 0)	Remained After Overtime (K = E - G)	Worker Change (L = K/C)	Current Worker (M = Mt-1 + L)	Hiring Worker (N)	Firing Worker (O)
1.	20	80	502,4	2000	12560	25	12560	0	125	0	0	0	25	0	0
2.	20	80	502,4	1975	12403	25	12560	0	125	0	0	0	25	0	0
3.	22	88	552,64	2036	12786,08	25	13816	0	125	0	0	0	25	0	0
4.	21	84	527,52	2175	13659	25	13188	471	125	125	346	1	26	1	0
5.	20	80	502,4	2344	14720,32	25	12560	1657,92	130	130	1527,9	4	30	4	0
6.	22	88	552,64	2475	15543	29	16026,56	0	150	0	0	0	30	0	0
7.	18	72	452,16	2623	16472,44	29	13112,64	2907,64	150	150	2757,6	7	37	7	0
8.	20	80	502,4	2744	17232,32	36	18086,4	0	185	0	0	0	37	0	0
9.	22	88	552,64	2871	18029,88	36	19895,04	0	185	0	0	0	37	0	0
10.	20	80	502,4	2975	18683	36	18086,4	94,2	185	185	-90,8	-1	36	0	1
11.	22	88	552,64	3076	19317,28	36	19895,04	0	180	0	0	0	36	0	0
12.	18	72	452,16	3155	19813,4	36	16277,76	3535,64	180	180	3355,6	8	44	8	0
13.	20	80	502,4	3234	20309,52	43	21603,2	0	220	0	0	0	44	0	0
14.	20	80	502,4	3215	20190,2	43	21603,2	0	220	0	0	0	44	0	0
15.	22	88	552,64	3272	20548,16	43	23763,52	0	220	0	0	0	44	0	0
16.	21	84	527,52	3326	20887,28	43	22683,36	0	220	0	0	0	44	0	0
17.	20	80	502,4	3379	21220,12	43	21603,2	0	220	0	0	0	44	0	0
18.	22	88	552,64	3435	21571,8	43	23763,52	0	220	0	0	0	44	0	0
19.	18	72	452,16	3489	21910,92	43	19442,88	2015,88	220	220	1795,9	4	48	4	0
20.	20	80	502,4	3546	22268,88	47	23612,8	0	0	0	0	0	48	0	0
21.	22	88	552,64	3597	22589,16	47	25974,08	0	0	0	0	0	48	0	0
22.	20	80	502,4	3639	22852,92	47	23612,8	0	240	0	0	0	48	0	0
23.	22	88	552,64	3677	23091,56	47	25974,08	0	0	0	0	0	48	0	0
24.	18	72	452,16	3708	23286,24	47	21251,52	1582,56	240	240	1342,6	3	51	3	0