

TUGAS AKHIR - TI234835

**ANALISIS DAN PENINGKATAN EFISIENSI LINI
PRODUKSI PERUSAHAAN INDUSTRI MAKANAN
MENGUNAKAN PENDEKATAN *DISCRETE EVENT
SIMULATION***

HAMDAN MUHAMMADI
NRP. 5010201151

Dosen Pembimbing
Nurhadi Siswanto, S.T., M.S.I.E., Ph.D.
NIP. 197005231996011001

PROGRAM STUDI SARJANA TEKNIK SISTEM DAN INDUSTRI
DEPARTEMEN TEKNIK SISTEM DAN INDUSTRI
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI DAN REKAYASA SISTEM
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2024

(Halaman ini sengaja dikosongkan)



TUGAS AKHIR - TI234835

**ANALISIS DAN PENINGKATAN EFISIENSI LINI
PRODUKSI PERUSAHAAN INDUSTRI MAKANAN
MENGUNAKAN PENDEKATAN *DISCRETE EVENT
SIMULATION***

HAMDAN MUHAMMADI
NRP. 5010201151

Dosen Pembimbing
Nurhadi Siswanto, S.T., M.S.I.E., Ph.D.
NIP. 197005231996011001

PROGRAM STUDI SARJANA TEKNIK SISTEM DAN INDUSTRI
DEPARTEMEN TEKNIK SISTEM DAN INDUSTRI
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI DAN REKAYASA SISTEM
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2024

(Halaman ini sengaja dikosongkan)



FINAL PROJECT - TI234835

**ANALYSIS AND IMPROVING PRODUCTION LINE
EFFICIENCY IN FOOD INDUSTRY USING THE DISCRETE
EVENT SIMULATION APPROACH**

HAMDAN MUHAMMADI
NRP. 5010201151

Supervisor
Nurhadi Siswanto, S.T., M.S.I.E., Ph.D.
NIP. 197005231996011001

**UNDERGRADUATE PROGRAM OF INDUSTRIAL AND SYSTEM ENGINEERING
DEPARTEMENT OF INDUSTRIAL AND SYSTEMS ENGINEERING
FACULTY OF INDUSTRIAL TECHNOLOGY AND SYSTEMS ENGINEERING
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2024**

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

LEMBAR PENGESAHAN

ANALISIS DAN PENINGKATAN EFISIENSI LINI PRODUKSI PERUSAHAAN INDUSTRI MAKANAN MENGGUNAKAN PENDEKATAN *DISCRETE EVENT SIMULATION*

TUGAS AKHIR

Diajukan untuk memenuhi salah satu syarat
memperoleh gelar sarjana pada
Program Studi S-1 Departemen Teknik Sistem dan Industri
Fakultas Teknologi Industri dan Rekayasa Sistem
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya

Oleh : **HAMDAN MUHAMMADI**

NRP. 5010201151

Disetujui oleh Tim Penguji Tugas Akhir :

1. Nurhadi Siswanto, S.T., M.S.I.E., Ph.D
2. Effi Latiffianti, S.T., M.Sc. Ph.D.
3. Ega Rizkiyah, S.T., M.T.

Pembimbing

Penguji

Penguji



(Halaman ini sengaja dikosongkan)

PERNYATAAN ORISINALITAS

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama mahasiswa / NRP : Hamdan Muhammadi / 5010201151
Program studi : Teknik Sistem dan Industri
Dosen Pembimbing / NIP : Nurhadi Siswanto, S.T., MSIE., Ph.D. / 197005231996011001

dengan ini menyatakan bahwa Tugas Akhir dengan judul “**Analisis dan Peningkatan Efisiensi Lini Produksi Perusahaan Industri Makanan Menggunakan Pendekatan *Discrete Event Simulation***” adalah hasil karya sendiri, bersifat orisinal, dan ditulis dengan mengikuti kaidah penulisan ilmiah.

Bilamana di kemudian hari ditemukan ketidaksesuaian dengan pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sanksi sesuai dengan ketentuan yang berlaku di Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

Surabaya, 25 Juli 2024

Mengetahui
Dosen Pembimbing



Nurhadi Siswanto, S.T., MSIE., Ph.D.
197005231996011001

Mahasiswa



Hamdan Muhammadi
5010201151

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

ABSTRAK

ANALISIS DAN PENINGKATAN EFISIENSI LINI PRODUKSI PERUSAHAAN INDUSTRI MAKANAN MENGGUNAKAN PENDEKATAN *DISCRETE EVENT SIMULATION*

Nama Mahasiswa / NRP : Hamdan Muhammadi / 5010201151
Departemen : Teknik Sistem dan Industri FTIRS - ITS
Dosen Pembimbing : Nurhadi Siswanto, S.T., MSIE., Ph.D.

Abstrak

Lini produksi pada industri makanan dirancang sedemikian rupa agar berjalan secara efisien untuk dapat meningkatkan luaran. Pada suatu perusahaan industri makanan yang diteliti pada penelitian ini terdapat permasalahan yaitu tidak tercapainya target produksi dengan waktu untuk mencapai target selama 11 hari produksi untuk jadwal 7 hari produksi saja. Penelitian ini melakukan analisis *bottleneck* dan perbaikan pada lini produksi pada suatu perusahaan industri makanan dengan menggunakan metode *discrete-event simulation* dengan bantuan *software* ExtendSim dan dengan metode *average active period* serta rata-rata panjang antrian. Metode ini dipilih karena lini produksi memiliki tingkat kompleksitas yang ditandai dengan adanya variasi dan juga keterikatan pada elemen di lini produksi. Dari hasil simulasi yang dilakukan dapat diketahui letak *bottleneck* pada lini produksi terjadi di proses *manual packing* yang kemudian dilakukan skenario perbaikan menambahkan konveyor dan juga tidak membagi lini pada proses *manual packing* yang dapat meningkatkan jumlah *output* sebesar 2.03 Ton per hari atau meningkatkan pendapatan sebesar 77 juta Rupiah per hari.

Kata kunci: *Bottleneck, Discrete-Event Simulation, Lini Produksi, Simulasi*

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

ABSTRACT

Student Name / NRP : Hamdan Muhammadi / 5010201151
Department : Teknik Sistem dan Industri FTIRS - ITS
Supervisor : Nurhadi Siswanto, S.T., MSIE., Ph.D.

Abstract

The production line in the food industry is designed to operate efficiently in order to increase output. In a food industry company studied in this research, there is an issue of not meeting the production target, with the time to reach the target being 11 production days for a schedule of 7 production days. This research analyzes bottlenecks and improvements in the production line of a food industry company using discrete-event simulation with the aid of ExtendSim software and the average active period method as well as the average queue length. This method is chosen because the production line has a high level of complexity, characterized by variations and interdependencies in the production line elements. From the simulation results, it is found that the bottleneck in the production line occurs in the manual packing process. Improvement scenarios were then implemented by adding conveyors and not dividing the line in the manual packing process, which can increase the output by 2.03 tons per day or increase revenue by 77 million Rupiah per day.

Key Word: Bottleneck, Discrete-Event Simulation, Production Line, Simulation

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

KATA PENGANTAR

Puji syukur tidak lupa dipanjatkan kepada Allah SWT karena berkat rahmat dan karunia-Nya, penulis dapat menyusun Tugas Akhir ini. Dalam Menyusun laporan ini tentunya tidak terlepas dari bantuan banyak pihak, oleh karena itu penulis ingin mengucapkan banyak terima kasih kepada Allah SWT dan pihak-pihak lainnya yang telah membantu selama proses pengerjaan Tugas Akhir ini. Penulis ingin mengucapkan terimakasih kepada:

1. Bapak Nurhadi Siswanto, S.T., M.S.I.E., Ph.D selaku dosen pembimbing yang telah membimbing penulis selama pengerjaan Tugas Akhir ini melalui masukan, saran, motivasi dan bimbingan yang telah diberikan.
2. Pihak perusahaan industri makanan yang menjadi objek amatan pada penelitian ini yang telah membantu dalam pengambilan data dan pengerjaan Tugas Akhir.
3. Bapak Nurhadi Siswanto, S.T., M.S.I.E., Ph.D selaku Kepala Departemen Teknik Sistem dan Industri ITS.
4. Ibu Effi Latiffianti, S.T., M.Sc. Ph.D., Ibu Ega Rizkiyah, S.T., M.T., Bapak Prof. Ir. Budi Santosa, M.Sc., Ph.D., dan Bapak Prof. Dr. Ir. Udisubakti Ciptomulyono, M.Eng.Sc. selaku dosen penguji pada seminar proposal maupun sidang Tugas Akhir yang telah memberikan saran dan kritik yang membangun bagi pelaksanaan Tugas Akhir.
5. Bapak dan Ibu Dosen Departemen Teknik Sistem dan Industri ITS yang telah mendidik dan memberikan banyak ilmu serta pelajaran selama masa perkuliahan penulis.
6. Kedua orangtua penulis yaitu Muhammad Neil Yasser dan Sri Margihastuti serta keluarga penulis yaitu Sukainah, Asia Lutfiah, dan Salma Alfiyah yang senantiasa selalu memberikan doa, dorongan dan motivasi yang tidak terhingga kepada penulis selama pengerjaan Tugas Akhir ini.
7. Teman - teman asisten Quantitative Modeling and Industrial Policy Analysis (QMIPA) Laboratory yang menjadi tempat berdiskusi terkait penelitian.
8. Teman - teman Teknik Sistem dan Industri angkatan 2020 Vidyagatara yang menjadi tempat berdiskusi terkait penelitian.
9. Setiap pihak yang berpartisipasi dalam pencapaian penelitian Tugas Akhir penulis yang mungkin tidak dapat disebutkan satu per satu.

Diharapkan semoga penelitian ini mampu bermanfaat bagi perusahaan objek amatana penlitian serta bagi dunia akademis dan pengembangan implementasi keilmuan simulasi.

Surabaya, 2024



Hamdan Muhammadi

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	vii
PERNYATAAN ORISINALITAS	ix
ABSTRAK	xi
ABSTRACT	xiii
KATA PENGANTAR	xv
DAFTAR ISI.....	xvii
DAFTAR GAMBAR.....	xxi
DAFTAR TABEL.....	xxiii
BAB 1 PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Permasalahan.....	3
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Batasan dan Asumsi.....	4
1.4.1 Batasan	4
1.4.2 Asumsi.....	4
1.5 Manfaat Penelitian.....	4
1.6 Sistematika Penulisan.....	4
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	7
2.1 Sistem	7
2.1.1 Elemen Sistem	7
2.1.2 Variabel Sistem.....	7
2.1.3 Pemodelan Sistem	8
2.2 Sistem Produksi	8
2.2.1 Jenis Industri dan Proses Manufaktur.....	9
2.2.2 Fasilitas Produksi.....	9
2.3 Analisis <i>Bottleneck</i>	10
2.4 Simulasi	12
2.4.1 <i>Discrete-Event Simulation</i>	12
2.4.2 Tahapan Simulasi.....	13
2.5 <i>Software ExtendSim</i>	14
2.6 Penelitian Terdahulu	15
BAB 3 METODOLOGI.....	17
3.1 Tahap Pengumpulan Data.....	18
3.2 Tahap Pengolahan Data	19

3.3	Tahap Pengembangan Model.....	19
3.3.1	Pembuatan Model Konseptual.....	19
3.3.2	Pembuatan Model Simulasi.....	20
3.3.3	Verifikasi Model Simulasi.....	20
3.3.4	Replikasi Model Simulasi.....	20
3.3.5	Validasi Model Simulasi.....	20
3.4	Tahap Analisis <i>Bottleneck</i>	21
3.5	Tahap Eksperimentasi.....	21
3.6	Tahap Analisis Luaran.....	21
3.7	Kesimpulan dan Saran.....	21
BAB 4	PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA.....	22
4.1	Pengumpulan Data.....	22
4.1.1	Jenis Produk.....	22
4.1.2	Jadwal Produksi dan Alur Produksi.....	22
4.1.3	Mesin Yang Digunakan.....	23
4.1.4	<i>Rework</i> dan Hasil Produksi.....	24
4.2	Pengolahan Data.....	25
4.2.1	Data <i>Batch</i>	25
4.2.2	Data <i>Time-to-Failure</i> dan <i>Downtime</i> Tiap Mesin.....	26
4.2.3	Data <i>Cycle Time</i>	26
4.3	Pembuatan Model Konseptual.....	34
4.3.1	Model Konseptual Stasiun Kerja <i>Frozen Block Cutting</i>	36
4.3.2	Model Konseptual Stasiun Kerja <i>Grinding</i>	36
4.3.3	Model Konseptual Stasiun Kerja <i>Mixing</i>	36
4.3.4	Model Konseptual Stasiun Kerja <i>Stuffing</i>	37
4.3.5	Model Konseptual Stasiun Kerja <i>Smoking</i>	37
4.3.6	Model Konseptual Stasiun Kerja <i>Cooling</i>	38
4.3.7	Model Konseptual Stasiun Kerja <i>Link Cutting</i>	38
4.3.8	Model Konseptual Stasiun Kerja Multivac.....	38
4.3.9	Model Konseptual Stasiun Kerja <i>Manual Packing</i>	39
4.3.10	Model Konseptual Stasiun Kerja <i>Freezing</i>	39
4.4	Pembuatan Model Simulasi Kondisi Eksisting.....	40
4.4.1	Submodel <i>Frozen Block Cutting</i>	41
4.4.2	Submodel <i>Grinding</i>	41
4.4.3	Submodel <i>Mixing</i>	42
4.4.4	Submodel <i>Stuffing</i>	42

4.4.5	Submodel <i>Smoking</i>	43
4.4.6	Submodel <i>Cooling</i>	43
4.4.7	Submodel <i>Link Cutting</i>	44
4.4.8	Submodel <i>Multivac</i>	44
4.4.9	Submodel <i>Manual Packing</i>	45
4.4.10	Submodel <i>Freezing</i>	45
4.4.11	Submodel <i>Rework</i>	46
4.5	Verifikasi, Replikasi, dan Validasi Model Simulasi	46
4.5.1	Verifikasi Model Simulasi Kondisi Eksisting	46
4.5.2	Penentuan Jumlah Replikasi	47
4.5.3	Validasi Model Simulasi Kondisi Eksisting	48
BAB 5	SKENARIO PERBAIKAN DAN ANALISIS	51
5.1	Analisis <i>Bottleneck</i> Kondisi Eksisting	51
5.2	Eksperimentasi	56
5.2.1	Perancangan Skenario Perbaikan	56
5.2.2	Analisis Hasil Skenario Perbaikan	59
5.2.3	Analisis Biaya	62
BAB 6	KESIMPULAN DAN SARAN	63
6.1	Kesimpulan	63
6.2	Saran	63
	DAFTAR PUSTAKA	65
	LAMPIRAN	67
	BIODATA PENULIS	73

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Alur Proses Produksi Suatu Perusahaan Industri Makanan.....	1
Gambar 1.2 <i>Influence Diagram</i> Sistem Lini Produksi Pada Suatu Perusahaan Industri Makanan.....	2
Gambar 2.1 Metodologi <i>Hard Operation Research</i>	8
Gambar 2.2 Pengklasifikasian Sistem Produksi.....	9
Gambar 2.3 Tipe Fasilitas dan Tata Letak Pabrik Berdasarkan Kuantitas dan Variasi Produk	10
Gambar 2.4 Periode Aktif dari Suatu Mesin.....	11
Gambar 2.5 Proses Iteratif Pada Simulasi.....	13
Gambar 2.6 Logo ExtendSim.....	14
Gambar 3.1 <i>Flowchart</i> Metodologi Penelitian.....	17
Gambar 3.2 <i>Flowchart</i> Metodologi Penelitian (Lanjutan).....	18
Gambar 3.3 <i>Framework</i> Pembuatan Model Konseptual dalam Simulasi.....	19
Gambar 4.1 Hasil <i>Fitting Distribution</i> Menggunakan StatFit Pada Proses Pematangan Daging FBC.....	27
Gambar 4.2 Flowchart Proses Produksi Objek Amatan Keseluruhan.....	35
Gambar 4.3 <i>Flowchart</i> Stasiun Kerja <i>Frozen Block Cutting</i>	36
Gambar 4.4 <i>Flowchart</i> Stasiun Kerja <i>Grinding</i>	36
Gambar 4.5 <i>Flowchart</i> Stasiun Kerja <i>Mixing</i>	37
Gambar 4.6 <i>Flowchart</i> Stasiun Kerja <i>Stuffing</i>	37
Gambar 4.7 <i>Flowchart</i> Stasiun Kerja <i>Smoking</i>	37
Gambar 4.8 <i>Flowchart</i> Stasiun Kerja <i>Cooling</i>	38
Gambar 4.9 <i>Flowchart</i> Stasiun Kerja <i>Link Cutting</i>	38
Gambar 4.10 <i>Flowchart</i> Stasiun Kerja <i>Multivac</i>	39
Gambar 4.11 <i>Flowchart</i> Stasiun Kerja <i>Manual Packing</i>	39
Gambar 4.12 <i>Flowchart</i> Stasiun Kerja <i>Freezing</i>	40
Gambar 4.13 Model Simulasi Keseluruhan Kondisi Eksisting Pada ExtendSim.....	40
Gambar 4.14 Submodel <i>Frozen Block Cutting</i>	41
Gambar 4.15 Submodel <i>Grinding</i>	41
Gambar 4.16 Submodel <i>Mixing</i>	42
Gambar 4.17 Submodel <i>Stuffing</i>	42
Gambar 4.18 Submodel <i>Smoking</i>	43
Gambar 4.19 Submodel <i>Cooling</i>	43
Gambar 4.20 Submodel <i>Link Cutting</i>	44
Gambar 4.21 Submodel <i>Multivac</i>	44
Gambar 4.22 Submodel <i>Manual Packing (Manual Filling)</i>	45
Gambar 4.23 Submodel <i>Manual Packing (Vacuum)</i>	45
Gambar 4.24 Submodel <i>Freezing</i>	46
Gambar 4.25 Submodel <i>Rework</i>	46
Gambar 4.26 Verifikasi <i>Syntax</i> Model Simulasi Kondisi Eksisting.....	47
Gambar 4.27 Hasil t-Test <i>Output</i> Lini Manual.....	49
Gambar 4.28 Hasil t-Test <i>Output</i> Lini <i>Multivac</i>	49
Gambar 4.29 Hasil t-Test <i>Output</i> Keseluruhan.....	50
Gambar 5.1 Grafik Utilisasi Simulasi Kondisi Eksisting.....	52
Gambar 5.2 Grafik Normalisasi Utilisasi Simulasi Kondisi Eksisting.....	53
Gambar 5.3 Grafik Perbandingan Utilisasi dengan <i>Average Active Period</i>	54
Gambar 5.4 Model Simulasi Proses <i>Vacuum</i> Kondisi Eksisting.....	57
Gambar 5.5 Model Simulasi Proses <i>Vacuum</i> Kondisi Skenario Perbaikan 1.....	57

Gambar 5.6 Model Simulasi Perpindahan Hasil <i>Manual Filling</i> ke <i>Vacuum</i> Kondisi Eksisting	58
Gambar 5.7 Model Simulasi Perpindahan Hasil <i>Manual Filling</i> ke <i>Vacuum</i> Kondisi Skenario 2	58
Gambar 5.8 Model Simulasi Proses Perpindahan dan <i>Vacuum</i> Kondisi Skenario 3	59
Gambar 5.9 Uji Anova <i>One-Way</i> Rata-Rata <i>Output</i> Per Jam Tiap Skenario	60
Gambar 5.10 Hasil Uji Tukey Kramer Rata-Rata <i>Output</i> Sosis per Jam Setiap Skenario	61
Gambar 5.11 Hasil Grouping Uji Tukey Kramer Rata-Rata <i>Output</i> Sosis per Jam Setiap Skenario	61
Gambar 5.12 Rata-Rata Utilisasi Tiap Skenario	62

DAFTAR TABEL

Tabel 1.1 Data Ketercapaian Produksi Perusahaan yang Diteliti	2
Tabel 2.1 Kelebihan dan Kekurangan Simulasi.....	12
Tabel 2.2 Rangkuman Penelitian Terdahulu	15
Tabel 2.3 Posisi Penelitian Dibandingkan Dengan Penelitian Terdahulu.....	15
Tabel 3.1 Data Yang Dikumpulkan.....	19
Tabel 4.1 Jenis Produk pada Objek Amatan	22
Tabel 4.2 Jadwal Produksi 6-12 Mei 2024	23
Tabel 4.3 Mesin Yang Digunakan Pada Produksi Objek Amatan	23
Tabel 4.4 Mesin Yang Digunakan Pada Produksi Objek Amatan (Lanjutan).....	24
Tabel 4.5 Data Hasil Produksi dengan Jadwal Produksi 6 hingga 12 Mei 2024.....	24
Tabel 4.6 Data <i>Batch</i> Jenis Produk Objek Amatan.....	25
Tabel 4.7 Hasil <i>Fitting Distribution</i> TTF dan <i>Downtime</i> Mesin	26
Tabel 4.8 Data <i>Cycle Time</i> Stasiun Kerja <i>Frozen Block Cutting</i>	28
Tabel 4.9 Data <i>Cycle Time</i> Stasiun Kerja <i>Grinding</i>	28
Tabel 4.10 Data <i>Cycle Time</i> Stasiun Kerja <i>Mixing</i>	28
Tabel 4.11 Data <i>Cycle Time</i> Stasiun Kerja <i>Stuffing</i>	29
Tabel 4.12 Data <i>Cycle Time</i> Stasiun Kerja <i>Smoking</i>	29
Tabel 4.13 Data Waktu <i>Smoking</i> Setiap Produk	29
Tabel 4.14 Data <i>Cycle Time</i> Stasiun Kerja <i>Cooling</i>	30
Tabel 4.15 Data <i>Cycle Time</i> Stasiun Kerja <i>Link Cutting</i>	30
Tabel 4.16 Data <i>Cycle Time</i> Stasiun Kerja Multivac.....	30
Tabel 4.17 Data Waktu dan <i>Pack</i> Proses <i>Packing</i> Multivac.....	31
Tabel 4.18 Data <i>Cycle Time</i> Stasiun Kerja <i>Manual Packing</i>	31
Tabel 4.19 Data <i>Pack</i> per <i>Vacuum</i> Proses <i>Vacuum Manual</i> Setiap Produk.....	32
Tabel 4.20 Data <i>Cycle Time</i> Stasiun Kerja <i>Freezing</i>	32
Tabel 4.21 Data <i>Pack</i> per Proses <i>Freezing</i> Setiap Produk.....	32
Tabel 4.22 Statistik Deskriptif Data <i>Cycle Time</i>	33
Tabel 4.23 Statistik Deskriptif Data <i>Cycle Time</i> (Lanjutan).....	34
Tabel 4.24 <i>Output</i> Simulasi Kondisi Eksisting.....	47
Tabel 4.25 <i>Output</i> Simulasi Kondisi Eksisting (Lanjutan).....	48
Tabel 4.26 Hasil <i>Output</i> Simulasi Dibandingkan Kondisi Eksisting.....	48
Tabel 5.1 Hasil Utilisasi Simulasi Kondisi Eksisting	51
Tabel 5.2 Hasil Normalisasi Utilisasi Simulasi Kondisi Eksisting.....	52
Tabel 5.3 Hasil Normalisasi Utilisasi Simulasi Kondisi Eksisting (Lanjutan).....	53
Tabel 5.4 Hasil Perhitungan <i>Average Active Period</i> Simulasi Kondisi Eksisting	54
Tabel 5.5 Rata-Rata Panjang Antrian Setiap Proses Kondisi Eksisting	55
Tabel 5.6 Waktu Yang Dibutuhkan Pada Proses <i>Vacuum</i>	56
Tabel 5.6 Hasil <i>Output</i> Simulasi Skenario Perbaikan.....	59
Tabel 5.7 <i>Output</i> Sosis Per Jam Setiap Skenario.....	60

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB 1

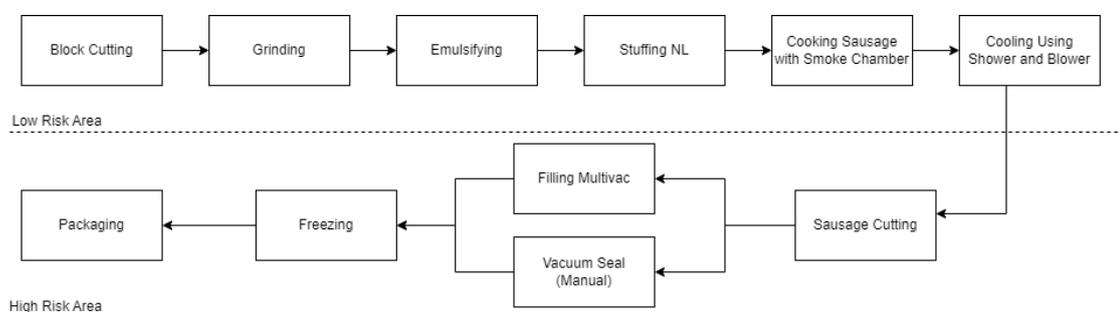
PENDAHULUAN

Dalam bab ini, akan ditampilkan latar belakang, rumusan permasalahan, batasan masalah, tujuan penelitian, dan manfaat penelitian dari Tugas Akhir ini.

1.1 Latar Belakang

Industri makanan termasuk pada kategori industri sekunder yang mengolah hasil dari industri primer berupa bahan mentah menjadi produk makanan siap saji (Groover, 2015). Proses pengolahan tersebut dilakukan pada lini produksi yang merupakan jalur yang berisi mesin, pekerja, dan elemen lainnya pada pabrik untuk mengolah produk hingga selesai. Lini produksi dirancang sedemikian rupa agar dapat meningkatkan kecepatan dan efisiensi dari produksi yang dilakukan (Bartholdi & Eisenstein, 1993; Lewis, 2019). Oleh karena itu, penting adanya analisis dan peningkatan efisiensi pada lini produksi suatu perusahaan agar dapat memaksimalkan tujuan dari perusahaan berupa memaksimalkan keuntungan.

Perusahaan yang diteliti pada penelitian ini adalah salah satu perusahaan industri makanan di Indonesia yang memproduksi makanan olahan beku. Perusahaan ini dapat memproduksi 4 jenis makanan olahan beku dengan kapasitas massal total lebih dari 10 ton setiap harinya. Perusahaan ini beroperasi 24 jam setiap harinya dan 7 hari setiap minggunya yang dibagi menjadi 3 shift setiap harinya. Tata letak lini produksi pada perusahaan ini mengadopsi *product layout* yang dimana mesin dan proses produksi disusun sesuai jenis produk yang dihasilkan karena produksi dilakukan dengan skala massal untuk tiap produknya (Heragu, 2008). Pada penelitian ini hanya meneliti pada satu lini produksi saja yang alur proses produksinya dapat dilihat pada gambar 1.1.

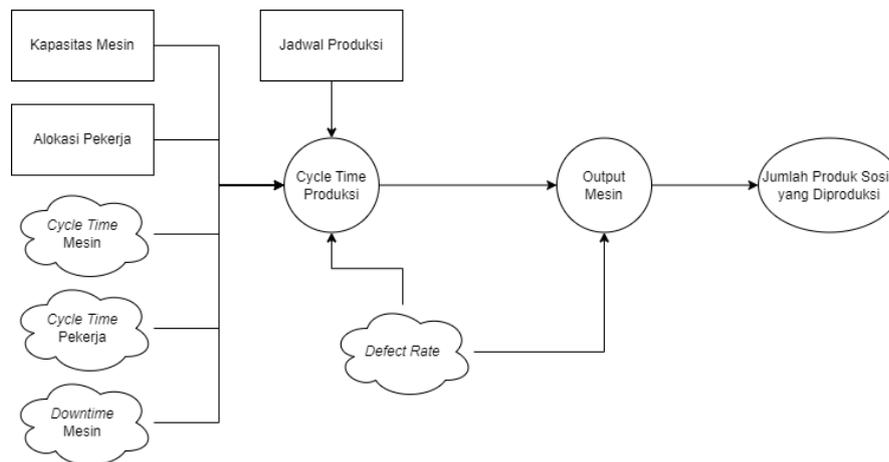


Gambar 1.1 Alur Proses Produksi Suatu Perusahaan Industri Makanan

(Sumber : Pribadi)

Proses pembuatan produk dalam pembuatan produk pada industri makanan dapat dibagi menjadi dua area yaitu *low risk area* dan *high risk area*. *Low risk area* adalah area yang tidak dimana produknya sendiri tidak mendorong pertumbuhan mikro atau ada tahapan selanjutnya yang akan mengurangi pertumbuhan mikro tersebut atau dengan kata lain sebelum produk itu dimasak, sedangkan *high risk area* adalah area di mana produk-produk yang dimasak sepenuhnya dibuat dan dipisahkan secara fisik atau dengan kata lain produk sudah matang (Willett Food Projects, 2023). Pada lini produksi produk perusahaan yang diteliti, area tersebut dipisahkan oleh proses *cooling using shower and blower* yang dilakukan setelah produk tersebut dimasak menggunakan *smoke chamber* yang dapat dilihat pada gambar 1.1. Salah satu permasalahan yang dimiliki oleh lini produksi pada perusahaan industri makanan pada penelitian ini adalah banyaknya *work-in-process* yang terjadi pada proses *packing* baik secara otomatis (*filling multivac*) maupun manual (*vacuum seal*). Hal ini terjadi dikarenakan pada proses *high risk area* banyak sekali aktivitas yang dilakukan secara manual.

Penumpukan *work-in-process* pada proses *packing* ini selalu ada setiap harinya dengan jumlah penumpukan yang variatif tiap waktunya mulai dari penumpukan beberapa barang saja hingga penumpukan yang sangat banyak hingga operator kesulitan untuk berjalan pada area tersebut. Hal ini disebabkan oleh banyak hal, baik faktor-faktor yang dapat di kontrol maupun tidak yang dapat dilihat pada gambar 1.2. Salah satu ciri dari proses yang *bottleneck* adalah banyaknya *work-in-process* atau barang yang menunggu untuk diproses pada proses tersebut (Richard Conway, 1988; Hopp & Spearman, 2011).



Gambar 1.2 Influence Diagram Sistem Lini Produksi Pada Suatu Perusahaan Industri Makanan
(Sumber: Pribadi)

Dapat dilihat pada tabel 1.1 bahwa produksi yang dilakukan oleh perusahaan target produksi mingguan masih jauh dibawah dari target produksi yang ditetapkan berdasarkan jadwal produksi dengan rata-rata ketercapaian 89.83%. Hal ini dikarenakan adanya *bottleneck* yang terjadi pada proses *packing* yang menyebabkan luaran produksi tidak dapat mencapai target produksi perusahaan. Setiap sistem pasti memiliki sebuah *constraint* yang membatasi luaran dari sistem tersebut yang disebut sebagai *bottleneck*. Memfokuskan upaya perbaikan terhadap *bottleneck* biasanya merupakan cara tercepat dan paling efektif untuk meningkatkan profitabilitas (Goldratt, 2004). Oleh karena itu, perlu adanya perbaikan terhadap sistem lini produksi pada perusahaan industri makanan ini umumnya keseluruhan sistem dan khususnya pada proses yang *bottleneck* untuk mendapatkan luaran produk yang lebih efisien dan optimal.

Tabel 1.1 Data Ketercapaian Produksi Perusahaan yang Diteliti

Minggu Ke-	Target Produksi (Ton)	Produksi yang dilakukan (Ton)	Ketercapaian
1	238.7	217.3	91.05%
2	238.7	184.4	77.26%
3	238.7	229.7	96.24%
4	238.7	226.2	94.77%

(Sumber: Pribadi)

Analisis perlu dilakukan terlebih dahulu dalam sebelum melakukan perbaikan sistem produksi agar perubahan yang dilakukan dapat memberikan dampak yang positif terhadap sistem tersebut. Analisis ini dapat dilakukan dengan berbagai macam metode salah satunya adalah dengan melakukan simulasi. Simulasi dipilih sebagai metode yang dilakukan karena mempertimbangkan *variability*, *interdependency*, dan *complexity* dari sistem lini produksi pada perusahaan industri makanan ini. Banyaknya variabel yang dimiliki sistem serta bersifat probabilistik seperti *cycle time* setiap mesin yang tidak seragam dikarenakan masih

menggunakan tenaga manusia dalam menjalankan setiap prosesnya, *defect rate* yang terjadi akibat produk tidak memenuhi standar yang membuat produk harus di-*rework*, dan perbedaan variasi tipe produk membuat variabilitas dari permasalahan banyak. Selain itu, pada lini produksi ini juga memiliki interdependensi dikarenakan banyaknya barang yang diproses pada proses selanjutnya bergantung dengan banyaknya barang yang diproses pada proses sebelumnya. Variabilitas dan interdependensi dalam lini produksi ini membuat permasalahan ini menjadi permasalahan yang kompleks dan cocok untuk dibuat model simulasi menyerupai dunia nyata. Metode *discrete event simulation* adalah metode simulasi suatu sistem yang variabel statusnya terjadi pada waktu yang diskrit yang dipicu oleh suatu kejadian. Metode ini cocok untuk memodelkan suatu sistem yang kompleks yang mana terdapat *interdependencies* antara elemen dan *variabilities* elemen yang tinggi (Law, 2011).

Penelitian ini akan berfokus untuk membuat simulasi sistem pada satu lini produksi suatu perusahaan industri makanan dengan metode *discrete event simulation* yang dibuat pada *software* ExtendSim. Pembuatan model ini mempertimbangkan variabilitas jenis produk yang diproduksi, kerusakan mesin, proses *rework* produk, dan waktu produksi yang semuanya bersifat stokastik. Setelah simulasi kondisi eksisting terbentuk, maka dilakukan analisis *bottleneck* terlebih dahulu sebelum dibuat skenario-skenario perbaikan berdasarkan analisis *bottleneck* dengan tujuan untuk memaksimalkan luaran produk yang diproduksi oleh perusahaan industri makanan ini. Ini merupakan keuntungan dari penggunaan *discrete event simulation* yang dapat membuat skenario perbaikan tanpa mengganggu sistem nyata yang membuat perbaikan ini tidak membutuhkan biaya yang mahal dan waktu yang lama.

1.2 Rumusan Permasalahan

Perusahaan yang diteliti pada Tugas Akhir ini memiliki permasalahan terjadinya *bottleneck* terutama pada proses *packing*. Hal ini terlihat dari adanya penumpukan pada proses tersebut, yang mengakibatkan *output* dari produksi tidak dapat memenuhi target produksi yang sudah ditetapkan dengan hanya dapat mencapai target produksi sebesar 89.83% saja. Oleh karena itu, perlu adanya analisis dan perbaikan terhadap sistem produksi ini menggunakan metode simulasi diskrit karena sistem produksi ini memiliki kompleksitas yang tinggi dan dapat mengevaluasi tanpa mengganggu proses produksi yang sebenarnya. Penelitian ini diharapkan dapat menganalisis penyebab *bottleneck* yang terjadi pada lini produksi dan memberikan rekomendasi skenario perbaikan yang dapat meningkatkan *output* dari sistem lini produksi yang dimiliki oleh perusahaan. Implementasi skenario perbaikan yang tepat diharapkan tidak hanya mengatasi masalah *bottleneck*, tetapi juga meningkatkan efisiensi dan produktivitas keseluruhan sistem produksi.

1.3 Tujuan Penelitian

Berikut merupakan tujuan dari penelitian Tugas Akhir ini.

1. Membuat model simulasi diskrit dari sistem lini produksi pada suatu perusahaan industri makanan.
2. Memvalidasi *bottleneck* yang terjadi pada proses *packing* dalam sistem lini produksi pada suatu perusahaan industri makanan menggunakan simulasi diskrit.
3. Menghasilkan skenario perbaikan dan mencari skenario terbaik untuk memaksimalkan *output* dari sistem lini produksi pada suatu perusahaan industri makanan.
4. Membuat analisis biaya terkait sistem perbaikan yang direkomendasikan terhadap sistem eksisting.

1.4 Batasan dan Asumsi

Berikut merupakan batasan masalah yang terdiri dari batasan dan asumsi dalam Tugas Akhir ini yang akan diuraikan sebagai berikut:

1.4.1 Batasan

Batasan yang diterapkan pada penelitian Tugas Akhir ini yaitu.

1. Penelitian ini hanya berfokus pada satu lini produksi pada salah satu perusahaan industri makanan.
2. Data historis yang dipakai dalam penelitian ini adalah data dari Januari 2024 hingga Juni 2024.
3. Penelitian ini mempertimbangkan variabilitas jenis produk yang diproduksi, kerusakan mesin, dan proses *rework* produk.

1.4.2 Asumsi

Asumsi yang diterapkan pada penelitian Tugas Akhir ini yaitu.

1. Persediaan bahan baku selalu tersedia dalam produksi.
2. Pekerja hadir secara penuh saat *shift* berlangsung dan memiliki produktivitas yang sama.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian Tugas Akhir ini yaitu.

1. Membantu salah satu perusahaan industri makanan untuk mengetahui dan menganalisis *bottleneck* yang terjadi pada lini produksi.
2. Memberikan rekomendasi skenario perbaikan pada suatu perusahaan industri makanan untuk memaksimalkan *output* produksi yang akan meningkatkan keuntungan dari perusahaan.

1.6 Sistematika Penulisan

Pada sub bab ini akan dijelaskan mengenai sistematika penulisan di setiap bab pada penelitian Tugas Akhir yang dilakukan. Berikut ini merupakan sistematika pada penelitian Tugas Akhir ini yang dibagi menjadi enam bab sebagai berikut.

BAB I PENDAHULUAN

Pada bab ini akan dibahas mengenai pendahuluan yang menjadi dasar dari penelitian Tugas Akhir ini. Hal yang akan dijelaskan pada bab ini mencakup latar belakang permasalahan dari penelitian, rumusan masalah, tujuan, manfaat, batasan dan asumsi, serta sistematika penulisan yang digunakan dalam pengerjaan Tugas Akhir ini.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Pada bab ini akan dibahas mengenai landasan teori yang digunakan sebagai acuan dalam penelitian Tugas Akhir ini. Hal ini terdiri dari landasan teori yang digunakan dalam pengerjaan pada penelitian ini serta posisi penelitian saat ini terhadap penelitian terdahulu.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Pada bab ini akan dibahas mengenai metodologi penelitian dalam pengerjaan Tugas Akhir ini. Hal yang dijelaskan pada bab ini adalah tahapan dalam penelitian Tugas Akhir dalam bentuk *flowchart* serta penjelasan tiap langkahnya.

BAB IV PENGUMPULAN DATA, PENGOLAHAN DATA, DAN PEMBUATAN MODEL

Pada bab ini akan dibahas mengenai pengumpulan data, pengolahan data, dan pembuatan model simulasi kondisi eksisting. Pengumpulan data dilakukan dengan menggunakan data primer pada perusahaan. Selanjutnya dilakukan pengolahan data berupa *fitting distribution* dengan *software* StatFit. Setelah data diolah, selanjutnya dibuat model

discrete event simulation dengan menggunakan *software* ExtendSim hingga model terverifikasi, tervalidasi dan memiliki replikasi yang cukup.

BAB V ANALISIS *BOTTLENECK*, EKSPERIMENTASI, DAN ANALISIS HASIL

Pada bab ini akan dibahas mengenai analisis *bottleneck* yang terjadi pada lini produksi suatu perusahaan industri berdasarkan hasil simulasi pada model eksisting. Setelah *bottleneck* dianalisis, dilakukan eksperimentasi yang berfokus pada *bottleneck* yang ditemukan. Analisis hasil dilakukan setelah eksperimentasi dijalankan untuk mengetahui apakah skenario yang dijalankan dapat memperbaiki sistem.

BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN

Pada bab ini akan dibahas mengenai penarikan kesimpulan serta pemberian saran untuk beberapa pihak. Hal yang terdapat pada bab ini adalah kesimpulan dari penelitian Tugas Akhir ini yang menjawab dari tujuan pada Bab I serta saran untuk penelitian selanjutnya.

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

Pada bab ini akan dibahas mengenai tinjauan pustaka sebagai literatur pendukung penelitian serta analisis terhadap penelitian terkait serupa dengan topik Tugas Akhir.

2.1 Sistem

Sistem adalah sebuah kumpulan dari elemen atau entitas yang beroperasi dan berinteraksi secara bersamaan untuk mencapai suatu tujuan akhir logis (Law, 2011). Terdapat tiga poin penting dalam mendefinisikan suatu sistem:

1. Sebuah sistem terdiri dari lebih dari satu elemen.
2. Elemen pada suatu sistem saling berhubungan dan beroperasi bersama.
3. Sebuah sistem memiliki suatu tujuan yang spesifik.

Lini produksi merupakan salah satu contoh dari suatu sistem yang mana terdiri kumpulan elemen berupa mesin dan operator yang beroperasi dan berinteraksi secara bersamaan dengan tujuan untuk menghasilkan suatu produk dengan efisien.

2.1.1 Elemen Sistem

Elemen dari suatu sistem dapat dibagi menjadi entitas, aktivitas, sumber daya, dan kontrol (Harrell et al., 2000).

1. Entitas adalah objek yang akan diproses oleh sistem. Setiap entitas memiliki atribut yang menjadi karakteristik pembeda dari entitas seperti prioritas, bentuk, atau kondisi dari entitas tersebut. Contoh entitas dalam sebuah lini produksi adalah bahan mentah yang diproses menjadi produk jadi oleh sistem lini produksi.
2. Aktivitas adalah pekerjaan yang dikerjakan di dalam suatu sistem baik secara langsung maupun secara tidak langsung. Sebuah aktivitas akan memakan waktu dan sering kali menggunakan sumber daya. Contoh dari aktivitas pada lini produksi adalah proses inpeksi yang memerlukan entitas dan juga sumber daya sebagai *input* dan setelah beberapa lama hingga aktivitas selesai entitas dan sumber daya akan dilepas.
3. Sumber daya adalah elemen untuk menjalankan suatu aktivitas. Pada lini produksi, umumnya terdapat dua sumber daya yaitu operator dan mesin sebagai sumber daya untuk menjalankan aktivitas produksi.
4. Kontrol adalah sebuah aturan untuk mengontrol bagaimana suatu sistem berjalan. Contoh dari elemen sistem kontrol adalah jadwal produksi, jam kerja, alokasi pekerja, dan alur produksi.

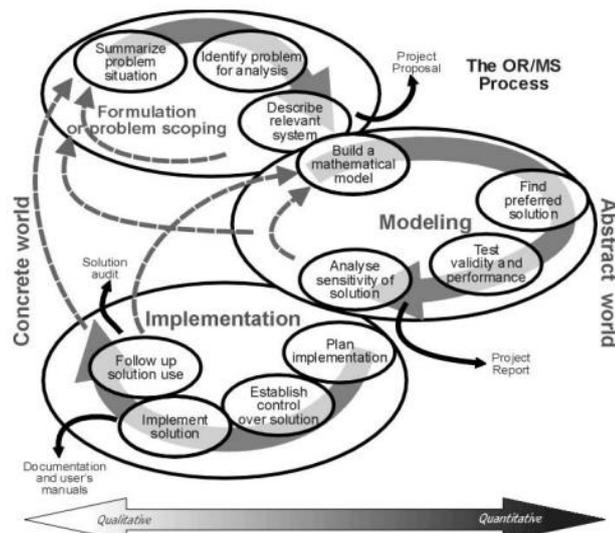
2.1.2 Variabel Sistem

Variabel dari suatu sistem dapat dibagi menjadi variabel keputusan, variabel respon, dan variabel status (Harrell et al., 2000).

1. Variabel keputusan merupakan variabel sistem yang bersifat independen dan nilainya bisa kita ubah-ubah dengan tujuan mencari perubahan hasil dari perubahan nilai tersebut. Contoh dari variabel keputusan dalam lini produksi adalah jumlah mesin dan jumlah operator.
2. Variabel respon merupakan variabel yang bersifat dependen yang menjadi ukuran performa dari sistem. Contoh dari variabel respon pada lini produksi adalah jumlah luaran produk, utilisasi mesin, dan rata-rata banyaknya *work in process*.
3. Variabel status merupakan variabel yang melekat di sistem dimana nilainya akan berubah-ubah sesuai dengan titik waktu tertentu. Contoh dari variabel status adalah status mesin pada suatu waktu (*busy*, *idle*, atau *failed*).

2.1.3 Pemodelan Sistem

Model merupakan representasi yang dapat menggambarkan hal penting dari suatu sistem pada kondisi aktual atau kondisi dunia nyata. Pemodelan sistem adalah proses pengembangan model abstrak suatu sistem untuk mewakili pandangan atau perspektif berbeda dari sistem tersebut (Daellenbach & McNickle, 2005). Terdapat dua pendekatan yang dapat dilakukan dalam pemodelan sistem, yaitu *hard operation research* (analitik) dan *soft operation research* (*soft system*). Pendekatan *hard operation research* berfokus untuk menangani masalah untuk mencari solusi optimal sedangkan *soft operation research* berfokus untuk meningkatkan pemahaman dari berbagai perspektif untuk mendukung argumentasi saat debat (Pidd, 2004).



Gambar 2.1 Metodologi *Hard Operation Research*
(Sumber : Daellenbach & McNickle, 2005)

Pendekatan *hard operation research* atau pendekatan secara analitik merupakan pendekatan secara analitikal dengan memodelkan suatu sistem menjadi model matematis untuk mencari solusi yang optimal. Terdapat 3 fase dalam pemodelan sisten dengan pendekatan *hard operation research*, yaitu formulasi masalah atau lingkup masalah, pemodelan masalah, dan implementasi rekomendasi yang dapat dilihat pada gambar 2.1. Pendekatan ini dimulai dari permasalahan di dunia nyata yang dimodelkan pada dunia abstrak menjadi model kuantitatif yang hasilnya diimplementasikan pada dunia nyata kembali (Daellenbach & McNickle, 2005).

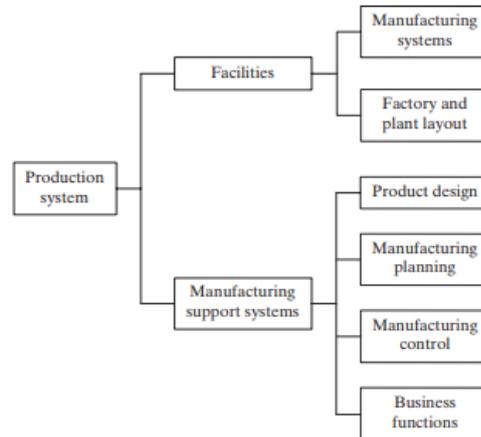
2.2 Sistem Produksi

Sistem produksi merupakan kumpulan dari orang, peralatan atau mesin, dengan prosedur yang terorganisir sedemikian rupa untuk melakukan operasi manufaktur dari suatu perusahaan (Groover, 2015). Terdapat dua komponen penting dalam sistem produksi, yaitu:

1. Fasilitas yang merupakan hal fisik dari suatu sistem produksi yang memiliki kontak langsung dengan produk terdiri dari tata letak pabrik dan sistem manufaktur. Tata letak pabrik mengatur bagaimana peralatan disusun dalma pabrik dan sistem manufaktur mengatur logis pengelompokan terhadap peralatan dan pekerja untuk memproses produk yang dibuat oleh pabrik.
2. *Manufacturing support system* adalah hal-hal yang tidak bersentuh langsung dengan produk yang berguna untuk menunjang kegiatan produksi agar dapat berjalan dengan efisien. Hal ini tidak bersentuhan langsung tapi mengontrol dan merencanakan proses-

proses yang berjalan di pabrik. *Manufacturing support system* terdiri dari 4 aktivitas, yaitu fungsi bisnis, desain produk, perencanaan manufaktur, dan pengontrolan manufaktur.

Pengklasifian dari sistem produksi yang dibagi menjadi fasilitas dan *manufacturing support system* tersebut dapat dilihat pada gambar 2.2 berikut.



Gambar 2.2 Pengklasifikasian Sistem Produksi
(Sumber : Groover, 2005)

2.2.1 Jenis Industri dan Proses Manufaktur

Manufaktur merupakan kegiatan mengubah barang mentah menjadi barang jadi atau setengah jadi dengan menggunakan proses fisik dan/atau kimia (Groover, 2015). Industri dapat dibagi menjadi tiga yaitu

1. Industri primer. Merupakan industri yang mengambil bahan langsung dari sumber daya yang ada di alam. Contoh dari industri primer adalah industri agrikultur, penambangan, dan perikanan.
2. Industri sekunder. Merupakan industri yang memproses bahan baku hasil dari industri primer menjadi barang jadi. Contoh dari industri sekunder adalah industri pengolahan makanan, elektronik, dan komputer.
3. Industri tersier. Merupakan industri yang tidak menghasilkan barang yang berwujud atau industri yang menyediakan layanan.

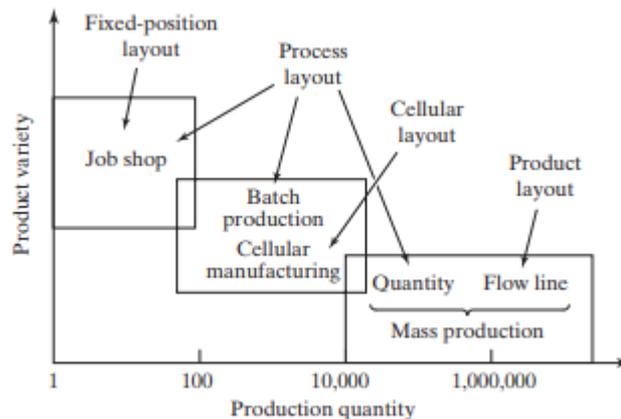
Proses manufaktur dapat dibagi menjadi dua yaitu proses manufaktur diskrit dan juga manufaktur kontinyu.

1. Manufaktur diskrit merupakan jenis manufaktur yang mana produk yang dihasilkan berupa produk diskrit. Contoh dari manufaktur diskrit adalah manufaktur mobil, baju, dan panci.
2. Manufaktur kontinyu merupakan jenis manufaktur yang menghasilkan produk berupa produk kontinyu. Contoh dari produk kontinyu adalah air mineral, cat, bensin, dan tepung.

2.2.2 Fasilitas Produksi

Dalam penentuan tipe fasilitas produksi terdapat dua hal yang perlu diperhatikan, kuantitas dan variasi produk. Jumlah kuantitas produk dan variasi dari produk yang ingin dihasilkan menentukan tipe fasilitas produksi yang sebaiknya dipakai oleh sebuah perusahaan. Semakin tinggi jumlah produksi yang ingin dihasilkan, maka sebaiknya pabrik memiliki tipe fasilitas produksi yang mengutamakan efisiensi. Sebaliknya, jika variasi produk yang ingin

dihasilkan beragam, maka sebaiknya pabrik memiliki tipe yang mengutamakan efektivitas. Hubungan antara kuantitas produk dan variasi produk terhadap pemilihan tipe fasilitas dan tata letak produksi dapat dilihat pada gambar 2.3.



Gambar 2.3 Tipe Fasilitas dan Tata Letak Pabrik Berdasarkan Kuantitas dan Variasi Produk
(Sumber : Groover, 2005)

Kuantitas produksi dari sebuah pabrik dapat dibagi menjadi tiga kategori sebagai berikut.

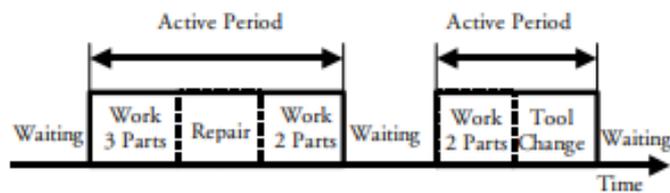
1. Produksi rendah (1-100 unit per tahun). Produksi dengan kategori ini memiliki kuantitas produksi yang rendah dengan produk yang terspesialisasi dan dapat dikostumisasi atau biasa disebut dengan *job shop*. Tata letak yang tepat untuk kategori ini adalah dengan menggunakan *fixed-position layout* yang mana produk tetap pada satu tempat selama proses manufaktur. Selain itu, *process layout* juga bisa dipakai pada kategori ini dengan meletakkan mesin sesuai dengan fungsi atau tipenya. Contoh produk yang termasuk kategori ini adalah manufaktur dari pesawat terbang dan kapal.
2. Produksi sedang (100-10.000 unit per tahun). produksi pada kategori ini memiliki kuantitas produksi yang sedang dengan variasi yang cukup beragam. Oleh karena itu, produksinya lebih baik dilakukan secara *batch* dengan menyiapkan produksi untuk satu *batch* dan diganti untuk *batch* selanjutnya. Selain itu, dapat menggunakan *cellular manufacturing* jikalau variasi dari produk tidak terlalu banyak. Proses produksi berbagai bagian atau produk dilakukan dalam sel yang terdiri dari beberapa stasiun kerja atau mesin. Setiap sel dirancang untuk dapat memproduksi sekumpulan komponen atau produk serupa.
3. Produksi tinggi (lebih dari 10.000 unit per tahun). produksi dengan kategori ini memiliki kuantitas produksi yang tinggi dan produk yang seragam. Produksi dilakukan dengan produk yang berjalan secara sekuensial hingga menjadi produk jadi atau disebut dengan *product layout*. Tujuan dari tipe produksi ini adalah untuk memaksimalkan efisiensi dari lini produksi.

2.3 Analisis *Bottleneck*

Setiap sistem pasti memiliki sebuah *constraint* yang membatasi luaran dari sistem tersebut yang disebut sebagai *bottleneck*. Memfokuskan upaya perbaikan terhadap *bottleneck* biasanya merupakan cara tercepat dan paling efektif untuk meningkatkan profitabilitas (Goldratt, 2004). Apabila kita memperbaiki sebuah sistem diluar dari *bottleneck* pada sebuah sistem tidak akan mempengaruhi luaran dari sistem tersebut. Oleh karena itu, penting sebelum melakukan upaya perbaikan dari suatu sistem untuk melakukan analisis terhadap *bottleneck* terlebih dahulu

Terdapat dua pendekatan dalam mendeteksi *bottleneck*, yaitu pendekatan secara analitikal dan pendekatan secara simulasi. Pendekatan analitikal menggunakan analisis kinerja sistem secara distribusi statistik yang bagus untuk pendeteksian secara kasar dan cepat. Akan tetapi, untuk mendeteksi *bottleneck* pada produksi nyata yang mempunyai struktur yang dinamis dan kompleks pendekatan analitika tidak dapat digunakan dan harus menggunakan pendekatan simulasi. Dengan menggunakan pendekatan simulasi, analis dapat membantu mengidentifikasi kemungkinan perbaikan sistem dan memverifikasi dampaknya terhadap kinerja sistem secara keseluruhan (Leporis & Králová, 2010).

Salah satu metode dalam pendeteksian *bottleneck* adalah dengan mengetahui periode aktif dari suatu mesin. Di dalam pendekatan konvensional terhadap deteksi *bottleneck* dilakukan perhitungan terkait beban kerja tiap mesin. Mesin yang memiliki beban kerja terbesar yang ditandai dengan persentase waktu mesin aktif terbesar merupakan mesin yang dikatakan sebagai *bottleneck* (Roser et al., 2001).



Gambar 2.4 Periode Aktif dari Suatu Mesin
(Sumber : Groover, 2005)

Metode pendeteksian *bottleneck* konvensional dengan melihat persentase waktu mesin aktif terbesar memang mudah untuk dilakukan. akan tetapi, hal ini dapat menimbulkan kerancuan untuk menentukan mesin mana yang memang sebagai suatu *bottleneck* dikarenakan mungkin saja satu mesin dan mesin lainnya mempunyai beban kerja yang mirip. Oleh karena itu, dibentuklah suatu metode baru yang menggunakan rata lamanya durasi mesin dikatakan aktif. Berikut merupakan persamaan dari metode baru tersebut yang disebut dengan “*average active periode method*” (Roser et al., 2001).

$$\bar{a}_i = \frac{\sum_{j=1}^n a_{i,j}}{n} \quad (2.1)$$

$$\sigma_i = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^n (a_{i,j} - \bar{a}_i)^2}{n - 1}} \quad (2.2)$$

$$CI_i = t_{\alpha/2} \times \frac{\sigma_i}{\sqrt{n}} \quad (2.3)$$

Dimana,

\bar{a}_i = rata-rata periode aktif

σ_i = standar deviasi

CI_i = *confidence interval*

n = jumlah periode aktif

Dengan menggunakan metode *average active periode method*, dapat mendeteksi lebih baik dimana letak *bottleneck* dari suatu sistem dikarenakan sudah menghilangkan kerancuan dari metode konvensional sebelumnya yang memungkinkan adanya mesin yang mempunyai beban kerja yang mirip. mesin dengan waktu atif rata-rata terlama dianggap sebagai *bottleneck*, karena mesin ini paling kecil kemungkinannya untuk diinterupsi oleh mesin lain, dan pada gilirannya kemungkinan besar akan menentukan luaran sistem secara keseluruhan.

2.4 Simulasi

Simulasi merupakan eksperimentasi dengan menggunakan simplifikasi imitasi dari suatu sistem operasi yang berjalan seiring waktu untuk mendapatkan pemahaman yang lebih baik dan/atau memperbaiki sistem tersebut. Terdapat empat aspek utama dalam simulasi, yaitu sistem operasi, tujuan, simplifikasi, dan eksperimentasi (Robinson, 2014). Simulasi digunakan ketika pendekatan secara analitikal dirasa tidak mampu menyelesaikan permasalahan yang dikarenakan sifat dari sebuah sistem yang kompleks. Suatu sistem dikatakan kompleks jika terdapat banyak variabilitas dalam elemen pada sistem dan ketergantungan antara elemen pada sistem tersebut (Harrell et al., 2000). Terdapat kekurangan dan kelebihan dari metode simulasi yang disajikan pada tabel 2.1 (Sokolowski & Banks, 2009).

Tabel 2.1 Kelebihan dan Kekurangan Simulasi

Kelebihan	Kekurangan
Dapat melakukan eksperimentasi tanpa harus mengganggu sistem pada dunia nyata	Pembuatan model simulasi cukup susah
Dapat mendiagnosa permasalahan yang terjadi akibat interaksi antara variabel sistem	Hasil dari simulasi yang dinamis dikarenakan adanya <i>randomness</i> pada sistem
Dapat menjawab pertanyaan “what-if” dengan mengubah sistem pada model simulasi	Memakan waktu yang lama dan mahal
Dapat mengakomodasi kekompleksan dari variabilitas dan hubungan elemen pada sistem	
Lebih murah dibandingkan melakukan eksperimentasi langsung pada sistem nyata	

(Sumber: Sokolowski & Banks, 2009)

Simulasi dapat dibagi menjadi 3 dimensi kategori sebagai berikut (Law, 2011).

1. Statis atau dinamis. Simulasi statis merupakan simulasi yang tidak berdasarkan waktu yang biasa disebut dengan simulasi Monte Carlo, sedangkan simulasi dinamis adalah simulasi yang statusnya berubah seiring berjalannya waktu.
2. Deterministik atau stokastik. Simulasi yang bersifat dinamis tidak mempunyai variabel acak sehingga luarannya akan sama walaupun diulang berkali-kali, sedangkan simulasi yang bersifat stokastik memiliki variabel dengan nilai acak yang membuat luarannya bersifat acak juga.
3. Diskrit atau Kontinyu. Simulasi diskrit merupakan simulasi yang variabel statusnya berubah pada titik waktu tertentu yang bersifat diskrit, sementara untuk simulasi kontinyu variabel statusnya berubah secara kontinyu.

2.4.1 Discrete-Event Simulation

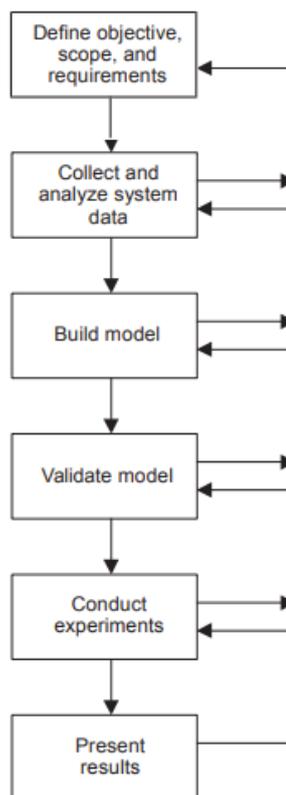
Discrete-event simulation merupakan salah satu model simulasi yang perubahan variabel statusnya berubah pada suatu titik-titik diskrit dalam suatu waktu (Robinson, 2014). Ide dari metode ini adalah pemodelan memodelkan sistem sebagai suatu proses dimana beberapa operasi dilakukan secara sekuensial sepanjang entitas yang perubahannya dilakukan pada titik-titik yang diskrit. Luaran yang biasa dicari dalam sebuah *discrete event model* adalah sebagai berikut (Borschev, 2013).

1. Utilisasi sumber daya
2. Lama waktu entitas berada di dalam sistem
3. Waktu tunggu
4. Panjang antrian
5. Luaran sistem
6. *Bottleneck*
7. Biaya dari pemrosesan entitas di dalam sistem

Discrete-event simulation digunakan secara luas untuk memodelkan berbagai sistem di berbagai industri untuk membantu memecahkan masalah sistem. Secara umum, simulasi kejadian diskrit cocok untuk memodelkan sistem dengan tingkat detail dan abstraksi sedang untuk mendapatkan pengetahuan taktis tentang kejadian tersebut (Robinson, 2014). Contoh dari sistem yang cocok untuk dimodelkan menggunakan *discrete-event simulation*, yaitu rantai produksi, gudang, rantai pasok, transportasi, dan antrian layanan.

2.4.2 Tahapan Simulasi

tahapan-tahapan dalam membuat sebuah model simulasi dari sebuah sistem nyata dapat dibagi menjadi 6 langkah seperti pada gambar 2.5 (Harrell et al., 2000).



Gambar 2.5 Proses Iteratif Pada Simulasi
(Sumber: Harrel, Ghosh, & Bowden, 2000)

1. Penentuan objektif, cakupan, dan kebutuhan. Langkah pertama dalam simulasi adalah menentukan tujuan apa yang ingin dicapai dalam melakukan simulasi. Setelah itu ditentukan cakupan/batasan dan tingkat kedetailan dari simulasi. Yang terakhir pada tahap ini adalah menentukan kebutuhan apa saja yang diperlukan dalam pemodelan simulasi.

2. Mengumpulkan dan menganalisis data. Tahapan ini dilakukan dengan menentukan data apa saja yang diperlukan, mengidentifikasi sumber data, lalu bagaimana cara mengambil data. Setelah data diambil, data tersebut akan dianalisis secara statistik untuk menemukan distribusi mana yang cocok untuk masing-masing data yang akan digunakan dalam model simulasi.
3. Membuat model. Tahapan ini adalah tahapan dimana mengubah model konseptual menjadi model matematis. Pemodelan ini dilakukan dengan bantuan program komputer seperti ExtendSim, Arena, PowerSim, dan lainnya. Model dibuat berdasarkan hasil pengolahan data berupa distribusi yang dipakai untuk suatu pekerjaan yang dimodelkan berdasarkan model konseptual dari sistem nyata yang sudah dibuat sebelumnya.
4. Validasi model. Tahapan ini dilakukan setelah model matematis berhasil dibuat lalu divalidasi apakah model yang sudah dibuat dapat dikatakan sudah merepresentasikan sistem yang ada di dunia nyata. Terdapat tiga langkah yang harus dilakukan, yaitu replikasi model dengan menggunakan metode *half-width*. Selanjutnya, verifikasi model dengan menunjukkan tidak adanya *syntax* dan *semantics error*. Lalu, langkah selanjutnya adalah validasi model menggunakan perhitungan statistik untuk menentukan model yang sudah dibentuk sudah tervalidasi atau belum dengan sistem nyata.
5. Melakukan Eksperimen. Setelah model tervalidasi, tahap selanjutnya adalah menjalankan skenario-skenario alternatif pada model. Dengan menjalankan skenario ini pada model, pemodel dapat menganalisis apa yang terjadi ketika skenario itu dijalankan pada sistem tanpa mengganggu sistem pada dunia nyata.
6. Menampilkan Hasil. Setelah eksperimentasi atau skenario-skenario yang dibuat pada tahap sebelumnya sudah dijalankan pada model, dipilihlah skenario terbaik dengan membandingkan hasil dari tiap skenario dengan pendekatan statistik.

2.5 Software ExtendSim

ExtendSim merupakan salah satu *software* simulasi yang dikembangkan oleh Imagine That, Inc yang merupakan *software* yang dapat menjalankan model simulasi diskrit, kontinyu, dan *agent-based*. ExtendSim memfasilitasi semua fase dari simulasi, mulai dari melakukan *fitting distribution*, membuat model, memvalidasi model, memverifikasi model, hingga membuat *user interface* agar mudah divisualisasi (Imagine That Inc., 2007). Terdapat kelebihan dari *software* ExtendSim dibandingkan dengan *software* simulasi lainnya sebagai berikut (Krahl, 2008).

1. Terdapat model hierarki untuk memudahkan presentasi dan juga penggunaan komponen kembali.
2. Lingkungan pembuatan model yang mempunyai fitur lengkap yang mudah dipahami dan ramah pengguna.
3. *Message-based simulation engine* yang secara mulus memperbarui variabel status.
4. Terdapat fitur animasi untuk model ketika dijalankan untuk presentasi yang lebih baik.
5. *Graphical interface* yang dapat dikostumisasi untuk menggambarkan hubungan antara dalam sistem.



Gambar 2.6 Logo ExtendSim
(Sumber: ExtendSim, 2024)

2.6 Penelitian Terdahulu

Pada subbab ini akan ditampilkan mengenai relevansi dari penelitian ini dengan penelitian terdahulu. Tabel 2.2 berisi rangkuman terhadap penelitian terdahulu yang berhubungan dan tabel 2.3 menunjukkan posisi dari penelitian ini.

Tabel 2.2 Rangkuman Penelitian Terdahulu

Judul	Penulis	Rangkuman
Bottleneck Analysis of A Chemical Plant Using Discrete Event Simulation	(Sharda & Bury, 2010)	Jurnal ini melakukan analisis terkait <i>bottleneck</i> yang ada pada pabrik kimia dengan berbagai macam produk. Analisis <i>bottleneck</i> dilakukan dengan menggunakan <i>discrete event simulation</i> untuk memodelkan produksi dari pabrik kimia.
Improving Productivity in Food Processing Industries Using Simulation - A Case Study	(Abed, 2008)	Jurnal ini melakukan pemodelan dengan metode simulasi diskrit dengan <i>software</i> Arena pada perusahaan pembuat roti panggang. Eksperimentasi dilakukan dengan mengubah elemen pada sistem setelah model dibuat dan hasil dari eksperimentasi dibandingkan untuk mendapatkan skenario terbaik dengan tujuan meningkatkan jumlah produksi yang dilanjut dengan analisis biaya
Simulation of Manufacturing Production Line Based on Arena	(Zahraee et al., 2014)	Jurnal ini melakukan simulasi dari suatu lini produksi pada Perusahaan manufaktur dengan menggunakan bantuan <i>software</i> Arena. Jurnal ini menggunakan simulasi sebagai alat untuk melakukan eksperimentasi untuk mengurangi <i>bottleneck</i> yang dalam jurnal ini memakai tujuan dari utilitas mesin.
Implementasi Line Balancing untuk Peningkatan Efisiensi di Line Welding Studi Kasus: PT X	(Azwir & Pratomo, 2017)	Jurnal ini melakukan metode-metode <i>line balancing</i> pada lini pengelasan suatu perusahaan dengan metode Helgeson-Birnie. Metode ini dapat meningkatkan efisiensi dari lini produksi agar produksi dapat berjalan dengan optimal

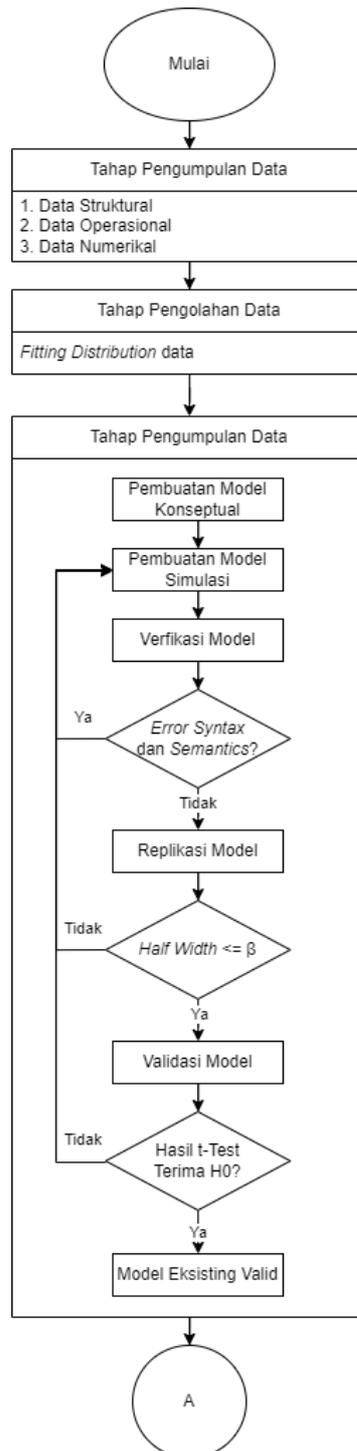
Tabel 2.3 Posisi Penelitian Dibandingkan Dengan Penelitian Terdahulu

Penulis	Metode	Analisis <i>Bottleneck</i>	Eksperimentasi Skenario Perbaikan	Tujuan	<i>Software</i>
(Sharda & Bury, 2010)	<i>Discrete-event simulation</i>	✓		Mendeteksi <i>Bottleneck</i>	ExtendSim
(Abed, 2008)	<i>Discrete-event simulation</i>		✓	Maksimasi Luaran	Arena
(Zahraee et al., 2014)	<i>Discrete-event simulation</i>		✓	Efisiensi Utilisasi	Arena
(Azwir & Pratomo, 2017)	<i>Line Balancing</i>			<i>Line Efficiency</i>	Perhitungan Matematis
Penelitian Ini	<i>Discrete-event simulation</i>	✓	✓	Mendeteksi <i>Bottleneck</i> dan Maksimasi Luaran	ExtendSim

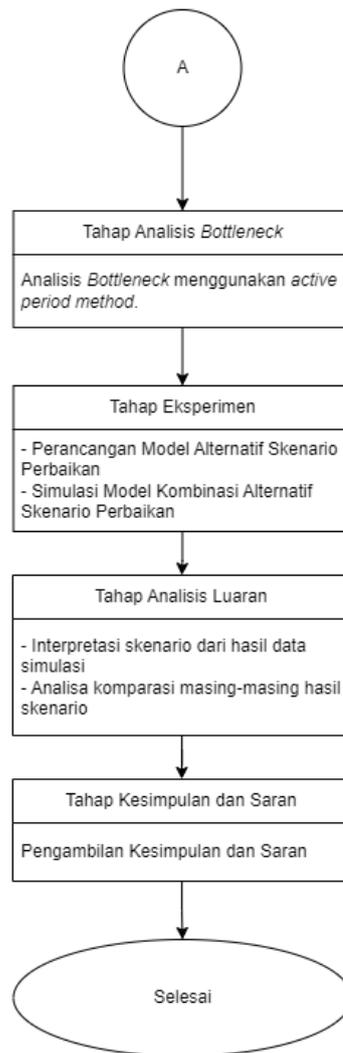
(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB 3 METODOLOGI

Pada bab ini akan dibahas mengenai metodologi penelitian yang digunakan dalam Tugas Akhir yang disajikan dalam bentuk *flowchart* beserta penjelasan untuk masing-masing tahap. Metodologi penelitian memberikan gambaran detail mengenai alur serta kerangka berpikir yang digunakan pada penelitian. Berikut ini merupakan *flowchart* dari pelaksanaan penelitian Tugas Akhir.



Gambar 3.1 *Flowchart* Metodologi Penelitian



Gambar 3.2 Flowchart Metodologi Penelitian (Lanjutan)

3.1 Tahap Pengumpulan Data

Tahap pertama dari pemodelan sistem lini produksi pada industri makanan untuk memaksimalkan luaran produk ini adalah mengumpulkan data yang dibutuhkan dalam membangun model simulasi. Data ini dikumpulkan sebagai *input* pada model simulasi yang akan dibangun. Data dikumpulkan dengan melakukan pengambilan data baik secara langsung dengan pengamatan pada objek amatan maupun secara tidak langsung yang didapat dari data perusahaan. Data yang dikumpulkan dapat dibagi menjadi tiga jenis, yaitu:

1. Data struktural merupakan data terkait objek yang berada di dalam sistem yang akan disimulasikan. Data ini meliputi entitas pada sistem dan sumber daya yang digunakan pada sistem.
2. Data operasional merupakan data yang berisi informasi mengenai perilaku dan sistem kerja dari sistem. Hal ini meliputi aliran proses atau logis dari pembuatan produk, jadwal produksi, dan alokasi sumber daya.
3. Data numerikal. Data ini merupakan data yang memberikan informasi kuantitatif terkait sistem. Data ini dapat berupa *cycle time* tiap mesin, *cycle time* tiap proses operator, jumlah *scrap rate* atau produk yang harus dilakukan *rework*, dan waktu kegagalan mesin.

Data-data yang dikumpulkan pada penelitian ini dapat dilihat kategorinya pada tabel 3.1 berikut.

Tabel 3.1 Data Yang Dikumpulkan

Data Struktural	Data Operasional	Data Numerikal
Entitas: produk makanan yang diproduksi	Alur produksi atau logis dari proses produksi	<i>Cycle time</i> mesin
Atribut: variasi produk makanan yang diproduksi	Jadwal produksi	<i>Cycle time</i> pekerja
Jumlah Mesin	Alokasi sumber daya operator terhadap mesin	<i>Down time</i> mesin
Jumlah Operator		<i>Defect rate</i> tiap proses

3.2 Tahap Pengolahan Data

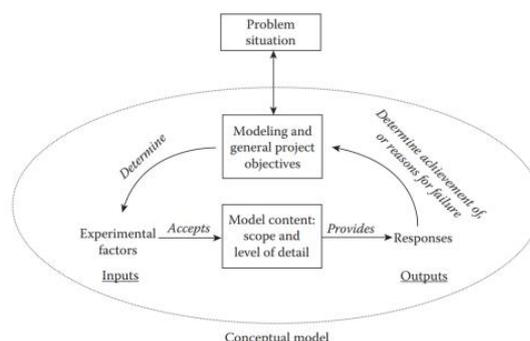
Tahap selanjutnya setelah data telah terkumpul yaitu tahap pengolahan data. Pada tahap ini, data-data yang telah dikumpulkan diolah dengan cara membersihkan data terlebih dahulu lalu dilakukan *fitting distribution*. Hasil dari *fitting distribution* ini yang akan dimasukkan sebagai *input* dari model simulasi agar model yang dibentuk dapat merepresentasikan kondisi sistem nyata. Proses ini dilakukan dengan menggunakan bantuan *add-in* pada *software* ExtendSim yang bernama StatFit3. *Add-in* berfungsi untuk memberikan rekomendasi distribusi mana yang paling mirip dengan data yang kita punya.

3.3 Tahap Pengembangan Model

Dalam membuat dan mengembangkan model eksisting pada penelitian ini terdiri dari 5 langkah yang akan dijelaskan pada subbab berikut.

3.3.1 Pembuatan Model Konseptual

Langkah pertama dalam tahap pengembangan model adalah membuat model konseptual terlebih dahulu dari kondisi eksisting yang ada pada sistem di dunia nyata. Model konseptual digunakan untuk menjadi gambaran sistematis dari cara kerja suatu sistem (Robinson, 2014). Terdapat beberapa tahapan penting dalam pembuatan model konseptual dalam simulasi yang dapat dilihat pada gambar 3.3 berikut.



Gambar 3.3 Framework Pembuatan Model Konseptual dalam Simulasi
(Sumber: Robinson, 2014)

1. Mengerti terkait situasi masalah yang menjadi awalan dari proses pembuatan model konseptual.
2. Menentukan jenis model yang digunakan dan tujuan dari pembuatan model
3. Mengidentifikasi *input* atau faktor eksperimen pada sistem
4. Mengidentifikasi luaran atau variabel respon dari sistem
5. Mengidentifikasi batasan dan cakupan dari model

Pada penelitian ini digunakan *flowchart* sebagai model konseptual pada sistem lini produksi industri makanan. Hal ini dikarenakan *flowchart* dapat menggambarkan alur proses secara terperinci dari lini produksi yang ada pada industri makanan yang diteliti. Selain itu, *flowchart* memiliki bentuk yang hampir mirip dengan model simulasi yang dibuat di *software* sehingga dapat memudahkan dalam tahap pembuatan model simulasi pada *software*.

3.3.2 Pembuatan Model Simulasi

Setelah model konseptual telah terbuat, langkah selanjutnya adalah membuat model simulasi pada program komputer. Model simulasi yang dibuat adalah *discrete-event simulation* yang dimodelkan pada *software* ExtendSim. Model dibuat berdasarkan hasil dari pengolahan data dan model konseptual yang sudah dilakukan.

3.3.3 Verifikasi Model Simulasi

Langkah selanjutnya adalah melakukan verifikasi terhadap model simulasi yang sudah dibuat dari langkah sebelumnya. Verifikasi model simulasi ini memverifikasi dua hal yaitu *syntax* dan *semantics*. Verifikasi *syntax error* dilakukan dengan cara apakah model simulasi dapat di-*run* tanpa adanya *error*, sedangkan untuk verifikasi *semantics* adalah apakah logika model simulasi sudah sesuai dengan logika yang ada pada dunia nyata atau logika yang sudah dibuat pada model konseptual sebelumnya. Jikalau terdapat *syntax* maupun *semantics error* maka kembali ke langkah pembuatan model simulasi kembali hingga tidak ada *syntax* dan *semantics error*.

3.3.4 Replikasi Model Simulasi

Setelah model tervalidasi, maka dilanjutkan dengan melakukan replikasi terhadap model simulasi. Berikut merupakan langkah dalam melakukan replikasi

1. Menjalankan simulasi sebanyak n kali sebagai jumlah awal replikasi.
2. Menghitung apakah $hw \leq \beta$, apabila benar maka replikasi dapat dikatakan cukup.
3. Jika replikasi belum cukup maka dilakukan lagi replikasi dengan rumus

$$n' = \left\lceil \frac{(Z_{\alpha/2})S}{\beta} \right\rceil^2 \tag{3.1}$$

Dimana:

n' = jumlah replikasi yang harus dilakukan

α = *level of significance* (95%)

S = standar deviasi

β = *significance error*

4. Setelah dilakukan replikasi sebanyak n' , kembali lagi ke langkah 2 hingga replikasi dapat dikatakan cukup atau dapat memenuhi $hw \leq \beta$.

3.3.5 Validasi Model Simulasi

Setelah model telah terverifikasi dan replikasi model dapat dikatakan cukup, selanjutnya dilakukan validasi model dengan menggunakan *student t-test*. Hal yang dibandingkan adalah variabel respon pada simulasi dengan apa yang ada pada sistem nyata. Jikalau hasil *student t-test* gagal, maka kembali ke langkah pembuatan model hingga *student t-test* berhasil atau h_0 dapat diterima. Pada penelitian ini, variabel respon yang digunakan untuk validasi adalah luaran dari sistem lini produksi di setiap harinya dengan menggunakan *paired t-test* untuk luaran setiap lini dan luaran total.

3.4 Tahap Analisis *Bottleneck*

Setelah model simulasi telah terbentuk dengan model yang dapat dikatakan tervalidasi, terverifikasi, dan mempunyai replikasi yang cukup, tahap selanjutnya adalah menganalisis *bottleneck*. Analisis ini berguna untuk mengetahui dimana letak *bottleneck* pada sistem agar perbaikan pada tahap selanjutnya berfokus pada *bottleneck* yang ditemukan yang memvalidasi dugaan terjadinya *bottleneck* pada proses *packing*. *Bottleneck* dicari berdasarkan hasil model simulasi dengan menggunakan *average active period* dan rata-rata panjang antrian untuk menentukan proses mana yang menjadi *bottleneck* pada penelitian ini.

3.5 Tahap Eksperimentasi

Eksperimentasi dilakukan dengan membuat skenario-skenario perbaikan pada *software* ExtendSim. Pengembangan model scenario perbaikan dibuat dengan mempertimbangkan perbaikan pada proses yang menjadi *bottleneck* yang ditemukan pada tahap sebelumnya. Setelah model skenario-skenario telah dibuat, maka akan dijalankan dan hasilnya dianalisis pada tahap selanjutnya.

3.6 Tahap Analisis Luaran

Setelah hasil dari *run* model skenario-skenario perbaikan sudah didapat, maka selanjutnya dianalisis tiap hasil untuk mendapatkan skenario terbaik. Pada penelitian ini, jumlah luaran, dan utilisasi merupakan variabel respon yang dianalisis untuk menentukan mana scenario yang terbaik. Dalam menentukan skenario terbaik digunakan metode ANOVA yang dilanjut dengan metode Tukey-Kramer untuk menentukan apakah skenario tersebut berpengaruh secara signifikan terhadap kondisi eksisting atau tidak. Metode ANOVA one-way dilakukan untuk membandingkan skenario-skenario yang dibuat secara sekaligus terhadap kondisi eksisting sehingga dapat membandingkan langsung dari skenario-skenario yang diberikan yang mana yang merupakan skenario terbaik. Uji ANOVA ini dilakukan terhadap variabel respon yaitu rata-rata luaran per waktunya.

3.7 Kesimpulan dan Saran

Tahap terakhir adalah menarik kesimpulan dari penelitian ini dengan menjawab 4 rumusan masalah yang sudah dirumuskan sebelumnya. Selain itu, pada tahap ini memberikan rekomendasi kepada perusahaan industri makanan yang diteliti terkait skenario apa yang sebaiknya diimplementasikan untuk mengefisiensikan lini produksinya agar mendapatkan keuntungan yang lebih banyak. Selain itu, saran terkait penelitian lanjutan terhadap penelitian ini dituliskan pada tahap ini.

BAB 4

PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA

Pada bab ini akan dibahas mengenai pengumpulan data, pengolahan data, pembuatan model konseptual, pembuatan model simulasi kondisi eksisting, penentuan jumlah replikasi, verifikasi dan validasi model simulasi kondisi eksisting.

4.1 Pengumpulan Data

Pada subbab ini akan dijelaskan mengenai hasil pengumpulan data dari objek amatan yang akan digunakan untuk melakukan simulasi diskrit pada Tugas Akhir ini. Pengumpulan data dilakukan dalam rentang waktu Januari hingga Juni 2024 yang diambil dari data historis perusahaan dan pengamatan secara langsung. Berikut merupakan hasil dari pengumpulan data yang telah dilakukan.

4.1.1 Jenis Produk

Lini produksi yang diamati memiliki 15 jenis produk atau *stock-keeping unit* (SKU) yang berbeda. Setiap SKU dibedakan berdasarkan gramasi sosis dan/atau jumlah sosis per *pack*. Produk-produk tersebut diproduksi secara *batch* dengan kuantitas *batch* yang berbeda-beda beratnya, dan setiap SKU memiliki alur produksi yang berbeda sesuai dengan proses *packing*, baik secara manual maupun otomatis (Multivac). Berikut ini adalah detail jenis produk yang diproduksi oleh objek amatan.

Tabel 4.1 Jenis Produk pada Objek Amatan

Kode Produk	Gram / Pack	Sosis / Pack	Gram / Sosis	Packing Line	Kg Raw Material per Batch Prod
BU SA X 475	475	15	31.67	Multivac	350
BU SA XX 70	70	3	23.33		350
BR CF 200	200	3	66.67		100
BR SA S 200	200	3	66.67		100
BR BF 200	200	3	66.67		100
BF SA SP 200	200	6	33.33		Manual Vacuum
BU SA X 950	950	30	31.67	350	
BU SA XX 950	950	41	23.33	350	
BU SA XX 345	350	15	23.33	350	
BB SA F 300	300	8	37.5	100	
BB SA F K 300	300	8	37.5	100	
BU SB 475	475	7	71.43	100	
BU SB S 475	475	11	40.91	100	
BF CC 190	192	24	8	100	
BF CC 440	400	50	8	100	

4.1.2 Jadwal Produksi dan Alur Produksi

Produksi pada objek amatan dilakukan secara terus-menerus selama 24 jam per hari dan 7 hari per minggu. Jadwal produksi setiap hari dibagi menjadi tiga *shift*, masing-masing selama 8 jam kerja. Alur produksi dibagi menjadi tiga kategori berdasarkan pemakaian mesin *packing*, yaitu manual 1, manual 2, dan Multivac. Data jadwal produksi yang digunakan pada penelitian ini diambil selama satu minggu produksi dari tanggal 6 Mei hingga 12 Mei 2024. Hari ini dikerenakan produksi berhenti di tanggal 5 Mei 2024 sehingga memudahkan untuk

proses validasi terhadap hasil *luaran* dari proses produksi Perusahaan. Berikut ini adalah jadwal produksi yang direncanakan oleh perusahaan dari tanggal 6 Mei hingga 12 Mei 2024.

Tabel 4.2 Jadwal Produksi 6-12 Mei 2024

Tanggal	Shift	Line Manual 1		Line Manual 2		Line Multivac	
		Code Produk	Batch	Code Produk	Batch	Code Produk	Batch
06-Mei-24	Shift 1	BB SA F K 300	12	BU SA X 950	14	BU SA XX 70	10
	Shift 2	BB SA F 300	12	BU SA X 950	14	BU SA X 475	14
	Shift 3	BF SA SP 200	16	BU SA X 950	14	BU SA X 475	14
07-Mei-24	Shift 1	BF SA SP 200	16	BU SA X 950	14	BU SA X 475	14
	Shift 2	BF SA SP 200	10	BU SA X 950	14	BU SA X 475	14
	Shift 3	BU SB 475	10	BU SA X 950	14	BU SA X 475	14
08-Mei-24	Shift 1	BU SA XX 950	10	BU SA X 950	14	BU SA X 475	14
	Shift 2	BU SA XX 950	10	BU SA X 950	14	BR CF 200	10
	Shift 3	BU SA XX 950	10	BU SA X 950	14	BU SA X 475	14
09-Mei-24	Shift 1	BU SA XX 345	10	BU SA X 950	14	BR SA S 200	10
	Shift 2	BF SA SP 200	16	BU SA X 950	14	BU SA X 475	14
	Shift 3	BU SA XX 950	10	BU SA X 950	14	BU SA X 475	14
10-Mei-24	Shift 1	BU SB 475	28	BU SA X 950	14	BU SA X 475	14
	Shift 2	BU SB 475	28	BU SA X 950	14	BR BF 200	10
	Shift 3	BU SA XX 950	10	BU SA X 950	14	BR BF 200	10
11-Mei-24	Shift 1	BU SA XX 950	10	BU SA X 950	14	BU SA X 475	14
	Shift 2	BF CC 190	8	BU SA X 950	14	BU SA X 475	14
	Shift 3	BU SA XX 345	10	BU SA X 950	14	BU SA X 475	14
12-Mei-24	Shift 1	BU SB S 475	28	BU SA X 950	14	BU SA X 475	14
	Shift 2	BU SA XX 950	10	BU SA X 950	14	BU SA X 475	14
	Shift 3	BF CC 440	8	BU SA X 950	14	BU SA X 475	14

4.1.3 Mesin Yang Digunakan

Terdapat 22 mesin yang digunakan di 10 stasiun kerja yang berbeda pada lantai produksi. Semua jenis produk diproses melalui semua stasiun kerja, kecuali pada proses *packing* yang dilakukan secara manual menggunakan mesin Vacuum atau secara otomatis menggunakan mesin Multivac. Setiap mesin juga memiliki persentase *downtime*, yaitu waktu di mana mesin tidak dapat digunakan akibat proses pemeliharaan, baik secara berkala (*proactive maintenance*) maupun ketika terjadi kerusakan (*reactive maintenance*). Data mengenai persentase *downtime* diambil dari lama waktu *downtime* mesin selama dibandingkan dengan waktu aktifnya dalam satu bulan. Berikut ini adalah detail mesin yang digunakan pada proses produksi yang terdiri dari kapasitas mesin dan persentase *downtime* setiap bulannya.

Tabel 4.3 Mesin Yang Digunakan Pada Produksi Objek Amatan

Stasiun Kerja	Mesin	Kapasitas	Persentase Downtime
<i>Frozen Block Cutting</i>	Frozen Block Cutter 1	50 Kg / 10 Menit	20%
	Frozen Block Cutter 2	50 Kg / 10 Menit	10%
<i>Grinding</i>	Grinder	100 Kg / 5 Menit	10%
<i>Mixing</i>	Mixer	750 Kg / 30 Menit	10%
<i>Stuffing</i>	NL-1	700 Kg / Jam	20%
	NL-2	700 Kg / Jam	20%
	NL-3	700 Kg / Jam	20%

Tabel 4.4 Mesin Yang Digunakan Pada Produksi Objek Amatan (Lanjutan)

Stasiun Kerja	Mesin	Kapasitas	Persentase Downtime
Smoking	Smoker 1	2 Rak	15%
	Smoker 2	2 Rak	15%
	Smoker 3	2 Rak	20%
	Smoker 4	2 Rak	15%
Cooling	IUL 1	2 Rak	15%
	IUL 2	2 Rak	15%
	IUL 3	2 Rak	15%
Cutting	Link Cutter 1	210 cm / Detik	15%
	Link Cutter 2	210 cm / Detik	15%
	Link Cutter 3	210 cm / Detik	20%
Automatic Filling	Multivac	36 Pack / Menit	20%
Manual Filling	Vacuum Manual 1	8 Pack / 35 Detik	15%
	Vacuum Manual 2	8 Pack / 35 Detik	10%
Freezing	IQF 1	45 Pack / Menit	20%
	IQF 2	45 Pack / Menit	15%

4.1.4 Rework dan Hasil Produksi

Pada objek amatan, terdapat proses *rework* dalam produksi sosis, di mana sosis yang mengalami kerusakan diproses kembali menjadi sosis yang layak. Kerusakan ini terjadi pada proses *cutting*, di mana sosis tidak terpotong dengan baik sehingga isian sosis keluar dari *casing*. Sosis yang rusak dikumpulkan, *casing*-nya dibuka, dan sosis tersebut kemudian dicincang kembali di stasiun kerja *grinding*. Menurut data historis perusahaan, sekitar 2% dari total sosis yang diproduksi mengalami kerusakan dan memerlukan proses *rework*.

Data hasil produksi diambil untuk melakukan validasi terhadap model simulasi yang akan dibuat. Data ini merupakan variabel respon terhadap proses-proses yang terjadi di lini produksi dan berfungsi sebagai *performance indicator* lini produksi. Hasil produksi direkap oleh perusahaan dalam jangka waktu harian dengan satuan ton. Berikut ini adalah data hasil produksi dari produk yang dijadwalkan untuk produksi pada tanggal 6 hingga 12 Mei 2024.

Tabel 4.5 Data Hasil Produksi dengan Jadwal Produksi 6 hingga 12 Mei 2024

Tanggal	6 Mei	7 Mei	8 Mei	9 Mei	10 Mei	11 Mei	12 Mei	13 Mei	14 Mei	15 Mei	16 Mei
Total (Ton)	14.6	28.6	20.8	25.5	26.2	27.3	24.1	31.6	23.3	14.3	3.2
Manual	5.8	15.8	10.5	16.5	16.9	20.1	14.9	19.5	17.1	14.3	3.2
Multivac	8.8	12.8	10.3	9	9.3	7.2	9.2	12.1	6.2		

Dapat dilihat pada tabel 4.5 bahwa hasil produksi dari penjadwalan produksi selama 7 hari baru dapat selesai pada hari ke-11 untuk produk yang di-*packing* secara manual dan pada hari ke-9 untuk produk yang di-*packing* secara otomatis (Multivac). Perusahaan tentunya ingin memaksimalkan hasil produksi sebagai salah satu tujuan utamanya. Oleh karena itu, simulasi ini diharapkan dapat mempercepat proses produksi sehingga hasil produksi per hari menjadi lebih banyak dan jadwal produksi dapat terpenuhi.

4.2 Pengolahan Data

Setelah data-data pada subbab sebelumnya sudah terkumpul, langkah selanjutnya adalah mengolah data agar dapat dimasukkan ke dalam model simulasi. pengolahan data ini menggunakan bantuan *software* StatFit untuk melakukan proses *fitting distribution* dari data-data yang diambil. Terdapat tiga jenis data yang diolah, yaitu data *batch*, data *time-to-failure* (TTF) dan *downtime*, serta data *cycle time* tiap prosesnya.

4.2.1 Data Batch

Produksi pada perusahaan ini dilakukan secara *batch*. Pada tabel 4.1 jenis produksi pada objek amatan, dapat diketahui bahwa masing-masing produk setiap *batch*-nya memiliki berat yang berbeda. Hal ini juga berpengaruh terhadap banyaknya karung daging yang digunakan, berapa *casing* sosis yang digunakan, berapa banyak sosis yang dapat diproduksi, dan lainnya. Oleh karena itu, perlu adanya konversi dari data *batch* ini menjadi satuan aktivitas untuk dapat dimodelkan secara simulasi. Berikut merupakan detail dari *batch* tiap jenis produk terhadap satuan aktivitasnya.

Tabel 4.6 Data *Batch* Jenis Produk Objek Amatan

Kode Produk	Kg RM / <i>Batch</i>	Karung Daging / <i>Batch</i>	<i>Casing</i> / <i>Batch</i>	<i>Batch</i> / Troli	Sosis / <i>Casing</i>	Penyusutan RM ke FG
BU SA X 475	350	6	60	1	183	0.99
BU SA XX 70	350	6	60	1	245	0.98
BR CF 200	100	2	15	1	90	0.90
BR SA S 200	100	2	15	1	90	0.90
BR BF 200	100	2	15	1	90	0.90
BF SA SP 200	175	3	30	2	162	0.93
BU SA X 950	350	6	60	1	183	0.99
BU SA XX 950	350	6	60	1	246	0.98
BU SA XX 345	350	6	60	1	243	0.97
BB SA F 300	100	2	15	2	160	0.90
BB SA F K 300	100	2	15	2	160	0.90
BU SB 475	100	1	15	2	84	0.90
BU SB S 475	100	1	15	2	143	0.88
BF CC 190	100	1	30	2	384	0.92
BF CC 400	100	1	30	2	375	0.90

Pada Tabel 4.6 yang menunjukkan data *batch* jenis produk objek amatan, dapat dilihat bahwa semakin berat *raw material* (RM) dalam satu *batch*, semakin banyak karung daging yang diperlukan. Hal ini berdampak pada proses *frozen block cutting* dan *grinding* yang memerlukan waktu lebih lama karena jumlah karung daging yang harus digiling lebih banyak. Selain itu, setiap *batch* memiliki jumlah *casing* yang berbeda, yang memengaruhi durasi proses *link cutting*. *Batch* juga mempengaruhi proses *smoking* dan *cooling*, di mana setiap troli memiliki perbedaan daya tampung untuk setiap *batch*-nya. Setiap produk memiliki perbedaan jumlah sosis per *casing*, yang berdampak pada waktu pemrosesan setelah sosis dipotong; semakin banyak jumlah sosis, semakin lama waktu yang diperlukan untuk memprosesnya. Terakhir, terdapat penyusutan dari *raw material* (RM) berupa campuran daging atau *meat mix* menjadi sosis yang siap dijual (*finished good*/FG) akibat proses pemasakan (*smoking*), yang mengakibatkan sosis kehilangan berat. Berat sosis yang dihitung dalam hasil produksi merupakan berat sosis setelah penyusutan.

4.2.2 Data Time-to-Failure dan Downtime Tiap Mesin

Setiap mesin pada produksi ini mengalami proses *maintenance* yang menyebabkan mesin tidak dapat dioperasikan secara terus menerus. Pada tabel 4.3 dan 4.4. mesin yang digunakan pada produksi objek amatan, dapat dilihat bahwa setiap mesin memiliki persentase *downtime* atau persentase berapa lama mesin tersebut tidak dapat digunakan. Mesin pada pabrik ini tidak dapat digunakan dikarenakan dua hal yaitu rusak atau sedang dilakukan pemeliharaan rutin. Data ini dibagi menjadi *time-to-failure* (TTF) yang merupakan rata-rata rentang waktu antara terjadinya kerusakan ataupun pemeliharaan mesin dan *downtime* yang merupakan berapa lama waktu mesin tersebut tidak dapat beroperasi ketika terjadi kerusakan. Pada simulasi ini, data TTF dan *downtime* yang dimiliki dilakukan *fitting distribution* ke dalam suatu distribusi. Data TTF dimasukkan ke dalam distribusi Weibull, sedangkan untuk data *downtime* dimasukkan ke dalam distribusi Lognormal. Hal ini dilakukan dikarenakan distribusi tersebut merupakan distribusi teoritis dari jenis data tersebut (Robinson, 2014). Berikut merupakan hasil *fitting distribution* dari data TTF dan *downtime* pada setiap mesin.

Tabel 4.7 Hasil *Fitting Distribution* TTF dan *Downtime* Mesin

Stasiun Kerja	Mesin	TTF	Downtime
Frozen Block Cutting	Frozen Block Cutter 1	Weibull,2,5,20	LogNormal,0,35,4
	Frozen Block Cutter 2	Weibull,2,9,27	LogNormal,0,4,2,9
Grinding	Grinder	Weibull,1,8,15	LogNormal,0,2,1,6
Mixing	Mixer	Weibull,2,23	LogNormal,0,2,2,4
Stuffing	NL-1	Weibull,1,6,12	LogNormal,0,35,2,5
	NL-2	Weibull,1,6,12	LogNormal,0,35,2,5
	NL-3	Weibull,1,6,12	LogNormal,0,35,2,4
Smoking	Smoker 1	Weibull,1,20	LogNormal,0,2,2,8
	Smoker 2	Weibull,1,2,20	LogNormal,0,2,2,8
	Smoker 3	Weibull,0,9,15	LogNormal,0,2,2,9
	Smoker 4	Weibull,1,19	LogNormal,0,2,2,9
Cooling	IUL 1	Weibull,1,2,20	LogNormal,0,45,3
	IUL 2	Weibull,1,2,20	LogNormal,0,45,3
	IUL 3	Weibull,1,2,20	LogNormal,0,45,3
Cutting	Link Cutter 1	Weibull,0,8,14	LogNormal,0,35,2,1
	Link Cutter 2	Weibull,0,9,16	LogNormal,0,45,2,3
	Link Cutter 3	Weibull,1,1,14	LogNormal,0,4,2,7
Automatic Filling	Multivac	Weibull,1,6,17	LogNormal,0,48,3
Manual Filling	Vacuum Manual 1	Weibull,0,7,10	LogNormal,0,15,1,4
	Vacuum Manual 2	Weibull,0,9,12	LogNormal,0,14,1,2
Freezing	IQF 1	Weibull,1,3,26	LogNormal,0,15,5
	IQF 2	Weibull,1,5,30	LogNormal,0,18,4,5

4.2.3 Data Cycle Time

Setiap stasiun kerja di lantai produksi memiliki *cycle time* untuk setiap aktivitas yang terjadi pada stasiun kerja tersebut. *Cycle time* ini adalah waktu yang diperlukan untuk memproses sesuatu sesuai dengan satuan aktivitasnya. Pada produksi di objek amatan ini, banyak proses yang dilakukan secara manual seperti proses *loading*, *unloading*, dan juga *travel* yang waktunya bersifat stokastik. Oleh karena itu, data *cycle time* dilakukan *fitting*

distribution sesuai dengan data yang terkumpul dan distribusi secara teoritis dari tipe data tersebut. Proses *fitting distribution* pada data *cycle time* dilakukan *fitting* terhadap lima distribusi yang menjadi distribusi teoritis dalam pengerjaan suatu pekerjaan yaitu distribusi uniform, triangular, lognormal, erlang, dan gamma (Robinson, 2014). Selain itu, jika data tidak cukup atau kurang dari 10 data maka akan dilakukan *di-fit* ke distribusi uniform atau triangular dikarenakan kurangnya data untuk dilakukan *fitting distribution* pada *software* StatFit. Pemilihan distribusi ini dilakukan dengan melihat ranking yang paling tinggi atau yang paling sesuai dari setiap distribusi yang coba dilakukan *fitting* ke dalam data yang dimiliki.

distribution	rank	acceptance
Loglogistic(332, 4.48, 197)	100	do not reject
Inverse Gaussian(302, 2.13e+003, 239)	95.8	do not reject
Lognormal(295, 5.45, 0.318)	94.3	do not reject
Pearson 5(197, 20.6, 6.75e+003)	91.1	do not reject
Rayleigh(400, 114)	70.3	do not reject
Cauchy(520, 39.6)	58.5	do not reject
Laplace(526, 60.8)	49	do not reject
Power Function(422, 680, 0.854)	43.7	do not reject
Normal(541, 77.1)	34	do not reject
Beta(424, 680, 1.13, 1.24)	32.7	do not reject
Uniform(424, 680)	16.2	do not reject
Extreme Value IB(581, 76.9)	9.22	do not reject
Exponential(424, 118)	2.57	do not reject
Pareto(424, 4.26)	0.738	do not reject
Erlang	no fit	reject
Triangular	no fit	reject
Logistic	no fit	reject
Johnson SB	no fit	reject
Johnson SU	no fit	reject
Extreme Value IA	no fit	reject

Gambar 4.1 Hasil *Fitting Distribution* Menggunakan StatFit Pada Proses Pemotongan Daging FBC

Software Statfit melakukan *fitting distribution* dengan cara memasukkan data ke dalam aplikasi lalu melakukan *fitting* ke setiap distribusi dan dilakukan perankingan. Ranking pada *software* ini menggunakan proses *goodness of fit* dengan metode Kolmogorov Smirnov dan Anderson Darling. Parameter yang digunakan adalah *level of significance* (α) sebesar 5%. Jika hasil P-Value dari goodness of fit kedua metode diatas 0.05 maka distribusi tersebut dapat diterima atau “do not reject”. Ranking dilihat dari hasil P-Value yang paling besar diantara semua distribusi yang coba untuk dilakukan *fitting*. P-value paling tinggi akan ditaruh pada rank 100 dan sisanya dilakukan perhitungan dengan rumus hasil perkalian P-Value kedua metode pada distribusi tersebut dibagi dengan hasil perkalian P-Value kedua metode pada distribusi dengan P-Value terbesar. Dalam penelitian ini, pemilihan distribusi untuk data *cycle time* dipilih berdasarkan ranking tertinggi dari distribusi teoritis yaitu antara distribusi uniform, triangular, lognormal, erlang, dan gamma. Berikut merupakan hasil dari proses *fitting distribution* di setiap stasiun kerja pada produksi ini.

4.2.3.1. Cycle Time Stasiun Kerja Frozen Block Cutting

Stasiun kerja *frozen block cutting* memiliki empat aktivitas. Pertama, mengambil *handlift* sebagai alat *material handling* yang dilakukan pada setiap *shift*. Setelah itu, *handlift* digunakan untuk mengambil daging beku dari gudang bahan baku per *produksi*. Daging beku tersebut kemudian dipotong menggunakan mesin FBC, yang merupakan proses utama dalam aktivitas ini dan juga dikenai *downtime* sesuai dengan data *time-to-failure* dan *downtime*

sesuai dengan data subbab sebelumnya. Berikut merupakan hasil *fitting distribution* dari data *cycle time* pada stasiun kerja *frozen block cutting*.

Tabel 4.8 Data Cycle Time Stasiun Kerja Frozen Block Cutting

No	Aktivitas	Ukuran Aktivitas	Distribusi
1	Ambil <i>handlift</i>	1x per <i>shift</i>	Real Uniform,229.45,799.07
2	Ambil daging beku di gudang	3x tiap <i>shift</i>	Triangular,178.76,264.47,232.13
3	Proses memotong daging	Per 2 karung	LogNormal,295,246,80.3
4	Travel kontainer ke Grinder	1 kontainer FBC (2 karung)	Triangular,21.71,24.84,23.09

4.2.3.2. Cycle Time Stasiun Kerja Grinding

Stasiun kerja *grinding* memiliki tiga aktivitas utama, yaitu proses *loading* daging hasil FBC ke mesin *grinding*, proses *grinding*, serta proses *unloading* dan perpindahan ke stasiun kerja berikutnya. Proses *grinding* merupakan aktivitas utama pada stasiun kerja ini, yang dalam model simulasi mengalami *downtime* karena perawatan mesin. Berikut ini adalah hasil *fitting distribution* dari data *cycle time* pada stasiun kerja *grinding*.

Tabel 4.9 Data Cycle Time Stasiun Kerja Grinding

No	Aktivitas	Ukuran Aktivitas	Distribusi
1	Masuk daging ke Grinder	1 kontainer FBC	LogNormal,48.6,10.6,15.2
2	Proses <i>grinding</i>	2 kontainer	Triangular,174.89,225.46,197.57
3	<i>Unloading</i> dan <i>travel</i> ke <i>mixing</i>	1 Container Grinding (2 container FBC)	Triangular,18.71,20.97,19.64

4.2.3.3. Cycle Time Stasiun Kerja Mixing

Stasiun kerja *mixing* memiliki sepuluh aktivitas yang dapat dibagi menjadi empat proses dasar. Proses pertama hingga proses ketujuh adalah proses *loading* bahan-bahan yang diperlukan. Proses kedelapan adalah proses *setting* mesin yang dilakukan per produksi. Proses kesembilan atau proses *mixing* merupakan proses utama pada stasiun kerja ini dan juga dikenai *downtime* akibat perawatan mesin. Proses kesepuluh adalah proses *unloading* dan perpindahan ke stasiun kerja berikutnya. Berikut ini adalah hasil *fitting distribution* dari data *cycle time* pada stasiun kerja *mixing*.

Tabel 4.10 Data Cycle Time Stasiun Kerja Mixing

No	Aktivitas	Ukuran Aktivitas	Distribusi
1	Memasukkan daging	1 per Production	Triangular,71.56,85.29,78.38
2	Memasukkan MDM Gel	1 per Production	Triangular,73.16,83.19,78.28
3	Memasukkan <i>skin emulsion</i>	1 per Production	Triangular,59.71,64.55,62.19
4	Memasukkan larutan marinasi (seasonmix solution)	1 per Production	Triangular,121.58,129.21,125.04
5	Memasukkan premix 1, pewarna, dan ISP	1 per Production	Triangular,24.89,30.36,27.47
6	Memasukkan air	1 per Production	Triangular,92.21,98.32,95.4
7	Memasukkan tepung tapioka dan aren	1 per Production	Triangular,121.58,129.21,125.04
8	<i>Setting</i> mesin Mixer	1 per Production	Triangular,18.92,24.52,21.91
9	Proses <i>mixing</i>	1 per Production	Konstan 1800
10	<i>Unloading</i> hasil mix emulsi dan pindah ke <i>stuffing</i>	1 per Production	Real Uniform,290.04,302.59

4.2.3.4. Cycle Time Stasiun Kerja Stuffing

Stasiun kerja *stuffing* memiliki tiga aktivitas, yaitu proses *setting* mesin dan *loading*, proses *stuffing*, serta proses penyusunan sosis yang sudah di-*stuffing* pada rak pemasakan. Proses *stuffing* ini dilakukan oleh tiga mesin yang berbeda dan merupakan proses utama pada stasiun kerja ini, yang juga mengalami *downtime* akibat perawatan pada mesin Stuffing NL. Berikut ini adalah hasil *fitting distribution* dari data *cycle time* pada stasiun kerja *stuffing*.

Tabel 4.11 Data Cycle Time Stasiun Kerja Stuffing

No	Aktivitas	Ukuran Aktivitas	Distribusi
1	Menyiapkan <i>meat</i> emulsi dan <i>setting</i> mesin	Per <i>Batch</i>	Real Uniform,91,112
2	Mengikat ujung <i>casing</i> (proses <i>stuffing</i>)	Per <i>Casing</i>	LogNormal,14.8,2.65,1.06
3	Penyusunan <i>casing</i> pada troli	Per <i>Casing</i>	Triangular,6.85,9.88,8.22

4.2.3.5. Cycle Time Stasiun Kerja Smoking

Stasiun kerja *smoking* memiliki empat aktivitas, yaitu proses perpindahan dari stasiun kerja *stuffing* ke mesin Smoker, *setting* mesin, proses *smoking*, serta pembukaan pintu ketika sosis sudah matang. Proses *smoking* ini dilakukan oleh empat mesin Smoker dengan durasi yang berbeda tergantung pada produk yang dimasak, dan merupakan proses utama pada stasiun kerja ini yang juga mengalami *downtime* akibat perawatan mesin-mesin Smoker. Berikut ini adalah hasil *fitting distribution* dari data *cycle time* pada stasiun kerja *smoking*.

Tabel 4.12 Data Cycle Time Stasiun Kerja Smoking

No	Aktivitas	Ukuran Aktivitas	Distribusi
1	Mendorong troli masuk kedalam <i>smoke chamber</i>	2 troli	Triangular,115.8,134.5,128.8
2	<i>Setting</i> mesin Smoker	2 troli	Triangular,12.34,14.65,13.32
3	Proses <i>smoking</i>	2 troli	Berdasarkan Produk
4	Membuka pintu Smoker setelah pemasakan	2 troli	Triangular,27.30,32.42,29.57

Proses *smoking* pada produksi ini memerlukan waktu yang berbeda-beda untuk setiap jenis produk. Perbedaan ini disebabkan oleh variasi isian pada setiap produk, yang mempengaruhi durasi pemasakan hingga sosis matang. Proses ini dilakukan dengan satu mesin dapat menampung dua troli sekaligus dengan isi produk yang memiliki waktu pemasakan yang sama. Berikut ini adalah waktu yang dibutuhkan untuk setiap produk dalam proses *smoking*.

Tabel 4.13 Data Waktu Smoking Setiap Produk

SKU	Waktu Smoke (Menit)	Waktu Smoke (Detik)
BU SA X 475, BU SA XX 70, BU SA X 950, BU SA XX 950, BU SA XX 345	55 Menit	3300 Detik
BU SB 475, BU SB S 475	57 Menit	3420 Detik
BB SA F 300, BB SA F K 300	50 Menit	3000 Detik
BR CF 200, BR SA S 200	93 Menit	5580 Detik
BF CC 190, BF CC 400	46 Menit	2760 Detik
BF SA SP 200	67 Menit	4020 Detik
BR BF 200	103 Menit	6180 Detik

4.2.3.6. Cycle Time Stasiun Kerja Cooling

Stasiun kerja *cooling* memiliki lima aktivitas yang dapat dibagi menjadi tiga proses, yaitu proses *loading*, proses *cooling*, dan proses *unloading* serta perpindahan ke stasiun kerja berikutnya. Proses *cooling* dilakukan pada tiga mesin IUL dan merupakan proses utama yang mengalami *downtime* akibat perawatan mesin IUL. Durasi proses *cooling* adalah sama untuk setiap produk, yaitu selama 30 menit. Berikut ini adalah hasil *fitting distribution* dari data *cycle time* pada stasiun kerja *cooling*.

Tabel 4.14 Data Cycle Time Stasiun Kerja Cooling

No	Aktivitas	Ukuran Aktivitas	Distribusi
1	Mengeluarkan troli dari mesin Smoker	2 Troli	Triangular,66.67,74.63,70.88
2	Memasukkan troli ke dalam mesin IUL	2 Troli	Triangular,90.34,101.18,95.24
3	Proses <i>cooling</i>	2 Troli	Konstan 1800
4	Mengeluarkan troli dari mesin IUL	2 Troli	Triangular,27.91,45.53,39.04
5	Mendorong troli keluar dari area IUL	1 Troli	LogNormal,13,5,4,3.25

4.2.3.7. Cycle Time Stasiun Kerja Link Cutting

Stasiun kerja *link cutting* memiliki empat aktivitas, yaitu proses perpindahan per troli dari daerah *work-in-process* antara stasiun kerja *cooling* dan *link cutting*, membuka ikatan pada *casing* dan *loading* ke mesin Link Cutter, proses *link cutting*, serta memindahkan hasil *link cutting* ke keranjang untuk proses selanjutnya. Proses *link cutting* dilakukan pada tiga mesin Link Cutter dan mengalami *downtime* akibat perawatan mesin. Berikut ini adalah hasil *fitting distribution* dari data *cycle time* pada stasiun kerja *link cutting*.

Tabel 4.15 Data Cycle Time Stasiun Kerja Link Cutting

No	Aktivitas	Ukuran Aktivitas	Distribusi
1	Mendorong troli ke Link Cutter	1 Troli	LogNormal,4.84,6.5,2.94
2	Membuka ikatan pada ujung <i>casing</i> sosis	1 <i>Casing</i>	Triangular,21.74,26.69,24.47
3	Memotong <i>twist</i> sosis / proses <i>link cutting</i>	1 <i>Casing</i>	Triangular,12.9,20.1,16.2
4	Meletakkan keranjang pada <i>output</i> mesin Link Cutter	1 Keranjang Kuning	LogNormal,2.35,4.4,1.08

4.2.3.8. Cycle Time Stasiun Kerja Multivac

Stasiun kerja Multivac atau *packing* otomatis memiliki enam aktivitas, yaitu proses perpindahan dari *link cutting*, menuangkan sosis ke meja di samping mesin Multivac, memasukkan sosis ke dalam kemasan Multivac yang dilakukan oleh tujuh orang, proses Multivac, menyusun sosis hasil *packing* Multivac ke dalam keranjang, dan membawa keranjang tersebut ke stasiun kerja berikutnya. Berikut ini adalah hasil *fitting distribution* dari data *cycle time* pada stasiun kerja Multivac.

Tabel 4.16 Data Cycle Time Stasiun Kerja Multivac

No	Aktivitas	Ukuran Aktivitas	Distribusi
1	Menggeser keranjang ke area mesin multivac	Per 10 Keranjang	LogNormal,7.12,2.04,1.39
2	Menuangkan sosis ke mesin Multivac	Per 1 keranjang	Erlang,26,10,4,2
3	Memasukkan sosis ke dalam kemasan Multivac	Per <i>pack</i>	Triangular,3.43,7.99,6.33
4	Proses <i>packing</i>	Per 3 atau 7 <i>pack</i>	Konstan 4 atau 5
5	Menyusun sosis ke keranjang	Per Keranjang IQF	Real Uniform,70.2,110
6	Membawa keranjang hasil <i>packing</i> ke IQF	Per Keranjang IQF	Triangular,84.27,99.26,92.5

Proses *packing* di Multivac membutuhkan waktu 4 atau 5 detik per satu kali proses Multivac berdasarkan jenis produknya. Setiap satu kali proses memiliki jumlah *pack* yang berbeda sesuai dengan jenis produk yang diproses. Produk dengan gramasi besar dapat menampung 3 *pack* per satu kali proses, sedangkan produk dengan gramasi kecil dapat menampung 7 *pack* per satu kali proses. Selain itu, proses *packing* ini juga mengalami *downtime* akibat perawatan dan kerusakan dari mesin Multivac. Berikut ini adalah data waktu yang dibutuhkan untuk satu kali proses dan jumlah *pack* per satu kali proses dari proses *packing* Multivac.

Tabel 4.17 Data Waktu dan Pack Proses Packing Multivac

Kode Produk	Pack / Proses	Cycle Time (Sekon)
BU SA X 475	3 Pack	4
BU SA XX 70	7 Pack	4
BR CF 200	3 Pack	5
BR SA S 200	3 Pack	5
BR BF 200	3 Pack	5

4.2.3.9. Cycle Time Stasiun Kerja Manual Packing

Stasiun kerja *manual packing* memiliki delapan aktivitas yang dapat dibagi menjadi dua bagian, yaitu proses *filling* dan proses *vacuum*. Proses *filling* dimulai dengan perpindahan dari hasil sosis yang sudah dipotong pada *link cutting*, memasukkan sosis secara manual satu per satu ke dalam kemasan, kemudian memindahkan sosis yang sudah dalam kemasan ke keranjang, yang selanjutnya dipindahkan ke area *work-in-process*. Area *work-in-process* ini adalah area yang membatasi antara bagian *manual filling* dan bagian *vacuum chamber*. Proses *vacuum* dimulai dengan mengambil keranjang sosis yang sudah dalam kemasan dari area *work-in-process* ke area *vacuum chamber*, kemudian melakukan proses *vacuum* menggunakan dua mesin Vacuum sesuai dengan *line*-nya, menyusun sosis ke dalam keranjang, dan memindahkannya ke stasiun kerja berikutnya. Proses pengisian sosis ke dalam kemasan memiliki waktu yang berbeda-beda setiap produknya dikarenakan jumlah sosis di dalam satu kemasan berbeda-beda setiap produknya. Berikut ini adalah hasil *fitting distribution* dari data *cycle time* pada stasiun kerja *manual packing*.

Tabel 4.18 Data Cycle Time Stasiun Kerja Manual Packing

No	Aktivitas	Ukuran Aktivitas	Distribusi
1	Menggeser keranjang ke area <i>manual filling</i>	Per 10 keranjang	LogNormal,7.12,2.04,1.39
2a	Memasukkan sosis pada kemasan	Per <i>pack</i> BU SA X & XX 950	LogNormal,0.813,21.5,2.5
2b		Per <i>pack</i> BF SA SP 200	LogNormal,6.02,7.31,2.12
2c		Per <i>pack</i> selainnya	LogNormal,18.3,5.65,8.53
3	Meletakkan sosis kemasan pada keranjang	Per 5 <i>pack</i>	Erlang,6,4.09,3
4	Menggeser keranjang hasil <i>filling</i> ke area WIP	Per keranjang Biru	LogNormal,11.1,3.38,3.77
5	Menggeser keranjang ke area <i>vacuum chamber</i>	Per keranjang Biru	Triangular,5,14,11
6	Proses <i>vacuum</i>	Per 6, 9, 10 <i>pack</i>	Triangular,39.07,40.97,40.12
7	Menyusun sosis kemasan ke dalam keranjang	Per 4 <i>pack</i>	LogNormal,4.8,2.7,4.02
8	Membawa keranjang hasil <i>vacuum</i> ke IQF	Per keranjang IQF	Triangular,70.77,106.89,80.57

Proses *vacuum* dilakukan dengan waktu yang sama untuk setiap produk, tetapi kuantitas *pack* setiap proses *vacuum* berbeda-beda sesuai dengan jenis produknya. Proses ini juga merupakan proses utama pada stasiun kerja *manual packing* yang menggunakan dua mesin *Vacuum* dan juga mengalami *downtime* akibat perawatan mesin. Berikut ini adalah data jumlah *pack* per proses *vacuum* dari produksi yang dilakukan.

Tabel 4.19 Data Pack per Vacuum Proses Vacuum Manual Setiap Produk

SKU	Pack per Vacuum
BU SA X 950, BU SA XX 950, BU SB 475, BU SB S 475, BF CC 400	6 Pack
BU SA XX 345, BB SA F 300, BB SA F K 300, BF CC 190	9 Pack
BF SA SP 200	10 Pack

4.2.3.10. Cycle Time Stasiun Kerja Freezing

Stasiun kerja terakhir adalah stasiun kerja *freezing* yang memiliki dua lini, yaitu lini pertama untuk hasil *manual packing* dan lini kedua untuk hasil *packing* Multivac. Stasiun kerja ini memiliki enam aktivitas, yaitu perpindahan hasil *packing* ke depan mesin IQF, memasukkan sosis ke dalam mesin IQF, proses *freezing* oleh mesin IQF selama 30 menit, mengeluarkan sosis yang sudah beku, memasukkan sosis beku ke dalam karton, dan menyusun karton ke dalam *pallet* yang kemudian didorong ke gudang penyimpanan barang jadi. Berikut ini adalah hasil *fitting distribution* dari data *cycle time* pada stasiun kerja *freezing*.

Tabel 4.20 Data Cycle Time Stasiun Kerja Freezing

No	Aktivitas	Ukuran Aktivitas	Distribusi
1	Menggeser keranjang ke depan input IQF	Per keranjang	Triangular,10.34,12.56,11.64
2	Memasukkan sosis ke dalam IQF	Per 2, 3, 4, 5, atau 6 Pack	Erlang,2,1.89,16
3	Proses <i>Freezing</i>	Per 2, 3, 4, 5, atau 6 Pack	Konstan 1800
4a	Memasukkan sosis ke dalam karton (IQF 1)	Per Karton	LogNormal,5.22,14.4,1.55
4b	Memasukkan sosis ke dalam karton (IQF 2)	Per Karton	LogNormal,10.6,6.2,1.06
5	Palletizing karton	Per Karton	Erlang,2,1.06,2
6	Dorong pallet ke gudang	Per 80 Karton	Triangular,111.43,124.34,118.78

Proses *freezing* pada mesin IQF dilakukan dengan waktu yang sama untuk setiap produk, namun setiap produk memiliki jumlah *pack* yang berbeda untuk masuk ke dalam mesin IQF. Selain itu, proses IQF juga mengalami *downtime* akibat perawatan mesin IQF, yang dalam produksi ini menggunakan dua mesin. Berikut ini adalah data jumlah *pack* per proses *freezing* untuk setiap produk.

Tabel 4.21 Data Pack per Proses Freezing Setiap Produk

SKU	Pack per Freezing
BU SA X 950, BU SA XX 950, BU SB 475, BU SB S 475, BF CC 400	2
BU SA X 475	3
BR CF 200, BR SA S 200, BR BF 200, BU SA XX 345, BB SA F 300, BB SA F K 300	4
BU SA XX 70	5
BF SA SP 200, BF CC 190	6

4.2.3.11. Statistik Deskriptif Data *Cycle Time*

Pengambilan data *cycle time* dilakukan saat *shift* 1 dari jam 09.00 hingga 17.00 pada hari Senin hingga Jumat. Data ini diambil menggunakan metode *time motion study* dari pekerjaan yang dilakukan oleh para pekerja dan dilakukan secara *random sampling* dari Januari hingga Juni 2024. *Cycle time* dari semua proses dianggap sama untuk setiap *shift*-nya dikarenakan proses yang dilakukan untuk setiap *shift* sama dan para pekerja diasumsikan mempunyai produktivitas yang sama antara satu pekerja dengan pekerja lainnya. Selain itu, proses-proses yang tetap seperti *cycle time* waktu *smoking*, *cooling*, Multivac, dan lain sebagainya diambil berdasarkan lama waktu yang diatur untuk melakukan proses tersebut pada mesin. Berikut merupakan rangkuman data secara deskriptif untuk data *cycle time* yang diambil untuk keperluan simulasi pada penelitian ini.

Tabel 4.22 Statistik Deskriptif Data *Cycle Time*

Stasiun Kerja	Nomor Aktivitas	Jumlah Data	Min	Max	Rata-rata	Standar Deviasi	Fitting Distribution
Frozen Block Cutting	1	2	229.45	799.07	514.26	402.78	Real Uniform,229.45,799.07
	2	4	178.76	264.47	232.13	40.13	Triangular,178.76,264.47,232.13
	3	20	423.63	680.21	541.21	79.11	LogNormal,295,246,80.3
	4	5	21.71	24.84	23.09	1.33	Triangular,21.71,24.84,23.09
Grinding	1	16	49.22	92.32	58.57	10.75	LogNormal,48.6,10.6,15.2
	2	6	174.89	225.46	197.57	18.80	Triangular,174.89,225.46,197.57
	3	9	18.71	20.97	19.64	0.74	Triangular,18.71,20.97,19.64
Mixing	1	5	71.56	85.29	78.38	6.25	Triangular,71.56,85.29,78.38
	2	3	73.16	83.19	78.28	5.02	Triangular,73.16,83.19,78.28
	3	3	59.71	64.55	62.19	2.42	Triangular,59.71,64.55,62.19
	4	3	121.58	129.21	125.04	3.86	Triangular,121.58,129.21,125.04
	5	4	24.89	30.36	27.47	2.61	Triangular,24.89,30.36,27.47
	6	3	92.21	98.32	95.40	3.06	Triangular,92.21,98.32,95.4
	7	3	121.58	129.21	125.04	3.86	Triangular,121.58,129.21,125.04
	8	5	18.92	24.52	21.91	2.28	Triangular,18.92,24.52,21.91
	10	2	290.04	302.59	296.32	8.87	Real Uniform,290.04,302.59
Stuffing	1	16	91.02	111.60	101.45	7.23	Real Uniform,91,112
	2	18	16.13	18.99	17.41	0.99	LogNormal,14.8,2.65,1.06
	3	5	6.85	9.88	8.22	1.35	Triangular,6.85,9.88,8.22
Smoking	1	3	115.80	134.50	126.37	9.58	Triangular,115.8,134.5,128.8
	2	3	12.34	14.65	13.44	1.16	Triangular,12.34,14.65,13.32
	4	5	27.30	32.42	29.57	1.92	Triangular,27.30,32.42,29.57
Cooling	1	8	66.67	74.63	70.88	2.53	Triangular,66.67,74.63,70.88
	2	6	90.34	101.18	95.24	4.58	Triangular,90.34,101.18,95.24
	4	10	27.91	45.53	39.04	5.42	Triangular,27.91,45.53,39.04
	5	17	13.93	20.22	18.17	1.88	LogNormal,13,5,4,3.25
Link Cutting	1	23	6.80	21.60	11.36	3.22	LogNormal,4,84,6,5,2,94
	2	9	21.74	26.69	24.47	1.71	Triangular,21.74,26.69,24.47
	3	48	13.50	19.82	16.36	1.54	Triangular,12,9,20,1,16,2
	4	27	4.87	9.59	6.75	1.09	LogNormal,2,35,4,4,1,08

Tabel 4.23 Statistik Deskriptif Data Cycle Time (Lanjutan)

Stasiun Kerja	Nomor Aktivitas	Jumlah Data	Min	Max	Rata-rata	Standar Deviasi	Fitting Distribution
Multivac	1	10	7.69	11.34	9.14	1.22	LogNormal,7.12,2.04,1.39
	2	10	26.46	47.89	36.38	6.18	Erlang,26,10,4,2
	3	11	4.43	7.55	5.95	0.95	Triangular,3.43,7.99,6.33
	5	12	70.21	109.61	91.14	15.26	Real Uniform,70.2,110
	6	7	84.27	99.26	92.50	5.25	Triangular,84.27,99.26,92.5
Manual Filling	1	10	7.69	11.34	9.14	1.22	LogNormal,7.12,2.04,1.39
	2a	27	17.43	27.52	22.32	2.55	LogNormal,0.813,21.5,2.5
	2b	27	10.04	17.90	13.33	2.10	LogNormal,6.02,7.31,2.12
	2c	10	18.72	32.61	23.41	4.76	LogNormal,18.3,5.65,8.53
	3	36	6.39	16.91	10.09	2.19	Erlang,6,4,0.9,3
	4	22	11.41	27.87	14.42	3.55	LogNormal,11.1,3.38,3.77
	5	18	5.52	13.30	10.34	1.76	Triangular,5,14,11
	6	23	39.07	40.97	40.12	0.46	Triangular,39.07,40.97,40.12
	7	14	4.97	10.21	7.19	1.92	LogNormal,4.8,2.7,4.02
8	6	70.77	106.89	80.57	14.20	Triangular,70.77,106.89,80.57	
Freezing	1	4	10.34	12.56	11.64	1.01	Triangular,10.34,12.56,11.64
	2	18	2.94	4.78	3.89	0.48	Erlang,2,1.89,16
	4a	18	17.35	22.29	19.67	1.59	LogNormal,5.22,14.4,1.55
	4b	18	15.23	18.67	16.79	1.08	LogNormal,10.6,6.2,1.06
	5	18	2.16	4.82	3.06	0.85	Erlang,2,1.06,2
	6	3	111.43	124.34	118.78	6.64	Triangular,111.43,124.34,118.78

4.3 Pembuatan Model Konseptual

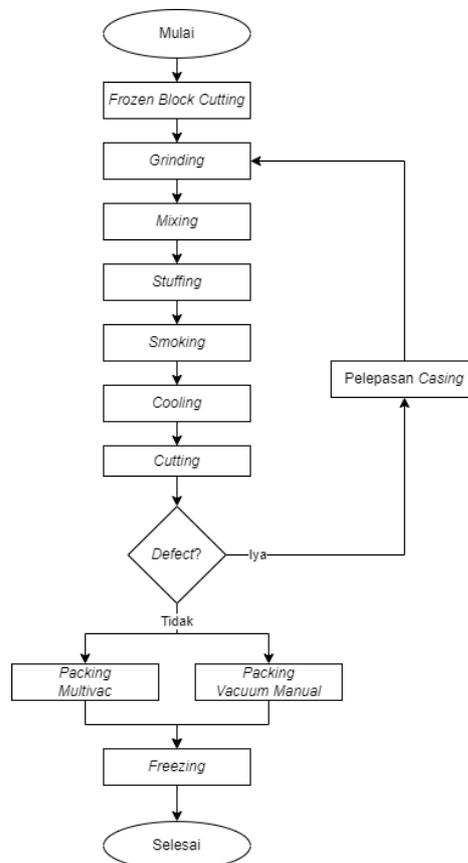
Pada subbab ini akan dijelaskan mengenai alur proses produksi pada lini produksi objek amatan yang terdiri dari 10 stasiun kerja. Proses produksi dilakukan sesuai dengan jadwal yang telah ditentukan, dimulai dari pengambilan daging beku dari gudang hingga pembekuan sosis yang siap dikirim.

Proses diawali dengan *thawing* daging beku di stasiun kerja *frozen block cutting* (FBC), yang memiliki kapasitas dua karung daging per mesin, dengan dua mesin FBC. Setelah proses *thawing* selesai, hasilnya dipindahkan menggunakan kontainer ke stasiun kerja *grinding* untuk proses *grinding*, yang memiliki kapasitas dua kontainer per proses. Selanjutnya, hasil *grinding* dipindahkan ke stasiun kerja *mixing* untuk proses pencampuran dengan bahan lainnya menjadi *meat mix*. Mesin Mixer memiliki kapasitas satu produksi per proses *mixing*. Proses *mixing* menghasilkan *meat mix* yang kemudian dipindahkan ke stasiun kerja *stuffing*, tempat *meat mix* dimasukkan ke dalam selongsong sosis menggunakan tiga mesin Stuffing NL sesuai dengan lini produksi pada jadwal produksi. Hasil *stuffing* berupa sosis dalam selongsong kemudian digantung pada rak untuk proses selanjutnya.

Stasiun kerja *stuffing* menghasilkan sosis yang digantung pada rak berjalan, dengan kapasitas satu rak bervariasi antara 15 hingga 60 selongsong sosis, tergantung jenis produknya. Rak tersebut digunakan untuk proses selanjutnya di stasiun kerja *smoking*, di mana sosis yang sudah digantung pada rak dimasukkan ke dalam mesin Smoker untuk proses pemasakan. Stasiun kerja *smoking* memiliki empat mesin Smoker, masing-masing mampu menampung dua rak sosis. Setelah proses pemasakan selesai, sosis didinginkan di stasiun

kerja *cooling* yang memiliki tiga mesin IUL dengan kapasitas dua rak sosis per mesin. Proses *cooling* menghasilkan sosis yang sudah matang dan dingin, siap untuk dipotong sesuai gramasinya. Proses pemotongan ini dilakukan di stasiun kerja *link cutting*, dengan tiga mesin Link Cutter yang memotong sosis dalam selongsong panjang menjadi sosis satuan. Proses ini memiliki tingkat cacat (*defect rate*) sebesar 2%, disebabkan oleh kesalahan potong yang menyebabkan isi sosis keluar dari selongsongnya. Sosis cacat ini akan diolah kembali (*rework*) dengan cara melepaskan selongsongnya dan menggilingnya kembali di stasiun kerja *grinding*.

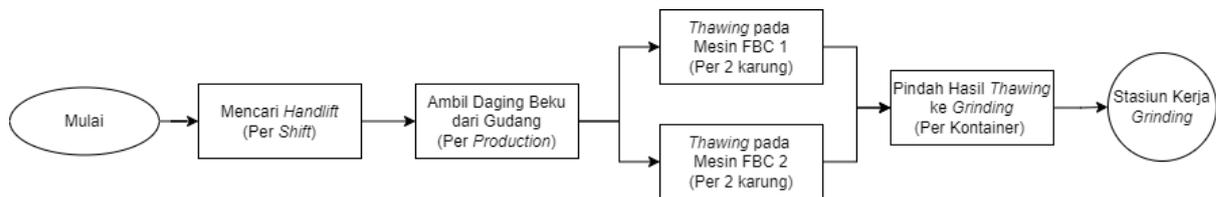
Setelah sosis dipotong menjadi satuan per buah, proses selanjutnya adalah *packing* yang terbagi menjadi dua stasiun kerja. Stasiun kerja pertama adalah *packing* manual menggunakan dua mesin Vacuum. Proses *packing* manual dilakukan dengan memasukkan sosis ke dalam kemasan secara manual oleh 24 pekerja. Setelah sosis dimasukkan ke dalam kemasan, proses selanjutnya adalah proses *vacuum* dengan dua mesin Vacuum sesuai dengan *line packing* yang telah ditentukan pada jadwal produksi. Stasiun kerja kedua adalah *packing* otomatis menggunakan mesin Multivac. Proses ini dilakukan dengan memasukkan sosis ke dalam mesin Multivac sesuai jumlah per *pack*-nya, kemudian mesin tersebut memproses setiap siklus dan langsung menghasilkan *pack* yang sudah ter-*vacuum* dan siap untuk proses selanjutnya. Setelah sosis di-*packing*, proses berikutnya adalah *freezing*, di mana sosis per-*pack* dibekukan terlebih dahulu agar dapat disimpan lebih lama di gudang. Proses ini dilakukan menggunakan dua mesin IQF; IQF 1 untuk produk yang di-*packing* secara manual dan IQF 2 untuk produk yang di-*packing* secara Multivac. Setelah sosis dibekukan, dilakukan proses *cartoning*, di mana sosis yang telah beku dimasukkan ke dalam karton penyimpanan sebagai satuan unit untuk disimpan di gudang *finished goods*. Berikut ini adalah *flowchart* dari proses produksi secara keseluruhan pada lini produksi objek amatan.



Gambar 4.2 Flowchart Proses Produksi Objek Amatan Keseluruhan

4.3.1 Model Konseptual Stasiun Kerja *Frozen Block Cutting*

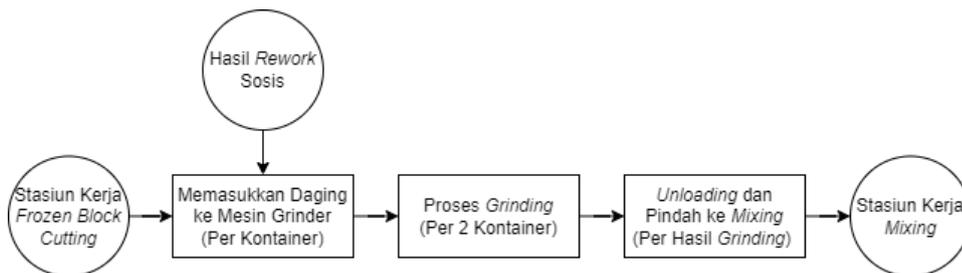
Stasiun kerja *frozen block cutting* (FBC) merupakan stasiun kerja pertama di lantai produksi, di mana daging beku akan dipotong (*thawing*) menjadi daging yang lebih halus. Proses ini dimulai dengan mengambil *handlift* sebagai alat untuk mengambil daging beku dari gudang. Pengambilan ini dilakukan tiga kali setiap hari, pada setiap pergantian *shift*. Setelah mengambil *handlift*, langkah selanjutnya adalah mengambil daging yang dibutuhkan sesuai dengan jadwal produksi. Pengambilan daging dilakukan sebanyak tiga kali setiap *shift*, sesuai dengan jumlah produksi di setiap *shift*. Satu mesin FBC memiliki kapasitas dua karung daging beku per proses. Setelah daging dipotong, daging dipindahkan ke dalam kontainer dengan kapasitas satu kontainer untuk satu proses *thawing* atau dua karung daging. Kontainer tersebut kemudian dipindahkan ke stasiun kerja selanjutnya, yaitu proses *grinding*. Berikut ini adalah *flowchart* dari stasiun kerja *frozen block cutting*.



Gambar 4.3 *Flowchart* Stasiun Kerja *Frozen Block Cutting*

4.3.2 Model Konseptual Stasiun Kerja *Grinding*

Stasiun kerja *grinding* adalah stasiun kerja untuk memproses daging beku hasil proses *frozen block cutting* menjadi daging yang lebih halus dengan cara menggilingnya menjadi partikel yang lebih kecil. Proses ini dimulai dengan proses *loading* ke dalam mesin Grinder yang memiliki kapasitas untuk menggiling dua kontainer hasil FBC sekaligus dalam satu mesin. Setelah proses *loading*, selanjutnya dilakukan proses *grinding* dengan dua mesin Grinder yang memiliki durasi sekitar 3-5 menit. Langkah terakhir adalah melakukan *unloading* hasil *grinding* ke dalam kontainer dan memindahkannya ke stasiun kerja selanjutnya, yaitu stasiun kerja *mixing*. Berikut ini adalah *flowchart* dari stasiun kerja *grinding*.

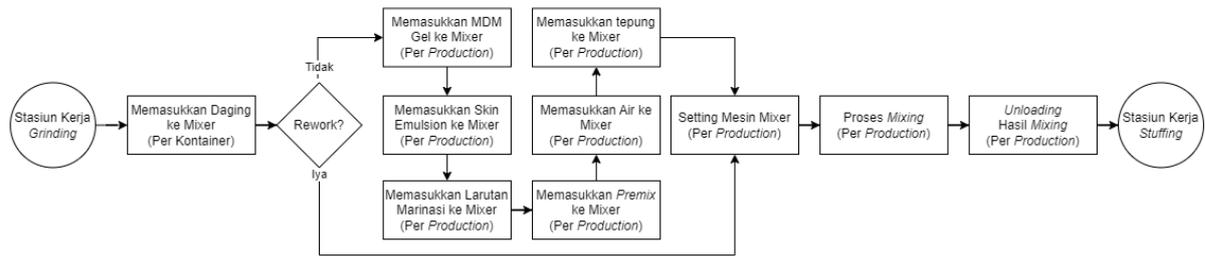


Gambar 4.4 *Flowchart* Stasiun Kerja *Grinding*

4.3.3 Model Konseptual Stasiun Kerja *Mixing*

Stasiun kerja *mixing* adalah stasiun kerja untuk memproses daging hasil *grinding* menjadi *meat mix* atau isian sosis dengan cara menambahkan bahan-bahan lain seperti tepung, air, premix, MDM Gel, *skin emulsion*, dan larutan marinasi. Proses ini dilakukan pada satu mesin Mixer yang memiliki kapasitas yang cukup untuk satu satuan produksi per satu kali proses *mixing*. Pada proses *mixing* untuk hasil sosis *rework*, tidak perlu adanya penambahan bahan tambahan lagi dari proses *grinding*, sehingga cukup memasukkan hasil sosis *rework* yang sudah di-*grinding* ke dalam mesin Mixer dan langsung melakukan *setting* mesin Mixer untuk dilakukan proses *mixing*. Setelah proses *mixing* selesai, langkah selanjutnya adalah

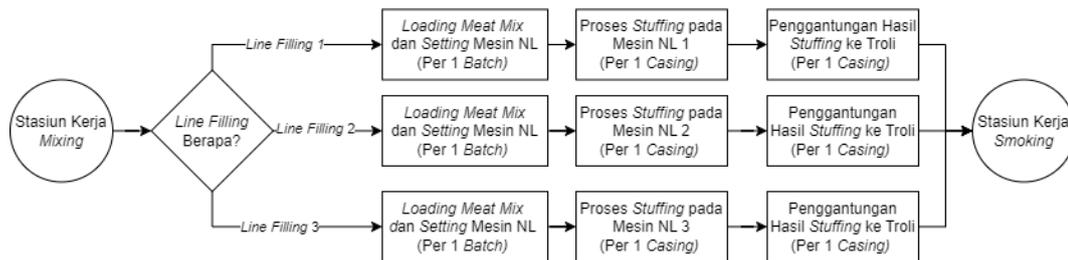
melakukan *unloading* hasil *mixing* untuk dipindahkan ke stasiun kerja selanjutnya yaitu stasiun kerja *stuffing*. Berikut ini adalah *flowchart* dari stasiun kerja *mixing*.



Gambar 4.5 *Flowchart* Stasiun Kerja *Mixing*

4.3.4 Model Konseptual Stasiun Kerja *Stuffing*

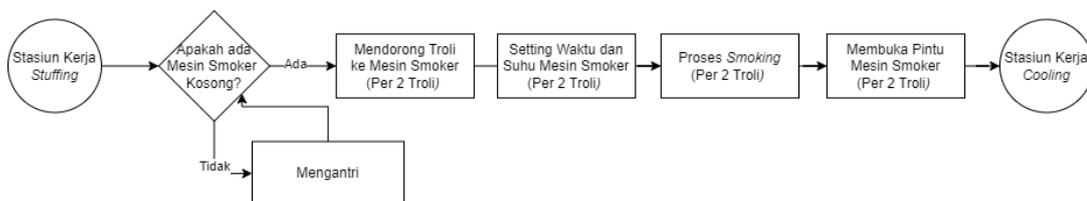
Stasiun kerja *stuffing* adalah stasiun kerja untuk memasukkan isian daging atau *meat mix* ke dalam selongsong atau *casing* sosis. Proses ini dilakukan pada tiga lini yang berbeda sesuai dengan jumlah mesin *Stuffing NL* yang dimiliki. Pemilihan lini *stuffing* dilakukan sesuai dengan jadwal produksi. Sosis yang pada jadwal produksi dilakukan di lini manual 1 akan diproses pada lini *stuffing* 1, untuk lini manual 2 akan diproses pada lini *stuffing* 2, dan untuk lini *Multivac* akan diproses pada lini *stuffing* 3. Proses pada lini *stuffing* terdiri dari melakukan *loading* hasil *mixing* dan setting mesin *NL*, kemudian proses *stuffing* yang dilakukan per *casing*, dan hasil *stuffing* digantung pada rak untuk proses selanjutnya yaitu proses *smoking*. Berikut ini adalah *flowchart* dari stasiun kerja *stuffing*.



Gambar 4.6 *Flowchart* Stasiun Kerja *Stuffing*

4.3.5 Model Konseptual Stasiun Kerja *Smoking*

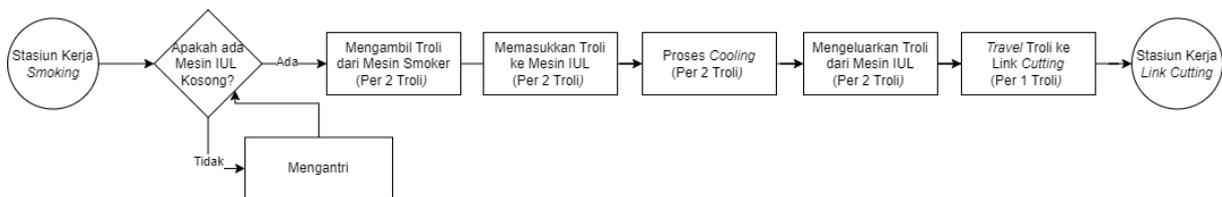
Stasiun kerja *smoking* adalah tempat memasak sosis menggunakan mesin *Smoker*. Terdapat empat mesin *Smoker* yang digunakan pada lini produksi dengan kapasitas dua troli per mesin *Smoker*. Proses *smoking* dimulai dengan mengambil troli hasil proses *stuffing*, kemudian melakukan pengaturan suhu dan waktu memasak pada mesin *Smoker*. Setelah itu, proses memasak atau *smoking* dilakukan sesuai dengan durasi yang diperlukan untuk masing-masing produk. Setelah matang atau proses *smoking* selesai, langkah selanjutnya adalah membuka pintu *Smoker* agar troli dapat diambil dan dipindahkan ke stasiun kerja berikutnya, yaitu stasiun kerja *cooling*. Pintu *input* mesin *Smoker* berada di sisi yang berbeda dengan pintu *output*, di mana pintu *input* menghadap ke stasiun kerja *stuffing* sementara pintu *output* menghadap ke stasiun kerja *cooling*. Berikut ini adalah *flowchart* dari stasiun kerja *smoking*.



Gambar 4.7 *Flowchart* Stasiun Kerja *Smoking*

4.3.6 Model Konseptual Stasiun Kerja *Cooling*

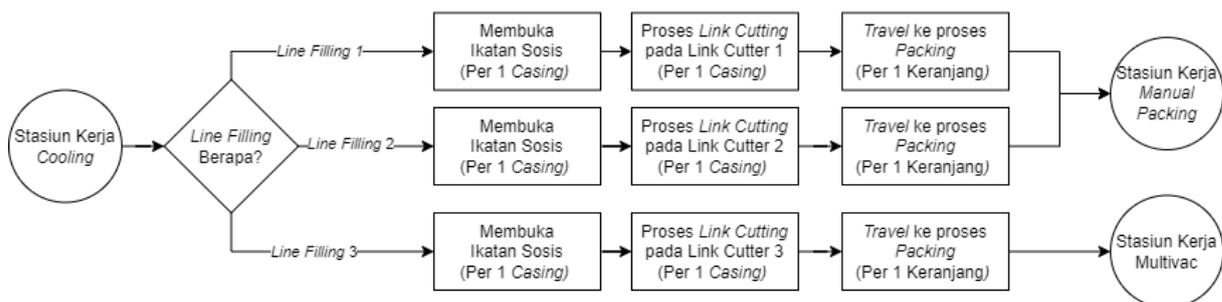
Stasiun kerja *cooling* adalah tempat di mana sosis hasil pemasakan pada stasiun kerja *smoking* didinginkan agar dapat dikemas. Proses ini dilakukan pada tiga mesin IUL yang memiliki kapasitas dua troli per mesin dengan waktu pendinginan selama 30 menit. Proses pendinginan dimulai dengan mengambil troli hasil *smoking*, kemudian memasukkannya ke dalam mesin IUL, melakukan pendinginan, mengeluarkan troli dari mesin IUL, dan memindahkannya ke stasiun kerja berikutnya, yaitu stasiun kerja *link cutting*. Semua proses pada stasiun kerja ini dilakukan untuk dua troli sekaligus, kecuali saat memindahkan troli ke stasiun kerja *link cutting* yang dilakukan per satu troli. Berikut ini adalah *flowchart* dari stasiun kerja *cooling*.



Gambar 4.8 *Flowchart* Stasiun Kerja *Cooling*

4.3.7 Model Konseptual Stasiun Kerja *Link Cutting*

Stasiun kerja *link cutting* adalah tempat di mana sosis yang masih dalam selongsong panjang dipotong menjadi satuan *pieces* menggunakan mesin *Link Cutter*. Terdapat tiga lini *link cutting* yang sesuai dengan jumlah mesin *Link Cutter* yang dimiliki, dan digunakan sesuai dengan jadwal produksi. Produk yang dijadwalkan pada lini manual 1 akan diproses pada mesin *Link Cutter* 1, produk pada lini manual 2 diproses pada mesin *Link Cutter* 2, dan produk pada lini *Multivac* akan diproses pada mesin *Link Cutter* 3. Proses ini dimulai dengan membuka ikatan sosis terlebih dahulu, kemudian sosis dimasukkan ke mesin *Link Cutter*, dan hasilnya dimasukkan ke keranjang untuk dibawa ke proses selanjutnya, yaitu proses *packing*. Proses *link cutting* dilakukan per *casing* sosis, sama seperti pada proses *stuffing*. Berikut adalah *flowchart* dari stasiun kerja *link cutting*.

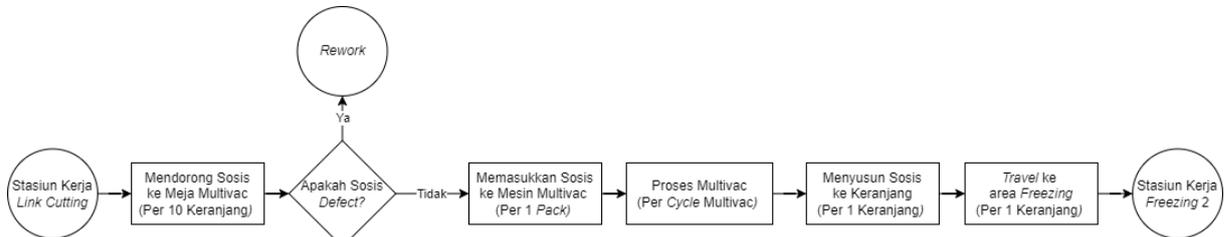


Gambar 4.9 *Flowchart* Stasiun Kerja *Link Cutting*

4.3.8 Model Konseptual Stasiun Kerja *Multivac*

Stasiun kerja *Multivac*, atau *packing* secara otomatis, adalah salah satu stasiun kerja *packing* yang dilakukan secara semi-otomatis. Hal ini dikarenakan stasiun kerja ini menggunakan mesin *Multivac*, yang bekerja dengan memasukkan sosis sesuai dengan jumlahnya ke dalam *film layer* di mesin *Multivac*, kemudian mesin tersebut secara otomatis melakukan *vacuum* dan *sealing*, sehingga sosis terkemas dengan rapi dan siap untuk dibekukan. Proses pada stasiun kerja ini dimulai dengan mengambil sosis dari keranjang hasil *link cutting* dan menuangkannya ke meja di sebelah mesin *Multivac*. Kemudian, pekerja mengisi sosis ke dalam mesin *Multivac* sambil melakukan inspeksi untuk memisahkan sosis yang mengalami cacat akibat kesalahan *link cutting* berupa sosis yang isiannya keluar dari

casing-nya, untuk dikenakan proses *rework*. Proses selanjutnya adalah proses Multivac itu sendiri, yang hasilnya akan disusun di keranjang dan dibawa ke proses selanjutnya, yaitu proses *freezing*. Berikut adalah *flowchart* dari stasiun kerja Multivac.

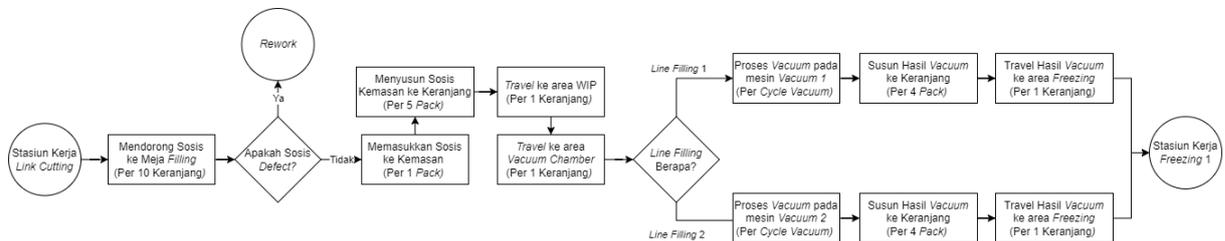


Gambar 4.10 *Flowchart* Stasiun Kerja Multivac

4.3.9 Model Konseptual Stasiun Kerja *Manual Packing*

Stasiun kerja *manual packing* adalah stasiun kerja di mana sosis dikemas menggunakan mesin Vacuum. Stasiun kerja ini dinamakan *manual packing* karena prosesnya yang masih cukup manual, yaitu dengan memasukkan sosis ke dalam kemasan terlebih dahulu oleh 24 pekerja secara manual menggunakan tangan, kemudian sosis yang sudah berada di dalam kemasan tersebut dilakukan *vacuum* dan *sealing* pada mesin Vacuum. Proses pada stasiun kerja ini dapat dibagi menjadi dua, yaitu *manual filling* dan *vacuum*. *Manual filling* adalah pengisian sosis ke dalam kemasan secara manual oleh pekerja, sedangkan *vacuum* adalah proses *vacuum* dan *sealing* hasil kemasan yang sudah diisi oleh pekerja pada proses *manual filling*. Di antara *manual filling* dan *vacuum* terdapat area *work-in-process* di mana sosis hasil *manual filling* dikumpulkan terlebih dahulu dalam keranjang sebelum dipindahkan ke area *vacuum*.

Perusahaan memiliki dua mesin Vacuum, dengan mesin Vacuum 1 dikhususkan untuk produk yang pada jadwal produksinya dikonfigurasi pada lini manual 1, dan mesin Vacuum 2 dikhususkan untuk produk yang pada jadwal produksinya dikonfigurasi pada lini manual 2. Sebelum sosis dimasukkan ke dalam kemasan, dilakukan inspeksi terlebih dahulu untuk memastikan tidak ada kerusakan, terutama hasil proses *link cutting* seperti sosis yang isinya keluar dari *casing* akibat pemotongan yang kurang presisi. Sosis yang mengalami cacat seperti ini akan dilakukan proses *rework* dengan memisahkan sosis tersebut dan memproses ulang pada proses *grinding*. Setelah sosis sudah terbungkus dengan rapi, proses selanjutnya adalah pembekuan sosis pada stasiun kerja *freezing*. Berikut adalah *flowchart* dari stasiun kerja *manual packing*.

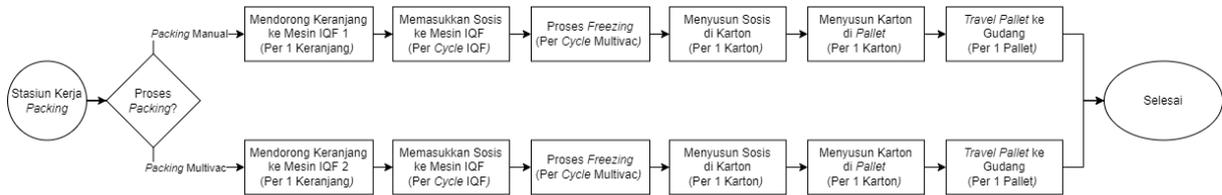


Gambar 4.11 *Flowchart* Stasiun Kerja *Manual Packing*

4.3.10 Model Konseptual Stasiun Kerja *Freezing*

Stasiun kerja *freezing* adalah stasiun kerja terakhir di mana sosis yang telah dikemas mengalami proses pembekuan agar dapat disimpan lebih lama di gudang. Proses pembekuan ini dilakukan menggunakan mesin IQF, yang memiliki konveyor berbentuk spiral. Produk berjalan melewati konveyor ini dan dibekukan selama 30 menit. Terdapat dua lini *freezing* sesuai dengan jumlah mesin IQF yang dimiliki, dengan mesin IQF 1 digunakan untuk produk

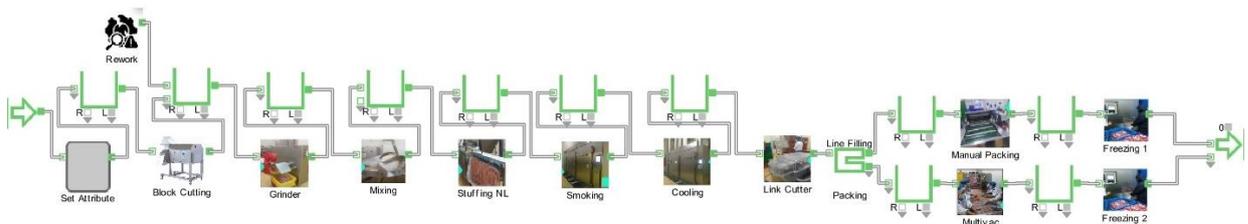
yang dikemas secara manual dan IQF 2 untuk produk yang dikemas menggunakan mesin Multivac. Setelah sosis beku, sosis dibungkus kembali per karton sebagai kemasan penyimpanan di gudang barang jadi dan diangkut menggunakan truck *pallet* dengan kapasitas 80 karton sekali angkut. Berikut adalah *flowchart* dari stasiun kerja *freezing*.



Gambar 4.12 Flowchart Stasiun Kerja Freezing

4.4 Pembuatan Model Simulasi Kondisi Eksisting

Pada subbab ini akan dijelaskan mengenai pembuat model simulasi kondisi eksisting pada *software* ExtendSim10. Berikut merupakan model simulasi kondisi eksisting lini produksi objek amatan yang terdiri dari 10 stasiun kerja yang berbeda yang dimulai dari stasiun kerja *frozen block cutting* hingga diakhiri pada stasiun kerja *freezing*.



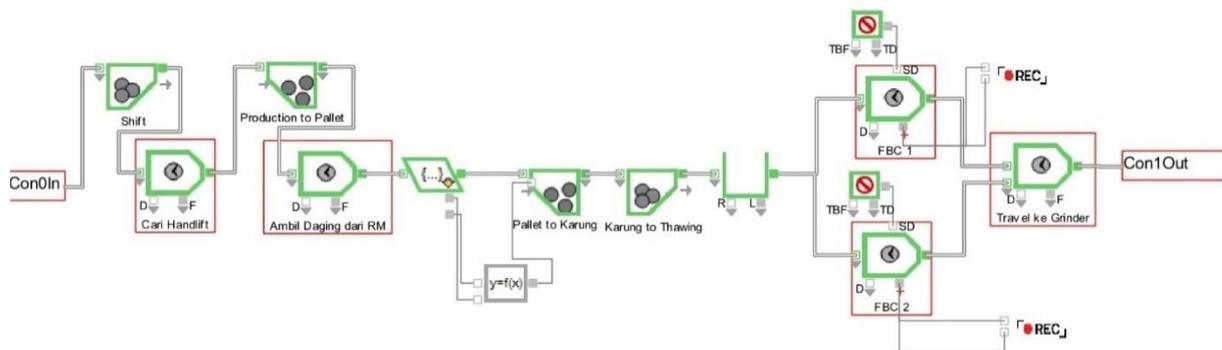
Gambar 4.13 Model Simulasi Keseluruhan Kondisi Eksisting Pada ExtendSim

Dapat dilihat pada gambar 4.13 terdapat 13 *hierarchical block* atau submodel yang dipakai untuk pemodelan simulasi kondisi eksisting pada lini produksi objek amatan. *Hierarchical block* ini merupakan fitur dari ExtendSim untuk melakukan *grouping* dari beberapa item untuk mempermudah proses pemodelan. Terdapat 13 *hierarchical block* yang mewakili 10 stasiun kerja yang berbeda dengan tambahan dengan stasiun kerja *freezing* yang dibagi menjadi dua menjadikan total 11 *hierarchical block* untuk semua stasiun kerja. *Hierarchical block* yang ke-12 dan ke-13 merupakan proses *rework* dan proses pemberian atribut ke dalam setiap item pada *software* ExtendSim untuk proses *batching*, *unbatching*, dan juga proses pemilihan alur produksi.

Software ExtendSim memiliki kelebihan dalam visualisasi dan juga *user interface* yang sangat interaktif. Dalam pembuatan model, pengaturan setiap *block* dilakukan dengan mengatur langsung pada *block* tersebut yang ketika kita klik *block* tersebut akan muncul semua pengaturan terkait *block* itu hingga hasilnya. Selain itu, fitur *hierarchical block* pada ExtendSim memudahkan dalam melakukan *grouping* beberapa *block* untuk memudahkan visualisasi dari model yang dibuat. Akan tetapi, *software* ini tidak memiliki *output report* ketika kita sudah selesai melakukan *running* dan beberapa hasil *running* harus disimpan satu per satu untuk setiap iterasinya. Hal ini membuat butuhnya waktu yang lebih lama untuk melakukan *running* dan menyimpan hasil *running*. Berikut ini dijelaskan mengenai pembuatan submodel di dalam setiap *hierarchical block* yang berjumlah 13 pada model simulasi lini produksi kondisi eksisting.

4.4.1 Submodel *Frozen Block Cutting*

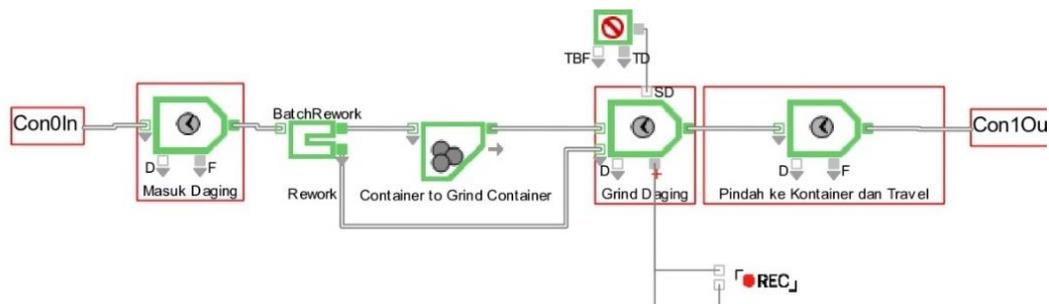
Pada pemodelan simulasi submodel *frozen block cutting*, dilakukan proses *batch* terlebih dahulu dengan mengelompokkan 3 item produksi menjadi satu *shift* untuk proses pengambilan *handlift* yang dilakukan per *shift*. Setelah itu, dilakukan proses *unbatch* kembali menjadi 3 item sesuai dengan jumlah produksi di tiap *shift* yang berjumlah tiga, yang dilakukan untuk proses pengambilan daging di gudang bahan baku, dengan aktivitas yang dilakukan per produksi. Selanjutnya, dilakukan proses *unbatch* berdasarkan jumlah *batch* dan jenis produknya untuk menentukan berapa karung yang digunakan dengan menggunakan *item get* untuk mendapatkan atribut tersebut. Kemudian, dilakukan perhitungan dengan *block equation* untuk proses *unbatch* sesuai dengan atribut yang ada. Setelah satuannya diubah menjadi karung, dilakukan *batch* per 2 karung untuk proses *thawing* pada mesin FBC yang memiliki kapasitas dua karung per mesin. *Queue* ditempatkan sebelum proses FBC untuk memastikan bahwa ketika ada mesin FBC yang kosong, mesin tersebut segera diisi. Terdapat dua *item process* untuk aktivitas FBC sesuai dengan jumlah mesinnya yang dihubungkan dengan *shutdown* untuk mensimulasikan proses *downtime* akibat perawatan masing-masing mesin FBC. *Item* terakhir merupakan *item process* untuk melakukan pengangkutan hasil *thawing* FBC ke submodel berikutnya, yaitu *grinding*. Berikut adalah submodel *frozen block cutting* pada model simulasi di ExtendSim.



Gambar 4.14 Submodel *Frozen Block Cutting*

4.4.2 Submodel *Grinding*

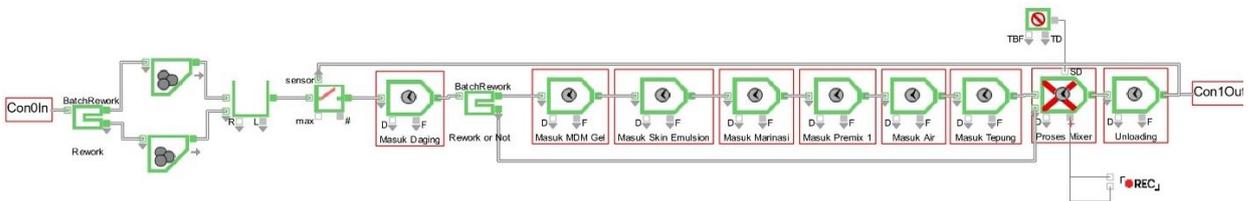
Pemodelan submodel *grinding* dimulai dengan memasukkan daging ke dalam mesin Grinder per kontainer hasil FBC. Selanjutnya, dilakukan *batch* dua kontainer ke dalam mesin Grinder, karena mesin tersebut mampu menampung dua kontainer. Namun, jika daging yang dimasukkan adalah hasil *rework*, maka tidak dilakukan *batch* karena kapasitas mesin Grinder hanya dapat menampung satu *batch* sosis *rework*. Proses *grinding* dikenakan *item shutdown* untuk mensimulasikan *downtime* sesuai dengan data TTF dan *downtime* yang telah diolah sebelumnya. Setelah proses *grinding* selesai, daging dipindahkan ke stasiun kerja berikutnya untuk proses *mixing*. Berikut adalah submodel *grinding* pada model simulasi di ExtendSim.



Gambar 4.15 Submodel *Grinding*

4.4.3 Submodel *Mixing*

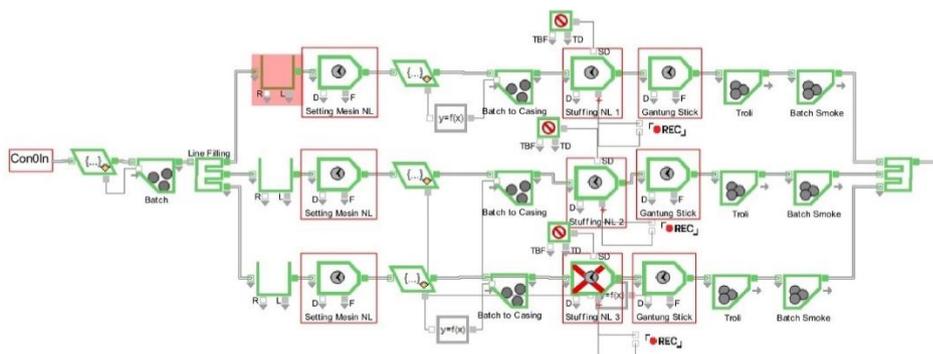
Pemodelan submodel *mixing* dimulai dengan pemisahan alur untuk produk *rework* atau *non-rework*. Mesin dapat menampung satu produksi untuk proses *non-rework*, tetapi untuk proses *rework*, mesin Mixer hanya diperbolehkan menampung satu *batch rework* saja. Setelah proses *batch*, produk dimasukkan ke dalam *queue* untuk antrean memasuki mesin Mixer. Kemudian, *item gate* ditempatkan dengan kondisi *area gating*, di mana hanya satu *item* yang boleh berada di area Mixer, karena proses *mixing* hanya boleh dilakukan untuk satu produk pada satu waktu. Selain itu, terdapat *item select item out* setelah proses memasukkan daging, di mana jika daging tersebut adalah hasil *rework*, maka langsung masuk ke proses *mixing*. Sementara untuk *non-rework*, akan ditambahkan bahan-bahan lainnya. Langkah terakhir adalah proses *unloading* dan pemindahan ke proses *stuffing* yang juga mengirim sinyal pada *item gate* agar dapat memasukkan *item* lain ke dalam mesin Mixer. Pada *item process* di proses *mixing*, diberi *item shutdown* untuk memodelkan *downtime* yang terjadi pada mesin Mixer. Berikut adalah submodel *mixing* pada model simulasi di ExtendSim.



Gambar 4.16 Submodel *Mixing*

4.4.4 Submodel *Stuffing*

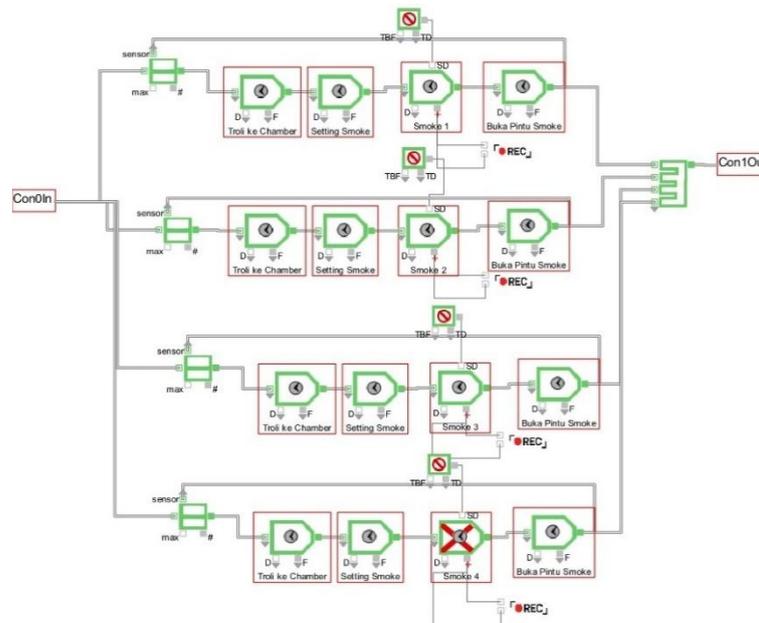
Pemodelan submodel *stuffing* diawali dengan proses *unbatch* berdasarkan jumlah *batch* untuk setiap produksi hasil *mixing*. Setelah itu, dilakukan pemilihan alur untuk ketiga lini *stuffing* berdasarkan atribut sesuai jadwal produksi: produk yang melalui lini manual 1 diproses pada lini *stuffing* 1, lini manual 2 pada lini *stuffing* 2, dan lini Multivac pada lini *stuffing* 3. Setelah itu, dilakukan proses *setting* mesin per *batch*, diikuti dengan proses *unbatch* dari satuan *batch* menjadi satuan *casing*. Proses *unbatch* ini disesuaikan dengan tiap produk menggunakan *item get* untuk mengambil atribut jenis produk, kemudian dilakukan perhitungan dengan *item equation* untuk menentukan jumlah *unbatch* dari 1 *batch* produk ke satuan *casing*. Setelah dalam satuan *casing*, dilakukan proses *stuffing* per *casing*, di mana proses ini juga dikenakan *shutdown* akibat *maintenance* mesin *Stuffing NL* yang digunakan. Sosis kemudian digantung pada troli yang kemudian dilakukan *batch* per troli sesuai dengan kuantitas *batch* berbeda-beda setiap produk yang diambil dari atribut *BatchTroli* yang sudah diatur pada *hierarchical block set attribute* di awal. Kemudian dilakukan *batch* dua troli menjadi satu untuk proses *smoking* dan *cooling* yang memiliki kapasitas 2 troli per mesin. Berikut adalah submodel *stuffing* pada model simulasi di ExtendSim.



Gambar 4.17 Submodel *Stuffing*

4.4.5 Submodel *Smoking*

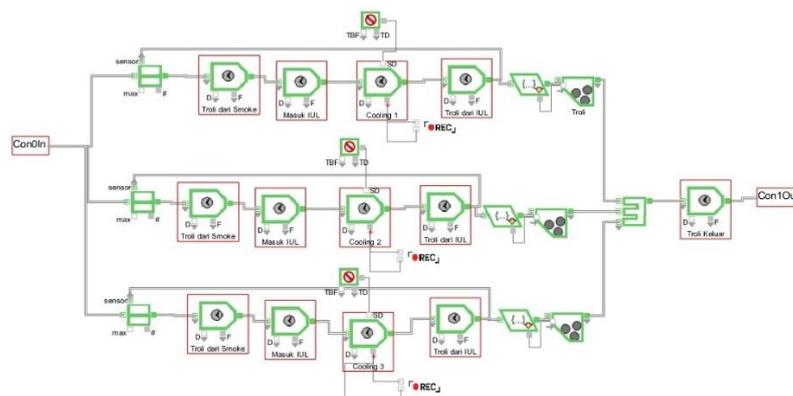
Pemodelan submodel *smoking* diawali dengan pemberian *gate* untuk setiap lini *smoking* yang berjumlah empat. *Gate* ini berfungsi untuk memastikan bahwa hanya ada satu *item* saja tiap mesinnya. Pada *item process* proses *smoking*, data yang dimasukkan sebagai input simulasi menggunakan *from a lookup table* dengan atribut jenis produk, untuk mengakomodasi waktu proses *smoking* yang berbeda-beda untuk setiap produk. Proses ini juga dikenai *item shutdown* akibat *downtime* dari setiap mesin *Smoker* yang dimiliki. Berikut adalah submodel *smoking* pada model simulasi di ExtendSim.



Gambar 4.18 Submodel *Smoking*

4.4.6 Submodel *Cooling*

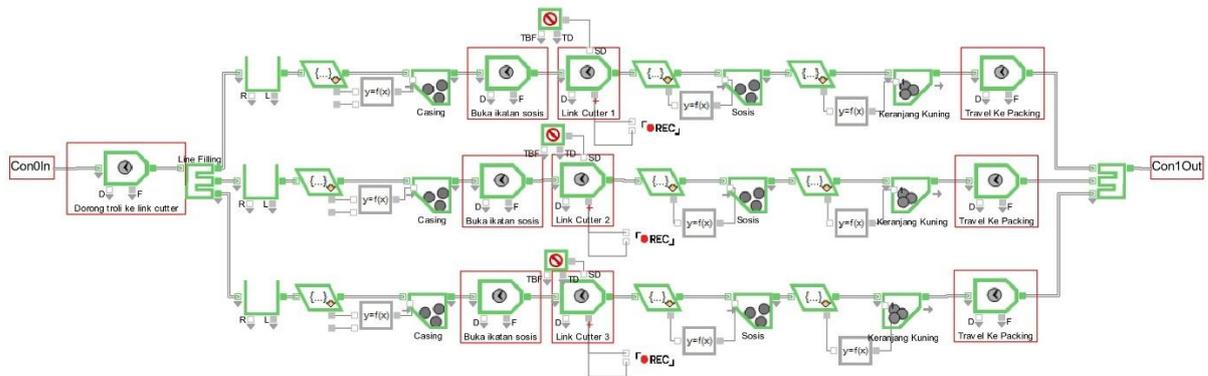
Pemodelan submodel *cooling* hampir mirip dengan submodel *smoking* hanya berbeda jumlah lini yang hanya tiga dan adanya proses *unbatch* di akhir. Proses *cooling* terjadi pada tiga lini *cooling* dengan konfigurasi bahwa jika ada lini yang kosong, troli langsung memasuki lini yang kosong. Proses *cooling* juga dikenai *item shutdown* untuk mensimulasikan *downtime* yang terjadi pada mesin *IUL*. Setelah proses pengeluaran sosis dari mesin *IUL*, dilakukan *unbatch* menjadi dua agar menjadi satuan troli lagi untuk diproses pada tahap selanjutnya, yaitu travel ke *link cutting* yang dilakukan per troli. Berikut adalah submodel *cooling* pada model simulasi di ExtendSim.



Gambar 4.19 Submodel *Cooling*

4.4.7 Submodel *Link Cutting*

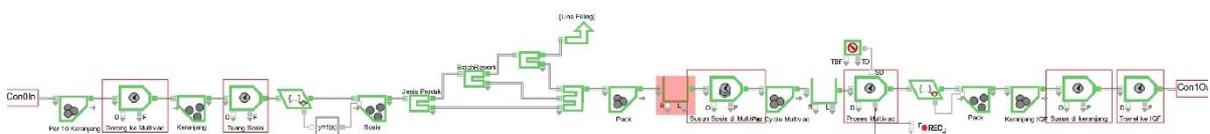
Pemodelan submodel *link cutting* dimulai dengan proses mendorong troli ke area *link cutting*, kemudian dipecah menjadi tiga sesuai dengan lini produksi yang telah ditetapkan pada jadwal produksi: *link cutting* 1 untuk manual 1, *link cutting* 2 untuk manual 2, dan *link cutting* 3 untuk Multivac. Setelah itu, dilakukan proses *unbatch* menjadi satuan *casing* yang berbeda-beda sesuai dengan jenis produknya dengan cara mengambil atribut jenis produk menggunakan *item get*, lalu dilakukan perhitungan dengan *equation* untuk menentukan jumlah *unbatch* agar menjadi satuan *casing* sosis. Setelah satuan berubah menjadi *casing*, langkah selanjutnya adalah membuka ikatan sosis dan memasukkannya ke dalam mesin Link Cutter. Proses *link cutting* dikenai *item shutdown* akibat perawatan mesin Link Cutter. Selanjutnya, dilakukan proses *unbatch* menjadi satuan sosis, kemudian *batch* kembali menjadi satuan keranjang sebagai satuan aktivitas untuk proses terakhir pada submodel ini, yaitu proses *travel* ke area *packing*. Berikut adalah submodel *link cutting* pada model simulasi di ExtendSim.



Gambar 4.20 Submodel *Link Cutting*

4.4.8 Submodel Multivac

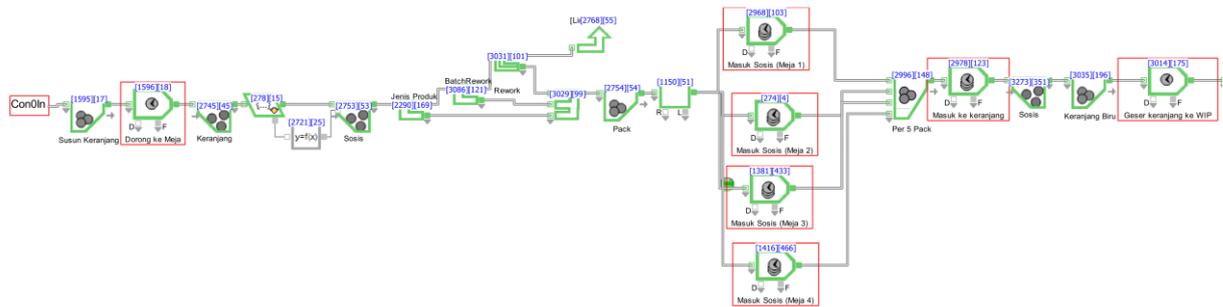
Pemodelan submodel Multivac dimulai dari *batch* sejumlah 10 *item* dikarenakan proses yang akan dilakukan adalah melakukan pemindahan keranjang ke depan mesin Multivac yang dilakukan per 10 keranjang. Setelah itu ada proses *unbatch* menjadi satuan sosis yang dilakukan *select item out* bertingkat untuk menentukan sosis yang *defect* dan harus dilakukan *rework* dengan tingkat pertama adalah jenis produk dengan produk yang memiliki *batch* kecil dianggap tidak ada *defect* dan tidak masuk ke proses *rework*. Tingkat yang kedua adalah apakah produk tersebut hasil *rework* atau bukan. Tingkat terakhir adalah pemilihan *item out* berdasarkan *random probability* dengan persentase sosis ke alur proses *rework* sebesar 2%. Setelah proses penentuan *rework*, selanjutnya dilakukan *batch* menjadi satuan *pack* sesuai dengan jumlah sosis per *pack*-nya yang sudah di-*set* pada atribut diawal. Setelah menjadi bentuk *pack*, sosis disusun pada mesin Multivac yang memiliki kapasitas 7 *pack* sesuai dengan jumlah pekerjanya. Setelah itu, dilakukan *batching* sesuai dengan jumlah *pack* per cycle Multivac yang berbeda-beda untuk setiap produknya. Proses *packing* dikenai *shutdown* akibat downtime mesin. Berikut adalah submodel Multivac pada model simulasi di ExtendSim.



Gambar 4.21 Submodel Multivac

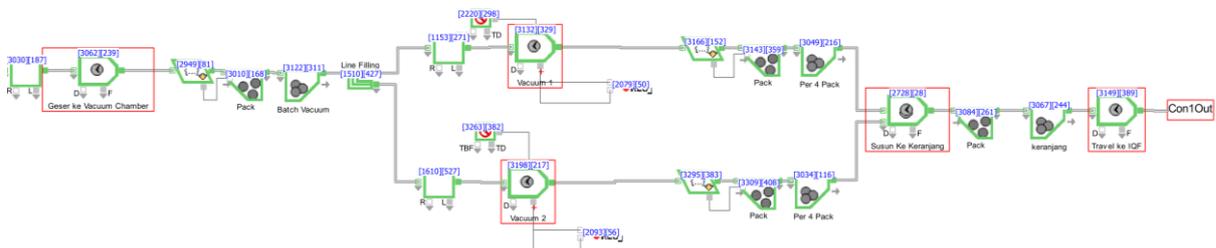
4.4.9 Submodel *Manual Packing*

Pemodelan submodel *manual packing* dapat dibagi menjadi dua proses utama yaitu memasukan sosis ke dalam *pack* secara manual atau disebut *manual filling* dan proses *vacuum*. Proses pertama sama seperti proses pada submodel Multivac hingga penentuan *rework*. Setelah proses penentuan *rework*, selanjutnya dilakukan *batch* menjadi satuan *pack* sesuai dengan jumlah sosis per *pack*-nya yang sudah di-*set* pada atribut diawal. Setelah itu, proses *manual filling* dilakukan dengan 4 meja yang tersedia dengan total kapasitas tiap meja 6 *pack* sesuai dengan jumlah pekerjanya. Setelah proses *manual filling*, hasil dari proses tersebut dilakukan *batch* per 5 *pack* sebagai satuan aktivitas untuk proses penyusunan pada keranjang. Langkah terakhir adalah melakukan *batching* per keranjang dan dilakukan proses pendorongan ke daerah *work-in-process*. Berikut merupakan submodel *manual packing* (*manual filling*) pada model simulasi di ExtendSim.



Gambar 4.22 Submodel *Manual Packing* (*Manual Filling*)

Setelah mencapai *work-in process*, dilanjutkan dengan proses *vacuum*. Proses ini dilakukan dengan membawa keranjang hasil *manual filling* ke area *vacuum*. Setelah itu, dilakukan *unbatch* menjadi satuan *pack* dan *batch* sesuai dengan jumlah *pack* per cycle *vacuum*. Setelah menjadi satuan aktivitas *cycle vacuum*, terdapat percabangan yang menentukan alur produksi sesuai dengan jadwal produksi di mana lini manual 1 ke mesin Vacuum 1 dan lini manual 2 ke mesin Vacuum 2. Proses *vacuum* dikenai *shutdown* akibat *downtime* mesin Vacuum akibat pemeliharaan mesin. Setelah proses *vacuum*, dilakukan *unbatch* per *pack* dan kemudian *batch* kembali per 4 *pack* untuk proses penyusunan pada keranjang. Setelah disusun, dilakukan *batch* per keranjang dan proses *travel* ke proses *freezing*. Berikut adalah submodel *manual packing* (*vacuum*) pada model simulasi di ExtendSim.

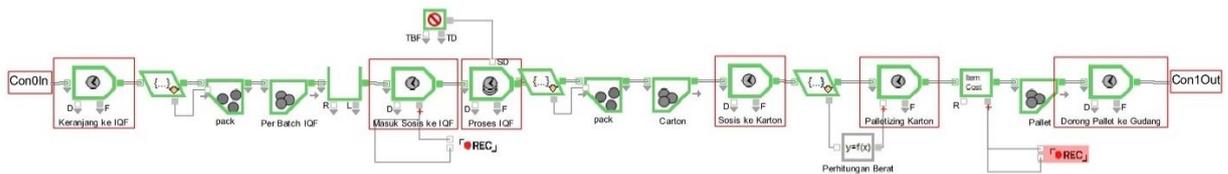


Gambar 4.23 Submodel *Manual Packing* (*Vacuum*)

4.4.10 Submodel *Freezing*

Pemodelan submodel *freezing* dimulai dengan mendorong keranjang ke mesin IQF, kemudian dilakukan *unbatch* menjadi satuan *pack* untuk proses *batch* per satuan *freezing*. Satuan *freezing* ini berbeda-beda untuk setiap produk dan dilakukan untuk memasukkan sosis ke dalam mesin IQF. Proses *freezing* memiliki kapasitas tak terbatas karena mesin ini dapat menampung sosis selama konveyornya masih berjalan. Proses ini berlangsung selama 30 menit dan dikenai *shutdown* untuk *maintenance* mesin IQF. Setelah itu, dilakukan *unbatch* ke

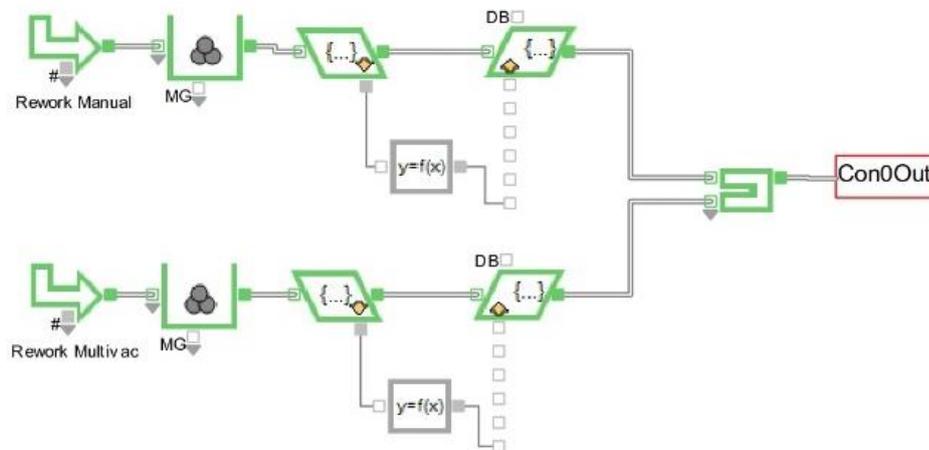
dalam bentuk *pack* dan kemudian *batch* per karton. Karton-karton tersebut kemudian disusun pada *pallet*, dengan biaya yang dihitung sesuai dengan berat bersih sosis di dalam karton menggunakan fitur *item cost* untuk menghitung *output* produksi. Langkah terakhir adalah melakukan *batch* sebanyak 80 karton menjadi satu *pallet* untuk dipindahkan ke gudang. Terdapat dua submodel *freezing* yang identik, dengan perbedaan bahwa *freezing* 1 menerima *item* dari submodel *manual packing*, sedangkan *freezing* 2 menerima *item* dari submodel Multivac. Berikut adalah submodel *freezing* pada model simulasi di ExtendSim.



Gambar 4.24 Submodel *Freezing*

4.4.11 Submodel *Rework*

Pemodelan submodel *rework* dimulai dari pengambilan *item* dari *throw item* pada submodel *manual packing* dan Multivac. Hasil *throw item* ini dilakukan *queue matching* dengan syarat menunggu hingga jumlahnya sampai satu *batch* kemudian dilakukan *batching* dan diberi atribut *rework* yang kemudian dimasukkan kedalam *queue* ke submodel *grinding*. Berikut merupakan submodel *rework* pada model simulasi di ExtendSim.



Gambar 4.25 Submodel *Rework*

4.5 Verifikasi, Replikasi, dan Validasi Model Simulasi

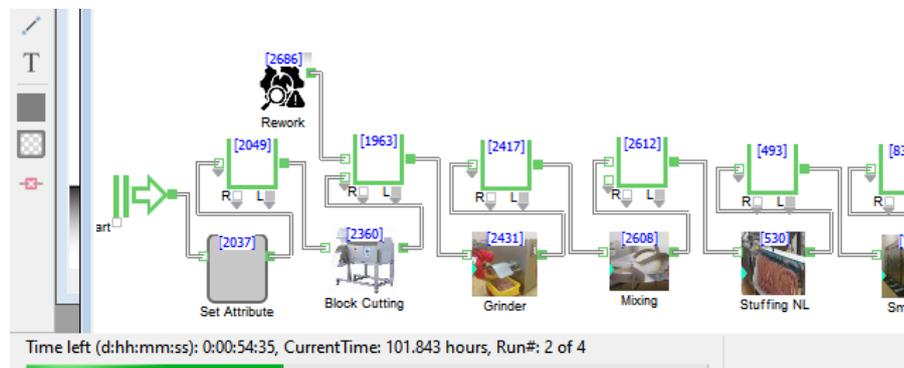
Tahapan selanjutnya setelah proses pembuatan model simulasi kondisi eksisting pada *software* simulasi adalah melakukan verifikasi, replikasi, dan validasi. Proses ini dilakukan agar model simulasi yang dibuat pada *software* dapat merepresentasikan sistem yang ada pada kondisi eksisting.

4.5.1 Verifikasi Model Simulasi Kondisi Eksisting

Verifikasi model simulasi dilakukan untuk menentukan apakah model simulasi yang dibuat sudah dapat merepresentasikan kondisi eksisting dari segi model konseptual serta tidak adanya *error* dalam model simulasi (Harrell et al., 2000). Verifikasi dibagi menjadi dua yaitu verifikasi *syntax* dan verifikasi *semantics*. Verifikasi *syntax* merupakan verifikasi model simulasi untuk mengecek tidak adanya *error* dalam pemodelan simulasi pada *software* simulasi yang membuat simulasi tidak dapat dijalankan, sedangkan verifikasi *semantics*

adalah verifikasi untuk mengecek tidak adanya kesalahan logika atau alur proses pada sistem sesuai dengan model konseptual yang sudah dibuat pada tahap sebelumnya.

Berikut merupakan hasil verifikasi *syntax* pada model simulasi kondisi eksisting. gambar 4.26 verifikasi *syntax* model simulasi kondisi eksisting menunjukkan bahwa tidak terjadi *error syntax* saat menjalankan simulasi kondisi eksisting pada *software* ExtendSim sehingga model dapat dijalankan.



Gambar 4.26 Verifikasi Syntax Model Simulasi Kondisi Eksisting

Verifikasi *semantics* dilakukan dengan mengecek secara animasi apakah logika yang dimiliki pada model simulasi dapat mencerminkan model konseptual yang sudah dibuat pada proses sebelumnya. Pengecekan *semantics* dilakukan untuk setiap submodel ketika simulasi sedang berjalan dengan mengaktifkan animasi dari simulasi dan melihat apakah animasi dari simulasi yang dibuat sudah sesuai dengan model konseptual yang sudah dibuat. Hasil dari pengecekan secara animasi didapatkan bahwa *item* bergerak sesuai dengan alur produksinya dan sesuai dengan apa yang ada pada model konseptual pada subbab sebelumnya. Oleh karena itu, model ini dapat dikatakan terverifikasi baik secara *syntax* maupun *semantics* yang dapat dilanjutkan ke proses selanjutnya yaitu penentuan jumlah replikasi.

4.5.2 Penentuan Jumlah Replikasi

Replikasi perlu dilakukan pada simulasi dikarenakan sifat dari simulasi yaitu *output*-nya bersifat *random*. Idealnya, replikasi dilakukan dengan sebanyak-banyaknya agar mengurangi variansi dari hasil simulasi. Akan tetapi semakin banyak replikasi, maka semakin lama waktu yang dibutuhkan juga dalam menjalankan simulasi tersebut. Terutama pada penelitian ini, model simulasi cukup kompleks yang membuat *running time* untuk satu kali replikasi dapat menghabiskan waktu kurang lebih 30 menit. Oleh karena itu, perlu adanya penentuan jumlah replikasi yang tepat agar replikasi dapat dikatakan cukup dan tidak perlu memakan waktu yang lama. Pada penelitian ini, percobaan replikasi dilakukan sebanyak lima replikasi terlebih dahulu untuk mengetahui apakah replikasi tersebut cukup atau memerlukan replikasi yang lebih banyak lagi. Berikut merupakan hasil *output* simulasi kondisi eksisting dengan replikasi sebanyak lima kali.

Tabel 4.24 Output Simulasi Kondisi Eksisting

Total Sosis (Ton)	Run 1	Run 2	Run 3	Run 4	Run 5
Hari Ke-1	11.29	12.75	14.51	15.28	12.07
Hari Ke-2	26.28	29.02	25.87	26.86	24.47
Hari Ke-3	28.01	26.52	25.64	23.53	27.83
Hari Ke-4	23.11	27.51	31.75	23.96	23.21
Hari Ke-5	27.64	25.81	32.69	29.32	28.02

Tabel 4.25 Output Simulasi Kondisi Eksisting (Lanjutan)

Total Sosis (Ton)	Run 1	Run 2	Run 3	Run 4	Run 5
Hari Ke-6	19.84	25.79	24.37	21.27	25.36
Hari Ke-7	33.91	28.06	32.94	29.59	30.50
Hari Ke-8	29.1644	27.3934	31.8034	26.3794	31.6937
Hari Ke-9	22.8253	23.036	9.2074	28.1986	24.0702
Hari Ke-10	11.143	12.675	10.562	6.344	11.163
Hari Ke-11	5.746	0	0	6.906	0.365
Total	238.9751	238.5611	239.3461	237.6431	238.7501
Rata-Rata	238.6551				
Standar Deviasi	0.636766441				

Dari tabel 4.24 dan 4.25 *output* simulasi kondisi eksisting dapat diketahui rata-rata *output* pada simulasi adalah sebesar 238.66 Ton dengan standar deviasi 0.64 Ton. Dari data tersebut dapat diketahui nilai *hw* (*half width*) yang dapat dihitung menggunakan rumus berikut.

$$hw = \frac{(T_{n-1,\alpha/2})S}{\sqrt{n}} = \frac{2.776445 \times 0.64}{\sqrt{4}} = 0.353589413$$

Didapatkan dari perhitungan bahwa *half width* sebesar 0.3536 dan selanjutnya dibandingkan dengan nilai *absolute error* (*beta*) yakni sebesar 5% dikalikan dengan rata-rata *output* yaitu sebesar 11.9328. Dikarenakan nilai *hw* lebih kecil dibandingkan dengan *beta*, maka replikasi dapat dikatakan cukup dan dapat dilanjutkan pada proses selanjutnya.

4.5.3 Validasi Model Simulasi Kondisi Eksisting

Validasi model simulasi dilakukan untuk mengetahui apakah model simulasi yang telah dibuat dapat merepresentasikan kondisi aktual dari sistem tersebut atau tidak. Validasi ini dilakukan terhadap variabel respon yang pada penelitian ini akan divalidasi terhadap variabel *output* simulasi per-hari dan per lini *packing*. Berikut merupakan hasil *output* simulasi perharinya jika dibandingkan dengan kondisi eksisting yang terjadi pada sistem.

Tabel 4.26 Hasil Output Simulasi Dibandingkan Kondisi Eksisting

Output (Ton)	Manual		Multivac		Total	
	Simulasi	Eksisting	Simulasi	Eksisting	Simulasi	Eksisting
Hari Ke-1	7.71306	5.8	5.46684	8.8	13.1799	14.6
Hari Ke-2	13.31238	15.8	13.189	12.8	26.50138	28.6
Hari Ke-3	13.27374	10.5	13.03206	10.3	26.3058	20.8
Hari Ke-4	18.73878	16.5	7.17078	9	25.90956	25.5
Hari Ke-5	18.242	16.9	10.45512	9.3	28.69712	26.2
Hari Ke-6	16.86544	20.1	6.46032	7.2	23.32576	27.3
Hari Ke-7	18.0808	14.9	12.91962	9.2	31.00042	24.1
Hari Ke-8	16.9418	19.5	12.34506	12.1	29.28686	31.6
Hari Ke-9	17.7682	17.1	3.6993	6.2	21.4675	23.3
Hari Ke-10	10.3774	14.3			10.3774	14.3
Hari Ke-11	2.6034	3.2			2.6034	3.2

Proses validasi dilakukan menggunakan t-Test: *paired two sample for means* dengan bantuan *data analysis* pada Microsoft Excel. Hasil dapat dikatakan tervalidasi ketika P-Value dari T *two-tail* lebih besar daripada 0.05. Berikut merupakan hasil t-Test untuk *output* pada lini manual.

t-Test: Paired Two Sample for Means		
Manual		
	<i>Simulasi</i>	<i>Existing</i>
Mean	13.99245455	14.05454545
Variance	27.16987789	29.19672727
Observations	11	11
Pearson Correlation	0.880594471	
Hypothesized Mean Difference	0	
df	10	
t Stat	-0.079189574	
P(T<=t) one-tail	0.469222055	
t Critical one-tail	1.812461123	
P(T<=t) two-tail	0.93844411	
t Critical two-tail	2.228138852	

Gambar 4.27 Hasil t-Test Output Lini Manual

Dapat dilihat pada gambar 4.27 bahwa P-value *two-tail* bernilai 0.9384 atau lebih besar daripada 0.05 yang menandakan bahwa tidak ada perbedaan antara simulasi dengan kondisi aktual atau dapat dibilang lini manual sudah tervalidasi. Berikut merupakan hasil t-Test untuk *output* pada lini Multivac.

t-Test: Paired Two Sample for Means		
Multivac		
	<i>Simulasi</i>	<i>Existing</i>
Mean	9.415344444	9.433333333
Variance	13.91243897	4.4125
Observations	9	9
Pearson Correlation	0.817638917	
Hypothesized Mean Difference	0	
df	8	
t Stat	-0.022985589	
P(T<=t) one-tail	0.491112376	
t Critical one-tail	1.859548038	
P(T<=t) two-tail	0.982224751	
t Critical two-tail	2.306004135	

Gambar 4.28 Hasil t-Test Output Lini Multivac

Dapat dilihat pada gambar 4.28 bahwa P-value *two-tail* bernilai 0.9822 atau lebih besar daripada 0.05 yang menandakan bahwa tidak ada perbedaan antara simulasi dengan kondisi aktual pada lini Multivac. Berikut merupakan hasil t-Test untuk *output* keseluruhan.

t-Test: Paired Two Sample for Means		
Total Produksi		
	<i>Simulasi</i>	<i>Exsisting</i>
Mean	21.69591818	21.77272727
Variance	82.3175459	66.81618182
Observations	11	11
Pearson Correlation	0.917171046	
Hypothesized Mean Difference	0	
df	10	
t Stat	-0.07040138	
P(T<=t) one-tail	0.4726311	
t Critical one-tail	1.812461123	
P(T<=t) two-tail	0.945262201	
t Critical two-tail	2.228138852	

Gambar 4.29 Hasil t-Test *Output* Keseluruhan

Dapat dilihat pada gambar 4.29 bahwa P-value *two-tail* bernilai 0.9452 atau lebih besar daripada 0.05 yang menandakan bahwa tidak ada perbedaan antara simulasi dengan kondisi aktual pada *output* secara keseluruhan sistem produksi. Oleh karena itu, dari ketiga hasil t-Test yang sudah dilakukan, simulasi ini dapat dikatakan tervalidasi dan dapat dilanjutkan ke proses selanjutnya.

BAB 5

SKENARIO PERBAIKAN DAN ANALISIS

Pada bab ini akan dibahas mengenai analisis *bottleneck* kondisi eksisting, serta eksperimentasi yang dilakukan yang terdiri dari perancangan skenario perbaikan, analisis dari setiap skenario serta pemilihan skenario terbaik, dan analisis biaya.

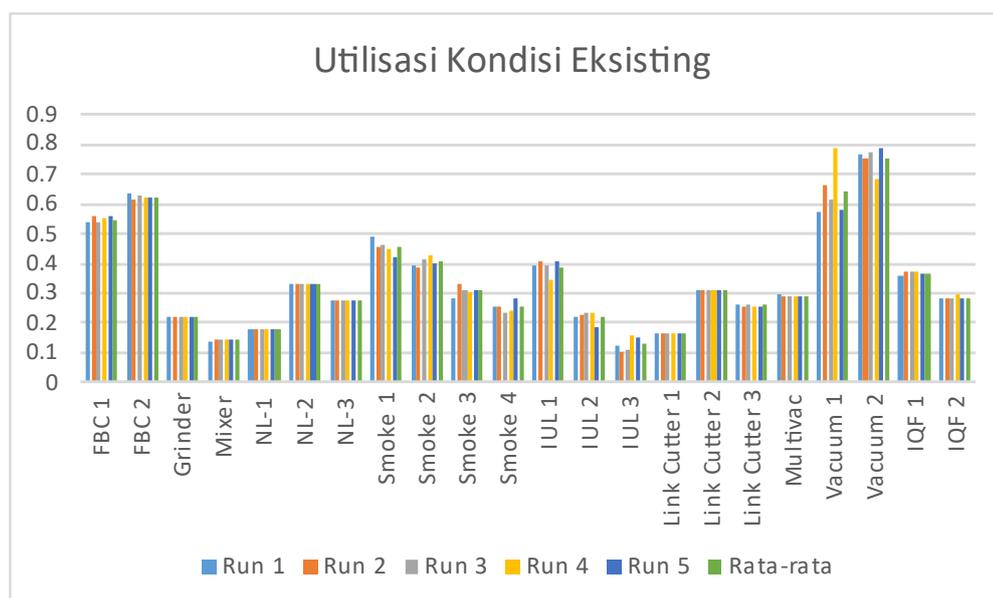
5.1 Analisis *Bottleneck* Kondisi Eksisting

Setelah model simulasi kondisi eksisting telah berhasil dibuat, dilakukan analisis hasil dari simulasi yang telah dilakukan. Analisis ini adalah analisis untuk mengetahui proses mana yang terjadi *bottleneck* sehingga dapat melakukan fokus perbaikan pada proses yang terindikasi sebagai *bottleneck*. Pada kondisi lapangan, terdapat penumpukan yang bervariasi pada proses *packing* dan perlu validasi apakah benar proses tersebut merupakan *bottleneck*. Dilakukan simulasi kondisi eksisting sebanyak 5 kali replikasi pada *software* ExtendSim dengan lama waktu simulasi selama 264 jam atau 11 hari dikarenakan lama waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan jadwal produksi 7 hari pada kondisi nyata adalah selama 11 hari. Hal yang dianalisis adalah setiap mesin yang dimiliki oleh perusahaan, dikarenakan mesin-mesin tersebut adalah alat untuk proses-proses yang merupakan *value added activity* (VA) yang menambahkan nilai tambah pada barang yang diproses selama proses produksi berlangsung. Indikator yang dilihat dalam analisis hasil adalah utilisasi setiap mesin yang digunakan, dan rata-rata panjang antrian. Berikut merupakan hasil utilisasi dari setiap mesin yang dimiliki oleh proses produksi pada simulasi kondisi eksisting pada *software* ExtendSim.

Tabel 5.1 Hasil Utilisasi Simulasi Kondisi Eksisting

Utilisasi	Run 1	Run 2	Run 3	Run 4	Run 5	Rata-rata
FBC 1	0.538459163	0.560185	0.538515	0.55	0.55797	0.549026
FBC 2	0.63808179	0.615651	0.630761	0.622463	0.621463	0.625684
Grinder	0.218664936	0.218774	0.21837	0.219389	0.221139	0.219267
Mixer	0.140151515	0.142316	0.143939	0.142045	0.142045	0.1421
NL-1	0.175514215	0.175899	0.176021	0.175959	0.175419	0.175763
NL-2	0.329660675	0.329118	0.330527	0.329296	0.330588	0.329838
NL-3	0.273138528	0.273288	0.274713	0.273355	0.274177	0.273734
Smoke 1	0.48912507	0.455833	0.464205	0.446149	0.422096	0.455481
Smoke 2	0.394570707	0.384407	0.416919	0.430997	0.403535	0.406086
Smoke 3	0.284722222	0.327715	0.309596	0.300442	0.312563	0.307008
Smoke 4	0.251957071	0.256455	0.232323	0.241982	0.280619	0.252667
IUL 1	0.393939394	0.407197	0.395833	0.342803	0.405303	0.389015
IUL 2	0.221590909	0.227273	0.234848	0.234848	0.185606	0.220833
IUL 3	0.121212121	0.104167	0.109848	0.160985	0.147727	0.128788
Link Cutter 1	0.164858817	0.165239	0.165247	0.165421	0.164844	0.165122
Link Cutter 2	0.309124808	0.30995	0.310703	0.30932	0.310143	0.309848
Link Cutter 3	0.259496646	0.256759	0.262313	0.256583	0.256814	0.258393
Multivac	0.293383588	0.290564	0.292465	0.290564	0.290572	0.29151
Vacuum Manual 1	0.575526269	0.665535	0.612152	0.791745	0.582293	0.64545
Vacuum Manual 2	0.767164438	0.756264	0.772343	0.682814	0.789958	0.753709
IQF 1	0.361222146	0.372412	0.369617	0.374629	0.367733	0.369123
IQF 2	0.279408	0.283842	0.281739	0.299554	0.283292	0.285567

Berikut merupakan grafik dari utilisasi kondisi eksisting pada setiap mesin yang dimiliki oleh perusahaan.



Gambar 5.1 Grafik Utilisasi Simulasi Kondisi Eksisting

Dapat dilihat pada gambar 5.1 grafik utilisasi simulasi kondisi eksisting, bahwa proses utilisasi terbesar ada pada mesin FBC 1, FBC 2, *vacuum manual* 1, dan *vacuum manual* 2. Akan tetapi, hasil ini masih cukup bias dikarenakan utilitas dihitung menggunakan lama periode waktu aktif setiap mesin dibagi dengan 264 jam atau 11 hari, sedangkan produk yang terakhir diproduksi berbeda-beda waktunya setiap *run*. Oleh karena itu, perlu ada normalisasi hasil utilisasi dengan membagi hasilnya dengan waktu terakhir produk diproduksi lalu dikali dengan 264 jam agar mendapatkan utilisasi yang ternormalisasi. Berikut merupakan utilisasi simulasi kondisi eksisting yang sudah dinormalisasi.

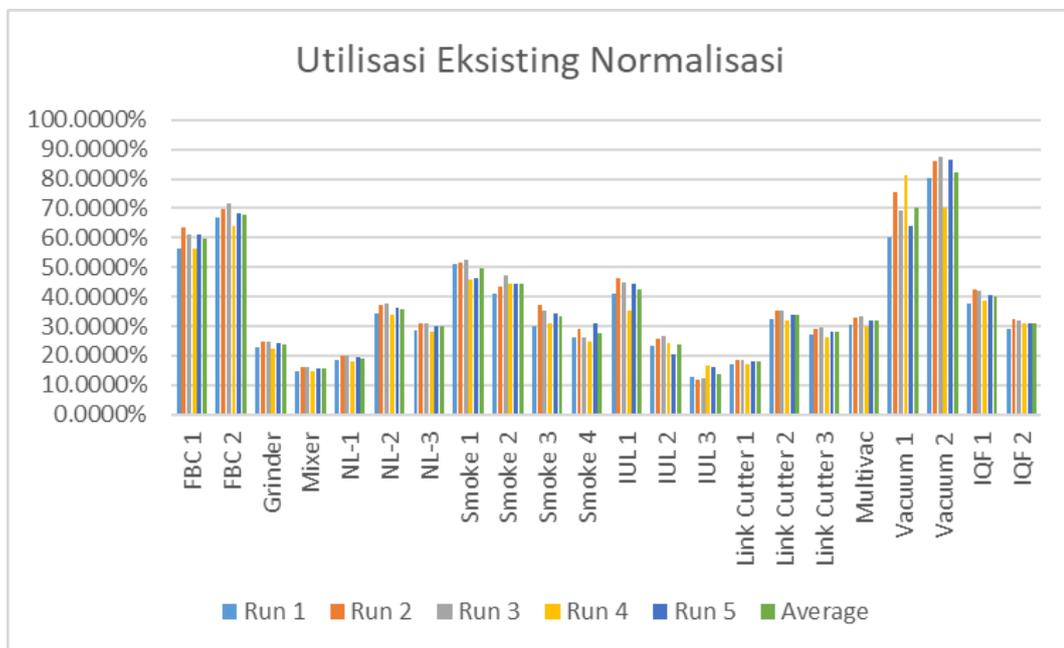
Tabel 5.2 Hasil Normalisasi Utilisasi Simulasi Kondisi Eksisting

Utilisasi	Run 1	Run 2	Run 3	Run 4	Run 5	Rata-rata
FBC 1	56.2860%	63.5605%	61.0302%	56.4469%	61.1995%	59.7046%
FBC 2	66.6998%	69.8539%	71.4844%	63.8838%	68.1635%	68.0171%
Grinder	22.8574%	24.8229%	24.7480%	22.5160%	24.2550%	23.8399%
Mixer	14.6503%	16.1477%	16.3127%	14.5782%	15.5799%	15.4538%
NL-1	18.3468%	19.9581%	19.9485%	18.0588%	19.2404%	19.1105%
NL-2	34.4600%	37.3429%	37.4588%	33.7959%	36.2597%	35.8634%
NL-3	28.5516%	31.0082%	31.1334%	28.0546%	30.0724%	29.7640%
Smoke 1	51.1291%	51.7204%	52.6085%	45.7886%	46.2965%	49.5086%
Smoke 2	41.2451%	43.6161%	47.2497%	44.2336%	44.2607%	44.1210%
Smoke 3	29.7625%	37.1836%	35.0867%	30.8346%	34.2827%	33.4300%
Smoke 4	26.3375%	29.0982%	26.3293%	24.8348%	30.7789%	27.4758%
IUL 1	41.1791%	46.2020%	44.8600%	35.1821%	44.4546%	42.3756%
IUL 2	23.1633%	25.7872%	26.6155%	24.1027%	20.3577%	24.0053%
IUL 3	12.6705%	11.8191%	12.4492%	16.5220%	16.2031%	13.9328%

Tabel 5.3 Hasil Normalisasi Utilisasi Simulasi Kondisi Eksisting (Lanjutan)

Utilisasi	Run 1	Run 2	Run 3	Run 4	Run 5	Rata-rata
Link Cutter 1	17.2330%	18.7486%	18.7275%	16.9773%	18.0804%	17.9534%
Link Cutter 2	32.3133%	35.1680%	35.2121%	31.7457%	34.0172%	33.6913%
Link Cutter 3	27.1256%	29.1328%	29.7280%	26.3332%	28.1680%	28.0975%
Multivac	30.6679%	32.9684%	33.1452%	29.8208%	31.8707%	31.6946%
Vacuum Manual 1	60.1607%	75.5139%	69.3754%	81.2574%	63.8673%	70.0350%
Vacuum Manual 2	80.1930%	85.8083%	87.5301%	70.0777%	86.6445%	82.0507%
IQF 1	37.7592%	42.2552%	41.8889%	38.4484%	40.3338%	40.1371%
IQF 2	29.2070%	32.2057%	31.9296%	30.7434%	31.0721%	31.0316%
Max Time Output (Jam)	252.555	232.674	232.947	257.233	240.695	

Berikut merupakan grafik dari utilisasi kondisi eksisting pada setiap mesin yang dimiliki oleh Perusahaan yang sudah dinormalisasi.



Gambar 5.2 Grafik Normalisasi Utilisasi Simulasi Kondisi Eksisting

Dapat dilihat dari gambar 5.2 bahwa ada 4 mesin yang mempunyai utilisasi yang cukup besar yaitu mesin FBC, dan mesin *vacuum manual*. Tentunya proses, *bottleneck* terjadi hanya pada satu proses saja sehingga perlu adanya analisis *bottleneck* lanjutan terhadap utilisasi ini untuk mengetahui letak *bottleneck* pada lini produksi objek amatan. Oleh karena itu, metode *average active period* dapat digunakan dengan menghitung total lama mesin beroperasi dibagi dengan banyaknya periode aktif dari mesin. Hal ini dilakukan karena proses yang *bottleneck* memiliki ciri-ciri banyaknya penumpukan yang menyebabkan proses tersebut selalu bekerja tanpa henti, sedangkan untuk proses yang frekuensi berhentinya banyak akan ter-*punish* lebih besar dengan pembagi yang lebih besar. Rumus dari *average active period* adalah sebagai berikut.

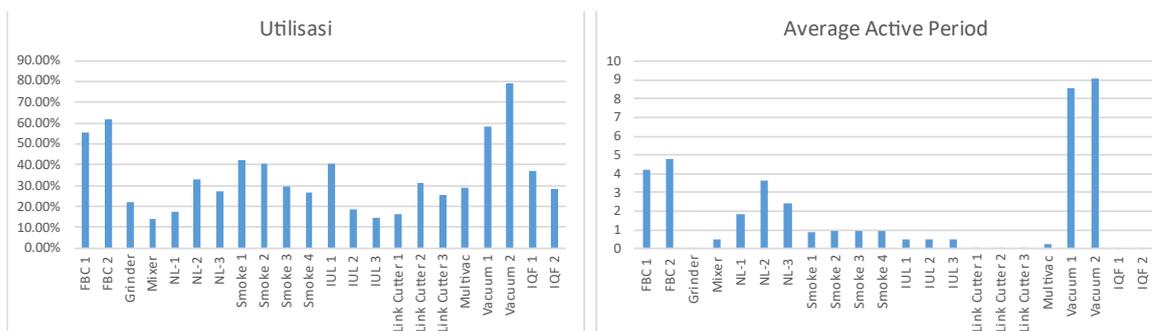
$$\bar{a}_i = \frac{\sum_{j=1}^n a_{i,j}}{n}$$

Melalui perhitungan rumus diatas, dapat ditentukan proses yang mengalami *bottleneck* adalah proses yang memiliki nilai *average active period* yang paling besar. Berikut merupakan hasil perhitungan dari metode *average active period* terhadap hasil simulasi kondisi eksisting pada setiap mesin di lini produksi objek amatan.

Tabel 5.4 Hasil Perhitungan Average Active Period Simulasi Kondisi Eksisting

Mesin	Total Waktu Periode Aktif	Jumlah Periode Aktif	Utilisasi	Average Active Period
FBC 1	146.8132	35	55.61%	4.1946626
FBC 2	163.5428	34	61.95%	4.810080912
Grinder	57.6000	811	21.82%	0.071023482
Mixer	37.5004	74	14.20%	0.506762162
NL-1	46.3005	25	17.54%	1.85202
NL-2	87.2673	24	33.06%	3.636138333
NL-3	72.0403	30	27.29%	2.401342333
Smoke 1	111.4359	127	42.21%	0.877448031
Smoke 2	106.5329	117	40.35%	0.910537692
Smoke 3	78.4980	85	29.73%	0.923505412
Smoke 4	71.0378	75	26.91%	0.947171067
IUL 1	107.0000	218	40.53%	0.490825688
IUL 2	49.0011	101	18.56%	0.485158911
IUL 3	38.7429	77	14.68%	0.503154805
Link Cutter 1	43.5172	9551	16.48%	0.004556302
Link Cutter 2	81.8692	17992	31.01%	0.004550312
Link Cutter 3	67.8450	14872	25.70%	0.004561926
Multivac	76.7092	337	29.06%	0.22762362
Vacuum 1	153.6490	18	58.20%	8.536055556
Vacuum 2	208.4047	23	78.94%	9.061075217
IQF 1	97.0831	2271	36.77%	0.042749031
IQF 2	74.3236	1428	28.15%	0.052047304

Dapat dilihat dari tabel bahwa nilai *vacuum* 1 dan 2 sekarang jauh lebih tinggi dibandingkan dengan FBC 1 dan 2. Hal ini dikarenakan proses *vacuum* memiliki jumlah periode aktif yang lebih sedikit hampir setengah dari proses FBC yang membuat proses FBC *ter-punish* lebih mengecil dikarenakan pembagi yang berupa jumlah periode aktif yang lebih banyak. Berikut merupakan perbandingan grafik dari utilisasi kondisi eksisting menggunakan utilisasi biasa dan juga menggunakan *average active period*.



Gambar 5.3 Grafik Perbandingan Utilisasi dengan Average Active Period

Pada gambar 5.3 grafik perbandingan utilisasi dengan *average active period* ditemukan bahwa *bottleneck* jauh lebih dapat dilihat menggunakan metode *average active period* dibandingkan dengan membandingkan utilisasi secara biasa. Hal ini disebabkan penumpukan di area *vacuum* terjadi sangat banyak yang membuat sedikit sekali adanya istirahat pada mesin tersebut yang membuat mesin tersebut mempunyai jumlah periode aktivitas yang sangat sedikit. Berbeda dengan proses FBC yang karena berada di hulu sehingga memiliki jumlah frekuensi istirahat yang lebih sering yang membuat hasil jumlah periode aktifnya lebih banyak dan mem-*punish* utilisasi menjadi lebih kecil dikarenakan pembagi yang lebih besar.

Selain menggunakan metode *average active period*, *bottleneck* dapat dicari dengan melihat antrian dari suatu lini produksi. Semakin banyak penumpukan atau panjang antriannya, maka proses tersebut dapat disebut dengan proses yang mengalami *bottleneck* (Banks et al., 2005). Proses yang dilihat panjang antriannya adalah proses di setiap stasiun kerja dengan melihat alur antriannya. Pada proses FBC terdapat dua utilisasi tapi hanya satu antrian karena dua mesin FBC tersebut berada pada antrian yang sama. Hal ini berlaku pada proses FBC, *smoking*, dan *cooling* Berikut merupakan hasil dari simulasi model eksisting rata-rata panjang antrian untuk setiap proses pada lini produksi.

Tabel 5.5 Rata-Rata Panjang Antrian Setiap Proses Kondisi Eksisting

Rata-Rata Panjang Antrian	Run 1	Run 2	Run 3	Run 4	Run 5	Rata-Rata
FBC	90.65	91.98	144.27	115.44	100.28	108.52
Grinder	0.09	0.01	0.01	0.05	0.01	0.03
Mixer	0.03	0.05	0.05	0.02	0.04	0.04
NL-1	1.46	1.47	1.21	1.30	1.81	1.45
NL-2	2.36	2.38	3.05	2.63	3.21	2.73
NL-3	1.72	2.65	2.42	1.69	2.40	2.18
Smoke	0.33	0.82	0.35	0.39	0.36	0.45
IUL	0.09	0.15	0.09	0.11	0.04	0.10
Link Cutter 1	0.40	0.70	0.57	0.94	0.61	0.64
Link Cutter 2	1.13	1.06	2.16	1.61	1.69	1.53
Link Cutter 3	1.47	1.27	1.06	1.39	2.45	1.53
Multivac	213.66	144.83	247.98	189.58	279.22	215.05
Vacuum 1	884.20	1754.54	575.99	1251.74	610.94	1015.48
Vacuum 2	2075.57	931.24	1575.58	955.51	1535.19	1414.62
IQF 1	689.17	447.68	176.40	561.16	292.69	433.42
IQF 2	248.70	113.80	213.72	133.98	185.94	179.23

Pada tabel 5.5 rata-rata panjang antrian setiap proses kondisi eksisting dapat dilihat bahwa nilai tertinggi berada pada proses *vacuum 2* diikuti oleh *vacuum 1*. Hal ini menunjukkan bahwa terjadi penumpukan yang cukup besar sepanjang simulasi berjalan pada proses *manual packing* yang menjadi indikator bahwa proses tersebut merupakan proses yang terjadi *bottleneck* pada lini produksi.

Dari hasil analisis baik melihat secara utilisasi yang dilanjut dengan menggunakan metode *average active period*, dapat disimpulkan memang ada proses yang mengalami *bottleneck*. Proses yang mengalami *bottleneck* adalah proses *vacuum 1* dan *vacuum 2* yang dapat dilihat dari utilisasi yang cukup tinggi dan *average active period* yang jauh lebih tinggi

daripada proses-proses lainnya. Oleh karena itu, langkah selanjutnya adalah dengan melakukan eksperimentasi pembuatan skenario perbaikan yang berfokus pada proses *vacuum* atau pada stasiun kerja *manual packing* untuk mengatasi adanya *bottleneck* yang ada pada sistem produksi.

5.2 Eksperimentasi

Pada subbab ini akan dijelaskan mengenai eksperimentasi yang dilakukan dengan membuat skenario-skenario perbaikan dengan tujuan untuk dapat meningkatkan luaran dari proses produksi. Eksperimentasi ini berfokus pada proses yang mengalami *bottleneck* yang didapat pada subbab sebelumnya yaitu pada stasiun kerja *manual packing* terutama pada proses *vacuum*. Indikator yang diperhatikan sebagai hasil dari eksperimentasi ini adalah luaran yang dapat dihasilkan dan juga utilitas sebagai upaya peningkatan efisiensi pada lini produksi perusahaan.

5.2.1 Perancangan Skenario Perbaikan

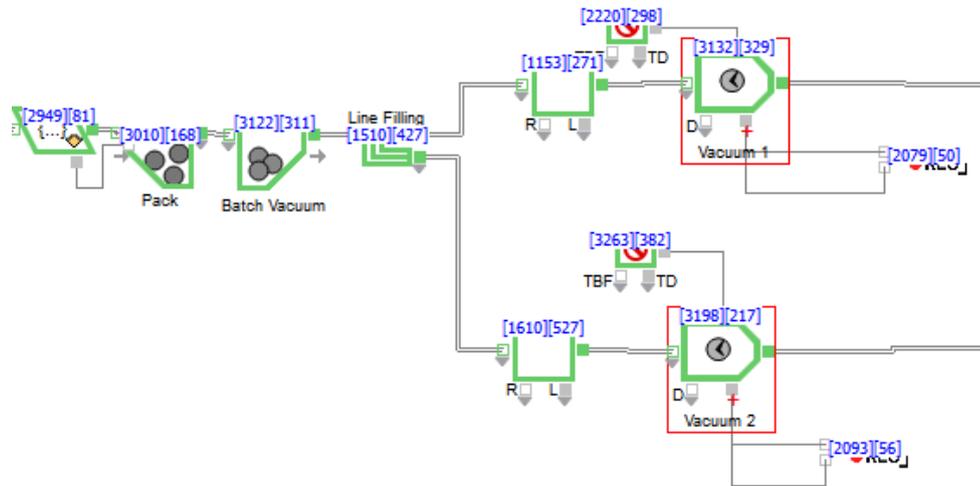
Pembuatan skenario perbaikan pada permasalahan pada simulasi kali ini dilakukan dengan berfokus pada stasiun kerja letak terjadi *bottleneck* yaitu pada stasiun kerja *manual packing*. Input dari *manual packing* didapat dari proses *link cutting* terutama pada lini *link cutting* 1 dan 2. Hasil dari *link cutting* tersebut kemudian dilakukan proses *manual filling* yaitu proses memasukkan sosis ke dalam *packaging* yang dilakukan oleh 24 orang pada 4 meja yang berbeda. Setelah sosis telah dimasukkan ke dalam *packaging*, langkah selanjutnya adalah menumpuk hasil *packing* sosis ke dalam keranjang untuk dipindahkan ke proses selanjutnya yaitu proses *vacuum*. Sosis yang dijadwalkan diproduksi pada lini manual 1 akan diproses pada mesin Vacuum 1 begitu juga untuk lini manual 2 akan diproses pada mesin Vacuum 2. Proses *vacuum* ini memakan waktu rata-rata selama 41 detik setiap *cycle vacuum* yang setiap *cycle*-nya memiliki kuantitas *pack* yang berbeda-beda setiap produknya. Berikut merupakan perhitungan waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan proses *vacuum* sesuai dengan jadwal produksi yang ada.

Tabel 5.6 Waktu Yang Dibutuhkan Pada Proses Vacuum

SKU	Batch		Waktu yang Dibutuhkan (Jam)	
	Vacuum 1	Vacuum 2	Vacuum 1	Vacuum 2
BF SA SP 200	60	-	54.16	-
BU SA X 950	-	294	-	199.86
BU SA XX 950	70	-	46.81	-
BU SA XX 345	20	-	24.07	-
BB SA F 300	12	-	4.46	-
BB SA F K 300	12	-	4.46	-
BU SB 475	68	-	22.73	-
BU SB S 475	28	-	10.14	-
BF CC 190	8	-	4.75	-
BF CC 400	8	-	3.34	-
Total (Jam)			174.93	199.86

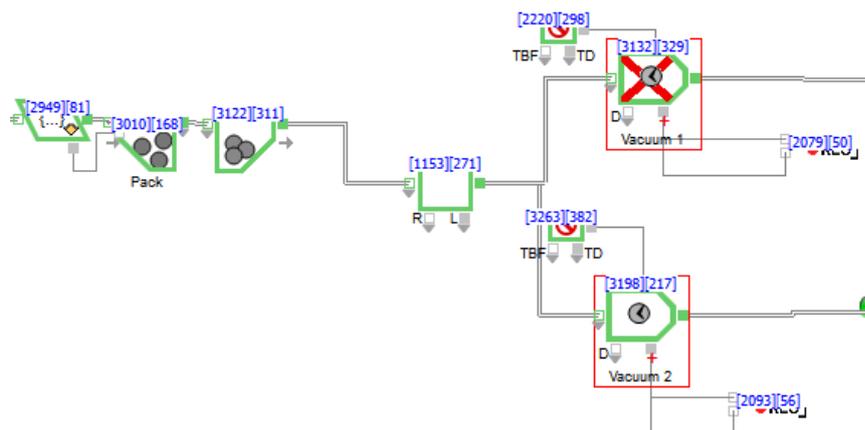
Dapat dilihat dari tabel 5.6 waktu yang dibutuhkan pada proses *vacuum*, bahwa ada perbedaan waktu yang dibutuhkan untuk melakukan proses *vacuum* pada mesin *vacuum* 1 dan *vacuum* 2. Perbedaan ini cukup signifikan dengan *vacuum* 1 membutuhkan waktu selama 7 Hari 6,93 jam sedangkan untuk *vacuum* 2 membutuhkan waktu sebanyak 8 hari 7.86 jam. Perbedaan waktu yang dibutuhkan lebih dari 1 hari sehingga dapat dibilang bahwa kedua lini

ini tidak seimbang beban kerjanya. Oleh karena itu, perlu adanya *line balancing* pada proses ini untuk dapat mengefisiensikan produksi. Hal tersebut yang mendasari pembuatan skenario 1 yaitu adanya *balancing* untuk kedua lini produksi tersebut.



Gambar 5.4 Model Simulasi Proses Vacuum Kondisi Eksisting

Skenario 1 memiliki perubahan dengan tidak adanya pembagian alur produksi untuk proses *vacuum* berdasarkan jadwal produksi. Pada gambar 5.4 dapat dilihat bahwa alur proses *vacuum* pada kondisi eksisting masih membedakan antara penggunaan kedua mesin *vacuum* tersebut berdasarkan atribut dari jadwal produksi. Hal ini menyebabkan terjadinya ketidakseimbangan *workload* antara kedua mesin dikarenakan pada jadwal produksi, lini 2 selalu dijadwalkan untuk memproduksi produk dengan *batch* besar yang tentunya memakan waktu yang lebih lama. Oleh karena itu, skenario 1 dilakukan dengan menghilangkan perbedaan lini tersebut sehingga semua sosis yang sudah dilakukan *manual filling* dapat diproses pada mesin *vacuum* manapun yang sedang tidak bekerja.

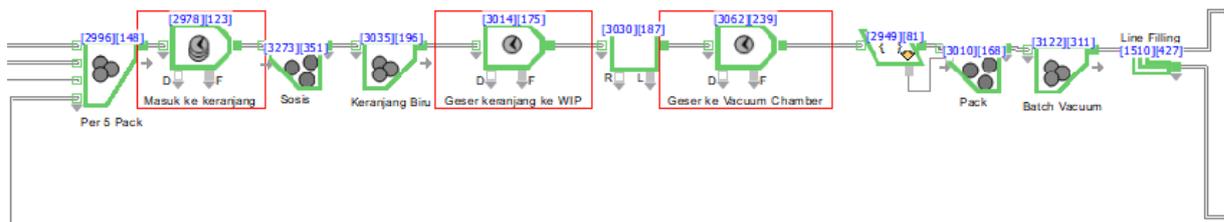


Gambar 5.5 Model Simulasi Proses Vacuum Kondisi Skenario Perbaikan 1

Untuk memodelkan skenario perbaikan 1 pada ExtendSim, hal yang diubah adalah menghilangkan *select item out* yang membedakan alur produk berdasarkan atribut *line filling*. Selain itu, *queue* hanya dibuat 1 dengan *output* dari *queue* tersebut dihubungkan ke kedua mesin sehingga produk akan memilih *output* ke mesin Vacuum yang kosong. Hal tersebut

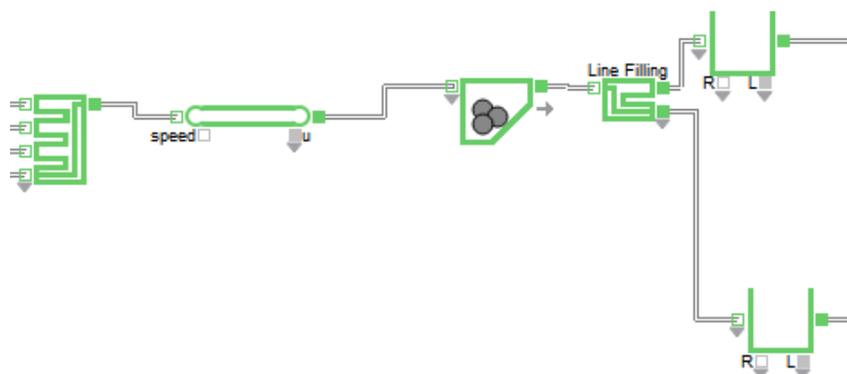
dapat dilihat pada gambar 5.4 yang memodelkan proses *vacuum* dengan menghilangkan pemilihan jalur berdasarkan atribut *line filling* dan hanya memiliki satu *queue*.

Salah satu cara untuk mengurangi *bottleneck* juga adalah dengan mengganti alur produksi dari *batching* menjadi *one piece flow*. Proses dengan *one piece flow* memiliki *lead time* yang lebih kecil dikarenakan barang tidak perlu untuk menunggu untuk sampai kuantitas *batch*-nya terlebih dahulu untuk dipindahkan pada proses selanjutnya (Charles Protzman, 2016). Hal ini yang menjadi ide dari skenario perbaikan 2 yang mengubah alur perpindahan dari proses *manual filling* ke proses *vacuum* dengan menggunakan sistem *one piece flow*.



Gambar 5.6 Model Simulasi Perpindahan Hasil *Manual Filling* ke *Vacuum* Kondisi Eksisting

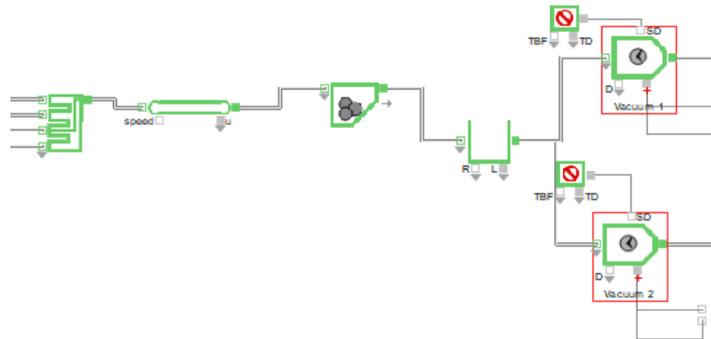
Skenario perbaikan 2 mengubah proses eksisting pada perpindahan sosis yang dilakukan secara *batching* menggunakan keranjang dengan sistem *one piece flow*. Dapat dilihat pada gambar 5.4 bahwa pada kondisi eksisting, dilakukan *batching* per keranjang biru dengan aktivitas Menyusun terlebih dahulu sosis per 5 *pack* kedalam keranjang lalu ketika keranjang penuh akan dipindahkan ke daerah *vacuum*. Skenario 2 mengganti proses tersebut dengan menggunakan konveyor sehingga produk dapat terus berjalan setelah dilakukan *manual filling* menuju mesin *vacuum*. Hal ini membuat proses perpindahan antara proses *manual filling* ke proses *vacuum* menjadi secara *one piece flow*.



Gambar 5.7 Model Simulasi Perpindahan Hasil *Manual Filling* ke *Vacuum* Kondisi Skenario 2

Untuk melakukan pemodelan skenario perbaikan 2 pada ExtendSim, hal yang diubah adalah mengganti semua proses yang berhubungan dengan perpindahan seperti penyusunan dalam keranjang, pendorongan keranjang ke WIP, dan pendorongan ke *manual filling* menjadi *item convey*. *Block* ini mensimulasikan adanya konveyor yang memindahkan hasil *manual filling* ke mesin *vacuum* dengan panjang 15 meter dan kecepatan 1/3 meter per detik.. pada gambar 5.7 dapat dilihat bahwa produk hasil *manual filling* langsung masuk ke *item convey* dan lalu dilakukan *batching* untuk mengganti satuan aktivitas ke *cycle vacuum* dan dimasukkan sesuai dengan atribut *line filling* yang diatur pada jadwal produksi.

Skenario 3 adalah gabungan dari skenario perbaikan 1 dan 2 dimana proses *vacuum* tidak dibagi berdasarkan atribut *line filling* dan juga perpindahannya memakai sistem *one piece flow* dengan menggunakan konveyor. Berikut merupakan pemodelan pada simulasi di ExtendSim untuk skenario 3 yang merupakan gabungan dari skenario 1 dan 2.



Gambar 5.8 Model Simulasi Proses Perpindahan dan Vacuum Kondisi Skenario 3

Pada gambar 5.8 dapat terlihat bahwa proses pemindahan sudah menggunakan *item convey* yang merupakan ide dari skenario kedua. Selain itu, pada skenario tiga sudah tidak ada *item select out* yang memisahkan jalur untuk proses *vacuum* 1 dan 2 yang didapat dari skenario pertama. Setelah ketiga skenario telah berhasil dimodelkan, selanjutnya adalah proses *running* model simulasi skenario perbaikan dengan *setting* waktu selama 264 jam atau 11 hari dengan jumlah replikasi sebanyak 5 kali. Hasil dari simulasi ketiga skenario tersebut kemudian dilakukan analisis pada subbab selanjutnya.

5.2.2 Analisis Hasil Skenario Perbaikan

Pada subbab ini akan dijelaskan mengenai hasil skenario perbaikan dan pemilihan skenario terbaik dari hasil simulasi skenario perbaikan. Hal yang dianalisis dari hasil simulasi adalah apakah dengan adanya skenario perbaikan tersebut dapat berpengaruh terhadap banyaknya luaran yang dapat dihasilkan per waktunya. Simulasi dilakukan sebanyak 5 kali replikasi dengan *setting* waktu selama 264 jam atau 11 hari. Berikut merupakan hasil dari *output* per harinya untuk setiap skenario.

Tabel 5.7 Hasil Output Simulasi Skenario Perbaikan

Rata-rata Output (Ton)	Manual			Multivac			Total		
	Skenario 1	Skenario 2	Skenario 3	Skenario 1	Skenario 2	Skenario 3	Skenario 1	Skenario 2	Skenario 3
Hari Ke-1	7.28	6.44	7.29	6.08	6.56	4.98	13.36	13.00	12.27
Hari Ke-2	14.90	14.83	12.47	12.47	11.98	13.60	27.37	26.81	26.07
Hari Ke-3	14.24	13.53	14.90	12.97	11.71	12.58	27.21	25.24	27.48
Hari Ke-4	16.76	15.76	18.46	7.33	8.76	8.01	24.09	24.52	26.47
Hari Ke-5	20.69	20.40	21.77	9.65	12.22	8.76	30.34	32.62	30.53
Hari Ke-6	17.36	16.95	15.38	8.91	6.54	10.03	26.28	23.49	25.41
Hari Ke-7	19.81	20.24	17.06	12.24	11.03	9.20	32.06	31.26	26.26
Hari Ke-8	16.93	18.07	20.55	9.91	13.44	14.40	26.84	31.51	34.95
Hari Ke-9	19.04	16.77	19.49	5.17	2.46	3.18	24.21	19.23	22.67
Hari Ke-10	6.59	9.51	6.02	0.00	0.00	0.00	6.59	9.51	6.02
Hari Ke-11	0.17	1.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.17	1.04	0.00
Total	153.77	153.54	153.39	84.73	84.69	84.74	238.50	238.24	238.13

Pada tabel 5.6 hasil *output* simulasi skenario perbaikan, dapat dilihat bahwa skenario tiga dapat menyelesaikan produksi selama 10 hari saja. Sedangkan, untuk skenario 1 dan 2 memiliki *output* pada hari ke-11 walaupun jumlahnya lebih sedikit dibandingkan kondisi eksisting. Akan tetapi, jumlah *output* yang dikeluarkan tiap skenario akan selalu sama atau mirip dikarenakan berdasarkan jadwal produksi yang sama. Oleh karena itu, perlu adanya satuan untuk melihat signifikansi perubahan dari tiap-tiap skenario. Satuan ini adalah berat *output* yang dapat dihasilkan per jam. Satuan ini didapat dari melakukan pembagian antara jumlah *output* yang dikeluarkan dengan waktu terakhir *output* berhasil diproduksi. Berikut merupakan hasil dari perhitungan berat *output* per jam untuk semua skenario.

Tabel 5.8 Output Sosis Per Jam Setiap Skenario

Kg Sosis / Jam	Eksisting	Skenario 1	Skenario 2	Skenario 3
Run ke-1	946.2299	1094.799956	993.4989126	1032.844776
Run ke-2	1025.302	1037.561818	1005.558205	1074.83429
Run ke-3	1027.47	1056.468669	979.1566384	1072.152286
Run ke-4	923.8438	1079.087086	968.1531511	1065.455122
Run ke-5	991.9196	986.0467531	1030.135719	1091.962664
Rata-rata	982.95306	1050.792856	995.3005251	1067.449827

Dari tabel 5.7 *output* sosis per jam setiap skenario dapat dilihat bahwa skenario 3 memiliki rata-rata *output* per jam terbesar dibandingkan skenario lainnya. Akan tetapi dalam memilih hasil skenario terbaik perlu digunakan metode Anova *one-way* untuk uji signifikansi dari setiap skenario. Uji Anova *one-way* dilakukan menggunakan bantuan Microsoft Excel dengan hipotesis yang digunakan adalah sebagai berikut.

$$H_0: \mu_1 = \mu_2 : \text{Tidak terdapat perbedaan setiap skenario simulasi}$$

$$H_0: \mu_1 \neq \mu_2 : \text{Terdapat perbedaan minimal satu skenario simulasi}$$

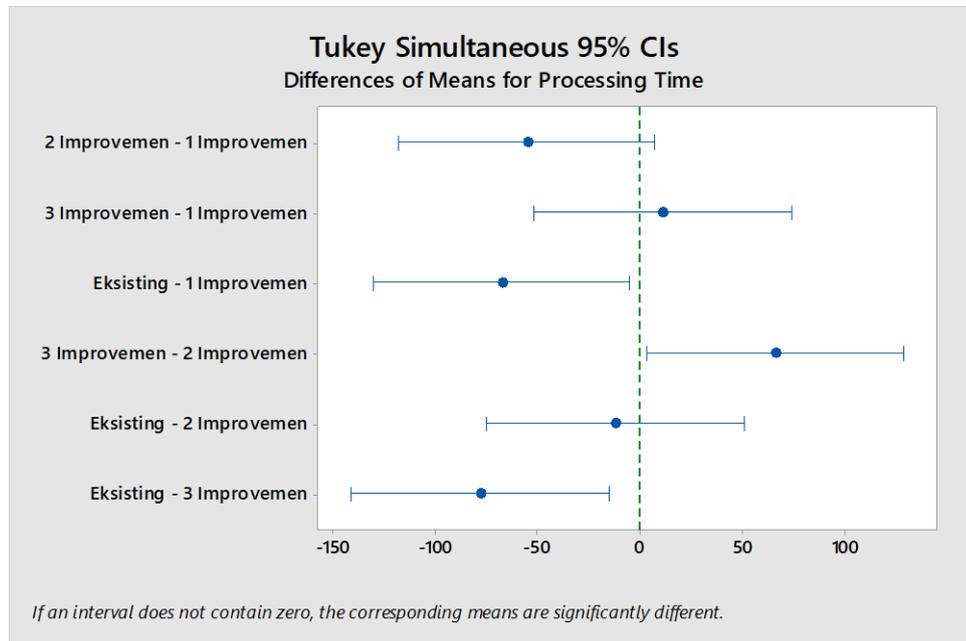
Hipotesis ditolak jika $F > F_{crit}$ yang menyatakan bahwa ada perbedaan yang signifikan antara skenario-skenario yang diuji. Berikut merupakan hasil uji Anova *one-way* untuk variabel rata-rata *output* per jam.

Anova: Single Factor						
SUMMARY						
Groups	Count	Sum	Average	Variance		
Eksisting	6	5897.718	982.9531	1739.617		
Skenario 1	6	6304.757	1050.793	1427.304		
Skenario 2	6	5971.803	995.3005	463.9123		
Skenario 3	6	6404.699	1067.45	375.8022		
ANOVA						
Source of Variation	SS	df	MS	F	P-value	F crit
Between Groups	30685.17	3	10228.39	10.21145	0.000274	3.098391
Within Groups	20033.18	20	1001.659			
Total	50718.34	23				

Gambar 5.9 Uji Anova One-Way Rata-Rata Output Per Jam Tiap Skenario

Dapat dilihat pada gambar 5.9 bahwa $F > F_{crit}$ yang menandakan bahwa terdapat perbedaan secara signifikan dari skenario-skenario yang ada. Langkah selanjutnya yaitu

dengan melakukan uji Tukey-Kramer untuk melihat skenario mana yang berbeda secara signifikan dengan skenario lainnya. Uji ini dilakukan menggunakan bantuan *software* Minitab dan dapat dilihat sebagai berikut.



Gambar 5.10 Hasil Uji Tukey Kramer Rata-Rata Output Sosis per Jam Setiap Skenario

Pada gambar 5.10 dapat dilihat bahwa model eksisting berbeda secara signifikan dengan model simulasi perbaikan 1 dan 3. Hal ini dapat dilihat bahwa garis perbandingan diantara keduanya tidak ada yang menyentuh garis 0. Selain itu, hasil model perbaikan 3 juga memiliki perbedaan yang signifikan terhadap hasil model perbaikan 2. Sehingga dapat dikatakan bahwa model perbaikan 1 dan 3 memiliki pengaruh yang signifikan terhadap *rata-rata* jumlah *output* per jam pada proses produksi. Selain itu, dilakukan juga *grouping* untuk mengetahui hasil dari Uji Tukey Kramer yang dilakukan menggunakan bantuan *software* Minitab sebagai berikut.

Tukey Pairwise Comparisons

Grouping Information Using the Tukey Method and 95% Confidence

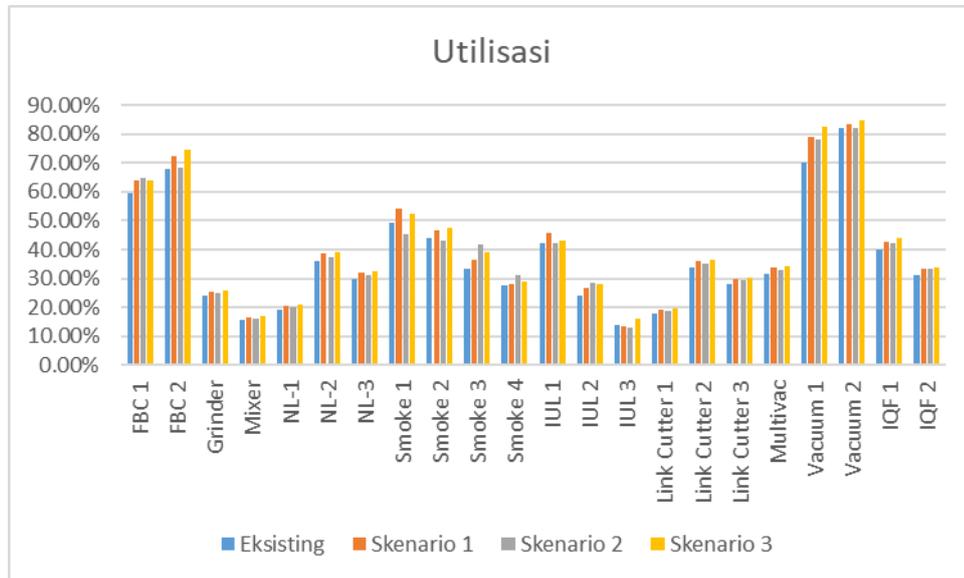
Skenario	N	Mean	Grouping
3 Improvement	5	1061.32	A
1 Improvement	5	1050.8	A B
2 Improvement	5	995.3	B C
Eksisting	5	983.0	C

Means that do not share a letter are significantly different.

Gambar 5.11 Hasil Grouping Uji Tukey Kramer Rata-Rata Output Sosis per Jam Setiap Skenario

Pada gambar 5.10 dapat dilihat bahwa skenario 3 memiliki *grouping* yang sama hanya dengan skenario 1. Sedangkan skenario 1 masih dalam satu *group* dengan skenario 2. Oleh karena itu, dapat disimpulkan bahwa skenario perbaikan 3 yang merupakan gabungan antara skenario 1 dan 2 merupakan skenario terbaik. Indikator selain jumlah luaran adalah utilisasi

tiap mesin yang dimiliki. Semakin tinggi utilitasnya maka akan semakin baik. Berikut merupakan hasil utilisasi dari simulasi setiap skenario.



Gambar 5.12 Rata-Rata Utilisasi Tiap Skenario

Dapat dilihat pada gambar 5.12 bahwa skenario 3 memiliki rata-rata utilisasi yang lebih tinggi dibanding dengan skenario lainnya. Hal ini terjadi karena waktu untuk menyelesaikan produksi lebih pendek dibandingkan skenario lainnya yang membuat utilisasi secara keseluruhan meningkat akibat proses *bottleneck* yang sudah mengalami pengurangan. Oleh karena itu, skenario 3 adalah skenario terbaik yang dapat dipilih untuk dapat meningkatkan efisiensi dari lini produksi objek amatan.

5.2.3 Analisis Biaya

Dari subbab sebelumnya didapatkan bahwa keputusan terbaik adalah dengan menggunakan skenario tiga yang melakukan *line balancing* pada proses *vacuum* dengan tidak membagi berdasarkan *line filling* di jadwal produksi dan mengganti proses *travel* dari *manual filling* ke proses *vacuum* menjadi *one piece flow* dengan menambahkan konveyor. Hal ini meningkatkan jumlah produksi sosis dari 982.95 kg per jam menjadi 1067.45 kg per jam atau dengan kata lain terjadi peningkatan sebesar 84.5 kg per jam nya. Harga rata-rata sosis per kg yang diproduksi pada perusahaan ini adalah sebesar 38.000 Rupiah. Sehingga dapat dihitung peningkatan pendapatan perjamnya yaitu sebesar yaitu 3.211.000 Rupiah atau 77.064.000 per harinya.

Investasi yang harus dilakukan oleh perusahaan adalah dengan membeli konveyor sepanjang 15 meter adalah sebesar 100 juta Rupiah. Harga ini diambil berdasarkan harga pasaran yang ada di *marketplace* untuk konveyor dengan panjang 15 meter dan kapasitas besar. Sehingga jika diasumsikan bahwa *profit* dari penjualan sosis adalah 10% maka investasi tersebut akan tertutup ketika produksi telah berjalan selama 13 hari yang menandakan bahwa investasi tersebut layak untuk dilakukan.

BAB 6

KESIMPULAN DAN SARAN

Pada bab ini akan dibahas mengenai kesimpulan dari penelitian yang telah dilakukan dan saran baik bagi penelitian selanjutnya maupun bagi perusahaan.

6.1 Kesimpulan

Berikut merupakan kesimpulan yang didapatkan berdasarkan hasil penelitian Tugas Akhir sebagai berikut.

1. Pada penelitian ini telah berhasil dibuat model simulasi diskrit dari sistem lini produksi pada suatu perusahaan industri makanan yang sudah terverifikasi dan tervalidasi dengan mempertimbangkan *variansi* dari produk, *cycle time*, *rework*, *downtime*, dan juga keterhubungan atau *interdependency* antara proses pada lini produksi.
2. Temuan pada observasi lapangan terjadi *bottleneck* pada proses *packing* yang dapat divalidasi dari hasil simulasi kondisi eksisting yang menunjukkan bahwa proses *packing* pada *manual packing* utamanya diproses *vacuum* merupakan penyebab *bottleneck* sistem yang dapat dilihat dari rata-rata panjang antrian yang tinggi dan dengan menggunakan metode *average active period* dapat dilihat bahwa proses tersebut jauh lebih tinggi dibanding nilainya proses lainnya sehingga dapat ditarik kesimpulan bahwa tervalidasi bahwa proses *packing* pada *manual packing* utamanya pada proses *vacuum* merupakan letak *bottleneck* pada sistem lini produksi objek amatan.
3. Skenario terbaik dihasilkan dengan melakukan *line balancing* pada proses *vacuum* 1 dan 2 dengan menjadikan kedua mesin *vacuum* pada lini yang sama dan dilakukan juga perubahan proses pemindahan dari secara *batch* menjadi *one piece flow* dengan menggunakan konveyor sehingga dapat meningkatkan luaran dari sistem sebesar 84.5 kg per jam atau 2.03 ton per hari.
4. Skenario perbaikan yang diusulkan memiliki biaya investasi berupa pembelian konveyor 15 meter sebesar 100 juta Rupiah yang biaya investasinya dapat tertutup dalam waktu produksi 13 hari yang setelah itu mendapatkan keuntungan tambahan sebesar 7.706.400 Rupiah per harinya dari investasi tersebut.

6.2 Saran

Berikut merupakan saran yang dapat penulis berikan setelah penelitian Tugas Akhir selesai dilakukan.

1. Perusahaan industri makanan objek amatan pada penelitian ini dapat menerapkan *line balancing* dan juga penambahan konveyor pada stasiun kerja *manual filling* mengingat hal tersebut dapat meningkatkan *output* dari lini produksi dan meningkatkan keuntungan bagi Perusahaan.
2. Model simulasi dapat lebih baik jika dilakukan untuk satu bulan penuh untuk dapat merepresentasikan sistem secara lebih baik lagi mengingat perusahaan berjalan selama 24 jam setiap harinya yang membuat model simulasi lebih dapat merepresentasikan dengan waktu yang lama.

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

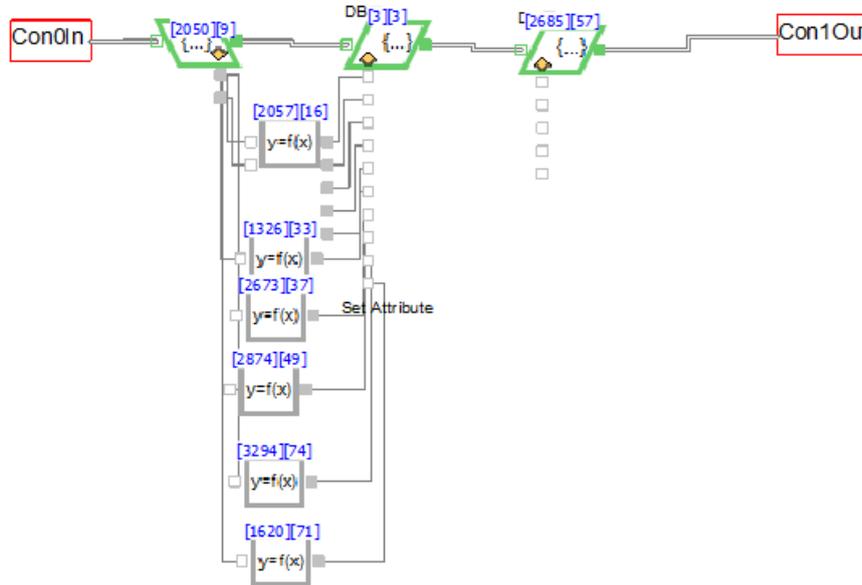
DAFTAR PUSTAKA

- Abed, S. Y. (2008). Improving Productivity in Food Processing Industries Using Simulation - A Case Study. *WSEAS International Conference* (p. 12). Heraklion: WSEAS.
- Azwir, H. H., & Pratomo, H. W. (2017). Implementasi Line Balancing untuk Peningkatan Efisiensi di Line Welding Studi Kasus: PT X. *Jurnal Rekayasa Sistem Industri*, 6(1).
- Banks, J., Carson, J. S., Nelson, B. L., & Nicol, D. M. (2005). *Discrete-Event System Simulation*. Pearson Education.
- Bartholdi, J. J., & Eisenstein, D. D. (1993). A Production Line That Balances Itself. *Operation Research*, 21-34.
- Borschev, A. (2013). *The Big Book of Simulation Modelling*. AnyLogic.
- Charles Protzman, J. M. (2016). *One-Piece Flow vs. Batching*. Florida: CRC Press.
- Daellenbach, H. G., & McNickle, D. C. (2005). *Management Science: Decision Making Through Systems Thinking*. Christchurch: Palgrave Macmillan.
- Goldratt, E. M. (2004). *The Goal: A Process of Ongoing Improvement*. Great Barrington, Massachusetts: North River Press.
- Groover, M. P. (2015). *Automation, Production Systems, and Computer-Integrated Manufacturing*. London: Pearson Higher Education.
- Harrell, C., Ghosh, B. K., & Bowden, R. O. (2000). *Simulation Using Promodel*. Boston: McGrawHill.
- Heragu, S. S. (2008). *Facilities Design*. Boca Raton: Taylor & Francis Group.
- Hopp, W. J., & Spearman, M. L. (2011). *Factory Physics*. Illinois: Waveland Press.
- Imagine That Inc. (2007). *Extendsim User Guide*. San Jose.
- Krahl, D. (2008). *ExtendSim 7. Winter Simulation Conference* (pp. 215-221). San Jose: Imagine That, Inc.
- Law, A. M. (2011). *Simulation Modeling and Analysis*. Arizona: McGraw-Hill Education.
- Leporis, M., & Králová, Z. (2010). A simulation approach to production line bottleneck analysis. *International conference cybernetics and informatics*, 13-22.
- Lewis, M. A. (2019). *Operations Management: A Research Overview*. London: McGraw-Hill Education.
- Pidd, M. (2004). *Systems Modelling: Theory and Practice*. Chichester: John Wiley & Sons Ltd.
- Richard Conway, W. M. (1988). The Role of Work-in-Process Inventory in Serial Production Lines. *Operations Research*, 36(2), 229-241.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1287/opre.36.2.229>
- Robinson, S. (2014). *Simulation: the practice of model development and use*. London: Bloomsbury Publishing.
- Roser, C., Nakano, M., & Tanaka, M. (2001). A Practical Bottleneck Detection Method. *Winter Simulation Conference*, 949-953.
- Sharda, B., & Bury, S. J. (2010). Bottleneck analysis of a chemical plant using discrete event simulation. *Winter Simulation Conference*, 1547-1555.
- Sokolowski, J. A., & Banks, C. M. (2009). *Principles of Modeling and Simulation: A Multidisciplinary Approach*. New Jersey: John Wiley & Sons, Inc.
- Willett Food Projects. (2023, June 6). *What are high-risk and low-risk areas in a food factory?* Retrieved from Willett Food Projects: <https://www.willettprojects.co.uk/news/article/what-are-high-risk-and-low-risk-areas-in-a-food-factory>

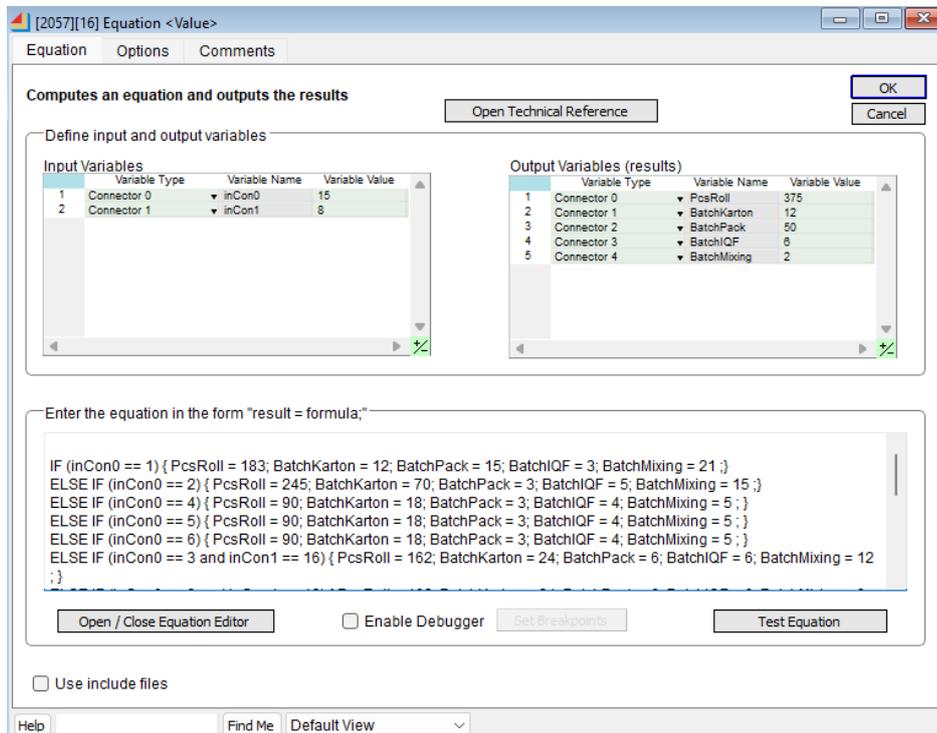
Zahraee, S. M., Golroudbary, S. R., Hashemi, A., Afshar, J., & Haghghi, M. (2014). Simulation of Manufacturing Production Line Based on Arena . *Advanced Material Research*, 744-748.

LAMPIRAN

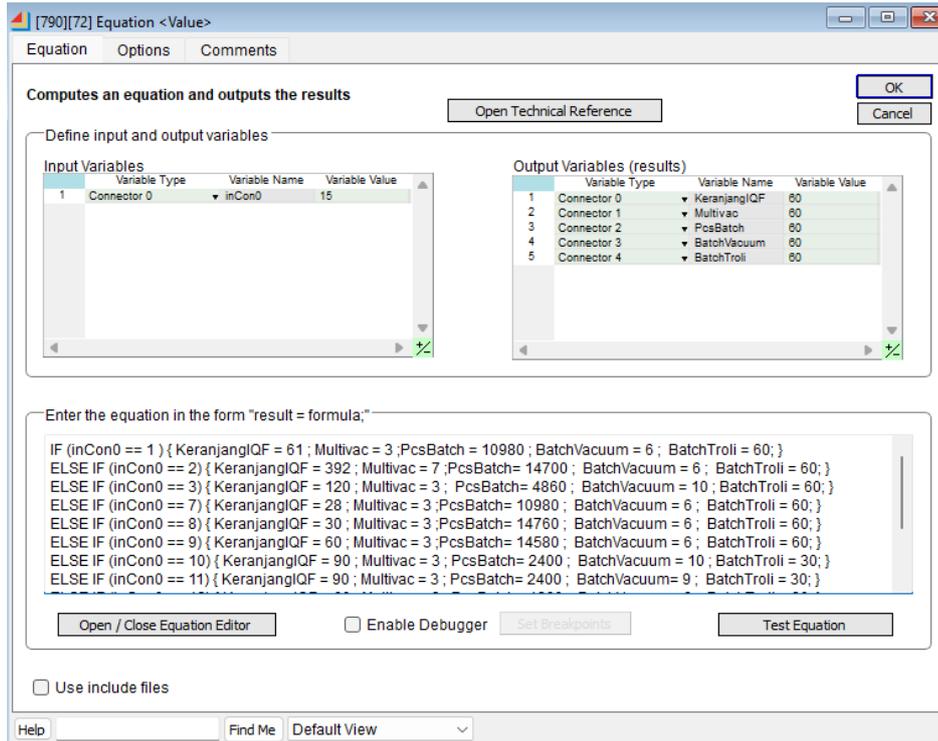
Lampiran 1. Model Simulasi Pada Software ExtendSim



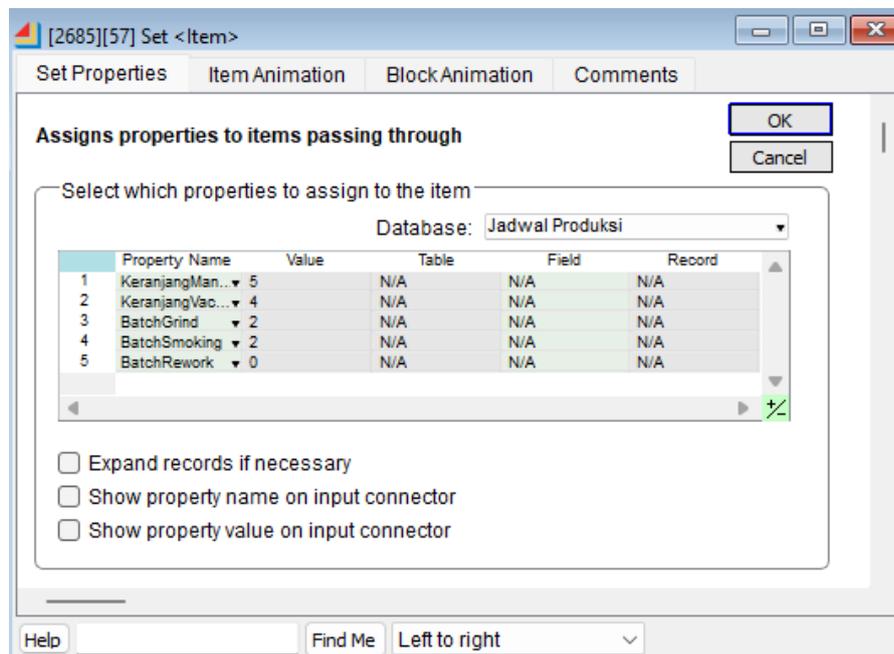
Gambar Lampiran 1 Submodel *Set Attribute*



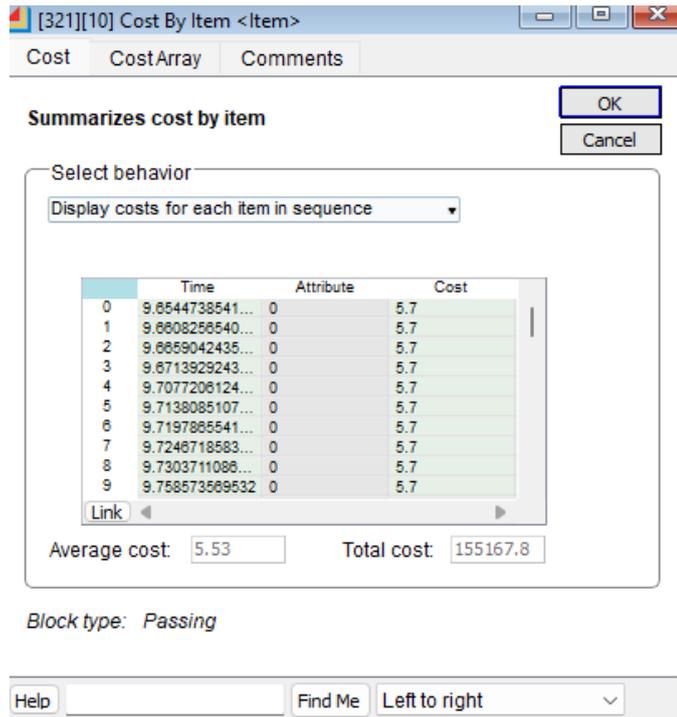
Gambar Lampiran 2 *Block Equation* Untuk Atribut PcsRoll, BatchKarton, BatchPack, BatchIQF, dan BatchMixing



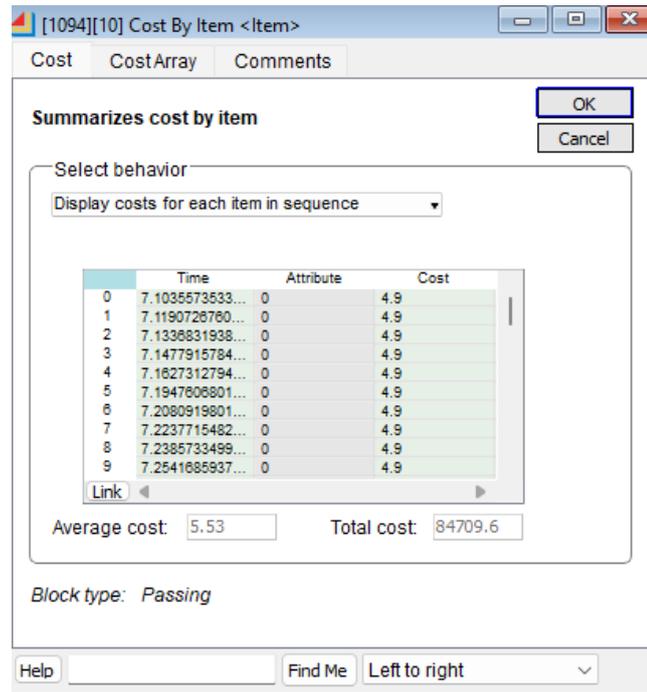
Gambar Lampiran 3 Block Equation Untuk Atribut KeranjangIQF, Multivac, PcsBatch, BatchVacuum, dan BatchTroli



Gambar Lampiran 4 Block Set Untuk Atribut KeranjangManual, KeranjangVacuum, BatchGrind, BatchSmoking, dan BatchRework



Gambar Lampiran 5 *Block Cost By Item* Submodel *Freezing 1* sebagai *Output* Hasil *Manual Packing*



Gambar Lampiran 6 *Block Cost By Item* Submodel *Freezing 2* sebagai *Output* Hasil *Packing Multivac*

Lampiran 2. Hasil Output Simulasi

Tabel Lampiran 1 Hasil Output Simulasi Kondisi Eksisting Lini Manual Packing

Manual (Ton)	Hari 1	Hari 2	Hari 3	Hari 4	Hari 5	Hari 6	Hari 7	Hari 8	Hari 9	Hari 10	Hari 11	Total
Run 1	8.16	11.70	13.14	16.74	18.10	12.93	22.33	16.21	18.04	11.14	5.75	154.24
Run 2	6.75	15.71	13.94	20.43	15.93	19.17	13.45	16.15	19.62	12.68	0.00	153.82
Run 3	8.47	13.18	12.05	25.11	21.48	17.38	19.92	18.34	8.11	10.56	0.00	154.61
Run 4	7.77	13.59	12.84	16.34	17.66	16.61	15.94	15.14	23.76	6.34	6.91	152.91
Run 5	7.41	12.38	14.40	15.07	18.04	18.25	18.78	18.86	19.31	11.16	0.37	154.01
Rata-Rata	7.71	13.31	13.27	18.74	18.24	16.87	18.08	16.94	17.77	10.38	2.60	153.92
Standar Deviasi	0.67	1.53	0.92	4.08	2.01	2.40	3.46	1.58	5.81	2.39	3.43	

Tabel Lampiran 2 Hasil Output Simulasi Kondisi Eksisting Lini Multivac

Multivac (Ton)	Hari 1	Hari 2	Hari 3	Hari 4	Hari 5	Hari 6	Hari 7	Hari 8	Hari 9	Total
Run 1	3.13	14.59	14.87	6.37	9.55	6.91	11.59	12.95	4.78	84.74
Run 2	6.00	13.30	12.58	7.08	9.88	6.63	14.61	11.24	3.42	84.74
Run 3	6.04	12.69	13.59	6.64	11.21	6.99	13.02	13.46	1.09	84.74
Run 4	7.51	13.27	10.69	7.63	11.66	4.66	13.65	11.24	4.43	84.74
Run 5	4.66	12.10	13.43	8.14	9.98	7.11	11.72	12.83	4.77	84.74
Rata-Rata	5.47	13.19	13.03	7.17	10.46	6.46	12.92	12.35	3.70	84.74
Standar Deviasi	1.65	0.93	1.54	0.72	0.92	1.02	1.29	1.04	1.56	

Tabel Lampiran 3 Hasil Output Simulasi Kondisi Eksisting Semua Lini

Total (Ton)	Hari 1	Hari 2	Hari 3	Hari 4	Hari 5	Hari 6	Hari 7	Hari 8	Hari 9	Hari 10	Hari 11	Total
Run 1	11.3	26.3	28.0	23.1	27.6	19.8	33.9	29.2	22.8	11.1	5.7	239.0
Run 2	12.7	29.0	26.5	27.5	25.8	25.8	28.1	27.4	23.0	12.7	0.0	238.6
Run 3	14.5	25.9	25.6	31.8	32.7	24.4	32.9	31.8	9.2	10.6	0.0	239.3
Run 4	15.3	26.9	23.5	24.0	29.3	21.3	29.6	26.4	28.2	6.3	6.9	237.6
Run 5	12.1	24.5	27.8	23.2	28.0	25.4	30.5	31.7	24.1	11.2	0.4	238.8
Rata-Rata	13.2	26.5	26.3	25.9	28.7	23.3	31.0	29.3	21.5	10.4	2.6	238.7
Standar Deviasi	1.7	1.7	1.8	3.7	2.6	2.6	2.4	2.5	7.2	2.4	3.4	

Tabel Lampiran 4 Hasil Output Simulasi Skenario Perbaikan 1 Lini Manual Packing

Manual (Ton)	Hari 1	Hari 2	Hari 3	Hari 4	Hari 5	Hari 6	Hari 7	Hari 8	Hari 9	Hari 10	Hari 11	Total
Run 1	5.66	17.44	19.69	16.52	17.56	19.70	22.67	17.94	15.68	0.96	0.00	153.82
Run 2	5.62	15.63	10.43	18.13	22.38	15.93	15.40	21.60	23.19	6.16	0.00	154.47
Run 3	8.11	13.11	17.16	15.45	23.40	17.83	18.88	11.79	21.50	6.99	0.00	154.23
Run 4	9.65	17.72	11.05	22.25	18.78	15.79	19.98	16.45	17.73	4.23	0.00	153.63
Run 5	7.36	10.60	12.84	11.44	21.36	17.55	22.12	16.88	17.11	14.61	0.83	152.70
Rata-Rata	7.28	14.90	14.24	16.76	20.69	17.36	19.81	16.93	19.04	6.59	0.17	153.77
Standar Deviasi	1.71	3.02	4.03	3.94	2.45	1.60	2.91	3.52	3.16	5.05	0.37	

Tabel Lampiran 5 Hasil Output Simulasi Skenario Perbaikan 1 Lini Multivac

Multivac (Ton)	Hari 1	Hari 2	Hari 3	Hari 4	Hari 5	Hari 6	Hari 7	Hari 8	Hari 9	Total
Run 1	3.22	15.70	12.78	7.07	10.25	7.75	13.30	9.08	5.58	84.74
Run 2	3.29	14.43	12.96	8.28	9.23	7.23	11.24	9.71	8.34	84.71
Run 3	7.80	8.25	14.41	8.14	9.68	7.98	13.81	6.18	8.49	84.74
Run 4	8.18	10.90	13.30	6.58	11.22	10.02	11.19	13.36	0.00	84.74
Run 5	7.90	13.06	11.41	6.58	7.85	11.59	11.68	11.22	3.44	84.74
Rata-Rata	6.08	12.47	12.97	7.33	9.65	8.91	12.24	9.91	5.17	84.73
Standar Deviasi	2.58	2.96	1.08	0.83	1.25	1.83	1.23	2.65	3.57	

Tabel Lampiran 6 Hasil Output Simulasi Skenario Perbaikan 1 Semua Lini

Manual (Ton)	Hari 1	Hari 2	Hari 3	Hari 4	Hari 5	Hari 6	Hari 7	Hari 8	Hari 9	Hari 10	Hari 11	Total
Run 1	8.88	33.14	32.47	23.59	27.81	27.46	35.97	27.02	21.26	0.96	0.00	238.56
Run 2	8.91	30.06	23.39	26.41	31.60	23.17	26.64	31.30	31.53	6.16	0.00	239.17
Run 3	15.91	21.36	31.57	23.58	33.08	25.81	32.70	17.97	29.99	6.99	0.00	238.97
Run 4	17.83	28.62	24.35	28.83	30.00	25.81	31.17	29.80	17.73	4.23	0.00	238.37
Run 5	15.26	23.66	24.25	18.02	29.21	29.15	33.80	28.10	20.55	14.61	0.83	237.44
Rata-Rata	13.36	27.37	27.21	24.09	30.34	26.28	32.06	26.84	24.21	6.59	0.17	238.50
Standar Deviasi	4.18	4.79	4.42	4.04	2.06	2.22	3.50	5.22	6.15	5.05	0.37	

Tabel Lampiran 7 Hasil Output Simulasi Skenario Perbaikan 2 Lini Manual Packing

Manual (Ton)	Hari 1	Hari 2	Hari 3	Hari 4	Hari 5	Hari 6	Hari 7	Hari 8	Hari 9	Hari 10	Hari 11	Total
Run 1	6.79	15.47	13.95	12.42	22.70	18.08	18.13	16.03	19.28	9.52	0.00	152.38
Run 2	5.10	16.54	14.88	12.54	20.49	17.08	17.85	19.35	14.79	14.91	0.00	153.54
Run 3	5.89	14.04	14.06	21.88	18.55	15.60	19.59	20.54	11.28	9.60	2.63	153.67
Run 4	7.22	14.21	12.70	15.15	18.27	19.04	22.19	15.02	18.43	8.78	2.55	153.55
Run 5	7.18	13.87	12.09	16.80	22.01	14.96	23.43	19.42	20.09	4.73	0.00	154.58
Rata-Rata	6.44	14.83	13.53	15.76	20.40	16.95	20.24	18.07	16.77	9.51	1.04	153.54
Standar Deviasi	0.92	1.15	1.12	3.89	1.99	1.69	2.48	2.40	3.68	3.63	1.42	

Tabel Lampiran 8 Hasil Output Simulasi Skenario Perbaikan 2 Lini Multivac

Multivac (Ton)	Hari 1	Hari 2	Hari 3	Hari 4	Hari 5	Hari 6	Hari 7	Hari 8	Hari 9	Total
Run 1	5.84	14.59	12.72	6.60	13.83	3.74	11.74	13.12	2.53	84.71
Run 2	5.78	13.73	11.01	7.99	9.74	7.17	9.38	12.91	7.03	84.74
Run 3	5.25	9.42	11.59	12.64	8.71	8.81	11.62	13.99	2.72	84.74
Run 4	8.18	11.51	8.36	10.91	14.14	7.10	9.88	14.47	0.00	84.55
Run 5	7.74	10.66	14.87	5.68	14.66	5.88	12.52	12.72	0.00	84.74
Rata-Rata	6.56	11.98	11.71	8.76	12.22	6.54	11.03	13.44	2.46	84.69
Standar Deviasi	1.31	2.14	2.39	2.93	2.77	1.88	1.33	0.75	2.88	

Tabel Lampiran 9 Hasil Output Simulasi Skenario Perbaikan 2 Semua Lini

Manual (Ton)	Hari 1	Hari 2	Hari 3	Hari 4	Hari 5	Hari 6	Hari 7	Hari 8	Hari 9	Hari 10	Hari 11	Total
Run 1	12.63	30.06	26.67	19.02	36.53	21.82	29.87	29.16	21.81	9.52	0.00	237.09
Run 2	10.88	30.28	25.88	20.53	30.24	24.25	27.23	32.26	21.83	14.91	0.00	238.28
Run 3	11.14	23.46	25.65	34.52	27.26	24.41	31.21	34.53	14.01	9.60	2.63	238.40
Run 4	15.40	25.73	21.05	26.05	32.40	26.14	32.07	29.49	18.43	8.78	2.55	238.10
Run 5	14.92	24.53	26.96	22.49	36.67	20.84	35.95	32.14	20.09	4.73	0.00	239.32
Rata-Rata	13.00	26.81	25.24	24.52	32.62	23.49	31.26	31.51	19.23	9.51	1.04	238.24
Standar Deviasi	2.09	3.17	2.40	6.18	4.07	2.14	3.20	2.22	3.24	3.63	1.42	

Tabel Lampiran 10 Hasil Output Simulasi Skenario Perbaikan 3 Lini Manual Packing

Manual (Ton)	Hari 1	Hari 2	Hari 3	Hari 4	Hari 5	Hari 6	Hari 7	Hari 8	Hari 9	Hari 10	Hari 11	Total
Run 1	7.58	10.98	13.14	16.84	24.39	18.49	15.50	18.52	16.90	9.28	0.00	151.62
Run 2	8.36	10.84	14.35	19.89	20.87	14.24	19.97	17.56	21.51	5.40	0.00	152.98
Run 3	7.01	9.38	16.42	17.42	22.72	11.68	19.51	24.30	20.32	5.08	0.00	153.82
Run 4	6.13	18.22	15.89	19.35	20.23	14.38	14.14	17.60	19.75	8.34	0.00	154.02
Run 5	7.38	12.91	14.71	18.82	20.62	18.14	16.18	24.76	18.97	1.99	0.00	154.50
Rata-Rata	7.29	12.47	14.90	18.46	21.77	15.38	17.06	20.55	19.49	6.02	0.00	153.39
Standar Deviasi	0.81	3.45	1.30	1.29	1.75	2.88	2.56	3.66	1.72	2.89	0.00	

Tabel Lampiran 11 Hasil Output Simulasi Skenario Perbaikan 3 Lini Multivac

Multivac (Ton)	Hari 1	Hari 2	Hari 3	Hari 4	Hari 5	Hari 6	Hari 7	Hari 8	Hari 9	Total
Run 1	3.09	11.90	15.00	8.96	10.15	11.06	6.13	14.61	3.82	84.74
Run 2	4.27	11.57	14.60	8.52	9.88	6.97	9.96	14.19	4.78	84.74
Run 3	6.64	14.31	10.83	8.22	10.70	8.87	10.58	14.57	0.00	84.74
Run 4	3.27	16.56	12.55	6.58	6.46	9.82	7.97	15.56	5.97	84.74
Run 5	7.63	13.67	9.91	7.74	6.61	13.43	11.36	13.05	1.32	84.74
Rata-Rata	4.98	13.60	12.58	8.01	8.76	10.03	9.20	14.40	3.18	84.74
Standar Deviasi	2.05	2.02	2.24	0.91	2.05	2.42	2.13	0.91	2.47	

Tabel Lampiran 12 Hasil Output Simulasi Skenario Perbaikan 3 Semua Lini

Manual (Ton)	Hari 1	Hari 2	Hari 3	Hari 4	Hari 5	Hari 6	Hari 7	Hari 8	Hari 9	Hari 10	Hari 11	Total
Run 1	10.67	22.88	28.14	25.81	34.54	29.54	21.63	33.14	20.73	9.28	0.00	236.35
Run 2	12.63	22.41	28.96	28.41	30.74	21.20	29.93	31.75	26.29	5.40	0.00	237.72
Run 3	13.65	23.70	27.25	25.64	33.42	20.55	30.08	38.87	20.32	5.08	0.00	238.56
Run 4	9.40	34.78	28.44	25.93	26.69	24.20	22.11	33.16	25.71	8.34	0.00	238.76
Run 5	15.01	26.59	24.63	26.56	27.24	31.57	27.54	37.82	20.29	1.99	0.00	239.24
Rata-Rata	12.27	26.07	27.48	26.47	30.53	25.41	26.26	34.95	22.67	6.02	0.00	238.13
Standar Deviasi	2.26	5.13	1.71	1.14	3.54	4.94	4.14	3.17	3.06	2.89	0.00	

BIODATA PENULIS



Penulis dilahirkan Kota Bandung, 28 Mei 2003 yang merupakan anak keempat dari empat bersaudara. Penulis telah menempuh pendidikan formal yaitu di TK Husnul Khatimah, SD Cerdas Muthahhari, SMP Negeri 44 Bandung dan SMA Plus Muthahhari. Setelah lulus dari SMA pada tahun 2020, Penulis mengikuti Ujian Tulis Berbasis Komputer (UTBK) dan diterima di Departemen Teknik Sistem dan Industri FTIRS - ITS pada tahun 2020 dan terdaftar dengan NRP 5010201151.

Selama masa perkuliahan, penulis aktif mengikuti beberapa kegiatan kepanitiaan serta organisasi seperti menjadi Staff dan Ketua Struktur Fungsi Komunikasi dan Informasi Himpunan Mahasiswa Teknik Industri ITS, Mentor Pelatihan Pengembangan Potensi Mahasiswa Teknik Industri, dan *volunteer* beberapa kepanitiaan lainnya. Penulis juga aktif dalam mengikuti berbagai kegiatan magang seperti *Operations and business Planning and Control division Intern* di PT PLN Indonesia Power Bali dan *Omnichannel Operations & Capability Intern* di PT XL Axiata Tbk. Di bidang akademik, penulis mengikuti program *Bangkit Academy by Google*, Tokopedia, Gojek, & Traveloka sebagai *Machine Learning Cohort* untuk menunjang keilmuan yang dibutuhkan oleh penulis. Selain itu, di bidang pengajaran, penulis juga terlibat sebagai asisten Laboratorium *Quantitative Modelling and Policy Analysis* di Departemen Teknik Sistem dan Industri yang memberikan pengajaran terkait beberapa mata kuliah yaitu Statistik Industri 1, Statistik Industri 2, *Operation Research 1*, *Operation Research 2*, Simulasi Sistem Industri, Analitika Data, dan Permodelan Sistem.