



TUGAS AKHIR – TI 184833

**SIMULASI PENGATURAN KEDATANGAN KENDARAAN
SEBAGAI DASAR KEBIJAKAN *TIME SLOTTING* PADA
GUDANG PRODUK JADI: STUDI KASUS DI PERUSAHAAN
AIR MINUM DALAM KEMASAN**

WILDA NIKMAH FAHIRA

NRP. 02411640000115

Dosen Pembimbing

Prof. Ir. I Nyoman Pujawan, M. Eng., Ph.D., CSCP, CSCA

NIP. 196901071994121000

DEPARTEMEN TEKNIK SISTEM DAN INDUSTRI

FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI DAN REKAYASA SISTEM

INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

SURABAYA 2020



TUGAS AKHIR – TI 184833

**SIMULASI PENGATURAN KEDATANGAN KENDARAAN
SEBAGAI DASAR KEBIJAKAN *TIME SLOTTING* PADA
GUDANG PRODUK JADI: STUDI KASUS DI PERUSAHAAN
AIR MINUM DALAM KEMASAN**

WILDA NIKMAH FAHIRA

NRP. 02411640000115

Dosen Pembimbing

Prof. Ir. I Nyoman Pujawan, M. Eng., Ph.D., CSCP, CSCA

NIP. 196901071994121000

DEPARTEMEN TEKNIK SISTEM DAN INDUSTRI

Fakultas Teknologi Industri Dan Rekayasa Sistem

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Surabaya 2020



FINAL PROJECT – TI 184833

**SIMULATION OF TRUCK ARRIVAL CONTROL AS A BASIS
FOR TIME SLOTTING POLICY IN FINISH PRODUCT
WAREHOUSE: A CASE STUDY IN A BOTTLED WATER
COMPANY**

WILDA NIKMAH FAHIRA

NRP. 02411640000115

Supervisor

Prof. Ir. I Nyoman Pujawan, M. Eng., Ph.D., CSCP, CSCA

NIP. 196901071994121000

DEPARTMENT OF INDUSTRIAL AND SYSTEMS ENGINEERING

Faculty of Industrial Technology and Systems Engineering

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Surabaya 2020

LEMBAR PENGESAHAN

SIMULASI PENGATURAN KEDATANGAN KENDARAAN SEBAGAI DASAR KEBIJAKAN *TIME SLOTTING* PADA GUDANG PRODUK JADI: STUDI KASUS DI PERUSAHAAN AIR MINUM DALAM KEMASAN

TUGAS AKHIR

Diajukan untuk Memenuhi Salah Satu Syarat Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
Program Studi S-1 Departemen Teknik Sistem dan Industri
Fakultas Teknologi Industri dan Rekayasa Sistem
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya, Indonesia

Oleh:

WILDA NIKMAH FAHIRA
NRP 02411640000115

Disetujui oleh

Dosen Pembimbing Tugas Akhir

Prof. Dr. Ir. I Nyoman Pujawan, M. Eng., Ph.D., CSCP, CSCA

NIP. 196605311990022001



SIMULASI PENGATURAN KEDATANGAN KENDARAAN SEBAGAI DASAR KEBIJAKAN *TIME SLOTTING* PADA GUDANG PRODUK JADI: STUDI KASUS DI PERUSAHAAN AIR MINUM DALAM KEMASAN

Nama : Wilda Nikmah Fahira
NRP : 02411640000115
Departemen : Teknik Sistem dan Industri - ITS
Pembimbing : Prof. Ir. I Nyoman Pujawan, M. Eng., Ph.D., CSCP, CSCA

ABSTRAK

PT. X sebagai salah satu produsen Air Minum Dalam Kemasan (AMDK) berusaha meningkatkan performansi kegiatan operasional gudang produk jadi, dimana kegiatan pemuatan produk berlangsung untuk memenuhi kebutuhan distribusi. Kedatangan truk yang tidak dapat diprediksi ditengah kondisi lahan pabrik yang terbatas, menyebabkan performansi proses pelayanan di dalam pabrik belum baik yang ditandai dengan tumpukan antrean, tingginya waktu *turnaround* dan waktu tunggu kendaraan. Penerapan kebijakan dan teknologi *time slotting*, yang memberikan informasi mengenai ketersediaan jumlah dan slot waktu yang dapat dipesan, diusulkan untuk mengatasi permasalahan tersebut. Selanjutnya, penelitian dilakukan untuk mengetahui kombinasi pengaturan waktu dan jumlah slot kedatangan kendaraan yang diijinkan masuk ke dalam lapangan pabrik, serta kebutuhan tenaga muat yang optimal sehingga performansi sistem meningkat. Performansi sistem yang diukur yaitu penurunan waktu *turnaround* dan waktu tunggu kendaraan, peningkatan utilitas tenaga muat, serta pertimbangan *service level* yang dapat diberikan. Metode *Discrete-Event Simulation* (DES) dengan bantuan *software* ARENA digunakan untuk menduplikasi sifat kompleksitas sistem tersebut yang memiliki ketidakpastian dan keterkaitan di dalam operasinya. Hasil dari simulasi membuktikan bahwa skenario pengaturan kedatangan dengan jumlah 8 slot kendaraan per 80 menit satuan slot waktu dapat: menurunkan waktu *turnaround* menjadi 2,09 jam, yaitu menurun 26,4% dari kondisi *existing*; menurunkan waktu tunggu yang dihasilkan menjadi 1,07 jam, yaitu menurun 33,9% dari kondisi *existing*; serta *service level* yang dapat diberikan sebesar 91%. Selanjutnya evaluasi terhadap kebutuhan tenaga muat ditemukan bahwa mengurangi jumlah tenaga muat hingga 19 tenaga muat setiap *shift*-nya mampu meningkatkan utilitas sebesar 4%.

Kata kunci: *Discrete-Event Simulation*, Kedatangan Truk, Logistik, *Time Slotting Management*

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

SIMULATION OF TRUCK ARRIVAL CONTROL AS A BASIS FOR TIME SLOTTING POLICY IN FINISH PRODUCT WAREHOUSE: A CASE STUDY IN A BOTTLED WATER COMPANY

Name : Wilda Nikmah Fahira
NRP : 02411640000115
Department : Industrial and Systems Engineering - ITS
Supervisor : Prof. Ir. I Nyoman Pujawan, M. Eng., Ph.D., CSCP, CSCA

ABSTRACT

PT. X as one of the bottled drinking water (AMDK) producers tries to improve the performance of finished product warehouse operations, where loading activities take place to meet distribution needs. The uncertainty of truck arrival times with limited yard capacity in the factory resulted in poor performance of the service which characterized by high turnaround times and waiting times. The application of time slotting technology and policies, which provides information about the number and time slots availability, is proposed to overcome this problem. Furthermore, the research carried out to determine the optimal number of trucks that can enter the factory per unit time slot, and the arrangement of manpower to load the products, so that system performances are getting better. The performance indicators measured are a decrease in turnaround time and waiting time, an increase in resource utilization, and consideration of the trade-off in service levels. Discrete-Event Simulation (DES) method, with the help of ARENA software, is used to duplicate the complexity of the systems, which has uncertainty and interconnection in its operation. The result of the simulation proves that the time slotting scenario with the number of trucks slot is 8 slots per 80 minutes time slot can reduce the turnaround time to 2,09 hours, which is 26% decrease from the existing. Waiting time result obtained 1,07 hours, which is 33,5% decreases from the existing. Also, the service level became 91%. Furthermore, the evaluation of the arrangement of manpower found that reducing up to 19 people able to increase utility by 4%.

Keywords: Discrete-Event Simulation, Logistics, Time Slotting Management, Truck Arrival

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan atas kehadiran Allah SWT atas segala limpahan rahmat, nikmat, dan kekuatan yang diberikan kepada penulis sehingga dapat menyelesaikan penelitian Tugas Akhir dengan judul "Simulasi Pengaturan Kedatangan Kendaraan Sebagai Dasar Kebijakan *Time Slotting* Pada Gudang Produk Jadi: Studi Kasus di Perusahaan Air Minum Dalam Kemasan" sebagai persyaratan menyelesaikan studi Strata-Satu dan memperoleh gelar Sarjana Teknik, pada Departemen Teknik Sistem dan Industri, Fakultas Teknologi Industri dan Rekayasa Sistem, Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

Penyusunan laporan ini tidak lepas dari bantuan banyak pihak yang membantu, menemani, dan memberikan motivasi kepada penulis sehingga laporan Tugas Akhir ini dapat terselesaikan dengan baik. Ucapan terimakasih ditujukan kepada:

1. Bapak Taryono dan Ibu Hostinawati selaku orang tua penulis yang senantiasa memberikan kasih sayang dan doanya kepada penulis, sehingga penulis dapat memiliki kekuatan selama proses penyelesaian penelitian ini.
2. Bapak Prof. Ir. I Nyoman Pujawan, M. Eng., Ph.D., CSCP, CSCA sebagai pembimbing, yang memberikan arahan, saran, motivasi, dan kesempatan sehingga penulis dapat banyak belajar selama proses penelitian serta menyelesaikannya dengan baik dan tepat waktu.
3. Ibu Niniet Indah Arvitrida, S.T., M.T., Ph.D., Bapak Dody Hartanto, S.T., M.T., Bapak Stefanus Eko Wiratno, S.T., M.T., dan Ibu Diesta Iva Maftuhah, S.T., M.T., selaku dosen penguji pada seminar proposal dan sidang akhir yang memberikan banyak saran yang membangun untuk penelitian ini.
4. Bapak Nurhadi Siswanto, S.T., M.SIE, Ph.D. selaku kepala Departemen Teknik Sistem dan Industri serta seluruh Dosen Pendidik dan Karyawan Departemen Teknik Sistem dan Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, yang telah berbagi ilmu, pembelajaran, pengalaman, serta bantuannya selama masa perkuliahan.

5. Keluarga penulis dari tim asisten Laboratorium *Logistics and Supply Chain Management*: Risang, Bintang, Kalam, Afif, Theja, Alfian, Alfian Ghiffari, Deia, Liya, Amel, Jihan, dan Rekha, yang selalu memberikan keceriaan dan berbagi pengalaman berharganya untuk saling mendukung dan memberikan semangat dalam menyelesaikan tanggung jawab. Alumni LSCM, Mas Adolft, Mbak Regita, Mas Irza, Mas Taufan, Mas Gilang, Mbak Dian, Mbak Salsa, Mbak Caca, Mbak Aulia, Mbak Amel, dan Mbak Mega yang menjadi panutan selama penulis menjadi asisten.
6. Brigitta, Titan, Arum, Afifah, Niken, Oetari, Fitri, Alivia, Nia, Firda, Evelyn, Rara, Cindy, Nadia, dan Akbar, sebagai sahabat yang selalu memberikan dukungan dan motivasi selama masa perkuliahan dan proses penyelesaian Tugas Akhir ini. Terimakasih atas segala kebaikan dan kenangan yang telah kalian bagikan.
7. Teman-teman Adhigana 2016 yang menjadi tempat untuk berbagi suka dan duka dari awal tahun kuliah. Terimakasih atas kebersamaan dan kenangan baiknya.
8. Serta seluruh pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu per satu, namun memiliki peran yang sangat berarti bagi penulis.

Penulis menyadari bahwa Tugas Akhir ini masih jauh dari sempurna. Kritik dan saran yang membangun sangat diharapkan untuk perbaikan dan pengembangan penelitian ke depannya. Semoga Tugas Akhir ini dapat bermanfaat dan berkontribusi bagi dunia akademik serta menghasilkan perbaikan untuk masa depan.

Surabaya, Agustus 2020

Penulis

DAFTAR ISI

ABSTRAK	i
ABSTRACT	iii
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL.....	xiii
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	4
1.3 Tujuan Penelitian.....	4
1.4 Manfaat Penelitian.....	4
1.5 Ruang Lingkup Penelitian	5
1.5.1 Batasan	5
1.5.2 Asumsi	5
1.6 Sistematika Laporan	6
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	9
2.1 Manajemen Distribusi dan Transportasi	9
2.1.1 Jaringan dan Strategi Distribusi	9
2.1.2 Transportasi.....	11
2.2 Operasional Pergudangan.....	13
2.3 Simulasi	14
2.4 Time Slotting Management.....	16
2.5 Penelitian Terdahulu	16
BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN.....	19
3.1 Studi Pendahuluan.....	20
3.1.1 Observasi Proses Bisnis	20
3.1.2 Studi Literatur	20
3.1.3 Deskripsi Sistem Amatan.....	21
3.2 Pengumpulan Data	22
3.3 Pengolahan Data.....	22

3.4 Simulasi	22
3.4.1 Model konseptual	23
3.4.2 Model Simulasi.....	24
3.4.3 Verifikasi, Validasi, dan Jumlah Replikasi	24
3.4.4 Rancangan Eksperimen	26
BAB 4 PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA.....	29
4.1 Deskripsi Sistem Distribusi PT. X.....	29
4.2 Pengumpulan Data.....	30
4.2.1 Data Struktural	31
4.2.2 Data Operasional	34
4.2.3 Data Numerik	35
4.3 Pengolahan Data	37
BAB 5 MODEL SIMULASI.....	41
5.1 Model Konseptual.....	41
5.1.1 Model Konseptual Kondisi Existing	41
5.1.2 Model Konseptual Kondisi Perbaikan.....	44
5.2 Model Simulasi.....	47
5.3 Jumlah Replikasi.....	53
5.4 Verifikasi	54
5.5 Validasi	58
BAB 6 HASIL DAN ANALISIS	61
6.1 Analisis Kondisi <i>Existing</i>	61
6.2 Analisis Kebijakan <i>Time Slotting</i>	65
6.2.1 Analisis Perbandingan Rata-Rata Turnaround Time dan Waiting Time	65
6.2.2 Analisis Trade-off dan Tantangan dalam Implementasi Kebijakan Time Slotting.....	70
6.3 Analisis Pemilihan Skenario Terbaik	73
6.4 Analisis Sensitivitas.....	75
BAB 7 KESIMPULAN DAN SARAN	79
7.1. Kesimpulan.....	79
7.2. Saran	80
DAFTAR PUSTAKA.....	83

LAMPIRAN.....	87
BIOGRAFI PENULIS	95

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Persentase Rumah Tangga Menurut Sumber Air Minum	1
Gambar 1.2 Rincian Biaya Pergudangan (Zaroni, 2015).....	2
Gambar 3.1 Metodologi Penelitian	19
Gambar 3.2 Kerangka Pemodelan Konseptual	23
Gambar 4.1 Histogram Jumlah <i>Delivery Order</i> PT. X	33
Gambar 4.2 Aliran Proses Aktivitas di Hilir Rantai Pasok (Distribusi) Perusahaan	34
Gambar 4.3 Jumlah Permintaan Muat Kendaraan Internal Sepanjang 2019	37
Gambar 4.4 Jumlah Permintaan Muat Kendaraan Eksternal Sepanjang 2019.....	38
Gambar 5.1 Model Konseptual Permintaan Kirim	42
Gambar 5.2 Model Konseptual Permintaan Muat Kendaraan Eksternal	43
Gambar 5.3 Model Konseptual Kondisi Perbaikan.....	45
Gambar 5.4 Ilustrasi <i>Dashbord</i> Aplikasi <i>Time Slotting</i>	47
Gambar 5.5 Ilustrasi Pengisian Data Reservasi Slot.....	47
Gambar 5.6 Permintaan <i>Delivery Order</i> Kirim dan Penugasan Truk Internal	48
Gambar 5.7 Kedatangan Kendaraan Eksternal	48
Gambar 5.8 Proses di Dalam Pabrik	49
Gambar 5.9 Proses <i>Loading</i> Gudang AMDK 1	49
Gambar 5.10 Simulasi Antrean Pada AMDK 1	50
Gambar 5.11 <i>Create Delivery Order</i> dan Penugasan Truk.....	51
Gambar 5.12 Proses Pengiriman Kendaraan Internal	51
Gambar 5.13 Model Simulasi Kondisi Perbaikan.....	52
Gambar 5.14 Pemilihan Pemesanan Slot	52
Gambar 5.15 Alur Pemilihan Waktu Slot	53
Gambar 5.16 Verifikasi <i>Syntax Error</i>	55
Gambar 5.17 Verifikasi <i>Semantic Error</i>	56
Gambar 5.18 Verifikasi Total Kendaraan Masuk terhadap <i>Decision</i> Tujuan Gudang	56
Gambar 5.19 Verifikasi Logika Penggunaan <i>Resource</i>	57

Gambar 6.1 Persentase Perbandingan Jumlah Kedatangan Kendaraan per <i>Shift</i> ..	62
Gambar 6.2 Waktu <i>Turnaround</i> Kendaraan per <i>Shift</i>	63
Gambar 6.3 Grafik Perbandingan <i>Output</i> Waktu <i>Turnaround</i> Kendaraan	66
Gambar 6.4 Perbandingan Rata-Rata <i>Waiting Time</i> Keseluruhan Skenario	69
Gambar 6.5 Perbandingan <i>Waiting Time</i> Pada Setiap Gudang AMDK Skenario Satuan Slot 60 Menit	69
Gambar 6.6 <i>Trade-Off</i> Penurunan <i>Service Level</i>	71
Gambar 6.7 Hasil Utilitas Terhadap Pengujian Numerik Jumlah Tenaga Muat...	74
Gambar 6. 8 Grafik Sensitivitas Kenaikan <i>Demand</i> Terhadap Waktu <i>Turnaround</i> dan <i>Service Level</i>	76

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Karakteristik Moda Transportasi	12
Tabel 2. 2 Penelitian Terdahulu	17
Tabel 3.1 Variabel Sistem Amatan	26
Tabel 3.2 Faktor Eksperimen	27
Tabel 4.1 Pengumpulan Data	30
Tabel 4.2 Rincian <i>Resources</i>	32
Tabel 4.3 Lokasi Tujuan Pengiriman	33
Tabel 4.4 Rincian <i>Time Windows</i>	35
Tabel 4.5 Rangkuman Pengolahan <i>Distribution Fitting</i>	38
Tabel 4.6 Probabilitas Tujuan Gudang dan Jenis Kendaraan	39
Tabel 5.1 Rata-Rata <i>Turnaround Time</i> Kendaraan Pada Sepuluh Replikasi	53
Tabel 5.2 Data Uji Validasi.....	58
Tabel 5.3 <i>Paired t-test</i> Terhadap Data Waktu <i>Turnaround</i> Kendaraan.....	59
Tabel 5.4 Rekap <i>Paired t-test</i> Terhadap Seluruh Data Parameter Validasi	60
Tabel 6.1 Hasil Simulasi Waktu <i>Turnaround</i> Kendaraan Kondisi <i>Existing</i>	61
Tabel 6.2 Rincian Kedatangan Kendaraan Setiap <i>Shift</i>	62
Tabel 6.3 Hasil Simulasi Waktu Tunggu Kondisi <i>Existing</i>	64
Tabel 6.4 <i>Output</i> Simulasi Rata-Rata Waktu <i>Turnaround</i> Kendaraan	66
Tabel 6.5 <i>Output</i> Simulasi <i>Waiting Time</i>	68
Tabel 6.6 <i>Output</i> Simulasi <i>Service Level</i>	70
Tabel 6.7 Rekap <i>Output</i> Seluruh Skenario.....	73
Tabel 6.8 Pengujian Numerik Jumlah Tenaga Muat Terhadap Utilitas.....	74
Tabel 6. 9 Skenario Analisis Sensitivitas.....	76

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

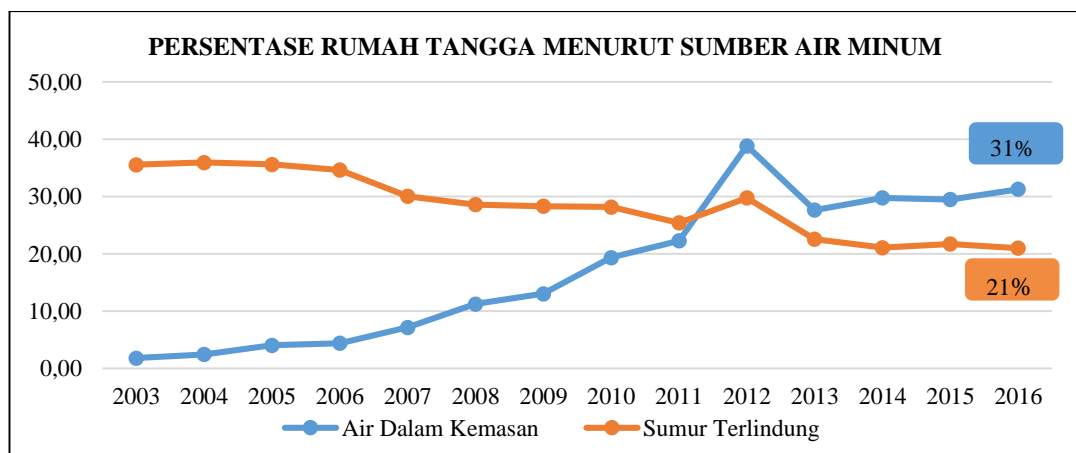
BAB 1

PENDAHULUAN

Pada bab ini akan dijelaskan mengenai latar belakang penelitian, perumusan masalah, tujuan serta manfaat penelitian, dan ruang lingkup penelitian yang mencakup batasan dan asumsi yang digunakan dalam penelitian. Selain itu akan dijelaskan juga mengenai struktur penulisan laporan secara singkat.

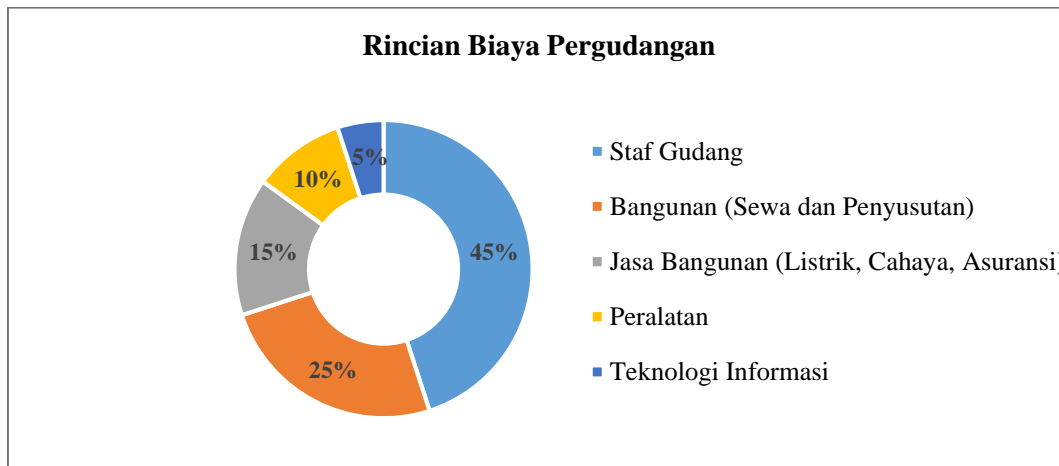
1.1 Latar Belakang

Kementerian Perindustrian di tahun 2019 mencatat bahwa Industri Air Minum Dalam Kemasan (AMDK) mampu mencapai pertumbuhan positif dengan peningkatan lebih dari 10,19% di tahun 2018 lalu dan diproyeksikan terjadi peningkatan *double digit* di tahun-tahun berikutnya. Gambar 1.1 memberikan informasi terkait pertumbuhan serta pergeseran *trend* sumber air minum rumah tangga di Indonesia. Tercatat hingga tahun 2019, sebanyak 500 perusahaan mulai dari industri kecil hingga industri besar yang bergerak pada sektor industri AMDK di Indonesia (Kemenperin, 2019). Semakin banyaknya produsen AMDK yang tumbuh, mendorong PT. X untuk meningkatkan daya saingnya dengan melakukan perbaikan hingga mencapai level efektivitas dan efisiensi yang optimal. Rantai pasok sendiri memiliki dampak terhadap daya saing perusahaan dimana biaya rantai pasok dan logistik setara dengan setengah dari pendapatan perusahaan (Kavanaugh, 2000).



Gambar 1.1 Persentase Rumah Tangga Menurut Sumber Air Minum (BPS, 2017)

Perbaikan terhadap rantai pasok dapat dilakukan pada aktivitas dari hulu, internal, hingga hilir perusahaan. Pada kasus ini, perusahaan terdorong untuk memperbaiki aktivitas hilir yaitu proses operasional logistik di gudang produk jadi sebagai proses awal dari kegiatan distribusi. Gudang merupakan bagian penting dari kegiatan distribusi, dimana gudang juga berperan sebagai *Distribution Centre* (DC). Menurut Dr. Zaroni, Direktur Keuangan PT Pos Logistik Indonesia, proses pergudangan biasanya menghabiskan 20% hingga 30% dari biaya logistik. Sedangkan penelitian di USA menemukan bahwa biaya pergudangan menghabiskan sebesar 22% (Establish Inc. /Herbert W. Davis & Co., 2005). Gambar 1.2 berikut menunjukkan rincian komposisi biaya pergudangan pada umumnya.



Gambar 1.2 Rincian Biaya Pergudangan (Zaroni, 2015)

Berdasarkan gambar 1.2 di atas, komposisi terbesar biaya pergudangan tersebut berasal dari biaya staf dengan proporsi 45% hingga 50%. Oleh karena itu, evaluasi kinerja dari *resource* perusahaan dapat dilakukan untuk lebih mengoptimalkan utilitas *resource*. Tantangan perusahaan lainnya saat ini yaitu, waktu kedatangan pelanggan yang tidak dapat diprediksi serta terdapatnya jam-jam sibuk yang dapat menciptakan ketidakteraturan lalu lintas di pabrik. Selain itu, lahan pabrik yang terbatas juga memberikan keterbatasan pada lalu lintas kendaraan di pabrik. Perusahaan memiliki hipotesis bahwa ketidakteraturan tersebut dapat menyebabkan beberapa permasalahan lain yaitu penumpukan jumlah kendaraan di lapangan pabrik pada jam sibuk, tingginya *waiting time* kendaraan, hingga lamanya

waktu *turnaround* kendaraan, yaitu waktu yang dihabiskan oleh kendaraan dari datang; melakukan aktivitas bongkar; pemuatan kembali produk jadi; hingga keluar dari pabrik.

Chartered Institute of Logistics & Transportation Indonesia menyebutkan bahwa usaha terhadap menciptakan efisiensi waktu, tenaga, dan biaya operasional akan berujung pada turunnya biaya logistik. Oleh karena itu, perusahaan mencoba untuk menciptakan efisiensi operasional dan keteraturan aktivitas pemuatan produk jadi dengan menerapkan *time slotting management* sebagai pengaturan waktu kedatangan kendaraan. *Time slotting* merupakan alat penghubung informasi antara pabrik dengan pelanggan mengenai kapasitas *resource* yang tersedia serta waktu kedatangan kendaraan yang dapat dijanjikan. Permasalahan yang dialami oleh PT. X tersebut identik dengan permasalahan yang terjadi pada *Container Terminal* di pelabuhan dimana waktu kedatangan kendaraan sangat tidak dapat diprediksi sehingga menimbulkan penumpukan di lapangan terminal. Banyak penelitian yang telah dilakukan mengenai pengaturan kedatangan kendaraan dengan beberapa tujuan yaitu mulai dari mengurangi penumpukan antrean kendaraan, mereduksi biaya transportasi, mereduksi waktu *turnaround* kendaraan, mengoptimalkan produktivitas *resource*, hingga mereduksi gas emisi kendaraan. Murty, et al., (2005) mengembangkan dasar dari sistem pengalokasian waktu perjanjian kedatangan dengan kendaraan yang digunakan oleh Hongkong International Terminals. Sedangkan Huynh dan Walton (2008) melakukan penelitian mengenai penentuan jumlah maksimum kendaraan yang diijinkan untuk masuk dengan mempertimbangkan efisiensi operasional terminal. Sektor industri lainnya yang menerapkan pengaturan kedatangan pelanggan yaitu pada sektor jasa kesehatan atau rumah sakit. Zhu (2009) menggunakan simulasi untuk menentukan jumlah pasien yang optimal untuk dapat melakukan janji temu di klinik dalam satu jam.

Proses pemuatan produk jadi di PT.X merupakan sistem yang kompleks. Kompleksitas dapat direpresentasikan pada faktor variabilitas dan keterkaitan yang terjadi (Kelton, et al., 2007). Variabilitas atau ketidakpastian yang dapat terjadi yaitu waktu kedatangan, waktu proses, jumlah dan jenis permintaan, dan jenis kendaraan. Sedangkan keterkaitan yang terjadi yaitu, proses pemuatan salah satu produk harus diawali terlebih dahulu dengan pembongkaran kendaraan. Selain itu,

antrean dan proses pemuatan pada suatu kendaraan akan menyebabkan masalah antrean dan waktu tunggu yang lebih lama lagi untuk kendaraan yang akan diproses selanjutnya. Selanjutnya, *Discrete-Event Simulation* (DES) akan digunakan sebagai pendekatan yang cocok untuk mengatasi permasalahan di atas. DES merupakan metode simulasi yang dapat merekam status sistem berdasarkan perjalanan waktu per kejadian (diskrit). DES juga mampu memecahkan permasalahan antrean yang menjadi salah satu ukuran performansi sistem yang akan diteliti pada penelitian ini. Selanjutnya, penelitian akan memberikan hasil evaluasi mengenai dampak kebijakan *time slotting* yang diusulkan perusahaan untuk dapat mengatasi dugaan permasalahan antrean di pabrik.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah disebutkan, perumusan permasalahan yang akan dibahas yaitu bagaimanakah pengaturan jumlah slot kedatangan kendaraan per satuan slot waktu pada aktivitas pemuatan produk jadi sehingga waktu *turnaround* kendaraan menurun.

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini yaitu sebagai berikut:

1. Merancang simulasi kebijakan *time slotting* berdasarkan faktor eksperimen.
2. Menganalisis pengaruh kebijakan *time slotting* terhadap waktu *turnaround* kendaraan, waktu tunggu, serta jumlah antrean pada gudang produk jadi.
3. Memberikan rekomendasi pengaturan kegiatan operasional gudang produk jadi berdasarkan penerapan *time slotting management*.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini yaitu sebagai berikut:

1. Mencapai efisiensi waktu dan sumber daya pada operasional gudang dan lahan pabrik dengan menciptakan keteraturan aktivitas pemuatan produk jadi.

2. Memperoleh kebijakan yang saling menguntungkan antara perusahaan atau pabrik dengan pemilik kendaraan.
3. Memberikan bukti manfaat dari penerapan *time slotting*.

1.5 Ruang Lingkup Penelitian

Ruang lingkup penelitian dapat dijelaskan dalam batasan dan asumsi di bawah ini:

1.5.1 Batasan

Batasan dalam penelitian ini yaitu:

1. Data permintaan dan kedatangan yang digunakan adalah bulan Januari hingga Desember 2019.
2. Kegiatan *turnaround time* merupakan ukuran performansi kecepatan proses di dalam pabrik Pandaan, yaitu semenjak truk memasuki lahan pabrik hingga keluar.
3. *Waiting time* yang diukur merupakan waktu tunggu di dalam pabrik untuk mendapatkan layanan pemuatan pada setiap tujuan gudang AMDK.
4. Kontrol antrean pelayanan yaitu bersifat *First Comes First Served* pada kedatangan truk yang sesuai dengan waktu slot yang dipesan.
5. Utilitas tenaga muat yang dievaluasi berasal dari skenario pengaturan *time slot* terbaik yang didapatkan.
6. Kegiatan bongkar yang diteliti yaitu pembongkaran galon kosong dari pelanggan.

1.5.2 Asumsi

Asumsi yang dilakukan dalam penelitian ini yaitu:

1. Pelanggan mau bekerjasama untuk menerapkan kebijakan *time slotting* secara ideal.
2. Produk yang akan dimuat selalu siap tersedia.
3. Tenaga kerja selalu tersedia dan tidak pernah absen atau izin.
4. Jumlah tujuan pembongkaran galon kosong adalah permintaan terhadap galon baru.

1.6 Sistematika Laporan

Pada subbab ini akan dijelaskan mengenai kerangka dalam penulisan laporan penelitian. Sistematika penulisan laporan penelitian yaitu sebagai berikut:

BAB 1 PENDAHULUAN

Bab pendahuluan berisi latar belakang yang menjadi landasan penelitian dan rumusan permasalahan yang akan dibahas. Selanjutnya dijelaskan mengenai tujuan dan manfaat yang ingin dicapai dalam penelitian ini, serta ruang lingkup penelitian yang terdiri dari batasan dan asumsi yang digunakan selama penelitian, serta kerangka penulisan laporan penelitian ini.

BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

Tinjauan pustaka berisi informasi yang digunakan sebagai landasan teori untuk mengembangkan dan menyelesaikan permasalahan. Teori tersebut didapatkan dari berbagai buku, jurnal, dan penelitian terdahulu.

BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN

Metodologi penelitian berisi kerangka atau tahapan-tahapan yang dilakukan dalam penelitian secara sistematis. Tahap awal penelitian dimulai dengan studi pendahuluan yang berisi observasi objek amatan sehingga menemukan permasalahan yang akan diamati sekaligus melakukan studi literatur terkait teori relevan untuk objek maupun metode penelitian. Selanjutnya adalah pengumpulan dan pengolahan data untuk perancangan model simulasi dan *design experiment*. Kemudian dilanjutkan dengan analisis dan interpretasi data serta tahap terakhir adalah penarikan kesimpulan dan saran.

BAB 4 PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA

Pengumpulan data berisi data primer dan sekunder yang didapatkan dari objek amatan. Data yang telah dikumpulkan selanjutnya diolah sesuai dengan metodologi yang dibangun pada bab 3 untuk mendapatkan tujuan penelitian.

BAB 5 PENGEMBANGAN MODEL SIMULASI

Pengembangan model simulasi berisi penjelasan proses dalam membangun simulasi pada sistem objek amatan yang dimulai dengan membangun model konseptual lalu dilanjutkan dengan membangun model simulasi menggunakan *software* ARENA. Verifikasi dan validasi dilakukan untuk memastikan bahwa model yang dibangun sudah merepresentasikan sistem nyata secara tepat. *Input* model simulasi tersebut didapatkan dari data yang telah dikumpulkan dan diolah pada bab 4.

BAB 6 HASIL DAN ANALISIS

Bab ini akan menjelaskan hasil pengujian terhadap alternatif skenario yang dibangun. Selanjutnya hasil tersebut akan dianalisis untuk memberikan rekomendasi kepada perusahaan mengenai alternatif terbaik yang dapat meningkatkan performansi sistem atau objek amatan

BAB 7 KESIMPULAN DAN SARAN

Bab terakhir pada laporan ini akan berisi kesimpulan yang didapatkan dari penelitian yang dilakukan. Saran terhadap penelitian selanjutnya yang dapat dikembangkan juga dimasukkan dalam bab ini.

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

Pada bab ini akan dijelaskan mengenai teori dasar dan metode yang menjadi referensi dalam penelitian. Teori dasar yang digunakan dalam penelitian ini yaitu manajemen distribusi dan transportasi, operasional pergudangan, dan simulasi. Referensi lainnya mencakup teknologi *time slotting management* dan penelitian terdahulu.

2.1 Manajemen Distribusi dan Transportasi

Terdapat berbagai istilah untuk menyebut manajemen distribusi dan transportasi. Beberapa perusahaan menggunakan istilah manajemen logistik, distribusi fisik, dan istilah-istilah lainnya. Fungsi dari manajemen distribusi dan transportasi pada umumnya yaitu mengantarkan produk dari lokasi tempat produk tersebut diproduksi hingga ke lokasi produk akan digunakan. Sejumlah fungsi dasar yang membentuk manajemen distribusi dan transportasi yaitu: melakukan segmentasi dan menentukan target *service level*, menentukan moda transportasi yang akan digunakan, melakukan konsolidasi informasi dan pengiriman, melakukan penjadwalan dan penentuan rute pengiriman, memberikan pelayanan nilai tambah, menyimpan persediaan, dan menangani pengembalian (*return*).

2.1.1 Jaringan dan Strategi Distribusi

Jaringan distribusi yang baik akan mendukung rantai pasok untuk mencapai kecepatan respon yang diinginkan dengan biaya yang rendah. Terdapat tiga pertanyaan dasar yang harus dijawab dalam menentukan strategi distribusi yaitu: apakah pengiriman dilakukan secara langsung atau membutuhkan fasilitas penyangga? Apakah fasilitas penyangga akan menyimpan produk atau berfungsi sebagai fasilitas *cross-docking*? Apakah setiap rute pengiriman akan menuju satu tujuan atau berbagai tujuan? Pada umumnya terdapat tiga strategi distribusi produk yang masing-masingnya memiliki kelebihan dan kekurangan. Ketiga strategi tersebut yaitu:

- a. Pengiriman Langsung (*Direct Shipment*)

Dengan jaringan *direct shipment*, pengiriman akan langsung dilakukan dari pabrik menuju lokasi tujuan. Manajer membutuhkan keputusan mengenai jumlah yang akan dikirim dan moda transportasi yang digunakan. Keputusan *direct shipment* tersebut memiliki *trade off* antara biaya transportasi dan *inventory*. Keuntungan menggunakan jaringan *direct shipment* yaitu mengeliminasi adanya investasi pada fasilitas gudang penyangga lainnya dan kesederhanaannya dalam pengoperasian dan koordisani. Keputusan pengiriman akan bersifat lokal dimana keputusan pengiriman menuju suatu lokasi tujuan tidak akan mempengaruhi lokasi tujuan lainnya. Waktu yang dibutuhkan hingga menuju lokasi tujuan juga tergolong pendek karena pengiriman dilakukan secara langsung. Strategi ini cocok digunakan pada produk yang memiliki umur hidup yang pendek dan mudah rusak sehingga meminimasi kegiatan *handling* atau proses bongkar muat. Namun terdapat risiko lain yaitu ketidakpastian permintaan. Industri yang umumnya menggunakan strategi ini yaitu pada produk *consumer goods*.

b. Pengiriman Melalui *Warehouse*

Warehouse berfungsi sebagai gudang penyangga dimana produk tidak akan langsung dikirim menuju pelanggan melainkan melewati satu atau lebih fasilitas sebelum akhirnya dikirim menuju pelanggan. *Warehousing* dapat disebut juga sebagai *Distribution Center (DC)*. Model *warehousing* ini sangat cocok untuk produk dengan ketidakpastian yang tinggi sehingga gudang berfungsi sebagai penyangga dan peredam ketidakpastian tersebut. Produk yang disimpan dalam *warehouse* tersebut biasanya memiliki umur hidup yang relatif lebih lama karenanya mampu disimpan dalam waktu yang lebih panjang. Di sisi lain, dengan adanya *warehouse* tersebut maka terdapat biaya tambahan investasi dan operasional fasilitas yang lebih tinggi dengan waktu pengiriman untuk sampai ke pelanggan lebih lama. Kerusakan akibat *handling* juga sering ditemui dalam kegiatan *warehousing* karena semakin bertambahnya aktivitas bongkar muat dan pemindahan.

c. *Cross-Docking*

Pada jaringan distribusi *cross-docking*, produk akan dikirim menuju fasilitas yang mungkin juga berfungsi sebagai *distribution center*, dimana produk tidak akan disimpan melainkan terjadi *transfer* beban dari kendaraan pengirim ke kendaraan

penjemput. Aktivitas di dalam fasilitas *cross-docking* tersebut meliputi *receiving*, *sorting*, dan *loading*. Fasilitas *cross-docking* juga memungkinkan untuk terjadinya konsolidasi yaitu antara banyak pabrik dan pelanggan. Tantangan dalam tipe jaringan *cross-docking* yaitu investasi terhadap sistem yang mampu menciptakan visibilitas informasi dan koordinasi dengan baik. Kelebihan dari tipe jaringan distribusi ini yaitu pengiriman yang relatif lebih cepat dan biaya transportasi dapat mencapai *economies of scale* karena aktivitas konsolidasi.

2.1.2 Transportasi

Transportasi merujuk pada perpindahan suatu produk dari satu lokasi ke lokasi lainnya seperti membuat perjalanan dari awal rantai pasok hingga ke pelanggan (Chopra & Meindl, 2016). Kesuksesan dalam rantai pasok sangat erat hubungannya pada pemilihan penggunaan moda transportasi yang tepat. Pelaku dalam aktivitas transportasi pada umumnya terdiri dari dua pelaku yaitu, pihak *shipper* dan pihak *carrier*. *Shipper* merupakan pihak yang membutuhkan perpindahan produk di antara dua titik lokasi (pendistribusian produk). Sedangkan *carrier* merupakan pihak yang mengangkut atau memindahkan produk tersebut. Selain itu terdapat pihak lain yang memiliki dampak pada pengadaan transportasi yaitu; (1) pemilik atau operator pada infrastruktur transportasi seperti jalan, pelabuhan, dan bandara, serta (2) badan yang mengatur kebijakan transportasi di dunia. Efektivitas dalam pengangkutan produk sangat dipengaruhi oleh infrastruktur yang disediakan. Sebagian besar infrastruktur tersebut di seluruh dunia adalah dimiliki dan diatur oleh pemerintah. Kebijakan transportasi yang diatur juga bertujuan untuk mencegah adanya praktik monopoli, mendorong kompetisi yang adil, serta menyeimbangkan lingkungan, energi, dan permasalahan sosial dalam transportasi. Sebagai contoh, ada beberapa ruas jalan yang memiliki pengaturan jam kendaraan besar (truk) boleh melintas di jalan raya yaitu untuk menghindari kemacetan yang disebabkan waktu padat masyarakat melintas di jalan raya.

Jenis moda transportasi yang digunakan juga berbeda-beda sesuai dengan kebutuhan perusahaan. Karakteristik yang melekat pada masing-masing moda transportasi juga berbeda satu sama lain dalam hal berikut ini:

- a. Kecepatan yaitu durasi waktu yang dibutuhkan untuk memindahkan produk dari lokasi awal menuju lokasi tujuan.

- b. Volume pengiriman yaitu banyaknya produk yang dapat diangkut dari lokasi awal menuju lokasi tujuan.
- c. Fleksibilitas waktu kirim dan rute yaitu seberapa cepat suatu moda transportasi merespon perubahan dalam waktu dan rute yang dapat berubah-ubah (tidak pasti).
- d. Biaya pengiriman yaitu biaya yang dikeluarkan untuk mengangkut sejumlah produk.
- e. *In-transit inventory* yaitu rasio antara banyaknya (volume) produk yang dapat dikirimkan dengan kecepatan pengiriman.

Dalam pengelolaan kegiatan pengiriman tersebut, sering dijumpai *trade off* yang menjadi pertimbangan dalam menentukan moda transportasi. *Trade off* tersebut yaitu biasanya meliputi kecepatan dan biaya. Biaya akan semakin tinggi apabila perusahaan menginginkan kecepatan pengiriman yang tinggi juga. Selain itu, terdapat beberapa moda transportasi yang membutuhkan dua moda, seperti apabila menggunakan kapal, pesawat, dan kereta maka akan ada armada tambahan yaitu truk untuk pengangkutan dari terminal menuju lokasi tujuan. Tabel 2.1 berikut merupakan evaluasi dari berbagai moda transportasi yang ada berdasarkan karakteristiknya.

Tabel 2.1 Karakteristik Moda Transportasi

Karakteristik	Truk	Kereta	Kapal	Pesawat
Kecepatan	Sedang	Sedang	Rendah	Sangat tinggi
Volume	Sedang	Sangat besar	Sangat besar	Besar
Fleksibilitas waktu	Tinggi	Rendah	Rendah	Rendah
Fleksibilitas rute	Tinggi	Sangat rendah	Sangat rendah	Sangat rendah
Biaya	Sedang	Rendah	Rendah	Tinggi
<i>In-transit inventory</i>	Rendah	Tinggi	Sangat tinggi	Rendah

(Sumber: Supply Chain Management, Pujawan, 2017)

Moda transportasi yang sering digunakan untuk produk fungsional yaitu truk. Kebijakan umum dalam pengiriman menggunakan truk pada umumnya yaitu sebagai berikut:

- a. *Full Truckload (TL)*

Produk diharapkan dapat dipenuhi muatannya dalam satu truk sehingga pada umumnya truk akan berangkat menuju satu tujuan. Kebijakan ini diterapkan untuk meminimasi kejadian kerusakan barang akibat *handling* yang terlalu sering.

b. *Less than Truckload (LTL)*

Muatan truk akan dibagi menuju beberapa titik tujuan dimana beberapa pengirim akan berbagi ruang pada truk yang sama. Perhitungan biaya berdasarkan kuantitas barang yang dikirim dan jarak pengiriman.

2.2 Operasional Pergudangan

Menurut Bartholdi dan Hackmas (2014), proses operasional pergudangan meliputi proses menyimpan, menyusun ulang, dan memperpendek *lead time*, membawa fungsi pergudangan menjadi sangat rumit dan kompleks. Gudang sangat dibutuhkan dalam proses penyaluran barang dimana koordinasi sangat dibutuhkan untuk menyeimbangkan proses penawaran dan permintaan. Aktivitas operasional gudang pada umumnya terdiri dari aktivitas berikut ini yaitu:

- a. *Receiving* yaitu aktivitas yang meliputi penerimaan *order*, penerimaan barang masuk, serta memastikan kualitas dan kuantitas barang yang diterima telah sesuai dengan aturan perusahaan.
- b. *Put Away* yaitu aktivitas penempatan material atau produk yang masuk untuk menuju gudang penyimpanan.
- c. *Storage* yaitu kegiatan penyimpanan material untuk dikirim menuju bagian proses selanjutnya maupun pelanggan.
- d. *Order picking* yaitu proses pemindahan dari gudang untuk memenuhi suatu permintaan tertentu sebagai pelayanan kepada pelanggan
- e. *Shipping* yaitu proses pemeriksaan pesanan dan pemuatan produk ke kendaraan untuk siap dikirim ke pelanggan. Dalam aktivitas muat juga dibutuhkan untuk mengalokasikan gerbang muat untuk kedatangan kendaraan pelanggan.

Seluruh perusahaan di dunia menginginkan untuk meminimasi biaya operasional di dalam pergudangan untuk meningkatkan daya saingnya. Dibutuhkan penelitian dan analisis secara keseluruhan dalam sistem operasional di gudang untuk mereduksi biaya namun dengan memberikan pelayanan yang tinggi kepada

pelanggan. Kegiatan-kegiatan yang dapat diperhatikan untuk meningkatkan kinerja pergudangan yaitu seperti pengaturan, kebutuhan tenaga kerja, kebijakan penyimpanan, serta kebijakan proses *unloading*, *picking*, dan *loading*.

2.3 Simulasi

Simulasi merupakan suatu metode dan aplikasi yang digunakan untuk meniru perilaku dari suatu sistem yang nyata dengan bantuan *software* komputer yang sesuai (Kelton, et.al., 2007). Simulasi dapat digunakan apabila model matematis sudah tidak dapat menghasilkan solusi. Hal tersebut disebabkan akibat hubungan antara elemen pembentuk sistem yang kompleks. Kompleksitas suatu sistem terjadi akibat adanya faktor variasi yang menyebabkan ketidakpastian dan faktor keterkaitan. Peniruan terhadap sistem yang asli dibutuhkan untuk mengevaluasi performansi sistem dan memberikan usulan perbaikan tanpa menghabiskan banyak uang.

Selain kelebihan simulasi yang dijelaskan di atas, terdapat beberapa kekurangan pada metode simulasi yang harus benar-benar dipahami yaitu (Siswanto, et.al., 2018):

- Model simulasi bersifat RIRO (*Random Input Random Output*).
- Simulasi tidak menawarkan hasil yang secara akurat, namun dalam bentuk estimasi.
- Simulasi membutuhkan jumlah data yang banyak untuk mendapatkan hasil yang baik.

Menurut Siswanto, et.al., 2018, tahapan-tahapan dalam membangun model simulasi adalah sebagai berikut:

1. *Problem analysis and information collection*

Tahap awal yang harus dilakukan dalam membangun model simulasi yaitu menganalisa permasalahan yang ada. Selain itu dibutuhkan pengumpulan informasi struktural yang berhubungan dengan permasalahan. Aktivitas yang dilakukan yaitu identifikasi parameter *input*, ukuran performansi, hubungan antara parameter dan variabel, aturan operasi komponen di dalam sistem. Keseluruhan informasi tersebut digambarkan secara sistematis melalui *flowchart*, *mind map*, maupun metode lainnya.

2. *Data collection*

Pengumpulan data dibutuhkan untuk mengestimasi *parameter* dan validasi model.

3. *Model Construction*

Setelah permasalahan secara jelas dipelajari dan data yang dikumpulkan cukup, maka dapat dilanjutkan dengan membangun model pada komputer melalui berbagai *software* simulasi.

4. *Model verification*

Model yang dibangun harus dipastikan tidak terjadi kesalahan teknis atau *error*. Untuk melakukan verifikasi dibutuhkan pengecekan dan inspeksi kepada model dan membandingkan *coding* dengan spesifikasi model

5. *Model validation*

Validasi dibutuhkan untuk memastikan bahwa model telah sesuai dengan data sistem nyata. Model yang secara tepat tervalidasi akan memiliki parameter yang sesuai dengan sistem yang diobservasi. Modifikasi dan perbaikan harus dilakukan apabila terindikasi adanya perbedaan dalam model yang dibangun dengan data sistem nyata.

6. *Designing and conducting simulation experiments*

Simulasi akan menunjukkan hasil performansi sistem sehingga selanjutnya dapat dilakukan pemilihan skenario dan menjalankan kembali simulasi untuk mendapatkan solusi dari permasalahan. Keandalan hasil performansi simulasi didapat dengan menetapkan jumlah replikasi sehingga variabilitas hasil dapat direduksi.

7. *Output analysis*

Performansi sistem selanjutnya dapat dianalisis melalui analisis logika dan statistik. Permasalahan yang umum terjadi yaitu mengidentifikasi skenario manakah yang terbaik di antara alternatif skenario lainnya, sehingga analisis secara statistik dapat membantu pemilihan keputusan.

8. *Final recommendations*

Terakhir, hasil analisis digunakan untuk memformulasikan rekomendasi akhir kepada permasalahan yang diteliti. Biasanya rekomendasi tersebut merupakan bagian dari laporan tertulis.

2.4 Time Slotting Management

Time slotting management merupakan suatu alat untuk membantu mempertegas penjadwalan antara *loaders* (tenaga muat), *carriers*, dan pabrik. *Time slot* akan mengatur proses logistik dengan lebih terorganisis dengan beberapa keuntungan yaitu:

1. Mengurangi waktu di dalam lapangan pabrik dengan lebih andal sehingga terjadi kestabilan lalu lintas kendaraan.
2. Pemanfaatan sumber daya pemuatan yang lebih merata, sehingga mengurangi biaya yang disebabkan waktu berlabuh di pabrik, dan meningkatkan *flow-rate*.

Pada dasarnya, *time slot management* direalisasikan dalam bentuk *software* yang menghubungkan jadwal *carriers* dengan pabrik dimana setiap kendaraan yang akan melakukan proses pemuatan akan memesan *slot* waktu yang tersedia. Pada kasus penelitian ini, akan disimulasikan mengenai kapasitas tenaga yang tersedia dengan kebutuhan kendaraan yang dapat dilayani dengan pengaturan *time slot*.

2.5 Penelitian Terdahulu

Banyak peneliti yang telah melakukan penelitian mengenai pengukuran performansi kegiatan gudang. Penelitian yang telah dilakukan tersebut juga dapat dijadikan referensi terutama dalam hal metode penelitian untuk mengatasi permasalahan pada objek amatan. Tabel 2.2 menunjukkan rincian dari penelitian terdahulu.

Tabel 2.2 Penelitian Terdahulu

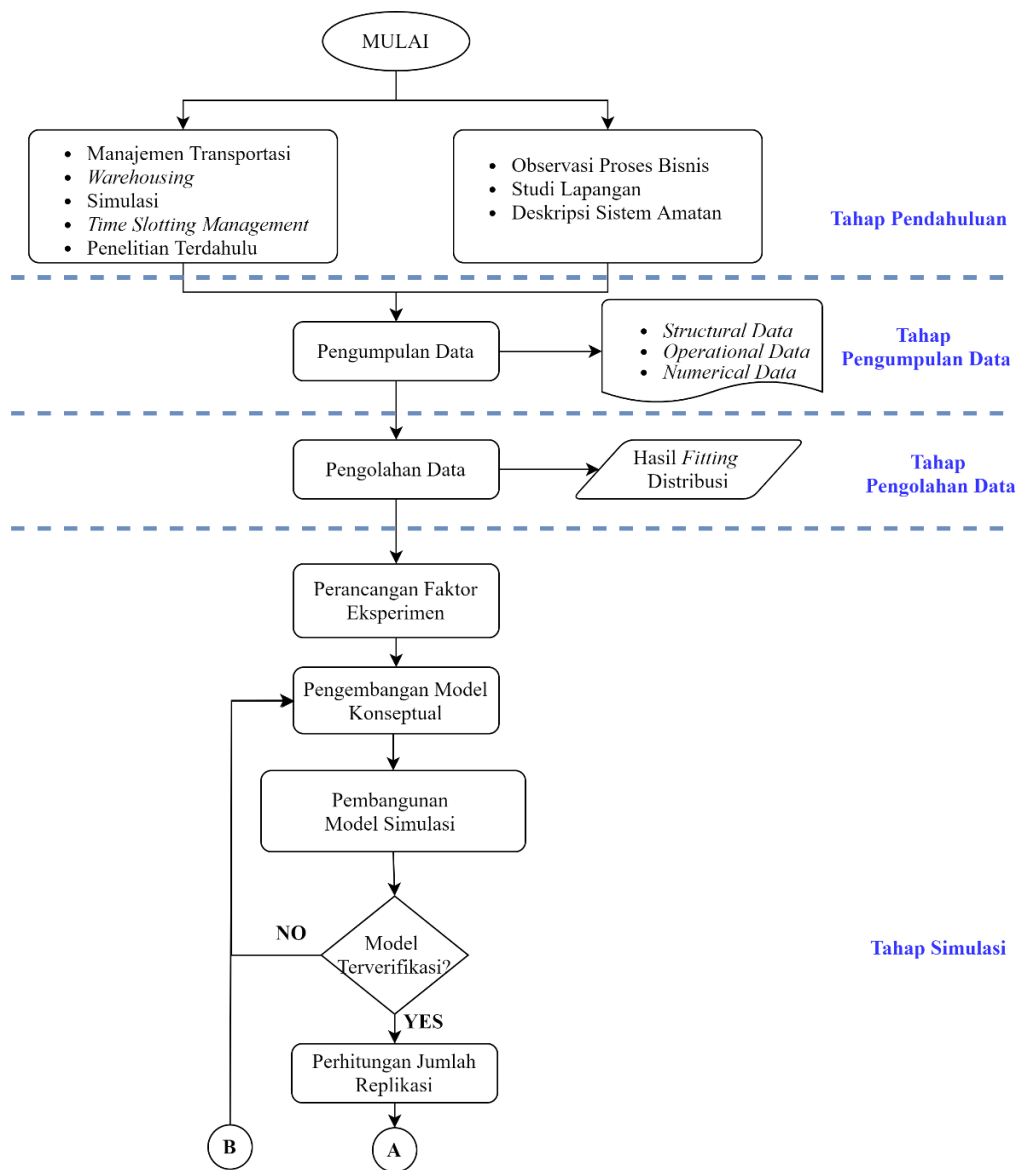
Peneliti	Tahun	Judul	Metode	Hal Penting
Nathan Huynh	2009	<i>Reducing Truck Turn Times at Marine Terminals with Appointment Scheduling</i>	<i>Discret-Event Simulation</i>	Mengidentifikasi pembatasan jumlah kedatangan pelanggan dengan metode <i>individual appointments</i> dengan <i>block appointments</i>
Wenjuan Zhao & Anne V. Goodchild	2013	<i>Using the Truck Appointment System to Improve Yard Efficiency in Container Terminals</i>	<i>Simulation and Queueing Model</i>	Menemukan informasi bahwa kedatangan truk dengan janji kedatangan yang telah dialokasikan terlebih dahulu dapat menurunkan <i>re-handle rate</i> di lapangan
S. Mohammad Arabzad & Seyed Motjaba Sajadi	2014	<i>A Simulation Study on Warehouse Loading System: The Case of Poultry Feed Production Factory</i>	<i>Simulation with ARENA</i>	Mengevaluasi performasi kegiatan pemuatan produk ke kendaraan berdasarkan jumlah <i>resource</i> yang dimiliki
Mai-Ha Phan & Kap Hwan Kim	2016	<i>Collaborative Truck Scheduling and Appointments for Trucking Companies and Container Terminals</i>	<i>MIP</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Menggunakan biaya penalti sebagai ketidaktepatan waktu kedatangan truk • Menentukan jadwal kedatangan truk per perusahaan (pelanggan) per <i>time window</i> yang disediakan
Budhi Wibowo & Jan Fransisco	2020	<i>Joint-Optimization of a Truck Appointment System to Alleviate Queueing Problems in Chemical Plants</i>	<i>WB-PSFFA</i>	Melihat dampak dari penjadwalan kedatangan kendaraan berdasarkan <i>multi-stakeholder interest</i> pada panjang antrean

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

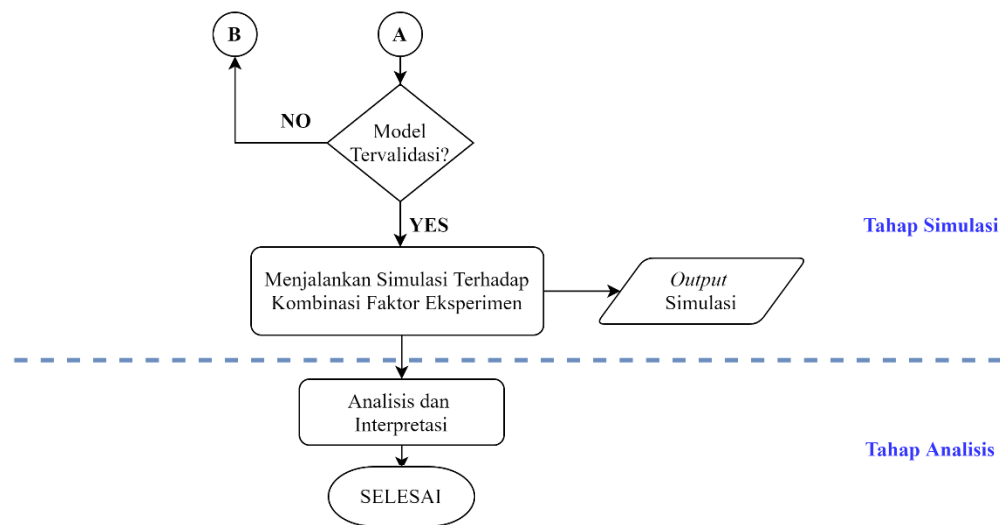
BAB 3

METODOLOGI PENELITIAN

Pada bab ini akan dibahas mengenai kerangka berfikir atau tahapan yang dilakukan untuk menyelesaikan penelitian. Tahapan-tahapan penelitian akan digambarkan melalui *flowchart* yang digunakan sebagai pedoman dalam menyelesaikan permasalahan secara sistematis untuk mencapai tujuan penelitian. Gambar 3.1 menunjukkan *flowchart* metodologi dari penelitian.



Gambar 3.1 Metodologi Penelitian



Gambar 3.1 Metodologi Penelitian (Lanjutan)

Penjelasan mengenai setiap tahapan dalam metodologi di atas dijelaskan secara rinci pada sub-bab di bawah ini.

3.1 Studi Pendahuluan

Tahap studi pendahuluan dilakukan dengan mempelajari proses bisnis serta elemen sistem pada objek amatan sehingga selanjutnya dapat mengidentifikasi permasalahan yang benar terjadi di lapangan. Secara bersamaan, studi literatur dilakukan untuk memperoleh referensi yang relevan. Berikut merupakan aktivitas dalam studi pendahuluan ini yaitu:

3.1.1 Observasi Proses Bisnis

Observasi proses bisnis perusahaan sangat dibutuhkan untuk mengetahui kondisi nyata dari perusahaan serta kegiatan operasional yang menyangkut permasalahan perusahaan sehingga didapatkan pemahaman yang lengkap mengenai perusahaan.

3.1.2 Studi Literatur

Studi literatur dilakukan untuk mengumpulkan sejumlah informasi yang relevan terhadap permasalahan yang akan dipecahkan. Studi literatur didapatkan dari berbagai sumber bacaan yang terpercaya seperti buku, jurnal, artikel, maupun tesis untuk mendapatkan pemahaman yang benar serta hal penting apa saja yang didapatkan untuk selanjutnya digunakan sebagai dasar pemecahan permasalahan.

3.1.3 Deskripsi Sistem Amatan

- Obyektif

Obyektif dari sistem penelitian ini yaitu menentukan kombinasi faktor eksperimen yang dapat meningkatkan performansi aktivitas pemuatan di gudang produk jadi yang ditandai dengan menurunnya waktu *turnaround* kendaraan.

- *System boundaries*

Boundaries dari sistem penelitian ini yaitu aktivitas pemenuhan permintaan pengiriman dan pemuatan produk di pabrik Pandaan.

- *Input dan Output*

Input dalam sistem amatan yaitu data struktural, data operasional, dan data numerik yang berhubungan dengan kebutuhan simulasi. Selain itu *input* pada usulan sistem perbaikan didapatkan dari faktor eksperimen. Sedangkan *output* dari sistem ini yaitu performansi sistem yang meliputi waktu *turnaround* kendaraan, waktu tunggu, serta *service level* kegiatan pemuatan produk jadi.

- *System Activities*

Aktivitas utama di dalam sistem dibagi menjadi tiga aktivitas yaitu aktivitas penerimaan permintaan muat kirim dan ambil sendiri, proses pembongkaran galon kosong dari kendaraan ke gudang, pemuatan produk jadi dari gudang ke kendaraan, dan pengiriman permintaan kirim.

- Elemen Sistem

Elemen sistem yang diamati dalam penelitian ini yaitu meliputi entitas, *resources*, aktivitas, dan variabel sistem. Entitas pada sistem yaitu kendaraan internal atau kendaraan pabrik dan kendaraan eksternal atau kendaraan pelanggan. *Resources* yang digunakan dalam sistem yaitu *gate* AMDK, tenaga bongkar, dan tenaga muat. Selanjutnya aktivitas pada sistem yaitu penerimaan permintaan muat kirim dan ambil sendiri, proses pembongkaran galon kosong, serta pemuatan produk jadi pada gudang AMDK. Terakhir yaitu variabel sistem yang terdiri atas variabel keputusan, variabel respon, dan variabel status. Variabel keputusan dalam sistem yaitu satuan slot waktu, jumlah kedatangan kendaraan, dan jumlah tenaga muat. Sedangkan variabel respon yaitu meliputi rata-rata waktu *turnaround* kendaraan, waktu tunggu, *service level*, dan utilitas tenaga muat. Variabel status pada sistem yaitu status *resources* (*idle/busy*) serta jumlah kedatangan pelanggan.

3.2 Pengumpulan Data

Tahapan ini menunjukkan data yang dibutuhkan dalam pengerjaan penelitian. Data-data yang didapatkan selanjutnya digunakan sebagai *input* dalam melakukan perhitungan. Data yang digunakan diklasifikasikan menjadi data struktural, data operasional, dan data numerik. Data struktural merupakan informasi mengenai konfigurasi serta *layout* sistem dan identifikasi seluruh obyek di dalam sistem yang akan dimodelkan. Dalam penelitian ini akan membutuhkan data struktural yang meliputi entitas, *resources*, dan lokasi.

Data operasional yang dibutuhkan yaitu informasi mengenai bagaimana aliran proses yang terjadi di dalam sistem amatan yaitu mulai dari kedatangan pelanggan (kendaraan) hingga proses muat dan keluar dari pabrik. Sedangkan data numerik berisi informasi sistem secara kuantitatif. Data numerik yang dibutuhkan dalam penelitian ini yaitu waktu antar kedatangan, waktu proses, jumlah permintaan pelanggan, jumlah dan jenis muatan, dan jumlah kendaraan.

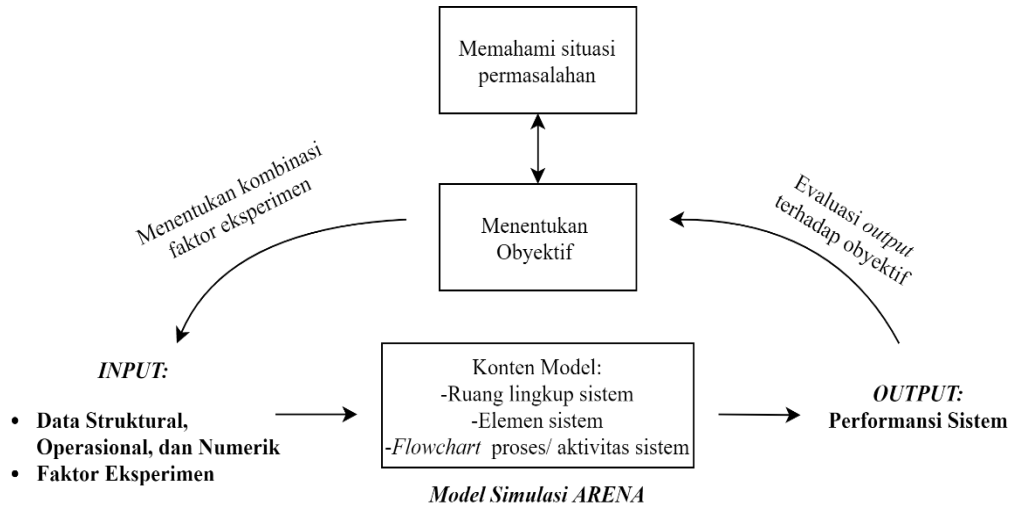
3.3 Pengolahan Data

Data yang telah dikumpulkan selanjutnya akan diproses sebagai *input* dari simulasi. Data numerik yang didapatkan dari data historis perusahaan dimasukkan pada *input analyzer* pada *software* ARENA untuk menemukan pola distribusi yang sesuai. Hal tersebut dibutuhkan karena sifat variabilitas dan ketidakpastian nilai pada data tersebut. Data-data tersebut juga dapat divalidasi melalui pengamatan langsung maupun wawancara kepada pekerja. Data yang dibutuhkan untuk dimasukkan dalam *input analyzer* yaitu sebagai berikut: waktu antar kedatangan permintaan pengiriman, waktu kedatangan permintaan ambil sendiri, dan seluruh waktu proses.

3.4 Simulasi

Simulasi dilakukan dengan menduplikasi sistem nyata ke dalam sebuah model dengan bantuan *software* simulasi. Salah satu tujuan penggunaan dari simulasi yaitu untuk mengukur performansi dari kondisi *existing* serta performansi dari berbagai skenario perbaikan yang diusulkan. Simulasi penting dilakukan untuk mengetahui seberapa besar *impact* atau manfaat dari beberapa skenario yang ada.

Sebelum membangun model simulasi, dapat dibangun model konseptual. Gambar 3.2 berikut merupakan kerangka dari model konseptual yang dibangun.



Gambar 3.2 Kerangka Pemodelan Konseptual

Dari gambar 3.2 di atas, diketahui bahwa proses simulasi diawali dengan pemahaman terhadap permasalahan agar selanjutnya dapat disusun obyektif dari simulasi. Selanjutnya diidentifikasi *input* pada kondisi *existing* sistem amatan berupa data struktural, operasional dan numerik. Pada usulan sistem perbaikan, dapat diberikan kombinasi dari beberapa faktor eksperimen. Pada penelitian ini, faktor eksperimen didapatkan dengan mengubah nilai variabel keputusan. Simulasi dengan ARENA selanjutnya dibutuhkan model konseptual yang menggambarkan ruang lingkup sistem, aktivitas sistem, dan elemen sistem. Terakhir, hasil simulasi akan memberikan nilai *output* atau variabel respon yang dibutuhkan untuk mengevaluasi obyektif. Proses tersebut terus berulang hingga seluruh kombinasi faktor eksperimen telah diujikan atau obyektif telah tercapai. Beberapa sub-proses dalam kerangka pemodelan konseptual tersebut dijelaskan sebagai berikut:

3.4.1 Model konseptual

Model konseptual dibangun untuk mengimitasi sistem *existing* yang berjalan pada obyek penelitian. Model konseptual ini dapat dijelaskan secara sistematis salah satunya melalui *process flow diagram*. Pada penelitian ini akan digunakan *flowchart* untuk menggambarkan *process flow diagram* pada sistem

existing maupun sistem perbaikan yang dibahas secara rinci dan disajikan pada bab V.

3.4.2 Model Simulasi

Model simulasi dibangun menggunakan *software* ARENA berdasarkan logika dari model konseptual yang telah disusun. Segala jenis data yang telah dikumpulkan sebelumnya digunakan sebagai masukan pada model.

3.4.3 Verifikasi, Validasi, dan Jumlah Replikasi

Tahap selanjutnya yang dapat dilakukan yaitu verifikasi, validasi, dan jumlah replikasi. Pertama-tama, dilakukan verifikasi untuk memastikan tidak ada kesalahan teknis (*error*) pada model simulasi akibat pembangunan logika model yang tidak sesuai dengan model konseptual. Terdapat dua cara dalam melakukan verifikasi yaitu dengan mengecek *syntax error* dan *semantics error*. Pengecekan *syntax error*, yang memastikan bahwa tidak ada kesalahan pengetikan karakter atau *decimal* yang menyebabkan kegagalan dalam eksekusi simulasi, dapat dilakukan dengan melakukan *debug* (memeriksa dan menghilangkan error). Sedangkan pada *semantics error* memeriksa apakah logika alur simulasi telah sesuai seperti yang diharapkan. Beberapa cara lain yang membantu verifikasi yaitu menggunakan bantuan animasi serta pengecekan apakah *output* masuk akal.

Setelah model terverifikasi, dilakukan penentuan jumlah replikasi yang dibutuhkan. Replikasi dibutuhkan untuk mengatasi sifat RIRO (*Ranom Input Random Output*) dalam model simulasi. Satu kali replikasi tidak akan mampu merepresentasikan *real system* karena sifatnya yang acak. Jumlah replikasi yang cukup akan menghasilkan *output* simulasi yang berada pada parameter estimasi yang baik sehingga dapat dipercaya sebagai bahan pengambilan keputusan. Perhitungan jumlah replikasi salah satunya dapat melalui pendekatan *relative error* (γ). *Relative error* mendefinisikan *error* sebagai persentase dari *true parameter value*. Simulasi harus memenuhi pertidaksamaan 3.1 berikut.

$$\frac{|\bar{x} - \mu|}{\mu} \leq \gamma \quad (3.1)$$

Nilai dari $n_{rel}^*(\gamma)$ atau jumlah replikasi yang sesuai dengan *relative error* yang diinginkan merupakan jumlah minimum n yang memenuhi pertidaksamaan 3.2 berikut.

$$\frac{t_{n-1, 1-\alpha/2} \sqrt{\frac{s^2}{n}}}{|\bar{x}|} \leq \gamma \quad (3.2)$$

Nilai rata-rata sampel merupakan nilai yang cenderung tidak stabil akibat perubahan jumlah data. Oleh karena itu pertidaksamaan di atas perlu digunakan secara berulang-ulang hingga terpenuhi. Berikut merupakan langkah-langkah penentuan jumlah replikasi:

- Jalankan simulasi awal sejumlah n
- Hitung rata-rata sampel (\bar{x}) dan $\delta = t_{n-1, 1-\alpha/2} \sqrt{\frac{s^2}{n}}$
- Tentukan nilai *relative error* (γ) yang diinginkan
- Cek apakah pertidaksamaan 3.2 terpenuhi. Jika telah terpenuhi, maka jumlah replikasi awal telah cukup. Jika belum, maka jumlah replikasi yang baru (n') dihitung menggunakan rumus 3.3 berikut.

$$n' = \left[\frac{(z_{\alpha/2})s}{\left(\frac{\gamma}{1+\gamma}\right)|\bar{x}|} \right]^2 \quad (3.3)$$

- Jalankan simulasi sebanyak n' replikasi hingga pertidaksamaan 3.2 terpenuhi.

Pada tahap akhir, setelah jumlah replikasi telah ditentukan maka kembali dilakukan validasi model simulasi yang dibangun di *software* ARENA. Berdasarkan Siswanto, *et. al.*, (2018) pada *Simulasi Sistem Diskrit*, proses validasi dapat dilakukan dengan menguji data historis lalu dibandingkan dengan hasil simulasi secara statistik. *Paired- t test* dilakukan untuk melakukan validasi tersebut yaitu melihat apakah model simulasi secara signifikan berbeda dengan sistem sebenarnya. Selain itu sebagai tambahan, dibutuhkan validasi kepada pihak perusahaan untuk meyakinkan bahwa data yang dihasilkan merupakan data yang layak dan dapat dipercaya. Perusahaan juga memvalidasi apakah model yang dibangun telah sesuai dengan sistem yang nyata. Jika validasi secara kuantitatif maupun kualitatif kepada perusahaan belum menyatakan valid, maka perlu dilakukan pembangunan kembali mulai dari model konseptual.

3.4.4 Rancangan Eksperimen

Rancangan eksperimen perbaikan disusun dalam rangka mengetahui dampak atas usulan sistem baru. Eksperimen dilakukan untuk mendapatkan solusi dengan hasil performansi sistem yang terbaik. Usulan atau skenario perbaikan tersebut dapat dibangun dengan mengubah variabel keputusan. Pada penelitian ini, variabel keputusan yang dapat diatur yaitu satuan waktu *slot*, jumlah kendaraan yang masuk per satuan waktu *slot*, serta jumlah pekerja. Untuk mendapatkan pemahaman lebih baik mengenai variabel pada sistem skenario perbaikan yaitu dapat dilihat pada tabel 3.1.

Tabel 3.1 Variabel Sistem Amatan

Variabel Sistem Aktivitas Bongkar Muat		
Variabel Keputusan	Variabel Respon	Variabel Status
Satuan <i>time slot</i>	1. Rata-rata waktu <i>turnaround</i> kendaraan	Jumlah permintaan / kendaraan yang masuk dan telah dilayani
Jumlah slot kendaraan per satuan <i>time slot</i>	2. Waktu tunggu kendaraan	Status gudang produk jadi
Jumlah tenaga muat	3. <i>Service level</i> 4. Utilitas personil tenaga muat	Status tenaga bongkar muat

Dari beberapa variabel keputusan di atas, dapat dijalankan simulasi kondisi perbaikan berdasarkan faktor eksperimen yang dikombinasikan sehingga terpilih kombinasi eksperimen dengan performansi terbaik. Tabel 3.2 berikut memberikan penjelasan mengenai faktor eksperimen yang akan digunakan.

Tabel 3.2 Faktor Eksperimen

Faktor Eksperimen	Definisi	Level	Nilai
<i>Time slot</i> (menit)	<i>Range</i> waktu kedatangan kendaraan untuk selanjutnya mendapatkan layanan pemuatan produk jadi	2	60; 80
Jumlah slot kendaraan	Jumlah kendaraan yang diijinkan masuk dalam satu <i>slot</i> waktu	5	6; 7; 8, 9, 10
Jumlah tenaga muat yang digunakan	Jumlah tenaga muat yang dialokasikan untuk melayani proses pemuatan produk jadi	4	21;20;19;18

Berikut penjelasan mengenai variabel keputusan sebagai dasar rancangan eksperimen.

1. Satuan dan jumlah *time slot*

Slot waktu merupakan *range* waktu yang dipesan pelanggan sehingga *gate* dan tenaga muat akan tersedia untuk melayani pelanggan pada waktu tersebut. *Slot* waktu dapat diatur dalam satuan 45 menit atau 60 menit.

2. Jumlah kedatangan

Jumlah kedatangan kendaraan dapat diatur sesuai dengan waktu *slot* yang tersedia. Sebagai contoh yaitu pengaturan 60 menit *slot* untuk 10 kendaraan pelanggan. Pada kondisi *existing*, rata-rata jumlah kendaraan yang dapat dilayani dalam satu jam yaitu 8 kendaraan. Percobaan numerik dapat dilakukan tidak jauh dari rata-rata kemampuan pelayanan tersebut.

3. Jumlah personil tenaga muat

Tenaga muat dibutuhkan untuk proses pemuatan produk jadi dari gudang menuju kendaraan. Terdapat indikasi bahwa utilitas tenaga muat masih rendah sehingga utilitas dapat lebih ditingkatkan dengan skenario pengaturan jumlah tenaga muat.

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB 4

PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA

Pada bab ini akan dijelaskan mengenai pengumpulan data terkait dengan penelitian yang selanjutnya diolah sebagai informasi. Data dikumpulkan dengan observasi secara langsung, wawancara dan diskusi secara langsung, serta pengambilan data historis melalui laporan perusahaan.

4.1 Deskripsi Sistem Distribusi PT. X

Kegiatan distribusi pada pabrik Pandaan, PT. X, diawali dengan rilisnya *Delivery Order* (DO) yang selanjutnya akan diolah oleh tim distribusi untuk melakukan penugasan pemuatan produk. Rilisnya DO merupakan tanggung jawab dari tim *sales* yang mencatat *delivery order* yang telah diterima. Tim distribusi selanjutnya berperan sebagai pengecek keterangan pengiriman yang tertera pada DO, yaitu keterangan “Kirim” atau “Ambil Sendiri”. Pada keterangan “Kirim,” menandakan bahwa pelanggan meminta produk untuk dikirim dari pabrik menggunakan kendaraan milik pabrik sendiri atau disebut dengan kendaraan internal. Sedangkan pada keterangan “Ambil Sendiri,” menandakan bahwa pelanggan akan mengambil produk ke pabrik menggunakan kendaraan milik pelanggan sendiri (kendaraan eksternal) atau dengan kata lain pelanggan akan datang ke pabrik untuk melakukan proses muat.

Pada kondisi *existing*, setelah permintaan kirim atau rilisnya DO “Kirim” diterima, maka tim distribusi menugaskan truk yang tersedia untuk melakukan kegiatan muat yang diteruskan dengan pengiriman produk kepada pelanggan. Kegiatan muat produk dengan keterangan DO “Ambil Sendiri” sendiri juga merupakan kegiatan yang tidak dapat dikendalikan atau diprediksi waktu kedatangannya akibat pelanggan sendirilah yang memiliki keputusan kedatangan. Sebelum datang ke pabrik, pelanggan akan melakukan penginfoan kedatangan atau permintaan pemuatan produk kepada tim distribusi. Sebelumnya, tidak SOP (*Standard Operational Procedure*) yang jelas mengenai kedatangan kendaraan untuk melakukan pemuatan dimana juga terjadi kedatangan tanpa penginfoan serta kedatangan kendaraan belum disertai rilisnya permintaan yang telah tercatat oleh tim *sales*.

Menurut pihak perusahaan, gambaran proses pemuatan produk jadi yang telah disebutkan di atas merupakan kondisi yang belum ideal. Hal tersebut disebabkan oleh terdapatnya ketidakpastian proses pemuatan yang seringkali menyebabkan beberapa fenomena yaitu salah satunya ketidakseimbangan antara *resource* pabrik dengan kendaraan yang harus dilayani dimana sewaktu-waktu kendaraan dapat sangat ramai maupun sangat sepi. *Resource* pabrik ini dapat digambarkan melalui lahan parkir pabrik, jumlah *gate* yang tersedia, maupun jumlah tenaga muat.

Oleh karena itu, selanjutnya diusulkan penerapan strategi *time slotting* dimana telah diatur mengenai satuan slot waktu kedatangan dan jumlah slot atau direpresentasikan dengan jumlah kendaraan yang dapat dilayani. Keteraturan aktivitas merupakan kondisi ideal yang diharapkan perusahaan melalui pemesanan terhadap slot waktu. Sehingga, terjadilah informasi dua arah antara pelanggan dan pihak perusahaan mengenai waktu kedatangan kendaraan dengan kemampuan *resource* pabrik.

4.2 Pengumpulan Data

Pada sub-bab pengumpulan data akan menyajikan data yang digunakan dan dijadikan *input* model simulasi dari penelitian ini. Data yang dikumpulkan terdiri dari data struktural, data operasional, dan data numerik. Tabel 4.1 berikut menunjukkan rekap data yang dikumpulkan pada penelitian ini.

Tabel 4.1 Pengumpulan Data

Data Struktural		
Gudang	Kendaraan Internal	Kendaraan Eksternal
Lokasi gudang AMDK	Jenis kendaraan	Jenis kendaraan
<i>Gate</i> dan gudang AMDK	Lokasi tujuan pengiriman	-
Personil tenaga muat	-	-
Data Operasional		
Gudang	Kendaraan Internal	Kendaraan Eksternal
<i>Time windows</i>	Aliran proses	Aliran proses
-	<i>Time windows</i> tujuan pengiriman	-

Tabel 4.1 Pengumpulan Data (Lanjutan)

Data Numerik		
Gudang	Kendaraan Internal	Kendaraan Eksternal
Waktu antar kedatangan <i>Delivery Order</i> Kirim	Waktu proses pengiriman	Waktu antar kedatangan
Waktu proses bongkar muat	Waktu proses bongkar muat	Waktu proses bongkar muat
Jumlah permintaan kirim setiap pelanggan (tujuan pengiriman)	Alokasi jumlah tenaga bongkar muat berdasarkan jenis kendaraan	Alokasi jumlah tenaga bongkar muat berdasarkan jenis kendaraan
-	Jumlah dan jenis muatan	Jumlah dan jenis muatan
-	Jumlah kendaraan	Jumlah kendaraan

4.2.1 Data Struktural

Data struktural umumnya akan memberikan informasi mengenai konfigurasi sistem amatan. Data tersebut juga meliputi seluruh obyek yang terlibat dalam proses, yaitu meliputi:

4.2.1.1 Entitas:

Entitas yang akan diproses dalam sistem yaitu seluruh kendaraan yang melakukan proses pemuatan di gudang produk jadi. Seluruh kendaraan tersebut dibedakan berdasarkan kepemilikan yaitu kendaraan internal dan kendaraan eksternal. Kendaraan internal merupakan kendaraan milik pabrik yang ditugaskan setelah pembangkitan rilisnya *Delivery Order* “Kirim”. Sedangkan kendaraan eksternal merupakan kendaraan pelanggan yang dibangkitkan melalui kedatangan kendaraan untuk permintaan ambil sendiri. Perbedaan kepemilikan tersebut disebabkan karena aliran proses yang berbeda di antara keduanya.

Selain itu, kendaraan juga dapat di-assign ke dalam tiga jenis truk dengan ukuran yang berbeda, mulai dari dengan ukuran terkecil yaitu: truk CDD, Fuso & Built-up, dan Gandengan. Ukuran dari truk tersebut menunjukkan tonase muatan atau ukuran kendaraan yang berbeda serta memiliki pola distribusi waktu proses bongkar muat yang berbeda pula. Selain memiliki tonase muatan yang berbeda-beda, jenis muatan produk juga dapat berbeda. Hal tersebut disebabkan jenis produk yang dapat terdiri dari galon atau *smallpack*. Sehingga, kendaraan dengan jenis muatan galon akan melalui proses pembongkaran galon kosong terlebih dahulu

sebelum melakukan proses pemuatan, sedangkan jenis muatan non-galon dapat langsung melalui proses muat.

4.2.1.2 Resources

Resources merupakan obyek yang akan memproses entitas. Pada penelitian ini, *resources* yang dimodelkan yaitu tenaga muat dan *gate* AMDK. Tenaga muat merupakan sumber daya manusia yang akan melakukan proses pemuatan produk jadi dari gudang menuju kendaraan. Tenaga muat dibutuhkan selama jam operasional pabrik yaitu selama 24 jam. Total tenaga muat setiap *shift*-nya yaitu 22 tenaga muat yang terbagi dalam 3 gudang AMDK. Sedangkan *gate* merupakan lahan yang digunakan kendaraan untuk memulai proses pemuatan hingga siap untuk keluar dari pabrik. Jumlah *gate* gudang AMDK 1 lebih banyak dibandingkan dengan *gate* pada gudang AMDK lainnya karena volume permintaan produk yang tersimpan dalam gudang AMDK 1 termasuk sangat tinggi. Tabel 4.2 berikut merupakan rincian *resources* yang digunakan dalam sistem amatan penelitian ini.

Tabel 4.2 Rincian *Resources*

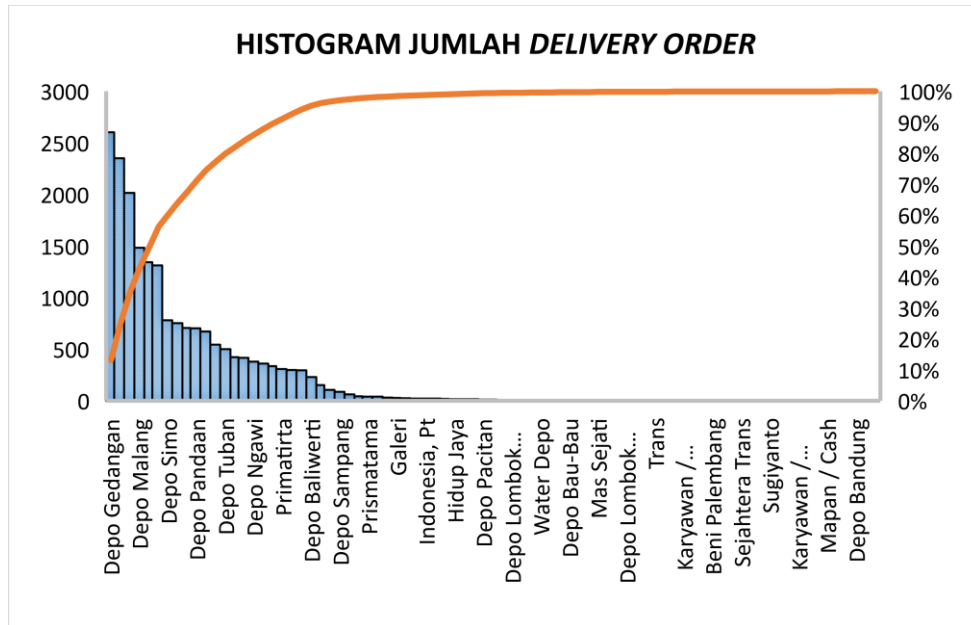
No.	<i>Resources</i>	Nilai
1.	Jumlah tenaga muat gudang AMDK 1	12
2.	Jumlah tenaga muat gudang AMDK 2	5
3.	Jumlah tenaga muat gudang AMDK 3	5
4.	Jumlah <i>gate</i> gudang AMDK 1	6
5.	Jumlah <i>gate</i> gudang AMDK 2	3
6.	Jumlah <i>gate</i> gudang AMDK 3	3

4.2.1.3 Lokasi

Terdapat dua lokasi yang diamati, yaitu lokasi tujuan gudang pemuatan dan lokasi tujuan pengiriman. Lokasi tujuan gudang pemuatan terdiri dari tiga gudang pada pabrik Pandaan yaitu gudang AMDK 1, AMDK 2, dan AMDK 3. Setiap gudang menyimpan berbagai produk yang berbeda. Sebelum mendapatkan proses pemuatan akan dicek terlebih dahulu lokasi tujuan gudang AMDK apakah menuju gudang AMDK 1, gudang AMDK 2, atau gudang AMDK 3.

Sedangkan untuk lokasi tujuan pengiriman, tidak seluruh titik tujuan dipertimbangkan. Melainkan dipilih berdasarkan titik tujuan yang memiliki pengaruh besar terhadap PT. X. Pemilihan dilakukan dengan konsep pareto dimana

80% hasil penjualan yang direpresentasikan dengan proporsi jumlah *Delivery Order* disebabkan oleh 20% *item* penyebab yang dalam penelitian ini merupakan titik pelanggan yang memberikan permintaan.



Gambar 4.1 Histogram Jumlah *Delivery Order* PT. X

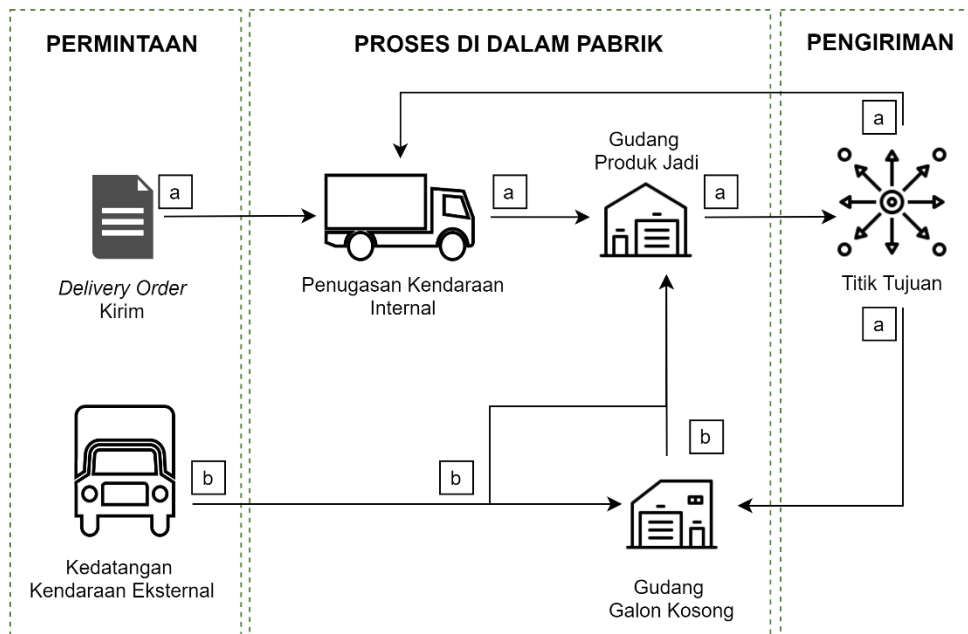
Dari total 81 titik tujuan pelanggan, terpilih empat belas titik tujuan yang memiliki kumulatif jumlah *delivery order* hingga 80%. Berikut merupakan daftar titik tujuan terpilih.

Tabel 4.3 Lokasi Tujuan Pengiriman

No.	Lokasi Tujuan Pengiriman	No.	Lokasi Tujuan Pengiriman
1.	Depo Gedangan	8.	Citra
2.	Depo Kediri	9.	Adiseputra
3.	Depo Pusat	10.	Depo Pandaan
4.	Depo Malang	11.	Depo Mojokerto
5.	Depo HR Mohammd	12.	Sinar
6.	Depo Jemursari	13.	Depo Tuban
7.	Depo Simo	14.	Depo Gresik

4.2.2 Data Operasional

Data operasional berisi informasi mengenai aturan aliran proses yang terjadi di dalam sistem. Data operasional tersebut akan menjelaskan mengenai kapan, dimana, dan bagaimana sebuah aktivitas berlangsung. Data operasional biasanya dapat dijelaskan dengan jadwal yang diterapkan, *downtime* yang terjadi, maupun SOP (*Standard Operational Procedure*) yang digunakan di dalam sistem. Pada penelitian ini akan dijelaskan data operasional yang dikumpulkan yaitu aliran proses yang dilakukan oleh kendaraan serta *time windows* dari lokasi sistem amatan. Gambar 4.2 berikut merupakan ilustrasi aliran proses rantai pasok di hilir perusahaan yang dimulai dari datangnya permintaan muat kirim maupun ambil sendiri, hingga pengiriman ke titik tujuan.



Gambar 4.2 Aliran Proses Aktivitas di Hilir Rantai Pasok (Distribusi) Perusahaan

Pada penelitian ini, proses dalam sistem distribusi terbagi menjadi tiga aktivitas utama yaitu permintaan, proses di dalam pabrik, dan proses pengiriman. Aktivitas permintaan merupakan proses penerimaan informasi mengenai permintaan produk oleh pelanggan. Permintaan yang dikelola oleh perusahaan dibagi berdasarkan jenis pengiriman yaitu apakah dikirim atau ambil sendiri. Kedua jenis permintaan pengiriman tersebut diproses oleh dua entitas yang berbeda yaitu kendaraan internal untuk permintaan kirim serta kendaraan eksternal untuk

permintaan ambil sendiri. Permintaan kirim direpresentasikan dengan rilisnya *Delivery Order* kirim, permintaan ambil sendiri direpresentasikan dengan kedatangan kendaraan eksternal. Selanjutnya permintaan tersebut akan dieksekusi dengan proses pemuatan produk jadi di dalam pabrik.

Aliran proses pada permintaan kirim akan dilanjutkan dengan penugasan kepada kendaraan internal untuk melakukan proses pemuatan produk. Pengecekan availabilitas truk terjadi pada proses ini. Apabila pemuatan telah selesai maka dilanjutkan dengan proses pengiriman sesuai dengan tujuan pengiriman yang diminta. Selesaiannya dari proses pengiriman, maka kendaraan internal kembali ke pabrik dan langsung menerima penugasan apabila terdapat permintaan baru. Kendaraan yang kembalinya dari pelanggan membawa galon kosong, maka harus melakukan proses pembongkaran galon kosong. Sedangkan aliran proses pada permintaan ambil sendiri yang ditandai dengan kedatangan kendaraan eksternal dapat dilanjutkan dengan proses pemuatan produk jadi. Apabila permintaan berupa galon, maka pelanggan wajib membawa galon kosong sejumlah permintaan yang diletakkan dan melakukan proses pembongkaran terlebih dahulu. Selanjutnya, proses pemuatan produk berlangsung pada tiga gudang AMDK di pabrik. Permintaan ambil sendiri dapat dikatakan terpenuhi ketika proses pemuatan telah berhasil dilakukan. Data operasional lainnya yang dibutuhkan yaitu *time windows* atau jam operasional yang diijinkan untuk melakukan proses pada gudang dan titik tujuan sebagai lokasi berlangsungnya proses. Tabel 4.4 berikut merupakan rincian *time windows* dari kedua jenis lokasi tersebut.

Tabel 4.4 Rincian *Time Windows*

Rincian	Hari Operasional	Jam Operasional
<i>Time windows</i> gudang AMDK	Senin-Minggu	07.00-07.00 (24 jam)
<i>Time windows</i> titik tujuan	Senin – Sabtu	08.00 – 20.00

4.2.3 *Data Numerik*

Data numerik menyajikan informasi secara kuantitatif mengenai sistem amatan. Data numerik yang didapatkan dalam penelitian ini yaitu meliputi waktu antar kedatangan, waktu proses, jumlah kendaraan, jumlah muatan, dan jumlah permintaan pelanggan. Berikut merupakan rincian data yang dibutuhkan dan

dikumpulkan untuk selanjutnya direkap dan diolah agar dihasilkan *input* data pada model simulasi yang sesuai dengan kondisi nyata.

a. Waktu dan Jumlah Antar Kedatangan

Data waktu dan jumlah antar kedatangan dikumpulkan sebagai *input* dalam pembangunan model simulasi nantinya. Data yang dibutuhkan yaitu data antar kedatangan/rilisnya *Delivery Order* kirim dan antar kedatangan kendaraan eksternal. Data antar kedatangan kendaraan eksternal juga dibutuhkan untuk memeriksa jenis distribusi di setiap *shift*-nya karena pola atau jumlah kedatangan yang signifikan berbeda antara satu *shift* dengan *shift lainnya*. Oleh karena itu, data antar kedatangan kendaraan eksternal dapat direkap kembali menjadi kedatangan di *shift* 1, 2, dan 3. *Shift Data* yang telah dikumpulkan selanjutnya direkap dan diolah untuk mengetahui jenis atau pola distribusi data.

b. Waktu Proses

Data Waktu proses terdiri dari waktu proses bongkar muat di pabrik dan waktu proses pengiriman. Waktu proses tersebut memiliki variasi sehingga dibutuhkan pengolahan data untuk mengetahui jenis distribusinya. Waktu proses bongkar muat terbagi lagi berdasarkan jenis kendaraan karena memiliki pola distribusi yang berbeda. Semakin besar jenis kendaraan, semakin lama waktu proses yang dibutuhkan.

c. Jumlah Kendaraan

Jumlah kendaraan internal berpengaruh pada keputusan penugasan aktivitas muat produk jadi. Penugasan dilakukan apabila truk tersedia. Saat ini jumlah kendaraan internal yang dimiliki pabrik berjumlah 96 kendaraan berjenis CDD. Sedangkan jumlah kendaraan eksternal memiliki variabilitas sesuai dengan data waktu dan jumlah antar kedatangan.

d. Jumlah dan jenis muatan

Data jumlah dan jenis muatan digunakan untuk mengetahui tujuan gudang AMDK kendaraan untuk melakukan proses pemuatan produk jadi.

e. Alokasi jumlah tenaga bongkar muat

Jumlah tenaga bongkar muat yang dibutuhkan memproses kendaraan berbeda berdasarkan jenis kendaraan. Pabrik memiliki prosedur untuk

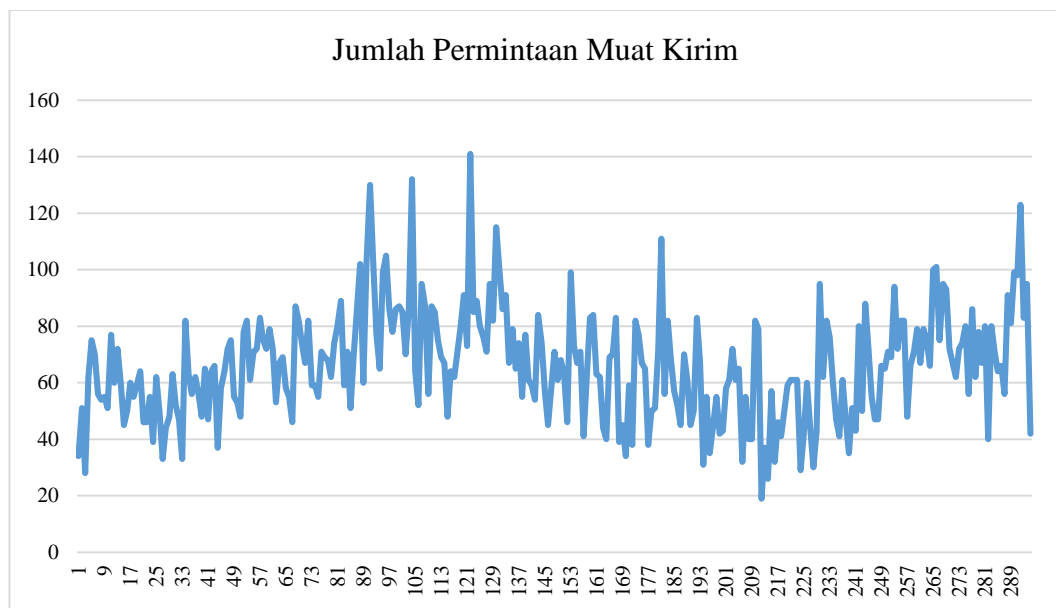
mengalokasikan setiap 2 tenaga bongkar muat untuk memproses kendaraan CDD dan Fuso/Built-Up, sedangkan kendaraan Gandengan menggunakan 4 tenaga bongkar muat.

f. Jumlah Permintaan Kirim Pelanggan

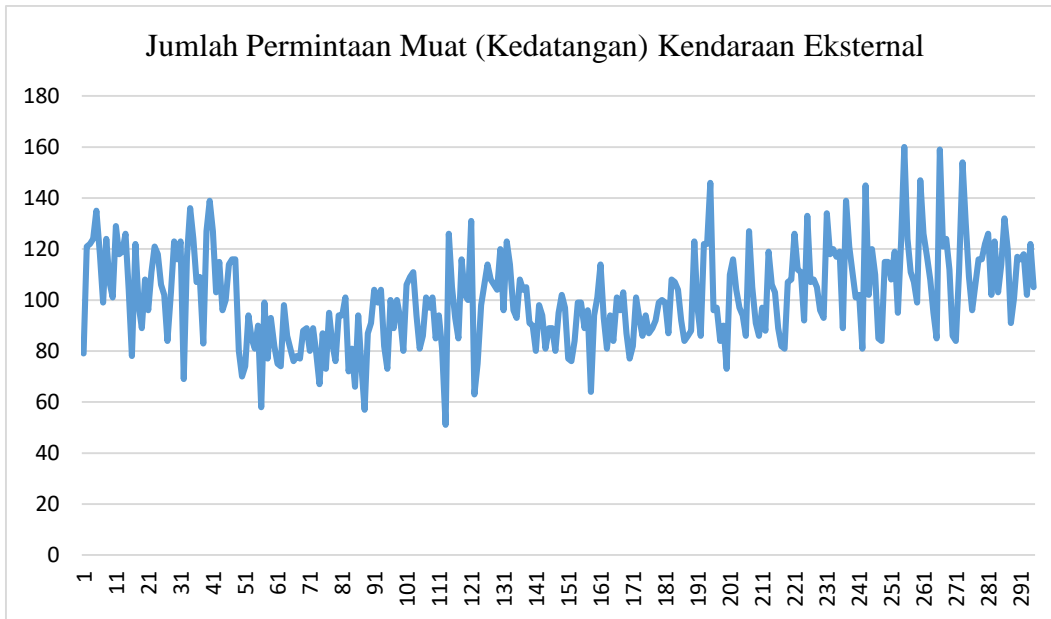
Jumlah permintaan kirim setiap pelanggan dibutuhkan untuk mengetahui probabilitas tujuan pengiriman.

4.3 Pengolahan Data

Data yang telah dikumpulkan selanjutnya akan diolah. Pengolahan data dilakukan karena adanya variabilitas dalam data, sehingga dibutuhkan proses lanjutan untuk mengetahui tipe distribusi data dengan menggunakan *fitting distribution* pada *software* ARENA. *Fitting distribution* menunjukkan interval suatu data serta pernyataan mengenai seberapa sering suatu nilai terjadi. Distribusi data tersebut selanjutnya digunakan sebagai masukan (*input*) dalam model simulasi. Variabilitas yang terjadi dapat dilihat pada data waktu dan jumlah kedatangan permintaan, waktu dan jumlah kedatangan kendaraan, waktu proses bongkar muat, dan waktu proses pengiriman. Gambar 4.3 dan 4.4 berikut menunjukkan variabilitas data jumlah permintaan muat.



Gambar 4.3 Jumlah Permintaan Muat Kendaraan Internal per Hari Sepanjang 2019



Gambar 4.4 Jumlah Permintaan Muat Kendaraan Eksternal per Hari Sepanjang 2019

Pengolahan data menggunakan *distribution fitting* dilakukan dengan memasukkan runtutan data pada *input analyzer tools* yang terdapat pada *software ARENA*. *Output* dari *distribution fitting* tersebut yaitu penunjukan seberapa sering kejadian suatu nilai terjadi atau probabilitas distribusi yang merepresentasikan data pada sistem yang nyata. Tabel 4.5 di bawah ini merangkum jenis probabilitas distribusi dari data pada sistem nyata perusahaan.

Tabel 4.5 Rangkuman Pengolahan *Distribution Fitting*

No.	Deskripsi	Distribusi	Unit
1.	Waktu kedatangan <i>Delivery Order</i> kirim	EXPO (5.39)	Jam
2.	Jumlah kedatangan <i>Delivery Order</i> kirim	$0.999 + 142 * \text{BETA}(0.56, 6.53)$	Kendaraan
3.	Waktu kedatangan kendaraan eksternal <i>shift 1</i>	EXPO(1.09)	Jam
4.	Jumlah kedatangan kendaraan eksternal <i>shift 1</i>	$0.5 + 20 * \text{BETA}(1.72, 3.89)$	Kendaraan
5.	Waktu kedatangan kendaraan eksternal <i>shift 2</i>	EXPO(1.11)	Jam
6.	Jumlah kedatangan kendaraan eksternal <i>shift 2</i>	$0.5 + 10 * \text{BETA}(1.6, 2.89)$	Kendaraan
7.	Waktu kedatangan kendaraan eksternal <i>shift 3</i>	EXPO(1.24)	Jam
8.	Jumlah kedatangan kendaraan eksternal <i>shift 3</i>	$0.5 + 8 * \text{BETA}(1.04, 1.68)$	Kendaraan

Tabel 4.5 Rangkuman Pengolahan *Distribution Fitting* (Lanjutan)

No.	Deskripsi	Distribusi	Unit
9.	Waktu proses tunggu cetak DO	0.5 + GAMM(12.6, 1.24)	Menit
10.	Waktu proses persiapan keluar	NORM(37.7,15.7)	Menit
11.	Waktu proses muat CDD	10.5 + ERLA(4.01, 4)	Menit
12.	Waktu proses bongkar CDD	TRIA(12, 18, 28)	Menit
13.	Waktu proses muat Fuso/Built-up	22.5 + 67 * BETA(2.43, 1.15)	Menit
14.	Waktu proses bongkar Fuso/Built-up	TRIA(20, 25, 45)	Menit
15.	Waktu proses bongkar Gandengan	TRIA(29, 30.9, 44)	Menit
16.	Waktu proses muat Gandengan	98 + 101 * BETA(0.347, 0.323)	Menit
17.	Waktu proses pengiriman	TRIA(16 , 19 , 24)	Menit

Selain itu, terdapat pula data mengenai probabilitas sutau tujuan gudang dan jenis kendaraan yang masuk. Probabilitas tersebut ditunjukkan pada tabel 4.6 berikut.

Tabel 4.6 Probabilitas Tujuan Gudang dan Jenis Kendaraan

No.	Decision	Deskripsi	Nilai
1.	Jenis Muatan	Galon	60%
		Smallpack	40%
1.	Tujuan gudang produk jadi	AMDK 1	67%
		AMDK 2	19%
		AMDK 3	14%
2.	Jenis Kendaraan	CDD	87%
		Fuso & Built-up	11,5%
		Gandengan	1,5%

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB 5

MODEL SIMULASI

Pada bab ini akan dijelaskan mengenai proses dalam pembangunan model simulasi. Proses tersebut dimulai dengan menerjemahkan sistem nyata ke dalam model konseptual. Selanjutnya, model simulasi diangun berdasarkan model konseptual tersebut. Terakhir, dilakukan proses verifikasi dan validasi terhadap model yang dibangun.

5.1 Model Konseptual

Sub-bab berikut ini akan menjelaskan mengenai model konseptual yang digunakan sebagai dasar untuk membangun model simulasi. Model konseptual tersebut akan terbagi menjadi dua model yaitu model konseptual pada kondisi *existing* dan kondisi perbaikan dimana kebijakan *time slotting* akan diterapkan. Selain itu, pada model konseptual juga dibedakan mengenai proses pada kendaraan eksternal dan kendaraan internal akibat alur proses yang berbeda di antara keduanya.

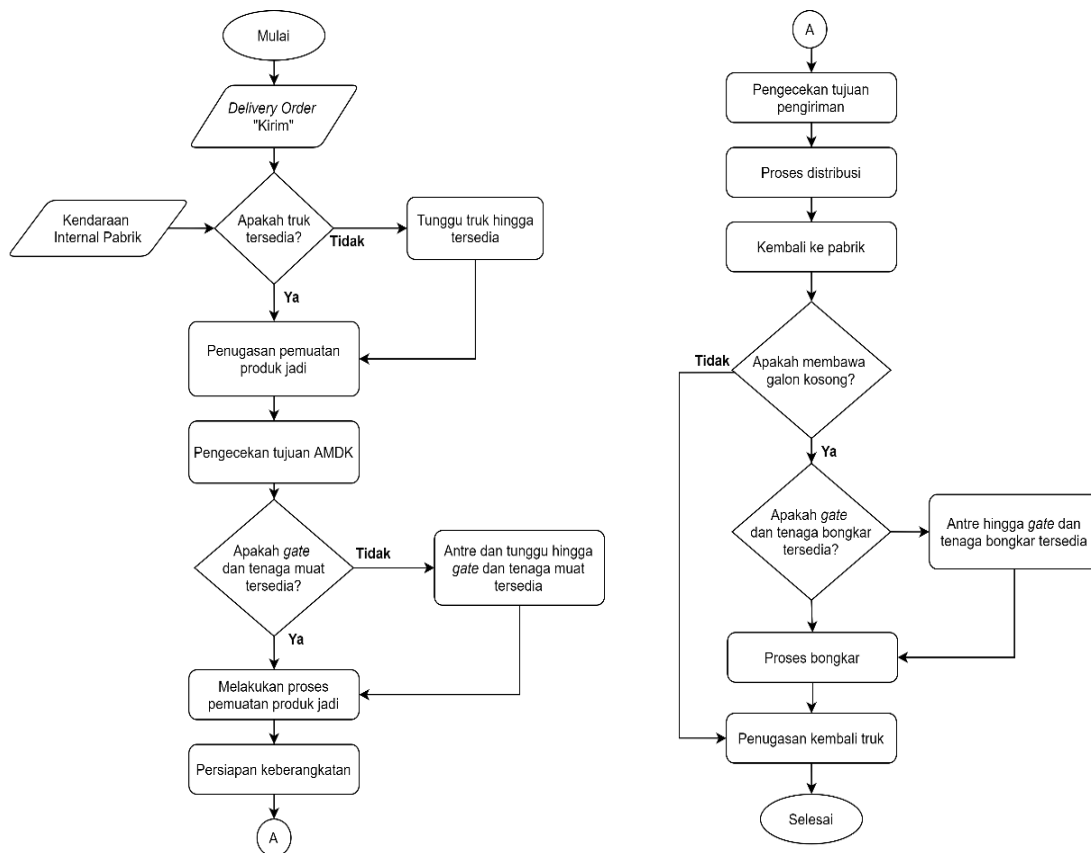
5.1.1 Model Konseptual Kondisi Existing

Berikut ini merupakan model konseptual pada kondisi *existing* sistem pemuatan produk jadi yang terdiri atas permintaan kirim menggunakan kendaraan internal dan permintaan ambil sendiri menggunakan kedatangan eksternal. Aktivitas kedua kendaraan tersebut sangat mempengaruhi performansi gudang produk jadi dan lahan pabrik sehingga keduanya merupakan entitas yang penting untuk diperhatikan.

- **Permintaan Kirim**

Proses pada kendaraan internal pada gudang produk jadi diawali dengan rilisnya *Delivery Order (DO)* atau permintaan kirim oleh pelanggan. Setelah DO diterima, maka dilakukan proses pengiriman segera menuju pelanggan untuk memenuhi permintaan tersebut. Sebelum melakukan pengiriman, maka dilakukan pengecekan terlebih dahulu mengenai ketersediaan truk. Data awal jumlah truk yang tersedia di pabrik menjadi *input* untuk melakukan penugasan. Setelah meyakini bahwa truk tersedia, maka DO tersebut berubah menjadi perintah muat dengan melakukan pengecekan tujuan pemuatan. Terdapat tiga jenis gudang yang

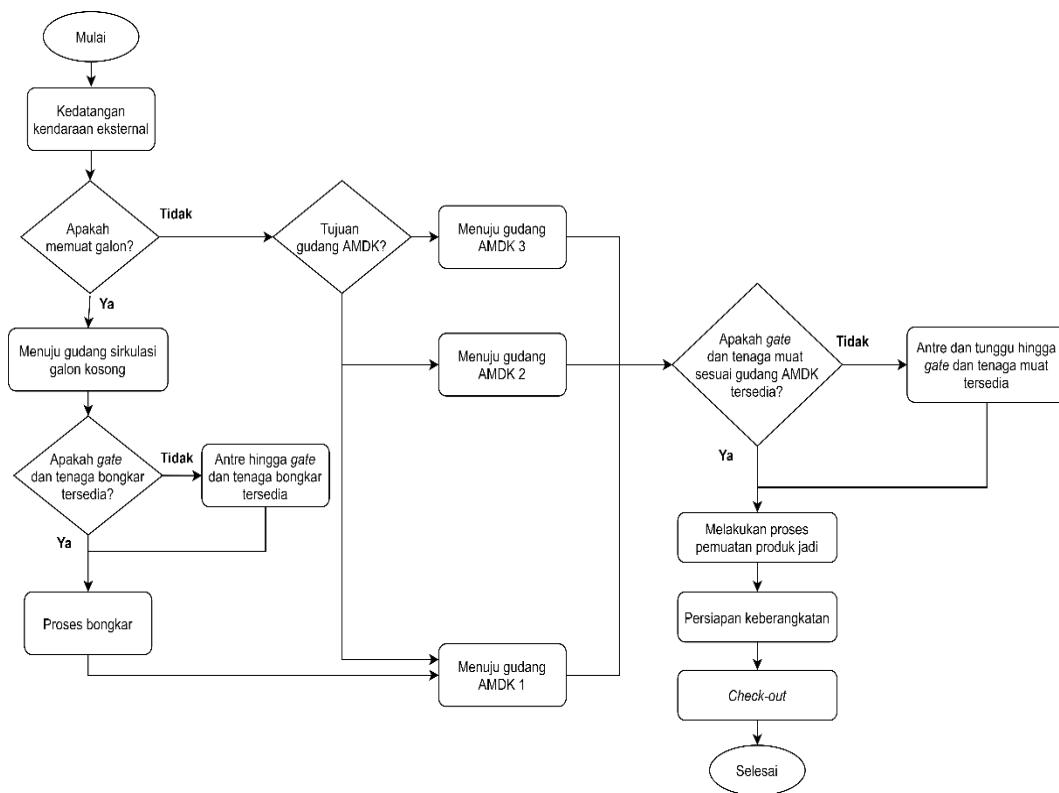
dapat dituju yaitu gudang AMDK 1, gudang AMDK 2, dan gudang AMDK 3. Apabila tidak terdapat kendaraan lain yang sedang menggunakan *gate* dan tenaga muat, maka truk dapat langsung diteruskan menuju proses pemuatan. Sedangkan truk diperintahkan untuk mengantre apabila *gate* dan tenaga muat tidak tersedia atau digunakan oleh kendaraan lain. Setelah proses pemuatan dilanjutkan dengan persiapan keberangkatan dan melakukan proses distribusi. Pada proses distribusi dilakukan pengecekan titik tujuan pengiriman. Apabila truk datang pada jam buka titik tujuan (depo/agen) maka truk dapat langsung melakukan kegiatan *unloading*. Selanjutnya truk melakukan perjalanan kembali ke pabrik dan setibanya di pabrik akan melakukan proses pembongkaran galon kosong apabila truk memuat galon kosong yang diterima dari pelanggan. Truk yang telah selesai melakukan proses distribusi selanjutnya ditugaskan kembali untuk melakukan proses pemuatan produk jadi. Gambar 5.1 berikut ini merupakan *flowchart* dari model konseptual dari pemenuhan permintaan kirim.



Gambar 5.1 Model Konseptual Permintaan Kirim

- Permintaan Muat Kendaraan Eksternal

Selain terdapat kendaraan pabrik yang melakukan aktivitas muat, terdapat pula kendaraan eksternal atau milik pelanggan yang melakukan aktivitas pemuatan produk jadi. Kedatangan dari kendaraan eksternal tersebut juga memengaruhi performansi dari gudang produk jadi. Kedatangan kendaraan eksternal tidak dapat diprediksi dan memiliki pola distribusi kedatangannya sendiri. Kedatangan pelanggan yang masuk ke dalam pabrik apabila membawa galon kosong maka harus ditugaskan untuk melakukan proses pembongkaran terlebih dahulu di gudang sirkulasi. Apabila tidak membawa galon kosong, maka pelanggan dapat langsung melakukan proses pemuatan produk jadi. Pelanggan yang sebelumnya telah membongkar muatan galon kosong selanjutnya dapat memuat galon kembali pada gudang AMDK 1. Sebelum melakukan proses pembongkaran maupun proses pemuatan, kendaraan harus mengecek terlebih dahulu apakah *gate* dan tenaga bongkar muat tersedia. Apabila belum tersedia, maka kendaraan akan mengantre dan mengecek kembali ketersediaan *resources* tersebut.



Gambar 5.2 Model Konseptual Permintaan Muat Kendaraan Eksternal

5.1.2 Model Konseptual Kondisi Perbaikan

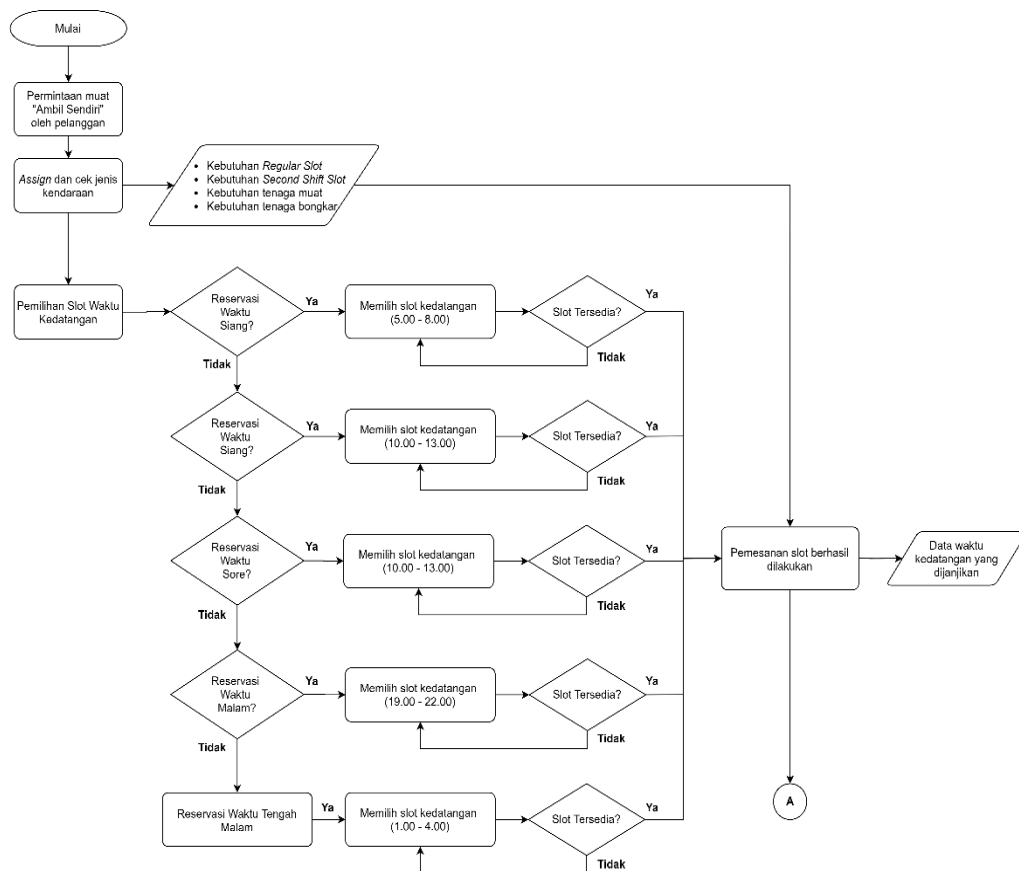
Pada kondisi perbaikan, perusahaan merencanakan untuk menerapkan teknologi *time slotting* dimana kendaraan yang akan masuk ke dalam pabrik untuk melakukan pemuatan produk, harus melakukan pemesanan kedatangan terlebih dahulu. Sedangkan kendaraan internal pabrik yang memenuhi permintaan kirim oleh pelanggan memiliki alur proses yang sama dengan kondisi *existing*. Hal tersebut dikarenakan kendaraan internal merupakan kendaraan telah tersedia di pabrik sehingga tidak membutuhkan pemesanan. Kedatangan kendaraan eksternal pada kondisi *existing* yang bersifat *uncertain* selanjutnya dapat dipastikan terlebih dahulu dengan syarat pemesanan sesuai dengan waktu dan jumlah slot yang tersedia. Berikut merupakan langkah dan aturan perusahaan untuk penerapan kebijakan *time slotting*:

1. Pabrik menyediakan dan memberikan informasi mengenai waktu dan jumlah slot yang tersedia melalui aplikasi *time slotting* sebagai *platform* dua arah bagi pabrik dan pelanggan. Pada kondisi perbaikan, waktu dan jumlah slot merupakan variabel respon yang akan diuji untuk mendapatkan performansi terbaik pada aktivitas gudang produk jadi.
2. Pelanggan yang memiliki permintaan pemuatan, melakukan pemesanan sebelum kedatangan.
3. Pelanggan dapat memilih waktu diantara pemilihan pemesanan yang tersedia. Apabila terdapat slot waktu dalam satu kategori pemesanan yang penuh, maka pelanggan memesan di slot waktu lainnya/berikutnya. Pemilihan pemesanan dapat dikategorikan menjadi: pemesanan pagi, siang, sore, malam, dan tengah malam. Apabila slot waktu pada pilihan pemesanan tidak tersedia, maka pelanggan memilih slot di waktu berikutnya.
4. Jumlah slot yang dipesan memperhatikan jenis kendaraan dengan ketentuan sebagai berikut:
CDD : Satu slot reguler
Fuso&Built-Up : Satu slot reguler dan satu slot waktu tambahan (*second shift*)
Gandengan : Dua slot reguler dan dua slot waktu tambahan (*second shift*)
5. Kedatangan kendaraan yang diijinkan untuk memasuki lahan pabrik yaitu sesuai dengan waktu slot yang telah dipesan. Terdapat skenario keterlambatan

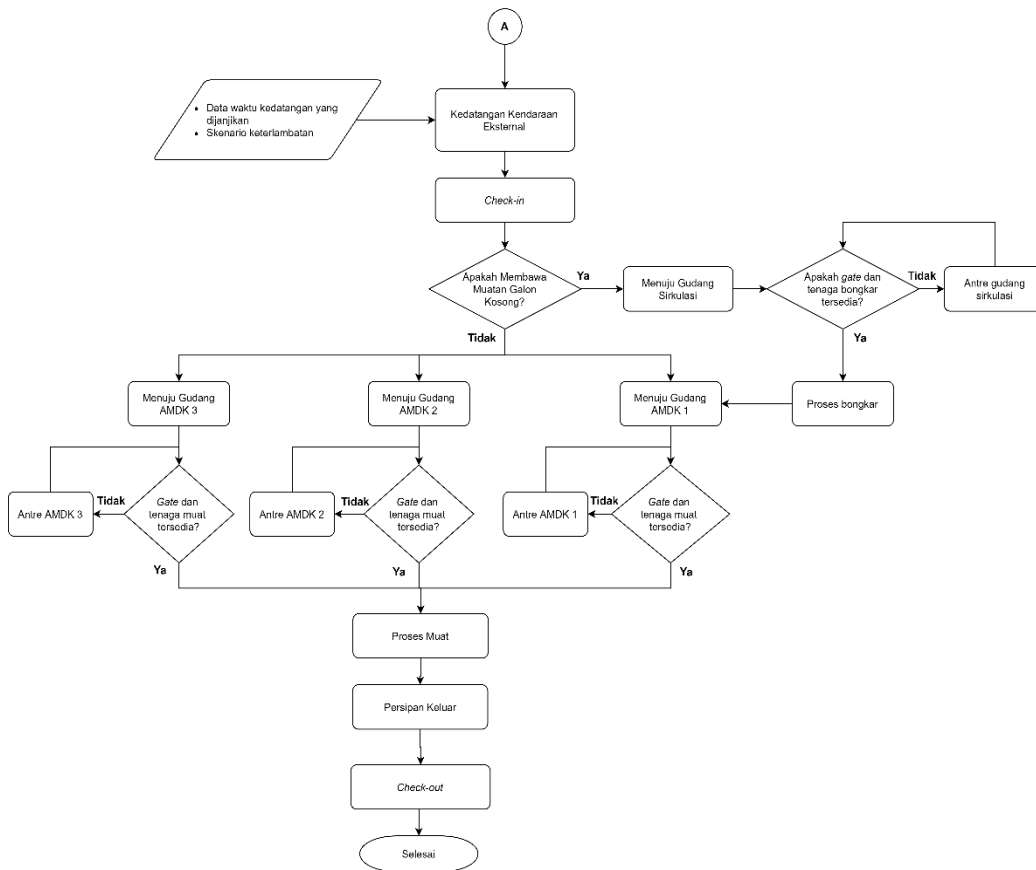
yang diijinkan oleh pihak pabrik yaitu hingga 30 menit terlambat dari waktu kedatangan yang dijanjikan. Pada kondisi perbaikan, pabrik menetapkan bahwa kendaraan tanpa DO dan pemesanan permintaan yang telah di-record tidak diijinkan untuk memasuki pabrik. Hal tersebut merupakan hasil bahan evaluasi pabrik yang memiliki banyak truk menumpuk di satu waktu tertentu namun tidak dapat segera melakukan pemuatan akibat jumlah antrean dan proses menunggu turunnya DO.

- Kendaraan selanjutnya dapat melakukan proses pemuatan produk jadi sesuai dengan antrean kedatangan.

Aturan dan langkah tersebut selanjutnya diterjemahkan menjadi model konseptual kondisi perbaikan. Perbedaan dengan kondisi *existing* yaitu keputusan kedatangan kendaraan yang didahului dengan pemesanan dan pengecekan slot waktu yang tersedia. Selanjutnya model konseptual kondisi perbaikan tersebut digambarkan melalui *flowchart* yang terdapat pada gambar 5.3.



Gambar 5.3 Model Konseptual Kondisi Perbaikan



Gambar 5.3 Model Konseptual Kondisi Perbaikan (Lanjutan)

Untuk lebih memahami penggunaan aplikasi *time slotting*, gambar 5.4 di bawah ini menampilkan contoh ilustrasi secara sederhana *dashboard* dari aplikasi *time-slotting* yang dibangun dengan menampilkan informasi mengenai waktu dan jumlah slot yang tersedia. *Dashboard* akan memperlihatkan informasi mengenai ketersediaan waktu dan jumlah slot. Pada praktiknya, informasi yang ada di dalam *dashboard* tersebut tidak terbatas mengenai informasi ketersediaan slot, namun dapat sebagai *time stamp* yang memperlihatkan keseluruhan aktivitas kendaraan mulai dari waktu masuk, mulai *unloading*, *loading*, *finish*, hingga *check-out*. Gambar 5.5 berikutnya memperlihatkan ilustrasi mengenai data reservasi yang diisi oleh pelanggan atau *carrier*. Informasi penting yang dibutuhkan sebagai *input* simulasi yaitu mengenai jenis kendaraan yang akan datang, pemilihan waktu, dan durasi pemesanan. Informasi lainnya seperti plat nomor kendaraan, sopir, nomor DO yang diambil, merupakan informasi pendukung pada data reservasi, yang penting bagi perusahaan untuk selanjutnya dapat melakukan evaluasi berkelanjutan secara rinci.

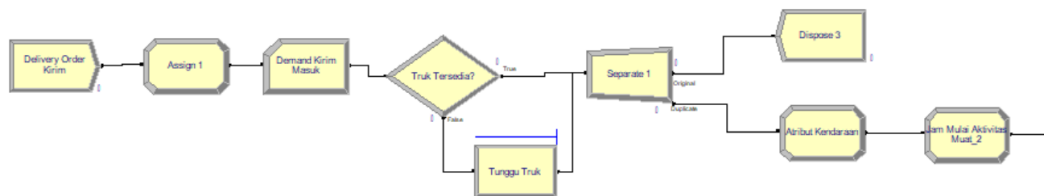
Gambar 5.4 Ilustrasi *Dashboard* Aplikasi *Time Slotting*

Gambar 5.5 Ilustrasi Pengisian Data Reservasi Slot

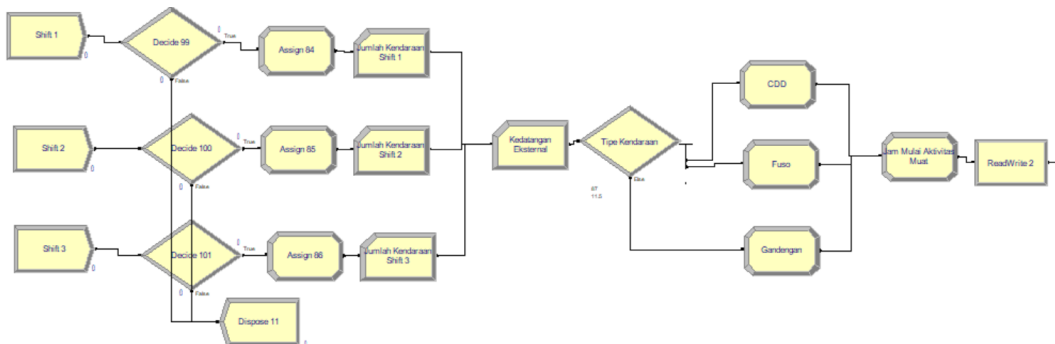
5.2 Model Simulasi

Setelah memiliki seluruh *input* data dan pengembangan model konseptual, maka dapat diteruskan dengan pembangunan model simulasi pada *software* ARENA. PT. X yang memiliki perhatian utama mengenai waktu *turnaround* kendaraan, atau lama waktu yang dihabiskan kendaraan dari masuk; melakukan proses pemuatan produk jadi; hingga keluar dari pabrik. Untuk men-simulasikan kondisi tersebut, perlu diperhatikan seluruh entitas serta proses yang terlibat dan

mempengaruhi performansi waktu *turnaround*. Entitas yang diperhatikan tersebut yaitu kendaraan internal dan kendaraan eksternal, yang keduanya melakukan proses di dalam pabrik khususnya gudang produk jadi. Proses awal simulasi yaitu kedatangan dua entitas, dimana kendaraan eksternal merupakan kedatangan kendaraan milik pelanggan yang terbagi pada waktu kedatangan *shift 1*, *shift 2*, dan *shift 3*. Sedangkan proses kendaraan internal diawali dengan datangnya permintaan kirim atau *Delivery Order* yang selanjutnya menugaskan kendaraan internal untuk melakukan proses muat. Berikut ini model simulasi dari kedatangan dua entitas tersebut.



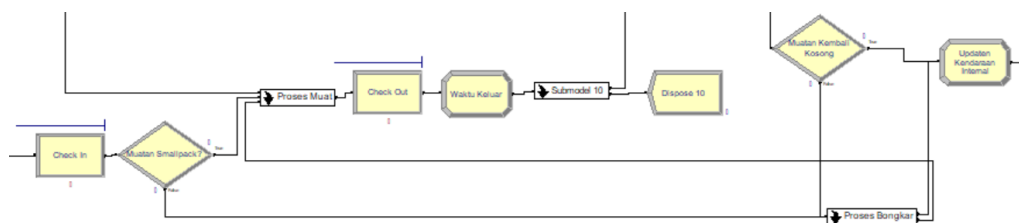
Gambar 5.6 Permintaan *Delivery Order* Kirim dan Penugasan Truk Internal



Gambar 5.7 Kedatangan Kendaraan Eksternal

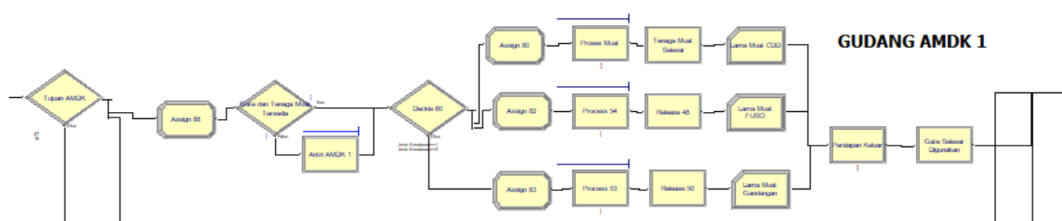
Alur proses selanjutnya untuk kendaraan eksternal yaitu pengecekan jenis kendaraan. Terdapat tiga jenis kendaraan eksternal yang diteliti yaitu kendaraan CDD, fuso & built-up, serta gandengan. Jenis kendaraan dibedakan karena dalam proses pemuatan nantinya memiliki alokasi kebutuhan jumlah tenaga muat yang berbeda antar jenis kendaraan dan pola distribusi waktu proses yang berbeda pula. Pada kondisi penerapan kebijakan *time slotting*, jenis kendaraan akan menentukan berapa jumlah slot yang harus dipesan. Setelah itu dilakukan pengecekan kembali

mengenai jenis muatan kendaraan. Apabila memuat galon maka dibutuhkan proses bongkar terlebih dahulu. Namun jika kendaraan tidak berisi muatan atau dengan kata lain memiliki permintaan terhadap produk *smallpack*, maka dapat langsung menuju gudang produk jadi. Gambar 5.8 berikut merupakan model simulasi proses di dalam pabrik yang kompleks akibat terdapatnya dua jenis entitas yang memiliki perbedaan alur proses. Pemahaman terhadap perbedaan alur proses kedua jenis entitas kendaraan tersebut dapat dipahami pada pembahasan model konseptual pada sub-bab 5.1 sebelumnya.



Gambar 5.8 Proses di Dalam Pabrik

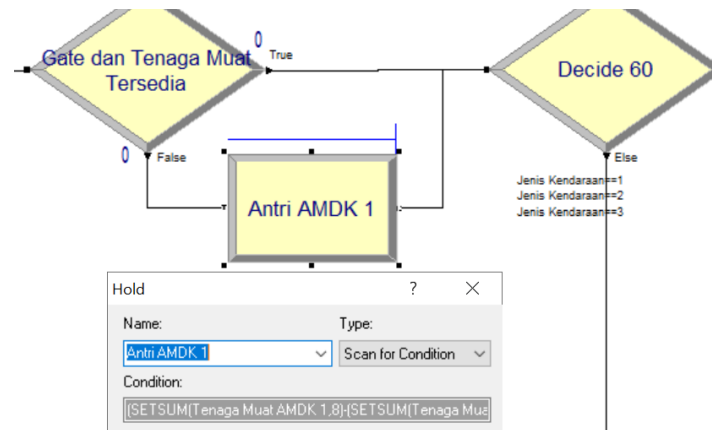
Pada simulasi proses pemuatan produk (*loading*), akan dicek terlebih dahulu tujuan gudang AMDK. Setelah itu dilakukan pengecekan kembali terhadap ketersediaan tenaga muat dan *gate*. Berikut merupakan model simulasi proses *loading*.



Gambar 5.9 Proses *Loading* Gudang AMDK 1

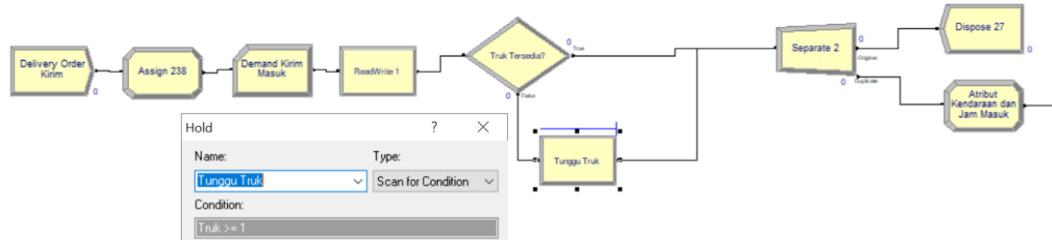
Modul *hold* digunakan untuk men-simulasikan antrian yang terdapat di dalam pabrik yang akan mengecek suatu kondisi untuk terpenuhi terlebih dahulu. Terdapat dua pengecekan yaitu pengecekan ketersediaan tenaga muat serta pengecekan ketersediaan *gate*. Kedua syarat tersebut harus dipenuhi, karena pada proses yang nyata, kendaraan yang telah selesai menggunakan *resources* tenaga

muat akan melalui modul *delay* terlebih dahulu sebagai persiapan keberangkatan lalu melepas *gate*. Sehingga, antrian tidak akan masuk untuk memulai proses *loading* apabila *gate* belum tersedia meski tenaga muat telah tersedia. Ketersediaan tenaga muat yaitu jumlah minimal yang harus tersedia sesuai atribut kebutuhan tenaga muat yang telah di-*assign* pada jenis kendaraan.



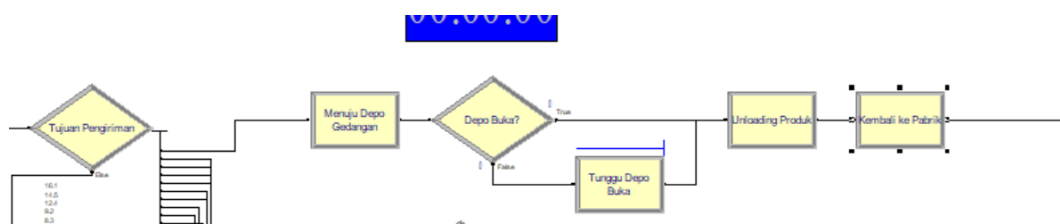
Gambar 5.10 Simulasi Antrean Pada AMDK 1

Berikut merupakan logika antrean pada AMDK 1, $(SETSUM(Tenaga Muat AMDK 1,8) - (SETSUM(Tenaga Muat AMDK 1,5))) \geq Kebutuhan\ Tenaga\ Muat$ && $(SETSUM(Gate\ AMDK\ 1,8) - SETSUM(Gate\ AMDK\ 1,5)) \geq 1$, yaitu kendaraan dapat memulai proses *loading* apabila minimal jumlah tenaga muat yang sedang *idle* yaitu sejumlah kebutuhan tenaga muat dan minimal jumlah *gate* yang tersedia yaitu satu. Kendaraan eksternal yang telah melalui proses bongkar muat selanjutnya dapat keluar dari pabrik. Entitas lainnya yang diamati yaitu kendaraan internal yang didahului dengan proses turunnya *delivery order*. *Delivery order* yang telah turun selanjutnya memasuki modul *hold* untuk pengecekan ketersediaan truk. Apabila truk tersedia maka proses pemuatan dapat segera diperintahkan dengan pengecekan kondisi antrean yang kosong. Gambar 5.11 berikut merupakan model simulasi turunnya penugasan truk untuk permintaan kirim yang masuk.



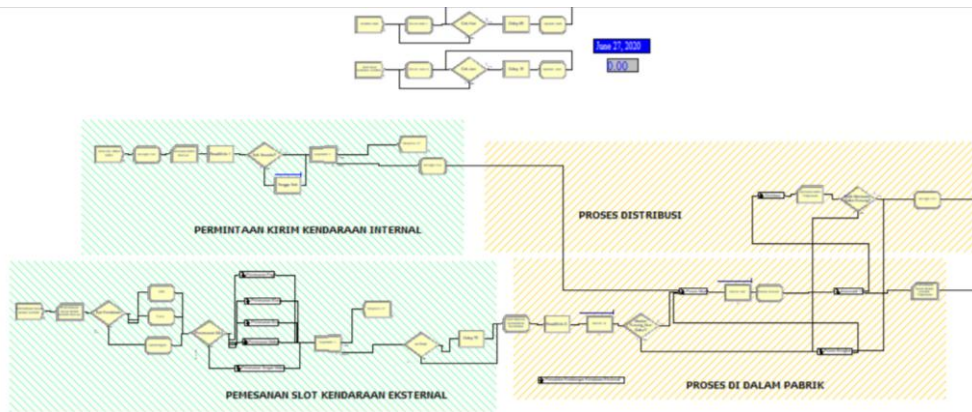
Gambar 5.11 *Create Delivery Order* dan Penugasan Truk

Model simulasi proses di dalam pabrik untuk kendaraan internal sama halnya dengan yang telah disebutkan pada gambar 5.8. Perbedaannya yaitu urutan aliran proses dimana kendaraan langsung melakukan proses muat tanpa pengecekan jenis muatan karena kondisi truk kosong. Selanjutnya proses pengiriman atau distribusi dilakukan dengan pengecekan tujuan pengiriman, perjalanan menuju tujuan, pengecekan jam buka toko, proses *unloading*, hingga kembali ke pabrik. Berikut merupakan model simulasi dari proses pengiriman.

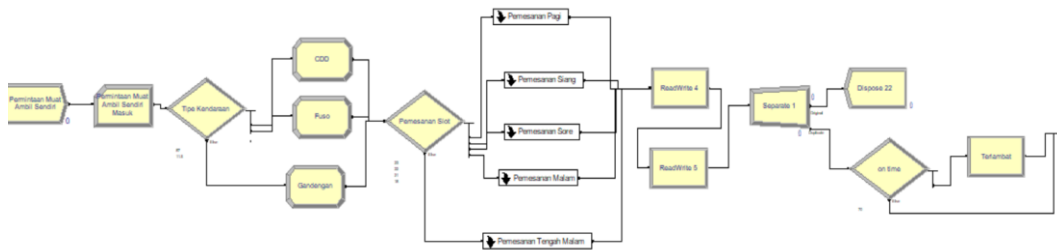


Gambar 5.12 Proses Pengiriman Kendaraan Internal

Berbeda dengan kondisi *existing*, pada simulasi kondisi perbaikan terdapat perbedaan pada kondisi kedatangan kendaraan eksternal yang didahului dengan proses pemesanan. Pemilihan pemesanan telah terbagi menjadi waktu pagi, siang, sore, malam, dan tengah malam sehingga kedatangan kendaraan yang diijinkan masuk ke dalam lapangan pabrik akan sesuai dengan pemilihan pemesanan dan skenario keterlambatan yang diijinkan. Keterlambatan yang diusulkan oleh perusahaan yaitu hingga 30 menit sehingga keterlambatan diasumsikan berdistribusi Triangular (10,15,30). Gambar 5.13 dan 5.14 berikut merupakan model simulasi kondisi perbaikan yang memiliki proses pemesanan terlebih dahulu.

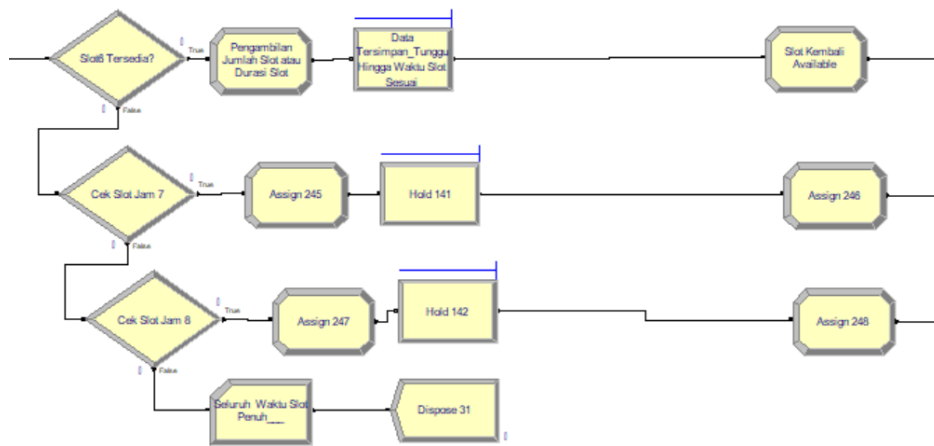


Gambar 5.13 Model Simulasi Kondisi Perbaikan



Gambar 5.14 Pemilihan Pemesanan Slot

Pemilihan waktu slot berdasarkan prosedur kebijakan *time slotting* yang akan diterapkan oleh perusahaan yaitu, apabila slot waktu penuh maka kendaraan diwajibkan untuk memilih waktu kedatangan dan memesan slot di pilihan waktu lainnya. Gambar 5.15 berikut merupakan contoh detail proses pemesanan pada reservasi pemesanan pagi, skenario satuan slot waktu kedatangan setiap 60 menit. Apabila slot jam 6 tidak tersedia, maka dilanjutkan dengan pengecekan slot di waktu berikutnya hingga pengecekan slot di jam 8. Ketika jumlah slot pada seluruh jam reservasi tidak tersedia atau telah dipesan, maka akan tercatat sebagai permintaan yang tidak dapat terpenuhi.



Gambar 5.15 Alur Pemilihan Waktu Slot

5.3 Jumlah Replikasi

Replikasi dijalankan untuk memastikan bahwa *output* simulasi berada pada parameter estimasi yang baik sehingga mencukupi untuk dapat dipercaya sebagai bahan pengambilan keputusan. Replikasi dapat mengatasi sifat RIRO (*Random Input Random Output*) dalam model simulasi. Satu kali replikasi tidak akan mampu merepresentasikan *real system* karena sifatnya yang acak, sehingga dibutuhkan beberapa kali iterasi. Data yang digunakan untuk penentuan jumlah replikasi yaitu rata-rata waktu *turnaround* kendaraan, yang merupakan parameter performansi dari sistem amatan. Tabel 5.1 di bawah ini menunjukkan hasil dari simulasi dengan jumlah replikasi awal sebanyak sepuluh replikasi.

Tabel 5.1 Rata-Rata *Turnaround Time* Kendaraan Pada Sepuluh Replikasi

No.	Rata-Rata <i>Turnaround Time</i> Kendaraan (Jam)
Replikasi 1	2,6723
Replikasi 2	2,9661
Replikasi 3	2,7129
Replikasi 4	2,9541
Replikasi 5	2,9778
Replikasi 6	2,6870
Replikasi 7	3,0869

Tabel 5.1 Rata-Rata *Turnaround Time* Kendaraan Pada Sepuluh Replikasi (Lanjutan)

No.	Rata-Rata <i>Turnaround Time</i> Kendaraan (Jam)
Replikasi 8	2,7308
Replikasi 9	2,8206
Replikasi 10	2,7955
Rata-Rata	2,84
Standar Deviasi	0,15

Setelah mendapatkan perhitungan rata-rata dan standar deviasi, maka dapat dilanjutkan dengan perhitungan *half-width*. Penelitian ini menggunakan tingkat kepercayaan sebesar 95% ($\alpha = 5\%$). Persamaan 5.1 berikut merupakan hasil perhitungan *half-width* dari sepuluh replikasi simulasi.

$$hw = \frac{t_{n-1, \alpha/2} \times S}{\sqrt{n}} \quad (5.1)$$

$hw = \text{half-width}$

$n = \text{jumlah awal replikasi}$

maka,

$$hw = \frac{t_{9, 0.025} \times 0,15}{\sqrt{10}}$$

$$hw = \frac{2,26 \times 0,15}{\sqrt{10}}$$

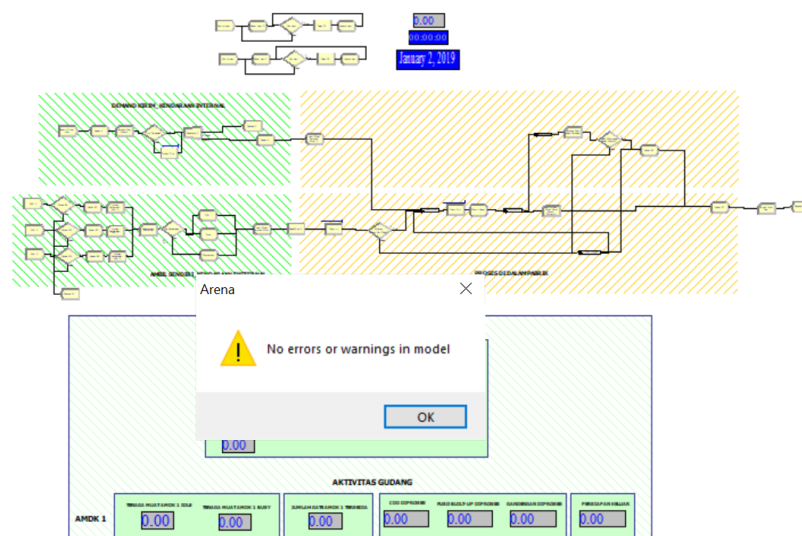
$$hw = 0,10$$

Dari perhitungan didapatkan bahwa hw adalah 0,12 jam yang bernilai 3,7% dari rata-rata *output* simulasi. Nilai hw yang lebih kecil apabila dibandingkan dengan rata-rata waktu *turnaround* kendaraan (<5% dari rata-rata *output* simulasi), sehingga dapat dikatakan bahwa 10 replikasi telah cukup untuk merepresentasikan sistem *existing*.

5.4 Verifikasi

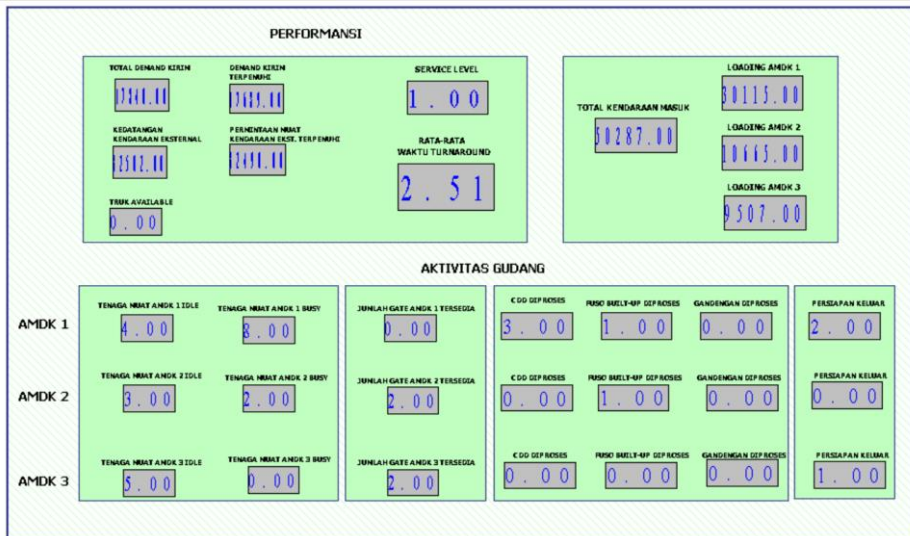
Verifikasi merupakan proses yang dikenal dengan “*building the model right*,” atau membangun model secara benar yaitu dengan memastikan bahwa

perilaku dan logika simulasi mencerminkan model konseptual dengan benar (Harrel, 2004). Verifikasi model merupakan hal penting dalam proses pembangunan model simulasi karena kemungkinan terjadinya *error* yang memberikan dampak yang tidak diinginkan pada hasil akhir simulasi. Dua tipe *error* yang diteliti yaitu *syntax error* dan *semantics error*. Gambar 5.16 di bawah ini menampilkan *dialog box* yang menyatakan bahwa tidak ada kesalahan pengetikan karakter atau *decimal* yang menyebabkan kegagalan dalam eksekusi simulasi atau yang disebut dengan *syntax error*.



Gambar 5.16 Verifikasi *Syntax Error*

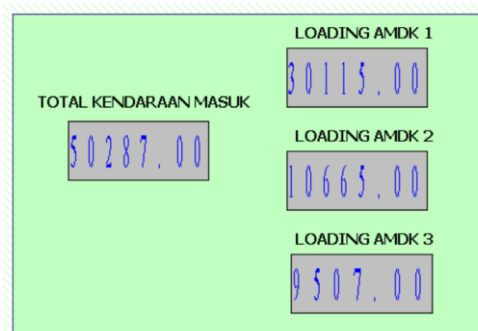
Verifikasi terhadap *semantic error* dilakukan dengan mengecek logika dalam model apakah sesuai dengan yang seharusnya. Pada penelitian ini dilakukan observasi pada pergerakan animasi pada model simulasi dan mengecek hasil simulasi apakah masuk akal. Pengecekan terhadap *semantic error* yang dilakukan pada penelitian ini yaitu terhadap beberapa variabel yaitu pengecekan *resources* sebagai variabel yang mempengaruhi logika antrian, pengecekan jumlah kendaraan yang masuk, hingga pengecekan perhitungan performansi sistem. Gambar 5.17 di bawah ini merupakan beberapa variabel yang digunakan untuk proses verifikasi model simulasi.



Gambar 5.17 Verifikasi *Semantic Error*

Verifikasi dilakukan terhadap *decision* model konseptual dimana setiap kendaraan memiliki tujuan pemuatan di ketiga gudang AMDK yang berbeda. Sehingga, pada model simulasi diverifikasi mengenai jumlah kegiatan *loading* di seluruh gudang AMDK harus sesuai dengan total kendaraan yang masuk untuk melakukan proses pemuatan. Hasil simulasi terbukti terverifikasi dengan menggunakan perhitungan sebagai berikut:

$$\text{Total Kendaraan Masuk} = \text{Jumlah Loading di AMDK 1} + \text{Jumlah Loading di AMDK 2} + \text{Jumlah Loading di AMDK 3}$$



Gambar 5.18 Verifikasi Total Kendaraan Masuk terhadap *Decision* Tujuan Gudang

Metode verifikasi lain yang dilakukan yaitu melihat logika penggunaan *resource* apakah telah berjalan dengan benar dan sesuai dengan model konseptual. Logika penggunaan *resource* pada gudang produk jadi ini nantinya akan

mempengaruhi sistem antrian yang menjadi salah satu aspek penelitian. Oleh karena itu, sangat penting untuk memverifikasi logika sistem antrian dan penggunaan *resource* pada model simulasi. Model konseptual memberikan syarat dan *decision* untuk proses muat dengan didahului pengecekan ketersediaan *resource*. Terdapat dua syarat yang harus dipenuhi, yaitu tenaga muat serta *gate* AMDK yang tersedia. Apabila salah satu atau kedua syarat tidak terpenuhi, maka kendaraan harus mengantre terlebih dahulu. Gambar 5.19 berikut merupakan logika aktivitas gudang yang terjadi di satu waktu tertentu.



Gambar 5.19 Verifikasi Logika Penggunaan *Resource*

Berikut merupakan langkah verifikasi terhadap ketersediaan tenaga muat dan *gate* sebagai *resource* pada aktivitas gudang produk jadi:

Tenaga Muat Tersedia

- = Total Tenaga Muat
- (CDD Diproses x Kebutuhan Tenaga Muat CDD)
- (Fuso/Built-Up Diproses x Kebutuhan Tenaga Muat Fuso/Built-Up)
- (Gandengan Diproses x Kebutuhan Tenaga Muat Gandengan)

Gate Tersedia

- = Total Gate – CDD Diproses – Fuso/Built-Up Diproses
- Gandengan Diproses – Persiapan Keluar

Tenaga muat yang sedang *idle* merupakan tenaga muat yang tersedia untuk memberikan proses layanan. Ketersediaan tenaga muat tidak diikuti oleh ketersediaan *gate* karena kebutuhan proses persiapan keluar kendaraan. Oleh karena itu pengecekan terhadap animasi terlihat masih terdapat antrean meski tenaga muat telah tersedia. Sebagai contoh verifikasi aktivitas gudang AMDK 1 dengan total 12 tenaga muat. Tercatat bahwa 2 kendaraan CDD sedang diproses dan 4 kendaraan sedang melakukan persiapan keluar. Sehingga tenaga muat yang tersedia yaitu berjumlah 8 akibat 4 tenaga muat sedang memproses kendaraan CDD serta 0 *gate* tersedia akibat 6 kendaraan masih menggunakan *gate*. Dari keseluruhan pengujian, model simulasi dapat disimpulkan telah terverifikasi melalui berbagai metode verifikasi yang telah disebutkan di atas.

5.5 Validasi

Validasi dilakukan untuk menguji model simulasi terhadap sistem yang nyata. Pada penelitian ini akan menguji rata-rata populasi dari dua populasi yang berbeda. Model dapat dikatakan valid ketika *output* simulasi tidak berbeda jauh dengan sistem yang nyata. Tabel 5.2 berikut ini menjelaskan rincian data yang akan digunakan untuk validasi. Metode yang digunakan sebagai uji validasi yaitu *paired-t test* untuk melihat apakah model simulasi secara signifikan berbeda dengan sistem sebenarnya.

Tabel 5.2 Data Uji Validasi

No.	Jenis Data
1.	Waktu <i>turnaround</i> kendaraan
2.	Jumlah permintaan kirim terpenuhi
3.	Jumlah permintaan muat ambil sendiri terpenuhi
3.	Jumlah reservasi pagi
4.	Jumlah reservasi siang
5.	Jumlah reservasi sore
6.	Jumlah reservasi malam
7.	Jumlah reservasi tengah malam

Uji hipotesis menggunakan *paired- t test* menyatakan H_0 adalah tidak ada perbedaan yang signifikan antara rata-rata hasil simulasi dengan sistem nyata. Sedangkan H_1 adalah terdapat perbedaan yang signifikan antara rata-rata hasil simulasi dengan sistem nyata.

$$H_0: \mu_1 = \mu_2$$

$$H_1: \mu_1 \neq \mu_2$$

Tabel 5.3 berikut ini merupakan hasil *paired t-test* pada data waktu *turnaround* kendaraan dengan menggunakan 10 sampel data berdasarkan jumlah replikasi. Tabel 5.4 berikutnya merupakan hasil rekap *paired t-test* dari data parameter validasi lainnya.

Tabel 5.3 *Paired t-test* Terhadap Data Waktu *Turnaround* Kendaraan

Waktu <i>Turnaround</i> Kendaraan		
Replikasi	Sistem <i>Existing</i>	Simulasi
Replikasi-1	92	160,338
Replikasi-2	78	177,966
Replikasi-3	230	162,774
Replikasi-4	171	177,246
Replikasi-5	70	178,668
Replikasi-6	85	161,22
Replikasi-7	190	185,214
Replikasi-8	114	163,848
Replikasi-9	307	169,236
Replikasi-10	195	167,73
t-Test: Two-Sample Assuming Equal Variances		
	Sistem <i>Existing</i>	Simulasi
Mean	153,2	170,424
Variance	6164,622222	76,3339
Observations	10	10
Pooled Variance	3120,478075	
Hypothesized Mean Difference	0	
df	18	
t Stat	-0,68945901	
P(T<=t) one-tail	0,249663487	
t Critical one-tail	1,734063607	
P(T<=t) two-tail	0,499326974	
t Critical two-tail	2,10092204	

Tabel 5.4 Rekap *Paired t-test* Terhadap Seluruh Data Parameter Validasi

Parameter Validasi	<i>t Stat</i>	<i>t Critical Two-tail</i>		Keputusan
		<i>Lower Limit</i>	<i>Upper Limit</i>	
<i>Turnaround time</i> kendaraan	-0,68946	-2,10092	2,10092	Ho tidak ditolak
Permintaan muat kirim terpenuhi	-1,80990	-2,26216	2,26216	Ho tidak ditolak
Permintaan muat ambil sendiri terpenuhi	1,47064	-2,26216	2,26216	Ho tidak ditolak
Jumlah reservasi pagi	1,67435	-2,04841	2,04841	Ho tidak ditolak
Jumlah reservasi siang	1,96906	-2,04841	2,04841	Ho tidak ditolak
Jumlah reservasi sore	-1,74792	-2,04841	2,04841	Ho tidak ditolak
Jumlah reservasi malam	-1,12905	-2,04841	2,04841	Ho tidak ditolak
Jumlah reservasi tengah malam	0,33914	-2,04841	2,04841	Ho tidak ditolak

Berdasarkan hasil di atas, maka H_0 tidak ditolak karena t Stat jatuh di antara batas atas dan batas bawah dari t Critical. Kondisi tersebut menyatakan bahwa tidak ada perbedaan yang signifikan antara sistem yang nyata dengan sistem pada simulasi.

BAB 6

HASIL DAN ANALISIS

Pada bab ini akan dilakukan analisis dan interpretasi hasil dari pengolahan data dan eksperimen melalui model simulasi yang telah dibangun. Analisis selanjutnya juga berisi usulan skenario perbaikan terbaik yang dapat diimplementasikan.

6.1 Analisis Kondisi *Existing*

Perhatian perusahaan pada kondisi *existing* yang saat ini berjalan, terutama pada kegiatan pemuatan pada gudang produk jadi yaitu mengenai ketidakpastian waktu kedatangan pelanggan. Ketidakpastian kedatangan pelanggan tersebut menyebabkan antrean pada saat menumpuknya jumlah kendaraan yang masuk pada suatu waktu tertentu. Evaluasi terhadap waktu *turnaround* kendaraan dilakukan untuk melihat performansi aktivitas distribusi pada gudang produk jadi. Tabel 6. 1 berikut menampilkan rekap hasil simulasi waktu *turnaround* kendaraan pada kondisi *existing* pada keseluruhan replikasi.

Tabel 6.1 Hasil Simulasi Waktu *Turnaround* Kendaraan Kondisi *Existing*

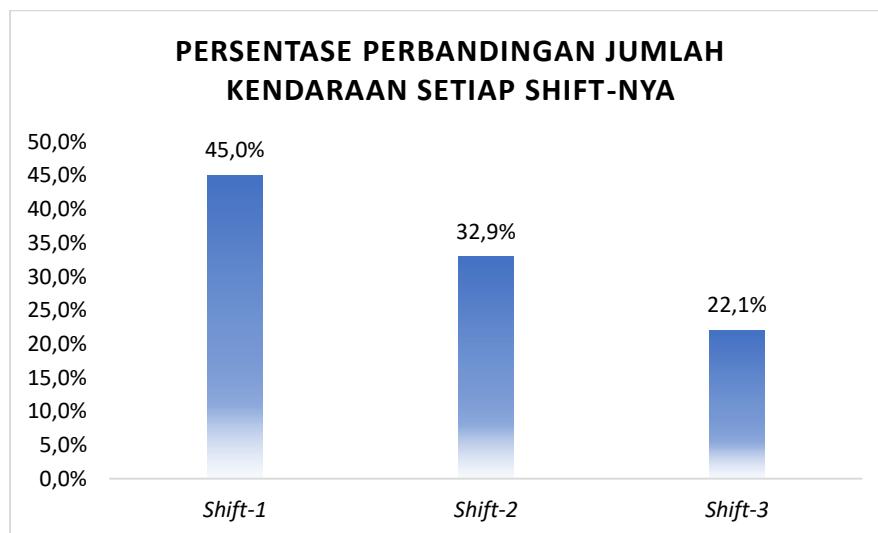
Replikasi	Waktu <i>Turnaround</i> Kendaraan(Jam)
Replikasi 1	2,67
Replikasi 2	2,97
Replikasi 3	2,71
Replikasi 4	2,95
Replikasi 5	2,98
Replikasi 6	2,69
Replikasi 7	3,09
Replikasi 8	2,73
Replikasi 9	2,82
Replikasi 10	2,80
Rata-Rata	2,84

Saat ini perusahaan beroperasi selama 24 jam yang terbagi dalam tiga *shift* waktu. *Shift* pertama merupakan *shift* pagi yang beroperasi selama pukul 07.00 hingga 15.00. *Shift* kedua beroperasi selama pukul 15.00 hingga 23.00, dan *shift* ketiga beroperasi selama pukul 23.00 hingga 07.00. Apabila diteliti lebih lanjut,

tumpukan antrean sering terjadi pada *shift* pagi dimana jumlah dan persentase kendaraan eksternal yang datang lebih banyak daripada *shift* lainnya. Hal tersebut disebabkan lebih banyaknya preferensi kedatangan kendaraan untuk melakukan pemuatan di awal waktu sehingga dapat menuju rantai *customer* berikutnya dengan lebih cepat. Kedatangan di *shift* 1 yang lebih tinggi dibandingkan *shift* lainnya menyebabkan waktu yang dibutuhkan kendaraan untuk mendapatkan layanan pemuatan produk jadi juga lebih tinggi dibandingkan *shift* lainnya akibat tumpukan antrean yang terjadi. *Shift* Berikut merupakan rincian hasil simulasi pada penelitian berdasarkan jumlah kedatangan kendaraan setiap *shift*-nya.

Tabel 6.2 Rincian Kedatangan Kendaraan Setiap *Shift*

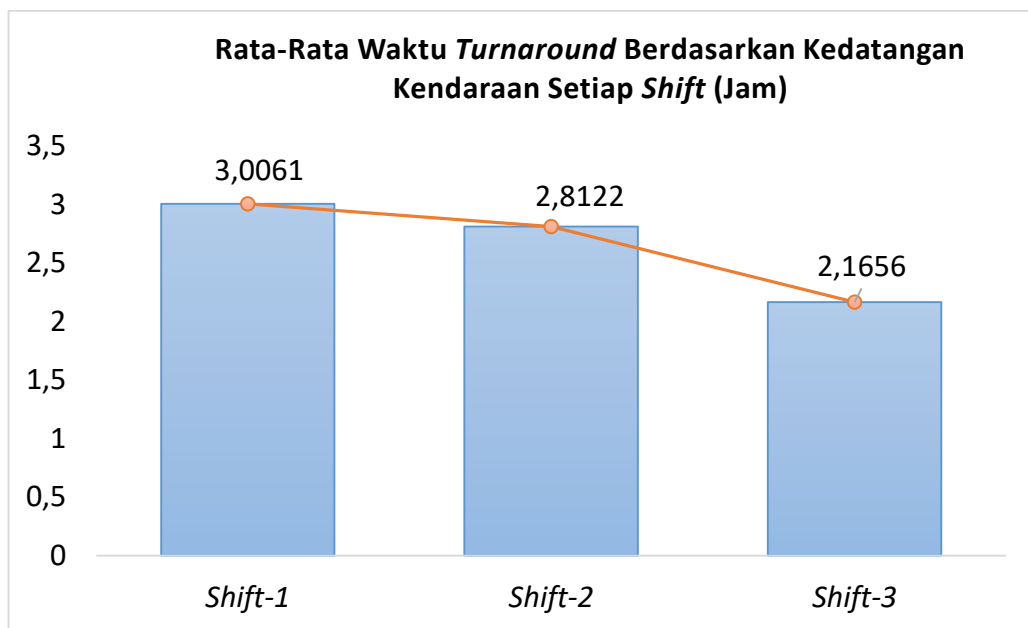
Rincian	<i>Shift-1</i>	<i>Shift-2</i>	<i>Shift-3</i>
Rata-Rata Jumlah Kendaraan	14.402	10.532	7.057
Rata-Rata Waktu <i>Turnaround</i> Kendaraan (Jam)	3,0061	2,8122	2,1656



Gambar 6.1 Persentase Perbandingan Jumlah Kedatangan Kendaraan per *Shift*

Waktu yang dibutuhkan oleh kendaraan mulai masuk hingga keluar pabrik atau yang disebut juga dengan *turnaround time* terjadi lebih tinggi di *shift* 1. Hal tersebut memperlihatkan bahwa tumpukan antrean atau jumlah kendaraan dapat menyebabkan *turnaround time* kendaraan yang lebih tinggi juga pada waktu tersebut. Seperti yang telah dijelaskan sebelumnya, waktu tunggu kendaraan untuk

mendapatkan proses layanan juga menjadi lebih tinggi karena menunggu kendaraan lainnya untuk mendapatkan layanan terlebih dahulu. Pada keseluruhan kendaraan, rata-rata waktu *turnaroud* kendaraan hasil simulasi kondisi *existing* yaitu bernilai 2,8404 jam. Waktu tersebut hampir mencapai waktu tiga jam. Sedangkan apabila dibandingkan dengan lama waktu pemuatan dan pembongkaran yang membutuhkan waktu sekitar satu hingga dua jam, selebihnya dari total waktu tersebut merupakan *waiting time* atau waktu tunggu yang dibutuhkan kendaraan untuk mendapatkan layanan.



Gambar 6.2 Waktu *Turnaround* Kendaraan per *Shift*

Apabila diteliti lebih lanjut, *waiting time* pada tiap gudang AMDK juga berbeda akibat banyaknya kendaraan yang menuju gudang AMDK 1 atau dengan kata lain volume permintaan untuk produk yang terletak pada gudang AMDK 1 lebih tinggi apabila dibandingkan dengan gudang AMDK lainnya. Rata-rata *waiting time* AMDK 1 pada kondisi *existing* yaitu mencapai 2,47 jam. Sedangkan pada AMDK 2 dan AMDK 3 sebesar 1,1 jam dan 1,3 jam. *Service level* pada kondisi *existing* mencapai 99%. *Service level* pada penelitian ini didapat dari seluruh permintaan kirim yang dapat terpenuhi serta kedatangan kendaraan yang mendapatkan pelayanan pemuatan produk jadi. *Service level* tersebut tidak penuh 100% akibat pada permintaan kirim masih terdapat permintaan yang dikirimkan

pada keesokan harinya setelah permintaan masuk. Berikut merupakan tabel rekap hasil *waiting time* pada kondisi *existing*.

Tabel 6.3 Hasil Simulasi Waktu Tunggu Kondisi *Existing*

No.	Aspek	Hasil (Jam)
1.	<i>Waiting Time</i> AMDK 1	2,47
2.	<i>Waiting Time</i> AMDK 2	1,1
3.	<i>Waiting Time</i> AMDK 3	1,27
4.	Rata-Rata <i>Waiting Time</i>	1,62

Apabila dilihat lebih lanjut, hasil *waiting time* tergolong sangat tinggi dimana waktu *turnaround* kendaraan sebesar 57%-nya dihabiskan untuk menunggu sebelum mendapatkan layanan pada gudang produk jadi. Hal tersebut mengindikasikan bahwa terjadi ketidakseimbangan antara *resource* dengan jumlah kendaraan yang harus dilayani. *Resources* dalam penelitian ini yaitu tenaga muat dan *gate* gudang AMDK. Lebih jauh lagi melihat ke dalam proses, *resources* yang sangat berpengaruh ke dalam logika antrean pada gudang yaitu jumlah *gate* dimana proses *loading* yang selesai tidak diikuti dengan pelepasan *resource gate*. Chen, et. al., 2013 menyebutkan bahwa terdapat dua pendekatan yang dapat digunakan untuk mengatasi permasalahan tumpukan antrean yang menyebabkan waktu tunggu yaitu: memperbesar kapasitas atau jumlah *gate* dan atau mengelola kedatangan truk. Kapasitas atau jumlah *gate* tidak dapat menjadi solusi yang tidak *feasible* karena keadaan lahan pabrik yang sempit dan tumpukan antrean tidak terjadi di sepanjang hari melainkan di waktu-waktu tertentu pada *shift 1* dan *shift 2*. Oleh karena itu pendekatan kedua yaitu pengelolaan kedatangan truk menjadi pilihan solusi yang dapat dilakukan. Keputusan tersebut sejalan dengan pernyataan dari Guan dan Liu, 2009, yang menyebutkan bahwa memperlebar kapasitas *gate* memiliki keterbatasan akibat dua hal yaitu: (1) Lahan dan *resources* tidak selalu tersedia dan (2) mengijinkan jumlah kendaraan masuk yang bertambah lebih lagi ke dalam terminat sehingga kemungkinan akan terjadi kemacetan atau penumpukan pada lahan.

6.2 Analisis Kebijakan *Time Slotting*

Kebijakan *time slotting* merupakan usulan kebijakan yang menginginkan terciptanya kepastian kedatangan kendaraan. Sifat *uncertainty* dan *variability* dalam kondisi *existing* diminimalisir dengan kegiatan pemesanan yang dilakukan sebelum kedatangan. Tujuan dari pengaplikasian teknologi ini yaitu keteraturan lalu lintas di lahan pabrik serta visibilitas performansi kegiatan pemuatan produk jadi. Hipotesis dari perusahaan saat ini yaitu kedatangan kendaraan yang lebih pasti dan diatur jumlahnya akan dapat menurunkan *turnaround time* dan *waiting time* kendaraan. Hal tersebut dilakukan dengan membatasi jumlah kendaraan yang dapat masuk dengan memesan kedatangan per satuan slot waktu yang disediakan. Morais dan Lord (2006) menyebutkan bahwa *truck appointment system* atau sistem janji kedatangan dapat secara efektif menurunkan waktu menunggu atau antrean truk. Bagaimanapun, penelitian tersebut juga menyatakan bahwa dampak penurunan waktu tunggu tersebut juga bergantung pada faktor yang menyebabkan penumpukan kendaraan. Oleh karena itu, skenario perbaikan yang diusulkan untuk penerapan kebijakan *time slotting* dilakukan untuk menguji hipotesis penurunan waktu *turnaround* kendaraan dengan membatasi atau mengatur waktu dan jumlah kendaraan yang diijinkan untuk melakukan pemesanan hingga datang ke pabrik untuk melakukan proses pemuatan produk jadi.

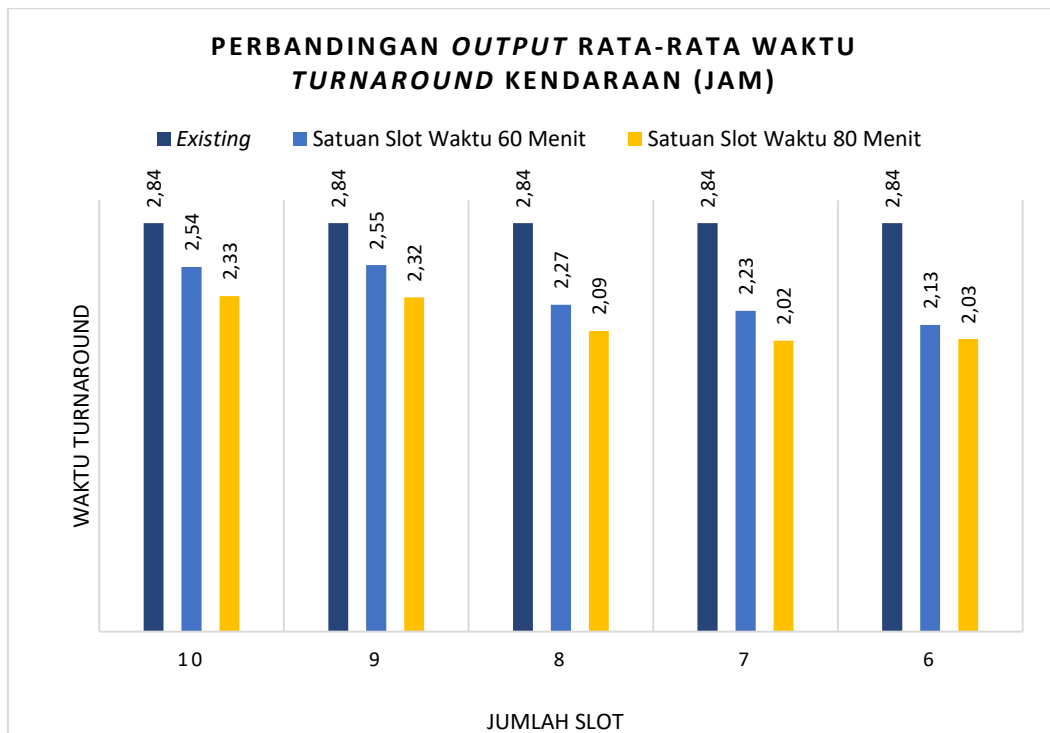
6.2.1 Analisis Perbandingan Rata-Rata *Turnaround Time* dan *Waiting Time*

Skenario yang dibangun dalam penerapan kebijakan *time slotting* pada proses pemuatan produk jadi dimulai dengan penentuan slot waktu pemesanan yang terdiri dari dua skenario yaitu 60 menit dan 80 menit. Selanjutnya diatur skenario mengenai jumlah kedatangan atau jumlah slot yang dapat dipesan dalam satu slot waktu tersebut. Setiap skenario pengaturan slot waktu, terdapat pula lima skenario percobaan di dalamnya mengenai jumlah kendaraan/ jumlah slot yang dapat disediakan yaitu 6, 7, 8, 9, hingga 10 slot kendaraan. Setelah proses pemesanan, maka kedatangan kendaraan diatur sesuai dengan pemesanan yang telah dilakukan dengan skenario keterlambatan yang dapat terjadi. Berikut merupakan rincian tabel dan grafik *output* dari hasil kombinasi skenario yang telah dibangun.

Tabel 6.4 *Output* Simulasi Rata-Rata Waktu *Turnaround* Kendaraan

Rata-Rata Waktu <i>Turnaround</i> Kendaraan (Jam)		
Jumlah Slot per Satuan Slot Waktu	Satuan Slot Waktu	
	60 Menit	80 Menit
10	2,54	2,35
9	2,55	2,32
8	2,27	2,09
7	2,23	2,02
6	2,13	2,03
Sistem Existing	2,8404	

Dari *output* simulasi pada kedua jenis satuan slot waktu baik 60 dan 80 menit slot kedatangan, didapatkan bahwa semakin sedikit jumlah slot yang diatur, maka semakin menurun pula *turnaround time* kendaraan. Gambar 6.3 berikut merupakan ilustrasi hasil penurunan *turnaround time* dari kedua skenario satuan slot waktu kedatangan.



Gambar 6.3 Grafik Perbandingan *Output* Waktu *Turnaround* Kendaraan

Grafik di atas dapat memperlihatkan hubungan antara rata-rata waktu *turnaround* kendaraan dengan jumlah slot yang disediakan. Pada jumlah slot 10

slot/kendaraan yang dapat memesan slot setiap 60 menit, maka rata-rata waktu *turnaround* kendaraan adalah 2,54 jam dan begitu seterusnya terjadi penurunan pada jumlah slot 6 maka rata-rata waktu *turnaround* menjadi 2,13 jam. Meski penurunan terlihat tidak signifikan, namun hal tersebut sangat berdampak pada *waiting time* kendaraan serta penumpukan jumlah kendaraan pada praktik di lapangan. Penurunan *turnaround time* kendaraan tersebut disebabkan karena semakin sedikitnya jumlah antrean yang menumpuk dan didistribusikan kedatangan kendaraan pada waktu selanjutnya sehingga waktu tunggu yang dibutuhkan kendaraan untuk mendapatkan layanan pemuatan produk juga semakin cepat. Pada jumlah slot yang ditetapkan berjumlah 10, waktu *turnaround* masih dikategorikan tinggi. Hal tersebut dikarenakan semakin mendekatinya jumlah slot kendaraan tersebut dengan dengan jumlah antrean pada kondisi *existing*. Perbandingan antara satuan slot atau kedatangan setiap 60 menit dan 80 menit juga menunjukkan perbedaan. Pada skenario dengan satuan slot waktu setiap 80 menit menghasilkan rata-rata waktu *turnaround* yang lebih kecil. Hal tersebut disebabkan oleh semakin lebar waktu pemesanan, dimana kedatangan selanjutnya akan berjarak lebih panjang sehingga meminimalisir penumpukan kendaraan yang terjadi. Percobaan jumlah slot diteruskan hingga mendekati waktu *turnaround* kendaraan yang ditargetkan perusahaan yaitu dengan hasil sekitar dua jam saja. Pada praktiknya, perusahaan juga harus sangat tegas dalam mengimplementasikan kebijakan ini dimana kendaraan yang masuk dan mendapatkan antrean merupakan kendaraan yang telah memesan kedatangan.

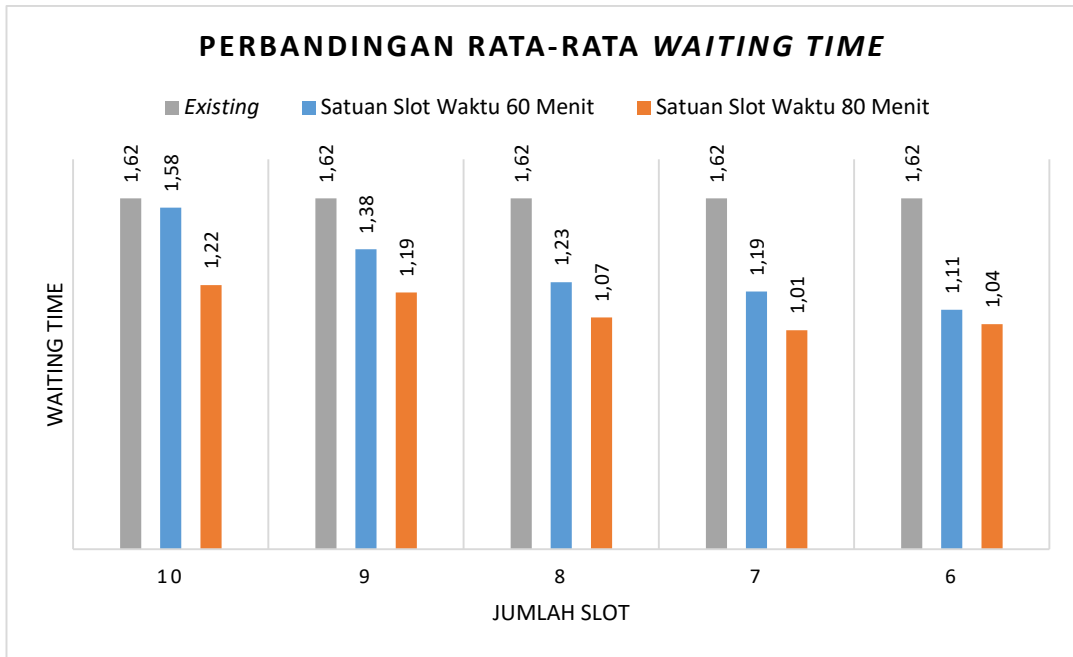
Kedatangan kendaraan yang sebelumnya bersifat sangat *uncertain*, pada kondisi perbaikan mengarahkan sifat kedatangan kendaraan menjadi lebih *uniform* dengan kepastian waktu kedatangan yang dijanjikan dan batas toleransi keterlambatan. Huyn, 2008 menyebutkan bahwa penelitian yang dibawanya merupakan penelitian pertama yang menunjukkan bahwa terminal dan pengemudi truk akan memiliki performansi yang lebih baik apabila kedatangan truk berdistribusi secara *uniform* (kedatangan secara *constant* sepanjang hari). Selanjutnya, *waiting time* kendaraan juga dibuktikan terjadi penurunan. Hal tersebut sejalan dan masuk akal sebagaimana waktu tunggu merupakan faktor dari

penurunan waktu *turnaround* kendaraan. Berikut merupakan perbandingan *waiting time* hasil simulasi yang telah dijalankan.

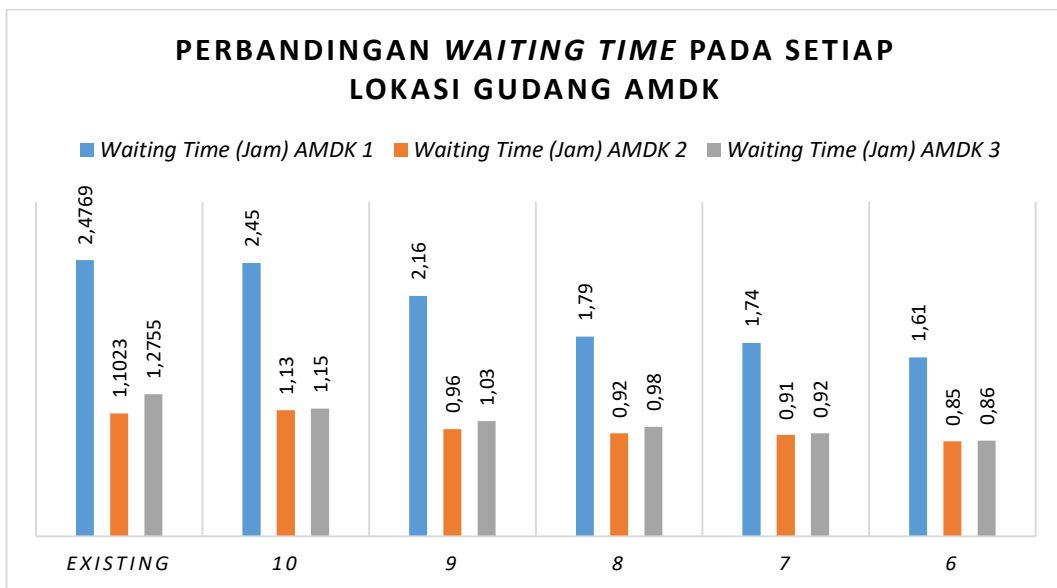
Tabel 6.5 *Output Simulasi Waiting Time*

	Waiting Time (Jam)			Rata-rata Waiting Time (Jam)
	AMDK 1	AMDK 2	AMDK 3	
Sistem Existing	2,48	1,1	1,2	1,62
Jumlah Slot per Satuan Slot Waktu	SLOT PER 60 MENIT			
10	2,45	1,13	1,15	1,58
9	2,16	0,96	1,03	1,38
8	1,79	0,92	0,98	1,23
7	1,74	0,91	0,92	1,19
6	1,61	0,85	0,86	1,11
Jumlah Slot per Satuan Slot Waktu	SLOT PER 80 MENIT			
10	1,90	0,87	0,89	1,22
9	1,87	0,83	0,86	1,19
8	1,60	0,81	0,80	1,07
7	1,53	0,75	0,76	1,01
6	1,53	0,79	0,80	1,04

Waiting time pada setiap gudang AMDK terbukti juga menghasilkan penurunan waktu, kecuali pada skenario pengaturan slot setiap 80 menit pada jumlah slot 6 dan 7 dimana slot dengan jumlah 7 menghasilkan *waiting time* lebih rendah namun tidak terlalu signifikan. Logika yang sama dengan terjadinya penurunan waktu *turnaround* kendaraan yaitu akibat jumlah antrean yang semakin sedikit akibat pembatasan jumlah slot kendaraan. Semakin rendah jumlah slot, maka semakin rendah pula *waiting time* kendaraan. Serta semakin panjang durasi slot waktu yang disediakan, maka semakin rendah juga *waiting time*. Ilustrasi perbandingan penurunan rata-rata *waiting time* keseluruhan skenario dapat dilihat pada gambar 6.4 berikut ini. Sedangkan pada gambar 6.5 akan memperlihatkan rata-rata *waiting time* berdasarkan lokasi gudang AMDK.



Gambar 6.4 Perbandingan Rata-Rata *Waiting Time* Keseluruhan Skenario



Gambar 6.5 Perbandingan *Waiting Time* Pada Setiap Gudang AMDK Skenario Satuan Slot 60 Menit

Apabila dilihat lebih lanjut, maka waktu tunggu pada gudang produk jadi dapat dikatakan masih tinggi meski terjadi penurunan. Waktu tunggu tertinggi yaitu terjadi pada gudang AMDK 1, dimana waktu tunggu mencapai 2 jam akibat mayoritas produk dengan volume penjualan terbesar disimpan pada gudang AMDK

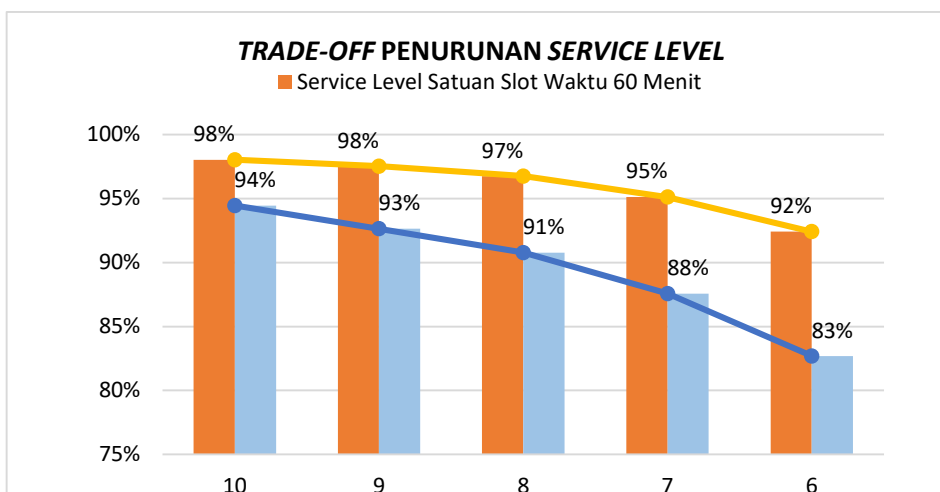
1. Waktu tunggu yang masih tinggi tersebut dapat dianalisis lebih jauh lagi mengenai penyebabnya seperti waktu proses yang dapat di-*improve* maupun jumlah *resources* yang tersedia. Salah satu indikasi yang dapat terlihat pada hasil simulasi ini yaitu tidak hanya karena faktor jumlah antrean, melainkan ketersediaan *resources gate* untuk melayani kendaraan. Pada praktiknya, kendaraan tidak dapat segera dilayani apabila tenaga muat dan *gate* masih belum tersedia. Terdapat dua syarat kondisi yaitu ketersediaan tenaga muat, lalu dilanjutkan dengan ketersediaan *gate*. Tenaga muat tersedia apabila proses pemuatan selesai dilakukan, namun *gate* seringkali belum tersedia atau belum dilepaskan oleh kendaraan akibat adanya waktu persiapan keluar seperti inspeksi, mempersiapkan kendaraan dengan memasang terpal, memproses administrasi, dan aktivitas lainnya yang menghabiskan waktu hingga sekitar 30 menit. Analisis dan penelitian lebih lanjut yang komprehensif dapat dilakukan untuk lebih memahami hubungan ketersediaan *resources* terhadap jumlah kendaraan yang dapat dilayani. Sedangkan pada penelitian ini, jumlah *gate* dan tenaga muat merupakan jumlah maksimum yang tidak dapat ditambahkan lagi karena keterbatasan yang ada.

6.2.2 Analisis Trade-off dan Tantangan dalam Implementasi Kebijakan Time Slotting

Berikut merupakan tabel *output* simulasi dan grafik ilustrasi perbandingan *service level* yang dihasilkan dari keseluruhan skenario.

Tabel 6.6 Output Simulasi Service Level

SERVICE LEVEL		
Jumlah Slot per Satuan Slot Waktu	Satuan Slot Waktu	
	60 Menit	80 Menit
10	98%	94%
9	98%	93%
8	97%	91%
7	95%	88%
6	92%	83%
Sistem Existing	99%	



Gambar 6.6 Trade-Off Penurunan Service Level

Perbandingan *service level* dilakukan untuk mengetahui *trade-off* yang dapat terjadi akibat penerapan kebijakan *time slotting*. Pada penelitian ini, *service level* merupakan kombinasi dari layanan yang dapat diberikan oleh kendaraan internal dan layanan yang dapat diberikan untuk kendaraan eksternal. Pada kendaraan internal, *service level* merupakan jumlah permintaan kirim yang dapat diproses hingga proses pemuatan produk jadi. Sedangkan pada kendaraan eksternal, *service level* menunjukkan pemesanan yang dapat dibuat dan direalisasikan menjadi kedatangan hingga mendapatkan pelayanan pemuatan produk jadi. Sehingga, *service level* pada penelitian ini menunjukkan jumlah kendaraan yang berhasil melakukan proses pemuatan produk jadi apabila dibandingkan dengan keseluruhan permintaan yang masuk. *Service level* yang menurun diakibatkan oleh semakin sedikitnya jumlah kendaraan yang berhasil melakukan proses pemuatan. Hal tersebut terjadi akibat jumlah slot yang tersedia belum dapat mengakomodasi jumlah pemesanan kedatangan kendaraan meski kendaraan telah mencari slot di waktu lainnya pada pembagian waktu pemesanan yang sama. Apabila slot yang disediakan sedikit, yaitu pada skenario jumlah slot 6, ketika permintaan pada waktu tersebut melebihi jumlah 6 slot maka diharuskan mencari waktu pemesanan lainnya. Sehingga, semakin sedikitnya jumlah slot yang disediakan maka semakin besar pula kemungkinan kegagalan pemesanan. Apabila slot yang disediakan semakin besar, yaitu pada skenario jumlah slot 10, maka permintaan kedatangan yang besar dapat lebih diakomodir. Namun *Trade-off* yang dihasilkan apabila

memperbesar jumlah slot yaitu kembali pada analisis *waiting time* hingga waktu *turnaround* kendaraan yang semakin tinggi akibat tumpukan antrean yang tinggi atau mendekati kondisi *existing*.

Selain tantangan pada penurunan *service level*, didapatkan pula tantangan berupa penalti bagi kendaraan pelanggan yang datang tidak sesuai dengan waktu pemesanan slot. Pada praktiknya, pemesanan dapat dilakukan kapanpun. Sehingga, terdapat kemungkinan para pelanggan memilih waktu yang tidak sesuai dengan pilihan waktu realita kedatangan. Apabila truk pelanggan memilih untuk datang ke pabrik sebelum waktu slot, maka kemungkinan akan terjadi antrean kendaraan di luar pabrik atau di lahan lainnya. Bagi kendaraan pelanggan yang tiba jauh sebelum waktu pemesanan yang sesungguhnya, serta yang memiliki keterlambatan melebihi skenario keterlambatan yang diijinkan perusahaan, maka truk pelanggan tersebut mendapatkan penalti berupa waktu tunggu yang tinggi di luar lapangan pabrik atau tidak diijinkan masuk. Dengan skenario seperti tersebut, diharapkan lalu lintas lapangan pabrik menjadi lebih teratur serta meningkatkan kedisiplinan pelanggan yang selama ini memilih untuk menunggu di pabrik dibandingkan pada gudang depo/agen miliknya sendiri.

Trade-off yang menjadi tantangan dalam implementasi kebijakan *time slotting* pada praktiknya dapat dikendalikan dengan melakukan koordinasi bersama seluruh vendor atau *carrier* dalam menegaskan waktu pemesanan. Penelitian oleh Azab, *et. al*, 2017, menunjukkan sebuah model integrasi dari simulasi diskrit dan optimisasi untuk mengatasi permasalahan penumpukan antrean dengan metode *Dynamic Collaboration Truck Appointment System (DCTAS)* dimana pengambilan keputusan diawali dengan proposal penugasan truk oleh *carrier* yang selanjutnya diolah oleh terminal *trucking companies*. Metode tersebut dapat menjadi *step* evaluasi selanjutnya oleh perusahaan setelah teknologi *time slotting* dalam penelitian ini diaplikasikan. Tantangan lainnya yaitu bagaimana perusahaan dapat menegaskan dan memastikan kedisiplinan kedatangan truk agar sistem antrean yang diharapkan dapat terwujud dengan baik. Pada praktiknya banyak terjadi ketidakdisiplinan truk dari pelanggan dimana kendaraan yang menganggur memang disengaja untuk datang ke pabrik meski tidak membuat permintaan, hal tersebut membuat tumpukan kendaraan yang *non-value added* pada lahan pabrik.

Sehingga diharapkan dari penerapan teknologi ini, keteraturan dan kedisiplinan dapat tercipta pada area pabrik perusahaan.

6.3 Analisis Pemilihan Skenario Terbaik

Tabel 6.7 berikut menunjukkan rekap hasil dari keseluruhan skenario dimana *turnaround time* merupakan aspek performansi yang diinginkan untuk dapat diminimasi semaksimal mungkin. Penurunan *turnaround time* yang lebih besar pada pengaturan slot waktu 80 menit serta jumlah slot 6 dan 7, namun kedua skenario tersebut memiliki *trade-off* dari *service level* di bawah 90%. Sehingga, untuk skenario terbaik dengan penurunan *turnaround time* terbesar selanjutnya yaitu pada pengaturan slot dengan satuan slot waktu 80 menit dan jumlah slot 8. Performansi yang dihasilkan skenario tersebut mampu menurunkan waktu *turnaround* kendaraan sebesar 0,75 jam.

Tabel 6.7 Rekap *Output* Seluruh Skenario

Satuan Slot Waktu	Jumlah Slot	Rata-Rata Waktu <i>Turnaround</i>	Penurunan Rata-Rata Waktu <i>Turnaround</i> (Jam)	Penurunan Rata-Rata Waktu <i>Turnaround</i> (%)	<i>Service Level</i>
Sistem <i>Existing</i>		2,8404	-	-	99%
60 Menit	10	2,5356	0,3048	11%	98,03%
60 Menit	9	2,5483	0,2921	10%	97,53%
60 Menit	8	2,2732	0,5672	20%	96,75%
60 Menit	7	2,2297	0,6107	22%	95,12%
60 Menit	6	2,132	0,7084	25%	92,41%
80 Menit	10	2,3514	0,506886	18%	94,46%
80 Menit	9	2,3243	0,5161	18%	92,64%
80 Menit	8	2,0897	0,7507	26%	90,78%
80 Menit	7	2,0226	0,8178	29%	87,57%
80 Menit	6	2,0337	0,8067	28%	82,69%

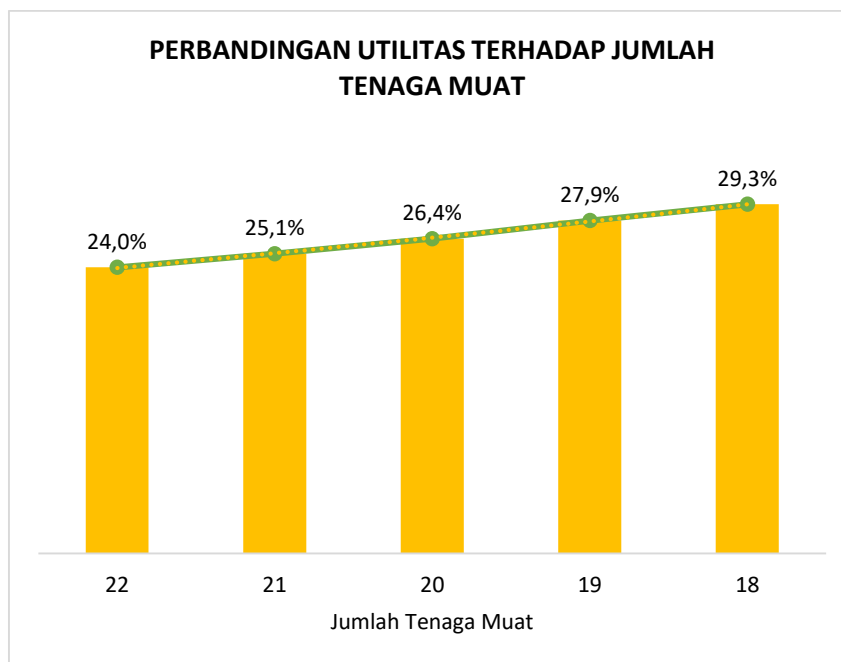
- Evaluasi Terhadap Utilitas Tenaga Muat

Tenaga muat merupakan komponen penting yang berperan sebagai *resource* dalam proses pemenuhan permintaan pemuatan pada gudang produk jadi. Evaluasi terhadap tenaga muat dibutuhkan untuk melihat bagaimana performansi tenaga

muat dapat lebih ditingkatkan. Jumlah keseluruhan tenaga muat saat ini yaitu berjumlah 22 tenaga muat dengan alokasi 12 tenaga muat pada AMDK 1, 5 tenaga muat pada AMDK 2, dan 5 tenaga muat pada AMDK 3. Pengujian terhadap peningkatan utilitas dilakukan dengan mengurangi jumlah tenaga muat satu per satu dengan memperhatikan perubahan *turnaround time* kendaraan yang telah dievaluasi. Berikut merupakan hasil evaluasi pengujian numerik antara jumlah tenaga muat dan utilitas.

Tabel 6.8 Pengujian Numerik Jumlah Tenaga Muat Terhadap Utilitas

Jumlah Tenaga Muat	Utilitas	Turnaround Time (Jam)
22 (<i>Existing</i>)	24,0%	2,0897
21	25,1%	2,0897
20	26,4%	2,0897
19	27,9%	2,0764
18	29,3%	2,0944



Gambar 6.7 Hasil Utilitas Terhadap Pengujian Numerik Jumlah Tenaga Muat

Utilitas yang sangat rendah pada hasil simulasi yang ditampilkan dalam grafik di atas disebabkan oleh beberapa hal, salah satunya yaitu pada praktik di lapangan, *job* yang diberikan kepada tenaga muat tidak *dedicated* hanya melakukan

proses pemuatan sedangkan dalam penelitian ini memiliki ruang lingkup *job* untuk mengamati aktivitas pemuatan produk jadi. Selain itu, terdapat faktor pelepasan *resource* tenaga muat tidak diikuti dengan pelepasan *resource gate* AMDK. Sehingga apabila terdapat kendaraan lain yang mengantre namun *gate* masih penuh, maka tenaga muat tidak dapat langsung melakukan proses pemuatan akibat menunggu kendaraan sebelumnya melepaskan *gate* dan kendaraan selanjutnya merapat. Faktor terakhir yaitu terdapat jumlah kendaraan atau permintaan yang sangat signifikan rendah pada hari Minggu, mengingat kegiatan operasional gudang beroperasi hingga hari Minggu dan dalam 24 jam operasi.

Pada grafik yang disajikan pada gambar 6.7 di atas terlihat bahwa utilitas tenaga muat yang rendah terbukti mengalami kenaikan dengan pengaturan pengurangan kembali jumlah tenaga muat. Penelitian terhadap jumlah *resource* dan utilitas juga dilakukan oleh Cross, 2012, yang menggunakan simulasi untuk memodelkan utilitas pegawai. Konsekuensi yang didapatkan meliputi *turnaround time* kendaraan, sehingga dipilih kebijakan jumlah tenaga muat yang tidak mengubah performansi *turnaround time* yang dihasilkan pada skenario *time slotting*. Kedua aspek *customer service* dan utilitas *resource* merupakan tujuan dari seorang *operations manager* dalam mengambil keputusan yang baik (Kumar & Suresh, 2008). Percobaan numerik dihentikan ketika terbukti penurunan *turnaround time* tidak terjadi atau *turnaround time* mengalami peningkatan. Oleh karena itu, skenario terbaik dalam kegiatan operasional pemuatan pada gudang produk jadi yaitu meliputi pengaturan 8 slot kendaraan setiap 80 menit slot waktu dengan 19 tenaga muat. Dampak atau keuntungan yang diharapkan dari skenario ini tidak hanya menguntungkan perusahaan, melainkan juga bagi pelanggan atau *carrier* dimana informasi mengenai lalu lintas pabrik dapat menjadi lebih akurat dan valid sehingga pelanggan dapat lebih baik dalam mengoptimalkan utilitas kendaraan dengan menurunkan waktu *non value added* yaitu *waiting time* di pabrik.

6.4 Analisis Sensitivitas

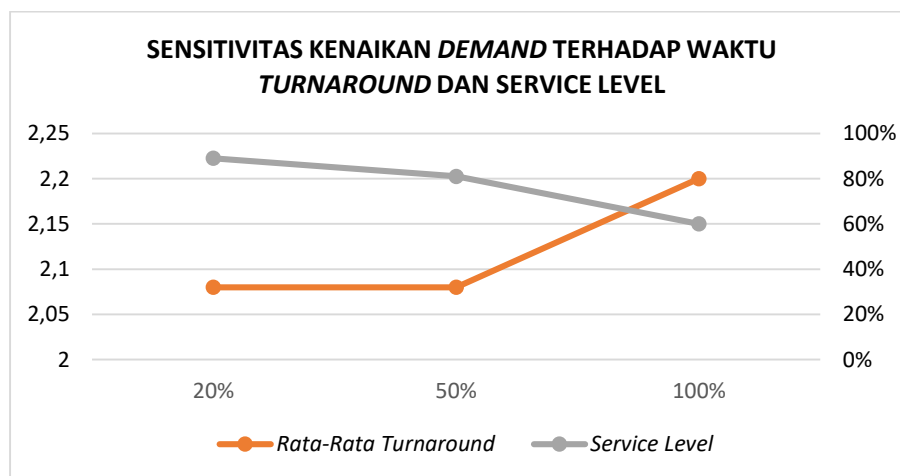
Analisis sensitivitas digunakan untuk memahami dampak dari sejumlah variabel *independent* terhadap variabel *dependent* dalam suatu kondisi tertentu. Pendekatan dalam analisis sensitivitas dengan melakukan *running* terhadap tiga

skenario yang berbeda yaitu, keadaan optimis, paling mungkin terjadi, dan sangat signifikan. Variabel *independent* yang digunakan yaitu kenaikan *demand* sebesar 20%, 50%, dan 100%. Variabel *dependent* yang diukur untuk penelitian ini yaitu waktu *turnaround* serta *service level*. Berikut merupakan rekap hasil analisis sensitivitas dari skenario terbaik yang telah dipilih.

Tabel 6. 9 Skenario Analisis Sensitivitas

Skenario	Kenaikan Demand	Rata-Rata Waktu Turnaround	Service Level	Kenaikan Rata-Rata Waktu Turnaround
Skenario Perbaikan	-	2,08	91%	-
Sangat Mungkin Terjadi	20%	2,08	89%	0,0%
Optimis	50%	2,08	81%	0,0%
Sangat Signifikan	100%	2,4	60%	5,8%

Berdasarkan hasil tabel 6.9 di atas, dapat dilihat bahwa kenaikan *demand* hingga 50% tidak mempengaruhi waktu *turnaround* kendaraan karena pengaturan jumlah dan waktu kedatangan slot masih dapat terakomodir dengan baik oleh *resource* yang ada. Namun, *trade-off* dari *service level* juga diberikan pada skenario tersebut dimana kenaikan *demand* sebesar 20% akan menurunkan *service level* hingga 89% sedangkan pada kenaikan *demand* sebesar 50% akan menurunkan *service level* hingga 81%. Hal tersebut dikarenakan adanya kemungkinan kendaraan yang tidak dapat dilayani sesuai dengan waktu pemesanan yang dipilih.



Gambar 6. 8 Grafik Sensitivitas Kenaikan Demand Terhadap Waktu Turnaround dan Service Level

Sedangkan pada skenario kenaikan *demand* yang sangat signifikan hingga dua kali lipat, yaitu hingga 100%, perubahan yang sangat signifikan juga terjadi pada rata-rata waktu *turnaround* yang mengalami kenaikan dan *service level* yang mengalami penurunan. Hal tersebut menunjukkan bahwa kenaikan *demand* hingga dua kali lipat sudah tidak dapat terakomodir oleh *resource* gudang maupun dengan pengaturan kedatangan kendaraan. Solusi lain dibutuhkan untuk mengatasi keadaan tersebut, yaitu penambahan gudang di luar lokasi pabrik Pandaan.

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB 7

KESIMPULAN DAN SARAN

Pada bab ini akan dijelaskan mengenai kesimpulan yang diperoleh dari hasil penelitian yang sudah dilakukan serta saran yang membangun untuk penelitian selanjutnya.

7.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan maka dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Proses dan aturan di dalam model simulasi merupakan gambaran proses bisnis perusahaan dengan pengaplikasian kebijakan *time slotting* pada aktivitas pemuatan produk jadi. Tujuan dari pengaplikasian teknologi ini yaitu keteraturan lalu lintas di lahan pabrik serta visibilitas informasi aktivitas kendaraan di dalam pabrik. Model simulasi perbaikan menduplikasi aturan tersebut dengan menambahkan proses pemesanan dan aturan kedatangan yang diijinkan masuk ke dalam pabrik. Pemesanan dilakukan dengan memilih waktu kedatangan serta pengecekan ketersediaan slot. Skenario yang dibangun dalam model simulasi meliputi interval waktu kedatangan yang direpresentasikan dengan satuan slot waktu yaitu setiap 60 menit dan 80 menit, serta jumlah slot yang disediakan yaitu 6 hingga 10 kendaraan setiap slot waktunya. Skenario keterlambatan yang diterapkan yaitu keterlambatan hingga 30 menit dapat diijinkan masuk dan mendapatkan layanan pemuatan produk jadi.
2. Kebijakan *time slotting* terbukti mampu memberikan dampak penurunan rata-rata waktu *turnaround* kendaraan pada keseluruhan skenario akibat pola kedatangan di dalam lahan pabrik yang didorong menjadi lebih *uniform*. Selain itu, waktu tunggu kendaraan juga terbukti menurun akibat jumlah antrean yang terdistribusi lebih merata pada waktu lainnya. Maksimum penurunan waktu *turnaround* kendaraan yang didapatkan yaitu sebesar 0,81 jam atau 28,4% dari kondisi *existing* yang memiliki rata-rata waktu *turnaround* kendaraan 2,8404 jam. Sedangkan untuk penurunan rata-rata *waiting time* maksimum yaitu sebesar 0,6 jam atau hingga 35,8% dari

kondisi *existing* yang memiliki rata-rata *waiting time* 1,62 jam. Pemilihan skenario pengaturan *time slot* tidak hanya melihat penurunan terbesar atau maksimum, namun dengan mempertimbangkan *trade-off* yang dihasilkan.

3. *Trade-off* dalam pemilihan kebijakan *time slotting* yaitu nilai *service level* atau keseluruhan permintaan yang akhirnya dapat terealisasi menjadi proses pemuatan yang selesai. Semakin kecil jumlah slot yang tersedia dan semakin panjang durasi slot, maka semakin menurun *service level* akibat jumlah kendaraan yang dapat dilayani semakin menurun. Sehingga, skenario kebijakan *time slotting* terbaik didapatkan yaitu dengan mengatur jumlah 8 slot kendaraan setiap 80 menit slot waktu. *Improvement* rata-rata waktu *turnaround* kendaraan yang optimum yaitu menurun menjadi 2,09 jam atau sebesar 26,4% dari kondisi *existing*. Sedangkan pada rata-rata *waiting time*, didapatkan hasil 1,07 jam, menurun 33,9% dari kondisi *existing*. *Service level* yang didapatkan akibat pengaturan tersebut ialah 91%, melampaui batas bawah *service level* yang dapat diterima.
4. Pengurangan jumlah tenaga muat terbukti meningkatkan utilitas. *Trade-off* yang menjadi pertimbangan dalam pengaturan jumlah tenaga muat yaitu meningkatnya waktu *turnaround* kendaraan. Semakin sedikit jumlah tenaga muat, maka semakin meningkat waktu tunggu hingga waktu *turnaround* kendaraan, meski utilitas meningkat. Skenario terbaik yang dipilih merupakan pengaturan jumlah tenaga muat dengan memperhatikan rata-rata waktu *turnaround* kendaraan yang tidak mengalami kenaikan dari skenario kebijakan *time slotting* yang telah terpilih. Jumlah pengaturan tenaga muat terbaik tersebut didapatkan pada jumlah 19 tenaga muat dengan peningkatan utilitas hingga 28%, meningkat sebanyak 4% dari kondisi *existing* yang semula 24%.

7.2. Saran

Saran yang dapat diberikan untuk penelitian selanjutnya yaitu sebagai berikut:

1. Pada perusahaan, dapat mengadakan evaluasi secara periodik mengenai pengaturan kedatangan kendaraan setelah rekomendasi penelitian

penerapan kebijakan *time slotting* ini dijalankan. Sehingga, pada penelitian selanjutnya dapat dikembangkan skenario yang lebih luas.

2. Pada penelitian selanjutnya, dapat dikembangkan dan diteliti lebih lanjut mengenai faktor penyebab antrean selain dari sisi permasalahan jumlah dan waktu kedatangan, namun dapat dilihat pada sisi waktu proses yang dapat di-*improve* hingga ketersediaan *gate* yang ideal di dalam pabrik.
3. Pada penelitian selanjutnya pada perusahaan, sangat baik untuk dapat mendefinisikan secara jelas indikator performansi yang ingin dicapai serta *Standard Operational Procedure* yang sistematis dan tegas mengenai aktivitas kendaraan sehingga hasil evaluasi lebih andal.

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

DAFTAR PUSTAKA

- Arenasimulation.com. (2017). *Arena Simulation*. [online] Available at: <https://www.arenasimulation.com/blog/post/model-verification-and-validation> [Accessed 17 Jun. 2019].
- Accessworld, u.d. *Procedures for Scheduling Loading Slots*. [Online] Available at: <https://www.accessworld.com/wp-content/uploads/2017/08/AW-Procedures-for-Scheduling-Loading-Slots-Vlissingen.pdf> [Använd 14 February 2020].
- Agas, M. E., 2013. *Optimised Inbound Processes and Vendor Scheduling for a Large Retailer*, u.o.: University of Pretoria.
- Alpega Group, u.d. *Smart Booking - Time Slot Management Software*. [Online] Available at: <https://www.alpegagroup.com/en/modular-transport-solutions/smart-booking/> [Använd 2 February 2020].
- Azab, A., Karam, A. & Eltawil, A., 2019. A Simulation-Based Optimization Approach for External Truck Appointment Scheduling in Container Terminals. *International Journal of Modelling and Simulation*, pp. 1-18.
- Chen, G., Govindan, K. & Yang, Z., 2013. Managing Truck Arrivals With Time Windows to Alleviate Gate Congestion at Container Terminals,. *International Journal of Production Economics*, 141(1), pp. 179-188.
- Chopra, S. & Meindl, P., 2016. *Supply Chain Management: Strategy, Planning, and Operation*. 6th red. Essex, NE: Pearson Education, Inc..
- Gopakumar, B. o.a., 2008. *A Simulation Based Approach For Dock Allocation in a Food Distribution Center*. u.o., Proceedings of the 2008 Winter Simulation Conference, pp. 2750-2755.
- Grain Corp, u.d. *Truck Booking and Time Slotting*. [Online] Available at: <http://www.graincorp.com.au/grains/truck-booking> [Använd 12 March 2020].
- Huynh, N., 2009. Reducing Truck Turn Times at Marine Terminals with Appointment Scheduling. *Journal of the Transportation Research Board*, pp. 47-57.

- Huynh, N. & Walton, C. M., 2008. Robust Scheduling of Truck Arrivals at Marine Container Terminals. *Journal of Transportation Engineering*, 134(8), pp. 347-353.
- Ioannou, P., Chassiakos, A., Chang, H. & Valencia, G., 2007. *Simulation Test-bed and Evaluation of Truck Movement Concepts on Terminal Efficiency and Traffic Flow*. Los Angeles: Metrans Transportation Center.
- Kelton, W. D., Sadowski, R. P. & Zupick, N. B., 2015. *Simulation with Arena*. 6th red. New York: McGraw-Hill Education.
- McLeod, F. & Cherrett, T., 2011. Loading Bay Booking and Control for Urban Freight. *International Journal of Logistics: Research and Applications*, 14(6), p. 385–397.
- Morais, P. & Lord, E., 2006. *Terminal appointment system study*. u.o.:Prepared for Transportation Development Centre of Transport Canada.
- Namboothiri, R. & Erera, A. L., 2008. Planning Local Container Drayage Operations Given a Port Access Appointment System. *Transp. Res. Part E*, 44(2), pp. 185-202.
- Pujawan, I. N. & Er, M., 2017. Manajemen Transportasi dan Distribusi. i: Maya, red. *Supply Chain Management - Edisi 3*. Surabaya: ANDI Yogyakarta, pp. 270-295.
- Robinson, S., 2003. . i: *Simulation*. Chichester: John Wiley & Sons, pp. 217-222.
- Siswanto, N., Latiffianti, E. & Wiratno, S., 2018. *Simulasi Sistem Dinamik Implementasi dengan Software Arena*. 1st red. Surabaya: ITS TEKNO SAINS.
- Torkjazi, M., Shiri, S. & Huyn, N., 2018. Truck Appointment Systems Considering Impact to Drayage Truck Tours. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 116(C), pp. 208-228.
- Transporeon, u.d. *Time Slot Management: Save time and money*. [Online] Available at: <https://www.transporeon.com/en/products/management/time-slot-management/>
[Använd 14 February 2020].
- Welch, J., u.d. Appointment Systems in Hospital Outpatient Departments. *Operational Research Quarterly*, Volym 15, pp. 137-145.

- Wibowo, B. & Fransisco, J., 2020. Joint-Optimization of a Truck Appointment System to Alleviate Queueing Problems in Chemical Plants. *International Journal of Production Research*.
- Zhao, W. & Goodchild, A. V., 2013. Using the Truck Appointment System to Improve Yard Efficiency in Container Terminals. *Maritime Economics & Logistics*, Volym 15, pp. 101-119.

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

LAMPIRAN

Lampiran 1. Rekap Kedatangan Pemesanan Kedatangan Kendaraan

<i>Post</i>	Jumlah	<i>Post</i>	Jumlah	<i>Post</i>	Jumlah
02/01/2019	14	06/05/2019	10	13/09/2019	97
03/01/2019	79	07/05/2019	80	14/09/2019	94
04/01/2019	121	08/05/2019	106	15/09/2019	15
05/01/2019	122	09/05/2019	109	16/09/2019	86
06/01/2019	11	10/05/2019	111	17/09/2019	127
07/01/2019	124	11/05/2019	94	18/09/2019	105
08/01/2019	135	12/05/2019	81	19/09/2019	91
09/01/2019	118	13/05/2019	23	20/09/2019	86
10/01/2019	99	14/05/2019	86	21/09/2019	97
11/01/2019	124	15/05/2019	101	22/09/2019	15
12/01/2019	107	16/05/2019	97	23/09/2019	88
13/01/2019	16	17/05/2019	101	24/09/2019	119
14/01/2019	101	18/05/2019	85	25/09/2019	106
15/01/2019	129	19/05/2019	94	26/09/2019	103
16/01/2019	118	20/05/2019	14	27/09/2019	89
17/01/2019	119	21/05/2019	81	28/09/2019	82
18/01/2019	126	22/05/2019	51	29/09/2019	14
19/01/2019	104	23/05/2019	126	30/09/2019	81
20/01/2019	8	24/05/2019	105	01/10/2019	107
21/01/2019	78	25/05/2019	93	02/10/2019	108
22/01/2019	122	26/05/2019	15	03/10/2019	126
23/01/2019	98	27/05/2019	85	04/10/2019	112
24/01/2019	89	28/05/2019	116	05/10/2019	111
25/01/2019	108	29/05/2019	102	06/10/2019	20
26/01/2019	96	30/05/2019	100	07/10/2019	92
27/01/2019	6	31/05/2019	131	08/10/2019	133
28/01/2019	111	01/06/2019	63	09/10/2019	107
29/01/2019	121	02/06/2019	36	10/10/2019	108
30/01/2019	118	03/06/2019	14	11/10/2019	105
31/01/2019	106	10/06/2019	75	12/10/2019	96
01/02/2019	102	11/06/2019	98	13/10/2019	15
02/02/2019	84	12/06/2019	106	14/10/2019	93
03/02/2019	5	13/06/2019	114	15/10/2019	134
04/02/2019	103	14/06/2019	108	16/10/2019	118
05/02/2019	28	15/06/2019	106	17/10/2019	120
06/02/2019	123	16/06/2019	19	18/10/2019	117
07/02/2019	116	17/06/2019	104	19/10/2019	119
08/02/2019	123	18/06/2019	120	20/10/2019	23
09/02/2019	69	19/06/2019	96	21/10/2019	89

<i>Post</i>	Jumlah	<i>Post</i>	Jumlah	<i>Post</i>	Jumlah
10/02/2019	12	20/06/2019	123	22/10/2019	139
11/02/2019	117	21/06/2019	114	23/10/2019	121
12/02/2019	136	22/06/2019	96	24/10/2019	111
13/02/2019	124	23/06/2019	10	25/10/2019	101
14/02/2019	107	24/06/2019	93	26/10/2019	102
15/02/2019	109	25/06/2019	108	27/10/2019	18
16/02/2019	83	26/06/2019	104	28/10/2019	81
17/02/2019	8	27/06/2019	105	29/10/2019	145
18/02/2019	127	28/06/2019	91	30/10/2019	102
19/02/2019	139	29/06/2019	90	31/10/2019	120
20/02/2019	127	30/06/2019	12	01/11/2019	110
21/02/2019	103	01/07/2019	80	02/11/2019	85
22/02/2019	115	02/07/2019	98	03/11/2019	19
23/02/2019	96	03/07/2019	94	04/11/2019	84
24/02/2019	8	04/07/2019	81	05/11/2019	115
25/02/2019	100	05/07/2019	89	06/11/2019	115
26/02/2019	114	06/07/2019	89	07/11/2019	108
27/02/2019	116	07/07/2019	14	08/11/2019	119
28/02/2019	116	08/07/2019	80	09/11/2019	23
01/03/2019	80	09/07/2019	95	10/11/2019	2
02/03/2019	70	10/07/2019	102	11/11/2019	95
03/03/2019	14	11/07/2019	97	12/11/2019	123
04/03/2019	74	12/07/2019	77	13/11/2019	160
05/03/2019	94	13/07/2019	76	14/11/2019	124
06/03/2019	85	14/07/2019	7	15/11/2019	111
07/03/2019	24	15/07/2019	84	16/11/2019	107
08/03/2019	81	16/07/2019	99	17/11/2019	24
09/03/2019	90	17/07/2019	99	18/11/2019	99
10/03/2019	10	18/07/2019	89	19/11/2019	147
11/03/2019	58	19/07/2019	96	20/11/2019	126
12/03/2019	99	20/07/2019	64	21/11/2019	117
13/03/2019	77	21/07/2019	9	22/11/2019	108
14/03/2019	93	22/07/2019	94	23/11/2019	95
15/03/2019	82	23/07/2019	101	24/11/2019	19
16/03/2019	75	24/07/2019	114	25/11/2019	85
17/03/2019	21	25/07/2019	93	26/11/2019	159
18/03/2019	74	26/07/2019	81	27/11/2019	121
19/03/2019	98	27/07/2019	94	28/11/2019	124
20/03/2019	86	28/07/2019	11	29/11/2019	112
21/03/2019	81	29/07/2019	84	30/11/2019	86
22/03/2019	76	30/07/2019	101	01/12/2019	24
23/03/2019	78	31/07/2019	96	02/12/2019	84
24/03/2019	10	01/08/2019	103	03/12/2019	111

<i>Post</i>	Jumlah	<i>Post</i>	Jumlah	<i>Post</i>	Jumlah
25/03/2019	77	02/08/2019	87	04/12/2019	154
26/03/2019	88	03/08/2019	77	05/12/2019	130
27/03/2019	89	04/08/2019	12	06/12/2019	109
28/03/2019	80	05/08/2019	82	07/12/2019	96
29/03/2019	89	06/08/2019	101	08/12/2019	18
30/03/2019	79	07/08/2019	93	09/12/2019	106
31/03/2019	24	08/08/2019	86	10/12/2019	116
01/04/2019	67	09/08/2019	94	11/12/2019	116
02/04/2019	87	10/08/2019	87	12/12/2019	122
03/04/2019	32	11/08/2019	5	13/12/2019	126
04/04/2019	73	12/08/2019	89	14/12/2019	102
05/04/2019	95	13/08/2019	92	15/12/2019	14
06/04/2019	83	14/08/2019	99	16/12/2019	123
07/04/2019	20	15/08/2019	100	17/12/2019	103
08/04/2019	76	16/08/2019	99	18/12/2019	114
09/04/2019	94	17/08/2019	22	19/12/2019	132
10/04/2019	94	19/08/2019	87	20/12/2019	120
11/04/2019	101	20/08/2019	108	21/12/2019	91
12/04/2019	72	21/08/2019	107	22/12/2019	14
13/04/2019	81	22/08/2019	104	23/12/2019	101
14/04/2019	15	23/08/2019	92	24/12/2019	117
15/04/2019	66	24/08/2019	84	25/12/2019	35
16/04/2019	94	25/08/2019	10	26/12/2019	116
17/04/2019	17	26/08/2019	86	27/12/2019	118
18/04/2019	74	27/08/2019	88	28/12/2019	102
19/04/2019	56	28/08/2019	123	29/12/2019	18
20/04/2019	57	29/08/2019	97	30/12/2019	122
21/04/2019	17	30/08/2019	86	31/12/2019	105
22/04/2019	87	31/08/2019	122		
23/04/2019	91	01/09/2019	39		
24/04/2019	104	02/09/2019	122		
25/04/2019	99	03/09/2019	146		
26/04/2019	104	04/09/2019	96		
27/04/2019	82	05/09/2019	97		
28/04/2019	18	06/09/2019	84		
29/04/2019	73	07/09/2019	90		
30/04/2019	100	08/09/2019	18		
02/05/2019	18	09/09/2019	73		
03/05/2019	89	10/09/2019	110		
04/05/2019	100	11/09/2019	116		
05/05/2019	93	12/09/2019	104		

Lampiran 2. Jarak Titik Distribusi Kendaraan Internal

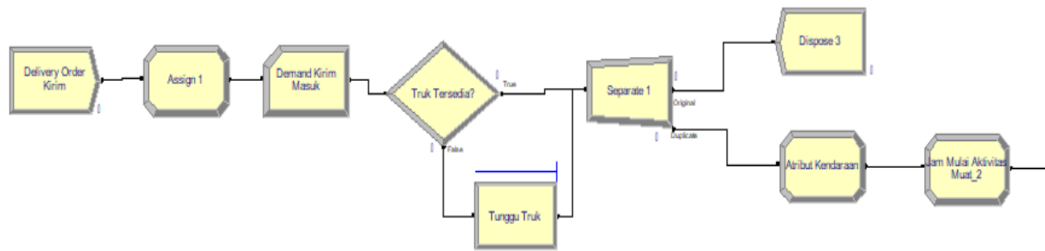
Titik Distribusi	Jarak (km)
Depo Gedangan	38,3
Depo Kediri	122
Depo Pusat	39,5
Depo Malang	65,7
Depo HR Mohammd	70,2
Depo Jemursari	46
Depo Simo	57,5
Citra	22
Adiseputra	22
Depo Pandaan	8
Depo Mojokerto	25,7
Sinar	8
Depo Tuban	148
Depo Gresik	71,8

Lampiran 3. Jumlah Permintaan Kirim

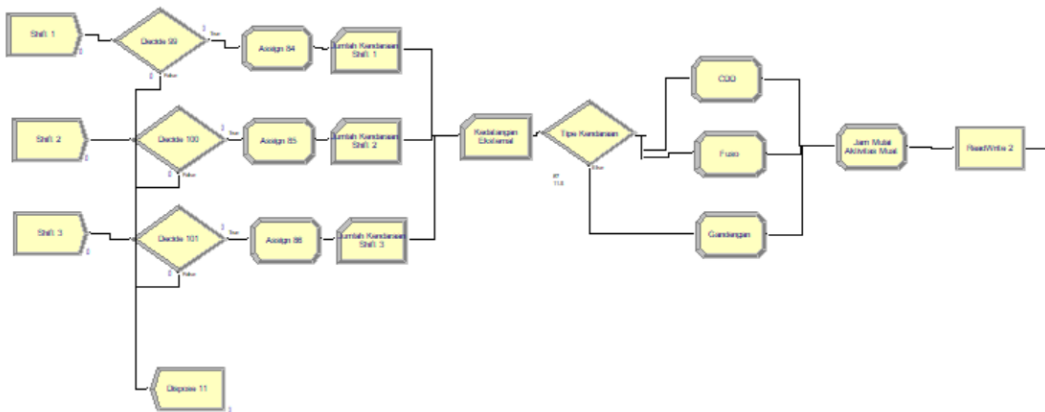
Titik Distribusi	Jumlah DO
Depo Gedangan	2602
Depo Kediri	2350
Depo Pusat	2014
Depo Malang	1485
Depo HR Mohammd	1344
Depo Jemursari	1312
Depo Simo	782
Citra	755
Adiseputra	706
Depo Pandaan	705
Depo Mojokerto	672
Sinar	546
Depo Tuban	503
Depo Gresik	423

Lampiran 4. Model Simulasi

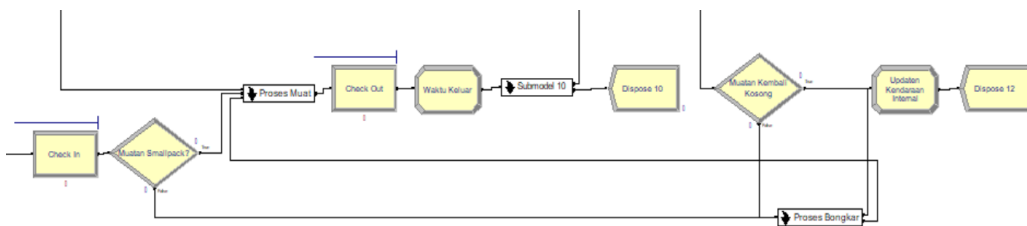
Kedatangan Permintaan Kirim (Kendaraan Internal)



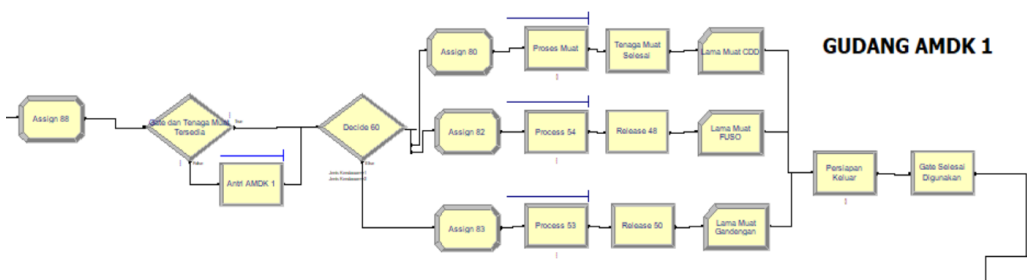
Kedatangan Permintaan Ambil Sendiri (Kendaraan Eksternal)



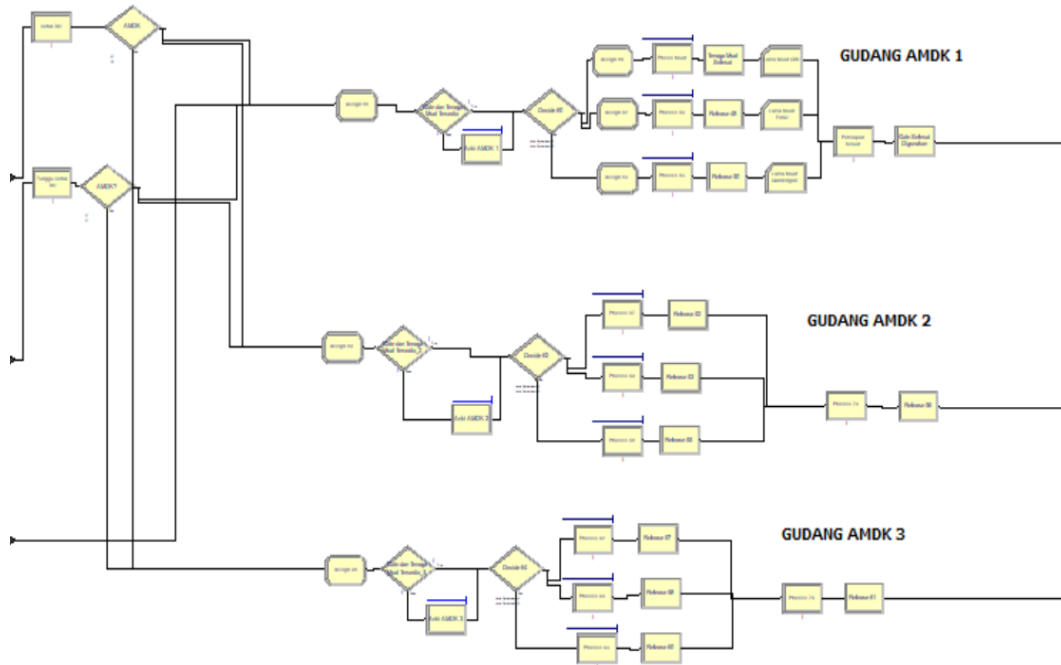
Proses di Dalam Pabrik



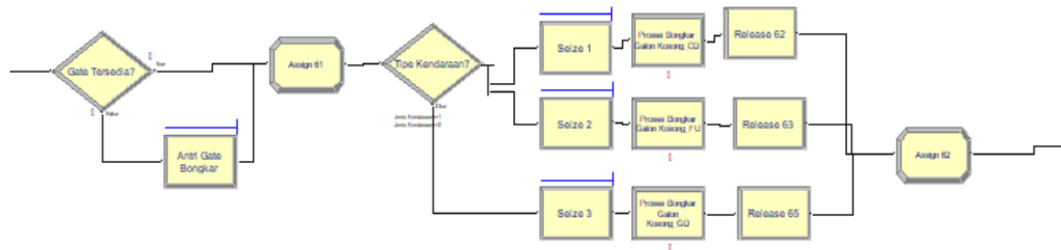
Detail Proses Muat



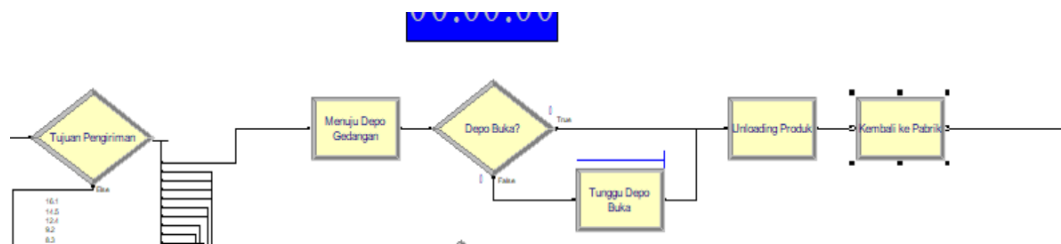
Proses di Seluruh Gudang AMDK



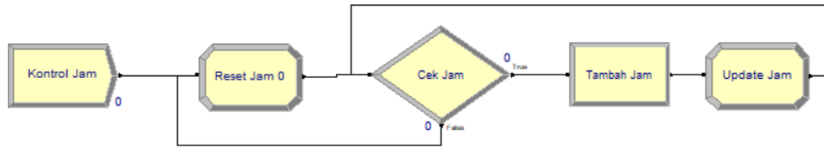
Detail Proses Bongkar



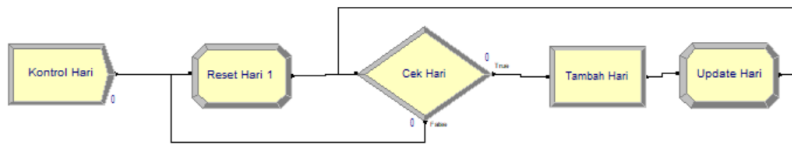
Detail Proses Pengiriman



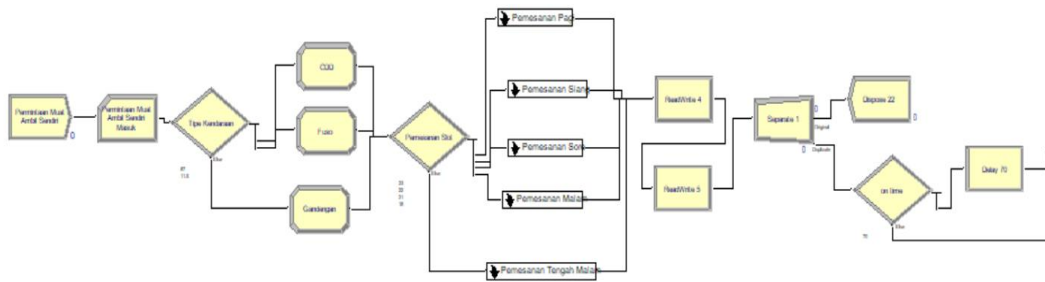
Updater Jam



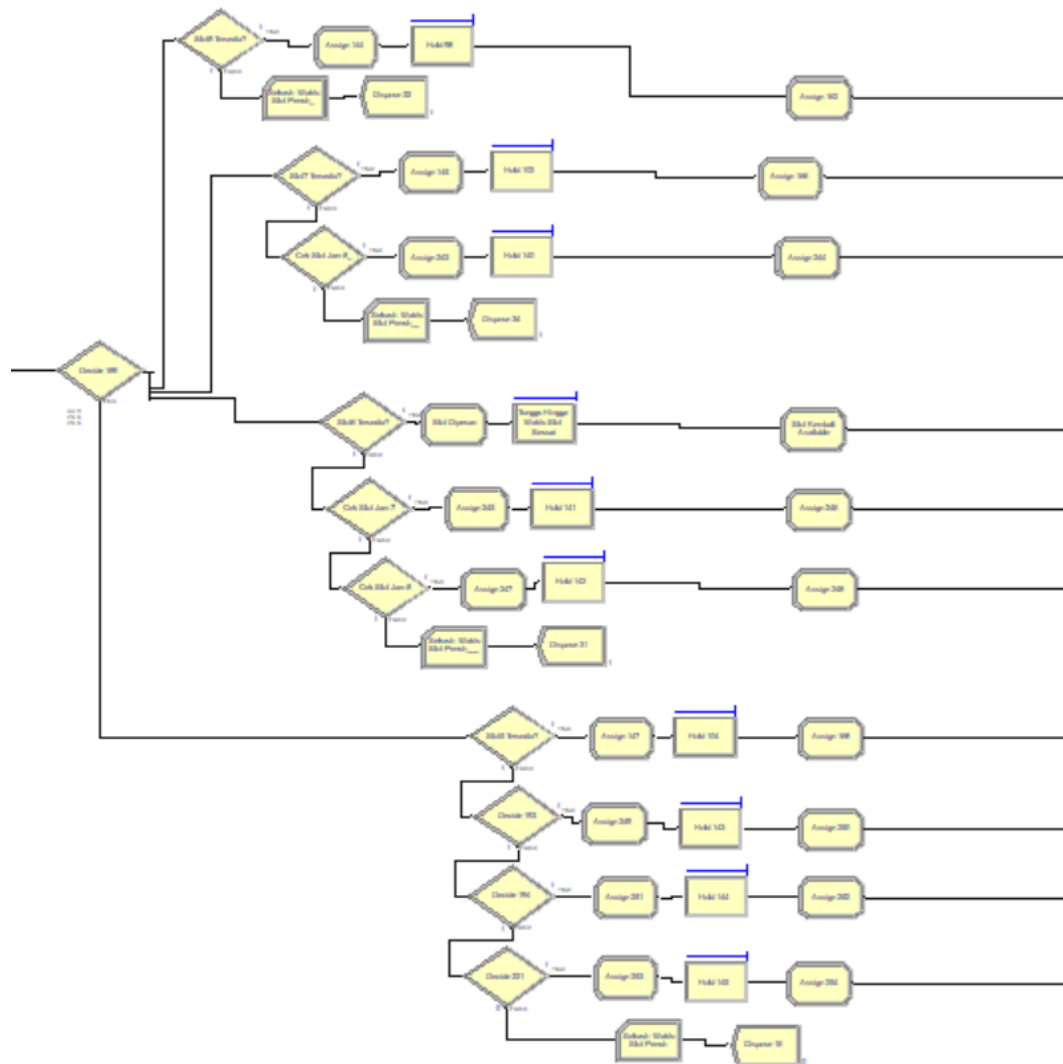
Updater Hari



Reservasi Slot Waktu



Pemilihan Slot Waktu (Pagi)



BIOGRAFI PENULIS



Wilda Nikmah Fahira lahir di Surabaya pada 17 Februari 1999 tercatat sebagai mahasiswa Departemen Teknik Sistem dan Industri ITS angkatan 2016. Sebelumnya, penulis menempuh pendidikan di SD Negeri Perak Barat Kawasan, SMP Negeri 1 Surabaya, dan SMA Negeri 5 Surabaya.

Selama masa kuliah, penulis aktif di berbagai kegiatan kepanitiaan, organisasi, dan penelitian. Penulis tercatat aktif pada tahun kedua sebagai Staff Departemen Pengembangan Sumber Daya Mahasiswa (PSDM) HMTI ITS. Bersamaan pada tahun ketiga, penulis aktif sebagai Kepala Biro Pelatihan Departemen PSDM Lanjut HMTI ITS dan Staff Kementerian Hubungan Luar BEM ITS. Penulis juga aktif dalam kepanitiaan Gerigi ITS 2018 sebagai Koordinator Acara Subdivisi Main Event. Selain itu pada tahun ketiga hingga keempat perkuliahan, penulis berkesempatan untuk menjadi Asisten Laboratorium *Logistics and Supply Chain Management* (LSCM). Selama bergabung menjadi tim Asisten LSCM, penulis juga menjadi asisten dalam beberapa mata kuliah, seperti *Production Planning and Inventory Control* dan Sistem Logistik.

Dalam rangka pengaplikasian keilmuan Teknik Sistem dan Industri, penulis pernah melakukan kerja praktik di PT. Angkasa Pura I Bandar Udara I Gustri Ngurah Rai pada Departemen *Airport Facility Readiness*. Penulis dapat dihubungi melalui email wildafahira@gmail.com.