

**OPTIMASI EFISIENSI DAN KESEIMBANGAN LINTASAN PROSES KARGO
DENGAN PENDEKATAN *DISCRETE EVENT SIMULATION***

(Studi Kasus: PT. Angkasa Pura Logistik Bandar Udara Internasional Yogyakarta)

TUGAS AKHIR

**Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Strata-1
Program Studi Teknik Industri Program Sarjana - Fakultas Teknologi Industri
Universitas Islam Indonesia**



Nama : Melly Herliyati Utami

No. Mahasiswa : 20522027

**PROGRAM STUDI TEKNIK INDUSTRI PROGRAM SARJANA
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA**

2024

PERNYATAAN KEASLIAN

PERNYATAAN KEASLIAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa penelitian ini adalah hasil karya saya sendiri, kecuali ringkasan dan kutipan setiap satunya telah saya jelaskan sumbernya. Jika dikemudian hari pernyataan ini terbukti tidak benar dan melanggar peraturan perundang-undangan surat-surat dan hak atas kekayaan intelektual, saya setuju Universitas Islam Indonesia mencabut sertifikat sarjana saya.

Jakarta, 2 Juli 2024



(Melly Perliyati Utami)
20522027

SURAT BUKTI PENELITIAN

LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING

LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING

OPTIMASI EFISIENSI DAN KESEIMBANGAN LINTASAN PROSES KARGO DENGAN PENDEKATAN *DISCRETE EVENT SIMULATION*

(Studi Kasus: PT. Angkasa Pura Logistik Bandar Udara Internasional Yogyakarta)



Dosen Pembimbing

(Dr. Harwati, S.T., M.T.)

LEMBAR PENGESAHAN DOSEN PENGUJI

LEMBAR PENGESAHAN DOSEN PENGUJI

OPTIMASI EFISIENSI DAN KESEIMBANGAN LINTASAN PROSES KARGO DENGAN PENDEKATAN *DISCRETE EVENT SIMULATION*

(Studi Kasus: PT. Angkasa Pura Logistik Bandar Udara Internasional Yogyakarta)

TUGAS AKHIR

Disusun Oleh :

Nama : Melly Herliyati Utami

No. Mahasiswa : 20 522 027

Telah dipertahankan di depan sidang penguji sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Strata-1 Teknik Industri Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia

Yogyakarta, 17 Juli 2024

Tim Penguji

Dr. Harwati, S.T., M.T.

Ketua

Dr. Drs. Imam Djati Widodo, M.Eng.Sc.

Anggota I

Danang Setiawan, S.T., M.T.

Anggota II



Handwritten signatures of the examiners, including a signature with the number '93' and another signature.

Mengetahui,
Ketua Program Studi Teknik Industri Program Sarjana
Fakultas Teknologi Industri
Universitas Islam Indonesia

Ir. Muhammad Ridwan Andi Purnomo, ST., M.Sc., Ph.D., IPM
NIP. 015220101

HALAMAN PERSEMBAHAN

Dengan rasa penuh syukur dan penghargaan yang mendalam, Tugas Akhir ini saya persembahkan dengan sepenuh hati kepada Bapak Muji Harsono dan Ibu Ade Herlina, orang tua tercinta saya. Terima kasih atas doa, dukungan, dan pengorbanan yang tak pernah henti mereka berikan selama perjalanan ini. Kehadiran dan cinta kasih kalian menjadi sumber inspirasi terbesar dalam setiap langkah saya. Tidak lupa, terima kasih yang tak terhingga saya sampaikan kepada Ibu Dr. Harwati, S.T., M.T., dosen pembimbing yang luar biasa. Bimbingan, arahan, dan kesabaran beliau telah membimbing saya melewati setiap tantangan dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan penuh dedikasi dan ketelitian. Selain itu, kepada semua teman-teman yang telah menemani dan memberikan dukungan, semangat, serta keceriaan sepanjang perjalanan penelitian ini, terima kasih atas kebersamaan yang berarti bagi saya. Semua kontribusi dan bantuan kalian telah membantu saya sehingga mencapai titik ini. Dengan rendah hati, Tugas Akhir ini saya dedikasikan sebagai ungkapan terima kasih dan penghargaan atas segala yang telah diberikan kepada saya selama ini.

MOTTO

“Cukuplah Allah menjadi penolong kami dan Allah adalah sebaik-baiknya pelindung”

Q.S Ali Imran:173

“Barangsiapa yang mengerjakan kebaikan sekecil apapun, niscaya dia akan melihat
(balasan)nya.”

Q.S Al-Zalzalah: 7

KATA PENGANTAR

Bismillahirrahmanirrahim

Assalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Puji syukur kami panjatkan ke hadirat Allah SWT atas segala rahmat, karunia, dan petunjuk-Nya yang melimpahkan sehingga penulis mampu menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan judul “ Optimasi Efisiensi dan Keseimbangan Lintasan Proses Kargo dengan Pendekatan *Discrete Event Simulation* (Studi Kasus: PT. Angkasa Pura Logistik Bandar Udara Internasional Yogyakarta)” dengan lancar dan baik. Sholawat serta salam tetap tercurahkan kepada Nabi Muhammad SAW karena atas kehadiratnya kita dapat terhindar dari kesesatan yang dapat menjauhkan kita dari sang khaliq.

Adapun Tugas Akhir ini disusun sebagai salah satu syarat menyelesaikan jenjang Strata-1 pada Jurusan Teknik Industri Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia. Dalam penyusunan laporan ini, tidak terlepas dari bimbingan, dukungan, serta semangat dari berbagai pihak. Oleh karena itu penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Prof. Dr. Ir. Hari Purnomo, M.T., selaku Dekan Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia.
2. Bapak Dr. Drs. Imam Djati Widodo, M.Eng.Sc. selaku Ketua Jurusan Studi Teknik Industri Universitas Islam Indonesia.
3. Bapak Ir. Muhammad Ridwan Andi Purnomo, S.T., M.Sc., Ph.D., IPM., selaku Ketua Program Studi Teknik Industri Program Sarjana Universitas Islam Indonesia.
4. Ibu Dr. Harwati, S.T., M.T., selaku Dosen Pembimbing Tugas Akhir telah memberikan arahan serta bimbingannya selama penulisan mengerjakan tugas akhir.
5. Kedua orang tua penulis, Bapak Muji Harsono dan Ibu Ade Herlina yang telah memberikan doa, dukungan, semangat, motivasi, dan kasih sayang yang diberikan kepada saya sehingga mampu menyelesaikan tugas akhir ini dengan lancar dan baik.
6. PT Angkasa Pura yang telah memberikan izin melakukan penelitian dan telah membantu dalam penelitian Tugas Akhir ini.

7. Sahabat seperjuangan yang telah senantiasa memberikan doa, berbagai ilmu serta mendengarkan keluh kesah penulis.
8. Teman-teman Teknik Industri Universitas Islam Indonesia khususnya angkatan 2020.
9. Kepada Diri Sendiri yang telah berjuang dan sabar melewati setiap proses hingga sampai pada titik ini.

Penulis menyadari bahwa laporan Tugas Akhir ini masih memiliki sejumlah kekurangan, dan untuk itu penulis memohon maaf yang sebesar-besarnya. Oleh karena itu, penulis sangat mengharapkan kritik dan saran yang membangun dari para pembaca sebagai bahan perbaikan di masa mendatang. Semoga Laporan Tugas Akhir ini dapat digunakan dengan sebaik-baiknya dan memberikan manfaat, baik bagi penulis secara khusus, maupun bagi para pembaca yang memiliki minat pada topik ini. Aamiin Yaa Robbal ‘Aalamiin.

Yogyakarta, 2 Juli 2024

Melly Herliyati Utami

NIM. 20522027

ABSTRAK

Penelitian ini mengkaji permasalahan penumpukan kargo di PT. Angkasa Pura Logistik, Bandar Udara Internasional Yogyakarta, yang semakin meningkat terutama selama musim puncak. Penumpukan ini disebabkan oleh keterbatasan fasilitas, kurangnya operator, serta inefisiensi penjadwalan. Dalam mengatasi masalah tersebut, penelitian ini menggunakan metode simulasi Flexsim dan *stopwatch time study* untuk mengoptimalkan efisiensi operasional kargo. Simulasi Flexsim digunakan untuk memodelkan berbagai skenario proses kargo, sementara *stopwatch time study* mendokumentasikan waktu proses pada setiap aktivitas dan operator secara rinci. Dari hasil analisis mengidentifikasi empat model skenario perbaikan dengan masing masing 2 model alternatif. Setelah itu dilakukan pengujian dengan uji t-test untuk membuktikan bahwa keempat model skenario tersebut mampu mengurangi waktu tunggu barang. Berdasarkan hasil perbandingan antar skenario dan pertimbangan, maka akan dipilih skenario terbaik yang lebih efektif dan efisien untuk diberikan kepada PT Angkasa Pura dengan skenario 3, yaitu penambahan jumlah server pada proses pembongkaran dan penimbangan kargo. Hasil simulasi bahwa model skenario 3 mampu mengurangi waktu tunggu dari 946 detik menjadi 498 detik. Oleh karena itu, penelitian ini memberikan rekomendasi strategis yang mencakup peningkatan fasilitas, pelatihan operator, dan penerapan teknologi canggih untuk meningkatkan efisiensi dan keseimbangan operasional kargo di PT. Angkasa Pura Logistik, sehingga dapat memastikan kelancaran operasional dan meningkatkan kualitas pelayanan.

Kata Kunci : Logistik Kargo, Simulasi, Flexsim

DAFTAR ISI

PERNYATAAN KEASLIAN	ii
SURAT BUKTI PENELITIAN	iii
LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING.....	iv
LEMBAR PENGESAHAN DOSEN PENGUJI.....	v
HALAMAN PERSEMBAHAN	vi
MOTTO	vii
KATA PENGANTAR	viii
ABSTRAK.....	x
DAFTAR ISI.....	xi
DAFTAR TABEL.....	xiii
DAFTAR GAMBAR.....	xiv
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	4
1.3 Tujuan Penelitian	4
1.4 Batasan Masalah.....	4
1.5 Manfaat Penelitian	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Kajian Literatur	5
2.2 Landasan Teori.....	13
BAB III METODE PENELITIAN	18
3.1 Objek Penelitian	18
3.2 Metode Pengumpulan Data.....	18
3.3 Alur Penelitian	19
BAB IV PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA.....	30
4.1 Pengumpulan Data	30
4.2 Pengolahan Data.....	35
4.3 <i>Fishbone</i> Diagram.....	55
BAB V PEMBAHASAN.....	58
5.1 Membangun Model Eksperimen.....	58
5.2 Pemilihan Alternatif.....	62
5.3 Perbandingan.....	71

5.4 Kelemahan Penelitian.....	75
BAB VI PENUTUP	77
6.1 Kesimpulan	77
6.2 Saran.....	78
DAFTAR PUSTAKA	78
LAMPIRAN.....	A-1

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Penelitian Terdahulu	10
Tabel 4. 1 Aktivitas Proses Kargo	31
Tabel 4. 2 Data Jumlah Operator	34
Tabel 4. 3 Data <i>Shift</i> Kerja.....	34
Tabel 4. 4 Data <i>Workstation</i> EMPU	35
Tabel 4. 5 Data <i>Workstation</i> RA.....	36
Tabel 4. 6 Data <i>Workstation</i> RA.....	37
Tabel 4. 7 Data Kecukupan Keadatangan Barang	44
Tabel 4. 8 Hasil Uji Kecukupan.....	45
Tabel 4. 9 Hasil Data Distribusi.....	51
Tabel 4. 10 Hasil Uji Validasi	53
Tabel 4. 11 Hasil <i>Statistical Test</i>	54
Tabel 5. 1 Rata – Rata Waktu Proses.....	58
Tabel 5. 2 Data Hasil Eksperimen Model Skenario 1.....	63
Tabel 5. 3 Uji Anova Model Skenario 1	63
Tabel 5. 4 Hasil Uji Bonfferoni Model Skenario 1.....	63
Tabel 5. 5 Data Hasil Eksperimen Model Skenario 2.....	65
Tabel 5. 6 Uji Anova Model Skenario 2.....	65
Tabel 5. 7 Hasil Uji Bonfferoni Skenario 2	66
Tabel 5. 8 Data Hasil Eksperimen Model Skenario 3.....	67
Tabel 5. 9 Hasil Uji Anova Model Skenario 3	68
Tabel 5. 10 Hasil Uji Bonfferoni Model Skenario 3.....	68
Tabel 5. 11 Data Hasil Eksperimen Model Skenario 4.....	69
Tabel 5. 12 Hasil Uji Anova Model Skenario 4	70
Tabel 5. 13 Hasil Uji Bonfferoni Model Skenario 4.....	70
Tabel 5. 14 Konsekuensi Setiap Skenario	72
Tabel 5. 15 Pertimbangan Setiap Skenario	75

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1 Grafik Data Kargo Domestik Tahun 2023	2
Gambar 3. 1 Lokasi PT Angkasa Pura Logistik	18
Gambar 3. 2 Alur Penelitian	20
Gambar 3. 3 <i>Fishbone Diagram</i>	22
Gambar 3. 4 <i>Software SPSS</i>	23
Gambar 3. 5 <i>Variabel View SPSS</i>	24
Gambar 3. 6 <i>Data View</i>	24
Gambar 3. 7 <i>Quality Control</i>	25
Gambar 3. 8 <i>Control Chart</i>	25
Gambar 3. 9 <i>Individual and Moving Range</i>	26
Gambar 3. 10 Hasil <i>Control Chart</i>	26
Gambar 4. 1 Alur Proses Kargo	31
Gambar 4. 2 Keseragaman Kedatangan Barang	38
Gambar 4. 3 Keseragaman Pengelompokan Barang	39
Gambar 4. 4 Keseragaman Booking dan Pembayaran	39
Gambar 4. 5 Keseragaman Labeling	39
Gambar 4. 6 Keseragaman Pembongkaran Barang	40
Gambar 4. 7 Keseragaman Penimbangan dan <i>Scanning</i>	40
Gambar 4. 8 Keseragaman Labeling dan Pengelompokan	41
Gambar 4. 9 Keseragaman Pembongkaran Barang ke Truck	41
Gambar 4. 10 Keseragaman Pembongkaran Barang Kargo	42
Gambar 4. 11 Keseragaman Penimbangan dan Cek Bukti	42
Gambar 4. 12 Keseragaman Penempatan Taging Area	43
Gambar 4. 13 Keseragaman <i>Build Up</i> dan Ceklis	43
Gambar 4. 14 Keseragaman <i>Ground Handling</i>	44
Gambar 4. 15 Konseptual Model Alur Proses Kargo Logistik	47
Gambar 4. 16 <i>Software Flexsim</i>	48
Gambar 4. 17 Menu <i>Statistics</i>	48
Gambar 4. 18 <i>Experfit</i> dan <i>Distribution</i>	49
Gambar 4. 19 <i>Enter Data</i>	49
Gambar 4. 20 <i>Paste at End from Clipboard</i>	49
Gambar 4. 21 <i>Automated Fitting</i> dan Hasil Output	50
Gambar 4. 22 <i>Simulation Representation</i>	51
Gambar 4. 23 Hasil Distribusi	51
Gambar 4. 24 Model Simulasi Awal	53
Gambar 4. 25 <i>Fishbone Diagram</i> Kargo	56
Gambar 5. 1 Hasil Rata Rata Waktu Tunggu	58
Gambar 5. 2 Rata – Rata Waktu Proses	59
Gambar 5. 3 Hasil Eksperimen Model Skenario 1	60

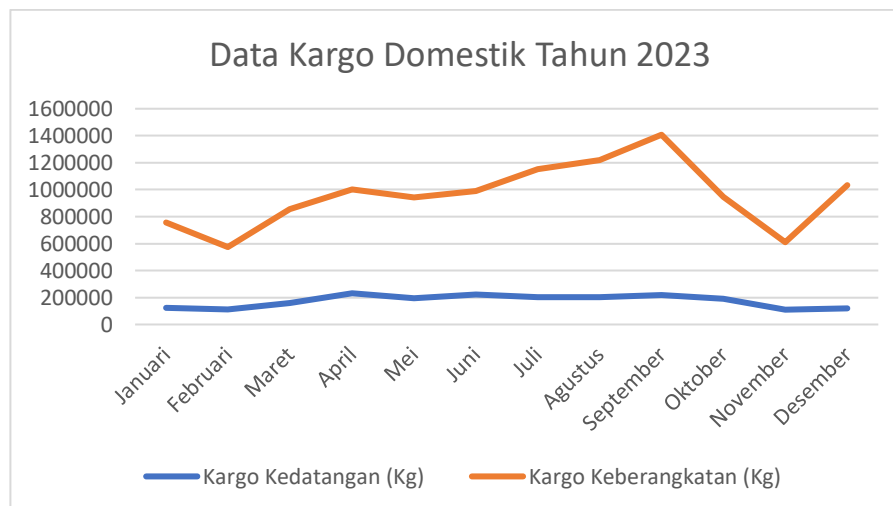
Gambar 5. 4 Hasil Eksperimen Model Skenario 2	60
Gambar 5. 5 Hasil Eksperimen Model Skenario 3	61
Gambar 5. 6 Hasil Eksperimen Model Skenario 4	62
Gambar 5. 7 Perbandingan Antar Skenario	72

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perusahaan Badan Usaha Milik Negara (BUMN) yang berkaitan dengan industri kebandaraan di Indonesia yaitu PT. Angkasa Pura I dan II. Wilayah operasional dari kedua perusahaan tersebut masing-masing telah ditentukan oleh pemerintah dan dengan wilayah yang berbeda. Adapun pembagian wilayahnya yaitu pada wilayah Indonesia bagian timur dikelola PT. Angkasa Pura I dan wilayah barat dikelola PT. Angkasa Pura II. PT. Angkasa Pura II (persero) adalah salah satu perusahaan Badan Usaha Milik Negara (BUMN) yang fokus pada penyediaan layanan di sektor transportasi udara, terutama sebagai pengelola bandara. Bandara ini merupakan area yang digunakan untuk kegiatan pendaratan dan lepas landas pesawat terbang, serta menyediakan fasilitas untuk proses naik turun penumpang, bongkar muat kargo dan pos. PT. Angkasa Pura Logistik merupakan anak perusahaan dari PT. Angkasa Pura I (Persero). Perusahaan yang mendominasi 18 terminal kargo di Indonesia ini, pada awalnya memiliki fungsi sebagai *Strategic Business Unit* (SBU) yang berfokus pada bidang logistik. Fungsinya adalah mendukung kegiatan operasional bandar udara, meningkatkan keselamatan penerbangan, dan meningkatkan kualitas pelayanan kepada konsumen. PT. Angkasa Pura Logistik menyediakan sejumlah layanan operasional di Bandar Udara Internasional Yogyakarta, termasuk EMPU PT. Angkasa Pura Logistik, penanganan Terminal Kargo, dan *Total Baggage Solution* (TBS) (Willy & Sari, 2024).



Gambar 1. 1 Grafik Data Kargo Domestik Tahun 2023

(Sumber: PT Angkasa Pura, 2023)

Berdasarkan grafik tersebut, jumlah kedatangan dan keberangkatan kargo setiap bulannya mengalami peningkatan dan hanya di beberapa bulan seperti Mei dan November yang mengalami penurunan. Selain itu, berdasarkan hasil dari observasi dan wawancara terkait hambatan penanganan kargo yang ada di PT. Angkasa Pura Logistik Bandar Udara Internasional Yogyakarta terlihat bahwa kebutuhan kapasitas kargo udara yang terus meningkat setiap hari terutama pada periode tertentu yaitu sekitar 2 ton – 4 ton beban yang dibawa setiap mobil AP Logistik dan setiap barang yang datang akan di kelompokkan berdasarkan Surat Muatan Udara (SMU) dengan beban sekitar 200 – 400 kg/SMU. Operasional penerimaan kargo pada pukul 4 pagi sampai pukul 8 malam dan berlaku ketentuan masuknya barang yaitu dua jam sebelum penerbangan pertama untuk penjadwalan penerbangan yang akan dituju. Adapun *regulated agent aktif* melakukan persiapan pengiriman kargo udara ke bandara tujuan pada periode tersebut dan situasi ini semakin intens pada musim puncak dengan peningkatan permintaan yang signifikan. Apalagi pada saat *peak season* dengan *demand* yang meningkat sangat pesat sehingga mengakibatkan terjadinya antrian barang di terminal kargo semakin meningkat. Peningkatan *demand* kargo udara yang sangat pesat ini meskipun memberikan keuntungan, tetapi juga dapat menyebabkan masalah baru, terutama terkait penurunan kualitas penanganan dan pelayanan barang. Hal ini disebabkan oleh ketidakmampuan fasilitas terminal kargo untuk mengakomodasi lonjakan permintaan, termasuk keterbatasan operator, forklift, hand pallet, dan timbangan. Dikarenakan kargo udara

sangat sensitif terhadap waktu, maka mencari solusi untuk mengefisienkan proses ini menjadi tantangan, agar dapat diselesaikan dalam waktu yang singkat.

Jika permasalahan terkait dengan peningkatan kepadatan dan antrian barang di terminal kargo tidak diselesaikan, maka akan berdampak signifikan. Antrian yang memanjang dan kepadatan barang berpotensi menyebabkan penundaan pengiriman yang tak terduga, meningkatkan risiko kerusakan atau kehilangan barang. Selain itu, penurunan kualitas layanan dapat menyebabkan biaya ekstra dan ketidakpastian dalam rantai pasok. Pada akhirnya, tidak hanya dapat merugikan pihak logistik, tetapi juga berpotensi merugikan reputasi merek dan hubungan jangka panjang dengan pelanggan. Oleh karena itu, penanganan yang efisien terhadap masalah tersebut menjadi semakin penting untuk menghindari dampak negatif tersebut diperlukan solusi efektif seperti peningkatan fasilitas, pemanfaatan teknologi canggih, dan perencanaan logistik yang lebih baik guna memastikan kelancaran operasional dan kepuasan pelanggan.

Dalam menanggapi permasalahan tersebut, penelitian ini akan menerapkan metode pendekatan simulasi Flexsim yang diimplementasikan untuk mengoptimalkan nilai efisiensi keseimbangan lintasan proses kargo. Pendekatan simulasi digunakan untuk mensimulasikan skenario proses kargo yang berbeda dengan mempertimbangkan variasi waktu, beban kerja, dan kapasitas mesin.

Penelitian ini juga melibatkan penerapan *stopwatch time study* untuk mendokumentasikan secara rinci waktu proses pada setiap aktivitas dan operator, memungkinkan identifikasi potensi peningkatan efisiensi. Analisis susunan sistem proses kargo saat ini tetap menjadi fokus, dengan tujuan menentukan area-area yang memerlukan perbaikan dan penyesuaian untuk mencapai efisiensi maksimal dalam lintasan proses kargo.

Oleh karena itu, dalam penelitian ini dilakukan menggunakan metode simulasi flexsim yang diharapkan dapat memberikan gambaran lebih holistik tentang dampak dari variasi tersebut serta memberikan solusi untuk mengoptimalkan keseimbangan proses kargo. Selain itu, diharapkan mampu memberikan prioritas yang tepat pada posisi kerja yang kritis, mengarah pada perbaikan susunan sistem proses kargo saat ini. Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat memberikan pandangan yang mendalam tentang perbaikan proses kargo serta memberikan rekomendasi strategis untuk meningkatkan efisiensi dan keseimbangan lintasan proses kargo secara keseluruhan dan memastikan

kelancaran operasional pada PT. Angkasa Pura Logistik Bandar Udara Internasional Yogyakarta.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang tersebut, maka didapatkan rumusan masalah sebagai berikut:

1. Bagaimana hasil analisis yang didapatkan pada sistem alur proses pada PT Angkasa Pura Logistik ?
2. Bagaimana perbaikan yang dapat diusulkan untuk meningkatkan efisiensi waktu tunggu pada PT Angkasa Pura Logistik ?

1.3 Tujuan Penelitian

Berikut merupakan tujuan dari penelitian ini sebagai berikut :

1. Mampu menganalisis permasalahan yang terjadi terkait pada setiap *workstation* di PT Angkasa Pura Logistik divisi Kargo.
2. Mampu memberikan rekomendasi usulan perbaikan terhadap permasalahan yang terjadi untuk meningkatkan efisiensi waktu tunggu pada PT Angkasa Pura Logistik di PT Angkasa Pura Logistik divisi Kargo.

1.4 Batasan Masalah

Adapun batasan masalah yang digunakan dalam penelitian ini sebagai berikut :

1. Penelitian dilakukan pada periode bulan Februari – April 2024
2. Penelitian ini berfokus pada salah satu divisi kargo dan logistik pada bagian outgoing
3. Penelitian menggunakan metode DMAIC dan simulasi Flexsim
4. Penelitian menggunakan data yang menunjang metode simulasi Flexsim dan DMAIC.

1.5 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat yang didapatkan dari penelitian ini sebagai berikut :

A. Bagi Perusahaan

1. Memberikan informasi kepada perusahaan mengenai simulasi flexsim pada area logistik.
2. Menerapkan alternatif yang diberikan sehingga dapat meningkatkan efisiensi dan keseimbangan secara keseluruhan dalam lintasan proses kargo.

B. Bagi Perguruan Tinggi

1. Menjalin kerjasama antara Program Studi S1 Teknik Industri dengan PT. Angkasa Pura Logistik
2. Melatih dan mendidik mahasiswa supaya mampu bersaing di dunia kerja

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Kajian Literatur

Penelitian sebelumnya dimanfaatkan sebagai sumber informasi terkait dengan topik yang sedang diteliti oleh peneliti. Rujukan dari penelitian terdahulu mencakup aspek terkait simulasi flexsim dalam konteks proses logistik, antrian, dan lainnya untuk meningkatkan efisiensi proses pada setiap workstation. Berbagai penelitian sebelumnya dijadikan sebagai acuan atau rujukan penting dalam melaksanakan penelitian ini. Beberapa penelitian yang berkaitan dengan penelitian ini sebagai berikut :

Penelitian yang telah dilakukan oleh (Bahariandi, Elsyah, & Sri, 2023) terkait judul “ Pemodelan Simulasi untuk Mengurangi Antrian pada Fasilitas Layanan Kesehatan” yang membahas tentang mengukur tingkat optimalitas sistem antrian yang berlaku saat ini di klinik Saffira Mitra Medikadengan menggunakan metode simulasi yang bertujuan untuk memudahkan pemodelan dalam sistem antrian yang diusulkan dengan melihat waktu layanan, jumlah pasien yang terlayani, dan waktu tunggu pasien hingga terlayani dalam sistem antrian. Setelah dilakukan penelitian, maka didapatkan hasil skenario mengurangi antrian di ruang tunggu poli dari 32 menjadi 23 orang (27,52%) dan di ruang tunggu tensi dari 21 menjadi 11 orang (46,70%).

Penelitian yang telah dilakukan oleh (Yuli, Dwi, & Jazuli, 2021) terkait judul “Usulan Perbaikan untuk Mengurangi Pemborosan dengan Pendekatan *Lean Six Sigma*” yang membahas tentang pemborosan yang menyebabkan tidak tercapainya target produksi pada bulan Oktober-November 2018 dengan menggunakan metode Lean Six Sigma yang bertujuan untuk mengidentifikasi dan menghilangkan *waste* berupa cacat produk, *over processing*, dan *idle time* pada rantai produksi. Setelah dilakukan penelitian, maka didapatkan solusi untuk mengurangi *waste* berupa penetapan waktu siklus pada setiap operasi kerja, penentuan waktu dan jumlah kedatangan, dan penambahan jumlah tenaga kerja sebanyak 2 orang karena terdapat proses yang mempunyai waktu proses tinggi.

Penelitian yang telah dilakukan oleh (Wei & Jiaying, 2022) terkait judul “ *Research on Simulation and Optimization of Production Line Based on Flexsim*” yang membahas tentang masalah terkait tingkat keseimbangan lini produksi yang rendah dan

kesenjangan beban yang besar di antara proses dan dilakukan analisis dengan metode Manajemen 6s dan metode Simulasi Flexsim untuk mensimulasikan lini produksi dan menganalisis tiga indeks waktu dalam proses, waktu menganggur, dan waktu hambatan.. Setelah dilakukan penelitian, maka didapatkan hasil perhitungan awal menunjukkan tingkat keseimbangan lini produksi sebesar 55,45% dan kehilangan lini produksi sebesar 44,55%, dengan kapasitas produksi 707 buah. Setelah dioptimalkan, kapasitas produksi meningkat menjadi 956 buah dalam satu shift, dan efisiensi produksi meningkat signifikan. Tingkat keseimbangan produksi setelah pengoptimalan mencapai 69,38%.

Penelitian yang telah dilakukan oleh (Punna, Nallusamy, & Raman, 2022) terkait judul “*Enhancement of Production in Subassembly Line of a Medium Scale Industry Using Different Lean Tools and Flexsim Simulation Software*” yang membahas tentang kemampuan menghasilkan produk dengan kualitas tinggi sesuai dengan keinginan dan kebutuhan pelanggan dengan menggunakan metode VSM, *Lean Tool*, dan Simulasi Flexsim yang bertujuan untuk pada bagian *subassembly* lantai pabrik guna meminimalisir kegiatan/aktivitas yang tidak mempunyai nilai tambah. Setelah dilakukan penelitian, maka didapatkan berupa penyeimbangan jalur baru dengan menggunakan simulasi flexsim terlihat bahwa produktivitas meningkat masing-masing sekitar 5,7% dan 6,3% untuk model P3 dan P5.

Penelitian yang telah dilakukan oleh (Bung, Ezutah, & Zuliani, 2021) terkait judul “*Redesigning of Lamp Production Assembly Line*” yang membahas tentang ketidakseimbangan antar setiap stasiun kerja yang terjadi pada jalur perakitan waktu dan beban kerja operator yang tidak seimbang dengan menggunakan metode *Line Balancing*, *Time study*, dan Simulasi Flexsim yang bertujuan untuk menganalisis terkait akar permasalahan guna mengetahui penyebab masalah pada jalur perakitan dan melakukan analisis berdasarkan hasil simulasi pada jalur perakitan saat ini dan melihat hasil kinerja dihasilkan. Setelah dilakukan penelitian, maka didapatkan berupa penyeimbangan jalur baru dengan penambahan operator yang semula 6 operator menjadi 7 dan stasiun kerja sehingga efisiensi jalur meningkat sebesar 19,11% menjadi 85,67% dan indeks kelancaran berkurang dari 108,25 menjadi 46,60.

Penelitian yang telah dilakukan oleh (Anindya & Benazir, 2020) terkait judul “Peningkatan Produktivitas IKM melalui Perbaikan Keseimbangan Lintasan Produksi (Studi Kasus: IKM Mebel di Solo)” yang membahas tentang Ketidakseimbangan dalam jalur produksi yang menyebabkan *bottleneck*, sehingga dapat menghambat kemampuan

untuk mencapai produksi maksimal dengan menggunakan metode LCR yang bertujuan untuk pengoptimalan penugasan elemen kerja di setiap stasiun bertujuan untuk mencapai keseimbangan beban kerja dan meningkatkan produktivitas. Setelah dilakukan penelitian, maka didapatkan berupa penambahan stasiun kerja yang semula 1 menjadi 3 stasiun kerja, sehingga dapat mencapai peningkatan produktivitas hingga 130%.

Penelitian yang telah dilakukan oleh (Lioni, Kenny, Kellyn, Kurniawan, & Handi, 2024) terkait judul “ Analisa Komparatif Model dari Sistem Supermarket menggunakan Flexim” yang membahas tentang meningkatkan kepuasan pelanggan dan memperkuat hubungan jangka panjang dengan menggunakan metode Simulasi Flexsim yang bertujuan untuk membandingkan metode simulasi antara model eksisting dengan menggunakan Arena dan alternatif. Setelah dilakukan penelitian, maka didapatkan berupa hasil analisis penggunaan model eksisting dengan Arena menunjukkan rentang replikasi 60-769 detik dan antrian 77-409 detik. Sementara itu, dengan Flexsim, waktu antrian pada 10 replikasi model berkisar 66-70 detik.

Penelitian yang telah dilakukan oleh (Qiang, et al., 2020) terkait judul “*Research on Logistics Simulation and Optimization of Die Forging Production Line Based on Flexsim*” yang membahas tentang waktu siklus yang terjadi pada proses produksi penempaan dan peralatan yang kurang optimal dalam pembuatan produksi cincin dengan menggunakan metode Simulasi Flexsim yang bertujuan untuk memodelkan sistem alur proses produksi dan teori ECRS yang bertujuan untuk menganalisis proses kemacetan di lini produksi. Setelah dilakukan penelitian, maka didapatkan berupa penambahan peralatan dalam pemrosesan, meningkatkan efisiensi peralatan, dan penyeimbangan tugas penanganan peralatan guna mengoptimalkan dan meningkatkan lini produksi sehingga hasil simulasi menunjukkan peningkatan utilisasi peralatan sebesar 4,34%, dan berkurangnya waktu siklus produk sebesar 27,65%, serta perencanaan dan desain yang dioptimalkan tercapai.

Penelitian yang telah dilakukan oleh (Liu & Wang, 2020) terkait judul “ *Research on Simulation and Optimization of Warehouse Logistics Based on Flexsim -- Take C Company as an Example*” yang membahas tentang menempatkan penugasan lokasi penyimpanan dan pengiriman material yang tampaknya tidak mungkin diintegrasikan bersama, dan mengoptimalkannya pada saat yang bersamaan dengan menggunakan menggabungkan hasil simulasi dengan situasi aktual perusahaan, logistik pergudangan perusahaan dianalisis secara mendalam secara komprehensif dengan analisis proses

aplikasi, gagasan logistik ramping, optimasi *slotting* teori. Setelah dilakukan penelitian, maka didapatkan berupa terdapat peningkatan pada setiap nilainya yaitu nilai efisiensi lini meningkat menjadi 77,50%, *idle time* menjadi 2,65 menit dan *smoothness index* menjadi 1,63.

Penelitian yang telah dilakukan oleh (Dede, Marjuki, Rini, Edi, & Muhammad, 2020) terkait judul “*Re-Layout Fasilitas Produksi dengan Metode Line Balancing untuk Meningkatkan Produktivitas Di PT. Kmk Global Sports*” yang membahas tentang terjadinya penumpukan barang pada proses *prestitching* dan *stitching* karena waktu proses pada stasiun kerja yang tidak merata dengan menggunakan metode PTLF dan metode *line balancing* yang bertujuan untuk melakukan membuat layout baru untuk aliran proses pada setiap stasiun kerja, serta menerapkan line balancing pada area proses *prestitching* dan *stitching*. Setelah dilakukan penelitian, maka didapatkan berupa pengurangan lini produksi yang semula terdapat 141 *workstation* berubah menjadi 131 *workstation* sehingga terjadi perubahan total waktu kerja yang berkurang menjadi 37.64 detik yang sebelumnya sebesar 41.02 detik.

Penelitian yang telah dilakukan oleh (Nicolae & Adrian, 2023) terkait judul “*Simulating and Improvement a Warehouse Flow Using FlexSim Application*” yang membahas tentang fleksibilitas perusahaan dalam merespons permintaan pasar, terutama di gudang yang harus terus beradaptasi dengan rute penyimpanan dan pengiriman produk dengan menggunakan metode simulasi FlexSim untuk memperbaiki aliran gudang dan mensimulasikan gudang dalam kondisi eksisting untuk menganalisis waktu penerimaan, mode penyimpanan, waktu penyiapan paket, dan waktu pengangkutan. Setelah dilakukan penelitian, maka didapatkan ditemukan bahwa waktu penerimaan paket menurun 18% (dari 34 menit menjadi 28 menit) dan jumlah paket yang dikirim meningkat 30% (dari 73 menjadi 105).

Penelitian yang telah dilakukan oleh (Nithish, Mohan, & Gobinath, 2021) terkait judul “*Improvement in Production Line Efficiency of Hemming Unit Using Line Balancing Techniques*” yang membahas terkait peningkatan nilai efisiensi pada lini produksi unit hemming dengan menerapkan tiga teknik penyeimbangan lini yang berbeda dengan menggunakan metode *line balancing* dan simulasi Arena yang bertujuan menentukan jumlah stasiun kerja yang optimal dengan melibatkan penilaian bobot posisi pada setiap stasiun kerja guna tercapainya keseimbangan lintasan yang efisien. Setelah dilakukan penelitian, maka didapatkan berupa jumlah stasiun kerja yang berkurang yang

semula sebanyak 12 menjadi 8. Berdasarkan dari ketiga metode dalam *line balancing*, terdapat metode yang efektif dalam permasalahan tersebut yaitu metode Peringkat Bobot Posisi serta menggunakan simulasi arena.

Penelitian yang telah dilakukan oleh (Sun, et al., 2024) terkait judul “*Simulation And Analysis Of A Preemptive Transportation Model Using Flexsim Software*” yang membahas terkait sistem transportasi preemptive di mana kendaraan dapat memiliki tugas yang ditugaskan secara dinamis untuk mengoptimalkan efisiensi secara keseluruhan dengan menggunakan metode Simulasi Flexsim yang bertujuan untuk mendistribusi eksponensial, yang divalidasi dengan data gudang logistik nyata, menghasilkan kedatangan tugas yang bersifat stokastik. Setelah dilakukan penelitian, maka didapatkan analisis komparatif 10 jam menunjukkan moda preemptive meningkatkan volume transportasi rata-rata 13% dan mengurangi jarak tempuh kendaraan 13%.

Penelitian yang telah dilakukan oleh (Tillesh & Sandeep, 2023) terkait judul “*Logistics Engineering Simulation Using Computer 3D Modeling Technology*” yang membahas terkait meningkatkan efisiensi sistem logistik melalui teknologi pemodelan 3D dengan menggunakan metode Simulasi Flexsim digunakan untuk membandingkan dan menganalisis efektivitas transportasi dalam sistem logistik yang ada dan yang diusulkan. Hasil dari simulasi menunjukkan bahwa sistem logistik yang diusulkan dengan teknologi pemodelan 3D mampu meningkatkan efisiensi transportasi, dengan jumlah total produk yang diangkut mencapai 17.144 buah, dibandingkan dengan 15.559 buah pada sistem logistik yang ada.

Penelitian yang telah dilakukan oleh (Amy, HeYau, & ChongLin, 2021) terkait judul “*Multi-Objective Assembly Line Balancing Problem with Setup Times Using Fuzzy Goal Programming and Genetic Algorithm*” yang membahas terkait meminimalkan waktu siklus dapat menambah jumlah stasiun kerja dan menggunakan metode model pemrograman linier multi-tujuan *fuzzy* yang bertujuan untuk Menangani efisien permasalahan penyeimbangan jalur perakitan dengan banyak tujuan pada skala kecil, dan pendekatan menggunakan algoritma genetika dapat memberikan solusi yang efektif. Setelah dilakukan penelitian, maka didapatkan berupa model pemrograman linier multi-objektif *fuzzy* dan model algoritma genetika mampu menangani kasus permasalahan dengan skala yang lebih kecil. Sementara itu, model algoritma genetika dapat menyelesaikan permasalahan dengan skala yang lebih besar.

Tabel 2. 1 Penelitian Terdahulu

No	Judul	Metode				Hasil
		SF	LB	SS	etc	
1	Pemodelan untuk Antrian pada Layanan Kesehatan (Bahariandi, Elsy, & Sri, 2023)	Simulasi	√			Hasil skenario mengurangi antrian di ruang tunggu poli dari 32 menjadi 23 orang (27,52%) dan di ruang tunggu tensi dari 21 menjadi 11 orang (46,70%).
2	Usulan Perbaikan untuk Mengurangi Pemborosan dengan Pendekatan Lean Six Sigma (Yuli, Dwi, & Jazuli, 2021)			√		Perancangan line baru, yaitu dengan mengontrol waktu siklus, waktu kedatangan dan jumlah entitas, serta jumlah tenaga kerja
3	<i>Research on Simulation and Optimization of Production Line Based on Flexsim</i> (Wei & Jiaying, 2022)		√			Hasil perhitungan menunjukkan tingkat keseimbangan produksi awal 55,45%, kapasitas 707 buah. Setelah optimalisasi, kapasitas meningkat menjadi 956 buah per shift dan keseimbangan produksi mencapai 69,38%.
4	<i>Enhancement of Production in Subassembly Line of a Medium Scale Industry Using Different Lean Tools and Flexsim Simulation Software</i> (Punna, Nallusamy, & Raman, 2022)		√		√	Produktivitas meningkat masing-masing sekitar 5,7% dan 6,3% untuk model P3 dan P5.

5	<i>Redesigning of Lamp Production Assembly Line</i> (Bung, Ezutah, & Zuliani, 2021)	√	√	√	Penambahan operator menjadi 7 dan efisiensi jalur meningkat menjadi 85,67% dan indeks kelancaran berkurang menjadi 46,60
6	Peningkatan Produktivitas IKM melalui Perbaikan Keseimbangan Lintasan Produksi (Studi Kasus: IKM Mebel di Solo) (Anindya & Benazir, 2020)			√	Penambahan stasiun kerja menjadi 3 stasiun kerja, sehingga dapat meningkatkan produktivitas hingga 130%.
7	Analisa Komparatif Model dari Sistem Supermarket menggunakan Flexim (Lioni, Kenny, Kellyn, Kurniawan, & Handi, 2024)	√		√	Hasil perbandingan simulasi arena menunjukkan rentang replikasi 60-769 detik dan antrian 77-409 detik. Sementara itu, dengan Flexsim, waktu antrian pada 10 replikasi model berkisar 66-70 detik
8	<i>Research on Logistics Simulation and Optimization of Die Forging Production Line Based on Flexsim</i> (Qiang, et al., 2020)	√		√	Peningkatan utilisasi peralatan sebesar 4,34%, dan berkurangnya waktu siklus produk sebesar 27,65%, serta perencanaan dan desain yang dioptimalkan tercapai
9	Research on Simulation and Optimization of Warehouse Logistics	√			Hasil simulasi dibandingkan dengan situasi aktual perusahaan, logistik pergudangan dianalisis

Based on Flexsim -- Take C Company as an Example (Liu & Wang, 2020)	secara mendalam dengan analisis proses aplikasi, gagasan logistik ramping, optimasi slotting, dan analisis SLP untuk mengidentifikasi masalah dan mengembangkan skema optimasi yang ilmiah dan efektif.
10 <i>Re-Layout</i> Fasilitas Produksi dengan Metode <i>Line Balancing</i> untuk Meningkatkan Produktivitas Di PT. Kmk Global Sports (Dede, Marjuki, Rini, Edi, & Muhammad, 2020)	√ √ Pengurangan lini produksi menjadi 131 workstation sehingga terjadi perubahan total waktu kerja menjadi 37.64 detik
11 <i>Simulating and</i> √ <i>Improvement a</i> <i>Warehouse Flow Using</i> <i>FlexSim Application</i> (Nicolae & Adrian, 2023)	Setelah simulasi, ditemukan bahwa waktu penerimaan paket menurun 18% (dari 34 menit menjadi 28 menit) dan jumlah paket yang dikirim meningkat 30% (dari 73 menjadi 105).
12 <i>Improvement in</i> √ √ <i>Production Line</i> <i>Efficiency of Hemming</i> <i>Unit Using Line</i> <i>Balancing Techniques</i> (Nithish, Mohan, & Gobinath, 2021)	Metode yang efektif dalam permasalahan tersebut yaitu metode Peringkat Bobot Posisi serta menggunakan simulasi arena
13 <i>Simulation And Analysis</i> √ <i>of a Preemptive</i>	Analisis komparatif 10 jam menunjukkan moda preemptive

	<i>Transportation Model Using Flexsim Software</i> (Sun, et al., 2024)			meningkatkan volume transportasi rata-rata 13% dan mengurangi jarak tempuh kendaraan 13%.
14	<i>Logistics Engineering Simulation Using Computer 3D Modeling Technology</i> (Dalong, Yanfang, & Liwei, 2021)	√		Hasil simulasi menunjukkan jumlah total produk yang diangkut dari 6 pesawat pada sistem asli adalah 15.559, sementara pada sistem logistik yang diusulkan adalah 17.144.
15	<i>Multi-Objective Assembly Line Balancing Problem with Setup Times Using Fuzzy Goal Programming and Genetic Algorithm</i> (Amy, HeYau, & ChongLin, 2021)	√	√	Model algoritma genetika dapat menyelesaikan permasalahan dengan skala yang lebih besar.

Ket:

SF = Simulasi Flexsim

LB = *Line Balancing*

SS = Six Sigma

Etc = Lainnya

2.2 Landasan Teori

2.2.1 Kargo

Berdasarkan Undang-undang Nomor 1 Tahun 2009 tentang penerbangan, cargo adalah Setiap barang yang diangkut oleh pesawat, termasuk hewan dan tumbuhan selain pos, barang kebutuhan pesawat, dan barang bawaan. Definisi sederhana dari kargo mencakup segala jenis barang yang dikirim melalui moda transportasi udara (pesawat terbang), laut (kapal laut), atau darat (truk kontainer) untuk tujuan perdagangan, baik di dalam negeri maupun internasional disebut dengan istilah ekspor dan impor. Banyak perusahaan

penerbangan domestik dan internasional mempercayakan operasi pengiriman dan penerimaan barang kepada pihak ground handling untuk memenuhi kebutuhan atau kepentingan masyarakat luas dalam hal pengiriman dan penerimaan barang. (Indra, Nuraini, & Roni, 2021)

2.2.2 *Ground handling*

Ground handling merupakan kegiatan yang dilakukan oleh perusahaan penerbangan dan berkaitan dengan penanganan serta pelayanan terhadap penumpang beserta bagasinya, pengelolaan cargo dan pos, serta penyediaan layanan peralatan bantu untuk pergerakan pesawat di darat dan di udara selama berada di bandara, baik untuk keberangkatan (*Pre-Flight*) maupun kedatangan (*Post-Flight*). Pertumbuhan sektor kargo di Indonesia sangat tergantung pada kontribusi perusahaan penerbangan sebagai penyedia sarana transportasi dan pengelola bandara yang menyediakan fasilitas untuk pengangkutan kargo. Keberhasilan ini harus didukung oleh kepatuhan terhadap regulasi, tindakan, prosedur, dan langkah-langkah keamanan yang dapat menjamin keselamatan dalam penerbangan (Lira, Aji, Peppy, & Ryan, 2021).

2.2.3 Bandar Udara

Menurut UU No. 1 Tahun 2009 tentang Penerbangan, bandar udara didefinisikan sebagai kawasan di daratan dan/atau perairan yang memiliki batasan tertentu dan digunakan sebagai lokasi untuk pesawat udara melakukan kegiatan pendaratan dan lepas landas, proses naik-turun penumpang, pengangkutan dan pengambilan muatan barang, serta tempat perpindahan intra dan antar moda transportasi, Bandar udara juga harus dilengkapi dengan fasilitas keselamatan dan keamanan penerbangan, serta fasilitas dasar dan pendukung lainnya (Olivia & Suprapti, 2022).

2.2.4 Logistik

Logistik merupakan bagian strategis dalam manajemen yang memiliki peran signifikan dalam mengatur proses akuisisi, pergerakan, dan penyimpanan bahan mentah, bahan setengah jadi, serta barang jadi, beserta informasi yang terkait, di dalam suatu organisasi dan jalur pemasarannya dan berfungsi untuk memastikan pemenuhan harapan pelanggan dan mencapai tujuan keuntungan Perusahaan. (Indra, Nuraini, & Roni, 2021)

2.2.5 Metode DMAIC

Six Sigma mengaplikasikan konsep fase DMAIC, yang merupakan singkatan dari *Define-Measure-Analyze-Improve-Control*. DMAIC mencakup fase-fase yang harus dijalani dalam setiap proyek perbaikan, dengan setiap fase melibatkan aktivitas yang disesuaikan

dengan kondisi yang terjadi selama proyek. Konsep *Six Sigma* adalah suatu pendekatan statistik yang mengukur kualitas suatu proses dengan fokus pada tingkat cacat, yang diukur hingga level enam sigma (Adi & Ari, 2022).

2.2.6 Metode Simulasi Flexsim

Flexsim adalah perangkat lunak simulasi yang mudah digunakan dan tepat untuk melakukan simulasi. Aplikasi ini terbuka untuk siapa saja yang ingin melakukan eksperimen dengan modelnya. Model simulasi di Flexsim dapat disesuaikan dengan skala waktu, satuan, dan sebagainya, dan ditampilkan dalam tampilan visual 3D. Hal ini memungkinkan pengguna untuk dengan mudah melihat dan mengenali *bottleneck* dalam lini produksi. Berikut merupakan penjelasan penggunaan software Flexsim pada laman website Flexsim.com:

a. Objek Flexsim

Objek utama dalam Flexsim dapat dibagi menjadi dua jenis, yaitu *fixed resource* dan *task executor*. *Fixed resource* merupakan objek yang mengirim atau menerima flowitem, seperti *source*, *conveyor*, *processor*, antrean, dan sink. Sementara itu, *task executor* adalah sumber daya bergerak yang melaksanakan tugas yang telah ditetapkan, seperti *transporter* dan *operator*.

b. Experfit

ExpertFit adalah alat yang digunakan untuk secara otomatis dan akurat menentukan distribusi probabilitas statistik terbaik yang dapat merepresentasikan kumpulan data input. *Tools* ini membantu analisis simulasi dalam memodelkan sumber acak, seperti waktu pelayanan, bahkan ketika tidak ada data yang tersedia.

c. Report & Statistics

Report & Statistics adalah suatu alat yang membantu pemodel dalam menganalisis data hasil simulasi secara lebih cepat dan mudah. Alat ini memungkinkan pemodel untuk menampilkan data statistik dari objek yang dipilih dengan efisien.

d. Dashboard

Dashboard adalah menu yang memungkinkan pengguna untuk menampilkan data dari simulasi yang sedang berlangsung. Data tersebut disajikan dalam berbagai bentuk grafik seperti *histogram*, *pie chart*, *bar chart*, dan lainnya. Selain itu, data juga dapat ditampilkan dalam bentuk tabel untuk memberikan representasi visual yang lebih baik.

e. Parameter

Parameter merupakan alat untuk mengubah nilai dari suatu objek, seperti kapasitas mesin, penambahan operator atau transport, dan hal-hal lainnya. Parameter memungkinkan pengguna untuk melakukan penyesuaian nilai pada objek tertentu dalam simulasi guna mengamati dampak perubahan tersebut pada hasil simulasi secara keseluruhan.

f. *Performance Measure*

Performance measure adalah alat untuk menentukan objek yang dijadikan tolak ukur atau parameter dari desain eksperimen yang dilakukan. Objek yang sering dijadikan sebagai *performance measure* melibatkan elemen-elemen seperti queue dan sink. Alat ini memungkinkan pengguna untuk memilih dan mengukur kinerja objek-objek tertentu dalam simulasi untuk mendapatkan wawasan yang lebih baik mengenai hasil eksperimen.

g. *Experimenter*

Experimenter adalah alat yang digunakan untuk menjalankan model simulasi yang sama beberapa kali, dengan mengubah satu atau lebih parameter setiap kali, untuk mengamati pengaruhnya pada *performance measure*. Dengan demikian, *Experimenter* membantu dalam menghasilkan solusi terbaik untuk masalah yang diselesaikan melalui simulasi dengan melakukan serangkaian eksperimen yang sistematis dan memperhatikan variasi parameter tertentu.

2.2.7 Uji Kecukupan Data

Pemeriksaan kecukupan data dilakukan dengan mempertimbangkan apakah jumlah data yang diperoleh dari pengamatan mencukupi untuk kebutuhan penelitian. Jumlah pengamatan yang dibutuhkan dalam proses pengambilan sampel akan dipengaruhi oleh dua faktor utama, yaitu tingkat ketelitian dan tingkat keyakinan. (Iskandar, Nur, & Ricky, 2022)

Adapun rumus yang digunakan adalah sebagai berikut :

$$N'' = \left[\frac{\frac{k}{s} \sqrt{N \cdot \sum X^2}}{\sqrt{\bar{X}}} \right] 2$$

Keterangan:

K = Harga indeks yang besarnya dari tingkat kepercayaan yang diambil, yaitu:

Bila tingkat kepercayaan 68%, maka k~1

Bila tingkat kepercayaan 95%, maka k~ 2

Bila tingkat kepercayaan 99%, maka k~ 3

s = Koefisien tingkat ketelitian

N = Jumlah data pengamatan yang telah dilakukan pada sampling kerja

N'' = Jumlah pengamatan yang harus dilakukan pada sampling kerja

$\sum x$ = Total data

Dimana adanya ketentuan kecukupan data, yakni :

- a. Jika $N'' < N$, maka data dinyatakan cukup.
- b. Jika $N'' > N$, maka data dinyatakan tidak cukup (kurang) dan perlu adanya penambahan data dalam penelitian

2.2.8 Uji Keseragaman Data

Pengujian dilakukan untuk memastikan bahwa data yang diperoleh memiliki tingkat homogenitas dan tidak melebihi batas kontrol atas (BKA) serta batas kontrol bawah (BKB) yang telah ditetapkan. Jika terdapat ketidakseragaman dalam data, maka informasi tersebut akan dihapus atau tidak digunakan dalam analisis lebih lanjut (Masniar & Susanti, 2021).

Rumus- rumus dalam menentukan batas –batas control yaitu :

$$BKA = \bar{X} + K\sigma$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum(X - \bar{X})^2}{N - 1}}$$

$$BKA = \bar{X} - K\sigma$$

Keterangan:

BKA = Batas Kontrol Atas

BKB = Batas Kontrol Bawah

\bar{X} = Rata-rata

K = Tingkat keyakinan

N = Jumlah pengamatan

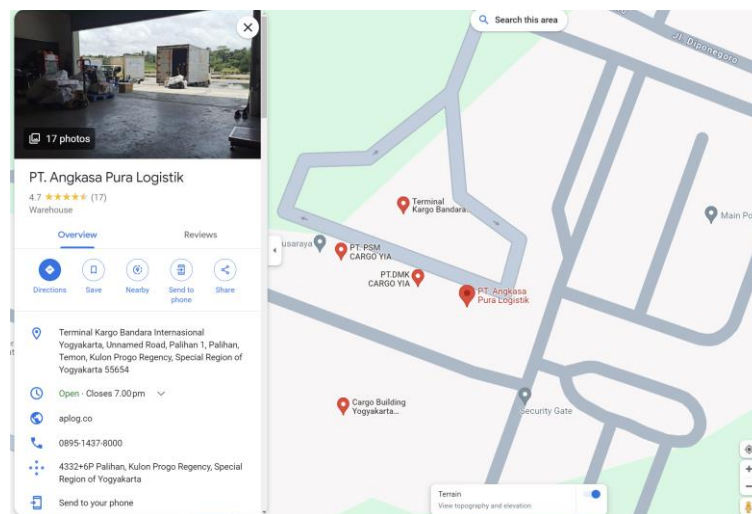
σ = Standar deviasi

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Objek Penelitian

Pada penelitian ini dilakukan di PT Angkasa Pura Bandara YIA. Pada PT Angkasa Pura terdapat beberapa departemen dan fokus penelitian ini yaitu pada divisi aeronautical di bagian kargo logistik bertujuan untuk menentukan keseimbangan antara stasiun kerja dalam proses logistik dan memberikan usulan menggunakan hasil analisis model simulasi yang dapat meningkatkan efisiensi proses pada setiap stasiun kerja.



Gambar 3. 1 Lokasi PT Angkasa Pura Logistik

3.2 Metode Pengumpulan Data

3.2.1 Sumber Data

Sumber data yang didapatkan berasal dari data primer dan data sekunder. Data tersebut yaitu :

- a. Data primer adalah data yang dihasilkan melalui aktivitas secara langsung di lapangan atau sumber data memberikan langsung pada peneliti. Pada penelitian ini data primer yang didapatkan dengan melakukan wawancara, *worksampling*, dan observasi. Data tersebut berupa mekanisme alur proses, permasalahan yang sering terjadi, jumlah operator, waktu proses, jumlah *operator*, dan lainnya.

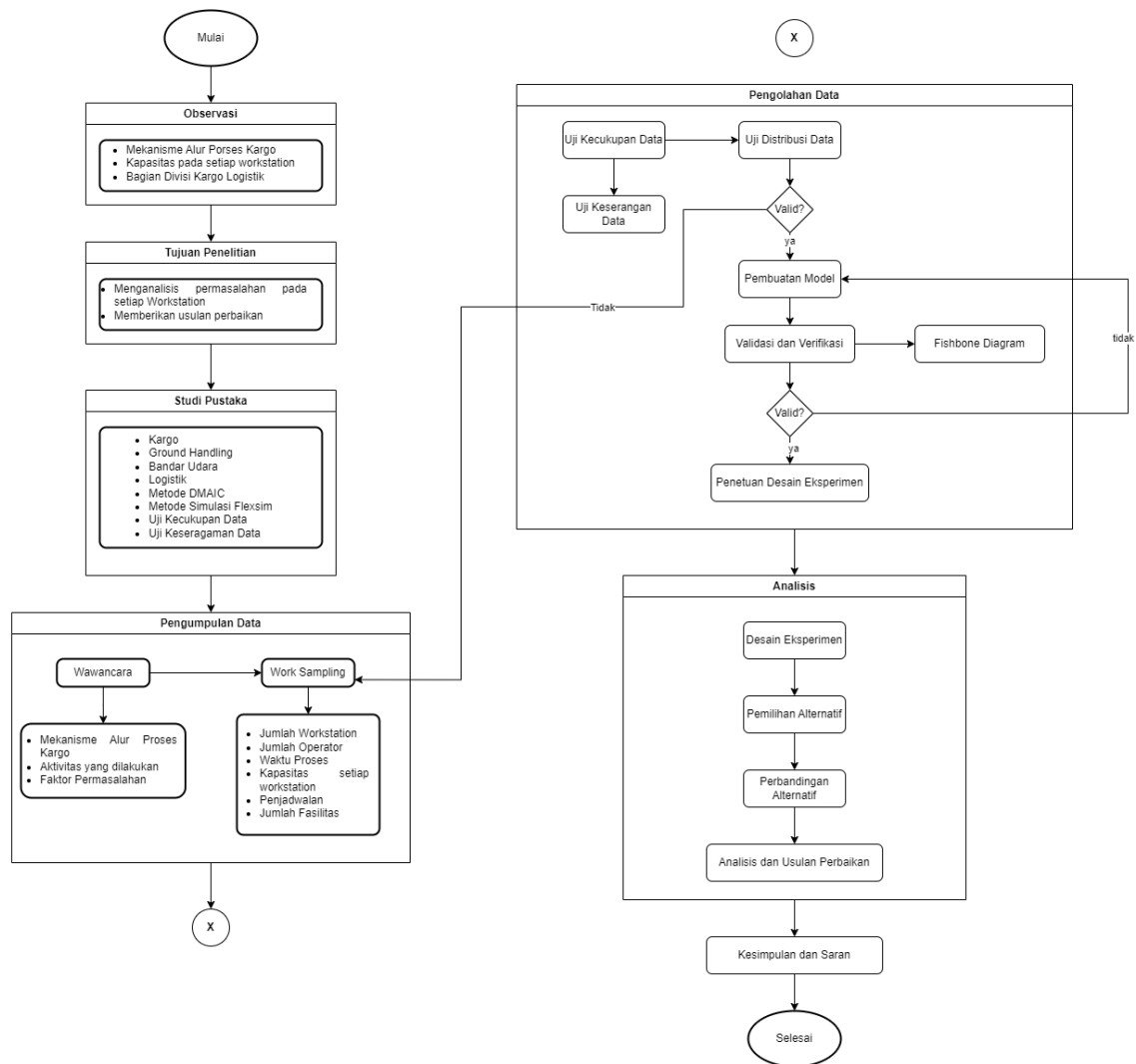
- b. Data sekunder adalah data yang didapatkan dengan adanya perantara seperti buku, jurnal, artikel, dan sebagainya. Data sekunder tersebut digunakan sebagai penunjang dalam penelitian. Adapun data yang digunakan berupa data peningkatan kargo pada periode tertentu, jumlah rata rata waktu pada setiap *workstation*, data jumlah maskapai yang berada di PT. Angkasa Pura, dan lainnya.

3.2.2 Teknik Pengumpulan Data

Dalam pengumpulan data terdapat beberapa teknik yang dilakukan peneliti. Pengumpulan data dilakukan sesuai dengan kebutuhan peneliti dengan objek penelitian dan sebagai pendekatan peneliti dengan narasumber. Berikut merupakan pengumpulan data yang dilakukan :

- a. Wawancara adalah teknik pengumpulan data yang melibatkan interaksi antara dua pihak atau lebih, dimana peneliti/pewawancara mengajukan pertanyaan untuk mendapat informasi kepada narasumber terkait suatu permasalahan tertentu serta mencari solusi untuk masalah tersebut. Pada penelitian ini melakukan wawancara dengan pihak terkait seperti *supervisor cargo*, *operator* lapangan, dan karyawan lainnya dengan dilakukan secara langsung pada divisi kargo logistic Bandara YIA.
- b. *Worksampling* adalah teknik pengumpulan data yang digunakan untuk mengamati aktivitas pekerja pada interval waktu tertentu guna memahami pola kerja, alokasi waktu dan efisiensi pekerja di setiap workstation.
- c. Kajian Literatur adalah suatu data yang digunakan untuk mengumpulkan data/referensi yang berkaitan dengan topik penelitian yang terdapat dalam literatur, buku, jurnal, dan penelitian terkait lainnya. Tujuannya untuk memperkuat teori yang di terapkan oleh peneliti.

3.3 Alur Penelitian



Gambar 3. 2 Alur Penelitian

Berikut merupakan penjelasan terkait alur penelitian diatas:

1. Mulai

2. Observasi

Kegiatan observasi dilakukan di bagian divisi logistik kargo Bandara YIA. Observasi yang dilakukan berupa mengobservasi terkait mekanisme alur proses yang di lakukan pada logistik kargo berupa RA, EMPU, dan Gudang Kargo Logistik.

3. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menyeimbangkan lini pada setiap workstation dan untuk mengetahui perbandingan model yang sudah diterapkan oleh pihak kargo banda dan model usulan yang menjadi pertimbangan pihak kargo dalam perbaikan.

4. Studi Pustaka

Studi pustaka yang dilakukan untuk mengumpulkan data/referensi yang berkaitan dengan topik penelitian dengan sumber informasi berupa jurnal, artikel, buku, dan lainnya. Pada penelitian ini, studi pustaka yang digunakan yaitu berkaitan dengan kargo, *ground handling*, bandar udara, logistik, DMAIC, simulasi flexsim, uji keseragaman data, dan uji kecukupan data.

5. Pengumpulan Data

Pada penelitian ini proses pengumpulan data dilakukan dengan dua cara yaitu :

a. Wawancara

Pada proses wawancara dilakukan secara langsung menggunakan narasumber seperti *supervisor*, karyawan kargo, pihak RA, pihak EMPU, dan operator yang melakukan aktivitas pada setiap *workstation*. Proses wawancara dilakukan guna mendapatkan informasi yang berkaitan dengan penelitian yaitu permasalahan yang terjadi, penyebab dari permasalahan tersebut, aktivitas yang dilakukan pada setiap *workstation*, sistematika proses yang dilakukan, dan lainnya.

b. Worksampling

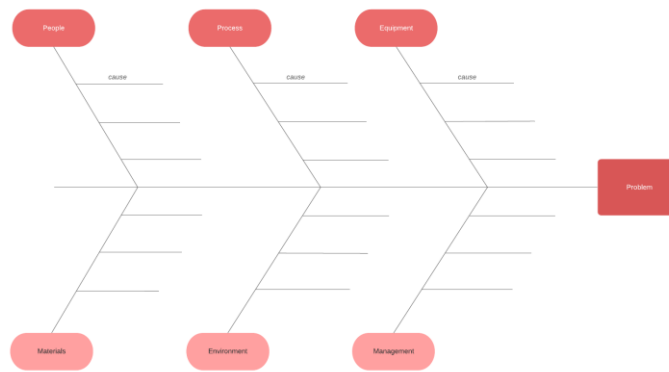
Pada proses worksampling diambil secara langsung yang berkaitan dengan data waktu proses pada setiap aktivitas yang dilakukan. Data yang digunakan yang berkaitan metode simulasi yaitu jumlah *workstation*, jumlah operator, waktu proses pada setiap *workstation*, kapasitas pada setiap *workstation*, dan lainnya.

6. Pengolahan Data

Berdasarkan data yang di peroleh maka dalam pengolahan data tersebut dilakukan beberapa tahapan.

a. *Fishbone*

Dalam metode *fishbone* dilakukan berdasarkan permasalahan terkait penumpukan yang terjadi pada kargo *outgoing*. Komponen yang digunakan dalam *fishbone* yaitu penyebab dari penumpukan barang tersebut. Hal tersebut didapat berdasarkan subjektif dari peneliti dan peneliti mengambil berdasarkan observasi pada setiap *workstation*.



Gambar 3. 3 *Fishbone Diagram*

b. Uji Kecukupan data dan keseragaman data

Pada pengujian kecukupan dan keseragaman data itu dilakukan dengan menggunakan 30 data yang dihasilkan berdasarkan *worksampling*. Pada uji kecukupan dan keseragaman data menggunakan rumus berikut :

Adapun rumus kecukupan data yang digunakan adalah sebagai berikut :

$$N' = \left[\frac{\frac{k}{s} \sqrt{N \cdot \sum X^2 - (\sum X)^2}}{\sum X} \right] 2$$

Keterangan:

K = Harga indeks yang besarnya dari tingkat kepercayaan yang diambil, yaitu:

Bila tingkat kepercayaan 68%, maka $k \sim 1$

Bila tingkat kepercayaan 95%, maka $k \sim 2$

Bila tingkat kepercayaan 99%, maka $k \sim 3$

s = Koefisien tingkat ketelitian

N = Jumlah data pengamatan yang telah dilakukan pada samling kerja

N'' = Jumlah pengamatan yang harus dilakukan pada sampling kerja

$\sum x$ = Total data

Dimana adanya ketentuan kecukupan data, yakni :

Jika $N'' < N$, maka data dinyatakan cukup.

Jika $N'' > N$, maka data dinyatakan tidak cukup (kurang) dan perlu adanya penambahan data dalam penelitian.

Pengujian keseragaman data menggunakan *software* SPSS dan bisa juga menggunakan rumus- rumus dalam menentukan batas –batas control yaitu :

$$BKA = \bar{X} + K\sigma$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum(X - \bar{X})^2}{N - 1}}$$

$$\text{BKA} = \bar{X} - K\sigma$$

Keterangan:

BKA = Batas Kontrol Atas

BKB = Batas Kontrol Bawah

\bar{X} = Rata-rata

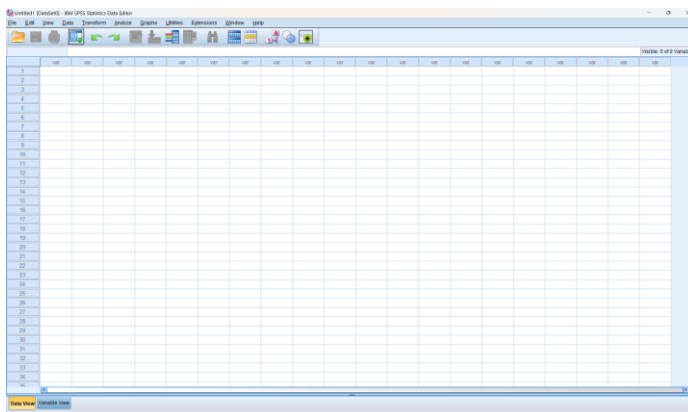
K = Tingkat keyakinan

N = Jumlah pengamatan

σ = Standar deviasi

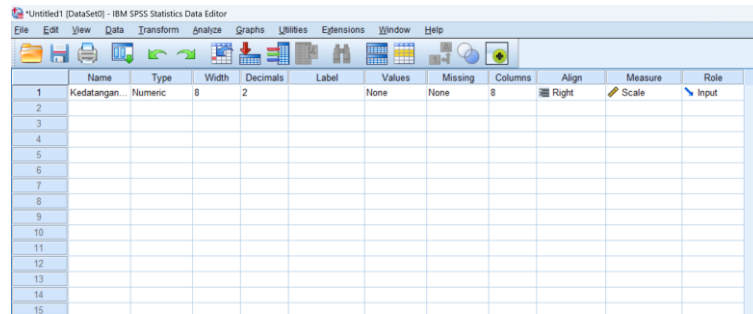
Uji keseragaman data digunakan untuk memperkecil varian yang ada dengan cara membuang data ekstrim. Pengujian ini dapat dilakukan dengan menggunakan bantuan *Software* SPSS. Berikut langkah-langkah dalam melakukan uji keseragaman data adalah :

1. Membuka *software* SPSS



Gambar 3. 4 *Software* SPSS

2. Klik *Variabel View*, kemudian pada bagian nama diisikan nama variabel, pada bagian *type* pilih *numeric*, dan pada bagian *measure* pilih *scale*.



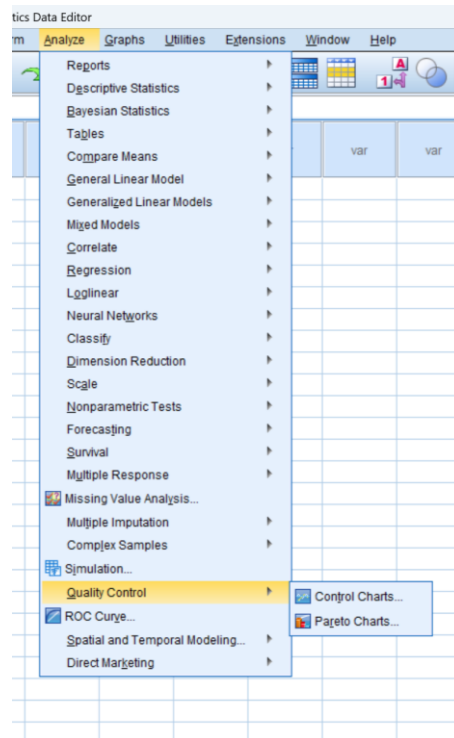
Gambar 3. 5 Variabel View SPSS

3. Klik Data view dan masukkan data waktu yang akan digunakan untuk pengujian keseragaman data.

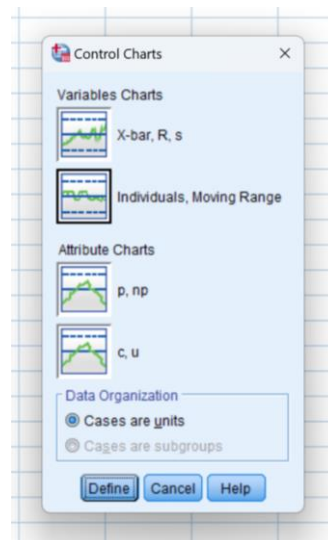
	Kedatangan_Barang	var	var	var	var	var	var	var	var
1	495.00								
2	474.00								
3	527.00								
4	596.00								
5	520.00								
6	534.00								
7	576.00								
8	399.00								
9	624.00								
10	530.00								
11	423.00								
12	640.00								
13	679.00								
14	472.00								
15	417.00								
16	608.00								
17	363.00								
18	420.00								
19	500.00								
20	568.00								
21	619.00								
22	669.00								
23	521.00								
24	397.00								
25	654.00								
26	615.00								
27	525.00								
28	595.00								
29	622.00								
30	620.00								
31									
32									
33									

Gambar 3. 6 Data View

4. Pada menu tab, pilih *analyze* → *quality control* → *control charts*. Maka akan muncul menu *control chart*, selanjutnya pilih *individuals*, *moving average* dan klik *define*.

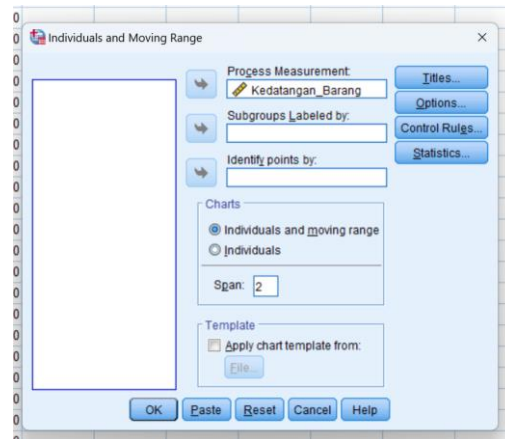


Gambar 3. 7 *Quality Control*



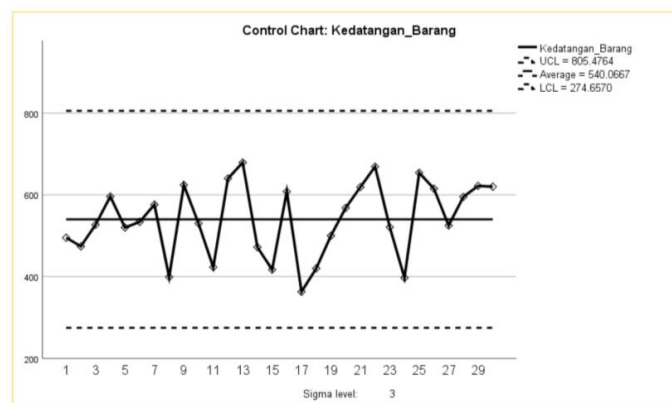
Gambar 3. 8 *Control Chart*

5. Selanjutnya pindahkan *Kedatangan_Barang* ke dalam kolom *process measurement* dengan menekan tanda panah di samping kolom, lalu klik OK.



Gambar 3. 9 *Individual and Moving Range*

6. Maka akan didapatkan output seperti berikut



Gambar 3. 10 Hasil *Control Chart*

c. Menguji validasi data

Dalam proses validasi keseragaman data menggunakan *software SPSS* terhadap 30 data. Data akan di katakan valid yaitu ketika data tidak melebihi dari BKA dan tidak kurang dari BKB. Selain itu, pengujian validasi kecukupan data menggunakan rumus terhadap 30 data. Pada penelitian ini menggunakan tingkat kepercayaan adalah 90% dan tingkat ketelitiannya adalah 10%. Data di katakan valid yaitu ketika data nilai $N' < N$, maka data tersebut dinyatakan cukup mewakili.

d. Pembuatan Model

Proses pembuatan model menggunakan *software flexsim 2021*. Pada pembuatan model yaitu berisikan alur proses yang dilakukan pada setiap *workstation* dan elemen elemen aktivitas di gambarkan dengan komponen dalam flexsim yaitu *resource* dan operator yang ada digambarkan dengan *taks executor*.

e. Menguji validasi model

Dalam proses validasi model menggunakan *software excel* terhadap 30 data dari data output simulasi dan data output historis. Pengujian validasi model tersebut menggunakan 3 uji yaitu uji kesamaan dua rata rata dan uji kesamaan dua variansi,.

- **Uji kesamaan dua rata rata**

Berikut ini merupakan langkah-langkah dari pengujian dua rata-rata:

a) Menentukan Hipotesis

H0: Probabilitas semua kejadian sama (hasil simulasi sama dengan system nyata)

H1: Hasil simulasi tidak sesuai dengan hasil riil produksi.

b) Menentukan Daerah Penerimaan

Daerah penerimaan menggunakan tingkat kepercayaan sebesar 95% atau $\alpha = 5\%$.

Sehingga daerah penerimaannya yaitu:

H0 tidak dapat ditolak jika $- T 0.025 < t_{hitung} < T 0.025$

H0 ditolak jika $T_{hitung} < - 2.048$ atau $T_{hitung} > 2.048$

c) Uji Statistik

$$SP^2 = \frac{(n_1 - 1)v_1^2 + (n_2 - 1)v_2^2}{n_1 + n_2 - 2}$$

$$t_{hitung} = \frac{mean\ 1 - mean\ 2}{\sqrt{SP^2 \left(\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2} \right)}}$$

d) Hasil Uji Kesamaan Dua Rata-rata

Karena $- T 0.025 < t_{hitung} < T 0.025$, Maka dapat disimpulkan bahwa data hasil simulasi sesuai dengan hasil dari sistem nyata, sehingga tidak dapat menolak H0 dan model simulasi dikatakan valid.

- **Uji kesamaan dua variansi**

Berikut ini merupakan langkah-langkah dari pengujian dua:

a) Menentukan Hipotesis

H0: Tidak terdapat perbedaan variansi sistem nyata dengan hasil simulasi

H1: Terdapat perbedaan variansi sistem nyata dengan hasil simulasi

b) Menentukan Daerah Penerimaan

Daerah penerimaan menggunakan tingkat kepercayaan sebesar 95% atau $\alpha = 5\%$. Sehingga daerah penerimaannya yaitu:

H_0 tidak dapat ditolak jika $F_{0.975}(29, 29) < F_{hitung} < F_{0.025}(29, 29)$

H_0 ditolak jika $F_{hitung} > F_{0.025}(29, 29)$ atau $F_{hitung} < F_{0.975}(29, 29)$

c) Uji Statistik

$$F_{hitung} = \frac{v_1^2}{v_2^2}$$

d) Hasil Uji Kesamaan Dua Rata-rata

Karena - $F_{Tab} 0,975 < F_{hitung} < F_{tab} 0,025$, Maka dapat disimpulkan bahwa data hasil simulasi sesuai dengan hasil dari sistem nyata, sehingga tidak dapat menolak H_0 dan model simulasi dikatakan valid.

f. Melakukan Desain *Experiment*

Dalam proses melakukan Desain Eksperimen menggunakan tool dalam *software* Flexsim 2021 yaitu eksperimenter dengan variabel parameter dan *performance measure*. Parameter digunakan untuk mengatur nilai keluaran pada *performance measure* dan *performance measure* digunakan untuk menghitung nilai keluaran. Pada *Experiment* melakukan 30 replikasi sehingga nilai keluaran sebanyak 30 data. Pada desain eksperimen didapatkan 3 skenario yaitu model awal, skenario 1, dan skenario 2. Selain itu, ketiga skenario mempunyai nilai output yang berbeda.

g. Analisa

Dalam proses menganalisa nilai output pada 3 skenario yang didapat dari proses desain eksperimen. Data nilai output yang terdiri dari 30 data pada masing-masing skenario akan dilakukan perbandingan dengan menggunakan 2 uji yaitu uji ANOVA dan uji Bonferroni. Pengujian tersebut menggunakan *software excel* dan menggunakan *tool data analysis*.

- Uji ANOVA

a) Menentukan Hipotesis

H_0 diterima : tidak terdapat perbedaan rata-rata output.

H0 ditolak: terdapat perbedaan rata-rata output

- b) Menentukan tingkat signifikansi (α)
- c) Menentukan derajat kebebasan (df)
- d) Analisis dan menentukan Fhitung dan Ftabel
- e) Menentukan daerah kritis

H0 ditolak jika $\text{Sig.} > \alpha$

H0 ditolak jika $F_{\text{hitung}} > F_{\text{tabel}}$

- f) Menentukan kriteria pengujian
- H0 diterima jika $F_{\text{hitung}} \leq F_{\text{tabel}}$
- Ha diterima jika $F_{\text{hitung}} > F_{\text{tabel}}$

- g) Keputusan

- Uji Bonferroni

- a) Menentukan hipotesis (Ho dan Ha)

H0 = Ada perbedaan rata-rata

Ha = Tidak ada perbedaan rata-rata

- b) Menentukan tingkat signifikansi (α)
- c) Menentukan derajat kebebasan (df)

- d) Menentukan kriteria pengujian berdasarkan sebelum dilakukannya uji Anova.

Ho diterima, jika $P(T \leq t) \text{ two-tail} < \alpha/n$

Ho ditolak, jika $P(T \leq t) \text{ two-tail} > \alpha/n$

- e) Kesimpulan

7. Analisis Hasil

Setelah dilakukan pengolahan data dan didapatkan hasil model simulasi, maka dapat dilakukan analisis perbandingan terkait model awal yang diterapkan oleh pihak kargo dan model usulan yang sudah diolah berdasarkan data yang didapatkan.

- Perbandingan Model

Setelah dilakukan perhitungan dalam membandingkan 3 skenario tersebut maka dilakukan keputusan. Keputusan yang dilakukan berupa pemilihan skenario yang terbaik dari 3 skenario tersebut. Pemilihan tersebut didasarkan dengan pertimbangan objektif lainnya.

- Usulan Perbaikan

Setelah dilakukan pemilihan skenario terbaik dari 3 skenario tersebut, maka skenario itu yang akan disarankan dalam usulan perbaikan.

8. Kesimpulan dan Saran

Bagian terakhir dari penelitian ini melibatkan penyusunan kesimpulan dan saran. Kesimpulan tersebut berasal dari hasil analisis data pada tahap sebelumnya dan diharapkan dapat menjawab tujuan penelitian. Dari kesimpulan tersebut, peneliti dapat memberikan saran atau rekomendasi kepada perusahaan untuk pemanfaatan dan pengembangan lebih lanjut guna meningkatkan kinerja dan keberlanjutan perusahaan

9. Selesai

BAB IV

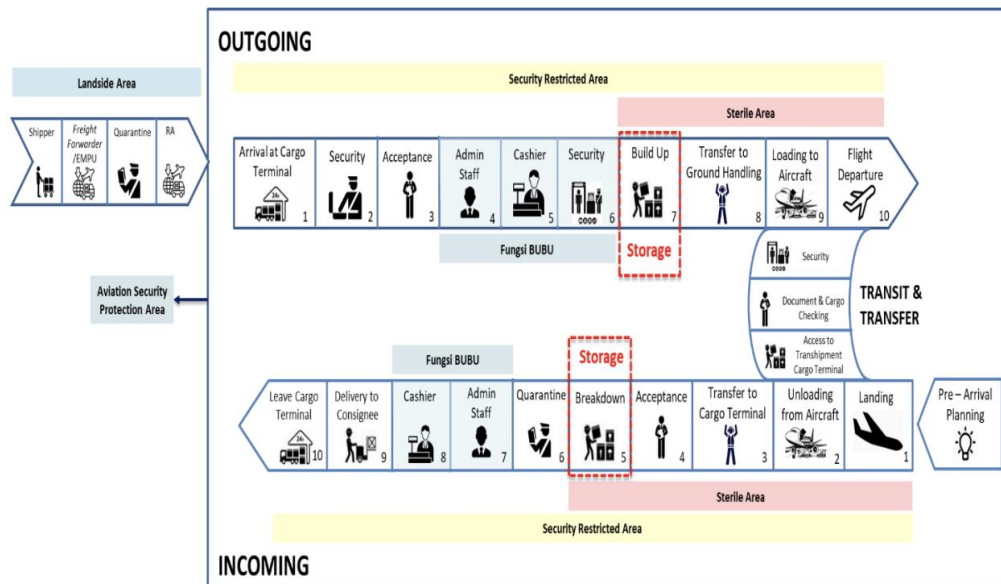
PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA

4.1 Pengumpulan Data

4.1.1 Profil Perusahaan

Perusahaan Badan Usaha Milik Negara (BUMN) yang berkaitan dengan industri kebandaraan di Indonesia yaitu PT. Angkasa Pura I dan II. Wilayah operasional dari kedua perusahaan tersebut masing-masing telah ditentukan oleh pemerintah dan dengan wilayah yang berbeda. Adapun pembagian wilayahnya yaitu pada wilayah Indonesia bagian timur dikelola PT. Angkasa Pura I dan wilayah barat dikelola PT. Angkasa Pura II. PT. Angkasa Pura II (persero) adalah salah satu perusahaan Badan Usaha Milik Negara (BUMN) yang fokus pada penyediaan layanan di sektor transportasi udara, terutama sebagai pengelola bandara. Bandara ini merupakan area yang digunakan untuk kegiatan pendaratan dan lepas landas pesawat terbang, serta menyediakan fasilitas untuk proses naik turun penumpang, bongkar muat kargo dan pos. PT. Angkasa Pura Logistik merupakan anak perusahaan dari PT. Angkasa Pura I (Persero).

4.1.2 Alur Proses Kargo



Gambar 4. 1 Alur Proses Kargo

Tabel 4. 1 Aktivitas Proses Kargo

No	Aktivitas	Service Touch Point
1	Shipper/Pengirim	<ul style="list-style-type: none"> Menyampaikan daftar kargo dan pos yang akan dikirim Menyiapkan dokumen lain yang diperlukan dalam pengangkutan kargo dan pos tertentu Memilih jasa pengiriman kargo dan pos
2	Freight/Forwarder/EMPU	<ul style="list-style-type: none"> Menyiapkan dokumen Pemberian Tentang Isi (PTI) atas daftar kargo dan pos yang telah disampaikan oleh <i>shipper</i> Mengeluarkan dokumen <i>House Airway Bill</i> yang diregistrasi oleh Asosiasi Melakukan reservasi / <i>booking space</i> kepada maskapai Menyiapkan draft <i>Master Airway Bill</i> berdasarkan hasil reservasi dari maskapai Menyiapkan dokumen lain yang diperlukan dalam pengangkutan kargo dan pos tertentu Melakukan pengepakan kargo dan pos sesuai dengan aturan yang berlaku yang disesuaikan dengan kondisi kargo dan pos
3	Karantina	<p>Mengeluarkan surat izin karantina untuk hewan dan tumbuhan (reff: UU No 21 Tahun 2019) yang terdiri dari:</p> <ol style="list-style-type: none"> Karantina Hewan: <ol style="list-style-type: none"> Sertifikat Kesehatan Hewan (KH-11) Sertifikat Sanitasi Produk Hewan (KH-12)

No	Aktivitas	Service Touch Point
		<ul style="list-style-type: none"> c. Surat keterangan untuk media pembawa lain (KH-13) d. Sertifikat pelepasan karantina hewan (KH-14) e. Surat keterangan untuk barang bukan media pembawa HPHK (KH-17)
		<p>2. Karantina Tumbuhan:</p> <ul style="list-style-type: none"> a. <i>Fumigation Certificate</i> (KT-4) b. Sertifikat Fumigasi (KT-5) c. Certificate of Disinfestation/Disinfection (KT-6) d. Sertifikat Perlakuan (KT-7) e. Sertifikat Pelepasan Karantina Tumbuhan (KT-9) f. <i>Phytosanitary Certificate</i> (KT-10) g. Sertifikat Kesehatan Tumbuhan antar Area (KT-12)
4	<i>Regulated Agent</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Menerbitkan dokumen <i>Consignment Security Declaration (CSD)</i> • Mengeluarkan kunci plastik solid untuk dipasang di kendaraan • Memasang label pemeriksaan keamanan (<i>security check label</i>) untuk dipasang di kemasan
5	Tiba di Terminal Kargo dan Pos	<ul style="list-style-type: none"> • Jika tidak ada <i>Regulated Agent</i> di Bandara setempat maka pekerjaan <i>Regulated Agent</i> diatas menjadi pekerjaan Badan Usaha Bandar Udara dan Badan Usaha yang melakukan kegiatan pengangkutan kargo wajib membuat <i>Memorandum of Understanding (MoU)</i> terkait pendelegasian pemeriksaan kargo sebagaimana ketentuan yang berlaku. • Serah terima kargo dan pos yang telah dilakukan pemeriksaan dan/atau pengendalian keamanan oleh <i>Regulated Agent</i> kepada Jasa Terkait Penanganan Kargo dan Pos
6	<i>Security</i>	Pembukaan Segel oleh Aviation Security
7	<i>Acceptance</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Melakukan pengecekan terhadap dokumen: <ul style="list-style-type: none"> 1. <i>Shipper Declaration</i>; 2. SMU/AWB; 3. <i>Consignment Security Declaration (CSD)</i> jika tidak terdapat <i>Regulated Agent</i>; 4. Dokumen Karantina Hewan dan Tumbuhan; 5. Pemberitahuan Tentang Isi (PTI);

No	Aktivitas	Service Touch Point
8	Admin Staff	<p>6. Dokumen pendukung lainnya dari instansi terkait yang dipersyaratnya.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Melakukan pengecekan terhadap kargo dan pos: <ol style="list-style-type: none"> 1. Kelaikan <i>packing</i>; 2. <i>Labelling</i>. • Melakukan penimbangan & pengukuran volume kargo dan pos • Melakukan penginputan data kedalam sistem • Menerbitkan Bukti Timbang Barang (BTB) • Melakukan verifikasi data terhadap dokumen dengan sistem • Menerbitkan Bukti Pengantar Pembayaran (BPP) • Melakukan rekonsiliasi produksi dan pendapatan
9	Cashier	<ul style="list-style-type: none"> • Melakukan pengecekan terhadap BPP dengan uang yang dibayarkan oleh pengguna jasa • Menerbitkan Kuitansi Pembayaran Pelayanan Jasa Kargo dan Pos Pesawat Udara (PJKP2U) • Melakukan rekonsiliasi terhadap uang masuk dengan kuitansi pembayaran
10	Security	<ul style="list-style-type: none"> • Melakukan Pengendalian Keamanan (<i>Security Control</i>) terhadap orang dan kendaraan Kargo dan Pos yang masuk menuju ke Daerah Sisi Darat • Melakukan Pemeriksaan Keamanan (<i>Security Screening</i>) terhadap orang dan barang bawaannya yang menuju ke Daerah Keamanan Terbatas (<i>Security Restricted Area</i>)
11	Build Up	<ul style="list-style-type: none"> • Memeriksa dan menjalankan <i>loading instruction</i> dari maskapai • Mengintruksikan ke bagian ULD (<i>Unit Load Device</i>) <i>control</i> untuk menyiapkan tipe ULD yang akan dipergunakan sesuai intruksi dari maskapai • Memeriksa kargo dan pos yang akan dimuat dan dihitung jumlah sesuai dengan dokumen • Menyusun kargo dan pos sesuai dengan <i>loading instruction, container, pallet</i> dan gerobak • Membuat label sesuai dengan tujuan kargo dan pos
12	Transfer to Ground Handling	<ul style="list-style-type: none"> • Melakukan pengecekan terhadap kelaikan kargo dan pos

No	Aktivitas	Service Touch Point
		<ul style="list-style-type: none"> Melakukan pengecekan terhadap kelengkapan dokumen Menerbitkan Berita Acara Serah Terima Kargo dan Pos oleh Mitra Jasa Terkait Penanganan Kargo dan Pos
13	<i>Loading to Aircraft</i>	Pemuatan Kargo dan Pos ke Pesawat Udara

4.1.3 Data Jumlah Operator dan Jadwal Pelayanan

Pada setiap pelayanan itu dibutuhkan operator yang melakukan aktivitas pelayanan berupa pemindahan barang, pengecekan barang, penimbangan dan lainnya di bagian divisi kargo logistic bagian outgoing. Berikut merupakan jumlah operator yang terdapat pada divisi kargo logistik yaitu :

Tabel 4. 2 Data Jumlah Operator

No	Jenis Pekerjaan	Jumlah Operator
1	Porter	10
2	Acceptance dan Ceker	19
3	Kasir	3
4	Basic Security	1
5	Junior Security	0
6	Senior Avsec	0
7	Petugas Kebersihan	0
8	Operator Forklif	2
9	SPV	0
	Total	35

Berikut merupakan jadwal *shift* aktivitas pada divisi kargo yaitu :

Tabel 4. 3 Data *Shift* Kerja

Hari	Shift	Jam Kerja
Senin - Sabtu	Shift Pagi	04.00 – 13.00
	Shift Siang	13.00 – 20.00

Berdasarkan tabel di atas diketahui bahwa jumlah pekerja pada setiap alur proses di divis kargo dibagi dengan 2 *shift* dan terdapat pekerja tetap dan pekerja *part time*. Pada setiap alur proses di kargo terdapat ketidaksesuaian *jobdesc* yang dilakukan

oleh setiap pekerja. Terdapat pekerja yang melakukan aktivitas secara keseluruhan dan juga pihak luar dari kargo itu ikut membantu pembongkaran dikarenakan pihak luar menganggap aktivitas yang dilakukan kargo sangat lama sedangkan kuantitas barang yang sangat banyak sehingga terjadi penumpukan.

4.2 Pengolahan Data

4.2.1 Data Workstation

Data *workstation* yang digunakan berasal dari hasil *worksampling* pada setiap *workstation*. Terdapat 3 *workstation* yang menjadi objek yaitu EMPU, *Regulated Agent* (RA), *Outgoing Kargo*. Proses pengambilan data dilakukan pada waktu waktu sibuk yaitu pada pukul 04.00 – 09.00.

1. EMPU

Berikut merupakan hasil *worksampling* yang dilakukan pada WS EMPU yaitu pada tabel dibawah ini.

Tabel 4. 4 Data *Workstation* EMPU

EMPU				
No	Kedatangan Barang (detik)	Pengelompokan Barang (detik)	Booking dan Pembayaran (detik)	<i>Labeling</i> (detik)
1	495	762	171	346
2	474	695	230	348
3	527	1027	222	453
4	596	838	137	564
5	520	998	248	300
6	534	1134	263	515
7	576	1008	281	317
8	399	1138	203	552
9	624	903	174	317
10	530	833	298	442
11	423	665	120	532
12	640	860	199	437
13	679	923	143	525
14	472	1156	224	473
15	417	644	272	457
16	608	950	221	599
17	363	808	190	576
18	420	1032	151	326
19	500	611	265	468
20	568	650	246	599
21	619	758	266	370
22	669	989	214	386

23	521	612	123	330
24	397	956	149	500
25	654	756	120	345
26	615	1120	295	462
27	525	924	227	338
28	595	1064	136	320
29	622	811	183	321
30	620	1114	154	344
Rata-rata	540.0666667	891.3	204.1666667	428.7333333

2. *Regulated Agent* (RA)

Berikut merupakan hasil worksampling yang dilakukan pada WS *Regulated Agent* yaitu pada tabel dibawah ini.

Tabel 4. 5 Data *Workstation* RA

RA				
No	Pembongkaran barang (detik)	Penimbangan dan scanning (detik)	<i>Labeling</i> dan Pengelompokan (detik)	Barang masuk kedalam <i>truck</i> (detik)
1	361	143	192	64
2	201	168	107	325
3	91	154	138	62
4	151	141	71	67
5	163	140	64	197
6	169	144	127	440
7	117	147	89	75
8	138	93	291	173
9	148	179	118	88
10	72	206	195	83
11	308	130	125	90
12	182	183	311	72
13	118	363	204	76
14	86	211	203	97
15	125	97	78	65
16	90	172	106	72
17	119	158	449	176
18	135	100	91	84
19	159	188	211	198
20	117	92	147	146
21	158	79	157	71
22	100	116	203	166
23	188	152	172	82
24	92	106	83	227
25	116	123	131	136

26	152	116	96	352
27	106	102	134	81
28	123	145	218	115
29	116	131	143	85
30	102	230	341	69
Rata-rata	143.4333333	150.3	166.5	134.4666667

3. Outgoing Kargo Logistik

Berikut merupakan hasil worksampling yang dilakukan pada WS *Outgoing Kargo Logistik* yaitu pada tabel dibawah ini.

Tabel 4. 6 Data *Workstation RA*

<i>Outgoing cargo</i>					
No	Pembongkaran barang (detik)	Proses timbang kargo dan cetak bukti pembayaran (detik)	Proses penempatan kargo ke taging area (detik)	Proses <i>build up</i> dan ceklis (detik)	<i>Ground handling /</i> pengangkutan (detik)
1	279	82	1137	295	167
2	323	121	1358	278	131
3	190	94	1106	725	185
4	214	87	820	249	136
5	453	183	1344	287	156
6	373	121	1168	289	198
7	497	152	668	190	169
8	469	159	782	255	170
9	696	103	1256	286	121
10	381	91	1098	237	162
11	278	87	683	318	207
12	322	133	944	307	134
13	190	80	1196	301	206
14	214	162	516	124	139
15	453	134	749	179	184
16	372	221	1443	305	174
17	497	102	479	241	154
18	469	162	1429	137	164
19	696	66	1189	174	153
20	381	94	950	200	134
21	719	221	1354	176	212
22	459	162	772	191	187
23	362	154	1424	103	154
24	945	91	1017	295	163
25	386	103	1371	203	121
26	444	64	1090	168	162
27	243	94	778	279	207

28	497	183	1422	264	216
29	461	121	1245	332	202
30	393	133	998	238	136
Rata-rata	422.862069	125.0689655	1061.655172	254.7586207	167.862069

4.2.2 Uji Keseragaman Data dan Kecukupan Data

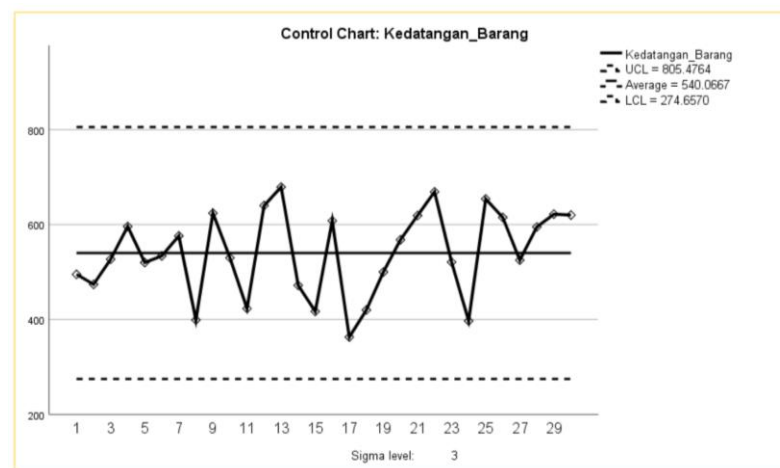
Tahapan pertama pada pengolahan data adalah melakukan uji keseragaman data dan kecukupan data berdasarkan waktu proses di setiap *workstation* yaitu EMPU, RA, dan Kargo. Berikut merupakan uji keseragaman data dan kecukupan data yang dilakukan:

1. Uji Keseragaman Data

Berikut merupakan hasil dari perhitungan SPSS berdasarkan waktu proses pada setiap aktivitas.

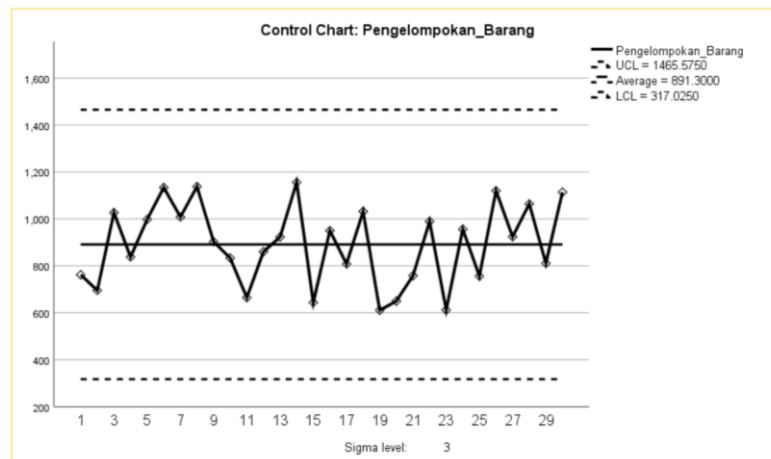
a. EMPU

- Kedatangan Barang



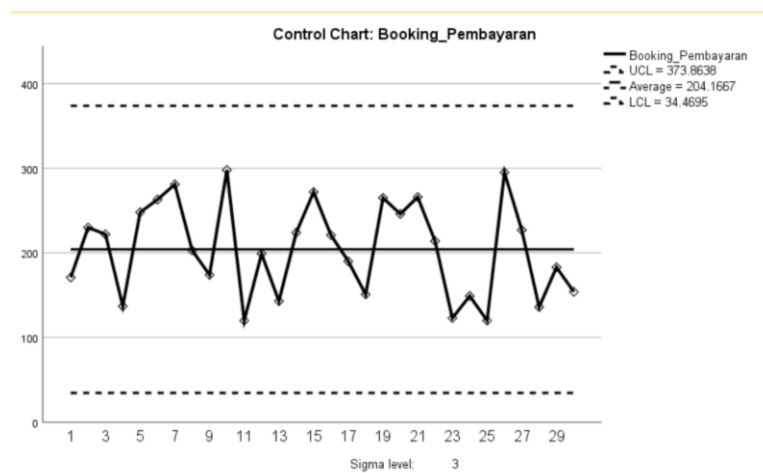
Gambar 4. 2 Keseragaman Kedatangan Barang

- Pengelompokan Barang



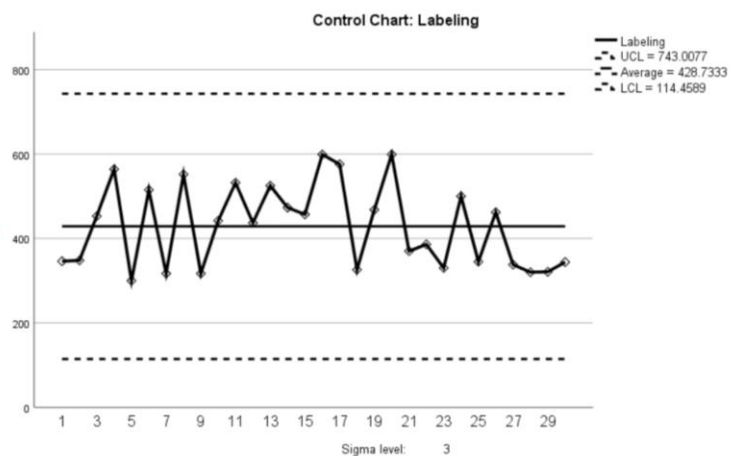
Gambar 4. 3 Keseragaman Pengelompokan Barang

- Booking dan Pembayaran



Gambar 4. 4 Keseragaman Booking dan Pembayaran

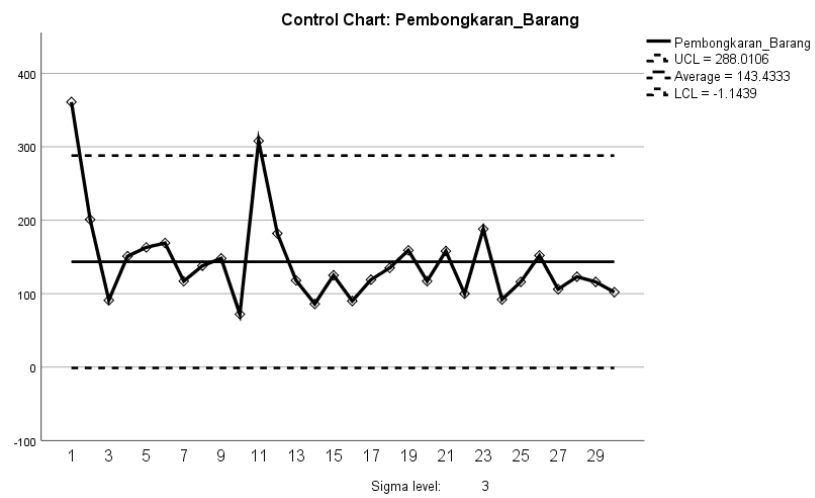
- Labeling



Gambar 4. 5 Keseragaman Labeling

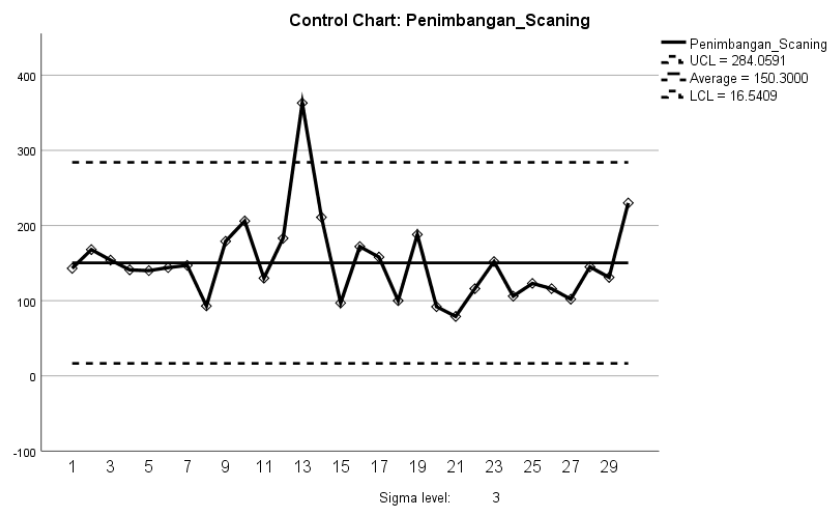
b. *Regulated Agent*

- Pembongkaran Barang



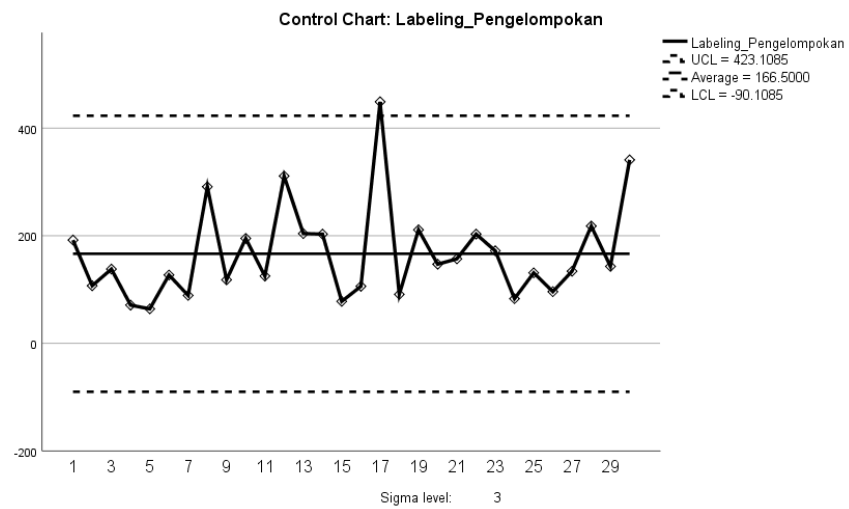
Gambar 4. 6 Keseragaman Pembongkaran Barang

- Penimbangan dan *Scanning*



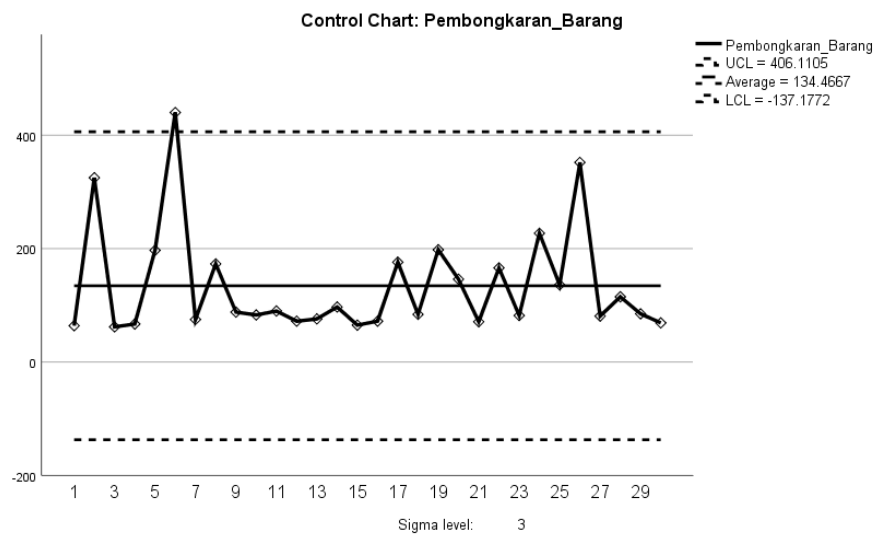
Gambar 4. 7 Keseragaman Penimbangan dan *Scanning*

- Labeling dan Pengelompokan



Gambar 4. 8 Keseragaman Labeling dan Pengelompokan

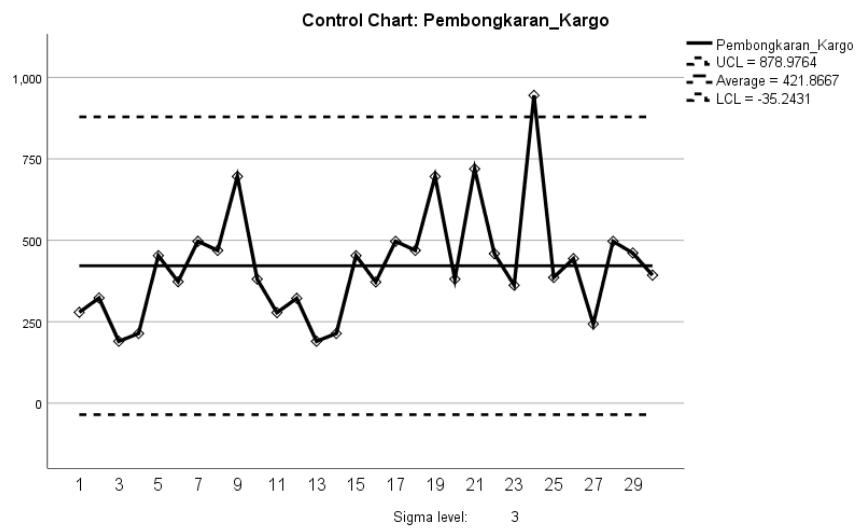
- Pembongkaran Barang ke Truck



Gambar 4. 9 Keseragaman Pembongkaran Barang ke Truck

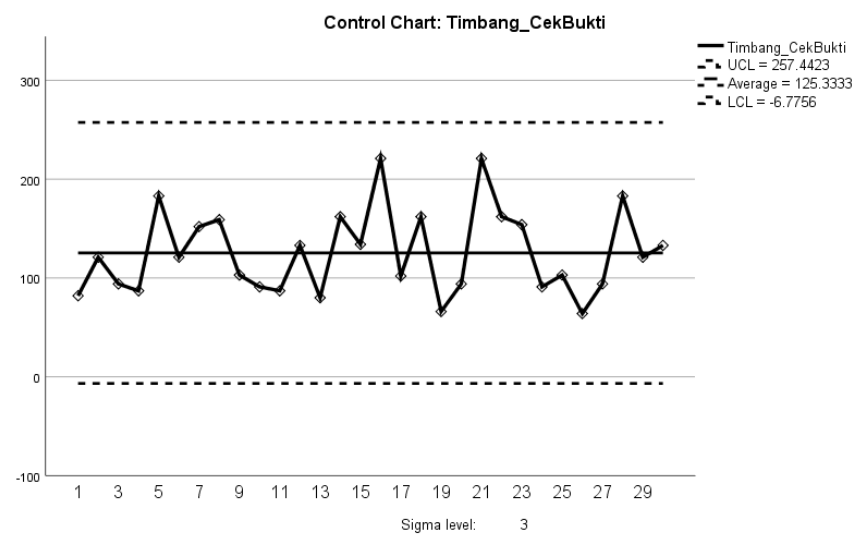
c. *Outgoing Kargo*

- Pembongkaran Barang di Kargo



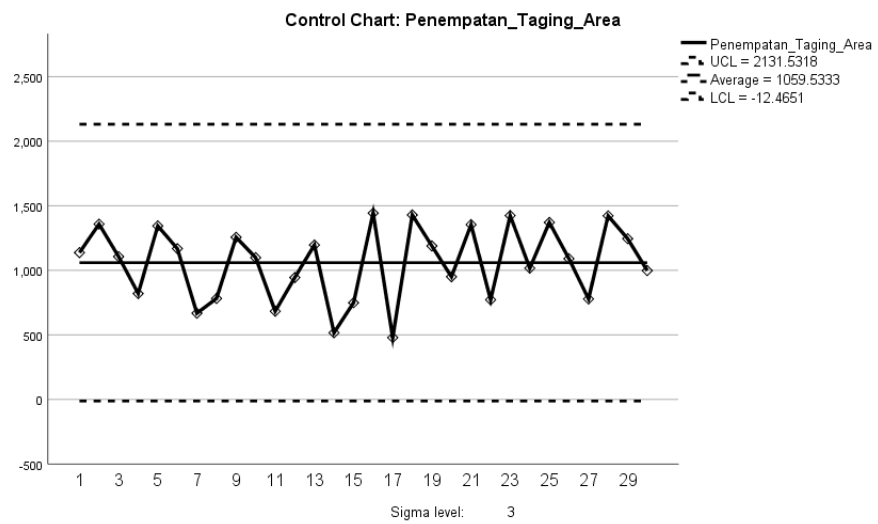
Gambar 4. 10 Keseragaman Pembongkaran Barang Kargo

- Penimbangan dan Cek Bukti Pembayaran



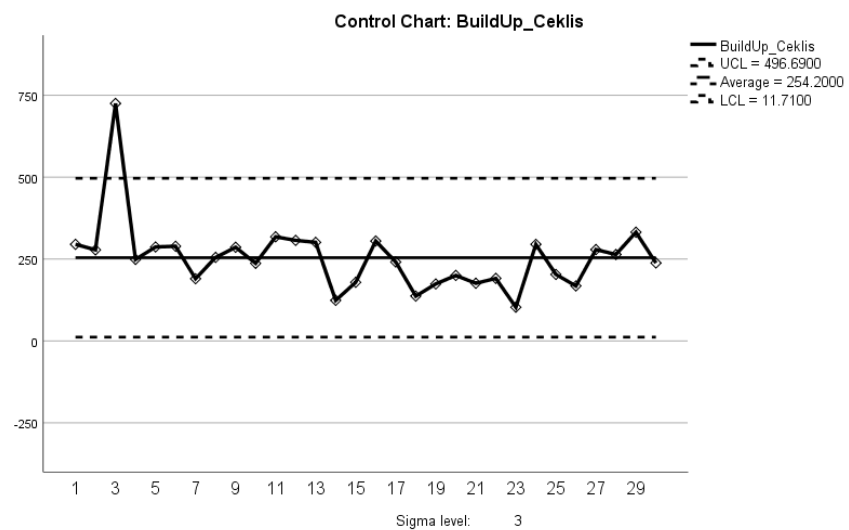
Gambar 4. 11 Keseragaman Penimbangan dan Cek Bukti

- Penempatan Kargo ke Taging Area



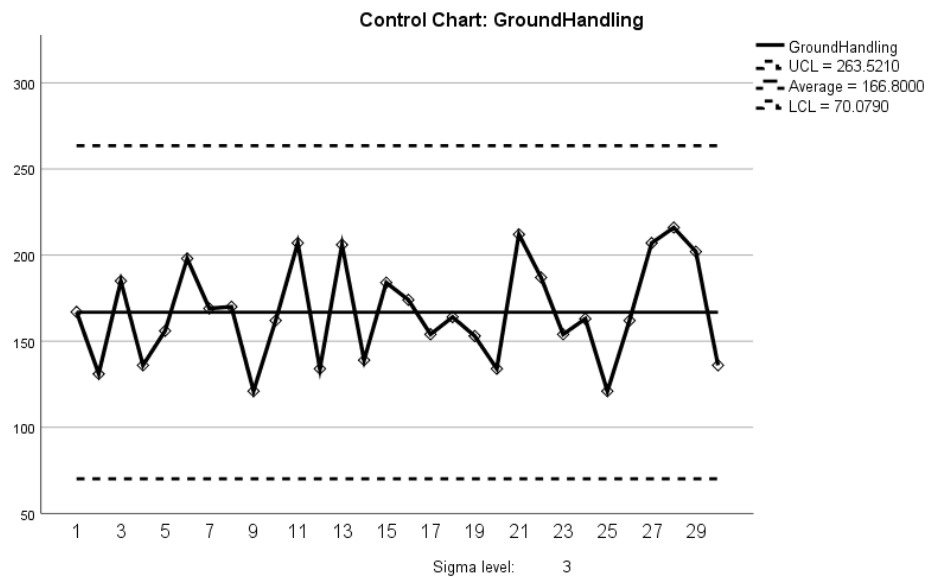
Gambar 4. 12 Keseragaman Penempatan Taging Area

- *Build Up* dan Ceklis



Gambar 4. 13 Keseragaman *Build Up* dan Ceklis

- *Ground Handling*



Gambar 4. 14 Keseragaman *Ground Handling*

Dengan keterangan:

UCL : *Upper Control Limit* atau batas kontrol atas

Average : Nilai rata-rata

LCL : *Lower Control Limit* atau batas kontrol bawah

Berdasarkan pengujian yang telah dilakukan menggunakan software SPSS, hasil uji keseragaman data pada data proses setiap aktivitas dapat dilihat pada tabel berikut.

2. Uji Kecukupan Data

Pada uji kecukupan data menggunakan tingkat kepercayaan sebesar 90% dan tingkat ketelitian sebesar 10%.

Berikut merupakan tahapan uji kecukupan data pada proses kedatangan barang yaitu.

Tabel 4. 7 Data Kecukupan Kedatangan Barang

Proses	X	X²
	495	245025
	474	224676
	527	277729
	596	355216
Kedatangan Barang	520	270400
	534	285156
	576	331776
	399	159201
	624	389376

Proses	X	X²
	530	280900
	423	178929
	640	409600
	679	461041
	472	222784
	417	173889
	608	369664
	363	131769
	420	176400
	500	250000
	568	322624
	619	383161
	669	447561
	521	271441
	397	157609
	654	427716
	615	378225
	525	275625
	595	354025
	622	386884
	620	384400
Total	16202	8982802

$$N' = \left[\frac{\frac{k}{s} \sqrt{N \cdot \sum X^2 - (\sum X)^2}}{\sum X} \right]^2$$

$$N' = \left[\frac{\frac{2}{0.1} \sqrt{30 (26739) - (16202)^2}}{16202} \right]^2$$

$$N' = 10.63$$

Berdasarkan hasil perhitungan uji kecukupan data yang telah dilakukan, didapatkan nilai $N' < N$ yaitu $10.63 < 30$. Sehingga dapat dikatakan bahwa data waktu pada proses kedatangan barang telah mencukupi. Berikut merupakan hasil dari uji kecukupan yang telah dilakukan yaitu :

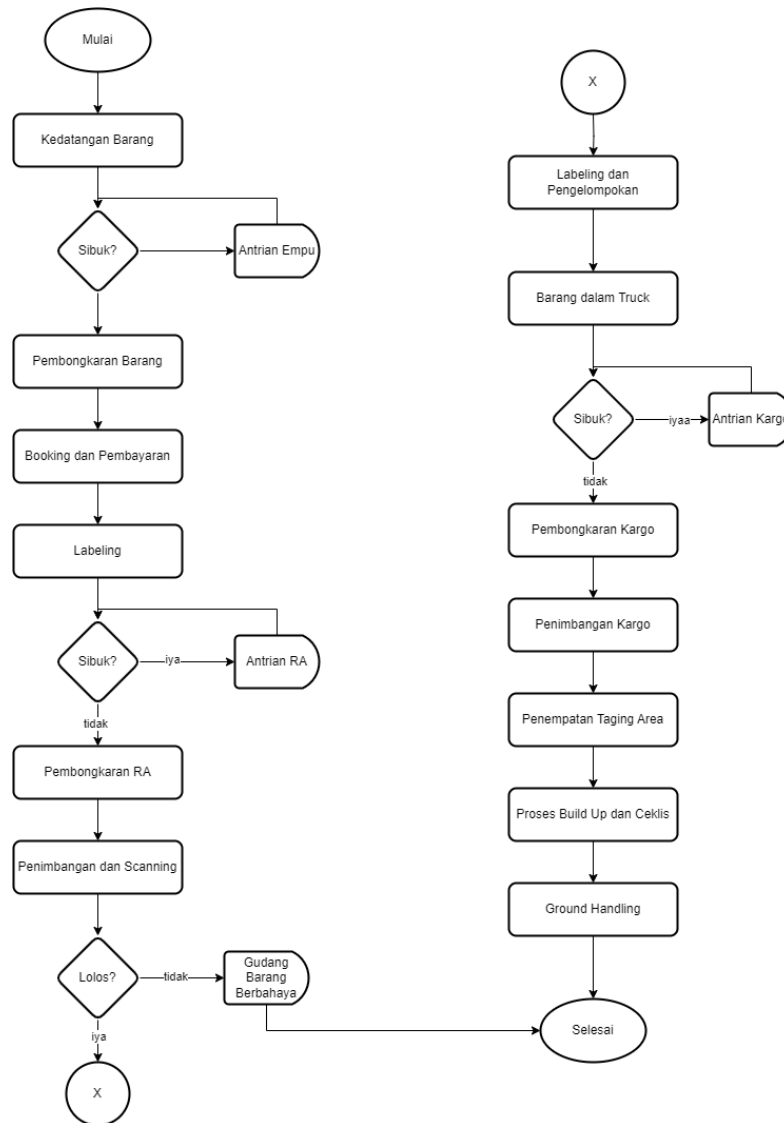
Tabel 4. 8 Hasil Uji Kecukupan

Proses	N'	N	Hasil
Kedatangan Barang	10.64	30	Data Cukup
Pengelompokan Barang	14.16	30	Data Cukup

Booking dan Pembayaran	28.55	30	Data Cukup
<i>Labeling</i>	20.18	30	Data Cukup
Pembongkaran barang	17.75	30	Data Cukup
Penimbangan dan scanning	13.02	30	Data Cukup
<i>Labeling</i> dan Pengelompokan	27.05	30	Data Cukup
Barang masuk kedalam <i>truck</i>	21.28	30	Data Cukup
Pembongkaran barang	15.73	30	Data Cukup
Proses timbang kargo dan cetak bukti pembayaran	11.23	30	Data Cukup
Proses penempatan kargo ke tagging area	28.31	30	Data Cukup
Proses <i>build up</i> dan ceklis	17.59	30	Data Cukup
<i>Ground handling</i> / pengangkutan	11.29	30	Data Cukup

4.2.3 Membangun Model Konseptual

Model konseptual adalah representasi dari alur proses yang memberikan gambaran umum tentang model simulasi. Model ini digunakan untuk mempermudah pembuatan model simulasi. Dalam penelitian ini, model konseptual dibuat dengan bantuan diagram alir (*flowchart*). Berikut merupakan model konseptual dari alur proses kargo logistik di PT Angkasa Pura Logistik.

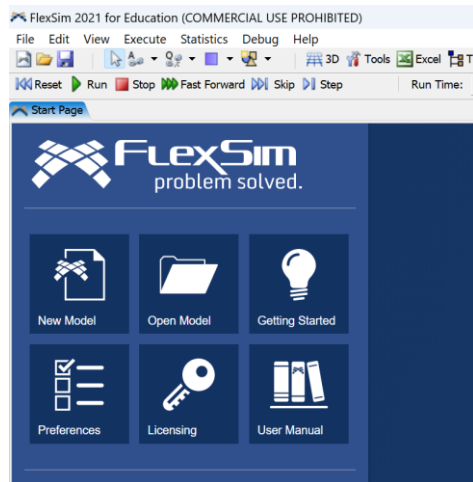


Gambar 4. 15 Konseptual Model Alur Proses Kargo Logistik

4.2.4 Penentuan Uji Distribusi

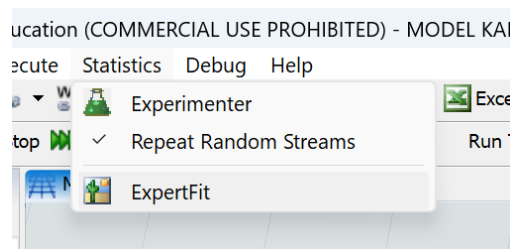
Sebagai langkah awal dalam menentukan uji distribusi data yang akan digunakan pada setiap hasil pengamatan, kami memanfaatkan fitur ExpertFit yang tersedia dalam software FlexSim 47 versi 2021. Berikut merupakan langkah-langkah dalam membuat distribusi data:

- 1) Membuka *Software Flexsim 2021*



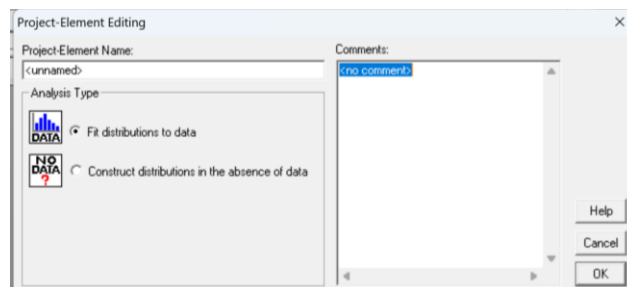
Gambar 4. 16 Software Flexsim

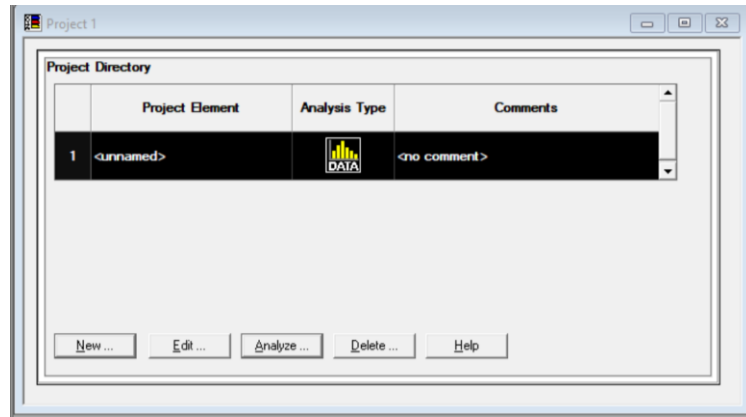
- 2) Memilih menu *statistics* kemudian pilih *Expertfit*



Gambar 4. 17 Menu *Statistics*

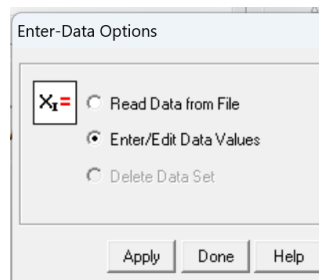
- 3) Pada menu *Expertfit* klik *new* lalu pilih *fit distribution to data* kemudian klik *ok* maka proyek yang dibuat akan ditampilkan pada gambar dibawah dan klik *analyze*





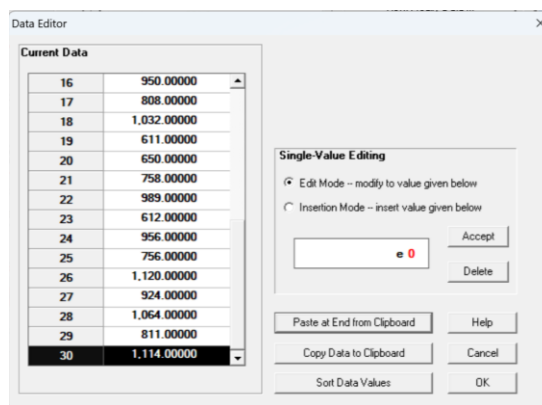
Gambar 4. 18 *Experfit dan Distribution*

- 4) Pada menu data klik *enter data* kemudian akan muncul *enter-data option* dan pilihlah *enter/edit data* lalu klik *apply*.



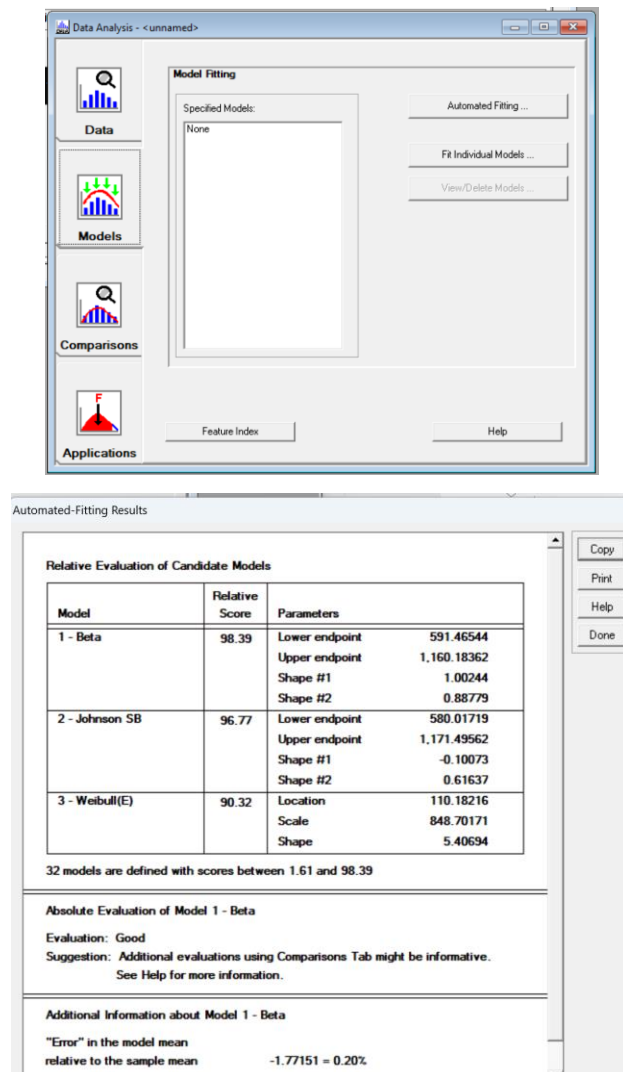
Gambar 4. 19 *Enter Data*

- 5) Pada menu *data editor*, *copy* data yang hendak dicari distribusinya kemudian klik *paste at end from clipboard*, setelah muncul datanya dapat klik *ok*.



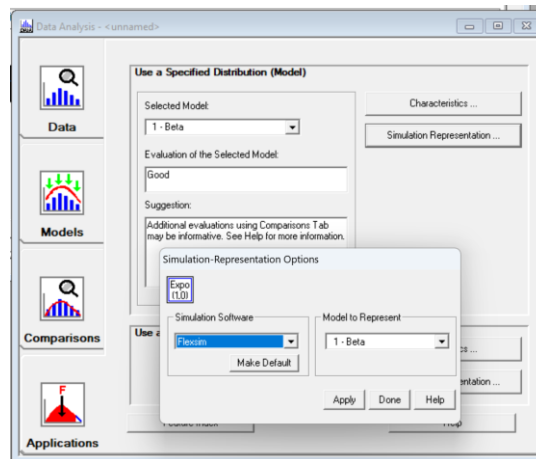
Gambar 4. 20 *Paste at End from Clipboard*

- 6) Pada menu *models*, klik *automated fitting*. Setelah melakukan *automated fitting* maka akan didapatkan *output* seperti pada gambar dibawah ini.



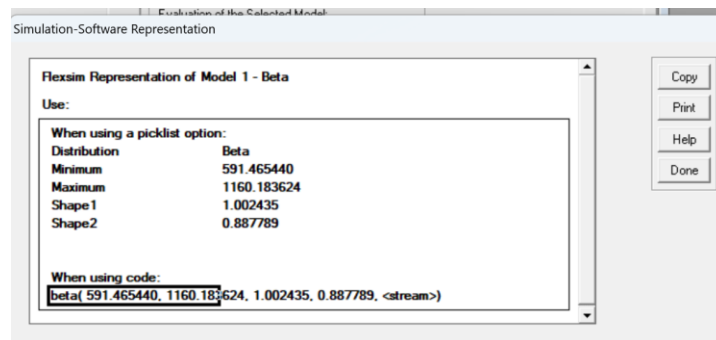
Gambar 4. 21 Automated Fitting dan Hasil Output

- 7) Untuk melakukan *input process time* pada model dapat klik menu *applications* kemudian klik *simulation representation* maka akan muncul sebuah *tab* dengan judul *simulation representation options*. Kemudian pada *tab* tersebut untuk kolom *simulation software* dapat memilih *option flexsim* sedangkan pada kolom *model to represent* dapat memilih distribusi nomor 1 yang telah direkomendasikan oleh sistem berdasarkan perhitungan data sebelumnya, kemudian klik *apply*.



Gambar 4. 22 Simulation Representation

- 8) Data distribusi akan terlihat pada bagian *code* dan bisa diinputkan ke masing-masing proses waktu pelayanan di tiap objek FlexSim.



Gambar 4. 23 Hasil Distribusi

Berdasarkan hasil pengolahan data menggunakan ExpertFit yang telah dilakukan, didapatkan distribusi data berikut.

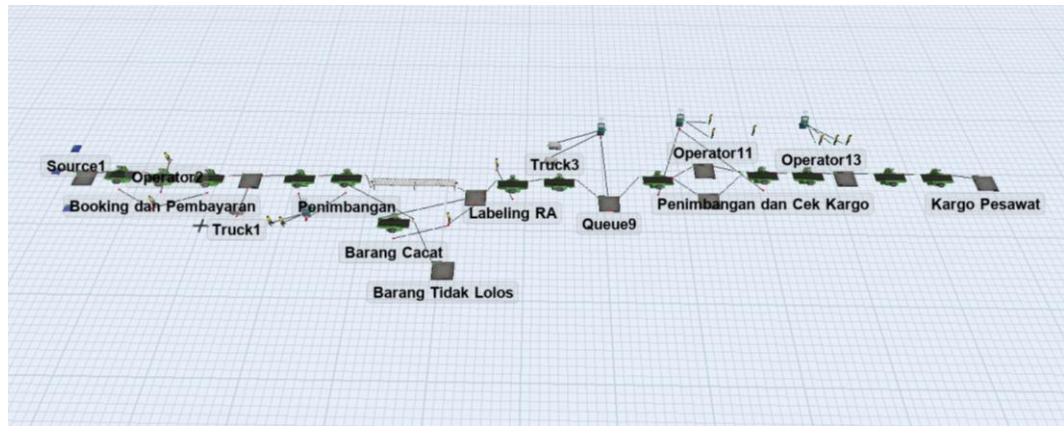
Tabel 4. 9 Hasil Data Distribusi

No	Kegiatan	Data Waktu	Distribusi
1	EMPU	Kedatangan Barang	johnsonbounded(334.143298, 690.562626, -0.319109, 0.765655, <stream>)
		Pengelompokan Barang	beta(591.465440, 1160.183624, 1.002435, 0.887789, <stream>)
		Booking dan Pembayaran	beta(115.722144, 300.714200, 0.910336, 0.991545, <stream>)

No	Kegiatan	Data Waktu	Distribusi
		<i>Labeling</i>	johnsonbounded(298.771420, 609.897114, 0.276623, 0.512785, <stream>)
2	<i>Ragulated Agent</i>	Pembongkaran barang	loglogistic(54.414980, 74.045880, 3.056389, <stream>)
		Penimbangan dan scanning	loglogistic(0.000000, 141.135419, 5.696202, <stream>)
		<i>Labeling</i> dan Pengelompokan	pearsont6(54.594198, 1105.480822, 1.902423, 19.789298, <stream>)
		Barang masuk kedalam <i>truck</i>	johnsonbounded(61.434406, 618.907391, 1.624231, 0.590238, <stream>)
3	Outgoing Kargo	Pembongkaran barang	loglogistic(0.000000, 394.740425, 4.583934, <stream>)
		Proses timbang kargo dan cetak bukti pembayaran	johnsonbounded(54.607863, 281.189664, 0.957603, 1.004565, <stream>)
		Proses penempatan kargo ke tagging area	johnsonbounded(278.454596, 1492.882817, -0.323088, 0.821727, <stream>)
		Proses <i>build up</i> dan ceklis	loglogistic(0.000000, 239.926447, 5.248058, <stream>)
		<i>Ground handling /</i> pengangkutan	beta(118.054149, 219.541976, 1.130793, 1.215199, <stream>)

4.2.5 Membangun Model Simulasi Awal

Model simulasi awal dibuat untuk merepresentasikan sistem nyata yang sesuai dengan data dan kondisi sistem alur proses yang terjadi di PT. Angkasa Pura bagian kargo logistik. Dalam merancang model simulasi menggunakan bantuan software FlexSim 2021. Simulasi ini akan membantu merepresentasikan secara visual antrian yang terjadi pada alur proses logistik kargo.



Gambar 4. 24 Model Simulasi Awal

4.2.6 Verifikasi dan Validasi Model

Verifikasi adalah proses untuk memastikan bahwa model yang dibuat sesuai dengan logika diagram alur. Dalam penelitian ini, verifikasi dilakukan dengan menjalankan model simulasi. Jika model simulasi dapat beroperasi sesuai dengan alur pada sistem nyata, verifikasi dianggap berhasil.

Setelah melakukan verifikasi selanjutnya dilakukan validasi untuk memastikan bahwa model berperilaku atau memiliki sifat yang sama dengan sistem nyata. Validasi dilakukan dengan membandingkan data waktu tunggu pada antara model simulasi dan sistem nyata. Proses validasi ini menggunakan uji statistik, yaitu uji kesamaan dua rata-rata dan uji kesamaan dua variansi. Berikut merupakan hasil uji validasi waktu tunggu pada antrian pembongkaran kargo

Tabel 4. 10 Hasil Uji Validasi

Data ke-	Sistem Nyata	Model Simulasi	Data ke-	Sistem Nyata	Model Simulasi
1	1116	895	16	1399	959
2	1293	1003	17	836	1376
3	909	1483	18	1207	1138
4	1070	1150	19	953	1276
5	829	946	20	916	903
6	1269	904	21	1282	1057
7	864	1051	22	1404	1376
8	983	962	23	857	948
9	1288	1448	24	1090	1103

10	1276	887	25	1321	918
11	989	920	26	1064	978
12	1343	1422	27	1205	900
13	938	1300	28	1016	1360
14	930	960	29	1064	898
15	1046	891	30	870	924

Berdasarkan data validasi pada Tabel 4.20, maka selanjutnya dilakukan perhitungan rata-rata (mean) dan standar deviasi yang dibutuhkan untuk perhitungan *statistical test*. Berikut merupakan hasil perhitungan:

Tabel 4. 11 Hasil *Statistical Test*

	Sistem Nyata	Model Simulasi
Mean	1087.566667	1077.361
SD (v)	182.9357685	200.9872727
n	30	30

1) Uji Kesamaan Dua Rata Rata

Berikut ini merupakan langkah-langkah dari pengujian dua rata-rata:

a) Menentukan Hipotesis

H0: Probabilitas semua kejadian sama (hasil simulasi sama dengan system nyata)

H1: Hasil simulasi tidak sesuai dengan hasil riil produksi.

b) Menentukan Daerah Penerimaan

Daerah penerimaan menggunakan tingkat kepercayaan sebesar 95% atau $\alpha = 5\%$.

Sehingga daerah penerimaannya yaitu:

H0 tidak dapat ditolak jika $- T 0.025 < thitung < T 0.025$

H0 ditolak jika $T hitung < - 2.048$ atau $T hitung > 2.048$

c) Uji Statistik

$$SP^2 = \frac{(n1-1)v1^2 + (n2-1)v2^2}{n1+n2-2} = 36925.05$$

$$t_{hitung} = \frac{mean\ 1 - mean\ 2}{\sqrt{SP^2 \left(\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2}\right)}} = -0.1955$$

d) Hasil Uji Kesamaan Dua Rata Rata

Karena $-T_{0.025} < t_{hitung} < T_{0.025}$ yaitu $-2.048 < -0.1955 < 2.048$, Maka dapat disimpulkan bahwa data hasil simulasi sesuai dengan hasil dari sistem nyata, sehingga H_0 diterima dan model simulasi dikatakan valid.

2) Uji Kesamaan Dua Variansi

Berikut ini merupakan langkah-langkah dari pengujian dua:

a) Menentukan Hipotesis

H_0 : Tidak terdapat perbedaan variansi sistem nyata dengan hasil simulasi

H_1 : Terdapat perbedaan variansi sistem nyata dengan hasil simulasi

b) Menentukan Daerah Penerimaan

Daerah penerimaan menggunakan tingkat kepercayaan sebesar 95% atau $\alpha = 5\%$.

Sehingga daerah penerimaannya yaitu:

H_0 tidak dapat ditolak jika $F_{0.975}(29, 29) < F_{hitung} < F_{0.025}(29, 29)$

H_0 ditolak jika $F_{hitung} > F_{0.025}(29, 29)$ atau $F_{hitung} < F_{0.975}(29, 29)$

c) Uji Statistik

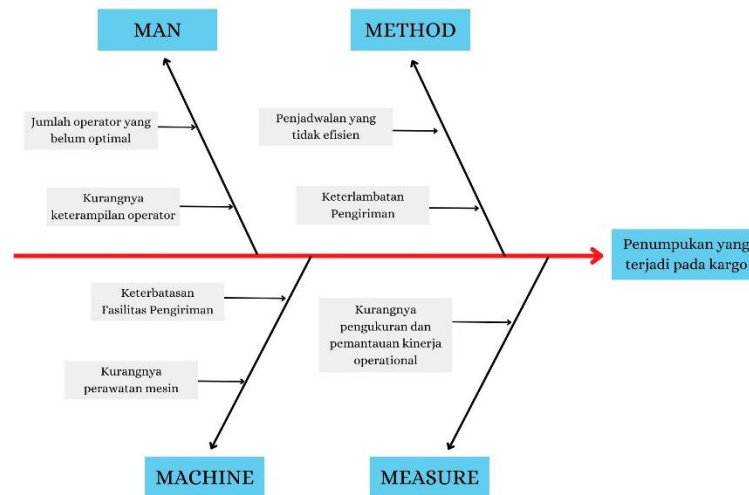
$$F_{hitung} = \frac{v_1^2}{v_2^2} = 1.206753458$$

d) Hasil Uji Kesamaan Dua Rata-rata

Karena $-F_{Tab\ 0,975} < F_{hitung} < F_{tab\ 0,025}$ yaitu $0.476 < 1.206753458 < 2.101$, Maka dapat disimpulkan bahwa data hasil simulasi sesuai dengan hasil dari sistem nyata, sehingga H_0 diterima dan model simulasi dikatakan valid.

4.3 Fishbone Diagram

Berdasarkan faktor faktor yang mempengaruhi alur proses kargo. *Fishbone* diagram disusun berdasarkan hasil observasi dan wawancara terkait permasalahan penumpukan yang terjadi pada kargo *outgoing* di PT Angkasa Pura Logistik Kargo. Hasil tersebut disusun pada fishbone diagram di bawah ini.



Gambar 4. 25 *Fishbone* Diagram Kargo

Berdasarkan gambar di atas, terdapat faktor yang menjadi penyebab masalah yang menyebabkan terjadinya penumpukan kargo sebagai berikut.

1. *Man* (Tenaga Kerja)

a) Jumlah operator yang belum optimal

Berdasarkan hasil pengamatan/ observasi yang dilakukan, didapat bahwa jumlah operator yang tersedia tidak mencukupi untuk menangani volume kargo yang masuk dan terus meningkat, maka akan menyebabkan penumpukan. Dengan permasalahan tersebut maka solusinya adalah mengevaluasi kebutuhan tenaga kerja dan memastikan jumlah operator yang memadai.

b) Kurang keterampilan operator

Berdasarkan hasil pengamatan/ observasi yang dilakukan, didapat bahwa permasalahan terjadi jika operator tidak memiliki keterampilan atau pelatihan yang cukup dalam penanganan kargo, seperti cara memuat dan memuat barang dengan efisien. Dengan permasalahan tersebut maka solusinya adalah memberikan pelatihan dan pengembangan keterampilan kepada operator.

2. *Method* (Metode)

a) Penjadwalan yang tidak efisien

Berdasarkan hasil pengamatan/ observasi yang dilakukan, didapat bahwa penjadwalan yang tidak efisien, seperti tidak sesuai dengan volume kargo yang masuk atau tidak memprioritaskan penanganan kargo yang mendesak, dapat menyebabkan penumpukan. Dengan permasalahan tersebut maka

solusinya adalah mengoptimalkan proses penjadwalan dan prioritas penanganan kargo

b) Keterlambatan pengiriman

Berdasarkan hasil pengamatan/ observasi yang dilakukan, didapat bahwa terdapat permasalahan berupa keterlambatan pengiriman dikarenakan jumlah volume kargo yang meningkat. Dengan permasalahan tersebut maka solusinya adalah meningkatkan efisiensi penjadwalan pengiriman dengan mempertimbangkan kondisi *real-time* dan memastikan koordinasi yang baik dalam semua tahapan pengiriman

3. *Machine* (Mesin)

a) Keterlambatan fasilitas pengiriman

Berdasarkan hasil pengamatan/ observasi yang dilakukan, didapat bahwa fasilitas penanganan kargo terbatas, seperti kapasitas penyimpanan yang tidak mencukupi atau peralatan yang tidak memadai, ini dapat menyebabkan penumpukan. Dengan permasalahan tersebut maka solusinya adalah meningkatkan infrastruktur dan peralatan penanganan kargo.

b) Kurangnya perawatan mesin

Berdasarkan hasil pengamatan/ observasi yang dilakukan, didapat bahwa kondisi fasilitas penanganan kargo masih kurang dalam perawatannya, seperti rusak, menumpuk, ini dapat menyebabkan terhambatnya proses. Dengan permasalahan tersebut maka solusinya adalah meningkatkan infrastruktur dan memperbaiki peralatan penanganan kargo untuk memastikan kapasitas penyimpanan yang cukup dan efisiensi operasional yang lebih baik dalam mengelola aliran barang.

4. *Measure* (Pengukuran)

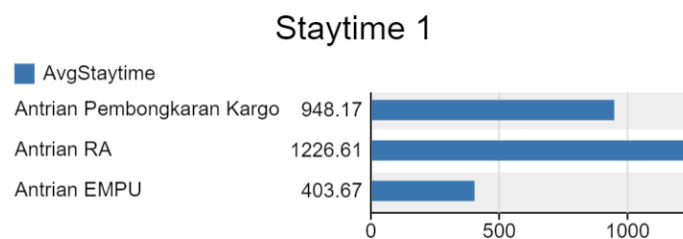
a) Kurangnya pengukuran dan pemantauan kinerja operasional

Berdasarkan hasil pengamatan/ observasi yang dilakukan, didapat bahwa tidak ada pengukuran yang memadai terhadap kinerja operasional, sulit untuk mengidentifikasi masalah dan melakukan perbaikan yang diperlukan secara tepat waktu. Dengan permasalahan tersebut maka solusinya adalah meningkatkan sistem pengukuran dan pemantauan kinerja operasional secara berkala.

BAB V PEMBAHASAN

5.1 Membangun Model Eksperimen

Setelah model simulasi dijalankan dan mengetahui permasalahan yang terjadi dari alur proses kargo logistik, maka selanjutnya adalah membuat model eksperimen berupa beberapa skenario dengan tujuan untuk memberikan usulan perbaikan yang dapat mengatasi *waste waiting* atau waktu tunggu pada setiap barang.

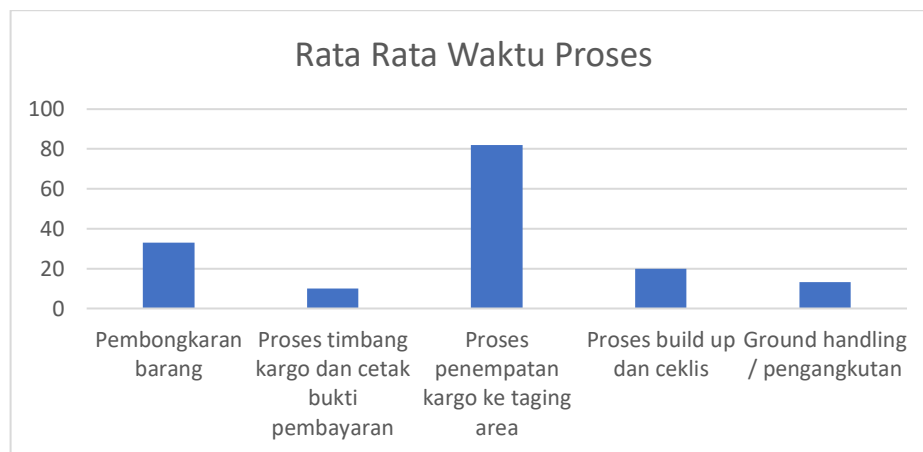


Gambar 5. 1 Hasil Rata Rata Waktu Tunggu

Berdasarkan hasil model simulasi awal didapatkan rata – rata waktu tunggu pada setiap *workstation* yaitu pada antrian RA sebesar 1226,61 detik, antrian pembongkaran kargo sebesar 948 detik, dan antrian EMPU sebesar 403 detik. Dari ketiga antrian tersebut yaitu antrian pembongkaran kargo yang mempengaruhi alur proses untuk barang di simpan pada gudang akhir kargo. Pada antrian kargo terdapat aktivitas/proses yang mempengaruhi yaitu Proses Pembongkaran Kargo, Proses Penimbangan dan Pengecekan Kargo, Proses Penempatan Kargo, Build Up, dan Ground Handling. Pada setiap proses mempunyai rata rata waktu proses yang berbeda. Berikut merupakan rata rata waktu proses pada setiap aktivitas di divisi kargo.

Tabel 5. 1 Rata – Rata Waktu Proses

No	Aktivitas	Rata Rata Waktu Proses
1	Pembongkaran barang	32.96667
2	Proses timbang kargo dan cetak bukti pembayaran	10.13333
3	Proses penempatan kargo ke tagging area	81.96667
4	Proses <i>build up</i> dan ceklis	20.03333

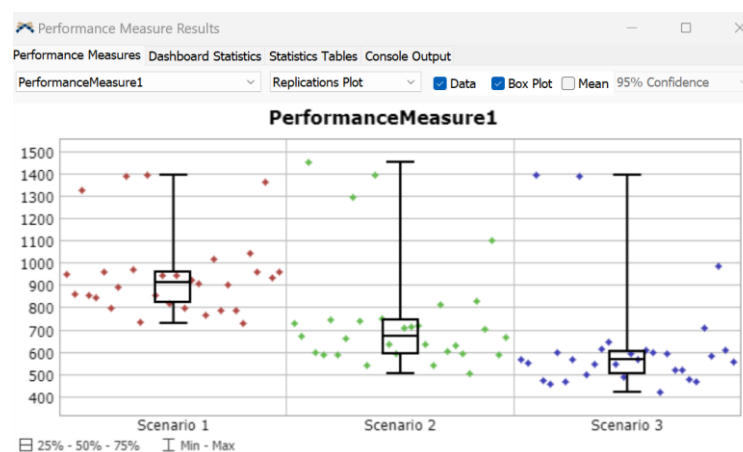


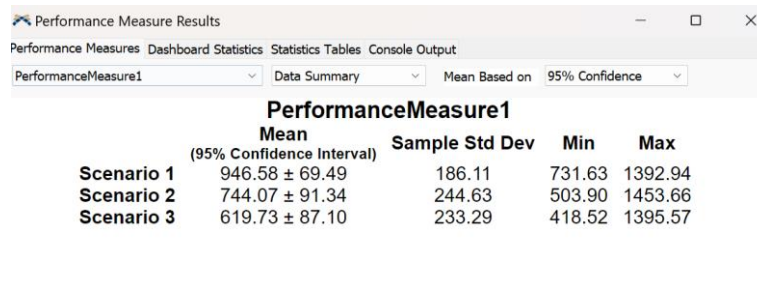
Gambar 5. 2 Rata – Rata Waktu Proses

Berdasarkan tabel dan grafik tersebut terlihat bahwa rata – rata waktu proses yang tertinggi pada proses penempatan kargo ke tagging area. Sehingga memerlukan peningkatan pada proses kargo yang mempengaruhi aktivitas di divisi kargo. Maka dari itu, dilakukan model eksperimen untuk mengurangi lamanya waktu tunggu dan waktu proses dari antrian pembongkaran kargo dengan membuat empat skenario sebagai berikut:

1. Model Skenario 1

Pada model skenario 1 ini memiliki skenario jumlah server pada proses pembongkaran kargo menjadi 2 dan 3. Berikut hasil eksperimen model skenario 1 :



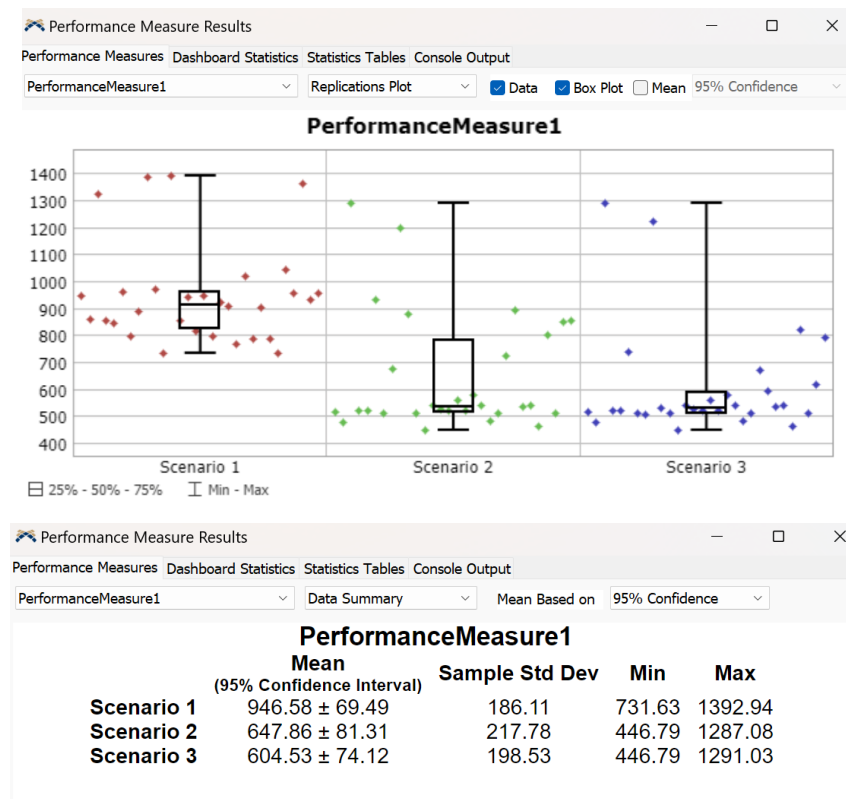


Gambar 5. 3 Hasil Eksperimen Model Skenario 1

Dari data diatas menunjukkan terjadinya penurunan waktu rata-rata menunggu barang dengan awal selama 946 detik, alternatif 1 selama 744 detik, dan alternatif 2 selama 619 detik dengan melakukan eksperimen penambahan server pembongkaran kargo.

2. Model Skenario 2

Pada model skenario 2 ini memiliki skenario jumlah server pada proses penimbangan dan pengecekan kargo menjadi 2 dan 3. Berikut hasil eksperimen model skenario 2 :



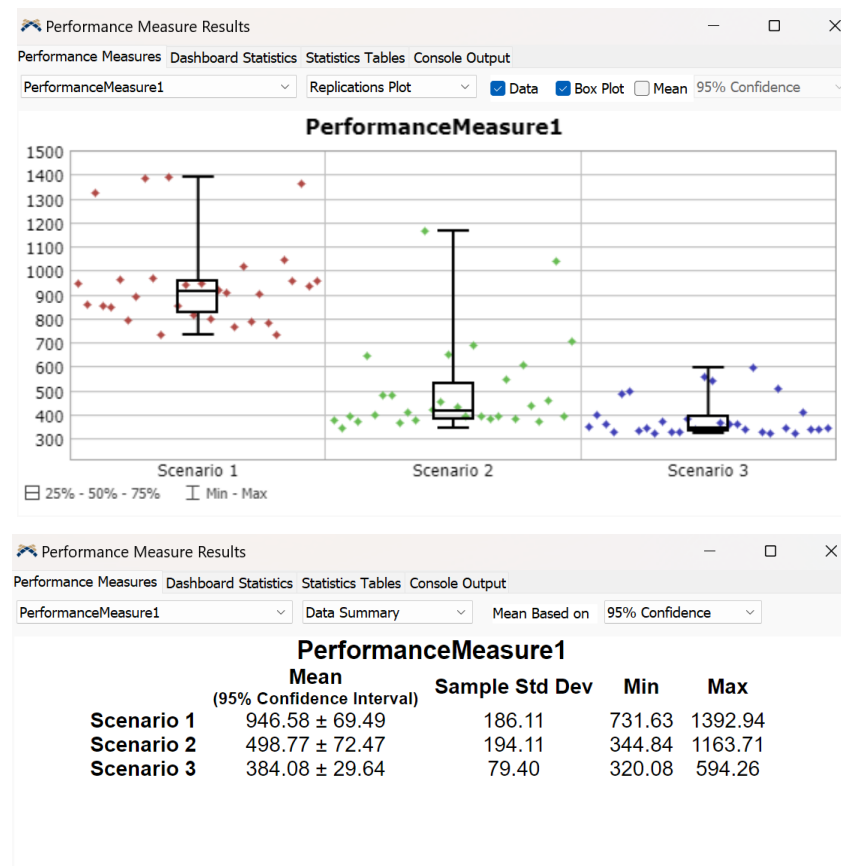
Gambar 5. 4 Hasil Eksperimen Model Skenario 2

Dari data diatas menunjukkan terjadinya penurunan waktu rata-rata menunggu barang dengan awal selama 946 detik, alternatif 1 selama 647 detik, dan alternatif

2 selama 604 detik dengan melakukan eksperimen penambahan server penimbangan dan pengecekan kargo.

3. Model Skenario 3

Pada model skenario 3 ini memiliki skenario jumlah server pada proses pembongkaran kargo dan proses penimbangan dan pengecekan kargo menjadi 2 dan 3. Berikut hasil eksperimen model skenario 3 :

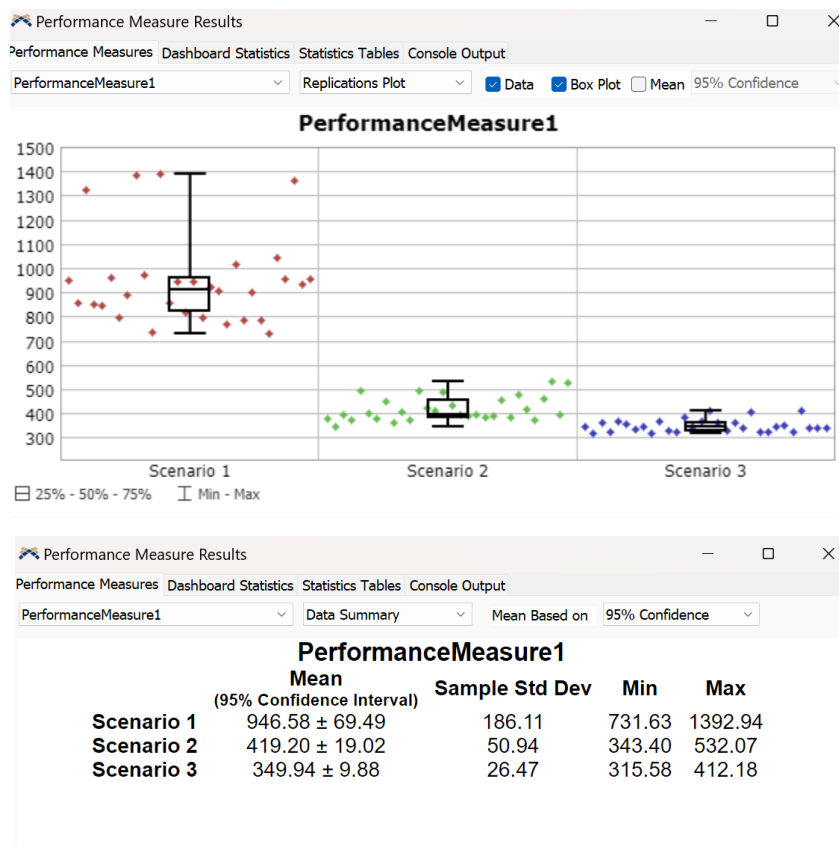


Gambar 5. 5 Hasil Eksperimen Model Skenario 3

Dari data diatas menunjukkan terjadinya penurunan waktu rata-rata menunggu barang dengan awal selama 946 detik, alternatif 1 selama 498 detik, dan alternatif 2 selama 384 detik dengan melakukan eksperimen penambahan server proses pembongkaran kargo dan proses penimbangan dan pengecekan kargo.

4. Model Skenario 4

Pada model skenario 4 ini memiliki skenario jumlah server pada proses pembongkaran kargo, proses penimbangan dan pengecekan kargo, dan proses penempatan kargo menjadi 2 dan 3. Berikut hasil eksperimen model skenario 4 :



Gambar 5. 6 Hasil Eksperimen Model Skenario 4

Dari data diatas menunjukkan terjadinya penurunan waktu rata-rata menunggu barang dengan awal selama 946 detik, alternatif 1 selama 419 detik, dan alternatif 2 selama 349 detik dengan melakukan eksperimen penambahan server server pada proses pembongkaran kargo, proses penimbangan dan pengecekan kargo, dan proses penempatan kargo.

5.2 Pemilihan Alternatif

Pemilihan alternatif dilakukan untuk menentukan apakah eksperimen yang dilakukan akan berdampak signifikan terhadap masalah antrian. Pada proses ini terdapat dua uji yaitu uji Anova untuk mengevaluasi rata-rata keseluruhan dari model awal dan setiap model alternatif, serta uji Bonferroni untuk menentukan signifikansi perbedaan antara dua atau lebih kelompok data.

5.2.1 Skenario 1

Pada model skenario 1 ini memiliki skenario jumlah server pada proses pembongkaran kargo menjadi 2 dan 3. Berikut hasil eksperimen model skenario 1 :

Tabel 5. 2 Data Hasil Eksperimen Model Skenario 1

Model Awal		Alternatif 1		Alternatif 2	
948.17	944.82	728.11	709.16	564.39	593.06
857.58	796.48	671.13	710.89	548.97	563.97
1325.43	921.63	1453.66	716.25	1395.57	606.2
854.21	907.53	598.04	637.19	471.67	596.63
846.68	766.99	586.71	538.9	454.6	418.52
960.82	1016.84	746.7	810.5	595.84	593.87
795.36	788.15	587.65	604.11	469.43	518.2
890.46	900.58	660.35	628.46	568.25	519.02
1387.18	784.87	1295.92	592.03	1387.65	476.5
970.63	731.63	741.16	503.9	495.9	465.77
734.59	1045.46	539.77	827.95	543.64	710.05
1392.94	957.61	1396.47	701.1	615.49	583.01
855.08	1362.2	749.71	1102.32	646.86	987.32
944.02	933.87	634.15	590.12	547.27	610.39
817.44	958.03	591.24	668.53	488.51	555.22

Tabel 5. 3 Uji Anova Model Skenario 1

<i>Source of Variation</i>	<i>SS</i>	<i>df</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>P-value</i>	<i>F crit</i>
<i>Between Groups</i>	1633009	2	816504.6	16.45023	8.72E-07	3.101296
<i>Within Groups</i>	4318231	87	49634.84			
Total	5951241	89				H0 DITOLAK

Berdasarkan uji tersebut, diketahui bahwa H0 ditolak, yang berarti terdapat perbedaan waktu rata-rata menunggu yang dipengaruhi oleh tiga model yaitu model awal, model alternatif 1, dan model alternatif 2. Hal tersebut disebabkan oleh nilai Fhitung (F) > Ftabel (F_{crit}) bernilai $16.45023 > 3.101296$. Oleh karena itu, pengujian dilanjutkan dengan uji Bonferroni, dengan langkah-langkah berikut:

Tabel 5. 4 Hasil Uji Bonferroni Model Skenario 1

	Model Awal	Alternatif 1
<i>Mean</i>	946.576	744.0727

<i>Variance</i>	34637.7	59843.26
<i>Observations</i>	30	30
<i>Pooled Variance</i>	47240.48	
<i>Hypothesized Mean Difference</i>	0	
<i>df</i>	58	
<i>t Stat</i>	3.60845	
<i>P(T<=t) one-tail</i>	0.000321	
<i>t Critical one-tail</i>	1.671553	
<i>P(T<=t) two-tail</i>	0.000643	
<i>t Critical two-tail</i>	2.001717	H0 DITERIMA

	Model Awal	Alternatif 2
<i>Mean</i>	946.576	619.7257
<i>Variance</i>	34637.7	54423.57
<i>Observations</i>	30	30
<i>Pooled Variance</i>	44530.64	
<i>Hypothesized Mean Difference</i>	0	
<i>df</i>	58	
<i>t Stat</i>	5.99881	
<i>P(T<=t) one-tail</i>	6.85E-08	
<i>t Critical one-tail</i>	1.671553	
<i>P(T<=t) two-tail</i>	1.37E-07	
<i>t Critical two-tail</i>	2.001717	H0 DITERIMA

	Alternatif 1	Alternatif 2
<i>Mean</i>	744.0727	619.7257
<i>Variance</i>	59843.26	54423.57
<i>Observations</i>	30	30
<i>Pooled Variance</i>	57133.42	
<i>Hypothesized Mean Difference</i>	0	
<i>df</i>	58	
<i>t Stat</i>	2.014818	
<i>P(T<=t) one-tail</i>	0.024284	
<i>t Critical one-tail</i>	1.671553	
<i>P(T<=t) two-tail</i>	0.048568	
<i>t Critical two-tail</i>	2.001717	H0 DITERIMA

Diketahui bahwa tingkat kepercayaan adalah 95%, sehingga tingkat kesalahan adalah 5%. Perbandingan dilakukan pada 3 model, sehingga tingkat kesalahan dibagi dengan banyaknya model menjadi 0,0167. Berdasarkan hasil uji Bonferroni, menunjukkan bahwa model alternatif 1 dan model alternatif 2 terhadap model awal, serta model alternatif 1 terhadap model alternatif 2 itu terdapat

perbedaan waktu rata-rata menunggu. Sehingga ketiganya menunjukkan hasil bahwa nilai $P(T \leq t) \text{ two tail} < \alpha/n$ maka dapat dikatakan bahwa H_0 diterima.

5.2.2 Skenario 2

Pada model skenario 2 ini memiliki skenario jumlah server pada proses penimbangan dan pengecekan kargo menjadi 2 dan 3. Berikut hasil eksperimen model skenario 2 :

Tabel 5. 5 Data Hasil Eksperimen Model Skenario 2

Model Awal		Alternatif 1		Alternatif 2	
948.17	944.82	518.51	560.75	518.51	560.75
857.58	796.48	476.52	520.37	476.52	520.37
1325.43	921.63	1287.08	579.52	1291.03	578.75
854.21	907.53	520.99	542.86	520.99	542.86
846.68	766.99	520.75	484.78	520.75	484.78
960.82	1016.84	932.28	510.77	738.64	510.77
795.36	788.15	512.36	726.11	512.36	670.8
890.46	900.58	676.07	892.99	508.03	594.11
1387.18	784.87	1197.09	533.45	1222.41	533.45
970.63	731.63	877.22	542.61	532.63	542.61
734.59	1045.46	511.68	462.27	511.68	462.27
1392.94	957.61	446.79	800.3	446.79	821.72
855.08	1362.2	539.72	513.72	539.72	513.72
944.02	933.87	526.03	847.95	526.03	620.14
817.44	958.03	522.03	852.28	522.03	790.73

Tabel 5. 6 Uji Anova Model Skenario 2

Source of Variation	SS	df	MS	F	P-value	F crit
Between Groups	2081021	2	1040510	25.69579	1.7E-09	3.101296
Within Groups	3522927	87	40493.41			
Total	5603948	89				

H0 DITOLAK

Berdasarkan uji tersebut, diketahui bahwa H_0 ditolak, yang berarti terdapat perbedaan waktu rata-rata menunggu yang dipengaruhi oleh tiga model yaitu

model awal, model alternatif 1, dan model alternatif 2. Hal tersebut disebabkan oleh nilai Fhitung (F) > Ftabel (F_{crit}) bernilai $25.69579 > 3.101296$. Oleh karena itu, pengujian dilanjutkan dengan uji Bonfferoni, dengan langkah-langkah berikut:

Tabel 5. 7 Hasil Uji Bonfferoni Skenario 2

	Model Awal	Alternatif 1
<i>Mean</i>	946.576	647.8617
<i>Variance</i>	34637.7	47427.66
<i>Observations</i>	30	30
<i>Pooled Variance</i>	41032.68	
<i>Hypothesized Mean Difference</i>	0	
<i>df</i>	58	
<i>t Stat</i>	5.711323	
<i>P(T<=t) one-tail</i>	2.03E-07	
<i>t Critical one-tail</i>	1.671553	
<i>P(T<=t) two-tail</i>	4.06E-07	
<i>t Critical two-tail</i>	2.001717	H0 DITERIMA

	Model Awal	Alternatif 2
<i>Mean</i>	946.576	604.5317
<i>Variance</i>	34637.7	39414.88
<i>Observations</i>	30	30
<i>Pooled Variance</i>	37026.29	
<i>Hypothesized Mean Difference</i>	0	
<i>df</i>	58	
<i>t Stat</i>	6.884508	
<i>P(T<=t) one-tail</i>	2.29E-09	
<i>t Critical one-tail</i>	1.671553	
<i>P(T<=t) two-tail</i>	4.58E-09	
<i>t Critical two-tail</i>	2.001717	H0 DITERIMA

	Alternatif 1	Alternatif 2
<i>Mean</i>	647.8617	604.5317
<i>Variance</i>	47427.66	39414.88
<i>Observations</i>	30	30
<i>Pooled Variance</i>	43421.27	
<i>Hypothesized Mean Difference</i>	0	
<i>df</i>	58	
<i>t Stat</i>	0.805347	
<i>P(T<=t) one-tail</i>	0.211954	
<i>t Critical one-tail</i>	1.671553	

$P(T \leq t)$ two-tail	0.423909
t Critical two-tail	2.001717 H0 DITOLAK

Diketahui bahwa tingkat kepercayaan adalah 95%, sehingga tingkat kesalahan adalah 5%. Perbandingan dilakukan pada 3 model, sehingga tingkat kesalahan dibagi dengan banyaknya model menjadi 0,0167. Berdasarkan hasil uji Bonferroni, menunjukkan bahwa model alternatif 1 dan model alternatif 2 terhadap model awal itu terdapat perbedaan waktu rata-rata menunggu sehingga keduanya menunjukkan hasil bahwa nilai $P(T \leq t)$ two tail $< \alpha/n$ maka dapat dikatakan bahwa H0 diterima, sedangkan model alternatif 1 terhadap model alternatif 2 itu tidak terdapat perbedaan waktu rata-rata menunggu sehingga menunjukkan hasil bahwa nilai $P(T \leq t)$ two tail $> \alpha/n$ maka dapat dikatakan bahwa H0 ditolak.

5.2.3 Alternatif 3

Pada model skenario 3 ini memiliki skenario jumlah server pada proses pembongkaran kargo dan proses penimbangan dan pengecekan kargo menjadi 2 dan 3. Berikut hasil eksperimen model skenario 3 :

Tabel 5. 8 Data Hasil Eksperimen Model Skenario 3

Model Awal		Alternatif 1		Alternatif 2	
948.17	944.82	375.7	433.38	347.67	540.14
857.58	796.48	344.84	393.18	400.96	363.92
1325.43	921.63	395.7	690.39	362.54	358.72
854.21	907.53	373.2	395.6	325.98	363.07
846.68	766.99	643.88	381.56	487.42	337.16
960.82	1016.84	398.28	391.34	495.15	594.26
795.36	788.15	482.04	548.32	331.59	325.39
890.46	900.58	481.28	381.27	344.06	320.08
1387.18	784.87	363.46	606.59	320.14	510.11
970.63	731.63	410.73	438.67	369.86	342.12
734.59	1045.46	376.53	372.57	328.11	322.4
1392.94	957.61	1163.71	461.04	325.48	409.96
855.08	1362.2	423.32	1039.06	381.44	340.27
944.02	933.87	452.29	392.59	339.08	337
817.44	958.03	648.48	704.12	555.52	342.86

Tabel 5. 9 Hasil Uji Anova Model Skenario 3

<i>Source of Variation</i>	<i>SS</i>	<i>df</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>P-value</i>	<i>F crit</i>
<i>Between Groups</i>	5300826	2	2650413	101.1354	2.01E-23	3.101296
<i>Within Groups</i>	2279972	87	26206.57			
Total	7580798	89				

Berdasarkan uji tersebut, diketahui bahwa H_0 ditolak, yang berarti terdapat perbedaan waktu rata-rata menunggu yang dipengaruhi oleh tiga model yaitu model awal, model alternatif 1, dan model alternatif 2. Hal tersebut disebabkan oleh nilai Fhitung (F) > Ftabel (F_{crit}) bernilai $101.1354 > 3.101296$. Oleh karena itu, pengujian dilanjutkan dengan uji Bonferroni, dengan langkah-langkah berikut:

Tabel 5. 10 Hasil Uji Bonferroni Model Skenario 3

	Model Awal	Alternatif 1
<i>Mean</i>	946.576	498.7707
<i>Variance</i>	34637.7	37677.87
<i>Observations</i>	30	30
<i>Pooled Variance</i>	36157.78	
<i>Hypothesized Mean Difference</i>	0	
<i>df</i>	58	
<i>t Stat</i>	9.120822	
<i>P(T<=t) one-tail</i>	4.19E-13	
<i>t Critical one-tail</i>	1.671553	
<i>P(T<=t) two-tail</i>	8.38E-13	
<i>t Critical two-tail</i>	2.001717	H0 DITERIMA

	Model Awal	Alternatif 2
<i>Mean</i>	946.576	384.082
<i>Variance</i>	34637.7	6304.143
<i>Observations</i>	30	30
<i>Pooled Variance</i>	20470.92	
<i>Hypothesized Mean Difference</i>	0	
<i>df</i>	58	
<i>t Stat</i>	15.22632	
<i>P(T<=t) one-tail</i>	3.17E-22	
<i>t Critical one-tail</i>	1.671553	
<i>P(T<=t) two-tail</i>	6.34E-22	
<i>t Critical two-tail</i>	2.001717	H0 DITERIMA

	Alternatif 1	Alternatif 2
<i>Mean</i>	498.7707	384.082
<i>Variance</i>	37677.87	6304.143
<i>Observations</i>	30	30
<i>Pooled Variance</i>	21991.01	
<i>Hypothesized Mean Difference</i>	0	
<i>df</i>	58	
<i>t Stat</i>	2.995323	
<i>P(T<=t) one-tail</i>	0.002014	
<i>t Critical one-tail</i>	1.671553	
<i>P(T<=t) two-tail</i>	0.004027	
<i>t Critical two-tail</i>	2.001717	H0 DITERIMA

Diketahui bahwa tingkat kepercayaan adalah 95%, sehingga tingkat kesalahan adalah 5%. Perbandingan dilakukan pada 3 model, sehingga tingkat kesalahan dibagi dengan banyaknya model menjadi 0,0167. Berdasarkan hasil uji Bonferroni, menunjukkan bahwa model alternatif 1 dan model alternatif 2 terhadap model awal, serta model alternatif 1 terhadap model alternatif 2 itu terdapat perbedaan waktu rata-rata menunggu. Sehingga ketiganya menunjukkan hasil bahwa nilai $P(T \leq t) \text{ two tail} < \alpha/n$ maka dapat dikatakan bahwa H_0 diterima.

5.2.4 Alternatif 4

Pada model skenario 4 ini memiliki skenario jumlah server pada proses pembongkaran kargo, proses penimbangan dan pengecekan kargo, dan proses penempatan kargo menjadi 2 dan 3. Berikut hasil eksperimen model skenario 4 :

Tabel 5. 11 Data Hasil Eksperimen Model Skenario 4

Model Awal		Alternatif 1		Alternatif 2	
948.17	944.82	375.7	433.38	347.67	412.18
857.58	796.48	343.4	393.18	315.58	363.92
1325.43	921.63	395.7	391.48	362.54	328.56
854.21	907.53	373.2	395.6	325.98	363.07
846.68	766.99	496.27	381.56	365.14	337.16
960.82	1016.84	398.28	391.34	357.02	407.37
795.36	788.15	377.41	454.99	336.36	325.39
890.46	900.58	451.2	381.27	348.12	324.23
1387.18	784.87	363.46	477.39	317.25	343.23
970.63	731.63	405.56	414.89	367.94	349.56

734.59	1045.46	375.59	371.36	328.11	322.4
1392.94	957.61	494.96	461.04	325.48	409.96
855.08	1362.2	423.32	532.07	381.44	340.27
944.02	933.87	411.85	392.59	344.96	339.65
817.44	958.03	490.69	527.21	367.68	339.89

Tabel 5. 12 Hasil Uji Anova Model Skenario 4

<i>Source of Variation</i>	<i>SS</i>	<i>df</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>P-value</i>	<i>F crit</i>
<i>Between Groups</i>	6389027	2	3194514	252.6445	5.81E-37	3.101296
<i>Within Groups</i>	1100054	87	12644.3			
Total	7489082	89		H0 DITOLAK		

Berdasarkan uji tersebut, diketahui bahwa H0 ditolak, yang berarti terdapat perbedaan waktu rata-rata menunggu yang dipengaruhi oleh tiga model yaitu model awal, model alternatif 1, dan model alternatif 2. Hal tersebut disebabkan oleh nilai Fhitung (F) > Ftabel (F_{crit}) bernilai $252.6445 > 3.101296$. Oleh karena itu, pengujian dilanjutkan dengan uji Bonferroni, dengan langkah-langkah berikut:

Tabel 5. 13 Hasil Uji Bonferroni Model Skenario 4

	Model Awal	Alternatif 1
<i>Mean</i>	946.576	419.198
<i>Variance</i>	34637.7	2594.621
<i>Observations</i>	30	30
<i>Pooled Variance</i>	18616.16	
<i>Hypothesized Mean Difference</i>	0	
<i>df</i>	58	
<i>t Stat</i>	14.97003	
<i>P(T<=t) one-tail</i>	6.97E-22	
<i>t Critical one-tail</i>	1.671553	
<i>P(T<=t) two-tail</i>	1.39E-21	
<i>t Critical two-tail</i>	2.001717	H0 DITERIMA

	Model Awal	Alternatif 2
<i>Mean</i>	946.576	349.937
<i>Variance</i>	34637.7	700.5913
<i>Observations</i>	30	30
<i>Pooled Variance</i>	17669.15	
<i>Hypothesized Mean Difference</i>	0	
<i>df</i>	58	

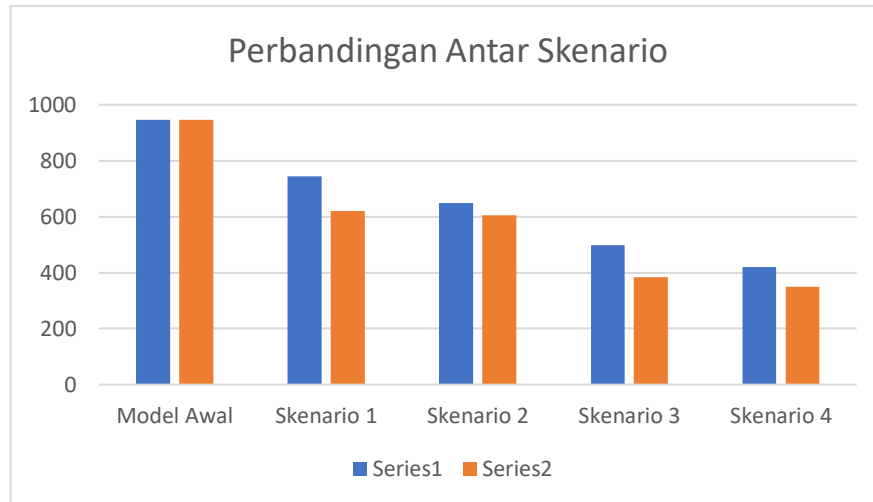
<i>t Stat</i>	17.38399	
<i>P(T<=t) one-tail</i>	5.67E-25	
<i>t Critical one-tail</i>	1.671553	
<i>P(T<=t) two-tail</i>	1.13E-24	
<i>t Critical two-tail</i>	2.001717	H0 DITERIMA

	Alternatif 1	Alternatif 2
<i>Mean</i>	419.198	349.937
<i>Variance</i>	2594.621	700.5913
<i>Observations</i>	30	30
<i>Pooled Variance</i>	1647.606	
<i>Hypothesized Mean Difference</i>	0	
<i>df</i>	58	
<i>t Stat</i>	6.608572	
<i>P(T<=t) one-tail</i>	6.64E-09	
<i>t Critical one-tail</i>	1.671553	
<i>P(T<=t) two-tail</i>	1.33E-08	
<i>t Critical two-tail</i>	2.001717	H0 DITERIMA

Diketahui bahwa tingkat kepercayaan adalah 95%, sehingga tingkat kesalahan adalah 5%. Perbandingan dilakukan pada 3 model, sehingga tingkat kesalahan dibagi dengan banyaknya model menjadi 0,0167. Berdasarkan hasil uji Bonferroni, menunjukkan bahwa model alternatif 1 dan model alternatif 2 terhadap model awal, serta model alternatif 1 terhadap model alternatif 2 itu terdapat perbedaan waktu rata-rata menunggu. Sehingga ketiganya menunjukkan hasil bahwa nilai $P(T \leq t) \text{ two tail} < \alpha/n$ maka dapat dikatakan bahwa H0 diterima.

5.3 Perbandingan

Setelah melakukan desain eksperimen dan didapatkan hasil waktu tunggu setiap skenario dan masing masing alternatif, maka dapat dibandingkan antar setiap model skenario sebagai berikut :



Gambar 5. 7 Perbandingan Antar Skenario

Berdasarkan hasil grafik perbandingan antar skenario, maka dapat terlihat bahwa setiap skenario mengalami penurunan rata rata waktu tunggu barang dari model awal atau kondisi awalnya. Pada setiap skenario, jika dimplementasikan maka masing masing skenario terdapat konsekuensi yang terjadi. Berikut merupakan konsekuensi setiap skenario :

Tabel 5. 14 Konsekuensi Setiap Skenario

Jenis	Penambahan	Penurunan Waktu	Konsekuensi
Skenario 1	Pembongkaran Kargo menjadi 2	Semula : 946,576 detik Perubahan : 744,072 detik Penurunan : 21% (202,503 detik)	1. Jumlah operator yang memproses pembongkaran bertambah menjadi 2 orang 2. Harus menyediakan lahan untuk pembongkaran
	Pembongkaran Kargo menjadi 3	Semula : 946,576 detik Perubahan : 619,725 detik Penurunan : 35% (326,850 detik)	1. Jumlah operator yang memproses pembongkaran bertambah menjadi 3 orang 2. Harus menyediakan lahan untuk pembongkaran yang lebih luas 3. Pengeluaran upah operator lebih banyak

Jenis	Penambahan	Penurunan Waktu	Konsekuensi
	Penimbangan dan Pengecekan menjadi 2	Semula : 946,576 detik Perubahan : 647,861 detik Penurunan : 32% (298,714 detik)	<ol style="list-style-type: none"> 1. Jumlah admin yang memproses penimbangan dan pengecekan bertambah menjadi 2 orang 2. Harus menyediakan lahan untuk penimbangan 3. Harus menambahkan timbangan sebanyak 1 buah
Skenario 2	Penimbangan dan Pengecekan menjadi 3	Semula : 946,576 detik Perubahan : 604,531 detik Penurunan : 36% (342,044 detik)	<ol style="list-style-type: none"> 1. Jumlah admin yang memproses penimbangan dan pengecekan bertambah menjadi 3 orang 2. Harus menyediakan lahan untuk penimbangan yang lebih luas 3. Harus menambahkan timbangan sebanyak 2 buah 4. Jumlah upah operator dan biaya pembelian lebih banyak
	Pembongkaran Kargo & Penimbangan dan Pengecekan menjadi 2	Semula : 946,576 detik Perubahan : 498,770 detik Penurunan : 47% (447,805 detik)	<ol style="list-style-type: none"> 1. Jumlah admin yang memproses pembongkaran & penimbangan dan pengecekan bertambah masing-masing menjadi 2 orang 2. Harus menyediakan lahan untuk pembongkaran dan penimbangan yang lebih luas 3. Harus menambahkan timbangan sebanyak 1 buah 4. Jumlah upah operator dan biaya pembelian
Skenario 3	Pembongkaran Kargo & Penimbangan dan	Semula : 946,576 detik Perubahan : 384,082 detik	<ol style="list-style-type: none"> 1. Jumlah admin yang memproses pembongkaran & penimbangan dan pengecekan bertambah masing-masing menjadi 3 orang

Jenis	Penambahan	Penurunan Waktu	Konsekuensi
	Pengecekan menjadi 3	Penurunan : 59% (562,494 detik)	<ol style="list-style-type: none"> 2. Harus menyediakan lahan untuk pembongkaran dan penimbangan yang lebih luas 3. Harus menambahkan timbangan sebanyak 2 buah 4. Jumlah upah operator sebanyak 6 operator dan biaya pembelian lebih banyak
	Pembongkaran Kargo, Penimbangan dan Pengecekan, dan Penempatan Kargo menjadi 2	Semula : 946,576 detik Perubahan : 419,198 detik Penurunan : 56% (527,378 detik)	<ol style="list-style-type: none"> 1. Jumlah admin yang memproses pembongkaran & penimbangan dan pengecekan, dan penempatan kargo bertambah masing-masing menjadi 2 orang 2. Harus menyediakan lahan untuk pembongkaran, penimbangan, dan penempatan yang lebih luas 3. Harus menambahkan timbangan sebanyak 1 buah 4. Jumlah upah operator sebanyak 6 operator dan biaya pembelian lebih banyak
Skenario			
4	Pembongkaran Kargo, Penimbangan dan Pengecekan, dan Penempatan Kargo menjadi 3	Semula : 946,576 detik Perubahan : 349,937 detik Penurunan : 63% (596,639 detik)	<ol style="list-style-type: none"> 1. Jumlah admin yang memproses pembongkaran & penimbangan dan pengecekan, dan penempatan kargo bertambah masing-masing menjadi 3 orang 2. Harus menyediakan lahan untuk pembongkaran, penimbangan, dan penempatan yang lebih luas 3. Harus menambahkan timbangan sebanyak 2 buah

Jenis	Penambahan	Penurunan Waktu	Konsekuensi
			4. Jumlah upah operator sebanyak 9 operator dan biaya pembelian lebih banyak

Berdasarkan hasil grafik dan konsekuensi setiap skenario, maka akan dipilih skenario terbaik yang lebih efektif dan efisien untuk diberikan kepada PT Angkasa Pura sebagai usulan perbaikan guna meningkatkan performansi kegiatan kargo. Pemilihan ini dilakukan secara subjektif dengan hasil pilihan adalah model skenario 3 dan alternatif 1 dengan pertimbangan sebagai berikut :

Tabel 5. 15 Pertimbangan Setiap Skenario

Model Skenario	Pertimbangan
Skenario 1	Penerapan ini bisa mengakibatkan banyaknya antrian untuk penimbangan karena hanya terdapat 1 timbangan.
Skenario 2	Penerapan ini bisa di terapkan tetapi jika proses pembongkaran tidak cepat maka timbangan lainnya akan menganggur.
Skenario 3	Penerapan ini sangat mungkin untuk diterapkan karena jumlah pembongkaran dan penimbangan seimbang. Terlihat penurunan waktu tunggu juga cukup tinggi.
Skenario 4	Penerapan ini lebih sulit diterapkan karena membutuhkan luas tempat yang lebih dan jumlah operator yang semakin banyak di tambahkan

5.4 Kelemahan Penelitian

Pada penelitian ini terdapat kelemahan yang bisa ditingkatkan oleh peneliti berikutnya. Berikut merupakan kelemahan penelitian ini sebagai berikut :

1. Penelitian ini mengusulkan perbaikan di workstation kargo divisi outgoing saja sehingga tidak relevan untuk divisi atau area lainnya.
2. Penelitian ini hanya dilakukan pada waktu waktu sibuk sehingga hasil mungkin tidak mencerminkan kondisi normal.
3. Penelitian ini menggunakan metode simulasi flexsim saja, sehingga tidak memberikan gambaran lengkap, dengan batasan Flexsim.

4. Penelitian ini hanya mengukur waktu antrian sehingga tidak mempertimbangkan faktor lain seperti kualitas keseluruhan proses, biaya dan efisiensi keseluruhan.

BAB VI

PENUTUP

6.1 Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Alur proses kargo yang dilakukan itu melewati 3 *workstation* dengan tugas dan fungsi yang berbeda. Hasil observasi dan analisis sistem yang dilakukan terdapat penumpukan yang terjadi pada alur proses kargo. Berdasarkan hasil perbandingan dengan model simulasi didapatkan rata-rata waktu tunggu / antrian pada setiap workstation yaitu pada antrian RA sebesar 1226,61 detik, antrian pembongkaran kargo sebesar 948 detik, dan antrian EMPU sebesar 403 detik. Dari ketiga antrian tersebut yaitu antrian pembongkaran kargo yang mempengaruhi alur proses untuk barang di simpan pada gudang akhir kargo. Setelah itu diberikan model eksperimen untuk mengurangi lamanya waktu tunggu dari proses pembongkaran kargo.
2. Setelah dilakukan desain eksperimen menggunakan model simulasi didapatkan empat skenario alternatif/usulan perbaikan yang mampu mengurangi waktu tunggu barang. Empat skenario alternatif yang diusulkan adalah pada skenario 1 yaitu dengan menambahkan jumlah server pada proses pembongkaran kargo, skenario 2 yaitu penambahan jumlah server pada proses penimbangan dan pengecekan kargo, skenario 3 yaitu penambahan jumlah server masing masing pada proses pembongkaran kargo dan proses penimbangan dan pengecekan kargo, dan skenario 4 yaitu penambahan jumlah server masing masing pada proses pembongkaran kargo, proses penimbangan dan pengecekan kargo, dan proses penempatan kargo. Setelah itu dilakukan pengujian dengan uji t-test untuk membuktikan bahwa keempat model skenario tersebut mampu mengurangi waktu tunggu barang dengan rata rata waktu awal selama 946 detik. Pada skenario 1 menunjukkan terjadinya penurunan alternatif 1 menjadi 744 detik, dan alternatif 2 selama 619 detik, skenario 2 menunjukkan terjadinya penurunan alternatif 1 selama 647 detik, dan alternatif 2 selama 604 detik, skenario 3 menunjukkan terjadinya penurunan alternatif 1 selama 498 detik, dan alternatif 2 selama 384 detik, dan skenario 4 menunjukkan terjadinya penurunan alternatif 1 selama 419

detik, dan alternatif 2 selama 349 detik. Setelah dilakukan perbandingan antar skenario didapatkan bahwa setiap skenario mengalami penurunan rata rata waktu tunggu barang dari model awal atau kondisi awalnya dan setiap skenario memiliki konsekuensi masing masing, maka akan dipilih skenario terbaik yang lebih efektif dan efisien untuk diberikan kepada PT Angkasa Pura sebagai usulan perbaikan guna meningkatkan performansi kegiatan kargo. Pemilihan ini dilakukan secara subjektif dengan hasil pilihan adalah model skenario 3 dan alternatif 1.

6.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian ini maka dapat diberikan saran sebagai berikut :

1. Bagi Perusahaan PT Angkasa Pura Logistik
 - a. Perusahaan dapat mempertimbangkan usulan perbaikan yang telah dibuat untuk mengurangi rata rata waktu tunggu.
 - b. Perusahaan dapat mengimplementasikan usulan perbaikan yang terbaik untuk meningkatkan performansi aliran proses.
 - c. Perusahaan dapat mengatur sistem penjadwalan pendaftaran pengiriman kargo yang baik untuk mengurangi penumpukan barang, kesalahan pengiriman, dan keterlambatan pengiriman.
 - d. Perusahaan dapat meningkatkan ketegasan kepada operator terkait SOP yang telah di tentukan serta melakukan integrasi antara peraturan dan prosedur yang ada di PT Angkasa Pura Logiastik.
2. Bagi Peneliti Selanjutnya

Pada penelitian ini masih terdapat kelemahan, maka dari itu peneliti berikutnya dapat mengembangkan dan meneliti lebih lanjut dengan objek/ketentuan yang berbeda sehingga dapat meningkatkan efisiensi dalam aliran proses kargo logistik

DAFTAR PUSTAKA

- Adi, J., & Ari, Z.-F. (2022). ANALISIS PENGENDALIAN KUALITAS UNTUK MENGURANGI CACAT PRODUK DENGAN METODE SIX SIGMA DI UMKM MAKMUR SANTOSA. *Jurnal Cakrawala Ilmiah*.
- Amy, H., HeYau, K., & ChongLin, C. (2021). Multi-Objective Assembly Line Balancing Problem with Setup Times Using Fuzzy Goal Programming and Genetic Algorithm. *Symmetry Journal*.
- Anindya, R., & Benazir, I. (2020). Peningkatan Produktivitas IKM melalui Perbaikan Keseimbangan Lintasan. *Jurnal SENOPATI*.
- Bahariandi, A. P., Elsyah, P., & Sri, Z. (2023). Pemodelan Simulasi untuk Mengurangi Antrian pada Fasilitas Layanan Kesehatan . *Jurnal Surya Teknika*, 912-916.
- Bung, W. K., Ezutah, U., & Zuliani, Z. (2021). Redesigning of Lamp Production Assembly Line. *International Conference on Industrial Engineering and Operations Management*.
- Dalong, L., Yanfang, P., & Liwei, L. (2021). Logistics Engineering Simulation Using Computer 3D Modeling Technology. *Journal of Physics: Conference Series*, 1-8.
- Dede, R., Marjuki, Z., Rini, A., Edi, S., & Muhammad, S. (2020). Re-Layout Fasilitas Produksi dengan Metode Line Balancing untuk Meningkatkan Produktivitas Di PT. Kmk Global Sports. *JITMI Vol.3*.
- Indra, R., Nuraini, S., & Roni, H. (2021). Implementasi Aplikasi Kargo Darat Ritel menggunakan Metode Incremental PT. Pos Logistik Indonesia. *Jurnal Teknik Informatika, Vol. 13*.
- Lioni, L., Kenny, Kellyn, C., Kurniawan, H., & Handi, W. N. (2024). Analisa Komparatif Model dari Sistem Supermarket Menggunakan Flexim. *SCIENTIFIC LITERACY INNOVATION AND TECHNOLOGY JOURNAL (SINOVITECH)*, Vol. 01 No. 01, 14-20.
- Lira, A., Aji, E., Peppy, F., & Ryan, F. (2021). Model Kajian Kompetensi Pegawai, Efektivitas Peralatan Ground Support Equipment dan Kepuasan Kerja Terhadap Kualitas Pelayanan PT. Jasa Angkasa Semesta. *Jurnal Transportasi, Logistik, dan Aviassi*, 41-54.
- Liu, Y., & Wang, Q. (2020). Research on Simulation and Optimization of Warehouse Logistics Based on Flexsim. *International Conference on Industrial Technology and Management*, 288-293.
- muhamma, & Susanti, A. (2021). ANALISIS UJI PETIK KERJA (WORK SAMPLING) PADA PROSES PRODUKSI KERIPIK KELADI KARMILA DI KOTA SORONG . *Jurnal Teknik Industri Vol 7*, 42-49.

- Nicolae, M., & Adrian, S. (2023). Simulating and Improvement a Warehouse Flow Using FlexSim Application. *SCIENTIFIC BULLETIN, Serie C, Fascicle: Mechanics, Tribology, Machine Manufacturing Technology*, 34-37.
- Nithish, K., Mohan, R., & Gobinath, N. (2021). Improvement in production line efficiency of hemming unit using line. *International Conference on Processing and Fabrication of Advanced Materials*.
- Olivia, O., & Suprpti. (2022). The Effect of Service Excellent Ground Handling Officers on Passenger Satisfaction at Sultan Babullah Airport Ternate. *Jurnal Multidisiplin Madani (MUDIMA)*, 2123-2136.
- Punna, R., Nallusamy, S., & Raman, P. (2022). Enhancement of Production in Subassembly Line of a Medium Scale Industry Using Different Lean Tools and Flexsim Simulation Software. *International Journal of Engineering Research in Africa*, 229-239.
- Qiang, C., Hongchao, S., Hongyan, C., Zhifeng, L., Caixia, Z., & Jiaxiang, R. (2020). Research on Logistics Simulation and Optimization of Die Forging Production Line Based on Flexsim. *Journal of Physics: Conference Series*.
- Sun, P., Zhang, Y., Wu, X., Du, J., Hou, R., & Liu, J. (2024). SIMULATION AND ANALYSIS OF A PREEMPTIVE TRANSPORTATION MODEL USING FLEXSIM SOFTWARE. *International Journal of Simulation Modelling (IJSIMM)*, 335-346.
- Wei, L., & Jiaying, L. (2022). Research on Simulation and Optimization of Production Line Based on Flexsim. *Forest Chemicals Review*, Page No. 1969-1985.
- Willy, H., & Sari, N. (2024). PENANGANAN KARGO GENCO DAN PENGENDALIAN KEAMANAN PENGANGKUTAN TERHADAP SUPPLY CHAIN MANAGEMENT KARGO DAN POS DI YOGYAKARTA INTERNATIONAL AIRPORT. *JURNAL ILMIAH M-PROGRESS*.
- Yuli, S., Dwi, N., & Jazuli. (2021). Usulan Perbaikan untuk Mengurangi Pemborosan dengan Pendekatan Lean Six Sigma. *Applied Industrial Engineering Journal, Vol. 05, No. 01*, 19-29.

LAMPIRAN

1. Surat Penelitian



Nomor : 8/penelitian TA/Sek.Prodi.S1/20/TI/1/2023
 Lampiran : -
 Hal : Permohonan ijin penelitian tugas akhir

Kepada Yth.

Bapak Rudy Artha (General Manager Bandar Udara YIA Yogyakarta)
 c.q. **Bapak Achmad Agung** (Airport Commercial Senior Manager)
Bapak Faizal Mifta Imawan (Airport Aeronautical Manager)

Assalamu 'alaikum wr. wb

Berkaitan dengan kegiatan penelitian mahasiswa Prodi Teknik Industri Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia yaitu

No	Nama Mahasiswa	NIM	Penelitian
1.	Rizky Miftahul Jannah, Muhammad	20522139,	SLA, K3, Beban Kerja, Line
2.	Hafidz Munawar	20522136,	Cargo Balancing, Optimasi
3.	Brilliana Almeria Hasna, Muhamad	20522138,	
4.	Vito Ahlul Husain Firdaus,	20522019,	
5.	Melly Herliyati Utami	20522027	

Maka bersama ini kami memohon kepada Bapak/Ibu untuk memberikan ijin kepada Mahasiswa tersebut untuk melakukan penelitian di instansi yang Bapak/Ibu pimpin.

Demikianlah surat permohonan ini kami sampaikan, atas perhatian dan kerjasamanya kami ucapkan terima kasih.

Wassalamu 'alaikum wr. wb.

Yogyakarta, 10 Rajab 1445 H
 22 Januari 2024 M

Sek. Prodi S1 Teknik Industri

 Amalia Dila Sari, S.T., M.Sc.


2. Foto Kegiatan

