

**ANALISIS SKENARIO ALOKASI SUMBER DAYA OPERATOR
UNTUK MENINGKATKAN KINERJA LINI BLANKING
MENGUNAKAN PENDEKATAN SIMULASI FLEXSIM.**

TUGAS AKHIR

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



Nama : Muh Rifki Dwi Nugraha
No. Mahasiswa : 22522093

**PROGRAM STUDI TEKNIK INDUSTRI PROGRAM SARJANA
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA
2026**

PERNYATAAN KEASLIAN

Saya mengakui bahwa tugas akhir ini adalah hasil karya saya sendiri kecuali kutipan dan ringkasan yang seluruhnya sudah saya jelaskan sumbernya. Jika dikemudian hari ternyata terbukti pengakuan saya ini tidak benar dan melanggar peraturan yang sah maka saya bersedia ijazah yang telah saya terima ditarik kembali oleh Universitas Islam Indonesia.

Yogyakarta, 15 Mei 2026



A handwritten signature in black ink, appearing to be "Muh Rifki Dwi Nugraha", with a long horizontal line extending from the bottom.

(Muh Rifki Dwi Nugraha)
22522093

SURAT BUKTI PENELITIAN

Jakarta, 9 Oktober 2025

Nomor : 4776/00/CCR/2025
Perihal : Konfirmasi Persetujuan Permohonan Kerja Praktik an Muh Rifki Dwi Nugraha dan
Athalla Syifa Ashari
Lampiran : 1 (satu) halaman

Yang Terhormat,
DProf. Dr. Ir. Hari Purnomo, M.T., IPU, ASEAN. Eng
Dekan Fakultas Teknologi Industri
Universitas Islam Indonesia
di tempat

Menunjuk surat nomor 546/Dek-FT/SPP/IX/2025 tanggal 30 September 2025, perihal tersebut pada pokok surat untuk siswa sebagai berikut:

No	Nama	NPM	Jadwal Kerja Praktik	Lokasi
1	Muh Rifki Dwi Nugraha	22522093	1 Oktober – 31 Oktober 2025	<i>Maufacturing</i>
2	Athalla Syifa Ashari	22522094	1 Oktober – 31 Oktober 2025	<i>Maufacturing</i>

Dengan ini kami sampaikan bahwa pada prinsipnya Manajemen PT ANTAM Tbk dapat menyetujui permohonan dimaksud dengan persyaratan sebagai berikut :

1. Mahasiswa wajib mentaati semua peraturan Perusahaan, termasuk jadwal kerja yang berlaku di PT ANTAM Tbk.
2. Berkaitan dengan pelaksanaan kegiatan magang di PT ANTAM Tbk. Berikut disampaikan persyaratan dalam pelaksanaan kegiatan magang:
 - a. Peserta sudah melaksanakan vaksin Covid-19 lengkap dan *booster* dengan memperlihatkan sertifikat vaksin atau lewat aplikasi Peduli Lindungi;
 - b. Peserta dalam kondisi sehat/ tidak sedang bergejala sakit dan/ atau sakit (terutama sedang demam, batuk, flu, diare, sesak nafas, ataupun gejala lainnya);
 - c. Peserta dapat melaksanakan magang sesuai ketentuan yang berlaku di lokasi praktik kerja dan harus dengan pendampingan *user/mentor* (sesuai dengan

PT ANTAM Tbk
Gedung ANTAM Tower A
Jl. Lejen, TB Simatupang No.1
Lingkar Selatan, Tanjung Barat, Jakarta 12530
T: (6221) 789-1234
F: (6221) 789-1224
www.antam.com



- jadwal mentor); dan
- d. Mengikuti protokol kesehatan yang berlaku di perusahaan dan pemerintah daerah setempat secara ketat.
3. Mahasiswa **wajib mengisi Formulir Komitmen Jaminan Menjaga Kerahasiaan Data dan Informasi** yang disediakan oleh PT ANTAM Tbk **sebelum pelaksanaan kerja praktik**.
4. Setelah menyelesaikan kerja praktik, mahasiswa wajib mengirimkan laporan kerja praktik dalam bentuk *soft file* (PDF) kepada PT ANTAM Tbk.
5. Untuk jadwal dan teknis pelaksanaan yang bersangkutan dapat langsung menghubungi **Santri Genta Jannah (0857-1087-2303)** pada hari kerja di jam **08.00 s.d 16.00 WIB**

Demikian disampaikan, atas perhatiannya kami ucapkan terima kasih.

CSR & External Relation Division Head



Yulan Kustiyan
NPP. 1005806990

Tembusan:
General Manager Logam Mulia

PT ANTAM Tbk
Gedung ANTAM Tower A
Jl. Lingsat, TB Simatupang No.1
Lingsat Selatan, Tanjung Barat, Jakarta 12530
T (6221) 789-1234
F (6221) 789-1224
www.antam.com



LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING

**ANALISIS SKENARIO ALOKASI SUMBER DAYA OPERATOR
UNTUK MENINGKATKAN KINERJA LINI BLANKING
MENGUNAKAN PENDEKATAN SIMULASI FLEXSIM**



Yogyakarta, 15 Mei 2026

Dosen Pembimbing

(Ir. Elanjati Worldailmi, S.T., M.Sc., IPM, ASEAN Eng)

LEMBAR PENGESAHAN DOSEN PENGUJI**ANALISIS SKENARIO ALOKASI SUMBER DAYA OPERATOR
UNTUK MENINGKATKAN KINERJA LINI BLANKING
MENGUNAKAN PENDEKATAN SIMULASI FLEXSIM****TUGAS AKHIR****Disusun Oleh :****Nama : Muh Rifki Dwi Nugraha****No. Mahasiswa : 22 522 093**

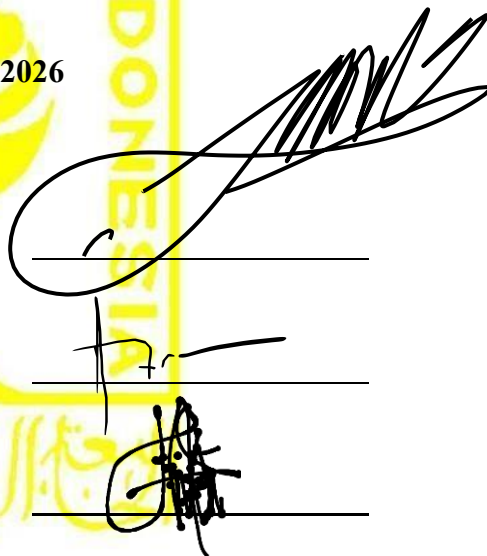
**Telah dipertahankan di depan sidang penguji sebagai salah satu syarat untuk
memperoleh gelar Sarjana Strata-1 Teknik Industri Fakultas Teknologi Industri
Universitas Islam Indonesia**

Yogyakarta, 15 Mei 2026**Tim Penguji**

**Ir. Elanjati Worldailmi, S.T., M.Sc., IPM,
ASEAN Eng**
Ketua

Sri Indrawati, S.T., M.Eng.
Anggota I

Dr. Dwi Adi Purnama, S.T.
Anggota II

**Mengetahui,**

**Ketua Program Studi Teknik Industri Program Sarjana
Fakultas Teknologi Industri
Universitas Islam Indonesia**



**Ir. Muhammad Ridwan Andi Purnomo, S.T., M.Sc., Ph.D., IPM
NIK. 015220101**

HALAMAN PERSEMBAHAN

Dengan penuh rasa syukur yang mendalam, Tugas Akhir ini saya mempersembahkan kepada sepenuh hati kepada Bapak S.Harjana dan Ibu Ardhian Wijayanthi, orang tua terkasih dan tersayang saya. Terima kasih atas semua dukungan dan pengorbanan yang telah diberikan tanpa henti selama perjalanan kuliah saya. Ucapan terima kasih tidak lupa saya sampaikan kepada dosen pembimbing Tugas Akhir saya Ibu Elanjati Worldailmi, S.T., M.Sc. yang telah memberikan saya arahan dan perbaikan hingga Tugas Akhir ini dapat terselesaikan dengan baik sebagaimana mestinya. Selain itu, kepada seluruh teman-teman saya yang senantiasa menghibur dan memberikan semangat selama penyusunan Tugas Akhir, saya ucapkan terima kasih telah kebersamaan saya hingga titik saat ini. Dengan rendah hati, Tugas Akhir ini saya dedikasikan sebagai rasa syukur dan penghargaan atas segala yang telah saya peroleh hingga saat ini.

MOTTO

“Maka, sesungguhnya beserta kesulitan ada kemudahan. Sesungguhnya beserta kesulitan ada kemudahan.” (Q.S. Al-Insyirah ayat 5-6)

"Sebaik-baik manusia adalah yang paling bermanfaat bagi manusia."

(HR. Ahmad)

“Penyesalan adalah hal-hal yang tidak kita lakukan ketika kita punya kesempatan.”
(Raditya Dika)

KATA PENGANTAR

Bismillahirrahmanirrahim

Assalamu 'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Puji syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT atas segala rahmat dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir dengan judul "Analisis Skenario Alokasi Sumber Daya Operator untuk Meningkatkan Kinerja Lini Blanking Menggunakan Pendekatan Simulasi FlexSim" dengan lancar dan tanpa kendala apapun. Sholawat serta salam semoga senantiasa tercurah kepada Nabi Muhammad SAW yang telah membimbing umat manusia menuju jalan yang benar.

Tugas Akhir ini disusun sebagai salah satu syarat menyelesaikan program Strata-1 di Program Studi Teknik Industri Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia. Selama proses pembuatan Tugas Akhir ini penulis menyadari bahwa banyak pihak lain yang turut serta membantu dalam penyelesaian Tugas Akhir ini dengan memberikan semangat, dukungan, bimbingan, dan arahan. Maka dari itu, penulis 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 Elanjati Worldailmi, S.T., M.Sc., selaku Dosen Pembimbing Tugas Akhir yang telah sangat baik dalam memberikan arahan serta bimbingannya selama proses pengerjaan Tugas Akhir.
5. Kedua orang tua penulis, Bapak S.Harjana dan Ibu Ardhian Wijayanthi yang telah mendukung penulis melalui doa, semangat, motivasi, kasih sayang, serta cintanya sehingga penulis mampu menyelesaikan tugas akhir dengan baik.
6. PT Aneka Tambang Tbk. (UBPP Logam Mulia) yang telah memberikan izin dan membantu dalam melakukan penelitian untuk tugas akhir ini.
7. Sahabat seperjuangan saya yang selalu memberikan semangat dan dorongan untuk menyelesaikan tugas akhir ini dengan senantiasa menghibur dan berbagi ilmu kepada penulis
8. Teman-teman Teknik Industri Universitas Islam Indonesia khususnya angkatan 2022
9. Kepada diri sendiri Muh Rifki Dwi Nugraha yang telah berusaha dan berjuang keras dalam tiap langkah yang berhasil dicapai hingga saat ini.

Penulis menyadari bahwa dalam Tugas Akhir ini masih terdapat banyak kekurangan dan belum sepenuhnya sempurna. Oleh karena itu, penulis mohon maaf dan sangat terbuka untuk menerima kritik serta saran dari pembaca untuk perbaikan selanjutnya. Penulis berharap Tugas Akhir ini bisa memberikan manfaat, baik untuk penulis sendiri maupun untuk pembaca yang memiliki ketertarikan pada topik ini. Aamiin Yaa Robbal 'Aalamiin.

Yogyakarta, 30 April 2026



Muh Rifki Dwi Nugraha
22522093

ABSTRAK

PT Aneka Tambang Tbk. (UBPP Logam Mulia) mengalami peningkatan permintaan emas cukup signifikan dari tahun 2020 hingga saat ini, khususnya pada emas varian 5 gram dengan tingkat permintaan yang tertinggi. Namun, tingginya permintaan menjadi salah satu penyebab munculnya masalah baru bagi perusahaan mengenai keterlambatan pemenuhan pesanan dari para konsumen. Hal tersebut terjadi karena kapasitas produksi pada salah satu divisi tidak mampu memenuhi jumlah *purchase order* yang diberikan akibat keterbatasan dari jumlah operator yang harus bekerja secara *multitasking* dengan beberapa mesin pada lini *blanking*. Adanya operator yang bertugas secara bergantian di beberapa mesin memicu tingginya rata-rata waktu tunggu (*composite staytime*) sebesar 10407,06 detik. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis permasalahan yang terdapat di lini *blanking* dan memberikan usulan perbaikan dengan penambahan jumlah operator. Upaya penyelesaian masalah tersebut dalam penelitian ini dilakukan dengan menggunakan pendekatan Simulasi Flexsim untuk melakukan eksperimen dari beberapa skenario penambahan operator. Adapun metode *forecasting* menggunakan Monte Carlo, yang kemudian digunakan untuk *input* pada Flexsim untuk permintaan yang akan terjadi dimasa mendatang. Seluruh data yang diperoleh akan melewati beberapa uji statistik yang terdiri dari uji kecukupan data dan uji keseragaman data. Model simulasi yang telah dibuat kemudian akan dilakukan validasi dengan pendekatan statistik berupa uji kesamaan dua variansi dan uji kesamaan dua rata-rata. Berdasarkan hasil analisis, teridentifikasi jumlah desain eksperimen penambahan operator terdapat 3 skenario. Setelah itu, ketiga model skenario tersebut akan dilakukan uji statistik untuk membuktikan bahwa terdapat perbedaan *composite staytime* antara model awal dengan tiap skenarionya dengan menggunakan uji t-test atau uji Bonferroni dengan tingkat kepercayaan 95%. Pemilihan alternatif terbaik pada penelitian ini memasukkan unsur biaya penambahan operator untuk melihat *net benefit* yang bisa diperoleh pada tiap skenario. Hasil simulasi menunjukkan bahwa model skenario 3 merupakan usulan terbaik dengan penambahan 4 operator mendapatkan nilai rata-rata *composite staytime* sebesar 9511.33 detik atau penghematan sebesar 8.61% dengan potensi penambahan *net benefit* sebesar 8,63%.

Kata Kunci: Simulasi, Uji statistik, Desain Ekperimen

DAFTAR ISI

PERNYATAAN KEASLIAN	ii
SURAT BUKTI PENELITIAN.....	iii
LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING	v
LEMBAR PENGESAHAN DOSEN PENGUJI	vi
HALAMAN PERSEMBAHAN.....	vii
MOTTO.....	viii
KATA PENGANTAR.....	ix
ABSTRAK.....	x
DAFTAR ISI.....	xi
DAFTAR TABEL.....	xiii
DAFTAR GAMBAR.....	xiv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	6
1.3 Tujuan Penelitian.....	6
1.4 Manfaat Penelitian.....	7
1.5 Batasan Penelitian	7
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	9
2.1 Kajian Literatur	9
2.2 Landasan Teori	15
2.2.1 Sistem Produksi	15
2.2.2 <i>Forecasting</i>	16
2.2.3 Simulasi	17
2.2.4 Monte Carlo	18
2.2.5 <i>Discrete Event Simulation</i> (DES)	19
2.2.6 <i>Software</i> FlexSim	19
2.2.7 Validasi dan Verifikasi	20
2.2.8 Desain Eksperimen	20
BAB III METODE PENELITIAN	22
3.1 Objek Penelitian	22
3.2 Metode Pengumpulan Data	22
3.3 Alur Penelitian.....	24
BAB IV PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA.....	27
4.1 Pengumpulan Data	27
4.1.1 Alur Proses Produksi	27
4.1.2 Data Jumlah Operator dan Waktu Kerja.....	29
4.1.3 Data Waktu <i>Downtime</i>	30
4.1.4 Data Waktu Proses.....	30
4.1.5 Data Bahan Baku	34
4.1.6 Data Hasil Produksi	36
4.2 Pengolahan Data.....	37
4.2.1 Uji Keseragaman Data.....	37
4.2.2 Uji Kecukupan Data	42
4.2.3 Penentuan Uji Distribusi.....	43
4.2.4 <i>Forecasting</i> Monte Carlo.....	49

4.2.5	Validasi Monte Carlo.....	51
4.2.6	Membangun Model Konseptual	54
4.2.7	Membangun Model Simulasi Awal.....	55
4.2.8	Validasi dan Verifikasi Model Simulasi.....	55
4.2.9	Melakukan Desain Eksperimen	58
BAB V	PEMBAHASAN	63
5.1	Analisis Hasil Simulasi Pada Model Awal (Kondisi Eksisting)	63
5.2	Analisis Hasil Desain Eksperimen	64
5.3	Pemilihan Alternatif Terbaik.....	72
BAB VI	PENUTUP	82
6.1	Kesimpulan.....	82
6.2	Saran.....	83
DAFTAR PUSTAKA		84
LAMPIRAN.....		88

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Kajian Literatur Penelitian Terdahulu.....	14
Tabel 4. 1 Aktivitas Tiap Proses	28
Tabel 4. 2 Data Operator dan Mesin	29
Tabel 4. 3 Jadwal <i>shift</i> kerja.....	29
Tabel 4. 4 Waktu <i>Downtime</i>	30
Tabel 4. 5 Data Waktu Proses <i>Roll</i> Besar	31
Tabel 4. 6 Data Waktu Proses <i>Cutting</i>	31
Tabel 4. 7 Data Waktu Proses <i>Annealing</i>	32
Tabel 4. 8 Data Waktu Proses <i>Roll</i> Sedang.....	33
Tabel 4. 9 Data Waktu Proses <i>Roll Finishing</i>	33
Tabel 4. 10 Data Waktu Proses <i>Punch</i>	34
Tabel 4. 11 Data Bahan Baku Produksi Emas 5 gram (Kg).....	35
Tabel 4. 12 Data Hasil Produksi Emas 5 gram (Pcs)	36
Tabel 4. 13 Hasil Uji Keseragaman Data	41
Tabel 4. 14 Hasil Uji Kecukupan Data	42
Tabel 4. 15 Hasil Jenis Distribusi Data	48
Tabel 4. 16 Distribusi Frekuensi Bahan Baku.....	49
Tabel 4. 17 Hasil Simulasi Monte Carlo	50
Tabel 4. 18 Data Validasi Monte Carlo.....	51
Tabel 4. 19 Perhitungan Rata-rata dan Standar Deviasi.....	51
Tabel 4. 20 Hasil uji kesamaan dua rata-rata validasi Monte Carlo	52
Tabel 4. 21 Hasil uji kesamaan dua variansi Monte Carlo.....	53
Tabel 5. 1 Data <i>Composite Staytime</i> Model Awal dan Skenario 1	64
Tabel 5. 2 Hasil Uji Bonferroni Model Awal dan Skenario 1.....	65
Tabel 5. 3 Data <i>Composite Staytime</i> Model Awal dan Skenario 2	66
Tabel 5. 4 Hasil Uji Bonferroni Model Awal dan Skenario 2.....	67
Tabel 5. 5 Data <i>Composite Staytime</i> Model Awal dan Skenario 4	68
Tabel 5. 6 Hasil Uji Bonferroni Model Awal dan Skenario 3.....	69
Tabel 5. 7 Data <i>Composite Staytime</i> Model Awal dan Skenario 4	70
Tabel 5. 8 Hasil Uji Bonferroni Model Awal dan Skenario 4.....	71
Tabel 5. 9 Persentase Perubahan Waktu	73
Tabel 5. 10 Biaya Tambahan Tiap Skenario	74
Tabel 5. 11 Pertimbangan Tiap Skenario	75
Tabel 5. 12 Persentase Produksi Emas 5 gram Tahun 2025	77
Tabel 5. 13 Kapasitas Produksi Per Tahun Tiap Skenario	78
Tabel 5. 14 Perbandingan Kapasitas Produksi dan Potensi Pendapatan Tiap Skenario ..	79
Tabel 5. 15 Hasil Perhitungan <i>Net Profit</i> Tiap Skenario.....	80

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1 Volume penjualan emas PT Aneka Tambang Tbk.....	3
Gambar 3. 1 Lokasi PT Aneka Tambang Tbk. (UBPP Logam Mulia).....	22
Gambar 3. 2 Alur Penelitian.....	24
Gambar 4. 1 Alur Proses Lini <i>Blanking</i>	27
Gambar 4. 2 Keseragaman Data Bahan Baku	37
Gambar 4. 3 Keseragaman Data Hasil Produksi	38
Gambar 4. 4 Keseragaman Data <i>Roll Besar</i>	38
Gambar 4. 5 Keseragaman Data <i>Roll Sedang</i>	39
Gambar 4. 6 Keseragaman Data <i>Roll Finishing</i>	39
Gambar 4. 7 Keseragaman Data <i>Cutting</i>	40
Gambar 4. 8 Keseragaman Data <i>Annealing</i>	40
Gambar 4. 9 Keseragaman Data <i>Punch</i>	41
Gambar 4. 10 Membuka FlexSim 2021	43
Gambar 4. 11 <i>Experfit</i>	44
Gambar 4. 12 Tampilan <i>Project</i>	44
Gambar 4. 13 Tampilan <i>Project-Element Editing</i>	44
Gambar 4. 14 <i>Project Directory</i>	45
Gambar 4. 15 <i>Data Analysis</i>	45
Gambar 4. 16 <i>Enter-Data Options</i>	45
Gambar 4. 17 <i>Data Editor</i>	46
Gambar 4. 18 Models	46
Gambar 4. 19 <i>Automated-Fitting Results</i>	47
Gambar 4. 20 <i>Applications</i>	47
Gambar 4. 21 <i>Simulation-Representation Options</i>	48
Gambar 4. 22 Hasil Distribusi Data	48
Gambar 4. 23 <i>Flowchart Lini Blanking Varian Emas 5 Gram</i>	54
Gambar 4. 24 Model Simulasi Awalan	55
Gambar 4. 25 <i>Replication Plot</i> Model Awal.....	58
Gambar 4. 26 <i>Data Summary Composite Staytime</i> Model Awal	58
Gambar 4. 27 <i>Replication Plot</i> Model Skenario 1	59
Gambar 4. 28 <i>Data Summary Composite Staytime</i> Skenario 1	59
Gambar 4. 29 <i>Replication Plot</i> Model Skenario 2	60
Gambar 4. 30 <i>Data Summary Composite Staytime</i> Skenario 2	60
Gambar 4. 31 <i>Replication Plot</i> Model Skenario 2	61
Gambar 4. 32 <i>Data Summary Composite Staytime</i> Skenario 2	61
Gambar 4. 33 <i>Replication Plot</i> Model Skenario 4	62
Gambar 4. 34 <i>Data Summary Composite Staytime</i> Skenario 4	62
Gambar 5. 1 <i>Data Staytime</i> Model Awal.....	63
Gambar 5. 2 <i>Data Summary Composite Staytime</i> Model Awal	63
Gambar 5. 3 Grafik Nilai Rata-rata <i>Composite Staytime</i> Model Awal dengan Skenario	73
Gambar 5. 4 Harga Emas Antam 14 Maret 2026	77

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Logam mulia merupakan salah satu instrumen investasi yang telah lama dikenal oleh seluruh masyarakat di belahan dunia, termasuk negara Indonesia. Dalam pengertiannya logam mulia merupakan suatu material yang memiliki nilai ekonomis yang tinggi dan memiliki fungsi khusus, seperti sebagai alat tukar, investasi maupun aksesoris lainnya (Samlawi & Rudi Siswanto, 2016). Contoh beberapa jenis logam yang termasuk dalam kategori logam mulia yaitu emas, perak, dan platina (Fauziah, 2019). Ketiga jenis logam mulia tersebut memiliki fungsi dan karakteristik yang berbeda sehingga memberikan pilihan pada konsumen untuk dijadikan sebagai tujuan investasi yang berbeda-beda. Nilai kelebihan tersebut memberikan dampak pada tingginya nilai ekonomis ketiga logam mulia tersebut. Meskipun ketiga jenis logam mulia itu memiliki nilai ekonomis yang tinggi dan bisa saja dijadikan sebagai investasi, tidak semuanya memiliki permintaan yang tinggi dimasyarakat.

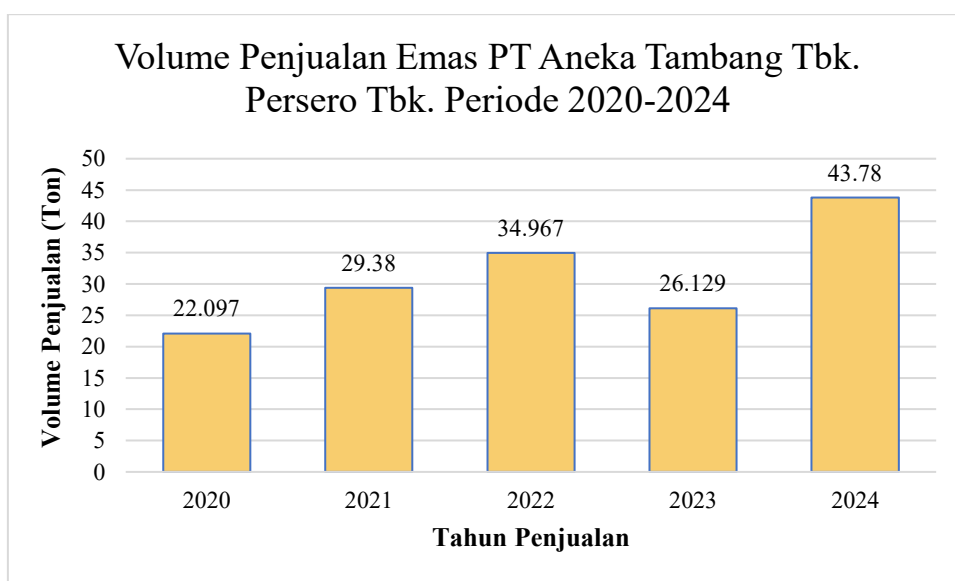
Diantara beberapa jenis logam mulia yang diperjualbelikan di Indonesia, emas menjadi pilihan yang paling banyak diminati oleh masyarakat Indonesia untuk dijadikan sebagai instrumen investasi. Emas menjadi salah satu instrumen investasi yang sangat diminati oleh masyarakat Indonesia untuk mengamankan harta kekayaan yang mereka miliki dalam jangka waktu yang panjang karena memiliki tingkat risiko yang rendah (Amri et al., 2023). Bukan tanpa alasan mengapa emas menjadi incaran dari sebagian besar masyarakat, tetapi karena memiliki kelebihan yang tidak dimiliki oleh jenis logam mulia lainnya. Keunggulan yang dimiliki oleh instrumen investasi ini terletak pada keunggulannya dalam menjaga stabilitas nilai. Emas cenderung tidak mengalami depresiasi meskipun terjadi gejolak ekonomi, sebuah karakteristik yang dikenal sebagai *zero inflation effect*, yang menjadikannya pilihan investasi yang banyak diminati (Chandra, 2011). Selain harganya yang tidak mengikuti tingkat inflasi, emas juga memiliki tingkat likuiditas yang tinggi yang berarti emas merupakan instrumen investasi yang dapat dengan mudah untuk diuangkan, kapan saja dan dimana saja (Kholishudin, 2020).

Besarnya pangsa pasar yang dapat dilihat dari tingginya minat masyarakat terhadap pembelian emas tentu berdampak pada tingginya pertumbuhan industri logam mulia di dalam negeri. Tingginya minat konsumen selaras dengan bertambahnya jumlah produsen emas batangan yang berada di pasar lokal. Beberapa *brand* emas yang menawarkan produk emas yang cukup dikenal antara lain emas Antam, Untung Bersama Sejahtera (UBS), Galeri 24, Archi, dan masih

terdapat beberapa *brand* lainnya. Dengan banyaknya *brand* yang ikut serta dalam produksi emas batangan, maka dapat terciptanya persaingan yang lebih ketat. Hal tersebut sejalan dengan pemikiran (Porter, 2008) yang menyatakan bahwa semakin banyak pesaing dalam satu produk yang sejenis, maka akan meningkatkan intensitas persaingan antar kompetitor.

Meskipun diberikan pilihan beberapa *brand* yang menjual produk yang sejenis, emas dengan merek Antam yang dijual oleh PT Aneka Tambang Tbk. tetap menjadi primadona dan pilihan utama dari mayoritas investor emas di Indonesia. Varian gramasi dari produk emas yang diproduksi oleh PT Aneka Tambang Tbk. sangat banyak mulai dari varian berat 0,5 gram – 1000 gram, berdasarkan pada wawancara yang dilakukan dengan kepala satuan divisi produksi dan dari hasil data produksi ditemukan bahwa produk yang memiliki tingkat permintaan tertinggi terdapat pada produk emas dengan varian gramasi kecil seperti varian 1 – 5 gram. Meskipun permintaan tertinggi itu ada pada varian 1 gram, dalam penelitian ini berfokus pada varian 5 gram sebagai salah satu varian dengan permintaan yang tertinggi. Hal tersebut dilakukan karena pada saat proses pengambilan data, varian 1 gram memiliki jumlah proporsi yang sedikit untuk diproduksi dan tidak memungkinkan untuk mengumpulkan data yang dibutuhkan.

Emas dengan *brand* Antam memiliki minat yang cukup tinggi sebab produk emas Antam sudah dikenal lebih lama oleh masyarakat dibandingkan dengan *brand* emas lainnya. Keunggulan lainnya yang dimiliki oleh produk emas Antam dibandingkan *brand* lainnya yaitu terdapat pada sertifikasi *London Bullion Market Association* (LBMA). Sertifikasi LBMA tersebut merupakan sertifikasi yang diberikan oleh lembaga internasional, sehingga dengan adanya sertifikasi tersebut memberikan kemudahan bagi pemilik emas Antam jika ingin melakukan transaksi emas di pasar global berdasarkan pada harga yang ditetapkan oleh LBMA (Nanda et al., 2024). Keunggulan yang terdapat pada produk Antam bukan hanya kemudahan penjualan dikancah internasional, tetapi produk emas Antam juga memberikan kemudahan transaksi pembelian dalam negeri dengan tersebarnya beberapa butik emas PT Aneka Tambang Tbk. di beberapa provinsi besar di Indonesia dan kemudahan dalam transaksi melalui *website* resmi yang dimiliki oleh PT Aneka Tambang Tbk. (Nugroho et al., 2024).



Gambar 1. 1 Volume penjualan emas PT Aneka Tambang Tbk.

Peningkatan minat masyarakat untuk menjadikan emas sebagai instrumen investasi dalam beberapa tahun terakhir dapat dilihat dari data volume penjualan emas PT Aneka Tambang Tbk. dalam periode 2020-2024 yang dikumpulkan dari hasil penjualan tiap butik emas Logam Mulia di seluruh Indonesia. Pada Gambar 1.1 dapat dilihat jika penjualan emas batangan meningkat hampir menyentuh dua kali lipat dari 22,097 Ton pada tahun 2020 menjadi 43,78 Ton pada tahun 2024, data dalam grafik tersebut didapatkan dari Laporan Keuangan PT Aneka Tambang Tbk. periode tahun 2020-2024. Meskipun sempat mengalami penurunan penjualan di tahun 2023, namun minat masyarakat ditahun berikutnya tetap kembali tinggi yang menunjukkan bahwa permintaan emas PT Aneka Tambang Tbk.. terus mengalami pertumbuhan. Tingginya permintaan ini memunculkan tantangan baru bagi perusahaan untuk dapat menyeimbangkan kapasitas produksi agar tidak kehilangan peluang dari para konsumen. Tantangan tersebut semakin nyata kehadirannya dengan adanya lonjakan permintaan yang drastis seperti di tahun 2024. Dalam situasi seperti ini, peningkatan kapasitas produksi dapat dilakukan dengan cara memperbaiki sistem operasional yang sudah berjalan, salah satunya dengan mempertimbangkan penambahan sumber daya pekerja yang tepat. Hal ini merupakan bagian yang sangat penting mengingat PT Aneka Tambang Tbk.. bukanlah satu satunya produsen emas batangan di Indonesia, sehingga harus mampu memanfaatkan peluang pertumbuhan pasar agar para konsumen tidak beralih membeli emas batangan dari perusahaan lain hanya karena ketidakmampuan dari lini produksi (Nugroho et al., 2024).

Seiring dengan meningkatnya permintaan dari masyarakat untuk pasar emas batangan, PT Aneka Tambang Tbk. harus menghadapi tantangan dalam upaya pemenuhan seluruh *purchase order* (PO) yang masuk. Target produksi secara bulanan tentu sudah dilakukan oleh PT Aneka

Tambang Tbk. untuk melihat kinerja operasional, akan tetapi pada kenyataannya seringkali target produksi tersebut melebihi dari kapasitas produksi akibat adanya permintaan dari konsumen yang belum terpenuhi akibat stok yang habis terjual. Dengan sistem *purchase order* yang ditetapkan seperti itu memberikan dampak pada beban produksi yang semakin berat, kondisi lapangan tidak lagi harus memenuhi target bulanan saja, tetapi juga harus mengejar utang produksi dari PO konsumen yang belum terpenuhi. Permintaan konsumen yang tidak dapat dipenuhi tepat waktu mampu menurunkan rasa kepuasan pelanggan terhadap perusahaan itu sendiri (Ramadhan et al., 2025).

Kondisi yang terjadi saat ini menunjukkan bahwa seluruh kapasitas produksi belum mampu mengimbangi tingginya lonjakan permintaan dari pasar. Hal tersebut disebabkan oleh keterbatasan dari sumber daya yang dimiliki, khususnya pada jumlah operator yang tersedia di proses produksi lebih tepatnya pada lini *blanking*. Proses lini *blanking* bertujuan untuk membuat emas batangan dalam satuan kilogram menjadi beberapa keping emas sesuai dengan gramasi yang akan diproduksi. Lini ini menjadi fase proses yang sangat krusial sebab proses *blanking* merupakan proses pertama yang akan dilakukan dalam proses produksi emas kepingan yang terdapat di satuan kerja *Small Bar Product* sehingga ketika proses *blanking* belum selesai diproses maka akan berdampak pada proses selanjutnya seperti proses pengikisan, pemurnian dan proses lainnya tidak dapat beroperasi. Berdasarkan kondisi di lapangan saat ini, pada lini *blanking* terdapat beberapa mesin yang memerlukan dua orang untuk dapat beroperasi secara optimal, namun saat ini perusahaan hanya mempunyai 4 operator untuk mengoperasikan tiga mesin yang ada. Oleh sebab itu, mesin-mesin tersebut hanya dapat dioperasikan secara bergantian, yang mana ketika satu mesin beroperasi, mesin lainnya harus menunggu hingga proses sebelumnya selesai. Kondisi ini menyebabkan waktu produksi menjadi sangat panjang dan *output* yang dihasilkan per *shift* menjadi terbatas (Bandio et al., 2022). Selain itu, yang menjadikan lini *blanking* menjadi salah satu proses yang perlu dievaluasi yaitu karena lini *blanking* membutuhkan waktu proses yang lebih lama dibandingkan proses lainnya.

Maka dari itu, diperlukan adanya evaluasi terhadap proses produksi terutama pada lini *blanking* untuk menilai tingkat efektivitas dan efisiensi yang ada saat ini, agar kedepannya perusahaan dapat memenuhi beban produksi dari target bulanan dan pesanan tambahan yang belum terpenuhi secara tepat waktu (Prima et al., 2025). Tingginya tingkat kompleksitas pada sistem produksi yang melibatkan banyak variabel probabilistik seperti *work order* yang tidak pasti dalam sehari, waktu proses mesin, serta keterbatasan operator seringkali membuat permasalahan pada sistem tersebut sulit untuk diselesaikan dengan pendekatan analitis konvensional sebab tidak cukup

detail dalam menggambarkan kondisi aktualnya. Dalam menyelesaikan permasalahan yang cukup kompleks seperti ini, metode simulasi dapat menjadi alternatif solusi dalam membantu pengambilan keputusan yang relevan dan efektif. Dengan menggunakan simulasi, memungkinkan suatu perusahaan untuk melakukan pengujian skenario atau alternatif desain dengan waktu yang lebih cepat dengan biaya yang lebih kecil dibandingkan pengujian langsung secara nyata tanpa perlu menghentikan proses operasional yang berjalan (Prima et al., 2025).

Langkah yang sebaiknya dilakukan sebelum menganalisis sistem yang kompleks yaitu dengan melakukan pemilihan metode simulasi yang tepat merupakan hal yang sangat penting sebab jika metode simulasi yang digunakan tidak sesuai dengan sistem yang diteliti maka solusi yang dihasilkan menjadi tidak relevan. Pendekatan model simulasi dapat dibedakan menjadi tiga jenis utama yaitu *Discrete Event Simulation* (DES), *System Dynamics* (SD), dan *Agent-Based Modelling* (ABM). Ketiga jenis simulasi ini memiliki karakteristik yang berbeda. DES merupakan jenis simulasi yang memodelkan suatu sistem dengan variabel yang berubah pada titik waktu tertentu saat terjadinya suatu kejadian yang dapat merubah kondisi sistem, berbeda dengan SD yang merupakan simulasi berkelanjutan untuk menyusun strategi dalam skala makro ataupun dengan ABM yang menitikberatkan simulasi pada tingkah laku yang terjadi pada agen otonom (Timbayo et al., 2022). Metode DES merupakan metode simulasi yang tepat untuk menyelesaikan permasalahan sistem pada tahapan operasional atau produksi seperti permasalahan pada PT Aneka Tambang Tbk.. Menurut Hidayat (2024) dengan implementasi DES pada sektor industri khususnya manufaktur, memberikan dampak baik dalam kemampuan analisis permasalahan untuk meningkatkan efisiensi operasional secara signifikan dan mengoptimalkan setiap tahapan produksi yang ada.

Pada umumnya metode DES membutuhkan bantuan perangkat lunak dalam pembuatan modelnya seperti FlexSim, Arena, atau Anylogic (Prima et al., 2025). Dengan bantuan *software* tersebut, pembuatan model simulasi akan lebih mudah untuk kemudian memberikan representasi dari aliran material, proses yang dilewati, serta interaksi antar proses dalam rantai produksi dengan tingkat *detail* yang lebih tinggi, sehingga dapat membantu pemodel dalam melakukan analisis lebih mendalam terhadap permasalahan yang akan diselesaikan (Naciri et al., 2024). FlexSim merupakan *software* simulasi yang mempunyai tampilan visual lebih baik dengan menampilkan objek secara 3D dengan dilengkapi adanya fitur analisis performa, sehingga cocok untuk digunakan dalam perancangan sistem produksi. Pada beberapa penelitian terdahulu, FlexSim banyak digunakan dalam menyelesaikan permasalahan pada studi kasus manufaktur, logistik, pergudangan dengan tujuan untuk mengevaluasi *throughput* serta utilisasi sumber daya yang ada (Prima et al., 2025).

Tidak hanya itu, FlexSim juga mampu membantu pemodel dalam menentukan kapasitas pabrik, menyeimbangkan lini manufaktur, mengatur penjadwalan, menemukan masalah inventori, menguji skenario baru, dan mengoptimalkan laju dari suatu produksi (Nurhasanah et al., 2015).

Oleh karena itu, dalam penelitian ini akan dilakukan dengan pendekatan simulasi FlexSim untuk menganalisis alur produksi secara mendalam dengan melihat utilisasi dari tiap sumber daya yang ada, serta mampu memberikan usulan perbaikan dengan beberapa skenario perubahan dengan tujuan untuk meningkatkan kapasitas produksi pada PT Aneka Tambang Tbk.. Metode yang digunakan dalam penelitian ini ialah *Discrete Event Simulation* (DES) dengan alasan bahwa metode simulasi ini sangat cocok digunakan untuk menganalisis sistem produksi yang masih berada ditahapan operasional dengan menawarkan tampilan visualisasi yang lebih mudah untuk digunakan oleh pihak manajemen dalam meninjau ulang pengambilan keputusan secara tepat dan hemat.

1.2 Rumusan Masalah

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

1. Bagaimana identifikasi mengenai proses produksi emas varian 5 gram pada lini *Blanking* di PT Aneka Tambang Tbk. ditinjau dari tingkat tercapainya target produksi dan faktor yang mempengaruhinya?
2. Bagaimana rekomendasi perbaikan proses produksi yang terbaik dengan menggunakan *software* FlexSim pada PT Aneka Tambang Tbk. dengan mempertimbangkan aspek *composite staytime* terendah, peningkatan kapasitas produksi tertinggi, dan potensi pendapatan tertinggi?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan yang akan dicapai dari penelitian ini sebagai berikut:

1. Mampu menganalisis permasalahan yang terjadi pada proses *Blanking* di PT Aneka Tambang Tbk. berdasarkan faktor yang mempengaruhinya dengan ketersediaan operator yang ada.
2. Mampu memberikan rekomendasi usulan perbaikan yang dapat dilakukan untuk menyelesaikan permasalahan yang ada pada PT Aneka Tambang TBK. untuk meningkatkan kapasitas produksi dengan pertimbangan *composite staytime*, peningkatan kapasitas produksi, dan potensi pendapatan.

1.4 Manfaat Penelitian

Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat bermanfaat bagi beberapa pihak yang terlibat. Berikut ini merupakan manfaat dari penelitian ini:

A. Bagi perusahaan

1. Memperkenalkan kepada perusahaan mengenai pemanfaatan simulasi FlexSim dalam proses produksi
2. Mendapatkan usulan perbaikan terhadap permasalahan yang ada guna meningkatkan kemampuan produksi pada proses pembuatan emas.

B. Bagi Perguruan Tinggi

1. Membangun kerjasama antara Program Studi S1 Teknik Industri dengan PT Aneka Tambang Tbk..
2. Mendidik mahasiswa agar memiliki kesiapan untuk bersaing di dunia kerja.

1.5 Batasan Penelitian

Berikut merupakan batasan penelitian yang digunakan dalam penelitian ini:

1. Data historis yang ada merupakan data pada periode bulan Maret – Mei tahun 2025.
2. Penelitian ini berfokus pada proses produksi emas batangan di PT Aneka Tambang Tbk. dengan fokus pada varian produk 5 gram yang merupakan produk dengan permintaan tertinggi.
3. Penelitian ini berfokus di proses *Blanking* (*roll* besar, *roll* sedang, *roll* halus, *annealing*, *punch*) pada satuan kerja *Small Bar Product*.
4. Penelitian ini menggunakan metode *Forecasting* Monte Carlo dan simulasi FlexSim
5. Penelitian hanya sampai pada batas hasil usulan, tidak sampai pada tahapan implementasi.

1.6 Asumsi Penelitian

Berikut merupakan beberapa asumsi yang digunakan dalam penelitian ini:

1. Harga jual yang digunakan untuk emas 5 gram yaitu harga di tanggal 14 Maret 2026 sebesar Rp 14.760.000.
2. Seluruh hasil produksi emas varian 5 gram habis terjual.
3. Perhitungan hari kerja dalam analisis biaya dilakukan selama 25 hari kerja perbulan.
4. Proporsi emas varian 5 gram dibandingkan varian lainnya tetap sama seperti data historis tahun 2025 yaitu sebesar 20,28% dari total produksi (pcs).

5. Perhitungan tambahan biaya pekerja disesuaikan dengan UMP DKI Jakarta Tahun 2025 sebesar Rp 5.396.761/bulan yang tercantum pada Keputusan Gubernur DKI Jakarta Nomor 980 Tahun 2024.
6. Target produksi emas varian 5 gram diasumsikan masih sama seperti tahun lalu yaitu 9%, sehingga total target produksi varian 5 gram tahun 2026 sebesar 4,05 ton.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Kajian Literatur

Kajian literatur merupakan sebuah uraian deskripsi yang menjelaskan mengenai literatur yang relevan dengan penelitian yang mencakup pembahasan, rumusan masalah, teori dan metode penelitian dengan referensi yang didapatkan dari jurnal, artikel, ataupun tugas akhir mahasiswa (Jeka et al., 2023). Dengan adanya kajian literatur ini diharapkan peneliti dapat menjadikan hasil penelitian terdahulu sebagai bahan rujukan serta evaluasi dalam penulisan yang sedang dikerjakan. Berikut ini merupakan beberapa penelitian terdahulu yang berkaitan dengan penelitian ini:

Penelitian yang telah dilakukan oleh Prima et al. (2025) membahas tentang bagaimana evaluasi kondisi pada lini produksi yang belum cukup efisien. Dalam penelitian ini menggunakan pendekatan metode *Discrete Event Simulation* (DES) dengan menggunakan *software* FlexSim serta menggunakan uji statistik Mann-Whitney U dalam pengujian validasi model yang telah dibuat. Berdasarkan pada hasil penelitian yang telah dilakukan menunjukkan bahwa terdapat proporsi waktu di setiap stasiun kerja dengan level *idle time* yang tinggi, serta untuk tingkat utilisasi operator cukup rendah antara 25,02% hingga 51,35%. Dari hasil penelitian tersebut, penulis memberikan usulan perbaikan melalui *line balancing* dan penyesuaian jumlah operator untuk dapat meningkatkan produktivitas.

Penelitian selanjutnya dilakukan oleh Nurul et al. (2023) mengangkat permasalahan pada bisnis konveksi yang mengalami lonjakan permintaan sehingga mengakibatkan jam kerja karyawan yang melebihi dari waktu kerja normal (*overtime*). Peneliti menggunakan pendekatan dengan metode *Discrete Event Simulation* (DES) dengan bantuan *software* FlexSim 2019 untuk memahami alur proses produksi serta mengamati variabel produksi. Berdasarkan hasil penelitian tersebut, peneliti menemukan adanya status *blocked* yang tinggi mencapai 50% pada beberapa stasiun kerja yang menjadi indikasi adanya hambatan aliran proses. Skenario perbaikan yang dilakukan peneliti yaitu dengan menambahkan sumber daya (mesin dan operator) pada titik *bottleneck* untuk meminimalkan status *blocked* pada beberapa stasiun kerja. Hasil dari skenario tersebut mampu meningkatkan total *output* harian dan juga dapat menekan kebutuhan lembur karyawan sehingga meningkatkan optimasi pada lini produksi.

Penelitian yang dilakukan oleh Kurniawan et al. (2021) membahas mengenai pentingnya memahami alur produksi yang kompleks seperti proses pembuatan ragam dengan menggunakan simulasi agar dapat melihat kondisi sistem nyata tanpa mengganggu aktivitas produksi yang sedang

berjalan. Metode yang digunakan dalam penelitian ini yaitu dengan pendekatan *Discrete Event Simulation* (DES) dimana peneliti melalui bantuan *software* FlexSim berhasil membuat imitasi dari sistem nyata pada proses produksi ragum. Peneliti juga melakukan uji validasi dengan membandingkan data simulasi dengan data historis. Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa terdapat penyimpangan sebesar 14% antara *output* simulasi dan data historis, model tersebut tetap dinyatakan valid untuk digunakan sebagai alat bantu analisis. Peneliti menekankan bahwa simulasi mampu merepresentasikan produksi ragum secara visual dan informasi statistik mengenai tingkat utilisasi mesin serta identifikasi *bottleneck* dan juga mengingatkan betapa pentingnya analisis *error* dalam validasi model FlexSim sebelum melakukan eksperimen skenario.

Penelitian selanjutnya yang dilakukan oleh Dio et al. (2023) dalam tulisannya yang membahas mengenai kesenjangan yang terjadi antara volume permintaan dengan kapasitas produksi pada CV XYZ yang memproduksi sarung tangan dan tekstil, sehingga berdampak pada hilangnya potensi keuntungan dan keterlambatan pengiriman ke konsumen. Peneliti menggunakan pendekatan dengan metode *Discrete Event Simulation* (DES) dengan menggunakan *software* FlexSim untuk membantunya dalam membuat alur produksi sarung tangan secara *end-to-end* mulai dari pemotongan hingga pengemasan. Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa terdapat indikasi *bottleneck* pada beberapa stasiun kerja, sehingga peneliti memberikan usulan perbaikan dengan penambahan tiga orang pekerja yang dialokasikan pada stasiun yang teridentifikasi sebagai *bottleneck* mampu meningkatkan produksi sebesar 11,2% dari 142 ribu pcs/bulan menjadi 158 ribu pcs/ bulan.

Penelitian selanjutnya yang telah dilakukan oleh Jamil et al. (2025) mengangkat permasalahan penurunan pada pemenuhan permintaan sebesar 23,44% pada PT XYZ yang memproduksi ubi jalar. Masalah yang teridentifikasi disebabkan pada kurang efisiennya proses di lantai produksi, tingginya produk cacat sebab efisiensi waktu proses merupakan variabel sangat penting dan tidak bisa ditawar untuk *perishable product*. Metode yang digunakan pada penelitian ini yaitu *Discrete Event Simulation* (DES) dengan menggunakan *software* FlexSim dengan tingkat kepercayaan model sebesar 95%. Peneliti juga menggunakan uji *paired-t test* untuk melakukan validasi antara data *output* simulasi dan *output real system*. Berdasarkan pada penelitian tersebut, peneliti memberikan rekomendasi usulan terbaik berupa penambahan satu *shift* kerja untuk seluruh proses produksi selama 8 jam yang terbukti mampu menghilangkan *bottleneck* secara signifikan dan meningkatkan kapasitas produksi sebesar 72,74% dari *output* model eksisting yang awalnya 737,846 kg menjadi 1,274,527 kg sehingga mampu untuk menutupi *gap* permintaan yang tidak terpenuhi.

Penelitian yang telah dilakukan oleh Natalia & Oktavia (2023) membahas bagaimana cara menentukan besarnya kebutuhan bahan baku tepung terigu sesuai dengan kondisi aktual dengan tingginya ketidakpastian akibat fluktuasi penjualan. Metode yang digunakan dalam penelitian ini yaitu menggunakan Simulasi Monte Carlo untuk melakukan *forecasting* dari persediaan tepung terigu. Model simulasi dikembangkan dengan menggunakan data historis dari penggunaan bahan baku untuk kemudian mendapatkan distribusi probabilitas dan membangkitkan bilangan acak dengan tujuan menemukan estimasi kebutuhan di masa mendatang. Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa simulasi Monte Carlo mampu mendekati hasil sebenarnya dengan akurasi peramalan terhadap kondisi aktual sebesar 102% sehingga penulis menyatakan bahwa metode ini dinilai efektif untuk membantu suatu perusahaan dalam melakukan *forecasting* strategi persediaan.

Selanjutnya pada penelitian yang telah dilakukan oleh Poloczek (2025) memfokuskan pada proses pengoptimalan untuk mengelola aliran materian dan meningkatkan utilisasi sumber daya pada sistem produksi yang kompleks. Metode yang digunakan pada penelitian ini yaitu *Discrete Event Simulation* (DES) dengan bantuan perangkat lunak FlexSim. Model dibuat untuk mensimulasikan interaksi antara mesin, operator serta alat angkut material dengan usulan perancangan skenario yang berbeda. Hasil dari penelitian ini memberikan rekomendasi usulan terbaik dengan mengimplementasikan tiga meja putar pada dua lini produksi untuk mendapatkan nilai utilisasi $> 80\%$ pada mesin utama dan meminimalkan *idle time*.

Penelitian selanjutnya yang dilakukan oleh Krynke (2021b) membahas mengenai tantangan dalam pengorganisasian yang efektif dalam menentukan jumlah pekerja yang seminimal mungkin untuk mendapatkan hasil yang maksimal. Metode yang digunakan dalam penelitian ini yaitu *Discrete Event Simulation* (DES) menggunakan *software* FlexSim yang sudah terintegrasi dengan modul optimasi *OptQuest*. Model simulasi FlexSim tersebut digunakan untuk menjalankan eksperimen dengan jumlah delapan skenario berupa penambahan satu operator pada tiap skenarionya, dengan artian penulis melakukan skenario dengan jumlah maksimal delapan pekerja. Hasil dari penelitian ini menunjukkan alternatif terbaik untuk memproduksi 100 unit yaitu dengan konfigurasi pekerja maksimal empat orang dengan waktu rata-rata yang dibutuhkan selama 188.690 detik atau sekitar 52,5 jam atau setara dengan 7 *shift* kerja pada perusahaan tersebut. Jika perusahaan mempekerjakan lebih dari 4 pekerja maka tidak mampu lagi mengurangi waktu produksi secara signifikan sebab terhambat oleh kapasitas mesin yang digunakan serta tingkat *idle time* pekerja juga akan meningkat secara signifikan.

Penelitian selanjutnya yang dilakukan oleh Krynke (2021a) memfokuskan pada permasalahan kompleksitas pada proses pengambilan keputusan ditahap perencanaan produksi

awal, dimana para manajer atau atasan seringkali mengalami kesulitan dalam menentukan alokasi sumber daya yang paling efisien ketika dihadapkan dengan variasi biaya operasional serta kemampuan mesin yang ada. Berbeda dengan penelitian sebelumnya yang lebih fokus pada jumlah persone, penelitian Krynke yang justru memberikan pandangan lain bagaimana optimasi ekonomi kemudian diintegrasikan dengan simulasi. Penelitian ini menggunakan metode *Discrete Event Simulation* (DES) untuk mensimulasikan produksi dari awal hingga akhir dan melihat tingkat utilisasi dari tiap sumberdaya yang ada. Dalam model simulasinya, peneliti memasukkan parameter biaya operasional dan biaya tenaga kerja dengan tujuan utama simulasinya yaitu meminimalkan total biaya produksi dan meminimalkan total waktu proses. Hasil dari penelitian ini membuktikan bahwa mesin dengan biaya sewa per jam yang murah dengan kemampuan yang lebih lambat tidak selalu memberikan total biaya yang rendah. Penulis dalam usulannya menjelaskan betapa pentingnya integrasi antara akuntansi dengan model simulasi FlexSim.

Selanjutnya penelitian yang telah dilakukan oleh Zhang & Lin (2024) dalam penelitiannya mengangkat permasalahan pada perusahaan furnitur kayu yang mengalami kenaikan biaya tenaga kerja tanpa diimbangi dengan adanya efisiensi kerja serta rendahnya keseimbangan di lini produksi yang menyebabkan daya saing perusahaan menurun. Metode yang digunakan pada penelitian ini yaitu pendekatan *Discrete Event Simulation* (DES) dengan *software* FlexSim dan *Line Balancing*. Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa terdapat beberapa titik proses yang kurang efisien serta ketidakaturan dari alokasi tugas operator. Rekomendasi yang diberikan pada penelitian ini dengan melakukan penyesuaian pada tata letak sesuai dengan urutan proses dan alokasi tugas dari operator mampu meningkatkan keseimbangan lini produksi sebesar 46,71% berdasarkan pada hasil perhitungan dengan metode *Balance Optimization* dan meningkatkan *output* produksi yang awalnya hanya 7 menjadi 13 produk per hari.

Selanjutnya penelitian yang telah dilakukan oleh Katarzyński et al., (2025) pada penelitiannya membahas mengenai permasalahan pada proses produksi yang kurang optimal akibat tata letak produksi yang tidak berurutan serta aliran material yang masih belum tersusun dengan baik. Metode yang digunakan pada penelitian ini yaitu *Discrete Event Simulation* (DES) dengan bantuan *software* FlexSim versi 2025 untuk digunakan dalam memodelkan *Digital Twin* dari proses produksi dengan parameter alur antrian dan alokasi tugas dari operator. Hasil penelitian ini menemukan terdapat *bottleneck* pada beberapa titik penyimpanan yang menjadikan penyebab utama rendahnya tingkat efisiensi pada keadaan eksistingnya. Maka dari itu, peneliti memberikan rekomendasi solusi terbaik terdapat pada skenario 3 dengan memodifikasi koneksi antar elemen yang berfokus pada pengaturan ulang tata letak penyimpanan yang mana terdapat 1 mesin yang

dapat dioperasikan oleh 2 operator secara bergantian sehingga mampu meningkatkan total *output* yang mencapai sebanyak 2875 unit dengan persentase *Blocked* sebesar 0% dengan waktu tunggu antrian sekitar 15-17 detik.

Tabel 2. 1 Kajian Literatur Penelitian Terdahulu

No.	Penulis	Obyek	Metode		
			FlexSim	<i>Line Balancing</i>	Monte Carlo
1	(Prima et al., 2025)	Industri Manufaktur	√	√	
2	(Nurul et al., 2023)	Industri konveksi	√		
3	(F. Kurniawan et al., 2021)	Industri manufaktur (ragum)	√		
4	(Dio et al., 2023)	Industri garmen & tekstil	√		
5	(Jamil et al., 2025)	Industri makanan	√		
6	(Natalia & Oktavia, 2023)	Industri makanan			√
7	(Poloczek, 2025)	Sistem produksi	√		
8	(Krynke, 2021b)	Lini produksi	√		
9	(Krynke, 2021a)	Sistem produksi	√		
10	(Zhang & Lin, 2024)	Furnitur kayu	√	√	
11	(Katarzyński et al., 2025)	Proses produksi	√		
12	(Nugraha, 2026)	Manufaktur (emas)	√		√

2.2 Landasan Teori

2.2.1 Sistem Produksi

Sistem produksi merupakan rangkaian dari beberapa proses aktivitas, serta kemampuan yang digunakan sebaik mungkin untuk mampu memberikan nilai tambah atau memperbarui *input* menjadi *output* baik itu berupa benda ataupun jasa (Az-zahra et al., 2024). Menurut Triyani Hayati & Hendra Firdaus (2024) sistem produksi merupakan gabungan yang terdiri dari beberapa unit atau elemen yang saling berinteraksi antar satu dengan lainnya dan saling menunjang dalam suatu perusahaan tertentu yang mana sistem ini termasuk dalam sistem integral yang mempunyai strukturan dan fungsional perusahaan. Komponen struktural yang dimaksud meliputi bahan, mesin, peralatan, pekerja, informasi dan lain sebagainya. Sedangkan komponen fungsional terdiri dari aktivitas perencanaan, pengawasan, pengendalian, serta hal lain yang memiliki keterkaitan dengan manajemen dalam suatu perusahaan. Terdapat beberapa jenis sistem produksi yang dikenal dalam dunia industri, salah satunya yaitu sistem produksi berdasarkan pada tujuan operasi yang dilakukan. Berikut merupakan jenis sistem produksi berdasarkan pada tujuan operasinya:

a. *Engineering to Order* (ETO)

Sistem produksi yang dilakukan berdasarkan pada permintaan dari pelanggan mulai dari tahap perancangan produk, pemodelan, dan produksinya. Dengan sistem seperti ini, proses pengerjaan produk tidak akan dimulai jika belum terdapat kesepakatan dengan konsumen. Sistem produksi seperti ini membutuhkan biaya yang lebih besar serta waktu penyelesaian yang lebih lama dibandingkan sistem produksi lainnya sebab memiliki tingkat kustomisasi yang sangat tinggi.

b. *Make to Stock* (MTS)

Sistem produksi dengan strategi untuk mengatasi persediaan (*inventori*) sebelum adanya pesanan yang diminta oleh konsumen. Model seperti ini sering diterapkan pada sistem produksi massal yang mana fokus utamanya ialah mencapai ketersediaan stok dengan jumlah tertentu. Maka dari itu, sistem produksi seperti ini cenderung lebih efisien sebab produksi dilakukan dalam volume yang besar sehingga berdampak pada penurunan biaya produk per unit.

c. *Make to Order* (MTO)

Pendekatan dengan sistem produksi seperti ini baru akan diselesaikan khususnya pada tahapan akhir ketika produsen telah menerima permintaan dari konsumen untuk produk

tersebut. Sistem ini mendorong proses produksi sejalan dengan kebutuhan aktual dari konsumen sehingga mampu menimilkkan terjadinya penumpukan barang jadi pada gudang. Selain itu, sistem ini juga memiliki keunggulan yang terdapat pada kemampuannya untuk memproduksi produk dengan variasi yang lebih tinggi.

d. *Assembly to Order* (ATO)

Sistem produksi yang memproduksi berdasarkan pada dua sistem produksi (*hybrid*) yaitu *make to order* dan *make to stock*. Produsen akan melakukan produksi sesuai desain, modul operasional yang telah dijadikan sebagai standar operasional. Setelah itu, tiao bagian-bagian yang telah diproduksi akan dirakit menjadi satu kesatuan sesuai dengan modul dan permintaan dari konsumen. Dengan begitu, produsen bisa melakukan produksi untuk beberapa bagian tertentu tanpa perlu dilakukan perakitan terlebih dahulu.

2.2.2 *Forecasting*

Peramalan (*forecasting*) merupakan salah satu cara yang digunakan untuk membuat prediksi pada kejadian bisnis di masa yang akan datang dengan memanfaatkan informasi atau data yang dikumpulkan sebelumnya (Tuovila, 2024). Menurut Ahmad (2020) peramalan adalah teknik yang digunakan secara kuantitatif mengenai kejadian yang akan terjadi dibeberapa periode ke depan dengan menggunakan data historis yang masih relevan dan masih saling memiliki keterkaitan dengan hal yang akan diprediksi. Dengan adanya peramalan terhadap jumlah permintaan konsumen, perencanaan produksi dari suatu perusahaan dapat dilakukan dengan tepat meminimalisir terjadinya kekurangan atau kelebihan stok serta mampu memberikan manfaat dalam jangka panjang terhadap keberlanjutan bisnis kedepannya. Tujuan utama dilakukannya *forecasting* pada suatu perusahaan ialah agar mampu meminimalkan ketidakpastian yang terjadi pada pasar dan membantu perusahaan dalam langkah pengambilan keputusan yang baik berdasarkan pada data historis yang dimiliki (Audinasyah & Solehudin, 2024). Berikut merupakan beberapa tujuan dilakukannya peramalan (Heizer & Render, 2015):

1. Evaluasi kebijakan historis dan eksisting

Forecasting memberikan kemudahan untuk suatu perusahaan dalam melakukan evaluasi mengenai kebijakan yang telah dijalankan baik itu kebijakan di masa lalu ataupun kondisi saat ini dengan tujuan mengetahui pengaruhnya terhadap kondisi yang akan dihadapi di masa yang akan datang. Dengan begitu, perusahaan mampu melakukan penyesuaian kebijakan yang relevan untuk digunakan menghadapi tantangan di masa depan.

2. Mencegah terjadinya *delay*

Penerapan *forecasting* juga memberikan kemudahan dalam kondisi krusial dalam mengatasi kesenjangan yang terjadi akibat keterlambatan pengambilan keputusan dan proses realisasi di lapangan. Dengan adanya peramalan untuk kondisi di masa depan, perusahaan jadi memiliki waktu yang cukup untuk melakukan persiapan dari segi sumber daya yang diperlukan sebelum kebijakan tersebut direalisasikan pada tahapan operasional.

3. Sebagai landasan dalam pembuatan rencana bisnis

Aktivitas *forecasting* dapat dijadikan sebagai salah satu landasan dalam penyusunan rencana bisnis perusahaan agar lebih siap dalam menghadapi tantangan di masa mendatang. Data mengenai proyeksi dari permintaan dan kondisi pasar di masa depan menjadi informasi yang sangat penting dan valid bagi suatu perusahaan yang dijadikan sebagai acuan atau pertimbangan dalam menentukan strategi yang tepat untuk mencapai tujuan/ target perusahaan.

2.2.3 Simulasi

Simulasi merupakan suatu imitasi yang dibuat semirip mungkin untuk memberikan kemudahan dalam menggambarkan sistem nyata. Simulasi adalah metode yang meniru operasi atau proses yang terdapat dalam suatu sistem nyata dengan memanfaatkan bantuan perangkat komputer dan dilandasi dengan adanya beberapa asumsi tertentu sehingga sistem tersebut dapat dipelajari dengan pendekatan ilmiah (Hutahaean, 2018). Menurut Dewanto & Santosa (2020) simulasi adalah proses membuat model yang berisikan beberapa variabel yang menggambarkan ciri utama dari sistem nyatanya, melewati beberapa tahapan pengujian pada model tersebut dan evaluasi untuk hasil tes dari model yang telah dibuat. Penggunaan simulasi mampu memberikan analisis terhadap sistem yang berjalan dan juga membantu dalam membuat keputusan dengan melakukan modifikasi pada ciri utama yang terdapat pada sistem nyata. Model simulasi memiliki klasifikasi beberapa jenis yaitu (Matondang et al., 2020):

1. Model simulasi statis dan dinamis

Model simulasi statis merupakan model yang menggambarkan suatu sistem pada suatu titik waktu tertentu atau dapat dikatakan model simulasi yang tidak memasukkan adanya peran variabel waktu didalamnya. Sedangkan, model simulasi dinamis merupakan model simulasi yang menggambarkan suatu sistem yang terus berkembang seiring dengan adanya perubahan waktu seperti contohnya dalam pembuatan simulasi *System Dynamics*.

2. Model simulasi deterministik dan stokastik

Model simulasi deterministik merupakan model simulasi yang dalam pembuatannya tidak terdapat kejadian acak di dalamnya, sedangkan model simulasi stokastik merupakan model simulasi yang didalamnya terdapat kejadian-kejadian acak, contohnya seperti simulasi Monte Carlo yang menggunakan bilangan acak dalam simulasinya.

3. Model simulasi kontinu dan diskrit

Model simulasi kontinu merupakan model simulasi yang mana status sistemnya mengalami perubahan terus-menerus selama terjadinya perubahan waktu. Sedangkan model simulasi diskrit merupakan model simulasi yang mana perubahan status sistemnya hanya terjadi pada titik-titik waktu tertentu saja contohnya ialah *Discrete Event Simulation* (DES)

2.2.4 Monte Carlo

Simulasi Monte Carlo secara sederhana dapat diartikan sebagai teknik yang digunakan dalam proses *sampling* statistik dengan tujuan untuk mendapatkan hasil berupa perkiraan solusi dalam masalah kuantitatif. Model simulasi Monte Carlo adalah pendekatan simulasi probabilistik yang mana solusi diperoleh berdasarkan pada proses pengacakan yang didalamnya mencakup distribusi probabilitas dari variabel data yang telah dikumpulkan sesuai data dan probabilitas teoritis distribusi (Hasugian et al., 2022). Bilangan acak yang digunakan memiliki kemungkinan muncul yang sama dengan pola angka yang tidak dapat diidentifikasi dengan tujuan untuk memberikan gambaran kejadian acak dan berurutan sesuai dengan perubahan yang terjadi pada saat proses simulasi dijalankan. Kelebihan dari penggunaan simulasi ini yaitu terletak pada kemampuannya dalam melakukan simulasi sistem berulang kali dengan menentukan bilangan acak pada tiap variabel dari distribusi probabilitas yang ada (Prawita et al., 2020). Berikut merupakan langkah-langkah dalam simulasi Monte Carlo:

1. Menetapkan distribusi probabilitas sesuai dengan data historis yang telah dikumpulkan.
2. Mengubah distribusi probabilitas ke dalam bentuk frekuensi kumulatif untuk dijadikan sebagai dasar penentuan batas interval dari bilangan acak.
3. Menjalankan simulasi menggunakan bilangan acak yang telah dibuat untuk menggambarkan variasi kondisi yang sebenarnya
4. Melakukan analisis terhadap hasil simulasi sebagai rujukan atau pertimbangan dalam pemilihan solusi dan pengambilan keputusan.

2.2.5 Discrete Event Simulation (DES)

Discrete Event Simulation (DES) merupakan simulasi yang memodelkan suatu sistem nyata sebagai rangkaian peristiwa diskrit yang biasanya terjadi dalam beberapa titik waktu tertentu dan peristiwa tersebut memberikan pengaruh terhadap keadaan sistem (Duka et al., 2025). Implementasi DES sangat cocok untuk digunakan pada tahapan level operasional sebagai alat bantu sebelum mengambil keputusan. Dengan menggunakan DES memberikan kesempatan dan kemudahan dalam melakukan analisis yang lebih mendalam pada suatu dinamika sistem tanpa mengesampingkan interaksi antar elemen yang terdapat pada sistem tersebut (Liu et al., 2020).

Discrete Event Simulation sangat bisa diandalkan saat ingin melakukan proses perubahan dengan ketentuan tertentu guna mengoptimalkan *throughput* pada sistem produksi sebab DES mampu digunakan untuk mengintegrasikan seluruh proses manufaktur (Syabira et al., 2024). Dalam penelitiannya (Hidayat et al., 2024) memberikan gambaran bahwa DES dapat dimanfaatkan pada berbagai bidang industri manufaktur untuk meningkatkan efisiensi operasional serta mengoptimalkan proses produksi yang berjalan. Proses pemodelan dalam DES akan terasa lebih mudah dan cepat dengan akurasi yang tinggi jika pengembangan model dilakukan dengan menggunakan bantuan perangkat lunak simulasi (Putra et al., 2024). DES memiliki beberapa karakteristik yang membedakannya dengan simulasi yang lain, berikut ini merupakan karakteristik dari DES:

1. Terdapat *event* baik itu *scheduled event* ataupun *conditional event*
2. Terdapat aliran proses atau urutan kejadian agar dapat menjalankan simulasi
3. Simulasi yang dibuat terjadi atau dilakukan pada titik-titik waktu diskrit
4. Adanya *interarrival time*
5. Tiap entitas memiliki atributnya sendiri (karakteristik dari suatu entitas akan dipertahankan oleh entitas tersebut sampai entitas keluar dari sistem)
6. Terdapat akumulator statistik dalam sistem nyata yang dibuat

2.2.6 Software FlexSim

FlexSim merupakan perangkat lunak dengan tampilan yang dapat memodelkan, mensimulasikan, memprediksi, dan memvisualisasikan sistem diberbagai industri. FlexSim merupakan perangkat lunak simulasi yang dibuat untuk dapat melakukan perancangan pemodelan sistem nyata dengan tampilan animasi virtual tiga dimensi (F. Kurniawan et al., 2021). Perangkat lunak ini membuat representasi sistem dalam bentuk model tiga dimensi (3D)

yang memberikan kemudahan bagi pemodel untuk bisa menganalisis secara rinci aspek-aspek yang terdapat pada sistem seperti alur produksi ataupun inefisien yang terjadi dalam sistem tersebut (Kurniawan et al., 2026).

Implementasi FlexSim cukup luas dalam beberapa aspek industri seperti manufaktur, logistik, layanan lesehatan dan aspek lainnya, yang digunakan sebagai *tools* dalam menganalisis permasalahan operasional sekaligus dapat memberikan rekomendasi usulan perbaikan untuk mendukung proses pengambilan keputusan (Dwi Putra et al., 2022). Beberapa elemen atau objek yang terdapat dalam FlexSim diklasifikasikan menjadi dua objek utama yaitu *fixed resource* dan *task executor*. *Fixed resource* merupakan objek yang memiliki tugas untuk mendefinisikan, menerima, atau memberikan perintah kepada *task executor*. Sedangkan objek yang termasuk dalam *task executor* memiliki fungsi menjalankan perintah atau tugas yang diberikan oleh objek yang terdapat pada *fixed resource*.

2.2.7 Validasi dan Verifikasi

Verifikasi merupakan tahapan pemeriksaan program komputer simulasi yang dilakukan setelah model telah selesai dengan tujuan untuk memastikan kembali bahwa simulasi tersebut sudah berjalan dengan baik dan sesuai dengan yang diinginkan pemodel (Law, 2024). Proses yang masuk dalam tahapan ini cenderung pada pemeriksaan kembali seluruh model yang dibuat untuk disesuaikan kembali dengan kondisi aktualnya, seperti melakukan pemeriksaan ulang mengenai waktu proses dalam model dengan kondisi rilnya.

Sedangkan pengertian dari validasi adalah proses yang dilakukan untuk menentukan apakah model yang telah dibuat dapat menjadi sistem yang akurat dan mampu memberikan representasi dari sistem nyata atau tidak (Matondang et al., 2020). Jenis validasi yang sering digunakan dalam pemeriksaan model simulasi yaitu dengan menggunakan validasi uji statistik yang meliputi dua pengujian yaitu uji kesamaan dua variansi dan uji kesamaan dua rata-rata. Validasi dengan uji statistik akan menguji dua jenis data yaitu data historis yang didapatkan langsung dari sistem nyata dan data simulasi yang didapatkan dari hasil menjalankan model simulasi yang telah dibuat. Jika hasil dari uji statistik menunjukkan hasil bahwa data historis dan data simulasi tidak terdapat perbedaan yang signifikan, maka model yang dibuat dapat dikatakan valid atau mampu merepresentasikan sistem ril nya (Syabira et al., 2024).

2.2.8 Desain Eksperimen

Model simulasi eksisting yang telah dibuat akan dilakukan analisis mendalam apakah didalamnya terdapat permasalahan yang nantinya dapat dijadikan sebagai acuan dalam

pembuatan skenario *Discrete Event Simulation* (DES) untuk bisa memberikan solusi yang konkrit berdasarkan pada data hasil eksperimen yang dijalankan (Jamil et al., 2025). Desain eksperimen merupakan salah satu tahapan penting dan menjadi langkah berikutnya setelah model simulasi dinyatakan valid dengan merancang alternatif skenario dengan variasi perubahan yang beraneka ragam berdasarkan pada kemungkinan yang bisa diterapkan pada parameter yang dipilih dan akan dipertimbangkan dengan melihat variabel indikator yang dihasilkan dari tiap alternatif skenario (Syabira et al., 2024).

Skenario dalam hal ini dapat diartikan sebagai rangkaian alternatif pada tahapan operasional yang didesain untuk menjawab pertanyaan *what-if analysis*. Pada model simulasi dapat dilakukan berbagai macam desain eksperimen dengan beberapa jenis perubahan seperti pergantian mesin dari manual ke mesin otomatis yang berpengaruh ke waktu proses, jumlah fasilitas, durasi jam kerja dan sebagainya. Perancangan skenario dengan menggunakan simulasi memberikan kemudahan bagi para manajer operasional untuk memperoleh gambaran dari perubahan yang dilakukan pada parameter tertentu terhadap *throughput* dan utilisasi dari keseluruhan sistem sebelum kebijakan perubahan tersebut diimplementasikan dalam kondisi nyata di lapangan (Rizki & Dhewanto, 2025).

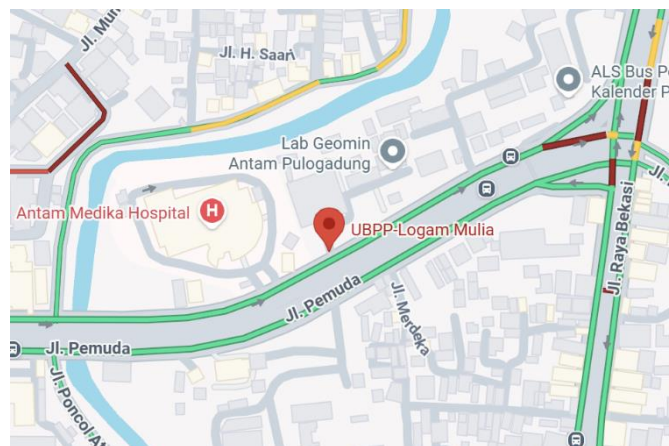
Langkah yang perlu dilakukan setelah melakukan eksperimen pada model simulasi yaitu menentukan alternatif terbaik yang akan dipilih. Pemilihan alternatif terbaik perlu dilakukan dengan menggunakan metode perbandingan yang objektif agar dapat memastikan validitas dari keputusan yang akan diambil. Metode yang seringkali digunakan dalam pemilihan alternatif terbaik dari hasil eksperimen simulasi yaitu dengan menggunakan metode perbandingan statistik (*Multiple Comparison Analysis*) (Avci & Dağ, 2024). Metode ini digunakan untuk memastikan bahwa perbedaan antara skenario dengan kondisi eksistingnya benar-benar signifikan berdasarkan pada hasil pengujian statistik, sehingga rekomendasi perbaikan yang dipilih memiliki landasan yang kuat dan bisa dipertanggungjawabkan.

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Objek Penelitian

Penelitian ini dilakukan di PT Aneka Tambang Tbk. lebih tepatnya pada Unit Bisnis Pengolahan dan Pemurnian (UBPP) Logam Mulia. PT Aneka Tambang Tbk. (UBPP Logam Mulia) mempunyai lahan produksi yang terletak di kawasan industri terpadu tepatnya di Gedung Graha Dipta Jl. Pemuda No.1, Rawamangun, Kec. Pulo Gadung, Kota Jakarta Timur, Daerah Khusus Ibukota Jakarta 13220. Penelitian ini difokuskan pada Departemen Manufaktur lebih tepatnya di satuan kerja *Small Bar Product* untuk menganalisis peningkatan produksi yang dapat dilakukan dalam proses pembuatan emas batangan dan memberikan usulan perbaikan dengan menggunakan hasil simulasi yang telah didapatkan pada tiap proses, khususnya pada proses *Blanking*.



Gambar 3. 1 Lokasi PT Aneka Tambang Tbk. (UBPP Logam Mulia)

3.2 Metode Pengumpulan Data

3.2.1 Jenis Data

Beberapa jenis data yang digunakan pada penelitian ini bersumber dari dua jenis data, yakni data primer dan data sekunder. Data yang digunakan meliputi sebagai berikut:

a. Data Primer

Data primer adalah data yang didapatkan secara langsung pada saat berada di lapangan atau bisa juga data yang diberikan langsung dari sumber kepada peneliti. Pada penelitian ini data primer yang diperoleh didapatkan dengan melakukan wawancara, dan observasi

pada saat proses produksi sedang berlangsung. Beberapa data yang diperoleh terdiri dari alur proses produksi, jumlah mesin, permasalahan yang ada, jumlah operator, waktu proses, *downtime*, dan sebagainya.

b. Data Sekunder

Data sekunder adalah data yang didapatkan secara tidak langsung atau data yang diperoleh dengan bantuan perantara seperti buku, jurnal, artikel, dan sebagainya. Jenis data sekunder ini biasanya digunakan sebagai penunjang dalam penelitian yang sedang dilakukan. Data sekunder yang digunakan pada penelitian ini terdiri dari data historis produksi, profil perusahaan, dan studi literatur mengenai metode sejenis.

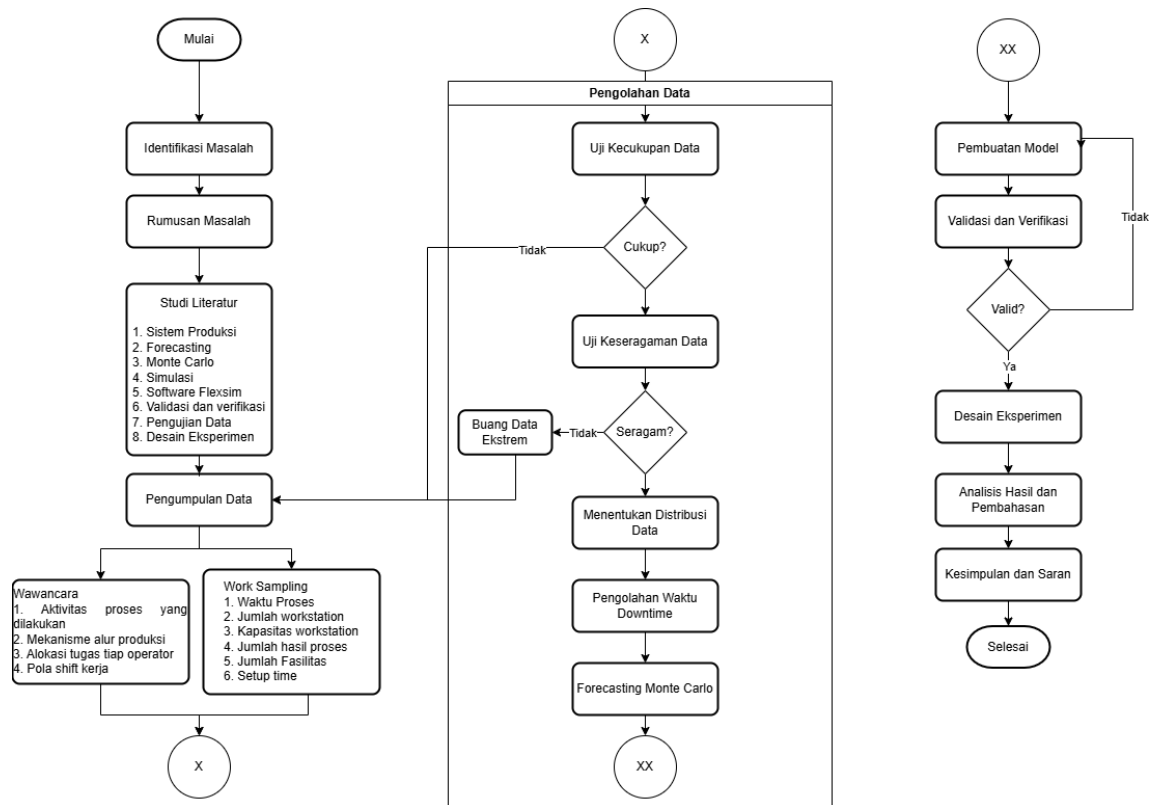
3.2.2 Teknik Pengumpulan Data

Pada tahapan pengumpulan data, terdapat beberapa teknik yang sering digunakan oleh para peneliti sesuai dengan kebutuhan dalam penelitian yang dilakukan. Pada penelitian ini menggunakan beberapa teknik yang berbeda untuk memperoleh data yang dibutuhkan serta pendekatan kepada para narasumber. Berikut merupakan teknik pengambilan data yang digunakan dalam penelitian ini:

- a. Kajian literatur merupakan data atau referensi yang berkaitan dengan topik penelitian yang diperoleh pada sumber yang terpercaya seperti buku, jurnal, ataupun penelitian terdahulu. Data yang didapatkan tersebut akan dijadikan sebagai pendukung atau memperkuat teori yang diterapkan oleh peneliti.
- b. Observasi merupakan teknik pengumpulan data yang dilakukan secara langsung dengan melakukan pengamatan pada tiap proses yang berlangsung, aktivitas yang dilakukan oleh para operator, alokasi tugas dari operator, dan sebagainya.
- c. Wawancara merupakan teknik pengumpulan data yang dilakukan secara langsung dengan interaksi yang terjalin antara peneliti dengan narasumber, dimana peneliti akan mengajukan beberapa pertanyaan meliputi data yang dibutuhkan kepada narasumber atau pihak yang memiliki wewenang atas pertanyaan tersebut. Pada penelitian ini narasumber yang diberikan pertanyaan meliputi operator, pengawas, dan asisten manajer yang berada di satuan kerja *Small Bar Product*.

3.3 Alur Penelitian

Berikut ini merupakan diagram alir dari penelitian yang dilakukan:



Gambar 3. 2 Alur Penelitian

Berikut ini merupakan penjelasan mengenai tiap proses pada alur penelitian yang terdapat pada Gambar 3.2 :

1. Mulai
2. Identifikasi Masalah

Kegiatan ini dilakukan secara langsung oleh peneliti pada satuan kerja *Small bar Product* yang terdapat di PT Aneka Tambang Tbk. (UBPP Logam Mulia). Aktivitas ini dilakukan untuk mengidentifikasi permasalahan yang ada serta perbaikan apa yang dapat dilakukan. Selain itu, hasil observasi ini juga bertujuan untuk mengumpulkan beberapa informasi yang diperlukan dalam penelitian ini seperti alur proses produksi, jumlah mesin, peletakan dari tiap mesinnya.

3. Rumusan Masalah

Setelah menemukan permasalahan yang terdapat pada proses produksi, penulisan ini dilanjutkan pada tahap pembuatan rumusan masalah dengan tujuan untuk memberikan fokus dalam penelitian yang dilakukan. Dengan begitu, rumusan masalah yang telah dibuat juga

dapat dijadikan sebagai landasan dalam penentuan tujuan dan arah penelitian yang dilakukan.

4. Studi Literatur

Studi literatur dilakukan untuk mengumpulkan data dan referensi yang berkaitan dengan topik penelitian dengan sumber informasi berupa jurnal, artikel, buku, dan literatur ilmiah lainnya. Pada penelitian ini, studi literatur yang digunakan yaitu sumber yang memiliki kesamaan seperti sistem produksi *make-to-order*, Monte Carlo, *Stopwatch Time Study*, simulasi FlexSim, validasi model simulasi dalam industri manufaktur.

5. Pengumpulan Data

Pada proses pengumpulan data yang dilakukan selain dengan melakukan observasi dengan mengamati proses secara langsung, penelitian ini juga menggunakan pendekatan wawancara kepada para pekerja untuk mendapatkan informasi yang berhubungan dengan penelitian ini pada tiap prosesnya. Pengumpulan data juga dilakukan untuk mendapatkan beberapa informasi yang dibutuhkan dalam penelitian seperti data historis yang boleh diberikan oleh perusahaan.

6. Pengolahan Data

Proses pengolahan data diawali dengan memastikan bahwa seluruh data telah memenuhi uji kecukupan dan keseragaman untuk memastikan seluruh data berada dalam rentang kendali yang wajar dan tidak melewati batas atas (BKA) maupun batas bawah (BKB). Data yang telah seragam tersebut kemudian digunakan sebagai inputan waktu proses yang akan diisi saat pembangunan model simulasi. Kemudian, data-data tersebut akan ditentukan termasuk dalam jenis distribusi data seperti apa menggunakan *tools* yang terdapat pada *software* FlexSim.

Data historis yang diperoleh berupa bahan baku yang akan diproduksi selama tiga bulan akan diolah untuk mendapatkan hasil *forecasting* dengan menggunakan pendekatan simulasi Monte Carlo. Hasil *forecasting* tersebut nantinya akan digunakan sebagai data inputan bahan baku yang akan dijadikan sebagai dasar dalam pembuatan model.

Setelah seluruh data telah melewati beberapa uji statistik dan hasil *forecasting* untuk rencana produksi telah didapatkan, langkah selanjutnya yang perlu dilakukan yaitu membangun model simulasi dengan menggunakan *software* FlexSim menggunakan data-data yang telah diolah pada tahap sebelumnya. Jika model simulasi telah selesai dibuat,

maka akan dilanjutkan dengan tahap validasi dan verifikasi untuk menjamin akurasi model terhadap data historis di lapangan.

Setelah model dinyatakan valid, penelitian bergerak ke tahap desain eksperimen dengan menguji hasil yang didapatkan dari tiga skenario. *Output* dari ketiga skenario tersebut kemudian dianalisis perbandingannya menggunakan *Multiple Comparison Analysis* (MCA) untuk membandingkan hasil antara tiap skenario untuk guna melihat perbedaan yang terjadi dan menemukan skenario yang paling optimal dalam meningkatkan kapasitas produksi, yang selanjutnya ditetapkan sebagai usulan perbaikan utama bagi perusahaan.

7. Analisis dan Pembahasan

Setelah dilakukan proses pengolahan data, langkah berikutnya yang tidak kalah penting yaitu menganalisis hasil yang didapatkan secara komparatif. Fokus utama pada tahapan ini adalah membuat keputusan yang akan diambil berdasarkan hasil dari tiga skenario yang dilakukan dalam FlexSim dengan mempertimbangkan hasil *output* produksi tertinggi.

8. Kesimpulan dan Saran

Pada bagian penutup, penelitian ini akan memberikan kesimpulan yang merupakan inti dari seluruh proses analisis data untuk menjawab tujuan penelitian yang telah ditetapkan. Tidak hanya berhenti pada kesimpulan, penelitian ini juga akan memberikan rekomendasi bagi perusahaan yang dijadikan sebagai objek penelitian. Rekomendasi tersebut diharapkan mampu diimplementasikan untuk mengoptimalkan efisiensi, produktivitas, dan keberlanjutan bisnis perusahaan dalam jangka panjang.

9. Selesai

BAB IV

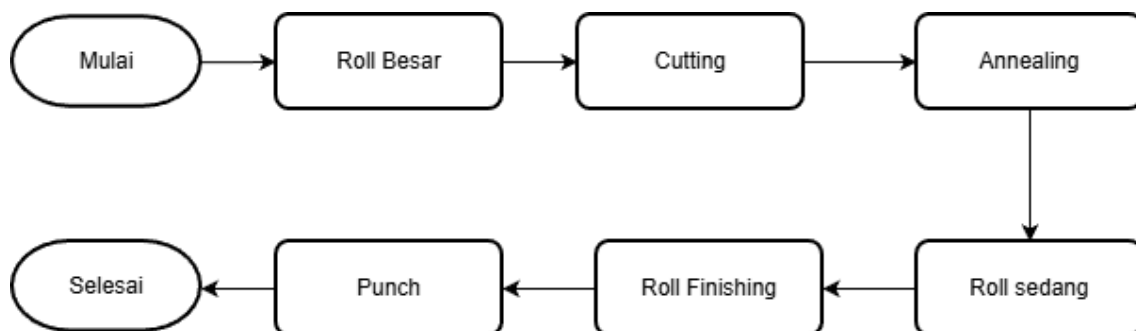
PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA

4.1 Pengumpulan Data

Penelitian ini dilakukan di PT Aneka Tambang Tbk. lebih tepatnya pada salah satu unit bisnisnya yaitu Unit Bisnis Pengolahan dan Pemurnian (UBPP) Logam mulia dengan topik permasalahan yang terdapat pada divisi kerja Manufaktur dalam satuan kerja *Small Bar Product* (SBP). Analisis permasalahan pada penelitian ini difokuskan pada tahapan proses *Blanking* (*roll* besar, *roll* sedang, *roll* halus), *annealing*, *punch*, *cutting*. Penentuan fokus penelitian ini dilakukan berdasarkan pada hasil pengamatan yang mana mesin-mesin yang disebutkan sering mengalami *idle* karena kurangnya operator. Dalam melakukan tahapan pengumpulan dan pengambilan data, peneliti melakukan perhitungan secara langsung untuk beberapa data yang diperlukan menggunakan alat yang tersedia seperti *stopwatch*. Selain itu, penelitian ini juga menggunakan data historis yang terdapat pada perusahaan yang diberikan oleh mentor di lapangan.

4.1.1 Alur Proses Produksi

Aktivitas produksi yang terdapat pada satuan kerja *Small Bar Product* (SBP) memiliki beberapa jenis aktivitas, salah satunya yaitu proses di lini *blanking* yang merupakan proses paling awal dari seluruh aktivitas proses produksi yang ada di SBP. Pada lini *blanking* seluruh proses menggunakan bantuan mesin yang dioperasikan oleh operator yang bertugas, proses pada lini *blanking* dapat dilihat pada gambar 4.1:



Gambar 4. 1 Alur Proses Lini *Blanking*

Penjelasan lebih rinci mengenai aktivitas proses yang dilakukan oleh para operator di tiap mesin dapat dilihat pada Tabel 4.1:

Tabel 4. 1 Aktivitas Tiap Proses

No	Proses	Aktivitas
1	<i>Roll Besar</i>	• Ambil bahan baku • Jalan menuju <i>roll</i> Besar • Melakukan <i>setup</i> dan kalibrasi mesin <i>Roll</i> Besar • Memasukkan lempengan ke mesin • Menerima dan memeriksa dimensi (ketebalan) lempengan • Mengantarkan lempengan yang sudah di-<i>roll</i> ke stasiun <i>Cutting</i>
2	<i>Cutting</i>	• Melakukan <i>setup</i> mesin • Proses <i>Cutting</i> • Mengambil hasil potongan dan meletakkan di <i>trolley</i> satu persatu • Mengantarkan tumpukan potongan ke stasiun kerja <i>Annealing</i>
3	<i>Annealing</i>	• Melakukan <i>setup</i> mesin • Menyusun potongan emas ke <i>convenyor annealing</i> • Mengumpulkan potongan emas yang telah di <i>annealing</i>
4	<i>Roll sedang</i>	• Melakukan <i>setup</i> mesin <i>Roll Sedang</i> • Memasukkan potongan satu per satu ke mesin <i>roll</i> • Memeriksa kembali ketebalan dan kehalusan potongan • Mengantarkan potongan ke stasiun <i>Roll Finishing</i>
5	<i>Roll Finishing</i>	• Melakukan <i>setup</i> mesin <i>Roll Finishing</i> (presisi tinggi) • Memasukkan potongan satu per satu ke mesin <i>roll</i> akhir • Melakukan pengecekan ketebalan dan berat • Mengantarkan kepingan ke stasiun <i>Punch</i>
6	<i>Punch</i>	• Melakukan <i>setup</i> mesin <i>Punch</i> • Melakukan proses <i>punch</i> • Menyimpan sisa material (<i>scrap</i>) • Mengambil produk jadi (medali) dari mesin

4.1.2 Data Jumlah Operator dan Waktu Kerja

Proses produksi pada satuan kerja *Small Bar Product* (SBP) khususnya di proses *blanking* dibutuhkan beberapa operator yang mempunyai tugas untuk mengoperasikan beberapa mesin yang terdiri dari mesin *roll* besar, *roll* sedang, *roll finishing*, mesin *cutting*, mesin *annealing* dan mesin *punch*. Jumlah operator beserta alokasi tugasnya dalam pengoperasian mesin dapat dilihat pada Tabel 4.2 dan untuk jadwal *shift* kerja pada satuan kerja SBP terdapat pada Tabel 4.3.

Tabel 4. 2 Data Operator dan Mesin

No	Mesin	Operator (OP)	
		Ideal	Aktual
1	Mesin <i>Roll</i> Besar	2	OP-1 & OP-2
2	Mesin <i>Cutting</i>	2	OP-3
3	Mesin <i>Annealing</i>	2	OP-4
4	Mesin <i>Roll</i> Sedang	1	OP-1 & OP-2
5	Mesin <i>Roll Finishing</i>	1	OP-3 & OP 4
6	Mesin <i>Punch</i>	1	OP-5
	Total	9	5

Tabel 4. 3 Jadwal *shift* kerja

Hari	Shift	Jam Kerja
Senin – Kamis	Pagi	07.00 – 15.00
Sabtu - Minggu	Siang	15.00 – 23.00
Jumat	Pagi	08.30 – 15.00
	Siang	15.00 – 23.00

Berdasarkan pada Tabel 4.2 dapat diketahui bahwa pada lini produksi *blanking* saat ini beroperasi dengan jumlah lima operator, jumlah tersebut jauh dari kata ideal untuk pengoperasian pada mesin di lini *balnking* yang mana terdapat beberapa mesin yang membutuhkan dua operator untuk pengoperasiannya. Hal tersebut memberikan dampak pada tingginya beban kerja bagi beberapa operator dikarenakan harus melakukan *multitasking* pada mesin *roll* besar, *roll* sedang, dan *roll finisihing*. Adanya gap antara jumlah operator aktual

dengan jumlah operator ideal memberikan peluang untuk melakukan evaluasi pada pemenuhan jumlah tenaga kerja agar seluruh proses produksi dapat berjalan efektif sesuai dengan kapasitas standar tanpa memberikan beban berlebih pada para pekerja. Oleh sebab itu, solusi yang nantinya dikaji dalam penelitian ini akan berfokus pada penambahan operator.

4.1.3 Data Waktu *Downtime*

Data waktu *downtime* merupakan waktu dimana proses produksi berhenti untuk sementara waktu. *Downtime* yang terdapat pada satuan kerja *Small Bar Product* (SBP) merupakan waktu *downtime* yang terencana dan menjadi kegiatan rutin pada tiap jam kerja, beberapa jenis kegiatan yang termasuk dalam *downtime* pada SBP yakni seperti pengarahan keselamatan kerja (*Safety talk*), *coffee break*, waktu istirahat, dan waktu saat pergantian *shift*. Rincian dari data waktu *downtime* terjadwal pada *shift* pagi dapat dilihat pada Tabel 4.4.

Tabel 4. 4 Waktu *Downtime*

Jadwal Downtime	Durasi	Keterangan
07.00 – 07.15	15 menit	<i>Safety Talk</i>
10.00 – 10.15	15 menit	<i>Coffee Break</i>
11.45 – 13.00	75 menit	Istirahat
14.45 – 15.00	15 menit	Persiapan ganti <i>shift</i>

4.1.4 Data Waktu Proses

Data waktu proses pada tiap mesin merupakan salah satu hal yang paling krusial dalam penelitian sebab nantinya akan digunakan sebagai *input* dalam pembangunan model simulasi FlexSim. Pengumpulan seluruh data waktu proses dalam penelitian ini diperoleh dengan cara pengukuran waktu kerja secara langsung menggunakan *Stopwatch Time Study* di tiap stasiun kerja yang menjadi fokus penelitian. Pada teori *Roscoe* dalam Sugiyono (2019) memberikan rekomendasi atau saran tentang sampel pada ukuran penelitian yang layak salah satunya ialah ukuran sampel penelitian berjumlah antara 30 sampai dengan 500. Oleh sebab itu, jumlah data pengamatan yang digunakan dalam penelitian ini berjumlah 30 data pengamatan agar dapat memenuhi kriteria jumlah sampel berdasarkan literatur terdahulu. Berikut merupakan rincian data waktu proses pada tiap mesin atau stasiun kerja yang menjadi fokus penelitian ini:

1. Waktu Proses *Roll Besar*

Proses *roll* besar merupakan tahapan awal yang akan dilakukan pada emas batangan yang akan diproses. Emas batangan dalam satuan kilogram akan ditipiskan menggunakan mesin *roll* besar sesuai dengan ketebalan dari varian gramasi yang akan dihasilkan. Proses *roll* ini dilakukan tidak hanya dalam sekali penggilingan, tetapi emas batangan bisa dimasukkan ke dalam mesin *roll* besar secara berulang kali. Pengukuran waktu yang dilakukan pada proses ini dimulai saat proses *roll* pertama hingga proses *roll* terakhir hingga ketebalannya sudah sesuai. Data waktu proses *Roll* Besar dapat dilihat pada Tabel 4.5.

Tabel 4. 5 Data Waktu Proses *Roll* Besar

Sampel	Waktu (detik)	Sampel	Waktu (detik)	Sampel	Waktu (detik)
1	43	11	42	21	44
2	37	12	49	22	45
3	38	13	39	23	36
4	47	14	39	24	35
5	46	15	43	25	45
6	47	16	47	26	48
7	37	17	45	27	37
8	50	18	38	28	50
9	35	19	37	29	37
10	39	20	39	30	49

2. Waktu Proses *Cutting*

Proses *cutting* merupakan langkah selanjutnya untuk memotong lempengan emas dari proses *roll* besar menjadi beberapa potongan lempengan emas. Pemotongan ini dilakukan berdasarkan pada ketentuan ukuran panjang yang telah ditetapkan sesuai dengan varian gramasi yang akan diproduksi. Pengukuran waktu kerja dilakukan pada saat operator mulai bersiap untuk melakukan pemotongan pertama hingga pada tahapan akhir yaitu pengambilan hasil potongan emas. Rincian dari data waktu proses *cutting* terdapat pada Tabel 4.6.

Tabel 4. 6 Data Waktu Proses *Cutting*

Sampel	Waktu (detik)	Sampel	Waktu (detik)	Sampel	Waktu (detik)
1	76	11	55	21	58
2	57	12	76	22	60

Sampel	Waktu (detik)	Sampel	Waktu (detik)	Sampel	Waktu (detik)
3	78	13	73	23	79
4	73	14	56	24	64
5	58	15	62	25	67
6	73	16	60	26	77
7	59	17	78	27	79
8	58	18	73	28	56
9	55	19	73	29	69
10	76	20	72	30	75

3. Waktu Proses *Annealing*

Proses *annealing* merupakan proses yang memanfaatkan energi panas untuk memberikan efek yang lebih lunak dari hasil potongan emas dengan tujuan agar nantinya emas lebih mudah untuk mendapatkan tingkat ketebalan yang akan dicapai diproses selanjutnya. Pengambilan sampel waktu pada proses ini dimulai pada saat operator menyusun potongan emas pada *conveyor* mesin *annealing* dan diakhiri pada saat operator telah berhasil mengumpulkan seluruh potongan emas yang sudah melewati proses *annealing*. Rincian dari data waktu proses *Annealing* dapat dilihat pada Tabel 4.7.

Tabel 4. 7 Data Waktu Proses *Annealing*

Sampel	Waktu (detik)	Sampel	Waktu (detik)	Sampel	Waktu (detik)
1	753	11	774	21	773
2	701	12	738	22	768
3	741	13	775	23	695
4	737	14	719	24	741
5	708	15	718	25	730
6	698	16	780	26	721
7	707	17	738	27	715
8	785	18	759	28	723
9	770	19	734	29	764
10	734	20	761	30	743

4. Waktu Proses *Roll* Sedang

Proses ini akan melanjutkan proses penggilingan potongan emas yang telah dipanaskan untuk mencapai ketebalan yang sesuai standar yang telah ditetapkan untuk mesin *roll* sedang. Proses ini dilakukan berulang kali sampai hasil potongan emas tersebut mencapai

ketebalan yang sesuai dengan gramasi. Pengambilan waktu pada proses ini dilakukan pada saat operator mulai memasukkan potongan emas pada mesin *roll* sedang sampai pada hasil potongan tersebut dinyatakan sudah sesuai dengan ketebalan yang diinginkan. Rincian dari data waktu proses *Roll* Sedang dapat dilihat pada Tabel 4.8.

Tabel 4. 8 Data Waktu Proses *Roll* Sedang

Sampel	Waktu (detik)	Sampel	Waktu (detik)	Sampel	Waktu (detik)
1	1149	11	1230	21	1034
2	1062	12	1273	22	1282
3	1305	13	1030	23	1023
4	1253	14	1026	24	1331
5	1193	15	1084	25	1086
6	1310	16	1293	26	1132
7	1177	17	1344	27	1090
8	1321	18	1197	28	1339
9	1213	19	1288	29	1339
10	1089	20	1118	30	1091

5. Waktu Proses *Roll Finishing*

Proses *roll finishing* merupakan tahapan akhir dari proses pengecekan ketebalaan dari lempengan emas untuk memastikan bahwa ketebalan emas tersebut sudah sesuai dengan ketentuannya agar tidak terdapat kelebihan berat yang signifikan diproses selanjutnya yang dapat dinyatakan bahwa produk tersebut harus di proses ulang. Pengukuran waktu pada proses ini dilakukan sama seperti proses *roll* sebelumnya yaitu dimulai pada saat operator memasukkan lempengan emas ke dalam mesin *roll finishing* hingga pada saat lempengan emas dinyatakan sesuai dengan ketebalan yang diinginkan. Rincian data waktu proses *Roll Finishing* dapat dilihat pada Tabel 4.9.

Tabel 4. 9 Data Waktu Proses *Roll Finishing*

Sampel	Waktu (detik)	Sampel	Waktu (detik)	Sampel	Waktu (detik)
1	2584	11	2807	21	2893
2	2658	12	2707	22	2637
3	2835	13	2848	23	2810
4	2860	14	2735	24	2688
5	2646	15	2882	25	2866
6	2672	16	2762	26	2630

Sampel	Waktu (detik)	Sampel	Waktu (detik)	Sampel	Waktu (detik)
7	2683	17	2649	27	2724
8	2760	18	2875	28	2842
9	2839	19	2634	29	2850
10	2689	20	2813	30	2865

6. Waktu Proses *Punch*

Proses *punch* merupakan tahapan akhir dari proses *blanking* yang dilakukan untuk merubah bentuk emas yang awalnya berupa lempengan emas menjadi beberapa kepingan emas berbentuk persegi sesuai dengan varian gramasi yang ingin diproduksi. Dalam sekali proses *punch* bisa menghasilkan 5 – 10 hasil kepingan emas sesuai dengan besarnya gramasi yang dibentuk. Pengukuran waktu proses *punch* dilakukan pada saat operator mulai mengambil lempengan emas untuk diletakkan pada mesin *punch* hingga tahapan akhirnya yaitu proses pengambilan kepingan emas yang telah selesai di *punch*. Rincian dari data waktu proses *Punch* dapat dilihat pada Tabel 4.10.

Tabel 4. 10 Data Waktu Proses *Punch*

Sampel	Waktu (detik)	Sampel	Waktu (detik)	Sampel	Waktu (detik)
1	19	11	19	21	19
2	16	12	19	22	19
3	21	13	20	23	16
4	17	14	21	24	19
5	16	15	18	25	18
6	16	16	21	26	16
7	20	17	18	27	15
8	19	18	18	28	17
9	18	19	18	29	21
10	21	20	21	30	15

4.1.5 Data Bahan Baku

Data bahan baku merupakan data yang berisikan informasi mengenai jumlah berat emas batangan dalam satuan Kilogram yang kemudian nantinya akan diproses menjadi beberapa kepingan emas 5 gram dalam satuan kerja *Small Bar Product* (SBP). Pengumpulan data bahan baku dilakukan dengan mengacu pada data historis yang dimiliki perusahaan selama periode tiga bulan, yakni bulan Maret, April, dan Mei tahun 2025. Pemilihan rentang waktu tersebut

didasarkan pada kondisi tingkat produksi yang paling tinggi di tahun 2025, sehingga data yang diperoleh diharapkan mampu merepresentasikan beban kerja maksimal yang ditangani oleh beberapa operator dalam kondisi produksi saat ini. Rincian untuk data bahan baku yang didapatkan untuk varian emas 5 gram dapat dilihat pada Tabel 4.11:

Tabel 4. 11 Data Bahan Baku Produksi Emas 5 gram (Kg)

Tanggal	Bahan Baku (Kg)	Tanggal	Bahan Baku (Kg)	Tanggal	Bahan Baku (Kg)
1-Mar	14	1-Apr	0	01-Mei	0
2-Mar	7	2-Apr	18	02-Mei	22
3-Mar	14	3-Apr	13	03-Mei	23
4-Mar	11	4-Apr	25	04-Mei	20
5-Mar	10	5-Apr	16	05-Mei	23
6-Mar	11	6-Apr	22	06-Mei	18
7-Mar	13	7-Apr	12	07-Mei	15
8-Mar	12	8-Apr	12	08-Mei	25
9-Mar	13	9-Apr	14	09-Mei	24
10-Mar	11	10-Apr	14	10-Mei	15
11-Mar	8	11-Apr	19	11-Mei	26
12-Mar	15	12-Apr	14	12-Mei	0
13-Mar	10	13-Apr	13	13-Mei	18
14-Mar	12	14-Apr	16	14-Mei	15
15-Mar	9	15-Apr	10	15-Mei	17
16-Mar	15	16-Apr	21	16-Mei	21
17-Mar	12	17-Apr	16	17-Mei	22
18-Mar	11	18-Apr	0	18-Mei	13
19-Mar	9	19-Apr	18	19-Mei	16
20-Mar	13	20-Apr	21	20-Mei	19
21-Mar	14	21-Apr	22	21-Mei	21
22-Mar	10	22-Apr	10	22-Mei	22
23-Mar	9	23-Apr	14	23-Mei	22
24-Mar	12	24-Apr	19	24-Mei	26
25-Mar	14	25-Apr	11	25-Mei	16
26-Mar	10	26-Apr	19	26-Mei	14
27-Mar	8	27-Apr	21	27-Mei	18
28-Mar	14	28-Apr	9	28-Mei	18
29-Mar	11	29-Apr	20	29-Mei	0
30-Mar	11	30-Apr	18	30-Mei	14
31-Mar	0			31-Mei	16
TOTAL	343	TOTAL	447	TOTAL	539

4.1.6 Data Hasil Produksi

Data hasil produksi merupakan hasil perhitungan dari banyaknya jumlah *output* aktual produk jadi dari varian emas 5 gram yang berhasil di produksi dalam satuan kerja *Small Bar Product* (SBP) disetiap hari yang terdiri dari 2 *shift* kerja. Proses pengumpulan data ini dilakukan dengan melihat data historis yang ada diperusahaan pada periode waktu bulan Maret, April, dan Mei tahun 2025. Data ini berbeda dengan data bahan baku yang memiliki satuan berat awal (Kilogram), untuk data hasil produksi ini akan menggunakan satuan *Pieces* (Pcs) atau jumlah emas kepingan yang berhasil diproduksi. Informasi yang didapatkan dari data hasil produksi ini nantinya akan berguna dalam melakukan proses validasi dan verifikasi model simulasi untuk menentukan apakah model simulasi sudah dapat merepresentasikan sistem nyatanya atau belum dengan menggunakan pendekatan uji statistik. Rincian dari data hasil produksi untuk varian emas 5 gram dapat dilihat pada Tabel 4.12.

Tabel 4. 12 Data Hasil Produksi Emas 5 gram (Pcs)

Tanggal	Produksi (Pcs)	Tanggal	Produksi (Pcs)	Tanggal	Produksi (Pcs)
1-Mar	2.784	1-Apr	0	01-Mei	0
2-Mar	1.388	2-Apr	3.534	02-Mei	4.459
3-Mar	2.803	3-Apr	2.574	03-Mei	4.537
4-Mar	2.175	4-Apr	4.94	04-Mei	4.02
5-Mar	1.988	5-Apr	3.137	05-Mei	4.658
6-Mar	2.19	6-Apr	4.398	06-Mei	3.585
7-Mar	2.595	7-Apr	2.42	07-Mei	2.99
8-Mar	2.41	8-Apr	2.415	08-Mei	4.985
9-Mar	2.615	9-Apr	2.822	09-Mei	4.795
10-Mar	2.185	10-Apr	2.818	10-Mei	2.985
11-Mar	1.62	11-Apr	3.825	11-Mei	5.21
12-Mar	2.98	12-Apr	2.83	12-Mei	0
13-Mar	2.015	13-Apr	2.61	13-Mei	3.605
14-Mar	2.42	14-Apr	3.205	14-Mei	3.01
15-Mar	1.785	15-Apr	1.995	15-Mei	3.395
16-Mar	3.01	16-Apr	4.195	16-Mei	4.215
17-Mar	2.39	17-Apr	3.185	17-Mei	4.405
18-Mar	2.21	18-Apr	0	18-Mei	2.615
19-Mar	1.805	19-Apr	3.59	19-Mei	3.205
20-Mar	2.605	20-Apr	4.188	20-Mei	3.81
21-Mar	2.815	21-Apr	4.41	21-Mei	4.208
22-Mar	2.005	22-Apr	2.008	22-Mei	4.39
23-Mar	1.79	23-Apr	2.812	23-Mei	4.412

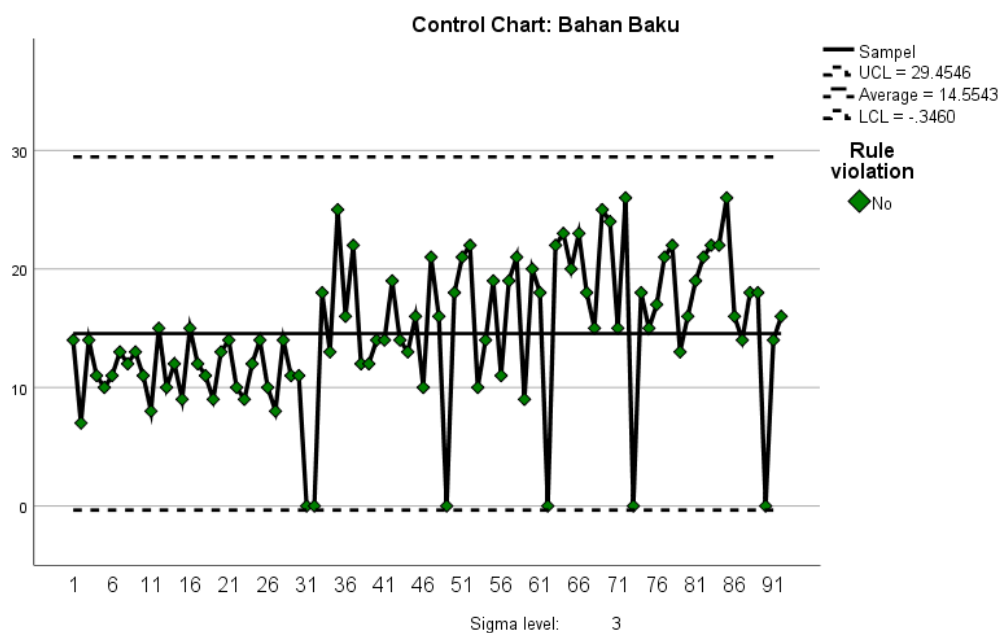
Tanggal	Produksi (Pcs)	Tanggal	Produksi (Pcs)	Tanggal	Produksi (Pcs)
24-Mar	2.415	24-Apr	3.815	24-Mei	5.185
25-Mar	2.81	25-Apr	2.195	25-Mei	3.19
26-Mar	1.99	26-Apr	3.82	26-Mei	2.81
27-Mar	1.615	27-Apr	4.205	27-Mei	3.595
28-Mar	2.825	28-Apr	1.798	28-Mei	3.608
29-Mar	2.195	29-Apr	4.005	29-Mei	0
30-Mar	2.234	30-Apr	3.575	30-Mei	2.798
31-Mar	0			31-Mei	3.203
TOTAL	68.657	TOTAL	89.324	TOTAL	107.783

4.2 Pengolahan Data

4.2.1 Uji Keseragaman Data

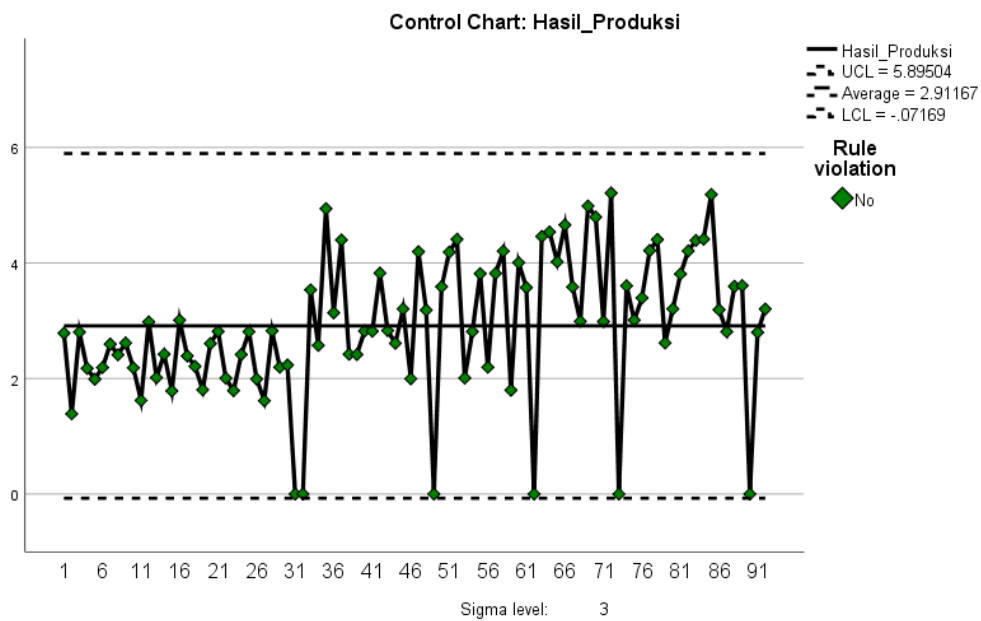
Tahapan awal yang dilakukan pada pengolahan data dalam penelitian ini adalah melakukan uji keseragaman dari seluruh data yang akan digunakan mulai dari data bahan baku hingga waktu tiap proses yang ada. Berikut ini merupakan rincian dari uji keseragaman data yang dilakukan:

a. Bahan Baku

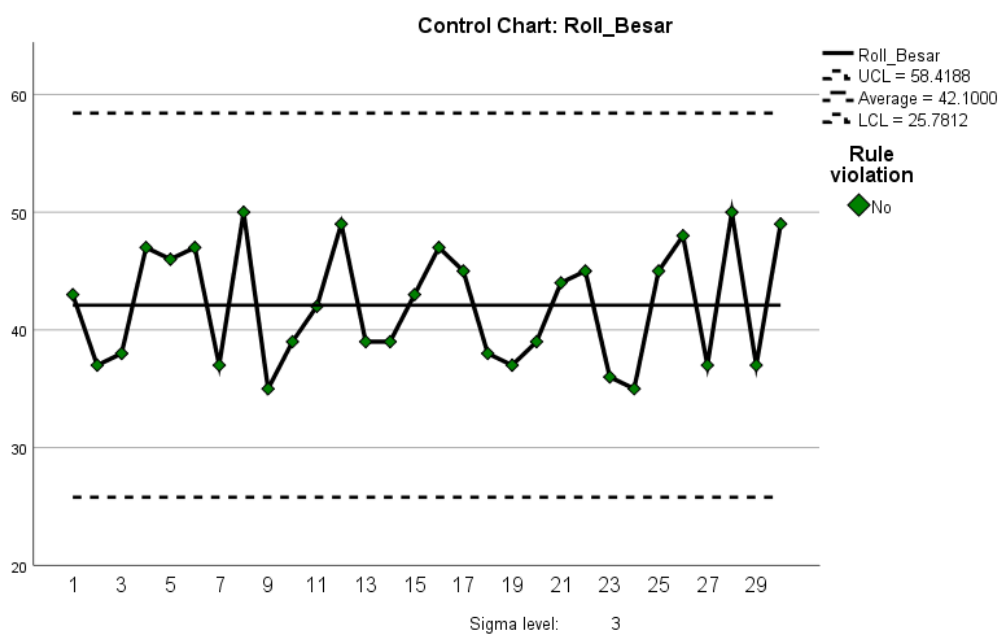


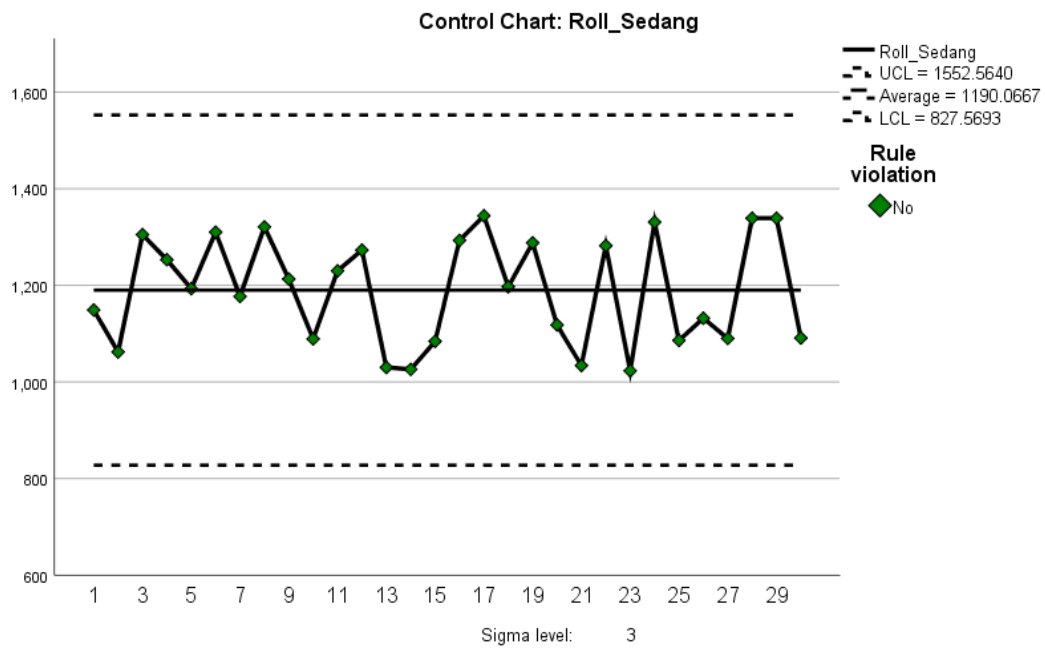
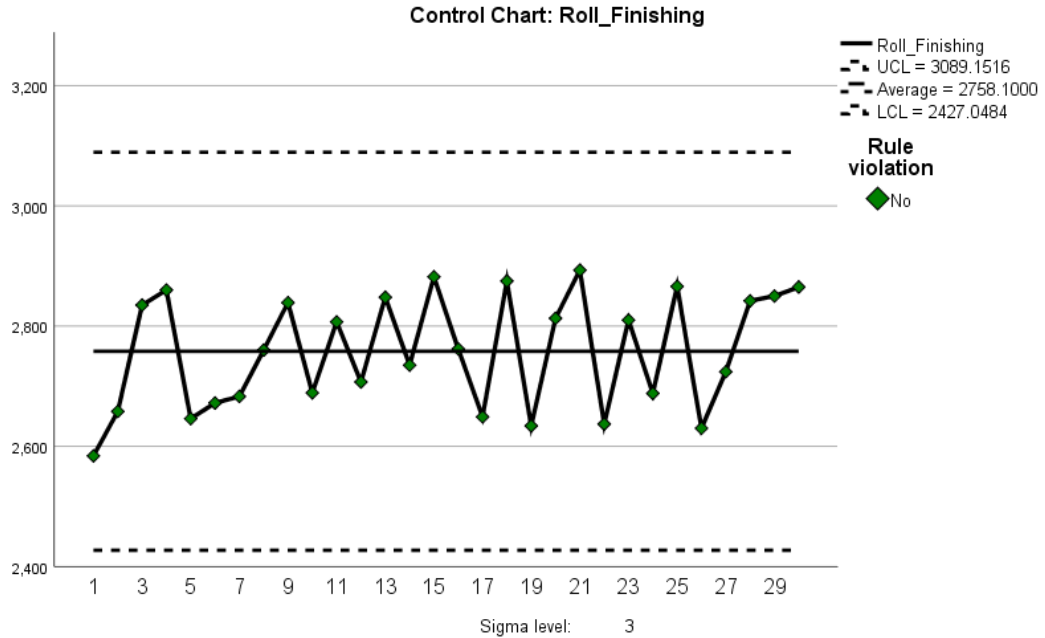
Gambar 4. 2 Keseragaman Data Bahan Baku

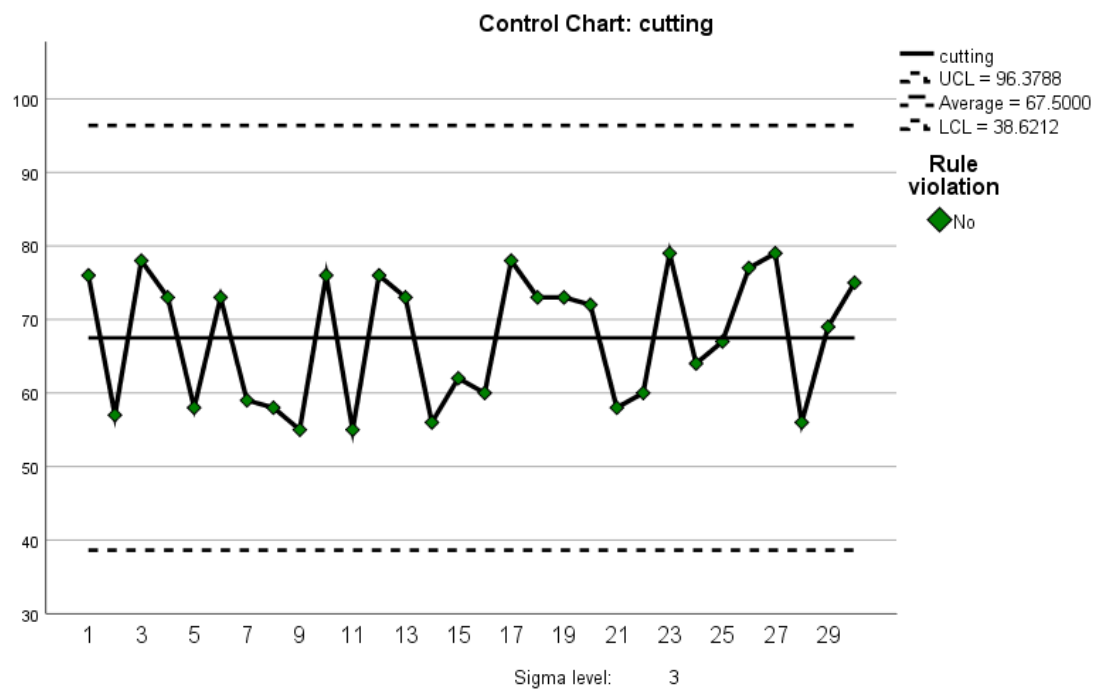
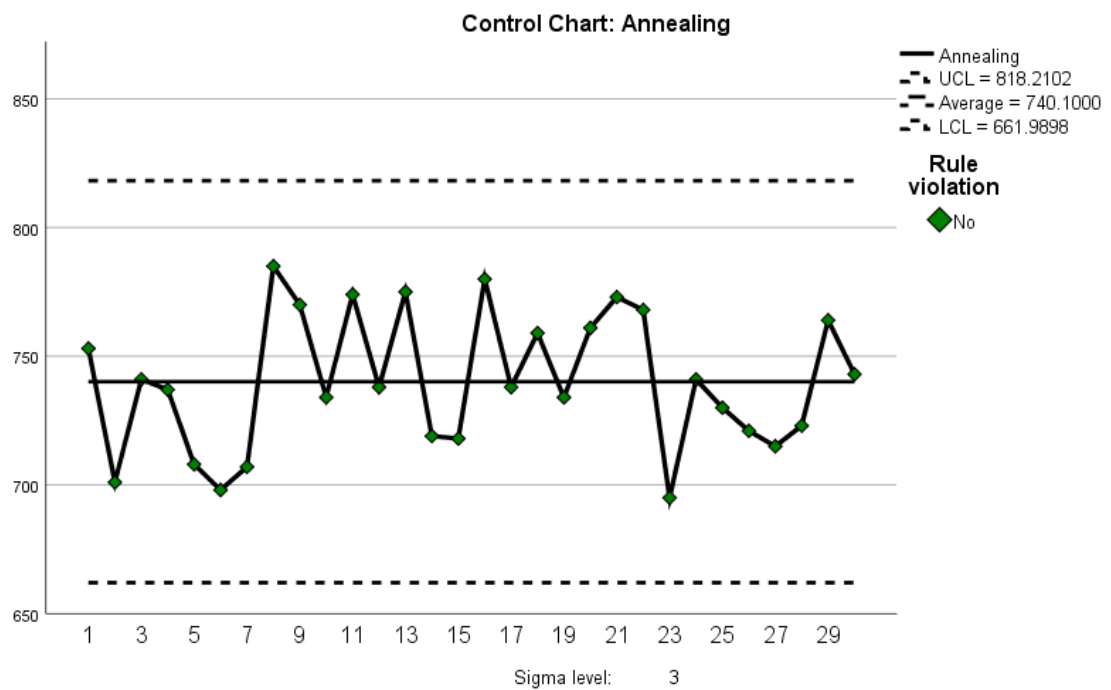
b. Hasil Produksi

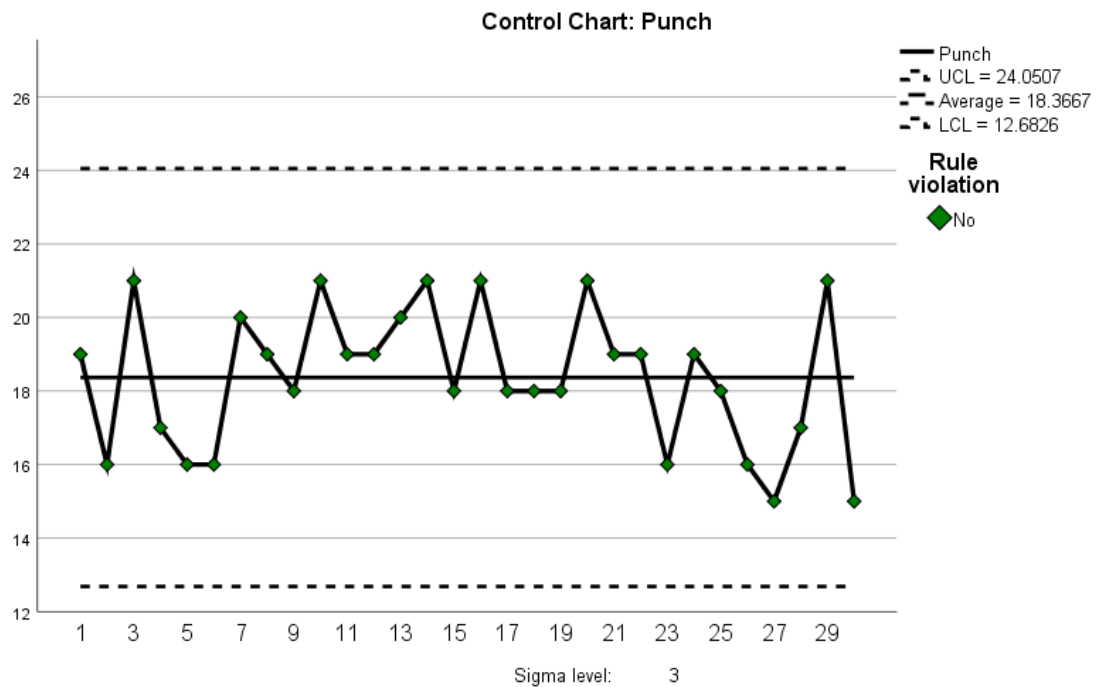


Gambar 4. 3 Keseragaman Data Hasil Produksi

c. Proses *Roll Besar*Gambar 4. 4 Keseragaman Data *Roll Besar*d. Proses *Roll Sedang*

Gambar 4. 5 Keseragaman Data *Roll Sedang*e. *Proses Roll Finishing*Gambar 4. 6 Keseragaman Data *Roll Finishing*f. *Proses Cutting*

Gambar 4. 7 Keseragaman Data *Cutting*g. Proses *Annealing*Gambar 4. 8 Keseragaman Data *Annealing*h. Proses *Punch*

Gambar 4. 9 Keseragaman Data *Punch*

Keterangan:

- UCL : *Upper Control Limit* atau Batas Kontrol Atas
- Average : Nilai rata-rata sampel
- LCL : *Lower Control Limit* atau Batas Kontrol Bawah

Berdasarkan pada pengujian uji statistik yang dilakukan dengan menggunakan *software* SPSS, maka didapatkan hasil uji keseragaman data yang dapat dilihat pada Tabel 4.13.

Tabel 4. 13 Hasil Uji Keseragaman Data

No.	Data	UCL	Average	LCL	Hasil
1	Bahan Baku	29.4546	14.5543	0.3460	Data Seragam
2	Hasil Produksi	5.89504	2.91167	0.07169	Data Seragam
3	Waktu Proses <i>Roll</i> Besar	58.4188	42.1000	25.7812	Data Seragam
4	Waktu Proses <i>Roll</i> Sedang	1552.5640	1190.0667	827.5693	Data Seragam
5	Waktu Proses <i>Roll</i> <i>Finishing</i>	3089.1516	2758.1000	2427.0484	Data Seragam
6	Waktu Proses <i>Cutting</i>	96.3788	67.5000	38.6212	Data Seragam
7	Waktu Proses <i>Annealing</i>	818.2102	740.1000	661.9898	Data Seragam
8	Waktu Proses <i>Punch</i>	24.0507	18.3667	12.6826	Data Seragam

4.2.2 Uji Kecukupan Data

Uji kecukupan data perlu dilakukan untuk mengetahui apakah jumlah sampel data yang digunakan mampu mewakili dari populasinya atau tidak. Pada penelitian ini, uji kecukupan data akan dilakukan dengan menggunakan tingkat kepercayaan sebesar 95% dengan tingkat ketelitiannya sebesar 5%. Perhitungan kecukupan data dalam penelitian ini menggunakan rumus sebagai berikut:

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

Dengan keterangan:

N' = Jumlah data yang dibutuhkan

N = Jumlah data yang telah diambil

X = Waktu pengamatan

K = Tingkat kepercayaan

S = Tingkat ketelitian

Berikut merupakan tahapan dalam proses perhitungan uji kecukupan data yang telah dilakukan menggunakan data hasil produksi yang terdapat pada Tabel 4.12.

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

$$N' = \left[\frac{\frac{2}{0.05} \sqrt{92 (1339)^2 - (1339)^2}}{1339} \right]^2$$

$$N' = 46.11$$

Berdasarkan pada hasil perhitungan uji kecukupan data di atas, maka didapatkan nilai $N' < N$ yaitu $46.11 < 92$. Sehingga hasil uji tersebut dapat dikatakan bahwa jumlah data bahan baku telah mencukupi.

Hasil perhitungan uji kecukupan data dari seluruh jenis data yang digunakan dapat dilihat secara lengkap pada Tabel 4.15.

Tabel 4. 14 Hasil Uji Kecukupan Data

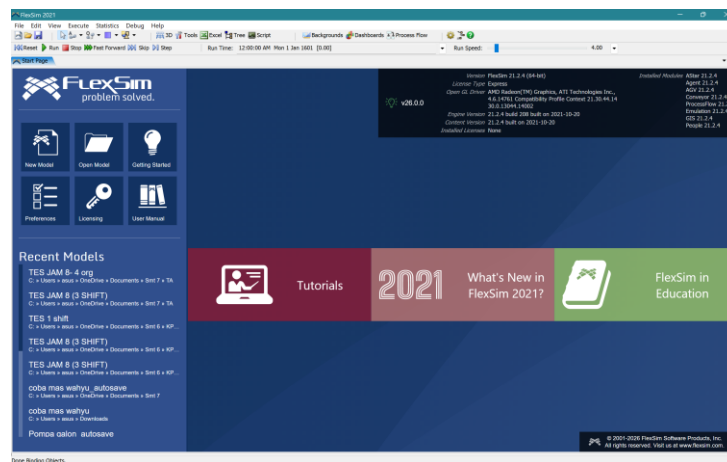
No	Data	N'	N	Hasil
1	Bahan Baku	46.11	92	Data Mencukupi

No	Data	N'	N	Hasil
2	Hasil Produksi	46.02	92	Data Mencukupi
3	Waktu Proses <i>Roll</i> Besar	22	30	Data Mencukupi
4	Waktu Proses <i>Roll</i> Sedang	13.48	30	Data Mencukupi
5	Waktu Proses <i>Roll Finishing</i>	7.08	30	Data Mencukupi
6	Waktu Proses <i>Cutting</i>	25.84	30	Data Mencukupi
7	Waktu Proses <i>Annealing</i>	5.95	30	Data Mencukupi
8	Waktu Proses <i>Punch</i>	19.41	30	Data Mencukupi

4.2.3 Penentuan Uji Distribusi

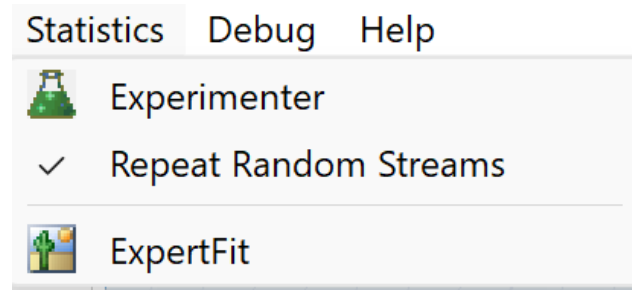
Penentuan uji distribusi akan dilakukan terhadap seluruh data hasil pengamatan yang akan digunakan dalam penelitian ini dengan menggunakan salah satu *tools* yang terdapat dalam *software* FlexSim 2021 yaitu *Expertfit*. *Tools Expertfit* dapat memberikan jenis distribusi data yang dihasilkan secara otomatis untuk memberikan representasi kumpulan dari beberapa sampel data yang kita masukkan. Berikut ini merupakan langkah-langkah dalam membuat distribusi data:

1. Membuka *software* FlexSim 2021. Klik *New Model*.

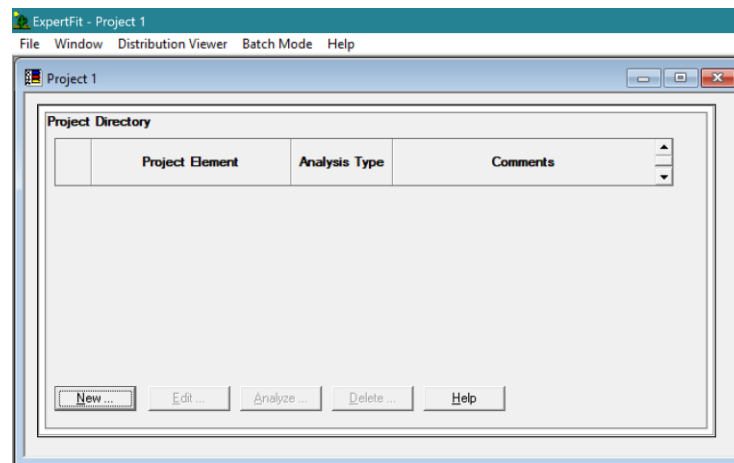
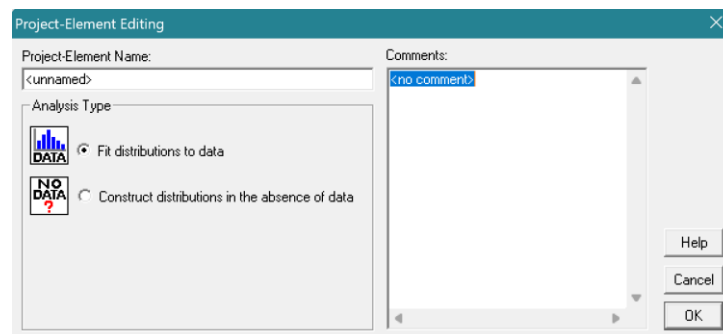


Gambar 4. 10 Membuka FlexSim 2021

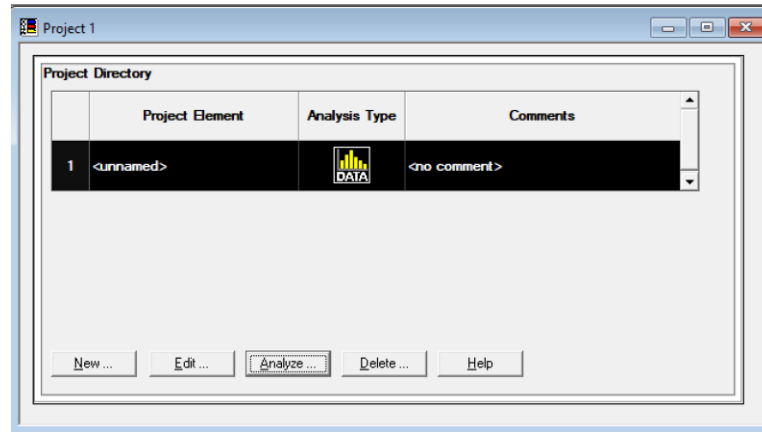
2. Memilih menu *Statistiks*, lalu pilih *Expertfit*.

Gambar 4. 11 *Expertfit*

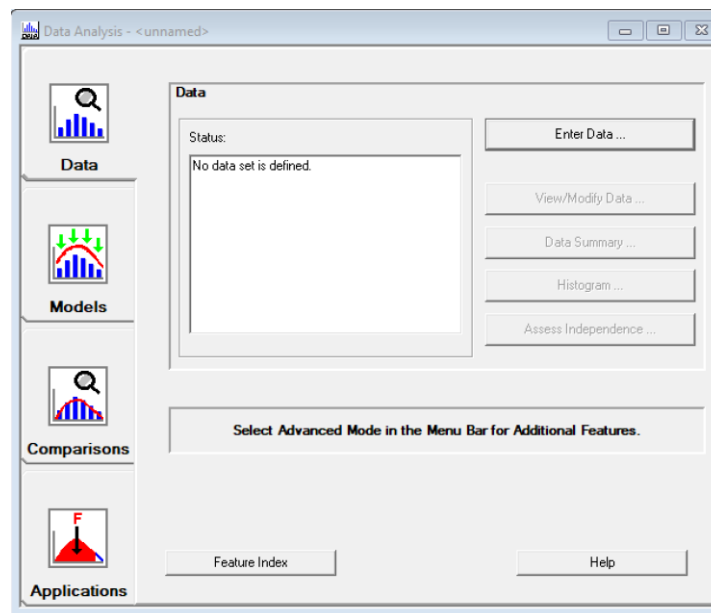
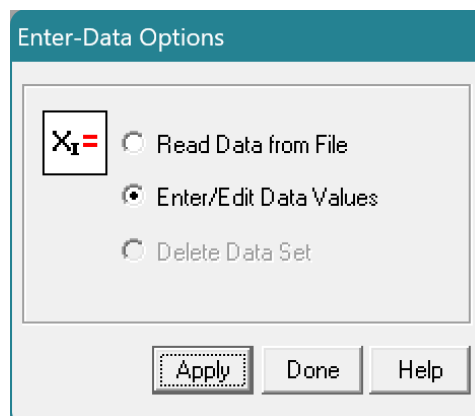
3. Pada menu *Expertfit* yang muncul, klik *New* lalu pilih *Fit distribution to data*. Setelah itu klik Ok.

Gambar 4. 12 Tampilan *Project*Gambar 4. 13 Tampilan *Project-Element Editing*

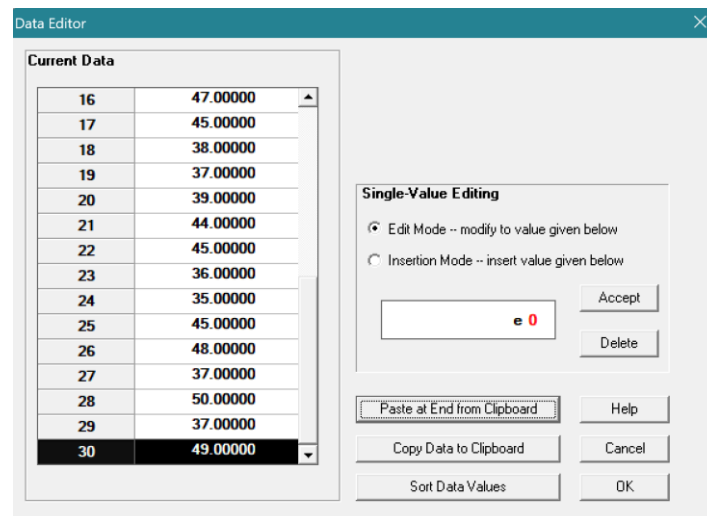
4. Pada tampilan jendela *Project*, pilih *Analyze*.

Gambar 4. 14 *Project Directory*

5. Pada tampilan *Data Analysis* pilih *Data* lalu klik *Enter Data*. Kemudian pada jendela *Enter-Data Options*, pilih bagian *Enter/Edit Data Values* lalu klik *Apply*.

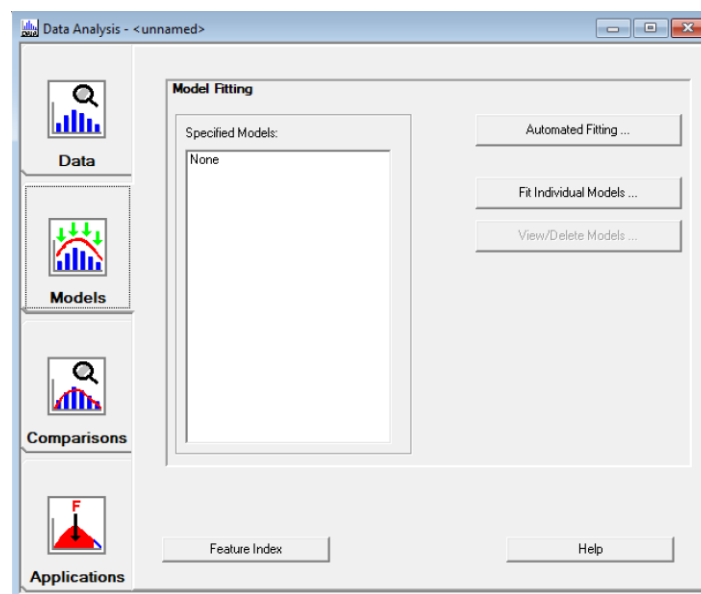
Gambar 4. 15 *Data Analysis*Gambar 4. 16 *Enter-Data Options*

6. Pada tampilan *Data Editor*, *copy* terlebih dahulu data yang akan dicari distribusinya lalu klik *Paste at End From Clipboard*. Jika datanya telah muncul, lanjutkan dengan klik *Ok*.



Gambar 4. 17 *Data Editor*

7. Pada menu *Models* klik bagian *Automated Fitting*, maka akan muncul *output* tampilan *Automated-Fitting Results* seperti yang terdapat pada Gambar ...



Gambar 4. 18 *Models*

Automated-Fitting Results

Relative Evaluation of Candidate Models			
Model	Relative Score	Parameters	
1 - Johnson SB	98.39	Lower endpoint	34.69229
		Upper endpoint	50.44467
		Shape #1	0.09194
		Shape #2	0.53711
2 - Beta	97.58	Lower endpoint	34.90967
		Upper endpoint	50.25983
		Shape #1	0.73586
		Shape #2	0.83234
3 - Rayleigh(E)	85.48	Location	31.90963
		Scale	11.29603

32 models are defined with scores between 0.00 and 98.39

Absolute Evaluation of Model 1 - Johnson SB

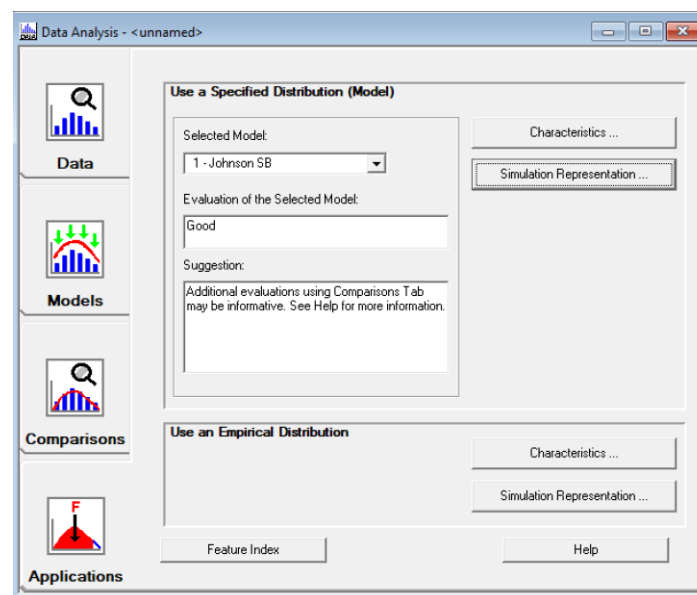
Evaluation: Good
 Suggestion: Additional evaluations using Comparisons Tab might be informative.
 See Help for more information.

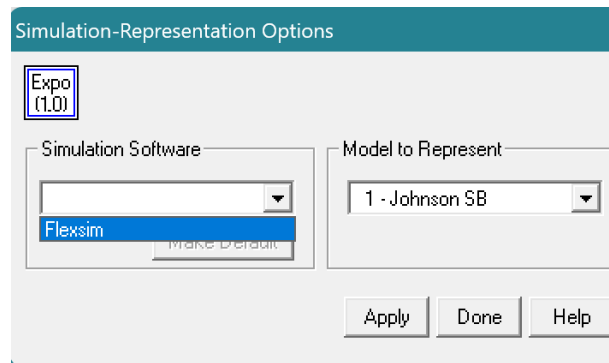
Additional Information about Model 1 - Johnson SB

"Error" in the model mean
 relative to the sample mean -0.04307 = 0.10%

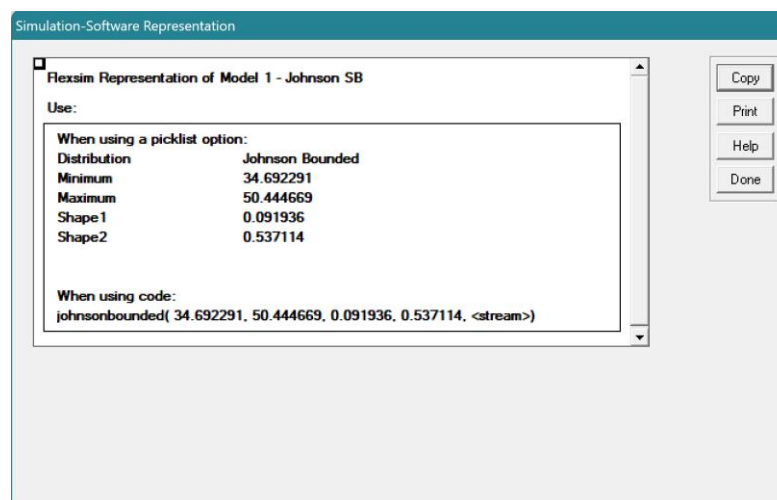
Gambar 4. 19 *Automated-Fitting Results*

8. Lanjut ke langkah berikutnya untuk menentukan *input* seperti waktu proses yang akan dimasukkan ke dalam FlexSim yaitu klik menu *Applications* lalu pilih bagian *Simulation Representation*. Setelah muncul tampilan *Simulation-Representation Options*, pada bagian *Simulation Software* klik tanda panah ke bawah dan pilih FlexSim setelah itu klik *Apply*.

Gambar 4. 20 *Applications*

Gambar 4. 21 *Simulation-Representation Options*

9. Data distribusi yang akan digunakan sebagai *input process time* dapat dilihat pada bagian *When using code*. Hasil tersebut bisa *dicopy* dan langsung digunakan sebagai *input process time* dalam FlexSim.



Gambar 4. 22 Hasil Distribusi Data

Berdasarkan pada hasil pengolahan data menggunakan *Expertfit* yang telah dilakukan, diperoleh jenis distribusi data pengamatan yang telah dimasukkan dalam Tabel 4.16.

Tabel 4. 15 Hasil Jenis Distribusi Data

No	Data	Distribusi Data
1	Bahan Baku	beta(0.000000, 26.032559, 0.389553, 0.539544, <stream>)
2	Hasil Produksi	beta(0.000000, 5.216524, 0.418857, 0.570892, <stream>)
3	Waktu Proses <i>Roll</i> Besar	johnsonbounded(34.692291, 50.444669, 0.091936, 0.537114, <stream>)
4	Waktu Proses <i>Roll</i> Sedang	beta(1021.575804, 1345.714335, 0.668580, 0.635338, <stream>)

No	Data	Distribusi Data
5	Waktu Proses <i>Roll Finishing</i>	johnsonbounded(2578.903639, 2896.119539, -0.234832, 0.565279, <stream>)
6	Waktu Proses <i>Cutting</i>	johnsonbounded(54.824400, 79.125065, -0.047171, 0.399061, <stream>)
7	Waktu Proses <i>Annealing</i>	beta(693.399494, 786.433500, 1.107313, 1.102794, <stream>)
8	Waktu Proses <i>Punch</i>	beta(14.519164, 21.773921, 1.554045, 1.398097, <stream>)

4.2.4 Forecasting Monte Carlo

Simulasi Monte Carlo dalam penelitian ini digunakan sebagai metode untuk melakukan *forecasting* dari bahan baku dalam proses produksi. Pemilihan metode ini didasari pada kondisi di lapangan yang mana *work order* yang masuk tiap harinya tidak menentu, sehingga penggunaan Monte Carlo dalam *forecasting* diharapkan mampu memberikan representasi terhadap bahan baku yang akan diproses berdasarkan pada data historis *work order* varian emas 5 gram pada periode bulan Maret-Mei. Hasil probabilitas perhitungan untuk bahan baku dengan pendekatan Monte Carlo dapat dilihat pada Tabel 4.17.

Tabel 4. 16 Distribusi Frekuensi Bahan Baku

No	Bahan Baku (Kg)	Frekuensi	Probabilitas	Probabilitas Kumulatif	BB	BA
1	0	6	0.06521739	0.065217391	0	7
2	7	1	0.01086957	0.076086957	8	8
3	8	2	0.02173913	0.097826087	9	10
4	9	4	0.04347826	0.141304348	11	15
5	10	6	0.06521739	0.206521739	16	21
6	11	7	0.07608696	0.282608696	22	29
7	12	6	0.06521739	0.347826087	30	35
8	13	6	0.06521739	0.413043478	36	42
9	14	11	0.11956522	0.532608696	43	54
10	15	5	0.05434783	0.586956522	55	59
11	16	6	0.06521739	0.652173913	60	66
12	17	1	0.01086957	0.663043478	67	67
13	18	7	0.07608696	0.739130435	68	74
14	19	4	0.04347826	0.782608696	75	79
15	20	2	0.02173913	0.804347826	80	81
16	21	5	0.05434783	0.858695652	82	86
17	22	6	0.06521739	0.923913043	87	93
18	23	2	0.02173913	0.945652174	94	95
19	24	1	0.01086957	0.956521739	96	96

No	Bahan Baku (Kg)	Frekuensi	Probabilitas	Probabilitas Kumulatif	BB	BA
20	25	2	0.02173913	0.97826087	97	98
21	26	2	0.02173913	1	99	100
		92	1			

Berdasarkan pada Tabel 4.17 dapat diketahui jika seluruh jumlah data bahan baku yang diperoleh dari periode Maret – Mei terdapat sebanyak 92 data. Hasil dari perhitungan untuk frekuensi jumlah bahan baku dapat dilihat bahwa frekuensi terbanyak terdapat pada jumlah bahan baku dengan berat 14 Kg dengan frekuensi muncul 11 kali dari seluruh jumlah data yang ada. Hasil perhitungan yang telah dilakukan pada Tabel 4.17 akan digunakan dalam proses *forecating* dengan simulasi Monte Carlo untuk menentukan besarnya bahan baku yang akan di produksi dalam rentang 30 hari kedepan. Proses perhitungan Monte Carlo dengan memanfaatkan bilangan random akan dilakukan dengan menggunakan bantuan *software* Microsoft Excel. Adapun hasil *forecasting* bahan baku dengan Monte Carlo dapat dilihat pada Tabel 4.18.

Tabel 4. 17 Hasil Simulasi Monte Carlo

Data ke-	Bilangan random	Bahan baku	Data ke-	Bilangan random	Bahan baku
1	99	26	16	96	24
2	89	22	17	25	11
3	97	25	18	40	13
4	98	25	19	88	22
5	8	7	20	80	20
6	18	10	21	50	14
7	96	24	22	71	18
8	63	16	23	96	24
9	91	22	24	13	9
10	47	14	25	10	8
11	12	9	26	62	16
12	38	13	27	45	14
13	76	19	28	14	9
14	9	8	29	65	16
15	84	21	30	27	11
Mean		14.96667			
Std Dev		5.780367			

Berdasarkan pada hasil simulasi Monte Carlo yang terdapat pada Tabel 4.18 untuk 30 hari kedepan, diperoleh nilai rata-rata kebutuhan bahan baku produksi emas varian 5 gram sebesar 14.967 Kg per hari dengan nilai standar deviasi sebesar 5,78 Kg. Hasil *forecasting* tersebut menunjukkan jika jumlah bahan baku tertinggi sebesar 26 Kg dengan bahan baku terendahnya yaitu 0 Kg.

4.2.5 Validasi Monte Carlo

Validasi merupakan proses penting yang perlu dilakukan setelah membuat model simulasi yang bertujuan untuk membuktikan bahwa model yang dibuat mampu merepresentasikan sistem nyatanya. Proses validasi yang dilakukan pada tahapan ini menggunakan pendekatan uji statistik dengan membandingkan antara data historis dan data simulasi. Data historis yang digunakan dalam proses validasi ini merupakan data yang terdapat pada bulan Mei. Rincian data historis dan data simulasi yang akan di uji validasi dapat dilihat pada Tabel 4.19 dan untuk hasil perhitungan rata-rata dan standar deviasi dapat dilihat pada Tabel 4.20.

Tabel 4. 18 Data Validasi Monte Carlo

Data ke-	Data Historis	Data Simulasi	Data ke-	Data Historis	Data Simulasi
1	0	26	16	21	24
2	22	22	17	22	11
3	23	25	18	13	13
4	20	25	19	16	22
5	23	7	20	19	20
6	18	10	21	21	14
7	15	24	22	22	18
8	25	16	23	22	24
9	24	22	24	26	9
10	15	14	25	16	8
11	26	9	26	14	16
12	0	13	27	18	14
13	18	19	28	18	9
14	15	8	29	14	16
15	17	21	30	16	11

Tabel 4. 19 Perhitungan Rata-rata dan Standar Deviasi

	Data Historis	Data Simulasi
Mean	17.387	16.333

	Data Historis	Data Simulasi
SD (v)	6.849	6.11574
n	30	30

Berikut ini merupakan proses validasi yang dilakukan untuk hasil simulasi Monte Carlo:

1. Uji Kesamaan Dua Rata-rata

Tabel 4. 20 Hasil uji kesamaan dua rata-rata validasi Monte Carlo
t-Test: Two-Sample Assuming Equal Variances

	Output Historis	Output Simulasi
Mean	17.96667	16.33333
Variance	37.75747	37.4023
Observations	30	30
Pooled Variance	37.57989	
Hypothesized Mean Difference	0	
df	58	
t Stat	1.031912	
P(T<=t) one-tail	0.153199	
t Critical one-tail	1.671553	
P(T<=t) two-tail	0.306397	
t Critical two-tail	2.001717	

Berikut merupakan langkah-langkah dalam perhitungan uji dua rata-rata:

a. Menentukan Hipotesis

H0 : Tidak terdapat perbedaan rata-rata *output* sistem nyata dengan simulasi.

H1 : Terdapat perbedaan rata-rata *output* sistem nyata dengan simulasi.

b. Menentukan Daerah Penerimaan

$$T_{\text{tabel}} = 2.001717 = 2,002$$

Daerah penerimaan:

$$H_0 \text{ diterima: } -2.002 < \text{Thitung} < 2.002$$

$$H_1 \text{ diterima: } \text{Thitung} < -2.002 \text{ atau } \text{Thitung} > 2.002$$

c. Uji Statistik

$$Sp^2 = \frac{(n_1-1)v_1^2 + (n_2-1)v_2^2}{n_1+n_2-2} = 37.57989$$

$$\text{Thitung} = \frac{\text{mean1} - \text{mean2}}{\sqrt{Sp^2 \left(\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2} \right)}} = 1.031912$$

d. Hasil Uji Kesamaan Dua Rata-rata

Hasil perhitungan Uji kesamaan dua rata-rata menunjukkan bahwa $-T_{tabel} < T_{hitung} < T_{tabel}$ yakni dengan nilai $-2.002 < 1.031912 < 2.002$ dengan keputusan H_0 diterima yang berarti hasil simulasi sudah sesuai dengan sistem nyatanya atau model simulasi valid.

2. Uji Kesamaan Dua Variansi

Tabel 4. 21 Hasil uji kesamaan dua variansi Monte Carlo
F-Test Two-Sample for Variances

	<i>Output Historis</i>	<i>Output Simulasi</i>
Mean	17.96667	16.33333
Variance	37.75747	37.4023
Observations	30	30
df	29	29
F	1.009496	
P(F<=f) one-tail	0.489936	
F Critical one-tail	1.860811	
P(F<=f) two-tail	0.979872	
F Critical two-tail	2.100996	

Berikut merupakan langkah-langkah dalam perhitungan uji dua variansi:

a. Menentukan Hipotesis

H_0 : Tidak terdapat perbedaan variansi *output* yang signifikan antara sistem nyata dengan hasil simulasi

H_1 : Terdapat perbedaan variansi *output* yang signifikan antara sistem nyata dengan hasil simulasi

b. Menentukan Daerah Penerimaan

$$\alpha = 0.05$$

$$F_{tabel\ atas} = 2.1001$$

$$F_{tabel\ bawah} = 1 / 2.1001$$

$$= 0.476$$

Daerah penerimaan:

$$H_0 \text{ diterima : } 0.476 < F_{hitung} < 2.1001$$

$$H_1 \text{ diterima : } F_{hitung} > 2.1001 \text{ atau } F_{hitung} < 0.476$$

c. Uji Statistik

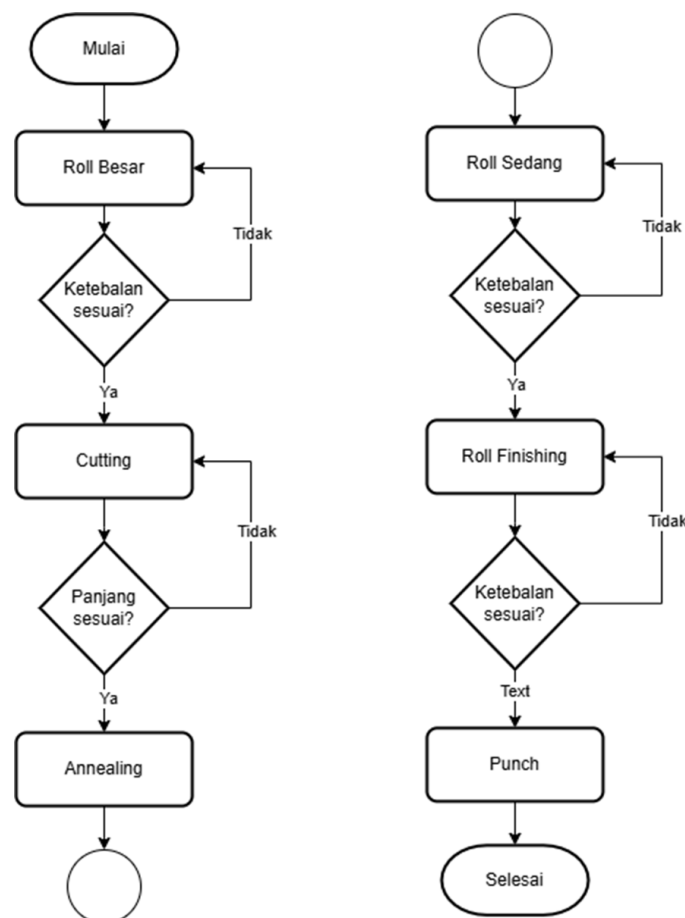
$$F_{hitung} = \frac{v_1^2}{v_2^2} = 1.009496 = 1.0095$$

d. Hasil Uji Kesamaan Dua Variansi

Hasil perhitungan Uji kesamaan dua variansi menunjukkan bahwa $F_{tabel} \text{ bawah} < F_{hitung} < F_{tabel} \text{ atas}$ yakni dengan nilai $0.476 < 1.0095 < 2.1001$ dengan keputusan H_0 diterima yang berarti tidak terdapat perbedaan variansi yang signifikan antara sistem nyata dengan hasil simulasi sehingga model simulasi dinyatakan valid.

4.2.6 Membangun Model Konseptual

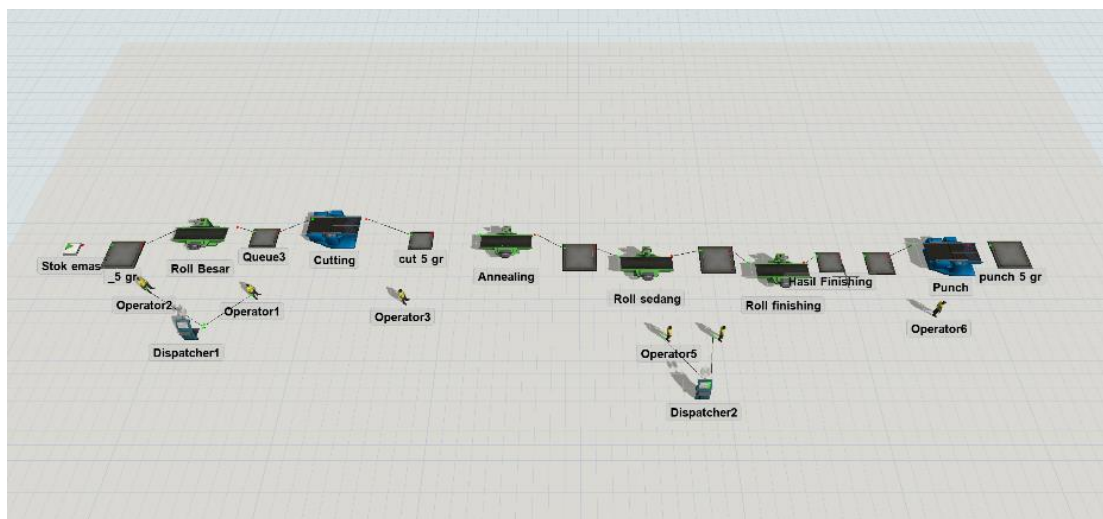
Model konseptual merupakan salah satu cara untuk memberikan gambaran alur produksi yang mudah untuk dipahami sebelum nantinya akan dibuat dalam model simulasi. Terdapat beberapa jenis model konseptual yang sering digunakan, tetapi dalam penelitian ini model konseptual yang akan digunakan yaitu dengan membuat diagram alir (*flowchart*). Model konseptual berupa dari proses produksi lini *blanking* untuk varian emas 5 gram terdapat pada Gambar 4.23.



Gambar 4. 23 *Flowchart* Lini *Blanking* Varian Emas 5 Gram

4.2.7 Membangun Model Simulasi Awal

Model simulasi awal ini merupakan representasi dari sistem nyata yang dibuat berdasarkan pada data dan alur produksi pada satuan kerja *Small Bar Product* (SBP) khususnya proses pada lini *Blanking*. Pembuatan model simulasi menggunakan bantuan *software* FlexSim 2021 yang dapat memberikan desain model simulasi dengan tampilan visual 3D sehingga memudahkan dalam memahami alur prosesnya. Hasil model simulasi menggunakan Flexsim untuk proses *Blanking* dapat dilihat pada Gambar 4.24.



Gambar 4. 24 Model Simulasi Awalan

4.2.8 Validasi dan Verifikasi Model Simulasi

Verifikasi merupakan proses yang dilakukan untuk mengonfirmasi kesesuaian model dan logika komputer yang telah dikembangkan dengan kondisi sistem nyatanya. Dalam penelitian ini, verifikasi model dilakukan dengan melihat model simulasi saat dijalankan, jika sudah sesuai dengan sistem nyatanya maka verifikasi model dinyatakan berhasil.

Langkah selanjutnya yaitu melakukan validasi untuk membuktikan kalau model yang dibuat sudah memiliki karakteristik ataupun perilaku yang sama dengan sistem aktualnya. Validasi dalam penelitian ini dilakukan menggunakan pendekatan metode uji statistik yang terdiri dari uji kesamaan dua rata-rata dan uji kesamaan dua variansi. Berikut merupakan hasil uji validasi hasil produksi untuk varian emas 5 gram:

1. Uji Kesamaan Dua Rata-rata

t-Test: Two-Sample Assuming Equal Variances

	<i>Output Historis</i>	<i>Output Simulasi</i>
Mean	3488.733	3083.733
Variance	1940755	1001289
Observations	30	30
Pooled Variance	1471022	
Hypothesized Mean Difference	0	
df	58	
t Stat	1.293276	
P(T<=t) one-tail	0.100522	
t Critical one-tail	1.671553	
P(T<=t) two-tail	0.201043	
t Critical two-tail	2.001717	

Berikut ini merupakan proses validasi yang dilakukan untuk hasil simulasi Flexsim:

a. Menentukan Hipotesis

H0 : Tidak terdapat perbedaan rata-rata *output* sistem nyata dengan simulasi.

H1 : Terdapat perbedaan rata-rata *output* sistem nyata dengan simulasi.

b. Menentukan Daerah Penerimaan

$$T_{\text{tabel}} = 2.001717 = 2,002$$

Daerah penerimaan:

H0 diterima: $-2.002 < \text{Thitung} < 2.002$

H1 diterima: $\text{Thitung} < -2.002$ atau $\text{Thitung} > 2.002$

c. Uji Statistik

$$Sp^2 = \frac{(n1-1)v1^2 + (n2-1)v2^2}{n1+n2-2} = 1471022$$

$$\text{Thitung} = \frac{\text{mean1} - \text{mean2}}{\sqrt{Sp^2 \left(\frac{1}{n1} + \frac{1}{n2} \right)}} = 1.293276$$

d. Hasil Uji Kesamaan Dua Rata-rata

Hasil perhitungan Uji kesamaan dua rata-rata menunjukkan bahwa $-T_{\text{tabel}} < \text{Thitung} < T_{\text{tabel}}$ yakni dengan nilai $-2.002 < 1.293276 < 2.002$ dengan keputusan H0 diterima yang berarti hasil simulasi sudah sesuai dengan sistem nyatanya atau model simulasi valid.

2. Uji Kesamaan Dua Variansi

F-Test Two-Sample for Variances

	<i>Output Historis</i>	<i>Output Simulasi</i>
Mean	3488.733	3083.733
Variance	1940755	1001289
Observations	30	30
df	29	29
F	1.938257	
P(F<=f) one-tail	0.03997	
F Critical one-tail	1.860811	
P(F<=f) two-tail	0.07994	
F Critical two-tail	2.100996	

Berikut merupakan langkah-langkah dalam perhitungan uji dua variansi:

a. Menentukan Hipotesis

H0: Tidak terdapat perbedaan variansi *output* yang signifikan antara sistem nyata dengan hasil simulasi

H1: Terdapat perbedaan variansi *output* yang signifikan antara sistem nyata dengan hasil simulasi

b. Menentukan Daerah Penerimaan

$$\alpha = 0.05$$

$$F_{\text{tabel atas}} = 2.1001$$

$$F_{\text{tabel bawah}} = 1 / 2.1001$$

$$= 0.476$$

Daerah penerimaan:

$$H_0 \text{ diterima : } 0.476 < F_{\text{hitung}} < 2.1001$$

$$H_1 \text{ diterima : } F_{\text{hitung}} > 2.1001 \text{ atau } F_{\text{hitung}} < 0.476$$

c. Uji Statistik

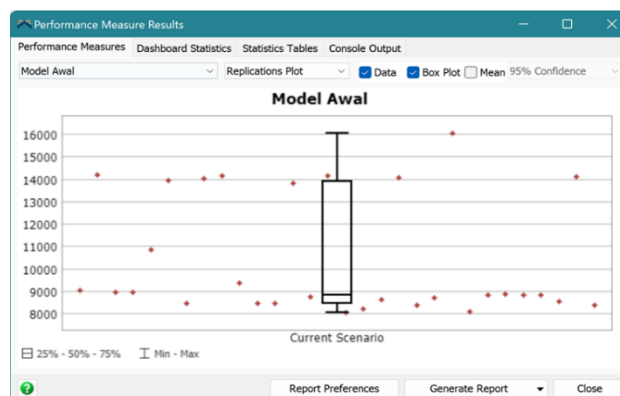
$$F_{\text{hitung}} = \frac{v_1^2}{v_2^2} = 1.938257$$

d. Hasil Uji Kesamaan Dua Variansi

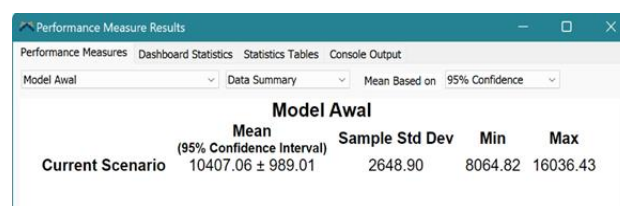
Hasil perhitungan Uji kesamaan dua variansi menunjukkan bahwa $F_{\text{tabel bawah}} < F_{\text{hitung}} < F_{\text{tabel atas}}$ yakni dengan nilai $0.476 < 1.938257 < 2.1001$ dengan keputusan H_0 diterima yang berarti tidak terdapat perbedaan variansi yang signifikan antara sistem nyata dengan hasil simulasi sehingga model simulasi dinyatakan valid

4.2.9 Melakukan Desain Eksperimen

Setelah model simulasi yang dijalankan dinyatakan valid dan identifikasi permasalahan telah dilakukan melalui model tersebut, langkah selanjutnya yang perlu dilakukan yaitu membuat desain eksperimen dengan beberapa skenario perubahan penambahan jumlah operator yang tujuan untuk memberikan usulan perbaikan terhadap ketercapaian kapasitas produksi pada lini *Blanking*. Keputusan untuk melakukan desain eksperimen berupa penambahan operator merupakan salah satu langkah perbaikan pada lini *blanking* yang sangat memungkinkan untuk dilakukan dan diimplementasikan pada kondisi aktualnya. Keterbatasan ruang produksi serta penggunaan mesin berukuran besar dan bersifat permanen menjadi faktor mengapa dalam desain eksperimen yang diajukan tidak menambah jumlah mesin ataupun perubahan *layout* produksi di lini *blanking*. Berdasarkan pada hasil model simulasi yang telah dijalankan untuk model awalan, diperoleh hasil *replication plot* pada Gambar 4.25 dan nilai rata-rata *composite staytime* pada Gambar 4.26.



Gambar 4. 25 *Replication Plot* Model Awal

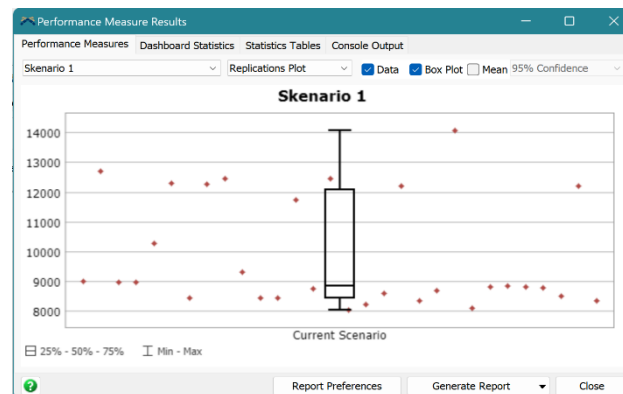


Gambar 4. 26 *Data Summary Composite Staytime* Model Awal

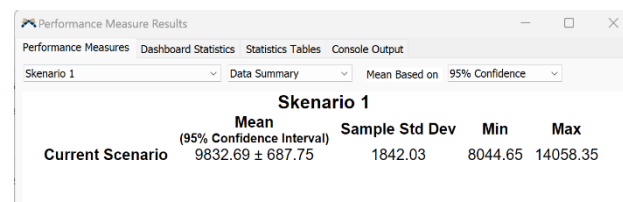
Berdasarkan pada hasil model simulasi awal didapatkan nilai rata-rata waktu proses kumulatif dari proses lini *blanking* yang dimulai dari Stok Awal hingga Hasil *Roll Finishing* yakni sebesar 10407.06 detik. Dari hasil *composite staytime* yang cukup besar tersebut akan dilakukan eksperimen dengan beberapa skenario yang bertujuan untuk mengurangi nilai waktu tunggu pada beberapa proses di lini *blanking* dengan beberapa skenario berikut:

1. Model Skenario 1

Pada model skenario 1 ini dilakukan percobaan dengan memberikan tambahan 1 operator yang akan mengoperasikan mesin *cutting* dan *annealing* secara bergantian. Hasil untuk *replication plot* terdapat pada Gambar 4.27 dan nilai rata-rata *composite staytime* pada Gambar 4.28.



Gambar 4. 27 *Replication Plot* Model Skenario 1

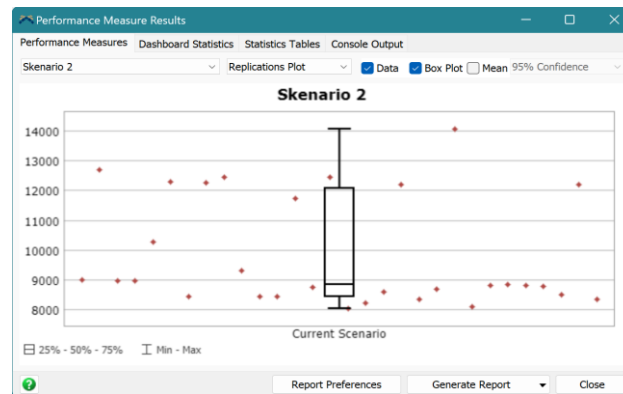
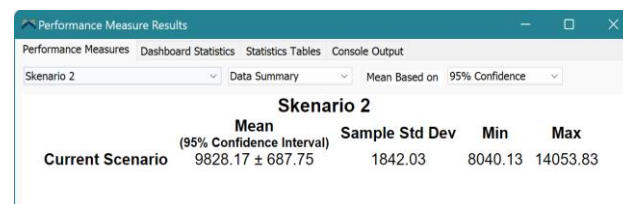


Gambar 4. 28 *Data Summary Composite Staytime* Skenario 1

Berdasarkan pada data grafik *Composite Staytime* 1 dalam model Skenario 1 dapat diketahui bahwa total rata-rata waktu tunggu yang terdapat pada lini *blanking* yang dimulai dari Stok Awal dan berakhir di Hasil *Roll Finishing* didapatkan angka sebesar 9832.69 detik, sehingga waktu tersebut masih lebih rendah dibandingkan dengan waktu pada model awalnya.

2. Model Skenario 2

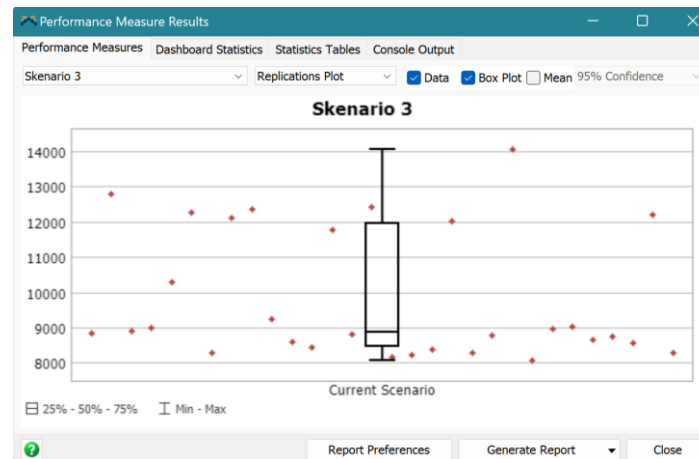
Pada model skenario 2 perubahan yang dilakukan yaitu dengan memberikan tambahan 2 operator dengan tugas masing-masing operator mengoperasikan mesin *cutting* dan *annealing*. Hasil untuk *replication plot* terdapat pada Gambar 4.29 dan nilai rata-rata *composite staytime* pada Gambar 4.30.

Gambar 4. 29 *Replication Plot* Model Skenario 2Gambar 4. 30 *Data Summary Composite Staytime* Skenario 2

Berdasarkan pada data grafik *Composite Staytime* 1 dalam model Skenario 2 dapat diketahui bahwa total rata-rata waktu tunggu yang terdapat pada lini *blanking* yang dimulai dari Stok Awal dan berakhir di Hasil *Roll Finishing* didapatkan angka sebesar 9828.17 detik, sehingga waktu tersebut masih lebih rendah dibandingkan dengan waktu pada model awalnya.

3. Model Skenario 3

Pada model skenario 3 perubahan yang dilakukan yaitu dengan memberikan tambahan 3 operator dengan alokasi tugas 2 operator pada mesin *roll finishing* dan 1 operator akan mengoperasikan mesin *cutting* dan *annealing* secara bergantian. Hasil untuk *replication plot* terdapat pada Gambar 4.31 dan nilai rata-rata *composite staytime* pada Gambar 4.32



Gambar 4. 31 *Replication Plot* Model Skenario 3

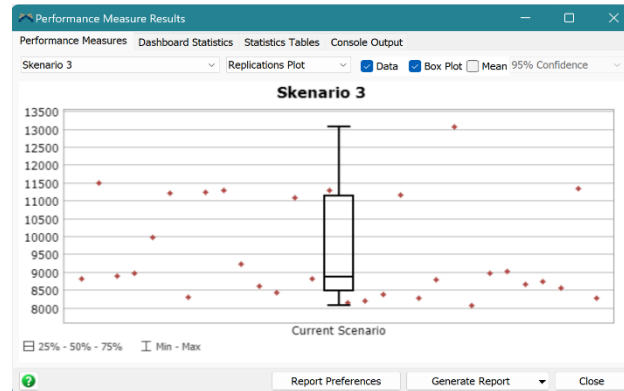
Skenario 3				
	Mean (95% Confidence Interval)	Sample Std Dev	Min	Max
Current Scenario	9820.49 ± 681.44	1825.13	8083.71	14045.15

Gambar 4. 32 *Data Summary Composite Staytime* Skenario 3

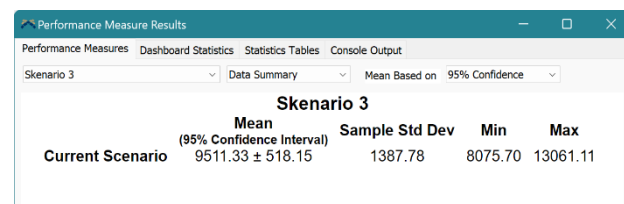
Berdasarkan pada data grafik *Composite Staytime* dalam model Skenario 3 dapat diketahui bahwa total rata-rata waktu tunggu yang terdapat pada lini *blanking* yang dimulai dari Stok Awal dan berakhir di Hasil *Roll Finishing* didapatkan angka sebesar 9820.49 detik, sehingga waktu tersebut masih memiliki nilai yang jauh lebih rendah dibandingkan dengan waktu pada model awalnya

4. Model Skenario 4

Pada model skenario 4 perubahan yang dilakukan yaitu dengan memberikan tambahan 4 operator sehingga tiap operator memiliki tugas masing-masing untuk mengoperasikan mesin yang ada. Hasil untuk *replication plot* terdapat pada Gambar 4.33 dan nilai rata-rata *composite staytime* pada Gambar 4.34.



Gambar 4. 33 *Replication Plot* Model Skenario 4



Gambar 4. 34 *Data Summary Composite Staytime* Skenario 4

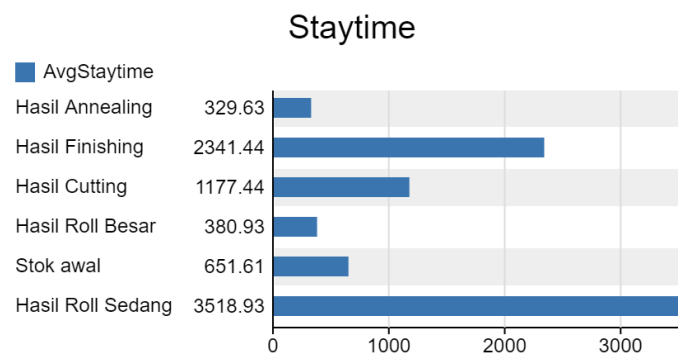
Berdasarkan pada data grafik *Composite Staytime* dalam model Skenario 4 dapat diketahui bahwa total rata-rata waktu tunggu yang terdapat pada lini *blanking* yang dimulai dari Stok Awal dan berakhir di Hasil *Roll Finishing* didapatkan angka sebesar 9511.33 detik, sehingga waktu tersebut masih memiliki nilai yang jauh lebih rendah dibandingkan dengan waktu pada model awalnya.

BAB V

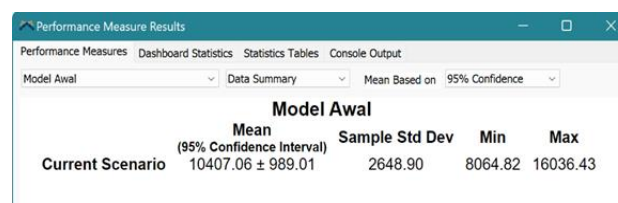
PEMBAHASAN

5.1 Analisis Hasil Simulasi Pada Model Awal (Kondisi Eksisting)

Model simulasi awal merupakan pembuatan tiruan dari kondisi proses produksi yang saat ini diterapkan pada satuan kerja *Small Bar Product* di UBPP Logam Mulia. Model awal dibuat semirip mungkin dengan sistem nyatanya dengan melewati beberapa pembuktian seperti verifikasi dan validasi model. Verifikasi model simulasi yang dilakukan yaitu dengan menjalankan model simulasi dan melakukan pemeriksaan ulang terhadap alur produksi untuk memastikan bahwa seluruh objek dalam model simulasi telah menggambarkan kondisi nyatanya. Sedangkan untuk proses validasi model dilakukan dengan pendekatan uji statistik yang terdiri dari uji kesamaan dua rata-rata dan uji kesamaan dua variansi dengan menggunakan data historis dan data simulasi *output* dalam satuan jumlah keping emas. Dari hasil kedua uji statistik tersebut diperoleh hasil yang menunjukkan bahwa model simulasi telah valid, yang berarti model simulasi dapat menggambarkan sistem nyatanya dan tidak terdapat perbedaan yang signifikan. Berdasarkan analisis yang dilakukan pada model simulasi, didapatkan rata-rata waktu tunggu yang cukup tinggi pada beberapa proses sehingga menimbulkan hasil produksi yang kurang maksimal. Data rata-rata untuk waktu tunggu yang terjadi di lini *blanking* dapat dilihat pada Gambar 5.1 dan nilai rata-rata *composite staytime* terdapat pada Gambar 5.2.



Gambar 5. 1 Data *Staytime* Model Awal



Gambar 5. 2 Data *Summary Composite Staytime* Model Awal

Berdasarkan pada Gambar 5.0 yang diperoleh dari *Dashboard Flexsim* dapat diketahui jika waktu tunggu terjadi hampir di tiap proses *blanking* dengan rentang waktu yang bervariasi. Nilai rata-rata waktu tunggu yang tertinggi dengan input 26 terdapat pada Hasil *Roll* Sedang dengan waktu selama 3518.93 detik. Tingginya waktu tunggu pada proses tersebut disebabkan karena lambatnya proses pada proses *Roll Finishing* yang menunggu operator lain menyelesaikan pekerjaan diproses sebelumnya, sehingga item yang telah selesai tidak dapat diteruskan sehingga menimbulkan penumpukan. Hal tersebut juga terjadi pada beberapa proses lainnya yang memiliki waktu tunggu cukup tinggi. Tingginya *staytime* pada beberapa *workstation* memberikan pengaruh pada nilai *composite staytime* yang tergolong masih tinggi dengan nilai sebesar 10407.06 detik. Kondisi ini menunjukkan bahwa terdapat ketidakseimbangan pada aliran produksi di proses *blanking*, sehingga menjadikan dasar untuk dilakukannya desain eksperimen dengan skenario penambahan operator secara bertahap pada beberapa *workstation* yang diketahui terjadi penumpukan dengan tujuan untuk mengurangi waktu tunggu yang terjadi dan tentunya meningkatkan kapasitas produksi secara keseluruhan.

5.2 Analisis Hasil Desain Eksperimen

Berdasarkan pada model skenario yang telah ditentukan untuk mengatasi permasalahan yang ada, maka langkah selanjutnya yaitu melakukan pengujian terhadap skenario yang ditentukan untuk membuktikan bahwa usulan perbaikan tersebut dapat memberikan perbedaan yang signifikan dibandingkan dengan model awal (kondisi eksistingnya). Pada proses pengujian ini menggunakan pendekatan Uji Anova Single Factor dan Uji Bonferroni untuk melihat signifikansi perbedaan antara dua kelompok data.

5.2.1 Skenario 1

Pada model skenario 1 ini memiliki perubahan pada penambahan jumlah pekerja sebanyak 1 operator sehingga total operator pada lini *blanking* terdapat 5 orang. Data yang digunakan dalam uji Bonferroni antara Model Awal dan Skenario 1 data dapat dilihat pada Tabel 5.1 dan hasil dari uji Bonferroni terdapat pada Tabel 5.2.

Tabel 5. 1 Data *Composite Staytime* Model Awal dan Skenario 1

Model Awal		Skenario 1	
9030.74	8064.82	9010.62	8044.65
14204.97	8235.62	12701.44	8215.52
8972.97	8619.28	8952.79	8599.16

Model Awal		Skenario 1	
8977.71	14072.6	8957.53	12187.74
10856.55	8370.95	10266.57	8350.86
13948.58	8706.92	12308.32	8686.91
8446.53	16036.43	8426.35	14058.35
14013.67	8103.7	12256.59	8083.53
14162.05	8821.38	12461.32	8801.2
9380.92	8858.94	9304.58	8838.85
8452.73	8841.06	8432.55	8820.88
8454.81	8815.2	8434.7	8795.08
13838.4	8530	11741.22	8509.83
8762.92	14113.64	8742.83	12187.48
14151.38	8366.24	12457.2	8346.15
9030.74	8064.82	9010.62	8044.65

Tabel 5. 2 Hasil Uji Bonferroni Model Awal dan Skenario 1

	<i>awal</i>	<i>skenario 1</i>
Mean	10407.057	9832.693333
Variance	7016693.601	3393065.139
Observations	30	30
Pearson Correlation	0.996610591	
Hypothesized Mean Difference	0	
df	29	
t Stat	3.803464949	
P(T<=t) one-tail	0.000340156	
t Critical one-tail	1.699127027	
P(T<=t) two-tail	0.000680313	
t Critical two-tail	2.045229642	H0 ditolak

Berdasarkan hasil uji statistik tersebut maka dapat diketahui hasil uji bonferroni untuk model awal dan skenario 1 sebagai berikut:

a. Menentukan hipotesis

H0 = Tidak terdapat perbedaan rata-rata *composite staytime* antara sistem nyata dengan model simulasi.

H1 = Terdapat perbedaan rata-rata *composite staytime* antara sistem nyata dengan model simulasi.

b. Menentukan tingkat signifikansi

Taraf nyata (α) = 5% = 0.05

$$\alpha/n = \frac{0.05}{4} = 0.0125$$

- c. Menentukan derajat kebebasan

$$\begin{aligned} df &= n - 1 \\ &= 30 - 1 \\ &= 29 \end{aligned}$$

- d. Nilai t-tabel

$$t_{(\frac{\alpha}{2n}, df)} = t_{(\frac{0.05}{2 \times 4}, 29)} = 2.878$$

- e. Menentukan kriteria pengujian

H0 diterima, jika $P(T \leq t) \text{ two-tail} > \alpha/n$

H0 ditolak, jika $P(T \leq t) \text{ two-tail} < \alpha/n$

Atau

H0 diterima, jika t-hitung (t-stat) > t-tabel

H0 ditolak, jika t-hitung (t-stat) < t-tabel

- f. Kesimpulan

Berdasarkan pada hasil Uji Bonferroni yang telah dilakukan dengan menggunakan tingkat kepercayaan 95%, sehingga nilai α/n yang digunakan yaitu 0.0125. Berdasarkan hasil uji Bonferroni pada Tabel 5.2 didapatkan hasil $P(T \leq t) \text{ two tail} < \alpha/n$ yaitu $0.000680313 < 0.0167$ atau t-hitung > t-tabel yaitu $3.803 > 2.878$, maka dapat dikatakan H0 ditolak yang berarti terdapat perbedaan rata-rata waktu antara model awal dengan skenario 1.

5.2.2 Skenario 2

Pada model skenario 2 ini memiliki perubahan pada penambahan jumlah pekerja sebanyak 2 operator sehingga total operator pada lini *blanking* terdapat 6 orang. Data yang digunakan dalam uji Bonferroni antara Model Awal dan Skenario 2 dapat dilihat pada Tabel 5.3 dan hasil dari uji Bonferroni terdapat pada Tabel 5.4.

Tabel 5. 3 Data *Composite Staytime* Model Awal dan Skenario 2

Model Awal		Skenario 2	
9030.74	8064.82	9006.1	8040.13
14204.97	8235.62	12696.92	8211
8972.97	8619.28	8948.27	8594.64
8977.71	14072.6	8953.01	12183.22
10856.55	8370.95	10262.05	8346.34

Model Awal		Skenario 2	
13948.58	8706.92	12303.8	8682.39
8446.53	16036.43	8421.83	14053.83
14013.67	8103.7	12252.07	8079.01
14162.05	8821.38	12456.8	8796.68
9380.92	8858.94	9300.07	8834.33
8452.73	8841.06	8428.03	8816.36
8454.81	8815.2	8430.18	8790.56
13838.4	8530	11736.7	8505.31
8762.92	14113.64	8738.31	12182.96
14151.38	8366.24	12452.68	8341.63

Tabel 5. 4 Hasil Uji Bonferroni Model Awal dan Skenario 2

	<i>awal</i>	<i>skenario 2</i>
Mean	10407.057	9828.173667
Variance	7016693.601	3393064.775
Observations	30	30
Pearson Correlation	0.996610572	
Hypothesized Mean Difference	0	
df	29	
t Stat	3.833393446	
P(T<=t) one-tail	0.000313856	
t Critical one-tail	1.699127027	
P(T<=t) two-tail	0.000627712	
t Critical two-tail	2.045229642	H0 ditolak

Berdasarkan hasil uji statistik tersebut maka dapat diketahui hasil uji bonferroni untuk model awal dan skenario 1 sebagai berikut:

- a. Menentukan hipotesis

H0 = Tidak terdapat perbedaan rata-rata *composite staytime* antara sistem nyata dengan model simulasi.

H1 = Terdapat perbedaan rata-rata *composite staytime* antara sistem nyata dengan model simulasi.

- b. Menentukan tingkat signifikansi

Taraf nyata (α) = 5% = 0.05

$$\alpha/n = \frac{0.05}{4} = 0.0125$$

- c. Menentukan derajat kebebasan

$$\begin{aligned}
 df &= n - 1 \\
 &= 30 - 1 \\
 &= 29
 \end{aligned}$$

d. Nilai t-tabel

$$t_{(\frac{\alpha}{2n}, df)} = t_{(\frac{0.05}{2 \times 4}, 29)} = 2.878$$

e. Menentukan kriteria pengujian

H0 diterima, jika $P(T \leq t) \text{ two-tail} > \alpha/n$

H0 ditolak, jika $P(T \leq t) \text{ two-tail} < \alpha/n$

Atau

H0 diterima, jika t-hitung (t-stat) > t-tabel

H0 ditolak, jika t-hitung (t-stat) < t-tabel

f. Kesimpulan

Berdasarkan pada hasil Uji Bonferroni yang telah dilakukan dengan menggunakan tingkat kepercayaan 95%, sehingga nilai α/n yang digunakan yaitu 0.0167. Berdasarkan hasil uji Bonferroni pada Tabel 5.2 didapatkan hasil $P(T \leq t) \text{ two tail} < \alpha/n$ yaitu $0.000627712 < 0.0167$ atau t-hitung > t-tabel yaitu $3.833 > 2.878$, maka dapat dikatakan jika H0 ditolak yang berarti terdapat perbedaan rata-rata waktu antara model awal dengan skenario 2.

5.2.3 Skenario 3

Pada model skenario 3 ini memiliki perubahan pada penambahan jumlah pekerja sebanyak 3 operator sehingga total operator pada lini *blanking* terdapat 7 orang. Data yang digunakan dalam uji Bonferroni antara Model Awal dan Skenario 3 dapat dilihat pada Tabel 5.5 dan hasil dari uji Bonferroni terdapat pada Tabel 5.6.

Tabel 5. 5 Data *Composite Staytime* Model Awal dan Skenario 4

Model Awal		Skenario 3	
9030.74	8064.82	8832.96	8155.91
14204.97	8235.62	12779.68	8216.5
8972.97	8619.28	8912.93	8382.79
8977.71	14072.6	8988.87	12022.18
10856.55	8370.95	10287.66	8291.2
13948.58	8706.92	12254.88	8790.82
8446.53	16036.43	8303.74	14045.15
14013.67	8103.7	12107.25	8083.71

Model Awal		Skenario 3	
14162.05	8821.38	12356.95	8978.95
9380.92	8858.94	9244.35	9031.82
8452.73	8841.06	8608.67	8667.24
8454.81	8815.2	8446.54	8738.39
13838.4	8530	11770.88	8573.26
8762.92	14113.64	8824.6	12220.2
14151.38	8366.24	12414.61	8282.07

Tabel 5. 6 Hasil Uji Bonferroni Model Awal dan Skenario 3

	<i>Model awal</i>	<i>skenario 3</i>
Mean	10407.057	9820.492
Variance	7016693.601	3331098.288
Observations	30	30
Pearson Correlation	0.994832368	
Hypothesized Mean Difference	0	
df	29	
t Stat	3.763923025	
P(T<=t) one-tail	0.000378228	
t Critical one-tail	1.699127027	
P(T<=t) two-tail	0.000756457	
t Critical two-tail	2.045229642	H0 ditolak

Berdasarkan hasil uji statistik tersebut maka dapat diketahui hasil uji bonferroni untuk model awal dan skenario 1 sebagai berikut:

- a. Menentukan hipotesis

H0 = Tidak terdapat perbedaan rata-rata *composite staytime* antara sistem nyata dengan model simulasi.

H1 = Terdapat perbedaan rata-rata *composite staytime* antara sistem nyata dengan model simulasi.

- b. Menentukan tingkat signifikansi

Taraf nyata (α) = 5% = 0.05

$$\alpha/n = \frac{0.05}{4} = 0.0125$$

- c. Menentukan derajat kebebasan

$$df = n - 1$$

$$= 30 - 1$$

$$= 29$$

d. Nilai t-tabel

$$t_{(\frac{\alpha}{2n}, df)} = t_{(\frac{0.05}{2 \times 4}, 29)} = 2.878$$

e. Menentukan kriteria pengujian

H0 diterima, jika $P(T \leq t) \text{ two-tail} > \alpha/n$

H0 ditolak, jika $P(T \leq t) \text{ two-tail} < \alpha/n$

Atau

H0 diterima, jika t-hitung (t-stat) > t-tabel

H0 ditolak, jika t-hitung (t-stat) < t-tabel

f. Kesimpulan

Berdasarkan pada hasil Uji Bonferroni yang telah dilakukan dengan menggunakan tingkat kepercayaan 95%, sehingga nilai α/n yang digunakan yaitu 0.0167. Berdasarkan hasil uji Bonferroni pada Tabel 5.2 didapatkan hasil $P(T \leq t) \text{ two tail} < \alpha/n$ yaitu $0.000756457 < 0.0167$ atau t-hitung > t-tabel yaitu $3.763923025 > 2.878$, maka dapat dikatakan jika H0 ditolak yang berarti terdapat perbedaan rata-rata waktu antara model awal dengan skenario 4

5.2.4 Skenario 4

Pada model skenario 4 ini memiliki perubahan pada penambahan jumlah pekerja sebanyak 4 operator sehingga total operator pada lini *blanking* terdapat 8 orang. Data yang digunakan dalam uji Bonferroni antara Model Awal dan Skenario 4 dapat dilihat pada Tabel 5.5 dan hasil dari uji Bonferroni terdapat pada Tabel 5.6.

Tabel 5. 7 Data *Composite Staytime* Model Awal dan Skenario 4

Model Awal		Skenario 4	
9030.74	8064.82	8824.95	8147.9
14204.97	8235.62	11492.19	8208.48
8972.97	8619.28	8904.92	8374.78
8977.71	14072.6	8980.86	11149.05
10856.55	8370.95	9979.65	8283.19
13948.58	8706.92	11221.59	8782.81
8446.53	16036.43	8295.73	13061.11
14013.67	8103.7	11234.93	8075.7
14162.05	8821.38	11280.56	8970.94
9380.92	8858.94	9236.34	9023.81
8452.73	8841.06	8600.66	8659.23

Model Awal		Skenario 4	
8454.81	8815.2	8438.53	8730.38
13838.4	8530	11082.94	8565.25
8762.92	14113.64	8816.59	11339.88
14151.38	8366.24	11302.91	8274.06

Tabel 5. 8 Hasil Uji Bonferroni Model Awal dan Skenario 4

	<i>awal</i>	<i>skenario 4</i>
Mean	10407.057	9511.330667
Variance	7016693.601	1925919.656
Observations	30	30
Pearson Correlation	0.988307965	
Hypothesized Mean Difference	0	
df	29	
t Stat	3.789186999	
P(T<=t) one-tail	0.000353451	
t Critical one-tail	1.699127027	
P(T<=t) two-tail	0.000706901	
t Critical two-tail	2.045229642	H0 ditolak

Berdasarkan hasil uji statistik tersebut maka dapat diketahui hasil uji bonferroni untuk model awal dan skenario 1 sebagai berikut:

- a. Menentukan hipotesis

H0 = Tidak terdapat perbedaan rata-rata *composite staytime* antara sistem nyata dengan model simulasi.

H1 = Terdapat perbedaan rata-rata *composite staytime* antara sistem nyata dengan model simulasi.

- b. Menentukan tingkat signifikansi

Taraf nyata (α) = 5% = 0.05

$$\alpha/n = \frac{0.05}{4} = 0.0125$$

- c. Menentukan derajat kebebasan

$$df = n - 1$$

$$= 30 - 1$$

$$= 29$$

- d. Nilai t-tabel

$$t_{(\frac{\alpha}{2n}, df)} = t_{(\frac{0.05}{2 \times 4}, 29)} = 2.878$$

e. Menentukan kriteria pengujian

H_0 diterima, jika $P(T \leq t) \text{ two-tail} > \alpha/n$

H_0 ditolak, jika $P(T \leq t) \text{ two-tail} < \alpha/n$

Atau

H_0 diterima, jika $t\text{-hitung (t-stat)} > t\text{-tabel}$

H_0 ditolak, jika $t\text{-hitung (t-stat)} < t\text{-tabel}$

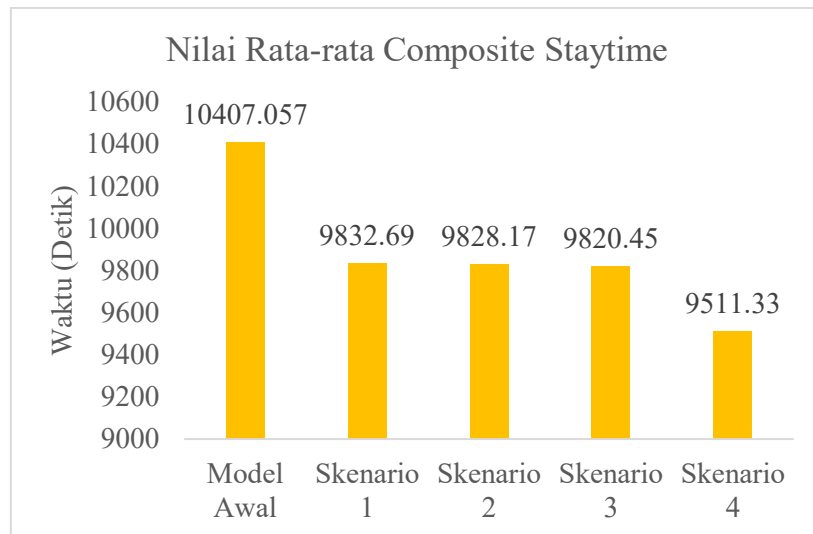
f. Kesimpulan

Berdasarkan pada hasil Uji Bonferroni yang telah dilakukan dengan menggunakan tingkat kepercayaan 95%, sehingga nilai α/n yang digunakan yaitu 0.0167. Berdasarkan hasil uji Bonferroni pada Tabel 5.2 didapatkan hasil $P(T \leq t) \text{ two tail} < \alpha/n$ yaitu $0.000706901 < 0.0167$ atau $t\text{-hitung} > t\text{-tabel}$ yaitu $3.789 > 2.878$, maka dapat dikatakan jika H_0 ditolak yang berarti terdapat perbedaan rata-rata waktu antara model awal dengan skenario 4.

Hasil skenario dengan penambahan operator menunjukkan bahwa terdapat perbedaan yang cukup signifikan jika dibandingkan dengan model awalnya. Namun, ketika dilakukan analisis terhadap perbedaan hasil dari masing-masing skenario menunjukkan perbedaan yang tidak terlalu signifikan. Misalnya pada hasil skenario 1 dan skenario 2 memiliki selisih *composite staytime* yang sangat kecil yakni sebesar 4,52 detik. Sedangkan selisih penurunan *composite staytime* untuk skenario 2 dan skenario 3 yaitu sebesar 7,72 detik. Kemudian, selisih waktu antara skenario 3 dan skenario 4 yaitu sebesar 316,84 detik, selisih tersebut belum menunjukkan perbedaan yang signifikan. Sehingga diperlukan adanya perhitungan aspek penambahan kapasitas produksi serta perhitungan biaya untuk mendukung dalam pengambilan keputusan alternatif terbaik.

5.3 Pemilihan Alternatif Terbaik

Setelah melakukan desain eksperimen dari beberapa skenario penambahan operator yang dilakukan, didapatkan perubahan pada hasil waktu tunggu di tiap skenarionya. merupakan grafik perbandingan dari rata-rata *composite staytime* pada model awal dan skenario yang diterapkan dapat dilihat pada Gambar 5.3 dan persentase penghematan antar Skenario terhadap model awal terdapat pada Tabel 5.7.



Gambar 5. 3 Grafik Nilai Rata-rata *Composite Staytime* Model Awal dengan Skenario

Tabel 5. 9 Persentase Perubahan Waktu

Model	<i>Composite Staytime</i> (detik)	Selisih Waktu Model Awal (detik)	Persentase Penghematan (%)
Skenario 1	9832.69	574.37	5.52%
Skenario 2	9828.17	578.89	5.56%
Skenario 3	9820.45	586.61	5.64%
Skenario 4	9511.33	895.73	8.61%

Berdasarkan pada Gambar 5.3 dapat diketahui bahwa seluruh skenario yang diterapkan mampu menurunkan rata-rata *composite staytime* dari kondisi awalnya. Persentase pengurangan waktu tertinggi terdapat pada Skenario 4 dengan penghematan waktu rata-rata diangka 895.73 detik atau setara dengan 8.61% penghematan waktu dibandingkan dengan model awalnya.

Berdasarkan pada hasil persentase penghematan waktu tertinggi, pemilihan alternatif terbaik terdapat pada skenario 4 dengan penambahan 4 operator pada lini *blanking*. Namun, pengambilan keputusan dalam suatu organisasi tentu tidak hanya mempertimbangkan dari segi penghematan waktu saja, aspek yang tidak kalah penting yang menjadi pertimbangan saat melakukan penambahan operator yaitu dari segi biaya. Oleh sebab itu, dalam penelitian ini analisis biaya tetap dilakukan dalam pemilihan alternatif terbaik tetapi hanya bersifat estimasi sederhana sebagai informasi tambahan dan tidak mencakup perhitungan keuangan secara detail sesuai dengan batas penelitian yang telah ditentukan.

Perhitungan biaya penambahan operator dalam penelitian ini didasarkan pada Upah Minimum Provinsi (UMP) DKI Jakarta Tahun 2025 sebesar Rp5.396.761 per bulan sesuai dengan Keputusan Gubernur DKI Jakarta Nomor 980 Tahun 2024, mengingat UBPP Logam Mulia berdomisili di Jakarta Timur. Rincian estimasi biaya penambahan operator pada tiap skenario dapat dilihat secara lengkap pada Tabel 5.8.

Tabel 5. 10 Biaya Tambahan Tiap Skenario

Model	Tambahan Operator	Biaya Tambahan /Bulan	Biaya Tambahan /Tahun
Skenario 1	1 Operator	Rp 5.396.761	Rp 64.761.132
Skenario 2	2 Operator	Rp 10.793.522	Rp 129.522.264
Skenario 3	3 Operator	Rp 16.190.283	Rp 194.283.396
Skenario 4	4 Operator	Rp 21.587.044	Rp 259.044.528

Berdasarkan pada tabel 5.8 dapat diketahui jika semakin banyak penambahan operator maka akan semakin besar pula estimasi biaya tambahan yang perlu dikeluarkan oleh perusahaan. Skenario 1 dengan penambahan 1 operator perlu mengeluarkan biaya tambahan sebesar Rp 5.396.761 perbulan atau Rp 64.761.132 pertahun. Skenario 2 dengan penambahan 2 operator perlu mengeluarkan biaya tambahan sebesar Rp 10.793.522 perbulan atau Rp 129.522.264 pertahun. Skenario 3 dengan penambahan 3 operator memerlukan biaya tambahan Rp 16.190.283/ bulan atau sebesar Rp 194.283.396/ tahun. Skenario 4 dengan penambahan 4 operator perlu mengeluarkan biaya tambahan sebesar Rp 21.587.044 perbulan atau Rp 259.044.528 pertahun. Perlu diingat bahwa analisis biaya ini merupakan estimasi perhitungan keuangan yang sangat sederhana dan tidak mencakup detail biaya dari perusahaan, sehingga hasil perhitungan ini hanya bisa dijadikan sebagai informasi pendukung bagi perusahaan dalam pengambilan keputusan usulan perbaikan.

Dalam melakukan pemilihan alternatif terbaik, perusahaan tentu perlu memerlukan adanya beberapa pertimbangan yang tentu pada saat proses implementasi di lapangannya terdapat beberapa kosekuensi yang perlu diperhatikan. Pada tiap skenario yang telah dilakukan, peneliti memberikan beberapa poin yang dapat diperhatikan oleh perusahaan sebagai pertimbangan setelah dilakukannya beberapa perhitungan sebelumnya. Beberapa poin pertimbangan yang dimasukkan penulis dapat dilihat pada Tabel 5.9.

Tabel 5. 11 Pertimbangan Tiap Skenario

Model	Penambahan Operator	Penurunan Waktu	Konsekuensi
Skenario 1	1 Operator	• Semula : 10407.057 detik • Skenario 1: 9832.69 detik • Selisih waktu: 574.37 detik	1. Jumlah operator lini <i>blanking</i> bertambah menjadi 6 orang. 2. Peningkatan kapasitas produksi relatif kecil dibandingkan investasi yang akan dikeluarkan.
Skenario 2	2 Operator	• Semula : 10407.057 • Skenario 2: 9828.17 • Selisih waktu: 578.89 detik	1. Jumlah operator lini <i>blanking</i> bertambah menjadi 7 orang. 2. Selisih peningkatan kapasitas produksi dengan skenario 1 hanya 300 pcs/tahun tidak sebanding dengan biaya tambahan yang dikeluarkan.
Skenario 3	3 Operator	• Semula : 10407.057 • Skenario 3: 9820.45 • Selisih waktu: 586.61 detik	1. Jumlah operator lini <i>blanking</i> bertambah menjadi 8 orang. 2.
Skenario 4	4 Operator	• Semula : 10407.057 • Skenario 3: 9511.33 • Selisih waktu: 895.73 detik	1. Jumlah operator lini <i>blanking</i> bertambah menjadi 9 orang. 2. Perlu dilakukan alokasi tugas serta pembagian kerja antar operator secara merata.

Setelah melakukan perhitungan mengenai biaya yang perlu dikeluarkan untuk melakukan penambahan operator, perhitungan yang akan dilakukan selanjutnya ialah dengan menghitung peluang keuntungan perbaikan yang bisa diperoleh pada saat mengimplementasikan dari tiap skenario yang ada. Perhitungan ini dilakukan dengan cara melihat seberapa besar peningkatan kapasitas produksi yang dapat dikerjakan dalam 1 *shift* untuk mencapai rencana produksi PT Aneka Tambang Tbk. (UBPP Logam Mulia) pada tahun 2026. Berdasarkan hasil wawancara

yang dilakukan kepada salah satu kepala divisi produksi di UBPP Logam Mulia di satuan kerja *Small Bar Product*, didapatkan informasi mengenai rencana produksi emas UBPP Logam Mulia pada tahun 2026 yaitu sebesar 45 Ton.

Selain itu, informasi yang didapatkan dengan melakukan wawancara kepada salah satu operator produksi di lapangan mengungkapkan bahwa kapasitas produksi emas perharinya sebanyak 12.000 pcs (6000 pcs/shift). Pada saat kondisi *Work Order* cukup tinggi maka jam kerja pada hari tersebut akan ditambah untuk memenuhi target produksi yang diminta.

Berdasarkan data historis ditahun 2025, jumlah produksi varian emas 5 gram merupakan 9% dari total produksi pada tahun tersebut. Maka dari itu, penelitian ini menggunakan asumsi bahwa target total produksi varian emas 5 gram masih sama seperti pada tahun sebelumnya yakni sebesar 9% atau setara dengan 4.05 Ton (810,000 pcs) dan seluruh produk tersebut habis terjual. Penggunaan asumsi tersebut dilakukan karena adanya keterbatasan mengenai akses informasi yang tidak dapat diperoleh mengenai total produksi emas varian 5 gram di tahun 2026.

Dalam perhitungan biaya yang akan dilakukan, penentuan harga yang digunakan untuk varian emas 5 gram pada tanggal 14 Maret 2026 dari sumber *website* resmi UBPP Logam Mulia yakni sebesar Rp 14.760.000 seperti yang tertera pada Gambar 5.4. Varian emas yang diproduksi pada lini *blanking* tidak hanya varian emas 5 gram saja, maka dari itu berdasarkan data produksi tahun 2025, hasil perhitungan persentase produksi varian emas 5 gram dapat dilihat pada Tabel 5.9:



LOGAM MULIA
Purity is reliable

EMAS BATANGAN

Harga Emas Hari Ini, 14 Mar 2026

Harga di-update setiap hari pkl. 08.30 WIB

Berat	Harga Dasar	Harga (+Pajak PPh 0.25%)
Emas Batangan		
0.5 gr	1,548,500	1,552,371
1 gr	2,997,000	3,004,493
2 gr	5,934,000	5,948,835
3 gr	8,876,000	8,898,190
5 gr	14,760,000	14,796,900
10 gr	29,465,000	29,538,663

Gambar 5. 4 Harga Emas Antam 14 Maret 2026

Tabel 5. 12 Persentase Produksi Emas 5 gram Tahun 2025

Bulan	Total Produksi (pcs)	Produksi Emas 5 gr (pcs)	Proporsi Emas 5 gr
Januari	397,414	70,510	17.74%
Februari	313,203	77,807	24.84%
Maret	334,841	68,657	20.50%
April	361,409	89,324	24.71%
Mei	505,436	107,783	21.32%
Juni	434,234	40,584	9.34%
Juli	208,430	43,943	21.08%
Agustus	142,414	27,761	19.49%
September	116,492	27,260	23.40%
Oktober	68,382	16,374	23.94%
November	177,913	43,834	24.64%
Desember	253,555	58,109	22.92%
Rata-rata			20.28%

Berdasarkan pada hasil perhitungan pada Tabel 5.9 dapat diketahui bahwa rata-rata proporsi produksi emas varian 5 gram pada tahun 2025 sebesar 20.28%. Hasil perhitungan ini akan digunakan sebagai dasar untuk mencari tahu nilai kapasitas produksi emas 5 gram pada tiap skenarionya. Perhitungan tersebut dapat dilihat pada Tabel 5.10.

Tabel 5. 13 Kapasitas Produksi Per Tahun Tiap Skenario

Model	Kapasitas Total/ hari	Kapasitas 5gr/ hari	Kapasitas 5gr/ bulan (25 hari)	Kapasitas 5gr/Tahun
Model Awal	12,000	12,000 x 20.28% = 2434	2434 x 25 = 60,850	30,425 x 12 = 730,200
Skenario 1	12,000 x 105.52% = 12,662	12,662 x 20.28% = 2569	2569 x 25 = 64,225	32,100 x 12 = 770,700
Skenario 2	12,000 x 105.56% = 12,668	12,668 x 20.28% = 2570	2570 x 25 = 64,250	32,125 x 12 = 771,000
Skenario 3	12,000 x 105.64% = 12,677	12,677 x 20.28% = 2,571	2,571 x 25 = 64,275	32,138 x 12 = 771,450
Skenario 4	12,000 x 108.61% = 13,034	13,034 x 20.28% = 2644	2644 x 25 = 66,100	33,050 x 12 = 793,200

Berdasarkan pada hasil perhitungan pada Tabel 5.10 dapat diketahui kapasitas produksi emas untuk 2 *shift* perharinya. Berdasarkan hasil wawancara kepada operator di lini *blanking*, kapasitas produksinya ialah sebesar 12,000. Hasil tersebut kemudian dikalikan dengan 20,28% yang merupakan nilai proporsi rata-rata produksi varian emas 5 gram. Dengan waktu 25 hari kerja tiap bulannya didapatkan kapasitas produksi untuk emas varian 5 gram untuk model awal yaitu sebesar 730,200, model skenario 1 sebesar 770,700, skenario 2 sebesar 771,000, skenario 3 sebesar 771,450 dan skenario 4 sebesar 793,200. Namun, dari seluruh skenario penambahan operator yang telah dilakukan, tidak ada satupun skenario yang bisa mencapai target produksi tahunan yang telah ditetapkan sebelumnya yakni sebesar 810,000 pcs.

Dengan menggunakan asumsi bahwa seluruh produk emas laku terjual dipasaran, langkah selanjutnya yaitu melakukan perhitungan untuk mengetahui perbandingan antara tambahan kapasitas produksi emas varian 5 gram dengan biaya tambahan operator yang perlu dikeluarkan serta melihat potensi pendapatan tambahan yang bisa diperoleh ketika

meingimplementasikan tiap skenario yang ada, hasil perbandingannya telah tertera pada Tabel 5.11 berikut.

Tabel 5. 14 Perbandingan Kapasitas Produksi dan Potensi Pendapatan Tiap Skenario

Model	Tambahan Kapasitas 5gr/ Tahun (pcs)	% Target Terpenuhi	Biaya Tambahan/ Tahun (Rp)	Tambahan Pendapatan/ Tahun (Rp)
Model Awal	0	90.15%	Rp 0	Rp 0
Skenario 1	40,500	95.15%	64.761.132	597,780,000,000
Skenario 2	40,800	95.19%	129.522.264	602.208.000.000
Skenario 3	41,250	95.24%	194.283.396	608.850.000.000
Skenario 4	63,000	97.93%	259.044.528	929.880.000.000

Berdasarkan pada hasil perbandingan potensi pendapatan tiap skenario yang ada pada Tabel 5.11 dapat diketahui jika seluruh skenario perbaikan memberikan potensi kenaikan pendapatan yang sangat tinggi dibandingkan biaya tambahan yang perlu dikeluarkan,. Peningkatan kapasitas tertinggi terdapat pada Skenario 4 dengan kapasitas sebesar 63,000 pcs/ tahun untuk varian emas 5 gram dengan potensi pendapatan bersih sebesar Rp 929,620,955,472. Sedangkan untuk skenario 1, 2, dan 3 masing-masing memberikan tambahan kapasitas 40.500, 40.800 dan 41.250 pcs/ tahun. Perbedaan kapasitas pada skenario 2 tidak signifikan dibandingkan biaya yang dikeluarkan yang setara dengan 2 kali lipat dari biaya yang diperlukan untuk skenario 1. Perlu diingat kembali bahwa perhitungan potensi penambahan pendapatan bersih ini hanya dilakukan menggunakan nilai penjualan emas pada waktu tertentu dan bukan hasil dari perhitungan keuntungan bersih perusahaan melainkan hanya gambaran yang diberikan mengenai besarnya tambahan produksi yang dapat diimplementasikan dibandingkan biaya tambahan operator yang relatif kecil. Oleh sebab itu, dilakukan perhitungan sederhana untuk melihat perbandingan seberapa besar persentase kenaikan *net profit* yang didapatkan pada tiap skenario dalam satuan tahun ketika dibandingkan dengan pendapatan di kondisi eksistingnya (model awal) menggunakan rumus perhitungan berikut ini:

$$Net Profit = Total Pendapatan - Biaya Tambahan Operator$$

$$\% \text{ Kenaikan} = \left(\frac{(\text{Net Profit Skenario} - \text{Net Profit Model Awal})}{\text{Net Profit Model Awal}} \right) \times 100\%$$

Tabel 5. 15 Hasil Perhitungan *Net Profit* Tiap Skenario

Model	Total Pendapatan/ Tahun (Rp)	Biaya Tambahan/ Tahun (Rp)	Net Profit/Tahun (Rp)	% Kenaikan vs Model Awal
Model Awal	10.777.752.000.000	0	10.777.752.000.000	0%
Skenario 1	11.375.532.000.000	64.761.132	11.375.467.238.868	+5,55%
Skenario 2	11.379.960.000.000	129.522.264	11.379.830.477.736	+5,59%
Skenario 3	11.386.602.000.000	194.283.396	11.386.407.716.604	+5,65%
Skenario 4	11.707.632.000.000	259.044.528	11.707.372.955.472	+8,63%

Berdasarkan pada hasil perhitungan *net profit* seperti yang terdapat pada Tabel 5.12, dapat diketahui bahwa seluruh skenario menunjukkan adanya *net profit* yang signifikan jika dibandingkan dengan model awal. Pada skenario 1 dengan penambahan 1 operator yang membutuhkan biaya tambahan sebesar Rp 64.761.132 pertahun dapat memberikan potensi penambahan *net profit* sebesar 5,55% atau setara dengan total pendapatan Rp 11.375.467.238.868. Sedangkan untuk skenario 2 dengan penambahan 2 operator yang membutuhkan biaya tambahan sebesar Rp 129.522.264 pertahunnya mampu memberikan potensi peningkatan *net profit* 5,59% sebesar Rp 11.379.830.477.736. Pada skenario 3 dengan penambahan 3 operator memberikan potensi peningkatan *net profit* 5,65% sebesar Rp 11.386.407.716.604. Selanjutnya untuk perhitungan pada skenario 4 dengan penambahan 4 operator dengan jumlah pengeluaran biaya tambahan paling besar yakni Rp 259.044.528 pertahun, diperoleh potensi peningkatan *net profit* sebesar 8,63% yakni sebesar Rp 11.707.372.955.472.

Setelah melakukan analisis terhadap hasil dari ketiga skenario yang telah diberikan untuk proses lini *blanking* pada UBPP Logam Mulia, maka akan dilakukan pemilihan skenario terbaik untuk kemudian diimplementasikan pada kondisi nyatanya di lapangan. Penentuan skenario terbaik dilakukan dengan mempertimbangkan antara kedua hal yaitu manfaat yang

diperoleh oleh perusahaan dalam hal ini peningkatan kapasitas produksi serta potensi peningkatan pendapatan dan biaya tambahan yang dikeluarkan saat melakukan penambahan operator. Berdasarkan dari hasil analisis yang dilakukan, peneliti memberikan rekomendasi untuk skenario terbaik yaitu model skenario 4. Hal ini dilakukan berdasarkan pada beberapa perhitungan yang membuktikan bahwa skenario ini memberikan hasil yang paling baik dilihat dari aspek total kapasitas produksi, penghematan waktu proses, serta *net profit* yang paling tinggi dibandingkan dengan skenario lainnya.

BAB VI

PENUTUP

6.1 Kesimpulan

Berdasarkan pada penelitian yang telah dilakukan, maka didapatkan kesimpulan sebagai berikut ini:

1. Hasil analisis yang telah dilakukan pada proses produksi emas varian 5 gram pada PT Aneka Tambang Tbk. (UBPP Logam Mulia) dapat diketahui jika hampir di tiap proses atau *workstation* mengalami waktu tunggu yang cukup tinggi dalam lini proses *blanking*. Berdasarkan pada hasil pengolahan data, didapatkan waktu tunggu kumulatif (*composite staytime*) pada lini *blanking* yang dimulai dari proses *Roll Besar* hingga *Roll Finishing* yaitu sebesar 10407.057 detik yang mana waktu tunggu tertinggi terdapat pada Hasil Roll Sedang dengan nilai waktu tunggu sebesar 3518.93 detik. Kondisi tersebut terjadi akibat adanya keterbatasan jumlah operator yang terdapat pada lini *blanking* yakni sebanyak 4 operator. Hal tersebut mengharuskan operator untuk bisa bekerja *multitasking* di beberapa proses pada lini *blanking*.
2. Jumlah eksperimen yang dilakukan menggunakan *software* FlexSim pada lini *blanking* terdapat tiga skenario penambahan operator. Skenario 1 dilakukan dengan penambahan 1 operator untuk mengoperasikan mesin *cutting* dan *annealing* secara bergantian, sehingga total ada 6 operator, menghasilkan *composite staytime* sebesar 9832.69 (penghematan 5,52%) dengan tambahan produksi 40,500 pcs/tahun, tambahan biaya sebesar Rp 64.761.132 dan *net profit* sebesar Rp 11.375.467.238.868. Pada skenario 2 dilakukan penambahan 2 operator yang akan mengoperasikan mesin *cutting* dan *annealing*, sehingga total ada 7 operator, menghasilkan *composite staytime* yang dihasilkan sebesar 9828.17 detik (penghematan 5.56%) dengan tambahan produksi 40,800 pcs/tahun, tambahan biaya sebesar Rp 129.522.264 dan *net profit* sebesar Rp 11.379.830.477.736. Pada skenario 3 dengan penambahan 3 operator sehingga total ada 8 operator, menghasilkan *composite staytime* sebesar 9820.45 detik (penghematan 5.64%) tambahan produksi 41.250 pcs/tahun, tambahan biaya sebesar Rp 194.283.396 dan *net profit* sebesar Rp 11.386.407.716.604. Sementara itu, untuk skenario 4 dilakukan eksperimen dengan penambahan 4 operator sehingga jumlah operator di lini *blanking* menjadi 9 operator sehingga tidak ada operator yang *multitasking*, menghasilkan *composite staytime* terendah dengan nilai sebesar 9511.33 detik (penghematan 8.61%) dengan tambahan produksi

63,000 pcs/tahun, tambahan biaya sebesar Rp 259.044.528 dan *net profit* sebesar Rp 11.707.372.955.472. Berdasarkan dari keempat skenario yang telah dijalankan, rekomendasi alternatif terbaik yang diberikan untuk UBPP Logam Mulia yaitu Skenario 4 dengan penambahan 4 operator pada lini *blanking* (total 9 operator) membuat seluruh mesin dapat beroperasi tanpa adanya operator yang *multitasking*. Selain itu, skenario 4 juga memberikan tambahan kapasitas produksi 63,000 pcs/ tahun. Walaupun butuh biaya tambahannya Rp259.044.528, skenario 4 menghasilkan *net profit* tertinggi dibandingkan yang lain yaitu sebesar Rp 11.707.372.955.472 (+8,63%).

6.2 Saran

Berdasarkan pada hasil penelitian ini maka ditemukan beberapa saran sebagai berikut:

1. Bagi PT Aneka Tambang Tbk. (UBPP Logam Mulia)
 - a. Perusahaan dapat mempertimbangkan usulan perbaikan yang dapat meningkatkan kapasitas produksi dengan penghematan waktu tunggu.
 - b. Perusahaan dapat mengimplementasikan usulan perbaikan agar dapat meningkatkan kemampuan produksi dan keseimbangan antar prosesnya.
 - c. Perusahaan dapat meninjau ulang terhadap alokasi tugas dari para operator yang berada di lini *blanking*.
 - d. Perusahaan perlu memperhatikan keseimbangan antara jumlah operator dengan kapasitas mesin yang tersedia jika ingin menerapkan usulan perbaikan yang diberikan.
2. Bagi Peneliti Selanjutnya

Pada penelitian ini masih terdapat kelemahan dalam proses penyusunannya, maka dari itu peneliti memberikan saran untuk penelitian selanjutnya agar memasukkan aspek biaya operasional secara detail, varian emas yang tidak hanya berfokus pada satu gramasi saja dan mengembangkan skenario perbaikan selain penambahan operator.

DAFTAR PUSTAKA

- Ahmad, F. (2020). Penentuan Metode Peramalan Pada Produksi *Part New Granada Bowl ST* di PT.X.. *JISI: Jurnal Integrasi Sistem Industri*, 7(1), 31–39. <https://doi.org/10.24853/jisi.7.1.31-39>.
- Amri, I. F., Astuti, S. A., & Sulistiya, I. (2023). *Peramalan Harga Emas Antam Menggunakan Metode Generalized Autoregressive Conditional Heteroskedasticity (GARCH)*. 10, 26–35.
- Audinasyah, C. S., & Solehudin. (2024). Sistem Forecasting Perencanaan Produksi dengan Metode Single Exponential Smoothing Pada Home Industry Tempe Putera Sejahtera. *Jurnal EMT KITA*, 8(3), 845–853. <https://doi.org/10.35870/emt.v8i3.2589>
- Avci, H., & Dağ, O. (2024). A Comprehensive Monte Carlo Simulation Study on Multiple Comparison Methods after ANOVA. *Journal of Advanced Research in Natural and Applied Sciences*, 10(3), 493–505. <https://doi.org/10.28979/jarnas.1429315>.
- Az-zahra, N. A., Abidin, D. Z., & Devitra, J. (2024). Analisis Dan Perancangan Sistem Informasi ProdAz-, N. A., Abidin, D. Z., & Devitra, J. (2024). Analisis Dan Perancangan Sistem Informasi Produksi Pada PT . Plantex Sembada International Jambi Jurnal Informatika Dan Rekayasa Komputer (JAKAKOM). Jakakom,. *Jakakom*, 4(September), 1205–1214. <https://doi.org/10.33998/jakakom.v4i2>
- Bandio, F. R., Nasution, R. H., & Siregar, Z. H. (2022). Analisis Kapasitas Produksi Menggunakan Metode *Rought Cut Capacity Planning* (RCCP). *Jurnal VORTEKS* 3(2):221-228. DOI:[10.54123/vorteks.v3i2.213](https://doi.org/10.54123/vorteks.v3i2.213)
- Chandra, P. (2011). *8 Kunci Sukses Investasi Emas (1st ed)*. Yogyakarta: Sophia Timur Publisher.
- Dewanto, S., & Santosa, A. (2020). Simulasi Sistem Pelayanan Rawat Jalan Di Rumah Sakit Menggunakan Simulasi Kejadian Diskrit. *Inaque: Journal of Industrial and Quality Engineering*, 8(1), 25–36. <https://doi.org/10.34010/iqe.v8i1.2725>
- Dio, R., Dermawan, A. A., & Putera, D. A. (2023). *Optimalisasi Jumlah Permintaan dan Produksi CV. XYZ Menggunakan Software Simulasi Flexsim*. *JOURNAL OF INDUSTRIAL AND MANUFACTURE ENGINEERING* 7(1):59-68. DOI:[10.31289/jime.v7i1.9398](https://doi.org/10.31289/jime.v7i1.9398)
- Duka, I. O., Kupang, S. U., & Kupang, S. U. (2025). *Discrete Event Simulation Untuk Analisis Pelayanan Bisnis Kuliner di Mie Broski Kota Kupang. (DES) merupakan pemodelan berbasis simulasi untuk memodelkan suatu sistem yang nilai meneliti tentang Discrete Event Simulation untuk Analisis Pelayanan Bisnis K*. 4, 202–215.

- Dwi Putra, M. I., Berlianty, I., Irwan Soejanto, & DwiAstanti, Y. (2022). Pendekatan Simulasi Sistem Diskrit Dalam Mengurangi Waktu Tunggu Antrian Dengan Perbaikan Sistem *Appointment Scheduling*. <https://doi.org/DOI: 10.55542/jurtie.v4i2.253>.
- Fauziah, M. R. (2019). Investasi Logam Mulia (Emas) di Pegadaian Syariah Dalam Perspektif Hukum Ekonomi Syariah. *Tahkim: Jurnal Hukum Dan Syariah*, XV(1), 63–73. <https://core.ac.uk/download/pdf/229360494.pdf>.
- Hasugian, I. A., Muhyi, K., & Firlidany, N. (2022). *Pengiriman Dan Total Pendapatan*. 17(2), 133–138.
- Heizer, J., & Render, B. (2015). *Manajemen Operasi* (11th ed.). Jakarta: Salemba Empat.
- Hidayat, L., Molina, P., & Gunawan, F. E. (2024). *Application of Discrete-Event Simulation to Increase Machine Availability – A Case Study in Cigarette Filter Manufacturing*. 8, 3521–3531. <https://doi.org/10.31004/jptam.v8i1.12933>.
- Hutahaean, H. D. (2018). Kehadiran Mahasiswa Dalam Perkuliahan (*Studi Kasus : STMIK Pelita Nusantara*). *Journal Of Informatic Pelita Nusantara* 3 (1), 41-45.
- Jamil, N., Pulungan, M. A., & Yastica, T. V. (2025). Pendekatan Discrete Event Simulation untuk Peningkatan Sistem Produksi Pada Perishable product. *Jurnal Al-Azhar Indonesia Seri Sains dan Teknologi*, 10(1), 79. <https://doi.org/10.36722/sst.v10i1.2983>.
- Jeka, F., Risnita, Jailani, M. S., & Asrulla. (2023). *Kajian Literatur dalam Menyusun Referensi Kunci , State Of The Art , dan Keterbaharuan Penelitian (Novelty)*. 7, 26466–26474.
- Katarzyński, D., Chamier-Gliszczyński, N., & Tomasz Królikowskib. (2025). FlexSim Optimization of of production production processes processes using using simulation simulation – FlexSim. *Procedia Computer Science*, 270, 5381–5388. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2025.10.005>.
- Kholishudin. (2020). Pengambilan Keputusan Investasi Generasi Y Terhadap Produk Tabungan Emas di Pegadaian Syariah Cabang Babakan, Kota Surabaya. 8(2), 91–105. DOI: <https://doi.org/10.37812/aliqtishod.v8i2.156>.
- Krynke, M. (2021a). *Management optimizing the costs and duration time of the process in the production system*. 27(3), 163–170. <https://doi.org/10.30657/pea.2021.27.21>.
- Krynke, M. (2021b). Personnel Management on the Production Line Using the FlexSim Simulation Environment. *Manufacturing Technology*, 21(5), 657–667. <https://doi.org/10.21062/mft.2021.073>.
- Kurniawan, F., Fikri, A., Luhur, E., & Dewi, E. (2021). *Simulasi Lini Produksi Ragum menggunakan Software Flexsim TALENTA Conference Series Simulasi Lini Produksi Ragum menggunakan Software Flexsim*. 4(1). <https://doi.org/10.32734/ee.v4i1.1231>.
- Kurniawan, M. A., Saputra, W. S., Amrullah, E., & Dewi, A. K. (2026). *Pelatihan Simulasi Menggunakan Software Flexsim*. 3(1), 32–38. <https://doi.org/10.63004/jpmwpc.v3i1.710>.
- Law, A. M. (2024). *Simulation Modeling & Analysis (6th Edition)*. New York: McGraw-Hill.

- Liu, S., Li, Y., Triantis, K. P., Xue, H., & Wang, Y. (2020). The Diffusion of Discrete Event Simulation Approaches in Health Care Management in the Past Four Decades: A Comprehensive Review. *MDM Policy and Practice*, 5(1), 1–17. <https://doi.org/10.1177/2381468320915242>
- Matondang, E., Gultom, Y., Sembiring, D. M. S., Aminatunnisa, S., & Indra, E. (2020). Penerapan Metode Monte Carlo Untuk Simulasi Sistem Antrian Service Sepeda Motor Berbasis Web. *Jurnal Sistem Informasi Dan Ilmu Komputer Prima(JUSIKOM PRIMA)*, 2(2), 77–84. <https://doi.org/10.34012/jusikom.v2i2.442>.
- Naciri, L., Gallab, M., Soulhi, A., Merzouk, S., & Nardo, M. Di. (2024). ScienceDirect Modeling and simulation : A comparative and systematic statistikal review. *Procedia Computer Science*, 232, 242–253. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2024.01.024>
- Nanda, M. R., Martha, Z., Vionanda, D., & Salma, A. (2024). *Prediction of World Gold Price Using k-Nearest Neighbor Method*. 2, 463–468.
- Natalia, C., & Oktavia, C. W. (2023). Penentuan Jumlah Penggunaan Bahan Baku Tepung Terigu Berdasarkan Simulasi Monte Carlo. *Jurnal PASTI (Penelitian Dan Aplikasi Sistem Dan Teknik Industri)*, 17(1), 68. <https://doi.org/10.22441/pasti.2023.v17i1.007>
- Nugroho, A. T., Dasman, S., Praborini, Y., & Bangsa, U. P. (2024). *Peran Literasi Keuangan dalam Memutuskan Pembelian Logam Mulia pada Masyarakat Tambun Selatan Berdasarkan dari data Laporan Kuartalan PT Antam Tbk (Sutioso , 2022) pada*. 5(4), 3250–3258. DOI: <https://doi.org/10.47467/elmal.v5i4.1924>.
- Nurhasanah, N., Haidar, F. Z., Hidayat, S., Hasanati, N., Putri, A., & Utami, D. (2015). Penjadwalan Produksi Industri Garmen Dengan Simulasi Flexsim. *Vol* 2(3), 141–148.
- Nurul, A., Yanyan, A., Aulia, S., & Sri, H. (2023). *Analisis Simulasi FlexSim 2019 Guna Produktivitas Produksi pada Usaha Konveksi Meningkatkan*. 16(1), 211–220. DOI: <https://doi.org/10.33005/wj.v16i1.13>.
- Poloczec, R. (2025). *Analysis of material flow and resource utilization in production systems with the use of turntables*. 31(1), 137–144. <https://doi.org/10.30657/pea.2025.31.13>
- Porter, M. E. (2008). *THE FIVE COMPETTTIVE FORCES THAT SHAPE STRATEGY*. Harvard Business Review. 24–41.
- Prawita, R., Sumijan, S., & Nurcahyo, G. W. (2020). Simulasi Metode Monte Carlo dalam Menjaga Persediaan Alat Tulis Kantor (Studi Kasus di IAIN Batusangkar). *Jurnal Informatika Ekonomi Bisnis*, 3, 72–77. <https://doi.org/10.37034/infec.v3i2.69>
- Prima, S., Kristiana, D., Triyanti, V., & Budiyanata, N. E. (2025). Perancangan Model Simulasi Sistem Produksi. 07(02), 75–82.
- Putra, A. F. S., Sajidah, H., Prastyo, T., Amelia, C., & Sofha, M. J. (2024). Analisis Simulasi Model Sistem Antrian Menggunakan Metode Discrete EventSimulation Pada Cafe 527 Serang Banten. *Prosiding Seminar Nasional Teknik Industri*, 23–28. <https://e-jurnal2.lppmunsera.org/index.php/senasti>.

- Ramadhan, A. A., Adibah, F., Ilyasa, R. G., Zafirah, R. A., Ramadan, R., & Pasaribu, U. (2025). *Pengaruh Ketepatan Waktu Pengiriman Terhadap Kepuasan Pelanggan Dalam E-Commerce Di Indonesia*.
- Rizki, R. F., & Dhewanto, W. (2025). Skenario-Based Strategic Capacity Planning for Powder Mixing Plant Using Discrete Event Modelling. *European Journal of Business and Management Research*, 10(4), 96–104. <https://doi.org/10.24018/ejbmr.2025.10.4.2701>.
- Samlawi, A. K., & Rudi Siswanto. (2016). Diktat Bahan Kuliah. (pp. 56-59).
- Sugiyono. (2019). *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif, dan R&D*. CV. Alfabeta.
- S.V. Hoover, & Perry, R. F. (1989). *Simulation: A Problem-Solving Approach*.
- Syabira, Z. S., Pulungan, M. A., & Prambudia, Y. (2024). Perancangan Sistem Produksi Ekstrak Lemon dengan Discrete Event Simulation. *Jurnal Al-Azhar Indonesia Seri Sains dan Teknologi*, 9(2), 129. <https://doi.org/10.36722/sst.v9i2.2695>.
- Timbayo, O. O., Arini, H. M., & Wijayanto, T. (2022). *Literature Review : Analisis Critical Learning Incident dalam TALENTA Conference Series Literature Review : Analisis Critical Learning Incident dalam Penggunaan Simulasi Dinamika Sistem*. 5(2). <https://doi.org/10.32734/ee.v5i2.1628>.
- Triyani Hayati, & Hendra Firdaus. (2024). Peningkatan Kualitas Sistem Produksi Di Perusahaan Sandal Sandria Tasikmalaya Dengan Menggunakan Assembly To Order. *Jurnal Media Teknologi*, 11(1), 107–112.
- Tuovila, A. (2024). *Forecasting: What it is, how it's used in business and investing*. <https://www.investopedia.com/terms/f/forecasting.asp>
- Zhang, C., & Lin, Z. (2024). *Optimization and Simulation of Production Lines Based on Flexsim*. 3(3). DOI: <https://doi.org/10.54097/n5nxh467>.

LAMPIRAN

A-Surat Pengantar Kerja Praktik



UNIVERSITAS
ISLAM
INDONESIA

FAKULTAS
TEKNOLOGI INDUSTRI

Gedung RI, Rawamangun
Kampus Terpadu Universitas Islam Indonesia
Jl. Sekeloa Utara No. 1, Rawamangun, Jakarta Timur 13220
T. (021) 88000000 ext. 4110, 4100
F. (021) 88000000
E. info@uii.ac.id
W. www.uii.ac.id

Nomor : 80/SekProdi/KP-TI/20/VII/2025
Hal : Permohonan Izin Tempat Kerja Praktek
Lampiran :

Kepada Yth.
Bapak/ Ibu Pimpinan
PT Aneka Tambang Tbk (UBPP Logam Mulia)
Jl. Pemuda No.1, Rawamangun, Kec. Pulo Gadung, Kota Jakarta Timur,
Daerah Khusus Ibukota Jakarta 13220
Kota Jakarta Timur, Daerah Khusus Ibukota

Assalamu'alaikum wr. wb

Sesuai dengan kurikulum Program Studi S1 Teknik Industri Jurusan Teknik Industri Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia Yogyakarta bahwa mahasiswa yang telah menempuh mata kuliah minimal 100 sks dan IPK diatas 2,00, diwajibkan untuk melaksanakan Kerja Praktik/Magang maksimum 2 bulan.

Berkenaan dengan hal tersebut kami mohon kepada Bapak/Ibu Pimpinan berkenan menerima mahasiswa kami untuk melaksanakan keperluan tersebut pada tanggal 1 Oktober 2025 - 30 Oktober 2025. Adapun nama mahasiswa tersebut adalah :

Nama	NIM
Muh Ritki Dwi Nugraha	22522093
Athalla Syifa Azhari	22522094

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

Wassalamu'alaikum wr. wb



S. Harjana
Gold Refining Work Unit

Yogyakarta, 13 Muharram 1447 H
08 Juli 2025 M



Muhammad Ridwan Andi Purnomo, ST,
MSi, PhD

B-Foto Kegiatan Saat Kerja Praktik

