

**MEMINIMALISIR TERJADINYA KEKURANGAN MATERIAL
DENGAN MENGGUNAKAN METODE ANALISIS ABC DAN
SIMULASI MONTE CARLO PADA PROSES BISNIS INDUSTRIAL
GAS TURBINE ENGINE (IGTE) PT GMF AEROASIA Tbk**

TUGAS AKHIR

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



Nama : Akbar Iftikhor

Nim : 19522325

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

2024

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, 15/03/2024



(Akbar Iftikhor)

19522325

SURAT BUKTI PENELITIAN

The certificate features a background with a repeating pattern of the GMFAeroAsia logo. The top and bottom edges are decorated with blue and green wavy lines. The central text is as follows:

CERTIFICATE OF INTERNSHIP
Number : GMF/THB-00320/KP/2023

THIS IS TO CERTIFY THAT

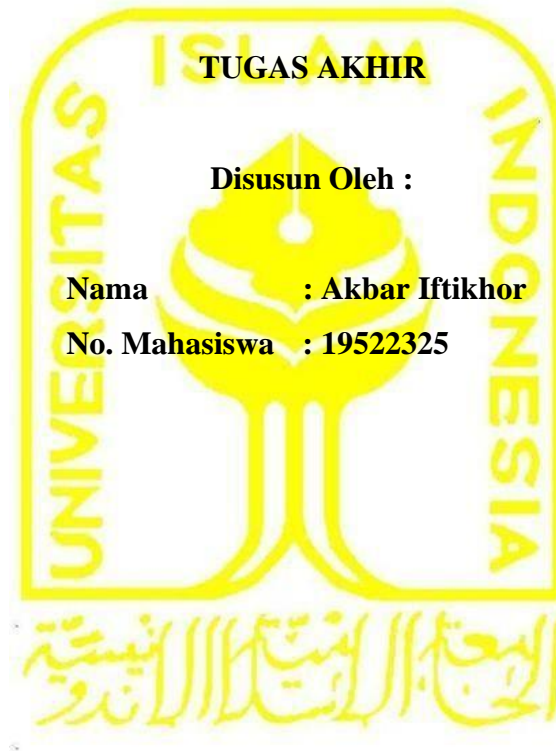
Akbar Iftikhor
Born in Yogyakarta, 2/21/2001

Has successfully completed Internship Program at
PT Garuda Maintenance Facility Aero Asia Tbk
On Department of Aircraft Support & Power Services
on 4/10/2023 – 5/31/2023

Tangerang, May 31st, 2023


Senior Manager Corporate Culture &
Knowledge Management

**LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING
JUDUL TUGAS AKHIR**



Yogyakarta, 15 Maret 2024

Dosen Pembimbing

(Danang Setiawan, S.T., M.T)

LEMBAR PENGESAHAN DOSEN PENGUJI
MEMINIMALISIR POTENSI TERJADINYA KEKURANGAN MATERIAL
DENGAN MENGGUNAKAN METODE ANALISIS ABC DAN
SIMULASI MONTE CARLO PADA PROSES BISNIS INDUSTRIAL
GAS TURBINE ENGINE (IGTE) PT GMF AEROASIA Tbk

TUGAS AKHIR

Disusun Oleh :

Nama : Akbar Iftikhor
No. Mahasiswa 19522325

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 - Maret – 2024

Tim Penguji

Danang Setiawan, S.T., M.T

Ketua

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

Anggota I

Wahyudhi Sutrisno, S.T., M.M., M.T

Anggota II

Mengetahui,

Ketua Program Studi Teknik Industri
Fakultas Teknologi Industri
Universitas Islam Indonesia



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

NIK

HALAMAN PERSEMBAHAN

Alhamdulillahirabbil'alamiin, Puji Syukur penulis panjatkan kepada Allah Subhanahu Wa Ta'ala, yang telah memberikan Kesehatan, rahmat serta hidayah sehingga penulis dapat diberikan kesempatan dan kekuatan untuk dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini yang sebagai salah satu syarat untuk mendapatkan gelar kesarjanaan. Walaupun laporan yang disusun jauh dari kata sempurna, namun penulis bangga telah mendapai pada titik ini sehingga Tugas Akhir dapat selesai dengan baik.

Penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada kedua orang tua yang telah memberikan segala dukungan dan kesabaran mereka dalam memberikan nasehat kepada penulis sehingga penulis berhasil mencapai dititik ini. Juga kepada Dosen Pembimbing, yaitu Bapak Danang Setiawan, S.T., M.T. atas ilmu dan masukan berharga yang telah diberikan kepada penulis. Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada teman-teman, yaitu Muhammad Faqih Zidan, Moh. Reza Erlangga, Rizky Alditama, Muhammad Daffa Nugraha, dan Angga Kurniawan, yang selalu mendampingi dan memberikan dukungan kepada penulis dalam menyelesaikan Laporan Tugas Akhir ini. Semoga segala kebaikan yang telah diberikan akan mendapatkan balasan yang lebih indah dari Allah Subhanahu Wa Ta'ala

MOTTO

“Barang siapa belum merasakan pahitnya belajar walau sebentar, maka akan merasakan hinanya kebodohan sepanjang hidupnya.”

(Imam Syafi’i)

“Menuntut ilmu adalah takwa. Menyampaikan ilmu adalah ibadah. Mengulang-ulang ilmu adalah zikir. Mencari ilmu adalah jihad.”

(Abu Hamid Al Ghazali)

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Segala puji bagi Allah Subhanahu Wa Ta'ala atas segala rahmat dan karunia-Nya, atas kehendak-Nya Tugas Akhir yang berjudul “Meminimalisir Potensi Terjadinya Kekurangan Material Dengan Menggunakan Metode Analisis ABC dan Simulasi Monte Carlo Pada Proses Bisnis Industrial Gas Turbine Engine (IGTE) PT GMF AeroAsia Tbk” dapat terselesaikan dengan baik.

Laporan Tugas Akhir ini disusun untuk memenuhi syarat dalam menyelesaikan studi Strata-1 Teknik Industri, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia. Pada kesempatan kali ini, penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih yang tulus kepada semua pihak yang telah memberikan bimbingan dan motivasi yang sangat berarti dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini. Maka dari itu, penulis ingin mengucapkan rasa terima kasih kepada:

1. Kedua orang tua penulis, Bapak Imam Subekti dan Ibu Irviyanti yang selalu memberikan doa, nasehat dan dukungan sehingga penulis dapat berjuang dan menyelesaikan Tugas Akhir hingga saat ini. Juga teruntuk kedua adik penulis Faisal Putra Ramadhan dan Dian Pratiwi Khoirunnisa yang senantiasa memberikan dukungan moral dan motivasi yang diberikan
2. Bapak Prof. Dr. Ir. Hari Purnomo, M.T., IPU selaku Dekan Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia
3. Bapak Dr. Drs. Imam Djati Widodo, M.Eng.Sc. selaku Ketua Jurusan Teknik Industri, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia
4. Bapak Ir. Muhammad Ridwan Andi Purnomo, S.T., M.Sc., Ph.D., IPM selaku Ketua Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia
5. Bapak Danang Setiawan, S.T., M.T selaku dosen pembimbing Laporan Tugas Akhir yang telah memberikan bimbingan serta arahan, motivasi, dan ilmu yang telah beliau berikan sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini.
6. Bapak Aditya dan Bapak Burhan serta seluruh pihak PT. GMF AeroAsia Tbk yang telah bersedia mengajarkan dan menjadi narasumber penulis dalam mendapatkan informasi serta data yang dibutuhkan dalam menyelesaikan Laporan Tugas Akhir
7. Teman-teman tercinta yang memberikan semangat dan menemani momen penyusunan laporan Muhammad Faqih Zidan, Moh. Reza Erlangga, Rizky Alditama, Muhammad Daffa Nugraha, dan Angga Kurniawan yang tidak lelah memberikan semangat dan motivasi untuk menyelesaikan laporan ini.
8. Bagian Akademik dan Administrasi Prodi yang membantu dalam memberikan informasiserta kelancaran pengurusan berkas maupun tahapan yang berkaitan dalam penyusunan laporan.
9. Semua pihak yang telah membantu dalam penyelesaian Laporan Tugas Akhir ini yang tidak dapat disebutkan satu per satu

Semoga kebaikan dan seluruh bantuan yang telah diberikan akan mendapatkan balasan dari *Allah Subhanahu Wa Ta'ala* serta menjadi amal jariyah. Penulis menyadari bahwa laporan tugas akhir ini masih terdapat banyak sekali kekurangan. Oleh karena itu, kritik dan saran sangat diharapkan sehingga membuat laporan menjadi lebih baik lagi. Dan semoga laporan tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi pembaca ataupun penelitian selanjutnya. Aamiin

Wassalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Yogyakarta, 8 Januari 2024

A handwritten signature in black ink, consisting of stylized, overlapping loops and curves, positioned above the name Akbar Iftikhor.

Akbar Iftikhor

ABSTRAK

Keterlambatan TAT (*Turn Around Time*) disebabkan oleh proses pemesanan ulang material yang sering terjadi kekurangan. Hal tersebut terjadi karena adanya ketidakpastian antara jumlah material dan kebutuhan material, sehingga pihak *purchasing & order* harus melakukan pemesanan kembali kepada pihak vendor dengan membutuhkan *lead time* yang sangat lama. Sehingga tujuan dari penelitian ini adalah untuk mencari pembaharuan pada pengendalian persediaan agar tidak terjadi *understock* saat material dibutuhkan yang bisa berdampak pada waktu pengerjaan proyek. Maka dari itu diperlukanlah sebuah *tools* untuk mencari jumlah material yang optimum untuk mengendalikan persediaan agar pengerjaan proyek tidak terjadi *downtime* sehingga tidak melewati batas TAT. Analisis ABC digunakan untuk memprioritaskan jenis material yang dilakukan pengendalian persediaan menggunakan EOQ dan ROP. Kemudian simulasi Monte Carlo dilakukan untuk melihat setiap kejadian untuk dilakukan beberapa eksperimen mengenai berapa jumlah optimum dan biaya optimum yang akan muncul. Peneliti mendapatkan hasil bahwa jumlah optimum EOQ pada material N204 sebesar 181 dengan frekuensi pemesanan sebanyak 9 kali dalam setahun, kemudian mendapatkan titik pemesanan kembali (ROP) atau perusahaan harus memesan kembali material N204 jika sudah mencapai nilai sebesar 775 unit dan untuk material Metco 204 NSG mendapatkan jumlah optimum EOQ sebesar 165 dengan frekuensi pemesanan sebanyak 8 kali dalam setahun, dan untuk nilai ROP nya adalah 710. Dari hasil simulasi yang telah dilakukan, diketahui bahwa perbandingan selisih total biaya (TC) hasil perhitungan 360 hari adalah Rp 18.397.578 untuk material N204 atau dengan nilai efisiensi 18% dan Rp 14.679.504 untuk material Metco 204 NSG atau dengan nilai efisiensi 18%. Maka dari itu perusahaan bisa melakukan pemesanan sebanyak 181 dengan titik pemesanan kembali sebesar 775 material untuk material N204 dan melakukan pemesanan sebanyak 165 dengan titik pemesanan kembali sebanyak 710.

Kata Kunci: N204, Material, EOQ, ROP, Metco 204 NSG

DAFTAR ISI

PERNYATAAN KEASLIAN	i
SURAT BUKTI PENELITIAN.....	ii
LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING.....	iii
LEMBAR PENGESAHAN DOSEN PENGUJI.....	iv
HALAMAN PERSEMBAHAN	v
MOTTO.....	vi
KATA PENGANTAR	vii
ABSTRAK.....	ix
DAFTAR ISI	x
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR GAMBAR	xiii
BAB I	
PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah.....	4
1.3 Tujuan Penelitian	4
1.4 Manfaat Penelitian	5
1.5 Batasan Penelitian.....	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1 Kajian Literatur	6
2.2 Landasan Teori.....	19
BAB III METODE PENELITIAN.....	30
3.1 Objek Penelitian.....	30
3.2 Subyek Penelitian	30
3.3 Sumber Data.....	30
3.4 Metode Pengumpulan Data.....	30
3.5 Pengolahan Data	31
3.6 Kesimpulan dan Saran	34
BAB IV PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA	36
4.1 Pengumpulan Data.....	36
4.2 Analisis ABC	38
4.3 Penentuan EOQ dan ROP	48
4.4 Simulasi Monte Carlo	50

BAB V PEMBAHASAN.....	56
5.1 Analisis Simulasi Monte Carlo	56
BAB VI PENUTUP.....	62
6.1 Kesimpulan	62
6.2 Saran	63
DAFTAR PUSTAKA	64
LAMPIRAN	65

DAFTAR TABEL

Table 1 Penelitian Sebelumnya	9
Table 2 Data Historis Pemakaian Material N204	42
Table 3 Data Historis Pemakaian Metco 204 NSG	44
Table 4 Data Pesan dan Datangnya Material N204.....	45
Table 5 Data Pesan dan Datangnya Material Metco 204 NSG	47
Table 6 Tingkat persentase dan Kelas Material.....	39
Table 7 Hasil Perhitungan EOQ Material N204.....	48
Table 8 Hasil Perhitungan ROP Material N204	49
Table 9 Hasil Perhitungan EOQ Material Metco 204 NSG	49
Table 10 Distribusi Probabilitas Pemesanan Material N204	51
Table 11 Distribusi Probabilitas Lead Time Material N204	51
Table 12 Distribusi Probabilitas Pemesanan Material Metco 204 NSG.....	52
Table 13 Distribusi Probabilitas Lead Time Material Metco 204 NSG	52
Table 14 Matriks Kombinasi R dan Q Material N204	53
Table 15 Matriks Kombinasi R dan Q Material Metco 204 NSG	54
Table 16 Hasil Perbandingan Total Biaya Hasil Simulasi Material N204	57
Table 17 Hasil Perbandingan Total Biaya Hasil Simulasi Material Metco 204 NSG.....	58
Table 18 Perbandingan Hasil Data EOQ, ROP dan Data Simulasi.....	60
Table 19 Perbandingan Biaya Pemesanan	60

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1 Jumlah projek di tahun 2022.....	2
Gambar 2 Fishbone Diagram GMF	3
Gambar 3 Alur Simulasi	25
Gambar 4 Alur Simulasi Monte Carlo.....	27
Gambar 5 Alur Penelitian	35
Gambar 6 Procedure Income Part Repair	37
Gambar 7 Procedure Outgoing Part Repair	38
Gambar 8 N204	41
Gambar 9 Metco 204 NSG	41
Gambar 10 Rumus EOQ.....	48

BAB I

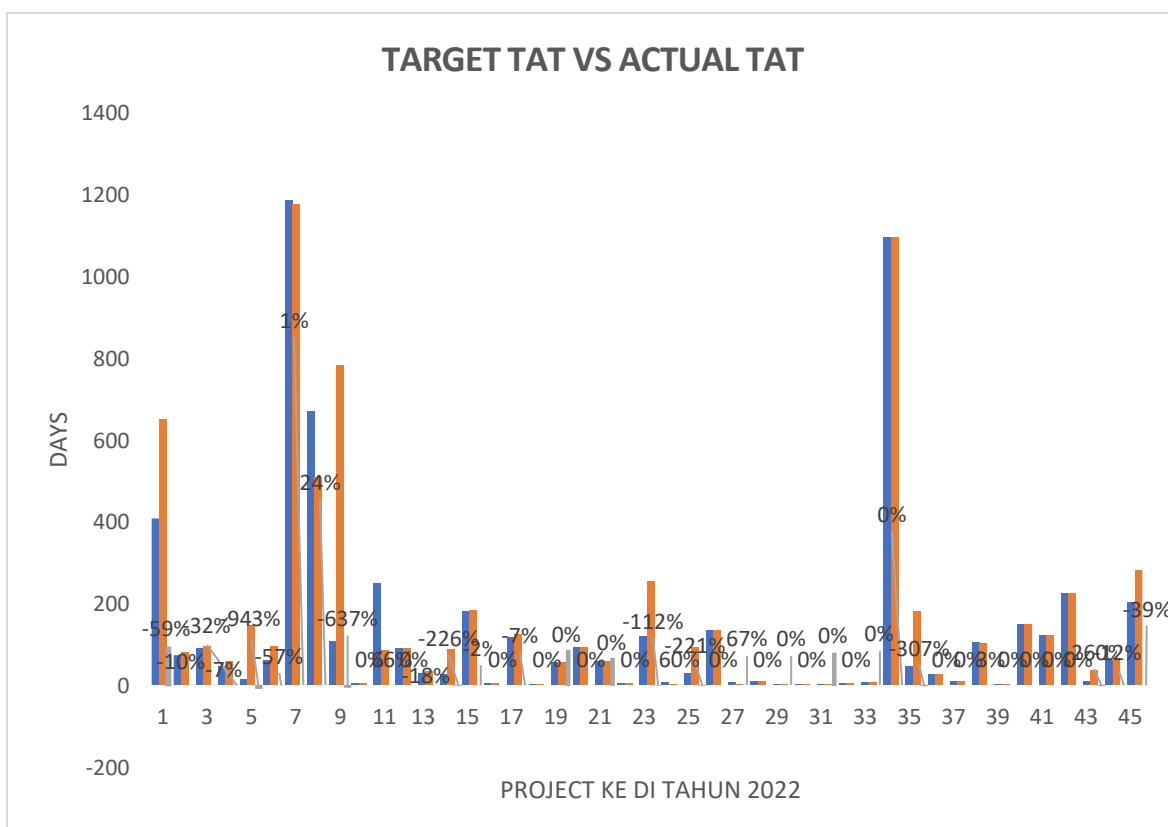
PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

PT GMF AeroAsia Tbk menawarkan dua layanan bisnis utama, yaitu bisnis Aviasi dan Non Aviasi, yang masing-masing berfokus pada jenis perbaikan yang berbeda. Bisnis Aviasi PT GMF AeroAsia Tbk merupakan bisnis yang berfokus pada perbaikan pesawat komersial baik di dalam maupun di luar negeri. Selain itu, mereka juga menerapkan strategi diversifikasi dengan fokus pada maskapai dengan segmentasi kargo, private jet atau business jet, industri pertahanan, dan kontrak perawatan pesawat milik TNI AU. Sementara itu, bisnis non-aviasi PT GMF AeroAsia Tbk berfokus pada perbaikan eksternal yang meliputi unit IGTE (Industrial Gas Turbine Engine) dan unit GSE (Ground System Equipment). Tujuan dari bisnis ini adalah untuk mengkomersialkan Produk & Layanan IT melalui skema kemitraan serta meningkatkan pendapatan GMF (Perusahaan, 2021). Sebagai salah satu perusahaan jasa *maintenance* terbesar di Indonesia, PT GMF sangat memperhatikan kualitas pelayanan seiring bertambahnya perusahaan jasa *maintenance* yang bermunculan. Hal ini dilakukan sebagai bentuk dari usaha mempertahankan *partnership* sebagai customer yang memerlukan penyedia jasa *repairing* IGTE. Mempertahankan *partnership* dan menyebarluaskan usaha bisnis adalah kompetisi yang masih dilakukan oleh beberapa perusahaan jasa MRO khususnya dibidang IGTE (*Industrial Gas Turbine Engine*). Tidak hanya mempertahankan, PT GMF Aeorasia juga ingin meningkatkan kualitas pelayanan jasa *repairing*, baik di dalam bisnis aviasi maupun non-aviasi.

Untuk mempertahankan dan meningkatkan suatu bisnis diperlukan perbaikan yang inovatif dalam memperbaiki masalah didalam sistem yang terjadi. Dikatakan terjadi masalah apabila target atau capaian perusahaan tidak berjalan dengan maksimal sesuai KPI (*Key Performance Indicator*) yang telah ditetapkan atau bisa dikatakan performansi dari kinerja perusahaan menurun walaupun hanya sedikit.. Hal ini memungkinkan perusahaan untuk melacak kemajuan, mengukur pencapaian, dan membuat keputusan berdasarkan data yang terukur. Dengan demikian, perusahaan dapat meningkatkan efisiensi, mengoptimalkan kinerja, dan mencapai tujuan yang telah ditetapkan secara lebih efektif (Adianto, 2014).

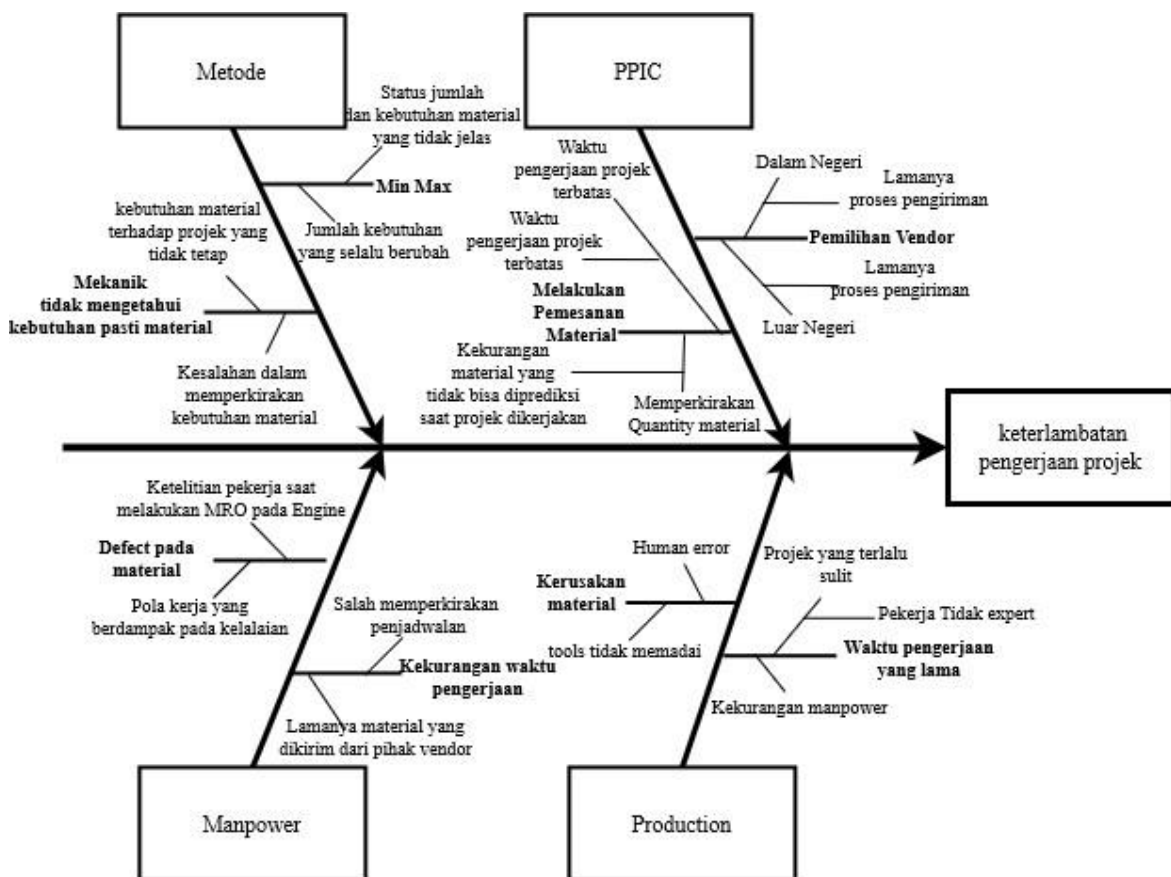
Waktu penyelesaian *repairing* atau target TAT pengerjaan ditetapkan sesuai kesepakatan antara dua pihak. PT GMF Aeroasia telah menetapkan target TAT dengan menyesuaikan hari pengerjaan dari kedua pihak yaitu dihitung setelah *part turbine engine* masuk ke gedung GSE hingga selesai pengerjaan dan kembali pada pihak *customer*. Adapun TAT tersebut dapat berubah sesuai kesepakatan dari kedua pihak antara penyedia jasa dan *customer*. Permasalahan muncul ketika pihak IGTE tidak mampu menyelesaikan proses *repairing* yang telah di tetapkan oleh kedua pihak, yaitu antara customer dengan pihak penyedia jasa.



Gambar 1 Proyek ke di tahun 2022

Salah satu faktor yang membuat terjadinya penurunan TAT adalah ketersediaan material yang *understock* yaitu material yang terjadi kekurangan saat dibutuhkan yang akan digunakan guna mengerjakan *part repair*. Terdapat pada Gambar 1, bisa diketahui bahwa terjadi keterlambatan pengerjaan proyek, dimana target penyelesaian (TAT) tidak sesuai dengan target yang sebenarnya (*Actual TAT*). Didalam gambar 1 jika dijelaskan, maka ada 16 proyek yang terlambat atau sekitar 36% dari 45 proyek yang dilakukan. Hal tersebut terjadi karena adanya ketidakpastian antara jumlah material dengan kebutuhan material, sehingga pihak *purchasing & order* harus melakukan pemesanan kembali kepada pihak vendor

dengan membutuhkan *lead time* yang sangat lama. Dalam hal tersebut, terjadi adanya ketidakpastian jumlah material itu bisa saja terjadi meskipun pihak perusahaan telah menghitung jumlah material yang harus dipesan untuk kebutuhan MRO. Disamping itu, pihak perusahaan akan melakukan pemesanan sesuai dengan jumlah kebutuhan akan tetapi tidak adanya jumlah pasti atas material yang dibutuhkan. Jika perusahaan melakukan pemesanan material yang terlalu banyak, yang akan terjadi adalah kebutuhan biaya yang membengkak akibat terjadinya proses pemesanan material yang dilakukan. Tentu hal tersebut akan menurunkan produktivitas perusahaan dan terjadi penurunan *value* perusahaan.



Gambar 2 Fishbone Diagram GMF

Berdasarkan Gambar 2, dapat dilihat dari bentuk *Fishbone Diagram* bahwa permasalahan yang ada yaitu keterlambatan pengerjaan proyek terjadi dikarenakan material. Material merupakan bagian penting untuk keberlangsungan pengerjaan proyek, ketika material tidak ada saat ingin digunakan maka proyek dapat tertunda atau terjadi *downtime* sehingga berdampak pada waktu yang terbuang dan bisa terjadi keterlambatan pengerjaan proyek. Dapat dilihat dibagian metode, bahwa perusahaan sudah menggunakan metode *min*

max untuk pengendalian persediaan material. Upaya unit IGTE ini didasari atas jumlah material yang selalu tidak tersedia saat dibutuhkan, terlebih lagi material tidak bisa digunakan karena adanya *human error* yang menyebabkan *defect* material. Secara tidak langsung hal tersebut akan mengurangi jumlah material yang akan digunakan. Kelebihan persediaan material atau bahan baku akan berdampak pada penambahan biaya pemeliharaan dan penyimpanan, selain itu material yang disimpan terlalu lama akan berpotensi terjadinya kerusakan atau tidak layak pakai. Sebaliknya jika perusahaan tidak melakukan penambahan material, maka perusahaan akan dihadapkan dengan masalah kehabisan persediaan (*stock out*) sehingga proses kelancaran *part repair* akan terhambat (Lahu et al., 2017). Menurut Heizer dan Render (2015) perusahaan tidak akan mencapai strategi berbiaya rendah tanpa manajemen persediaan yang baik.

Maka dari itu diperlukan suatu *tools* yang dapat mengendalikan persediaan material dengan mempertimbangkan pengoptimalan total biaya pemesanan. Peneliti akan menggunakan analisis ABC dan simulasi Monte Carlo sebagai *tools* untuk menghasilkan suatu ide yang bisa menjadi acuan dalam perbaikan pengendalian persediaan. Analisis ABC akan digunakan peneliti untuk melihat dan memprioritaskan material yang paling besar biayanya dan paling banyak jumlah pemesanan dalam tahun 2022. Alasan peneliti memprioritaskan dari banyak jumlah pemesanan dikarenakan peneliti ingin memfokuskan sumber daya pada material yang memiliki dampak paling signifikan terhadap penyelesaian proyek, dan hal ini bisa dilihat pada Gambar.2 bahwa kebanyakan faktor permasalahan dikarenakan jumlah material. sedangkan simulasi monte carlo digunakan untuk membantu menganalisis probabilitas data serta melihat setiap kejadian dan peluang yang muncul.

1.2 Rumusan Masalah

Berikut merupakan rumusan masalah :

1. Bagaimana penerapan metode analisis ABC dan simulasi Monte Carlo dalam menentukan usulan dari permasalahan yang terjadi ?
2. Berapa material yang akan dijadikan prioritas pengendalian persediaan ?
3. Berapa jumlah pembelian bahan material yang optimal dilakukan yang akan dikerjakan oleh unit IGTE menurut hasil analisis yang dilakukan ?

1.3 Tujuan Penelitian

Berikut merupakan tujuan penelitian :

1. Mengetahui seberapa penting penerapan metode analisis ABC dan simulasi Monte Carlo dilakukan dalam pengendalian persediaan material
2. Mengetahui material apa saja yang akan dilakukan pengendalian persediaan guna memperlancar proses pengerjaan *part repair*
3. Mengetahui perbandingan TC dari hasil perhitungan EOQ dan ROP dengan hasil simulasi eksperimen

1.4 Manfaat Penelitian

Bagi mahasiswa, penelitian ini akan berdampak pada pengembangan ilmu pengetahuan serta kemampuan menganalisis masalah khususnya pada pengaruh persediaan bahan baku pada suatu perusahaan. Kemudian, memberikan bekal yang bisa digunakan didalam dunia kerja

1. Bagi perusahaan, hasil penelitian ini bisa memberikan perbandingan dan masukan terhadap perusahaan, dan sebagai pertimbangan didalam mengambil keputusan terutama dalam hal pengendalian persediaan bahan baku
2. Bagi peneliti berikutnya, hasil dari penelitian ini bisa menjadi bahan referensi untuk melakukan penelitian dengan konsep yang sama, selain itu juga bisa menjadi acuan dalam mempertimbangkan penggunaan metode pengendalian persediaan bahan baku lainnya.

1.5 Batasan Penelitian

Berikut merupakan batasan penelitian :

1. Data yang digunakan adalah dari dua proyek yang dikerjakan oleh unit IGTE dalam *part repair* di tahun 2022
2. Material yang digunakan sebagai bahan penelitian hanya 2 dari beberapa material yang digunakan oleh unit IGTE untuk melakukan *part repair*
3. Data yang digunakan merupakan data historis dari jumlah pemesanan bahan material
4. Jumlah data terlalu kompleks, maka dari itu peneliti akan mencari topik masalah berdasarkan prioritas data yang dipilih
5. Data bersifat terbatas sehingga tidak semua data bisa didapatkan dikarenakan kebijakan perusahaan
6. Persentase biaya penyimpanan dari material N204 dan Metco 204 NSG yang tidak diketahui karena kebijakan perusahaan.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Kajian Literatur

Pengendalian persediaan bahan baku merupakan aspek penting dalam manajemen operasional perusahaan manufaktur. Metode yang efektif dalam mengelola persediaan bahan baku dapat memberikan keuntungan kompetitif bagi perusahaan. Kajian literatur ini bertujuan untuk menganalisis berbagai metode pengendalian persediaan bahan baku yang telah dikembangkan dan diterapkan dalam berbagai industri. Dalam kajian ini, kami mengumpulkan dan menganalisis penelitian terbaru, artikel ilmiah, dan publikasi lainnya yang membahas metode pengendalian persediaan bahan baku. Kami menemukan bahwa berbagai faktor mempengaruhi pemilihan metode pengendalian persediaan, termasuk karakteristik produk, kestabilan pasokan, kebutuhan pelanggan, biaya penyimpanan, dan risiko permintaan yang tidak pasti. Penelitian ini didasari dengan masalah yang ditemukan dan metode – metode yang akan digunakan sebagai *tools* dalam melakukan suatu keputusan. Dalam rangka penelitian ini, dilakukan sejumlah kajian yang melibatkan analisis penelitian-penelitian sebelumnya yang berhubungan dengan penelitian yang akan dilaksanakan. Kajian mengenai penelitian terdahulu mencakup aspek pengendalian persediaan, pemilihan bahan material, kelebihan stok, analisis EOQ Probabilitas, serta simulasi monte carlo

Pada penelitian yang dilakukan oleh Alvin Chandra dkk (2022) membahas analisis pengendalian persediaan bahan baku akrilik menggunakan metode EOQ Probabilistik dan simulasi Monte Carlo di PT. XYZ. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menentukan jumlah pesanan ekonomis untuk bahan baku akrilik di perusahaan tersebut. Penelitian ini melibatkan pengumpulan data, perhitungan jumlah pesanan, titik pemesanan ulang, stok keselamatan, dan total biaya persediaan menggunakan metode EOQ Probabilistik. Selain itu, penelitian ini juga melibatkan simulasi permintaan dan waktu tunggu menggunakan simulasi Monte Carlo untuk memprediksi permintaan di masa depan dan menghitung total biaya persediaan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa metode yang diusulkan dapat menghemat biaya persediaan sebesar 1,57%. Kesimpulan dari jurnal ini adalah metode EOQ Probabilistik dan simulasi Monte Carlo dapat digunakan untuk mengendalikan persediaan bahan baku akrilik di PT. XYZ. Dengan menggunakan metode ini, perusahaan dapat menghitung jumlah pesanan optimal, titik pemesanan ulang, stok keselamatan, dan total

biaya persediaan. Hasil simulasi juga dapat membantu perusahaan dalam memprediksi permintaan di masa depan. Dengan demikian, penggunaan metode EOQ Probabilistik dapat menghasilkan penghematan biaya dalam pengendalian persediaan (Chandra & Juliana Kristina, 2022)

Kemudian pada penelitian yang dilakukan Rizky Miranda C (2019) membahas untuk menentukan metode yang tepat untuk memprediksi permintaan sepatu di PT Kirana Abadi Sentosa dan menganalisis pengendalian persediaan menggunakan metode Forecasting, EOQ, dan Monte Carlo. Penelitian ini menemukan bahwa Metode Naïve memiliki nilai MAD dan MSE terkecil, dan simulasi Monte Carlo menghasilkan biaya persediaan yang paling sesuai untuk perusahaan. Studi ini menekankan pentingnya beradaptasi dengan perubahan dinamis dalam ekonomi dan industri fashion, serta pentingnya pengelolaan persediaan dalam memenuhi permintaan konsumen. Penelitian ini menganalisis permintaan dan persediaan produk sepatu di PT Kirana Abadi Sentosa dari Januari hingga Desember 2016 dan Januari hingga Desember 2017. Penelitian ini menggunakan metode kuantitatif, khususnya peramalan deret waktu (Metode Naive, Moving Averages, Exponential Smoothing, dan Trend Projection) dan simulasi Monte Carlo. Studi ini menyimpulkan bahwa Metode Naive adalah metode peramalan yang paling sesuai, dan simulasi Monte Carlo dapat membantu mengoptimalkan persediaan dan meminimalkan biaya. Studi ini menyarankan agar perusahaan menggunakan Metode Naive untuk peramalan permintaan dan mempertimbangkan simulasi Monte Carlo untuk pengendalian persediaan. Penelitian masa depan harus menggunakan lebih banyak data dan perangkat lunak pemrograman yang lebih user-friendly untuk hasil yang lebih akurat. Teks yang diberikan adalah daftar referensi untuk berbagai penelitian dan buku yang terkait dengan manajemen produksi, peramalan penjualan, pengendalian persediaan, dan teknik simulasi (Rizky Miranda et al., 2019).

Pada penelitian yang dilakukan Chendrasari Wahyu Oktavia (2022) yang bertujuan untuk mengembangkan peramalan dengan simulasi Monte Carlo yang akan diintegrasikan dengan metode EOQ. Diharapkan penelitian ini dapat membantu perusahaan dalam mengidentifikasi kuantitas pembelian yang optimal dan mengetahui total biaya persediaan secara keseluruhan. Hasil penelitian ini akan menunjukkan jumlah pembelian yang optimal dan total biaya

persediaan. Dalam penelitian ini, juga dilakukan analisis menyeluruh dan ditarik kesimpulan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa perusahaan dapat menghemat biaya persediaan dengan menggunakan metode EOQ. Kemudian membahas tentang analisis peramalan permintaan gula dan perhitungan biaya persediaan menggunakan simulasi Monte Carlo dan metode Economic Order Quantity (EOQ) di PT.XYZ. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengidentifikasi jumlah permintaan gula pada tahun 2019 dan menentukan biaya persediaan berdasarkan hasil peramalan menggunakan EOQ. Hasil penelitian menunjukkan bahwa perusahaan membutuhkan 170.173 kg gula, dengan permintaan tertinggi pada bulan April dan November 2019. Jumlah pembelian ekonomis adalah 5.218 kg dengan frekuensi pemesanan sebanyak 33 kali dalam setahun. Model EOQ yang diusulkan menyarankan adanya persediaan cadangan sebesar 34.349 kg dan titik pemesanan ulang sebesar 70.875 kg. Implementasi EOQ dapat mengurangi total biaya persediaan dari Rp. 1.805.785.530 menjadi Rp. 1.805.138.304 (Chendrasari Wahyu Oktavia, 2022)

Table 1 Penelitian Sebelumnya

NO	Judul	Penulis	Tujuan	Hasil Penelitian
1	Analisis Pengendalian Persediaan Bahan Baku Akrilik Menggunakan Metode EOQ Probabilistik dan Simulasi Monte Carlo Pada PT. XYZ	Chandra A, Juliana Kristina H (2022)	Penelitian ini bertujuan untuk mencapai ketersediaan bahan baku yang optimal dan efisien, menghindari kondisi stockout atau kekurangan bahan baku yang dapat menghambat proses produksi, serta mengurangi biaya persediaan yang terkait dengan pembelian dan pemesanan bahan baku	Dengan menggunakan metode EOQ Probabilistik, perusahaan dapat menghemat biaya persediaan sebesar Rp310.941.861,00 atau dengan presentase sebesar 1,57%. Dan dengan menggunakan simulasi Monte Carlo, total biaya persediaan untuk periode selanjutnya (Agustus 2021 - Juli 2022) diperoleh sebesar Rp19.400.673.130,00. Simulasi ini dilakukan dengan memasukkan nilai EOQ Probabilistik yang telah dihitung sebelumnya
2	Analisa Pengendalian Persediaan Produk Sepatu Menggunakan Metode Forcasting,	Rizky Miranda C, Juliana	Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menganalisis mekanisme penyediaan	Berdasarkan penelitian ini, ditemukan bahwa metode peramalan Naïve memiliki nilai MAD dan MSE terkecil

NO	Judul	Penulis	Tujuan	Hasil Penelitian
	EOQ dan Monte Carlo Pada PT Kirana Abadi Sentosa	Kaesang E, Seby M, Teguh Suprpto A (2019)	produk sepatu yang mengalami kekurangan stok dan kelebihan stok sepatu di PT Kirana Abadi Sentosa.	dibandingkan dengan metode lainnya. Selain itu, simulasi Monte Carlo menghasilkan biaya persediaan yang paling optimal untuk PT Kirana Abadi Sentosa.
3	Analisis Peramalan dan Perhitungan Total Biaya Persediaan Gula Dengan Menggunakan Simulasi Monte Carlo dan EOQ di PT. XYZ	Chendrasari Wahyu Oktavia (2022)	Tujuan dari pengendalian persediaan adalah untuk meminimalisir situasi yang merugikan bagi perusahaan, seperti kelebihan persediaan dan kekurangan persediaan, serta sebagai bentuk kontrol perusahaan terhadap persediaan.	Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa metode peramalan Naïve memiliki tingkat kesalahan MAD dan MSE yang paling rendah dibandingkan dengan metode lainnya. Selain itu, simulasi Monte Carlo telah menghasilkan biaya persediaan yang optimal bagi PT Kirana Abadi Melalui usulan EOQ, disarankan agar perusahaan menetapkan safety stock sebesar 34.349 kg dan reorder point sebesar 70.875 kg. Implementasi EOQ berdasarkan usulan ini dapat mengurangi total biaya persediaan dari Rp. 1.805.785.530 menjadi Rp.

NO	Judul	Penulis	Tujuan	Hasil Penelitian
				1.805.138.304, menghemat biaya perusahaan sebesar Rp. 647.226..
4	Klasifikasi Persediaan Barang Menggunakan Analisis ABC dan Prediksi Permintaan dengan Metode Monte Carlo	R Noviani, YN Nasution, NA Rizki (2017)	Studi ini berfokus pada inventaris obat di sebuah apotek dan bertujuan untuk mengelola inventaris menggunakan analisis ABC, economic order quantity (EOQ), dan reorder point (ROP).	Hasil penelitian ini memberikan gambaran tentang metodologi dan temuan penelitian tersebut. Selain itu, artikel ini juga membahas perhitungan safety stock, service level, reorder point, dan economic order quantity (EOQ) untuk obat-obatan bebas. Metode simulasi Monte Carlo juga digunakan untuk memprediksi permintaan.
5	Analisis Pengendalian Persediaan Pada Permintaan dan LeadTime Probabilistik Menggunakan Pendekatan ABC dan Simulasi Monte Carlo	Muhammad Amin, Elisa Kusrin, Ali Parkhan (2020)	Menjelaskan analisis pengendalian persediaan menggunakan metode ABC dan simulasi Monte Carlo. Ini berfokus pada sebuah perusahaan pemasok umum dan menguji proses	Hasil studi menunjukkan bahwa metode ABC dapat memprioritaskan produk tertentu untuk pengendalian persediaan, dan simulasi Monte Carlo dapat membantu mengidentifikasi potensi penghematan biaya.

NO	Judul	Penulis	Tujuan	Hasil Penelitian
			pengelolaan persediaan serta biaya yang terkait.	
6	Pengendalian Persediaan Bahan Baku Singkong dengan Metode EOQ	Ahmad Fian, Moh Jufriyanto, Akhmad Wasiur Rizqi (2022)	Penelitian ini berfokus pada optimalisasi pengendalian persediaan bahan baku singkong di UMKM Kuncoro, sebuah industri rumahan yang memproduksi keripik singkong.	Perhitungan EOQ menyarankan bahwa jumlah pembelian optimal adalah 308 kg per pesanan, dengan frekuensi 7 kali dalam satu periode. Total biaya persediaan menggunakan metode EOQ adalah Rp 2.445.200, yang lebih rendah daripada kebijakan perusahaan sebelumnya.
7	Pengendalian Persediaan Bahan Baku Gula Menggunakan Metode EOQ dan Just In Time	Vito Arifanto pradana, Ribangun Bambang Jakaria (2020)	Penelitian ini bertujuan untuk menstabilkan stok bahan baku gula dan meningkatkan efisiensi dalam hal biaya, jumlah, dan waktu pemesanan.	hasilnya menunjukkan bahwa metode EOQ menghasilkan jumlah sebesar 70.451 kg dengan total biaya persediaan sebesar Rp 11.679.041, sementara metode JIT menghasilkan jumlah sebesar 3.896 kg dengan total biaya JIT sebesar Rp 2.244.898.

NO	Judul	Penulis	Tujuan	Hasil Penelitian
8	Analisis Pengendalian Persediaan Bahan baku Dengan Menggunakan Metode Material Requirement Planning (MRP)	Siti Zahrotul Uyun, Adi Indrayanto, Retno Kurniasih (2020)	penelitian ini menganalisis pengendalian persediaan bahan baku untuk produk beton di PT.	Studi ini menyarankan bahwa menggunakan MRP dengan pengelompokan jumlah pemesanan POQ adalah yang paling efisien dalam hal biaya persediaan. Perusahaan perlu meningkatkan pengendalian persediaannya untuk menghindari kelebihan stok dan mengurangi biaya.
9	Analisa Persediaan Spare Parts Berdasarkan Klasifikasi ABC-FSN dan Realibility Centred Spares pad Industri Pembangkit Listrik	Annisa Eviondra dan Iwan Vanany (2021)	Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kebijakan persediaan suku cadang di sebuah pembangkit listrik dengan mempertimbangkan klasifikasi ABC, FSN, dan RCS.	Temuan penelitian menunjukkan bahwa kebijakan persediaan yang dipilih dapat meningkatkan tingkat pelayanan sekitar 10-15% dan mengurangi biaya persediaan sekitar 10-12%.
10	Pengaruh Pola Data Permintaan Terhadap Total Biaya Pengendalian Persediaan pada	Vivi Arisandhy, Kartika	Untuk mengetahui pengaruh pola data permintaan terhadap	Selisih total biaya pengendalian untuk pola permintaan konstan adalah Rp

NO	Judul	Penulis	Tujuan	Hasil Penelitian
	Metode Multi Item dan Simulasi Monte Carlo	Suhada, David Try Liputra, Erlin Tarigan (2021)	metode pengendalian persediaan dengan melakukan perbandingan antara jumlah biaya pola permintaan	33.599.585,34 atau 32,39%; pola permintaan trend adalah Rp 57.813.023,82 atau 21,32% dan untuk pola permintaan seasonal adalah Rp 54.480.804,55 atau 19,65%

NO	Judul	Penulis	Tujuan	Hasil Penelitian			
No	Judul	Penulis	Tahun	Hasil			
				Monte Carlo	Efisiensi Biaya	Pengendalian Persediaan	Analisis ABC
1	Analisis Pengendalian Persediaan Bahan Baku Akrilik Menggunakan Metode EOQ Probabilistik dan Simulasi Monte Carlo Pada PT. XYZ	Chandra A, Juliana Kristina H	2022	√	√	√	
2	Analisa Pengendalian Persediaan Produk Sepatu Menggunakan Metode Forecasting, EOQ dan Monte Carlo Pada PT Kirana Abadi Sentosa	Rizky Miranda C, Juliana Kaesang E, Seby M, Teguh Suprpto A	2019	√		√	√
3	Analisis Peramalan dan Perhitungan Total Biaya Persediaan Gula Dengan Menggunakan Simulasi Monte Carlo dan EOQ di PT. XYZ	Chendrasari Wahyu Oktavia	2022	√	√	√	
4	Klasifikasi Persediaan Barang Menggunakan Analisis ABC dan Prediksi Permintaan dengan Metode Monte Carlo	R Noviani, YN Nasution, NA Rizki	2017	√	√	√	√

NO	Judul	Penulis	Tujuan	Hasil Penelitian			
5	Analisis Pengendalian Persediaan Pada Permintaan dan LeadTime Probabilistik Menggunakan Pendekatan ABC dan Simulasi Monte Carlo	Muhammad Amin, Elisa Kusrin, Ali Parkhan	2020	√	√	√	√
6	Pengendalian Persediaan Bahan Baku Singkong dengan Metode EOQ	Ahmad Fian, Moh Jufriyanto, Akhmad Wasiur Rizqi	2022	√	√	√	
7	Pengendalian Persediaan Bahan Baku Gula Menggunakan Metode EOQ dan Just In Time	Vito Arifanto pradana, Ribangun Bambang Jakaria	2020		√	√	
8	Analisis Pengendalian Persediaan Bahan baku Dengan Menggunakan Metode Material Requirement Planning (MRP)	Siti Zahrotul Uyun, Adi Indrayanto, Retno Kurniasih	2020		√	√	
9	Analisa Persediaan Spare Parts Berdasarkan Klasifikasi ABC-FSN dan Realibility Centred Spares pad Industri Pembangkit Listrik	Annisa Eviondra dan Iwan Vanany	2021		√	√	

NO	Judul	Penulis	Tujuan	Hasil Penelitian			
10	Pengaruh Pola Data Permintaan Terhadap Total Biaya Pengendalian Persediaan pada Metode Multi Item dan Simulasi Monte Carlo	Vivi Arisandhy, Kartika Suhada, David Try Liputra, Erlin Tarigan	2021	√	√	√	

2.1.1 Pemahaman Induktif

Metode Monte Carlo adalah teknik matematika yang menghasilkan variabel acak untuk memodelkan risiko atau ketidakpastian dalam suatu sistem. Dalam metode ini, variabel acak yang mewakili input dimodelkan berdasarkan distribusi probabilitas seperti normal, log normal, dan lain-lain. Proses iterasi atau simulasi yang berbeda dilakukan untuk menghasilkan jalur-jalur dan hasil akhir diperoleh melalui perhitungan numerik yang sesuai. Metode Monte Carlo sangat berguna ketika model memiliki parameter yang tidak pasti atau ketika sistem yang dianalisis sangat kompleks dan dinamis. Dengan pendekatan probabilistik ini, risiko dalam sistem dapat dimodelkan dengan lebih baik (Dwi Ananda & Chairani, 2021). Model simulasi memiliki peran penting dalam membantu pengambilan keputusan manusia, terutama dalam sistem yang kompleks dan sulit dipahami. Simulasi digunakan untuk meramalkan kondisi masa depan sistem berdasarkan data masa lalu. Meskipun model simulasi dan optimasi sering digunakan dalam analisis kuantitatif, keduanya beroperasi dengan konsep yang berbeda.

Keunggulan model simulasi terletak pada kemampuannya untuk memberikan gambaran menyeluruh tentang struktur sistem yang kompleks dengan waktu pengerjaan yang relatif singkat, sehingga implementasinya relatif mudah. Namun, sebagai alat analisis, model simulasi juga memiliki beberapa kelemahan. Pembuatan model simulasi yang baik dapat memerlukan biaya yang tinggi karena memakan waktu lama untuk pengembangannya. Selain itu, hasil dari simulasi tidak selalu menghasilkan solusi optimal seperti yang dapat dicapai dalam pemrograman linier. Oleh karena itu, ketika simulasi diulang, hasilnya dapat berbeda.

Selain itu, model simulasi memerlukan masukan yang lengkap dan faktual untuk menghasilkan jawaban yang relevan. Semua kondisi dan kendala dari solusi yang diuji harus didefinisikan dengan jelas sebelumnya. Selain itu, solusi dari suatu model simulasi dan kesimpulannya seringkali tidak dapat diterapkan secara langsung pada masalah lain karena setiap kasus memiliki karakteristik dan parameter yang unik.

2.2 Landasan Teori

2.2.1 Persediaan Material

Persediaan memiliki peran krusial bagi kelancaran operasi perusahaan. Keberadaannya memungkinkan perusahaan untuk menjaga kelangsungan produksi dan memenuhi permintaan pelanggan dengan tepat waktu. Dengan persediaan yang cukup, perusahaan dapat mengatasi fluktuasi dalam pasokan bahan baku dan komponen, serta beradaptasi dengan perubahan permintaan pasar. Persediaan juga berfungsi sebagai penyeimbang jika terjadi masalah dalam pasokan atau perubahan eksternal yang tidak terduga. Selain itu, persediaan memungkinkan perusahaan memanfaatkan ekonomi skala dalam pembelian, mengoptimalkan proses produksi, dan menjaga stabilitas harga. Meskipun demikian, manajemen persediaan yang bijak sangat penting, karena persediaan yang berlebihan dapat mengikat modal dan menghasilkan biaya penyimpanan yang tinggi.

Pada umumnya, penggunaan bahan baku atau material didalam suatu perusahaan yakni lebih dari satu jenis material. Secara umum Verma dan Pullman (1998) menggunakan lima kriteria pemasok yang harus diperhatikan yakni biaya komponen bahan baku, kualitas komponen bahan baku, jangka waktu pengiriman, ketepatan waktu pengiriman, dan fleksibilitas dalam penggantian pesanan (Nababan et al., 2019). Persediaan tidak saja dianggap sebagai beban (*liability*) karena merupakan pemborosan, tetapi sekaligus juga dapat dianggap sebagai kekayaan (*asset*) yang dapat segera dicairkan dalam bentuk uang tunai (*cash*).

Apabila jumlah persediaan terlalu besar (*overstock*) mengakibatkan timbulnya dana menganggur yang besar, juga menimbulkan resiko kerusakan barang yang lebih besar dan biaya penyimpanan yang tinggi. Namun jika persediaan terlalu sedikit mengakibatkan resiko terjadinya kekurangan persediaan (*stockout*) karena seringkali barang tidak dapat didatangkan secara mendadak dan sebesar yang dibutuhkan, yang menyebabkan terhentinya proses produksi, tertunda penjualan, bahkan hilangnya pelanggan (Dewi Lestari1, 2019). Dalam perusahaan manufaktur, persediaan dapat terdiri dari beberapa macam seperti :

1. Persediaan bahan mentah
2. Persediaan bahan baku
3. Persediaan bahan pembantu atau bahan penolong
4. Persediaan barang setengah jadi
5. Persediaan barang jadi

2.2.2 Analisis ABC

Analisis ABC, juga dikenal sebagai Analisis Pareto atau Kurva ABC, merupakan suatu metode manajemen yang digunakan untuk mengklasifikasikan dan mengelola item, kegiatan, atau sumber daya berdasarkan tingkat pentingnya. Konsep ini didasarkan pada Prinsip Pareto yang menyatakan bahwa sebagian kecil dari penyebab memiliki dampak besar terhadap hasil. Dalam proses analisis ABC, langkah pertama melibatkan identifikasi semua item atau kegiatan yang akan dianalisis, kemudian menilai nilai atau pentingnya masing-masing item. Item-item ini kemudian dikelompokkan menjadi tiga kategori utama: Kelompok A, yang berisi item dengan nilai tertinggi dan dampak besar; Kelompok B, yang berisi item dengan nilai menengah dan dampak sedang; serta Kelompok C, yang berisi item dengan nilai rendah dan dampak kecil. Dengan mengidentifikasi dan mengelompokkan item ini, organisasi dapat mengalokasikan sumber daya mereka dengan lebih efisien dan fokus pada elemen yang memiliki kontribusi terbesar terhadap hasil keseluruhan. Analisis ABC sangat relevan dalam berbagai konteks, seperti manajemen persediaan, pengendalian kualitas, dan perencanaan proyek, karena membantu organisasi mengambil keputusan yang lebih cerdas dan strategis dalam pengelolaan sumber daya mereka.

Analisis ABC berkembang dari *Pareto Principles*, yang menyatakan bahwa “80% of the effects come from 20% of cause”. Pada tahun 1940, Ford Dickie dari General Electric mengembangkan konsep Pareto ini untuk menciptakan konsep ABC dalam klasifikasi barang persediaan. Berdasarkan hukum Pareto, analisis ABC dapat menggolongkan barang berdasarkan peringkat nilai dari nilai tertinggi hingga terendah, dan kemudian dibagi menjadi kelas – kelas besar terprioritas. Umumnya, kelas A memiliki jumlah jenis barang yang sedikit, namun memiliki nilai yang sangat tinggi. Tiga kelas yaitu A, B, dan C, dengan besaran masing – masing kelas ditentukan sebagai berikut (Happy Fauzi Afianti, 2017):

1. Kelas A : Merupakan barang-barang dalam jumlah unit berkisar 15-20% dari total seluruh barang, tetapi merepresentasikan 75-80% dari total nilai uang
2. Kelas B : Merupakan barang -barang dalam jumlah 20-25% dari total seluruh barang, tetapi merepresntasikan 10-15% dari total nilai uang
3. Kelas C : Merupakan barang-barang dalam jumlah unit berkisar 60-65% dari total seluruh barang , tetapi merepresentasikan 5-10% dari total nilai uang

2.2.3 Model Simulasi

Di dunia simulasi dan pemodelan atau pemodelan simulasi, suatu metode dianggap sebagai kerangka-kerja yang digunakan untuk memetakan atau memasukkan sistem nyata

ke dalam modelnya. Dengan demikian, siapapun boleh menganggap bahwa metode adalah suatu bahasa untuk membangun model. Penerapan model simulasi melibatkan pembuatan model matematis atau komputasional dari suatu sistem atau proses, lalu menjalankan simulasi untuk memahami bagaimana sistem tersebut berperilaku dalam berbagai kondisi. Model simulasi dapat dibagi dalam tiga dimensi yang berbeda yaitu (TR Ananto, 2021) :

1. Statis dan Dinamik : model simulasi statis merpresentasikan sistem dalam suatu waktu tertentu sedangkan model simulasi dinamik merepresentasikan sistem seiring berjalannya waktu
2. Deterministik dan Stokastik : model simulasi deterministic merupakan model yang didalamnya tidak memiliki unsur probabilitas atau *randomness* samasekali, sedangkan model stokastik adalah kebalikannya yaitu model yang memiliki unsur probabilitas
3. Diskri dan Kontinyu : memiliki pengertian yang sama dengan sistem diskri dan kontinyu. Model yang keadaan variabelnya berubah secara instan dalam titik waktu tertentu yang terpisah disebut diskri, sedangkan model kontinyu adalah model yang keadaan variabelnya berubah secara kontinyu seiring berjalannya waktu

2.2.4 Monte Carlo

Metode Monte Carlo merupakan suatu jenis simulasi probabilitas yang mendekati solusi suatu masalah dengan melakukan pengambilan contoh dari proses acak. Pendekatan Monte Carlo melibatkan pengaturan distribusi probabilitas dari variabel yang sedang dipelajari, kemudian mengambil sampel acak dari distribusi tersebut untuk menghasilkan data. Apabila suatu sistem memiliki komponen-komponen yang menunjukkan perilaku yang cenderung tidak pasti atau bersifat probabilistik, metode simulasi Monte Carlo dapat diterapkan. Metode simulasi Monte Carlo memiliki peranan penting dalam manajemen proyek, di manabiasanya digunakan untuk meramalkan waktu penyelesaian proyek dan menghitung total biaya yang diperlukan dalam pelaksanaannya. Selain itu, metode simulasi Monte Carlo juga sangat berguna dalam meramalkan jadwal pelaksanaan suatu proyek (Santony, 2020).

Simulasi Monte Carlo merujuk pada teknik statistik sampling yang digunakan untuk perkiraan solusi dalam konteks masalah kuantitatif. Ini adalah bentuk eksperimen probabilitas yang menerapkan sampel data acak untuk mencari solusi atas situasi masalah yang dihadapi. Keuntungan utama dari metode Monte Carlo adalah kemudahan pemahaman dan sifat intuitifnya. Sebagai metode yang termasuk dalam kategori pengujian statistik,

pendekatan ini mempermudah penanganan parameter karakteristik yang bervariasi secara acak dan memungkinkan identifikasi faktor-faktor tak terduga yang berpengaruh. Simulasi Monte Carlo memberikan kemampuan untuk mengurangi ketidakpastian dalam pemodelan reliabilitas, karena mampu mensimulasikan perilaku dan proses aktual dari suatu sistem. Berikut ini merupakan langkah-langkah dalam metode monte carlo (Septian Simatupang, 2022):

1. Menetapkan sebuah distribusi probabilitas untuk variabel penting
2. Menentukan distribusi kumulatif kemungkinan pada tiap-tiap variabel pada tahap awalnya
3. Menentukan grafik dan interval kemungkinan untuk angka acak
4. Menentukan angka acak
5. Membuat simulasi dari semua percobaan

2.2.5 Indikator Simulasi Persediaan

Simulasi persediaan menggunakan metode algoritma Monte Carlo dengan tujuan untuk menghasilkan angka-angka acak yang digunakan dalam perhitungan jumlah persediaan. Perhitungan tersebut didasarkan pada data yang terkumpul dari tahun-tahun sebelumnya. Yang mencakup data mengenai persediaan, permintaan, dan pengiriman produk. Selain data tersebut, informasi tambahan juga dikumpulkan untuk memberikan pemahaman yang lebih baik mengenai asumsi-asumsi terkait biaya-biaya yang terkait dengan persediaan produk. Dalam simulasi persediaan, indikator adalah parameter atau metrik yang digunakan untuk mengukur dan mengontrol kinerja persediaan suatu perusahaan atau sistem. Indikator ini membantu manajemen dalam pengambilan keputusan yang efektif terkait dengan persediaan barang atau produk.

Berikut merupakan beberapa komponen yang akan ditampilkan pada simulasi persediaan :

1. Jumlah persediaan dan permintaan produk
2. *Lead Time* pengiriman produk
3. Harga beli material per jenis
4. Jumlah Pemakaian material dalam setahun

2.2.6 Langkah-langkah Simulasi

Melakukan penelitian atau kajian tidak boleh dilakukan dengan sembarangan. Ini berarti memerlukan prosedur dan metodologi yang terencana dan terkendali agar hasil

kesimpulan yang diperoleh dapat dipertanggungjawabkan. Demikian juga, dalam studi simulasi, terdapat pendekatan umum yang digunakan, dan berikut adalah beberapa di antaranya:

1. Formulasi masalah

Setiap penelitian selalu dimulai dengan pernyataan yang tegas mengenai tujuan yang ingin dicapai. Selain itu, seluruh variabel yang ada dalam sistem objek juga harus direncanakan secara menyeluruh agar dapat menghasilkan hasil penelitian yang valid dan relevan.

2. Pengumpulan data

Informasi dan data sebaiknya dikumpulkan dalam satu lokasi yang terpusat dan digunakan untuk menentukan prosedur operasi serta mendefinisikan distribusi probabilitas untuk variabel acak yang terdapat dalam model. Data yang perlu dikumpulkan mencakup informasi berikut:

- Informasi mengenai waktu proses
- Data waktu transfer
- Data penjadwalan bahan baku dan mesin
- Data lain yang relevan dengan sistem nyata

3. Validasi data *input*

Walaupun kita umumnya meyakini bahwa validasi harus dilakukan setelah menjalankan model simulasi, ada beberapa manfaat dalam melakukan validasi pada tahap awal. Salah satu manfaatnya adalah memastikan terlebih dahulu bahwa distribusi data, variasi data, dan keakuratan variabel lain yang mendukung model telah benar dan valid. Ini akan membantu mengidentifikasi potensi masalah atau ketidakcocokan dalam model sejak dini, sehingga dapat menghemat waktu dan sumber daya dalam pengembangan dan pelaksanaan simulasi.

4. Pembuatan program computer & verifikasi

Untuk melakukan simulasi dengan baik, pemodel simulasi perlu mengambil keputusan yang tepat dalam memilih program yang akan digunakan untuk menguji dan menjalankan modelnya. Dalam praktik ini, kami telah memilih untuk menggunakan dua program simulasi yang berbeda, yaitu *Microsoft Excel* dan *PROMODEL*, untuk menguji model kami. Selama proses mengadaptasi model ke dalam program yang dipilih, kami juga melakukan tahap verifikasi untuk memastikan bahwa representasi fisik model sesuai dengan sistem nyata

yang akan disimulasikan. Dengan demikian, langkah-langkah ini membantu kami memastikan bahwa hasil simulasi akan mencerminkan situasi sebenarnya dengan akurat.

5. Jalankan program

Dengan bantuan *software* simulasi model yang telah dibuat dijalankan (*run*) untuk melihat hasilnya

6. Validasi

Program yang dijalankan memiliki kemampuan untuk menguji bagaimana hasil dari model terpengaruh oleh perubahan minor dalam parameter input. Jika terjadi perubahan yang signifikan dalam hasilnya, maka diperlukan evaluasi yang teliti. Ketika kondisi sistem mendekati atau serupa dengan situasi saat ini, data yang dihasilkan dari simulasi dapat dibandingkan dengan data yang berasal dari dunia nyata. Ketika kesesuaiannya tinggi, ini menunjukkan bahwa program simulasi telah melewati tahap verifikasi dan dianggap valid. Sebagai akibatnya, model tersebut dapat dianggap sebagai representasi yang akurat dari sistem yang sebenarnya

7. Mendesain (model) eksperimen

Jika program simulasi sudah dinyatakan valid maka pemodel dapat melakukan berbagai eksperimen terhadap program/model tersebut sesuai dengan tujuan penelitiannya

8. Jalankan model eksperimen

Mengulangi langkah 5 sesuai dengan panjang simulasi yang telah ditentukan sebelumnya

9. Analisa data *output*

Karena variabel input memiliki sifat acak (probabilistik), maka teknik-teknik statistik digunakan untuk menganalisis data yang dihasilkan. Selanjutnya, berdasarkan output simulasi tersebut, kita dapat mengidentifikasi performa yang beragam untuk setiap desain yang berbeda sehingga kita dapat menentukan model simulasi yang paling optimal sesuai dengan tujuan yang ingin dicapai.

10. Implementasi



Gambar 3 Alur Simulasi

2.2.7 Teknik Simulasi Monte Carlo

Teknik simulasi Monte Carlo terbagi atas lima langkah yaitu :

1. Menetapkan sebuah distribusi probabilitas bagi variabel penting
2. Membuat distribusi probabilitas kumulatif bagi setiap variabel
3. Menetapkan sebuah interval angka acak bagi setiap variabel

4. Membangkitkan bilangan acak
5. Mensimulasikan serangkaian percobaan

Langkah-langkah ini diuji sebagai berikut.

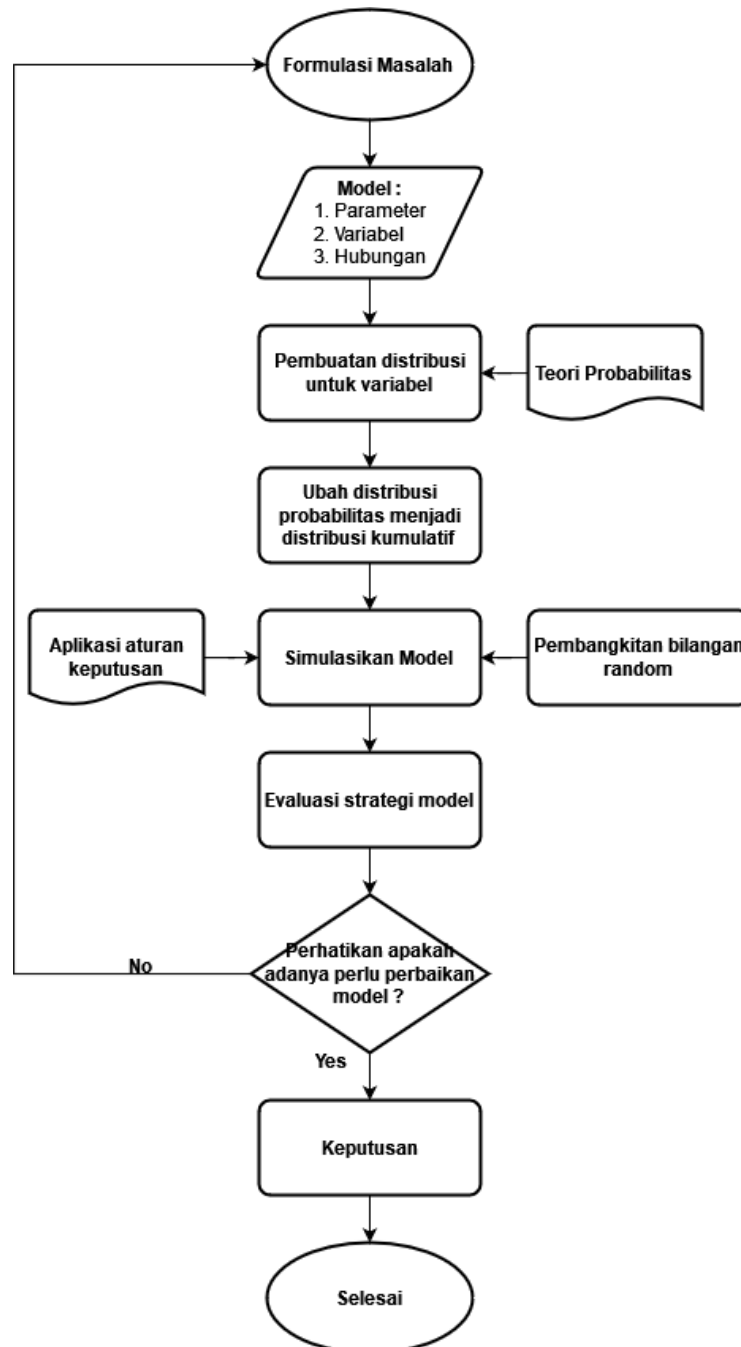
Langkah 1. Menetapkan distribusi probabilitas. Konsep dasar dalam simulasi Monte Carlo adalah menghasilkan nilai-nilai untuk variabel-variabel dalam model yang sedang diuji. Dalam dunia nyata, sebagian besar variabel memiliki sifat probabilitas alami. Ini mencakup variabel seperti permintaan untuk persediaan, waktu tunggu pesanan yang akan datang, interval antara kerusakan mesin, jarak antara kedatangan pelanggan di fasilitas pelayanan, waktu pelayanan, durasi aktivitas proyek, dan jumlah karyawan yang tidak hadir dalam setiap hari tertentu. Salah satu metode untuk menetapkan distribusi probabilitas untuk variabel tertentu adalah dengan menguji hasil historis. Distribusi probabilitas dapat ditentukan dengan menghitung frekuensi relatif, yaitu dengan membagi jumlah pengamatan tertentu dengan jumlah total pengamatan yang ada.

Langkah 2. Membuat distribusi probabilitas kumulatif bagi setiap variabel

Langkah 3. Menetapkan interval angka acak. Setelah distribusi probabilitas kumulatif diterapkan pada setiap variabel yang digunakan dalam simulasi, kita memberikan sekelompok angka acak yang mewakili setiap nilai atau hasil yang mungkin. Angka-angka ini dikenal sebagai interval angka acak (random-number intervals). Interval ini adalah rangkaian digit (contohnya, dua digit mulai dari 01, 02, ..., 98, 99, 00) yang dipilih melalui proses yang benar-benar acak, yang berarti setiap angka acak memiliki peluang yang sama untuk dipilih.

Langkah 4. Membangkitkan angka acak. Angka-angka acak dapat dibuat melalui dua metode. Jika masalah yang dihadapi berskala besar dan melibatkan banyak percobaan simulasi, maka komputer digunakan untuk menghasilkan angka-angka acak. Namun, jika simulasi dilakukan secara manual, angka-angka acak dapat diambil dari sebuah tabel angka acak.

Langkah 5. Mensimulasikan percobaan. Hasil dari percobaan dapat dengan mudah direpresentasikan melalui penggunaan angka-angka acak. Teknik simulasi Monte Carlo adalah metode simulasi yang menggunakan bilangan acak untuk menyelesaikan masalah-masalah yang melibatkan ketidakpastian, di mana penilaian matematis tidak dapat dilakukan.



Gambar 4 Alur Simulasi Monte Carlo

2.2.8 Reorder Point

Pada sebagian besar sistem Sumber Daya Perusahaan (Enterprise Resource Systems) industri, dilakukan tinjauan secara berkala. Setiap hari, posisi persediaan diperiksa, dan kuantitas tetap atau kelipatan bilangan bulat dari kuantitas tetap dipesan setiap kali persediaan mencapai atau turun di bawah titik pemesanan. Model *reorder point* efektif ketika permintaan memiliki pola yang stabil. Namun, jika terjadi lonjakan permintaan, seperti

permintaan yang sangat tinggi atau permintaan yang tidak biasa, model *reorder point* gagal mencapai tingkat layanan yang diinginkan, atau memerlukan persediaan yang sangat besar untuk mengimbangi lonjakan permintaan tersebut. Salah satu cara praktis untuk meningkatkan kebijakan pengisian ulang dalam menghadapi lonjakan permintaan adalah dengan pelanggan memberi tahu pemasoknya tentang lonjakan permintaan yang akan datang (Jodlbauer & Dehmer, 2020).

Pengelolaan persediaan juga memerlukan penentuan kapan pesanan atau pembelian bahan harus dilakukan. Menunggu hingga persediaan habis sebelum memesan bahan dapat mengganggu kelancaran produksi dan meningkatkan risiko kerugian. Penentuan kapan melakukan pesanan ini dikenal sebagai Titik Pemesanan (Reorder Point atau ROP), yang merupakan waktu di mana perusahaan melakukan pembelian kembali bahan yang diperlukan. Ini penting karena tidak selalu memungkinkan untuk segera menerima pesanan bahan baku, dan seringkali membutuhkan waktu beberapa lama.

2.2.9 Safety Stock

Safety stock adalah tambahan persediaan yang digunakan untuk mengatasi permintaan yang tidak stabil dan berfungsi sebagai cadangan (Jay & Barry, 2005). Persediaan pengaman ini memiliki peran penting dalam memastikan kelancaran proses produksi, terutama untuk mengatasi keterlambatan dalam kedatangan pesanan bahan baku yang tidak terduga. Dengan keberadaan safety stock, diharapkan produksi dapat berjalan tanpa hambatan akibat ketidakpastian dalam pasokan bahan baku. Namun, safety stock juga merupakan dilema karena jika persediaan habis (stock out), proses produksi dapat terganggu, sementara jika persediaan terlalu berlebihan, biaya penyimpanan akan meningkat. Oleh karena itu, dalam menentukan safety stock, perlu diperhatikan keseimbangan antara keduanya.

2.2.10 Economic Order Quantity (EOQ)

Economic Order Quantity adalah suatu pendekatan pengendalian persediaan yang bertujuan untuk meminimalkan total biaya pemesanan dan penyimpanan. Metode ini didasarkan pada beberapa asumsi, yaitu: (1) Jumlah permintaan tetap dan bersifat independen, (2) Waktu tunggu diketahui dan tetap, (3) Persediaan yang dipesan tiba dalam satu kelompok pada waktu tertentu, (4) Tidak ada diskon kuantitas yang tersedia, (5) Biaya variabel hanya mencakup biaya pemesanan dan penyimpanan dalam periode tertentu, dan

(6) Pemesanan produk dilakukan pada waktu yang tepat untuk menghindari kekurangan stok.

Berbeda dengan EOQ model deterministic, Model EOQ probabilistic memperhitungkan perilaku permintaan dan tenggang waktu pesanan datang (*lead time*) yang tidak pasti atau tidak bisa ditentukan sebelumnya secara pasti. Perilaku yang selalu berubah itu membawa akibat pada timbulnya masalah kehabisan persediaan, Dimana sebagai jalan keluarnya, persediaan Cadangan atau *safety stock* diadakan. Ketidakpastian permintaan dan tenggang waktu pesanan memunculkan dua masalah baru. Pertama, keinginan untuk membangun persediaan cadangan yang tentu saja akan menimbulkan tambahan jenis biaya baru yang belum diperhitungkan oleh model EOQ dasar, yaitu biaya persediaan cadangan yang bersifat tetap. Kedua, jika persediaan Cadangan tidak diadakan maka kehabisan persediaan akan menimbulkan biaya sebagai akibat berhentinya sistem, penurunan produktivitas, dan lain-lain (Iqbal et al., 2017).

Permintaan stokastik yang tidak stabil dan hasil pasokan yang acak telah menjadi tantangan besar dalam pengelolaan material konstruksi. Persediaan cadangan yang sesuai dapat mengatasi ketidakpastian dalam permintaan dan hasil pasokan, serta meningkatkan biaya dan produktivitas konstruksi secara signifikan. Namun, persediaan cadangan biasanya ditentukan berdasarkan pengalaman atau evaluasi kasar oleh perencana dalam praktik pengelolaan, yang sering menghasilkan situasi persediaan yang berlebihan atau kurang. Untuk mengatasi situasi ini, makalah ini berfokus pada analisis masalah pengendalian persediaan stokastik untuk material konstruksi, dan mengembangkan pendekatan penentuan persediaan cadangan umum dalam kondisi permintaan stokastik yang tidak stabil dan hasil pasokan yang acak (Hui Lu et al., 2016).

BAB III

METODE PENELITIAN

Di PT Garuda Maintenance Facility Aeroasia Tbk, pengamatan dilakukan untuk mencari rekomendasi pengendalian persediaan material yang dapat digunakan sebagai acuan untuk mencari nilai atau jumlah ketidakpastian dari jumlah material. Proses identifikasi ini didasarkan pada observasi lapangan dan data historis yang tersedia.

3.1 Objek Penelitian

Objek pada penelitian ini adalah persediaan (*Inventory*) pada Garuda Maintenance Facility Aeroasia Tbk yang berlokasi di Bante, Tangerang

3.2 Subyek Penelitian

Subyek penelitian ini adalah karyawan yang bekerja di unit IGTE (*Industrial Gas Turbine Engine*) untuk mengetahui alur bisnis yang dijalankan oleh unit IGTE serta untuk mengetahui permasalahan apa yang terjadi di unit IGTE.

3.3 Sumber Data

Sumber data yang digunakan pada penelitian ini berasal dari data internal dan data eksternal Perusahaan. Data ini terbagi menjadi dua yaitu :

1. Data Primer

Adapun yang dimaksud dengan data primer adalah data yang diperoleh secara langsung dari Perusahaan, diantaranya yaitu :

- a. Jumlah kebutuhan material
- b. Persediaan awal
- c. Jenis material
- d. Struktur material
- e. Biaya-biaya yang berhubungan dengan pemesanan
- f. Data pemakaian material
- g. Lead Time

2. Data Sekunder

Data sekunder diperoleh dari literatur-literatur, majalah ilmiah, maupun dokumen lainnya yang berhubungan dengan objek yang diteliti

3.4 Metode Pengumpulan Data

Metode yang dilakukan dalam pengumpulan data meliputi :

1. Studi Lapangan

Studi ini dilakukan langsung ke Perusahaan untuk melakukan pengamatan dan pengambilan data terhadap obyek penelitian. Hal tersebut dilakukan dengan beberapa tahapan yaitu :

a. Wawancara

Metode ini melibatkan penggunaan diskusi dan interaksi tanya jawab dengan pihak yang memiliki pengetahuan atau informasi yang relevan untuk mengidentifikasi dan mengklarifikasi kebutuhan data yang diperlukan sebagai fokus penelitian

b. Observasi

Observasi dilakukan melalui metode pengamatan dan pencatatan yang cermat serta terstruktur terhadap pelaksanaan operasional perusahaan. Tujuan dari observasi ini adalah untuk mendapatkan pemahaman yang mendalam dan gambaran yang jelas mengenai masalah yang menjadi fokus penelitian.

c. Dokumentasi

Mengumpulkan data-data yang relevan dari dokumen dan arsip yang tersedia di perusahaan, terutama yang berhubungan dengan aspek yang menjadi fokus penelitian.

2. Studi Pustaka

Penelitian ini secara khusus difokuskan pada pengembangan dasar teoritis, yang akan digunakan dalam analisis mendalam. Dasar teoritis ini diperoleh melalui kajian literatur, sumber-sumber ilmiah, dan literatur terkait lainnya yang relevan dengan topik penelitian.

3.5 Pengolahan Data

Setelah menyelesaikan proses pengumpulan data, data-data tersebut akan diolah sesuai dengan tahapan-tahapan berikut :

1. Metode Analisis ABC

Metode analisis ABC digunakan dengan tujuan mengklasifikasikan jenis barang dalam persediaan menjadi tiga kategori, yaitu kelompok A, kelompok B, dan kelompok C. Berikut adalah langkah-langkah yang harus diikuti dalam pelaksanaan analisis ABC :

- a. Mengumpulkan data dan jenis material yang dipesan untuk kebutuhan beberapa projek *maintenance*
 - b. Membuat daftar semua item material yang diklasifikasikan dan harga beli masing-masing item
 - c. Menentukan jumlah item material yang sering terjadi kekurangan persediaan tiap per projek
 - d. Menentukan nilai pemakaian material *maintenance* per projek
 - e. Menjumlahkan nilai kebutuhan material dari tiap projek untuk mendapatkan total kebutuhan material per tahunnya
 - f. Menghitung peresentase kebutuhan material dari hasil bagi antara nilai kebutuhan per tahun setiap material dengan total nilai pemesanan per tahun
 - g. Mengurutkan nilai pemesanan dari tiap projek dalam setahun yang memiliki *cost* paling tinggi sampai terendah agar mempermudah pembagian persediaan atas pengelompokan A, B, dan C sesuai dengan aturan pengklasifikasian yang dipakai yaitu disebut kelompok A 20% jenis *spare part*, disebut kelompok B dari 30% jenis *spare part*, dan sisanya disebut kelompok C dari 50% jenis *spare part*.
2. Menghitung Rata-rata Persediaan
- a. Penentuan persediaan pengaman (*safety stock*)

Dapat dihitung dengan mempertimbangkan penyimpangan-penyimpangan yang telah terjadi antara perkiraan pemakaian dengan pemakaian material sesungguhnya yang dapat diketahui besarnya standar dari penyimpanan tersebut dengan rumus :

$$S_s = Z \times S$$

Keterangan :

$S_s = \text{safety stock}$

Z = faktor yang merupakan jumlah deviasi kepercayaan terhadap pelayanan atau *safety* faktor yang besarnya ditentukan oleh tingkat service level

S = standar deviasi permintaan selama tenggang waktu pemesanan atau standar *deviation of demand over the lead time*.

Untuk mencari standar deviasi rumusnya adalah sebagai berikut :

$$S = \frac{\sqrt{\sum(x-y)^2}}{N}$$

s = standar deviasi

x = pemakaian material sesungguhnya

y = pemakaian material rata-rata tiap projek

N = Jumlah data

b. Penentuan tingkat pemesanan kembali (*reorder point*)

Re-order point adalah saat dimana harus dilakukan pemesanan kembali material yang diperlukan. Cara perhitungannya adalah dengan cara menjumlahkan *safety stock* (persediaan pengaman) dengan kebutuhan material selama *lead time* (jangka waktu sejak dilakukan pemesanan sampai datangnya material yang dipesan dan siap untuk digunakan dalam proses produksi). Rumus yang digunakan adalah :

$$R = m + Zs$$

Keterangan :

R = Re order Point

m = kebutuhan selama *lead time*

Zs = besarnya *safety stock*

3. Simulasi Monte Carlo

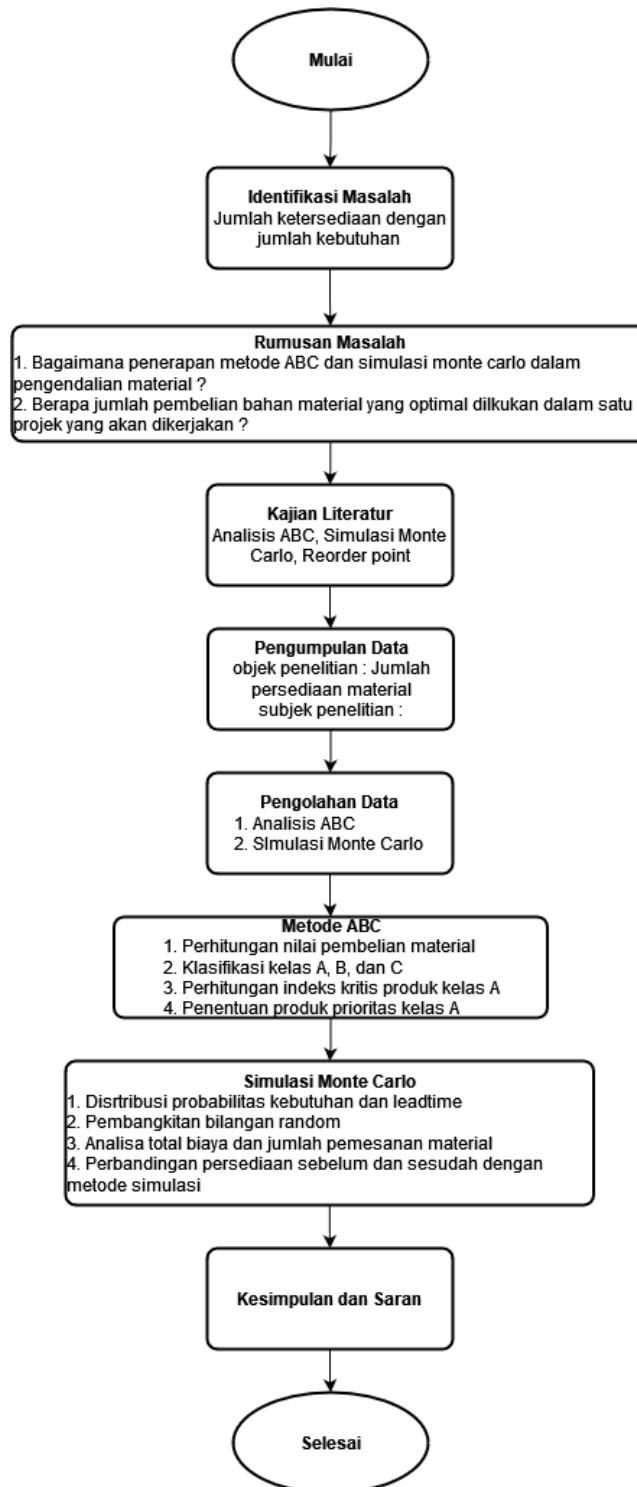
Metode Simulasi Monte Carlo dilakukan dengan tujuan untuk melihat semua kejadian dan peluang dalam manajemen persediaan di Garuda Maintenance Facility Aeroasia Tbk, guna mencari nilai paling optimal dari nilai kapasitas persediaan. Item yang disimulasikan dipilih dari lima item dengan nilai tertinggi dalam Kelas A. Berikut adalah tahapan-tahapan dalam pelaksanaan metode Monte Carlo :

- a. Menetapkan sebuah distribusi probabilistic bagi variabel penting
- b. Setelah itu menetapkan variabel penting yang akan di simulasikan. Variabel yang di simulasikan pada penelitian ini adalah jumlah pemesanan,
- c. Membuat nilai mid point dari masing-masing variabel
- d. Pada distribusi probabilitas sebelumnya, data dijelaskan dalam suatu rentang nilai, di mana nilai tengah dari setiap rentang nilai variabel ditentukan. Nilai tengah dari variabel tersebut merepresentasikan nilai yang akan dihasilkan
- e. Menetapkan sebuah bilangan acak bagi setiap variabel
- f. Kemudian, interval bilangan acak dibentuk untuk setiap variabel dengan lebar rentang bilangan acak didasarkan pada distribusi frekuensi yang telah dihasilkan sebelumnya
- g. Membangkitkan bilangan acak (Mensimulasikan model)

- h. Langkah berikutnya adalah menghasilkan bilangan acak yang diperoleh melalui Microsoft Excel. Jumlah bilangan acak yang dihasilkan disesuaikan dengan kebutuhan perusahaan. Dalam penelitian ini, kami menghasilkan 22 bilangan acak untuk periode 5000 hari ke depan, sehingga total bilangan acak yang dihasilkan adalah sebanyak 5000
- i. Setelah memperoleh bilangan acak, langkah berikutnya adalah melakukan simulasi dengan serangkaian percobaan. Serangkaian percobaan ini melibatkan kombinasi titik pemesanan kembali (R) dan jumlah pemesanan (Q) menggunakan matriks kombinasi R dan Q. Proses trial and error dilakukan untuk menentukan jumlah dan waktu sebagai dasar dalam perhitungan total biaya persediaan
- j. Pengoptimalan kombinasi dilakukan dengan memasukkan data total biaya hasil dari serangkaian percobaan ke dalam matriks kombinasi R dan Q. Selanjutnya, nilai total biaya terkecil diambil sebagai hasil optimal. Proses dianggap telah mencapai titik optimal dan simulasi dihentikan ketika nilai-nilai total biaya mulai stabil dan nilai terendah tercapai.

3.6 Kesimpulan dan Saran

Dengan melakukan analisis terhadap pengolahan data yang telah dilaksanakan, tahap ini memungkinkan penarikan kesimpulan berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, serta memberikan rekomendasi untuk pengembangan penelitian ini pada studi selanjutnya.



Gambar 5 Alur Penelitian

BAB IV

PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA

4.1 Pengumpulan Data

4.1.1 Sejarah Singkat Perusahaan

PT Garuda Maintenance Facility Aero Asia Tbk (GMF) berawal dari pembentukan Direktorat Teknik Garuda Indonesia di tahun 1949. Setelah lebih dari empat dekade beroperasi sebagai salah satu divisi di bawah Garuda Indonesia, GMF berubah menjadi Strategic Business Unit Garuda Maintenance Facility (SBU-GMF) yang menangani seluruh aktivitas perawatan armada Garuda Indonesia.

Pada tahun 2002, Garuda Indonesia melakukan ‘spin-off’ terhadap SBU-GMF. Dengan demikian, Perseroan resmi menjadi anak perusahaan Garuda Indonesia dengan nama PT Garuda Maintenance Facility Aero Asia melalui Akta Pendirian No. 93 tanggal 26 April 2002 oleh Notaris Arry Supratno, S.H. Akta tersebut telah diubah dengan perubahan terakhir kali melalui Akta Pernyataan Keputusan Rapat Perubahan Anggaran Dasar Nomor 5 tanggal 20 Agustus 2021 dan susunan pengurus terakhir yang tercantum dalam Akta Pernyataan Keputusan Rapat Nomor 3 tanggal 26 November 2021 oleh Shanti Indah Lestari, SH, M.Kn

Pada tahun 2013 PT GMF melakukan penambahan jasa perawatan yaitu perawatan *Industrial Gas Turbine Engine (IGTE) maintenance* dan perawatan *Industrial Generator Overhaul*. Sebagai MRO terdepan di Indonesia, GMF memiliki perawatan *Line Maintenance* hingga *Overhaul*, perawatan dan perbaikan mesin serta komponen, proses, modifikasi, dan *cabin refurbishment*. GMF terus memperkuat bisnis utamanya dengan sejumlah penambahan lini perawatan dan berbagai fasilitas berstandar internasional.

4.1.2 Deskripsi Unit IGTE (*Industrial Gas Turbine Engine*)

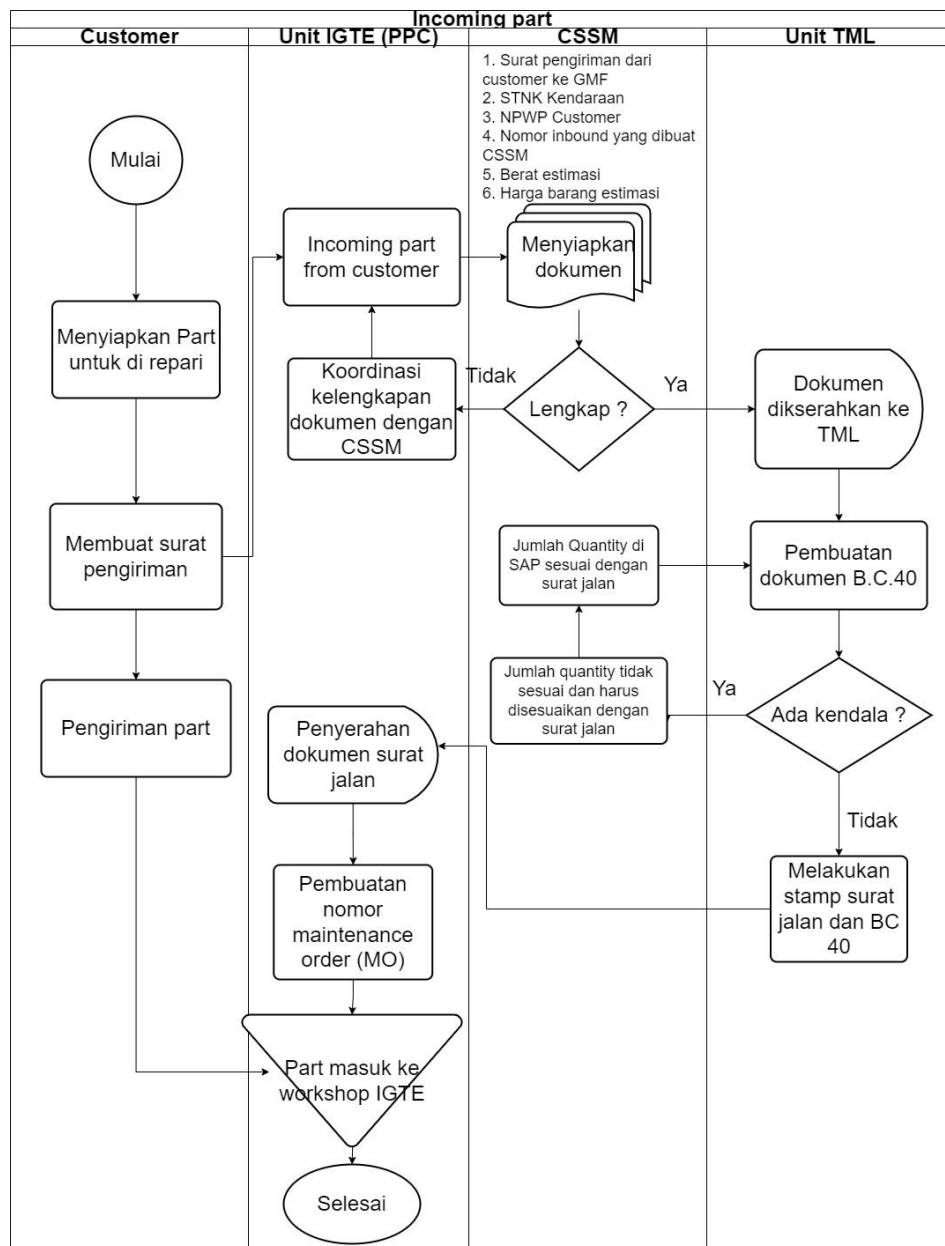
IGTE (*Industrial Gas Turbine Engine*) merupakan nama unit bisnis yang dibentuk pada tahun 2013. Bisnis ini bergerak di bidang jasa *maintenance* dan perawatan *Industrial Maintenance* hingga *Overhaul*. Unit IGTE mempunyai dua lini bisnis yaitu bisnis *Ground Support Equipment* dan bisnis *Industrial Gas Turbine Engine*.

Bisnis IGTE sendiri berfokus pada *maintenance part maintenance, repair*, hingga *overhaul* dari beberapa konsumen di Indonesia. Segmen bisnis IGTE berkontribusi melalui proyek-proyek perawatan rotor stator pembangkit listrik, motor listrik, dan generator. Di tahun 2021, berbagai usaha peningkatan bisnis IGTE terus dilakukan, baik dengan menambah kapabilitas maupun dengan melakukan penetrasi pasar. Adapun selama tahun

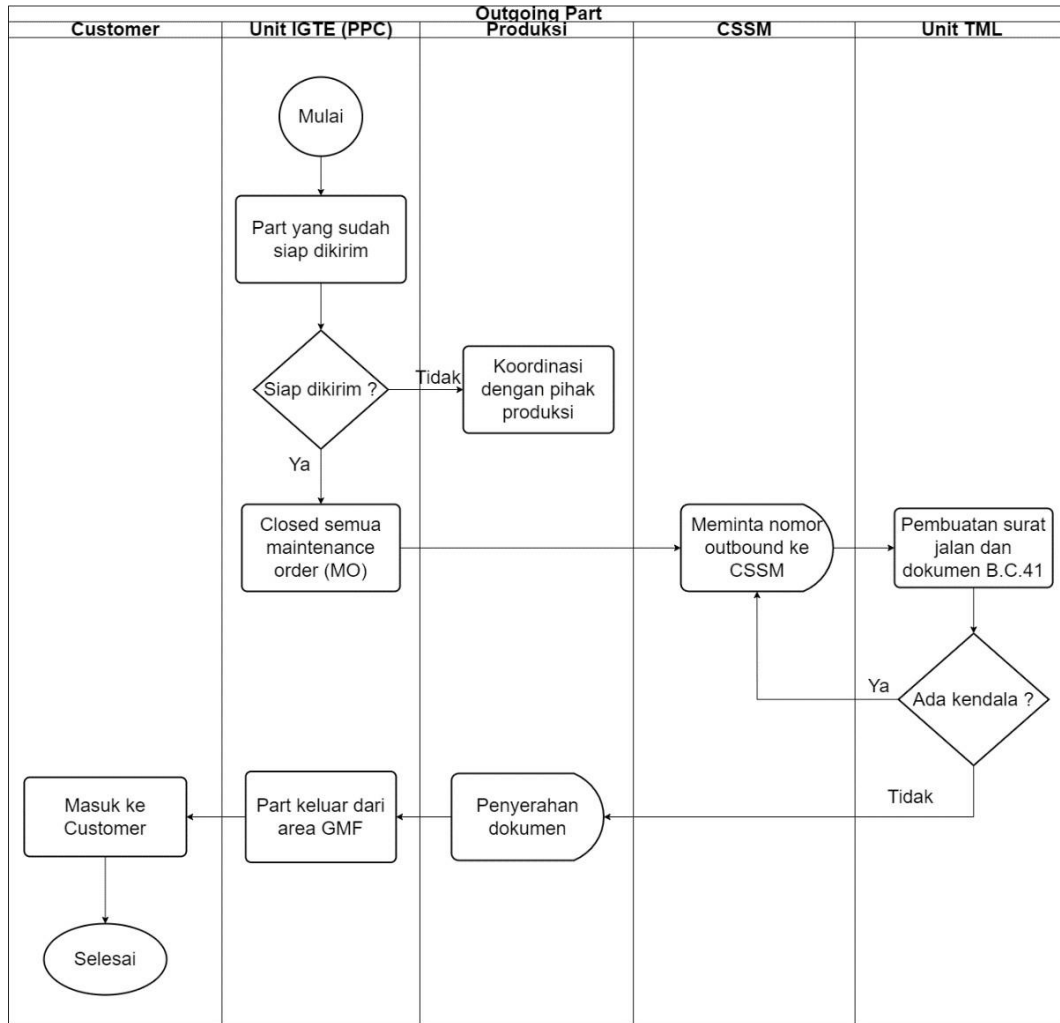
2021, pencapaian kinerja segmen bisnis IGTE mengalami peningkatan dengan melayani beberapa pelanggan seperti PLN Group, Pertamina Group, Kereta Commuter Indonesia, dan Sulzer

4.1.3 Bisnis Proses IGTE

Berikut merupakan proses bisnis IGTE (*Industrial Gas Turbine Engine*) :



Gambar 6 Procedure Income Part Repair



Gambar 7 Procedure Outgoing Part Repair

4.2 Analisis ABC

Analisis ABC digunakan untuk mengklasifikasi beberapa jenis material dengan basis volume atau biaya tertentu. Analisis ABC dilakukan untuk menentukan material yang akan menjadi prioritas dalam pengendalian persediaan.

4.2.1 Penentuan prioritas produk

Terdapat sejumlah besar produk, tepatnya 98 material, yang dipesan dan digunakan perusahaan yang harus diperhitungkan dalam manajemen persediaan. Fokus utama dalam pengelolaan ini adalah pada material yang memiliki jumlah dan biaya pesan terbesar, dengan tujuan untuk mendapatkan jumlah yang optimum sehingga perusahaan tidak perlu takut akan hal kekurangan material yang akan berdampak pada keterlambatan pengerjaan proyek dan kelebihan biaya yang akan berdampak pada biaya penyimpanan. Analisis ABC dilakukan untuk mengelompokkan produk berdasarkan presentase kumulatif biaya pembelian yang digunakan. Produk yang masuk ke dalam kelas A memiliki presentase biaya 0-75% dari total

biaya pembelian produk, kelas B mencakup produk dengan presentase biaya 76-90%, sedangkan produk kelas C memiliki presentase biaya 91-100%.

Table 2 Tingkat persentase dan Kelas Material

No	Material	Jumlah	Harga total	% Kebutuhan	%Kumulatif	Kelas
1	N204	1540	Rp3.847.420.500	22%	22%	A
2	METCO 204 NSG	1260	Rp2.864.484.000	18%	40%	A
3	8210-N95	500	Rp12.500.000	7%	48%	A
4	SKM0311/3	441	Rp196.245.000	6%	54%	A
5	SP0306-3	200	Rp9.500.000	3%	57%	A
6	SP0306-3	200	Rp6.750.000	3%	60%	A
7	SP2032-6 AR 60 O5V STEEL EDGE	200	Rp11.250.000	3%	63%	A
8	9146M80P03	154	Rp29.799.000	2%	65%	A
9	GPS-0067-0420	132	Rp561.000	2%	67%	A
10	GPS-0067-0420	132	Rp528.000	2%	69%	A
11	F08-MS-0015	112	Rp49.392.000	2%	70%	A
...
19	GPS-0024-0113	80	Rp116.000.000	1%	82%	B
20	BT045E	78	Rp1.950.000	1%	83%	B
21	EHT76	76	Rp5.098.080	1%	84%	B
22	2975-8R	62	Rp61.023.500	1%	85%	B
23	2975-8R	62	Rp61.023.500	1%	86%	B
24	A30211-6	59	Rp7.375.000	1%	86%	B
25	L44861P07	58	Rp81.345.000	1%	87%	B
26	L44862P03	58	Rp83.085.000	1%	88%	B
...
35	B 1230/6 Z3 PLUS	36	Rp18.000.000	1%	94%	C
36	F08-MS-0033	35	Rp31.762.500	1%	94%	C

No	Material	Jumlah	Harga total	% Kebutuhan	% Kumulatif	Kelas
37	F08-MS-0023	35	Rp47.066.250	1%	95%	C
38	RBF0613-3	30	Rp8.580.000	0%	95%	C
39	GPS-0067-0545	30	Rp2.550.000	0%	96%	C
40	GPS-0011-0120	30	Rp502.500.000	0%	96%	C
41	NGV-OP16-3A	29	Rp507.500.000	0%	96%	C
42	F08-MS-0021	28	Rp180.600.000	0%	97%	C
...
90	F01-MS-0050	1	Rp14.500.000	0%	101%	C
91	F05-MS-0044	1	Rp950.000	0%	101%	C
92	310QC49-081-F	1	Rp30.581.081	0%	101%	C
93	GPS-0011-0053	1	Rp675.000	0%	101%	C
94	TRB-IMP-OP16- 3A-OPRA	1	Rp63.650.000	0%	101%	C
95	GPS-0011-0049	1	Rp270.000	0%	101%	C
96	UNSN07500- 615X615X60MM	1	Rp71.432.100	0%	101%	C
97	UNSN07500	1	Rp193.875.000	0%	101%	C
98	UNSN07001	1	Rp15.225.000	0%	101%	C

Dari tabel diatas sudah dapat diketahui bahwa material N204 dan Metco 204 NSG menjadi prioritas pengendalian persediaan karena tingkat biaya pembelian dan jumlah yang tinggi dibandingkan material yang lain. Sehingga peneliti tidak memerlukan perhitungan indeks kritis untuk mencari material yang akan dijadikan prioritas pengendalian persediaan.

Berikut merupakan gambar dari kedua material :



Gambar 8 N204



Gambar 9 Metco 204 NSG

4.2.2 Data Rill Pemakaian Material unit IGTE

Didalam menjalankan proyek, tentunya PT GMF khususnya unit IGTE memerlukan kelengkapan material yang diperlukan guna mendukung pelaksanaan . Material tersebut digunakan oleh unit IGTE untuk melakukan *maintenance part repair* dan *overhaul*. Berikut adalah data historis pemakaian material di tahun 2022

Table 3 Data Historis Pemakaian Material N204

No	Nama	Jenis	Tanggal	Jumlah
1	N204	Powder Norton 204	15-Feb-22	50
2	N204	Powder Norton 204	19-Feb-22	10
3	N204	Powder Norton 204	25-Feb-22	36
4	N204	Powder Norton 204	28-Feb-22	25
5	N204	Powder Norton 204	2-Mar-22	37
6	N204	Powder Norton 204	5-Mar-22	40
7	N204	Powder Norton 204	11-Mar-22	23
8	N204	Powder Norton 204	21-Mar-22	20
9	N204	Powder Norton 204	28-Mar-22	30
10	N204	Powder Norton 204	6-Apr-22	10
11	N204	Powder Norton 204	15-Apr-22	20
12	N204	Powder Norton 204	23-Apr-22	10
13	N204	Powder Norton 204	30-Apr-22	40
14	N204	Powder Norton 204	8-May-22	30
15	N204	Powder Norton 204	15-May-22	36
16	N204	Powder Norton 204	21-May-22	40
17	N204	Powder Norton 204	21-May-22	27
18	N204	Powder Norton 204	23-May-22	40
19	N204	Powder Norton 204	23-May-22	23
20	N204	Powder Norton 204	25-May-22	20
21	N204	Powder Norton 204	21-Jun-22	20
22	N204	Powder Norton 204	21-Jun-22	20
23	N204	Powder Norton 204	25-Jun-22	30
24	N204	Powder Norton 204	25-Jun-22	50
25	N204	Powder Norton 204	30-Jun-22	30

No	Nama	Jenis	Tanggal	Jumlah
26	N204	Powder Norton 204	30-Jun-22	40
27	N204	Powder Norton 204	30-Jun-22	20
28	N204	Powder Norton 204	12-Aug-22	20
29	N204	Powder Norton 204	12-Aug-22	30
30	N204	Powder Norton 204	16-Aug-22	20
31	N204	Powder Norton 204	21-Aug-22	20
32	N204	Powder Norton 204	25-Aug-22	20
33	N204	Powder Norton 204	25-Aug-22	20
34	N204	Powder Norton 204	27-Aug-22	20
35	N204	Powder Norton 204	28-Aug-22	20
36	N204	Powder Norton 204	29-Aug-22	20
37	N204	Powder Norton 204	1-Sep-22	20
38	N204	Powder Norton 204	13-Sep-22	20
39	N204	Powder Norton 204	24-Sep-22	20
40	N204	Powder Norton 204	27-Sep-22	40
41	N204	Powder Norton 204	29-Sep-22	30
42	N204	Powder Norton 204	30-Sep-22	30
43	N204	Powder Norton 204	4-Oct-22	20
44	N204	Powder Norton 204	5-Oct-22	30
45	N204	Powder Norton 204	6-Oct-22	50
46	N204	Powder Norton 204	15-Oct-22	10
47	N204	Powder Norton 204	17-Oct-22	20
48	N204	Powder Norton 204	25-Oct-22	60
49	N204	Powder Norton 204	27-Oct-22	60
50	N204	Powder Norton 204	12-Nov-22	40
51	N204	Powder Norton 204	17-Nov-22	60
52	N204	Powder Norton 204	20-Nov-22	20
53	N204	Powder Norton 204	23-Nov-22	20
54	N204	Powder Norton 204	24-Nov-22	13
55	N204	Powder Norton 204	24-Nov-22	10

Berdasarkan tabel diatas diketahui bahwa terjadi pemakaian material N204 berjenis Powder Norton 204 selama tahun 2022 dimulai dari bulan Maret hingga November sebanyak 55 kali pemakaian dengan jumlah yang berbeda tiap harinya. Jika di totalkan, Perusahaan telah menggunakan material N204 sebanyak 1540 unit.

Table 4 Data Historis Pemakaian Metco 204 NSG

No	Nama	Jenis	Tanggal	Jumlah
1	Metco 204 NSG	Powder Metco 204 NSG	22-Aug-22	25
2	Metco 204 NSG	Powder Metco 204 NSG	25-Aug-22	25
3	Metco 204 NSG	Powder Metco 204 NSG	25-Aug-22	13
4	Metco 204 NSG	Powder Metco 204 NSG	25-Aug-22	13
5	Metco 204 NSG	Powder Metco 204 NSG	26-Aug-22	50
6	Metco 204 NSG	Powder Metco 204 NSG	26-Aug-22	50
7	Metco 204 NSG	Powder Metco 204 NSG	26-Aug-22	25
8	Metco 204 NSG	Powder Metco 204 NSG	31-Aug-22	50
9	Metco 204 NSG	Powder Metco 204 NSG	31-Aug-22	25
10	Metco 204 NSG	Powder Metco 204 NSG	5-Sep-22	38
11	Metco 204 NSG	Powder Metco 204 NSG	5-Sep-22	25
12	Metco 204 NSG	Powder Metco 204 NSG	5-Sep-22	25
13	Metco 204 NSG	Powder Metco 204 NSG	6-Sep-22	38
14	Metco 204 NSG	Powder Metco 204 NSG	8-Sep-22	38
15	Metco 204 NSG	Powder Metco 204 NSG	9-Sep-22	63
16	Metco 204 NSG	Powder Metco 204 NSG	14-Nov-22	75
17	Metco 204 NSG	Powder Metco 204 NSG	18-Nov-22	38
18	Metco 204 NSG	Powder Metco 204 NSG	24-Nov-22	37
19	Metco 204 NSG	Powder Metco 204 NSG	24-Nov-22	50
20	Metco 204 NSG	Powder Metco 204 NSG	28-Nov-22	100
21	Metco 204 NSG	Powder Metco 204 NSG	30-Nov-22	25
22	Metco 204 NSG	Powder Metco 204 NSG	30-Nov-22	50
23	Metco 204 NSG	Powder Metco 204 NSG	5-Dec-22	60
24	Metco 204 NSG	Powder Metco 204 NSG	5-Dec-22	50
25	Metco 204 NSG	Powder Metco 204 NSG	7-Dec-22	37
26	Metco 204 NSG	Powder Metco 204 NSG	7-Dec-22	50

No	Nama	Jenis	Tanggal	Jumlah
27	Metco 204 NSG	Powder Metco 204 NSG	12-Dec-22	46
28	Metco 204 NSG	Powder Metco 204 NSG	12-Dec-22	1
29	Metco 204 NSG	Powder Metco 204 NSG	29-Dec-22	113
30	Metco 204 NSG	Powder Metco 204 NSG	29-Dec-22	25

Dari tabel diatas diketahui bahwa sepanjang tahun 2022 dimulai dari bulan Agustus hingga desember perusahaan telah menggunakan material Metco 204 NSG dengan jenis Powder Metco 204 NSG sebanyak 30 kali dengan jumlah yang berbeda tiap harinya. Jika ditotalkan, maka material yang digunakan sepanjang tahun 2022 sebanyak 1260 unit.

4.2.3 Data Rill Pemesanan Material Unit IGTE

Perusahaan melakukan pemesanan material ketika pihak unit IGTE (*Industrial Gas Turbine Engine*) telah mengetahui proyek apa yang harus dikerjakan. Berikut merupakan data historis pemesanan material tipe Metco 204 NSG dengan jenis Powder Metco 204 dan tipe N204 dengan jenis Powder Norton 204 ;

Table 5 Data Pesan dan Datangnya Material N204

No	Jenis	Tanggal Pesan	Tanggal Datang	Leadtime	Jumlah material
1	Powder Norton 204	21-Jan-22	15-Feb-22	25	40
2	Powder Norton 204	21-Jan-22	15-Feb-22	25	65
3	Powder Norton 204	25-Jan-22	28-Feb-22	34	40
4	Powder Norton 204	25-Jan-22	28-Feb-22	34	50
5	Powder Norton 204	14-Apr-22	23-Jul-22	100	100
6	Powder Norton 204	14-Apr-22	23-Jul-22	100	150
7	Powder Norton 204	20-Apr-22	29-Jul-22	100	100
8	Powder Norton 204	20-Apr-22	29-Jul-22	100	150

9	Powder Norton 204	10-May-22	9-Aug-22	91	35
10	Powder Norton 204	10-May-22	9-Aug-22	91	36
11	Powder Norton 204	12-May-22	16-Aug-22	96	40
12	Powder Norton 204	12-May-22	16-Aug-22	96	27
13	Powder Norton 204	25-May-22	22-Aug-22	89	40
14	Powder Norton 204	25-May-22	25-Aug-22	92	65
15	Powder Norton 204	25-May-22	22-Aug-22	89	40
16	Powder Norton 204	2-Jun-22	30-Aug-22	89	50
17	Powder Norton 204	2-Jun-22	30-Aug-22	89	50
18	Powder Norton 204	14-Jun-22	30-Aug-22	77	30
19	Powder Norton 204	10-Jun-22	30-Aug-22	81	100
20	Powder Norton 204	15-Jun-22	30-Aug-22	76	100
21	Powder Norton 204	9-Sep-22	17-Oct-22	38	50
22	Powder Norton 204	9-Sep-22	17-Oct-22	38	50
23	Powder Norton 204	9-Sep-22	17-Oct-22	38	35
24	Powder Norton 204	25-Sep-22	21-Oct-22	26	65
25	Powder Norton 204	25-Sep-22	21-Oct-22	26	39

Dari tabel diatas diketahui bahwa perusahaan melakukan pemesanan material tidak setiap bulan, melainkan dibulan tertentu yang mendekati atau dalam masa pengerjaan proyek *maintenance repair* dan *overhaul*. Jumlah material N204 jenis Powder Norton 204 ini sebanyak 1547 unit.

Table 6 Data Pesan dan Datangnya Material Metco 204 NSG

No	Jenis	Tanggal Pesan	Tanggal Datang	Leadtime	Jumlah material
1	Powder Metco 204	6-Feb-22	2-May-22	85	55
2	Powder Metco 204	6-Feb-22	2-May-22	85	70
3	Powder Metco 204	8-Feb-22	9-May-22	90	60
4	Powder Metco 204	8-Feb-22	9-May-22	90	84
5	Powder Metco 204	6-Jun-22	30-Aug-22	85	25
6	Powder Metco 204	6-Jun-22	30-Aug-22	85	142
7	Powder Metco 204	6-Jun-22	25-Aug-22	80	70
8	Powder Metco 204	4-Jul-22	30-Aug-22	57	50
9	Powder Metco 204	12-Jul-22	3-Sep-22	53	25
10	Powder Metco 204	12-Jul-22	3-Sep-22	53	100
11	Powder Metco 204	9-Sep-22	10-Nov-22	62	125
12	Powder Metco 204	9-Sep-22	10-Nov-22	62	65
13	Powder Metco 204	21-Sep-22	10-Nov-22	50	80
14	Powder Metco 204	21-Sep-22	18-Nov-22	58	55
15	Powder Metco 204	21-Sep-22	13-Nov-22	53	96
16	Powder Metco 204	5-Oct-22	26-Nov-22	52	70

Dari tabel diatas perusahaan telah memesan materil Metco 204 NSG dengan jumlah 1172 unit dalam tahun 2022. Material tersebut juga dipesan berdekatan dengan jadwal *maintenance* dilakukan.

4.3 Penentuan EOQ dan ROP

Salah satu cara untuk mengendalikan biaya dalam proses manajemen persediaan adalah dengan melakukan analisis *ReOrder point* (ROP) untuk mengetahui waktu pemesanan ulang yang tepat, dan *Economic Order Quantity* (EOQ) untuk menentukan volume dan frekuensi pemesanan yang ekonomis, serta *Safety Stock* untuk menentukan kuantitas persediaan pengaman. Berikut merupakan hasil perhitungan EOQ dan ROP :

$$Q^* = \sqrt{\frac{2TF}{CC}}$$

Gambar 10 Rumus EOQ

Keterangan :

- T Kebutuhan Material
- CC Biaya Penyimpanan
- F Order Cost per Order
- TCC Total Biaya Penyimpanan

Perhitungan EOQ untuk material N204 :

Diketahui :

Table 7 Hasil Perhitungan EOQ Material N204

Jumlah kebutuhan Material (T)	1540 unit / year
Jumlah Pemesanan Material	1547 unit
Harga Per Material	Rp 2.498.325 / Material
Biaya penyimpanan (CC)	Rp 832,78 / day
Order Cost	
Order Cost per order (F)	Rp 3.188.278 / order
EOQ N204	
2TF	= Rp 9.819.894.700
2TF/CC	= Rp 32.755
EOQ	181 unit

Setelah dilakukan perhitungan maka nilai EOQ dari material N204 adalah 181, dan jika mengacu pada frekuensi maka perusahaan bisa memesan material sebanyak 181 material sebanyak 9 kali dalam setahun.

Berikut merupakan hasil perhitungan ROP untuk material N204 :

Diketahui :

Table 8 Hasil Perhitungan ROP Material N204

Safety Stock	
Average Lead Time (days)	70 days
Demand STDEV	35 unit
Service level	95%
Z-score	1.64
ROP	
Safety Stock	480 unit
Average/day	4 days
ROP	775 unit

Setelah dilakukan perhitungan, didapatkan nilai ROP sebesar 775. Artinya perusahaan melakukan pemesanan kembali jika jumlah material menyentuh angka 775.

Berikut merupakan hasil perhitungan EOQ untuk material Metco 204 NSG :

Table 9 Hasil Perhitungan EOQ Material Metco 204 NSG

Jumlah kebutuhan Material (T)	1260 unit / year
Jumlah Pemesanan Material	1297 unit
Harga Per Material	Rp 2.273.400,00 / material
Biaya penyimpanan (CC)	Rp 757,8 / day
Order Cost	
Order Cost per order (F)	Rp 2.863.104 / order
EOQ N204	
2TF	Rp 7.215.021.135
2TF/CC	Rp 26.447
EOQ	165

Setelah dilakukan perhitungan maka nilai EOQ dari material Metco 204 NSG adalah 165, dan jika mengacu pada frekuensi maka perusahaan bisa memesan material sebanyak 165 material sebanyak 8 kali dalam setahun.

Berikut merupakan hasil perhitungan ROP untuk material Metco 204 NSG :

Safety Stock	
Lead Time (days)	69 days
Demand STDEV	34 unit
Service level	95%
Z-score	1.64
ROP	
Safety Stock	466 unit
Average/day	4 days
ROP	710 unit

Setelah dilakukan perhitungan, didapatkan nilai ROP sebesar 710. Artinya perusahaan melakukan pemesanan kembali jika jumlah material menyentuh angka 710

4.4 Simulasi Monte Carlo

Simulasi monte carlo digunakan untuk mencari bilangan acak dari angka pemesanan, kebutuhan dan *leadtime* yang dihasilkan dari historis data dari material N204 dan Metco 204 NSG. Simulasi monte carlo digunakan juga untuk melihat setiap peluang dan kejadian yang dihasilkan berdasarkan data histori selain itu juga membantu perusahaan untuk melihat persediaan yang paling optimal untuk meminimalkan biaya yaitu dengan menguji beberapa skenario dengan memperhatikan kebijakan perusahaan untuk menentukan solusi terbaik. Pada penelitian ini monte carlo digunakan untuk melihat semua kemungkinan yang terjadi pada data, yaitu *stockout*, *ordercost*, dan, *inventory cost*. Data tersebut akan dibuat beberapa skenario untuk melihat hasil yang terbaik. Hal ini disimulasikan berdasarkan nilai EOQ dan ROP yang telah ditentukan.

4.4.1 Distribusi Probabilitas

Berikut merupakan data jumlah pemesanan material N204 dan material Metco 204 NSG pada tahun 2022 yang akan dilakukan tahapan proses untuk mencari probabilitas pemesanan dan *leadtime*.

Table 10 Distribusi Probabilitas Pemesanan Material N204

NO	Jumlah	Frekuensi	Probabilitas	Probabilitas Kumulatif	Batas Bawah	Batas Atas
1	40	4	0.17	0.17	1	25
2	65	3	0.13	0.29	26	44
3	50	5	0.21	0.50	45	75
4	150	2	0.08	0.58	76	88
5	35	2	0.08	0.67	89	100
6	36	1	0.04	0.71	101	107
7	27	1	0.04	0.75	108	113
8	30	1	0.04	0.79	114	119
9	100	4	0.17	0.96	120	144
10	39	1	0.04	1.00	145	150
	Total	24				

Table 11 Distribusi Probabilitas Lead Time Material N204

NO	Jumlah	Frekuensi	Probabilitas	Probabilitas Kumulatif	Batas Bawah	Batas Atas
1	25	2	0.08	0.08	1	8
2	34	2	0.08	0.16	9	16
3	100	4	0.16	0.32	17	32
4	91	2	0.08	0.4	33	40
5	96	2	0.08	0.48	41	48
6	89	4	0.16	0.64	49	64
7	92	1	0.04	0.68	65	68
8	77	1	0.04	0.72	69	72
9	81	1	0.04	0.76	73	76

10	76	1	0.04	0.8	77	80
11	38	3	0.12	0.92	81	92
12	26	2	0.08	1	93	100
	Total	25				

Table 12 Distribusi Probabilitas Pemesanan Material Metco 204 NSG

NO	Jumlah	Frekuensi	Probabilitas	Probabilitas Kumulatif	Batas Bawah	Batas Atas
1	55	2	0.11	0.11	1	17
2	70	3	0.17	0.28	18	42
3	60	1	0.06	0.33	43	50
4	84	1	0.06	0.39	51	59
5	25	2	0.11	0.50	60	75
6	142	1	0.06	0.56	76	84
7	50	1	0.06	0.61	85	92
8	150	2	0.11	0.72	93	109
9	100	1	0.06	0.78	110	117
10	125	1	0.06	0.83	118	125
11	65	1	0.06	0.89	126	134
12	80	1	0.06	0.94	135	142
13	96	1	0.06	1.00	143	150
	Total	18				

Table 13 Distribusi Probabilitas Lead Time Material Metco 204 NSG

NO	Jumlah	Frekuensi	Probabilitas	Probabilitas Kumulatif	Batas Bawah	Batas Atas
1	85	4	0.24	0.24	1	22
2	90	2	0.12	0.35	23	32
3	80	1	0.06	0.41	33	38
4	57	1	0.06	0.47	39	43
5	53	2	0.12	0.59	44	53

		181	185	190	195	200	205	210	215
1	775	a11	a12	a13	a14	a15	a16	a17	a18
2	780	a21	a22	a23	a24	a25	a26	a27	a28
3	785	a31	a32	a33	a34	a35	a36	a37	a38
4	790	a41	a42	a43	a44	a45	a46	a47	a48
5	795	a51	a52	a53	a54	a55	a56	a57	a58
6	800	a61	a62	a63	a64	a65	a66	a67	a68
7	805	a71	a72	a73	a74	a75	a76	a77	a78
8	810	a81	a82	a83	a84	a85	a86	a87	a88
9	815	a91	a92	a93	a94	a95	a96	a97	a98
10	820	a101	a102	a103	a104	a105	a106	a107	a108
11	825	a111	a112	a113	a114	a115	a116	a117	a118
12	830	a121	a122	a123	a124	a125	a126	a127	a128
13	835	a131	a132	a133	a134	a135	a136	a137	a138
14	840	a141	a142	a143	a144	a145	a146	a147	a148
15	845	a151	a152	a153	a154	a155	a156	a157	a158
16	850	a161	a162	a163	a164	a165	a166	a167	a168
17	855	a171	a172	a173	a174	a175	a176	a177	a178
18	860	a181	a182	a183	a184	a185	a186	a187	a188

Nilai *reorder point* dan *order quantity* pertama diatas ditentukan dari hasil perhitungan EOQ dan ROP. Setelah nilai tersebut didapatkan, selanjutnya dibuat desain eksperimen dengan mengubah nilai *order quantity* dan *reorder point* untuk melihat peluang yang paling optimal dalam jumlah *order* dan *cost*.

Table 15 Matriks Kobinasi R dan Q Material Metco 204 NSG

NO	ROP (R)	<i>Economic Order Quantity (Q)</i>								
		1	2	3	4	5	6	7	8	9
		165	170	175	180	185	190	195	200	205
1	710	a11	a12	a13	a14	a15	a16	a17	a18	a19
2	715	a21	a22	a23	a24	a25	a26	a27	a28	a29
3	720	a31	a32	a33	a34	a35	a36	a37	a38	a39

4	725	a41	a42	a43	a44	a45	a46	a47	a48	a49
5	730	a51	a51	a51	a51	a51	a51	a51	a58	a59
6	735	a61	a62	a63	a64	a65	a66	a67	a68	a69
7	740	a71	a72	a73	a74	a75	a76	a77	a72	a79
8	745	a81	a82	a83	a84	a85	a86	a87	a82	a89
9	750	a91	a92	a93	a94	a95	a96	a97	a98	a99
10	755	a101	a102	a103	a104	a105	a106	a107	a108	a109
11	760	a111	a112	a113	a114	a115	a116	a117	a118	a119
12	765	a121	a122	a123	a124	a125	a126	a127	a128	a129
13	770	a131	a132	a133	a134	a135	a136	a137	a138	a139

Nilai *reorder point* dan *order quantity* pertama diatas ditentukan dari hasil perhitungan EOQ dan ROP. Setelah nilai tersebut didapatkan, selanjutnya dibuat desain eksperimen dengan mengubah nilai *order quantity* dan *reorder point* untuk melihat peluang yang paling optimal dalam jumlah *order* dan *cost*.

BAB V

PEMBAHASAN

Berdasarkan hasil pengumpulan dan pengolahan data pada bab sebelumnya, analisis awal menunjukkan bahwa pemesanan dan *lead time* untuk material N204 dan material Metco 204 NSG selalu mengalami fluktuasi karena kondisi yang berbeda. Adanya ketidakpastian jumlah pemesanan material dengan kebutuhan material menjadi faktor utama terjadinya *stockout* atau diartikan sebagai keterlambatan pengerjaan proyek dikarenakan kekurangan material. Hal tersebut berdampak pada denda yang harus dibayar perusahaan ke *customer* sehingga perusahaan menjadi rugi. Sebelumnya perusahaan telah melakukan metode Min Max untuk mengendalikan persediaan material, tetapi berdasarkan data perusahaan masih sering mengalami *stockout* yang berakibat rugi untuk perusahaan. Maka dari itu peneliti akan melakukan cara untuk mengatasi atau meminimalisir terjadinya kekurangan material menggunakan pendekatan simulasi monte carlo.

5.1 Analisis Simulasi Monte Carlo

Pada penelitian ini, penggunaan simulasi monte carlo bertujuan untuk melakukan simulasi dan percobaan terhadap data pemesanan dan *lead time* yang terus berubah tiap bulannya. Simulasi dilakukan selama 360 hari untuk mencakup semua probabilitas pemesanan dan *lead time* berdasarkan data historis sistem yang sebenarnya. Desain eksperimen melibatkan 18 kombinasi R dan Q untuk material N204 dan 13 kombinasi R dan Q untuk material Metco 204 NSG. Berikut merupakan hasil desain eksperimen dari model simulasi yang telah dibuat dengan mempertimbangkan biaya yang ada :

Table 16 Hasil Perbandingan Total Biaya Hasil Simulasi Material N204

ROP (R)	<i>Economic Order Quantity (Q)</i>							
	181	185	190	195	200	205	210	215
775	Rp100.494.233	Rp100.450.382	Rp100.399.088	Rp82.096.955	Rp83.037.092	Rp83.068.288	Rp82.266.570	Rp82.350.566
780	Rp101.029.541	Rp100.555.013	Rp101.188.749	Rp101.010.650	Rp82.943.840	Rp83.114.226	Rp83.276.870	Rp82.660.356
785	Rp100.962.556	Rp100.107.089	Rp100.621.959	Rp100.578.500	Rp83.139.627	Rp82.712.795	Rp83.372.226	Rp83.032.194
790	Rp101.767.940	Rp101.013.434	Rp100.841.946	Rp100.575.928	Rp82.469.283	Rp82.724.386	Rp83.704.390	Rp83.251.110
795	Rp100.858.452	Rp100.737.714	Rp101.058.079	Rp100.456.858	Rp83.338.169	Rp82.497.129	Rp82.888.512	Rp83.192.151
800	Rp101.462.040	Rp100.397.390	Rp100.542.341	Rp100.762.619	Rp100.545.156	Rp83.182.655	Rp83.518.842	Rp83.557.234
805	Rp101.505.396	Rp101.251.181	Rp100.563.887	Rp100.282.964	Rp100.876.322	Rp83.246.448	Rp83.323.254	Rp83.210.923
810	Rp101.845.349	Rp101.555.453	Rp100.928.377	Rp100.986.984	Rp100.620.989	Rp83.297.906	Rp83.759.587	Rp83.157.130
815	Rp101.433.253	Rp101.613.976	Rp101.361.852	Rp101.144.141	Rp101.083.025	Rp83.860.032	Rp83.094.880	Rp83.469.234
820	Rp101.643.924	Rp101.954.113	Rp101.002.199	Rp101.116.414	Rp101.019.841	Rp100.707.613	Rp83.387.051	Rp83.937.824
825	Rp101.131.987	Rp102.158.314	Rp102.274.345	Rp101.186.894	Rp100.736.066	Rp100.546.028	Rp83.344.554	Rp83.545.535
830	Rp101.843.232	Rp101.423.235	Rp101.455.795	Rp101.014.417	Rp101.313.811	Rp100.856.281	Rp83.101.611	Rp83.221.344
835	Rp101.981.551	Rp101.253.464	Rp101.101.302	Rp101.925.131	Rp101.509.273	Rp101.121.417	Rp83.549.485	Rp83.283.392
840	Rp102.186.978	Rp101.987.416	Rp102.219.023	Rp101.133.131	Rp100.988.500	Rp100.717.546	Rp100.918.670	Rp83.906.448
845	Rp102.332.435	Rp101.853.746	Rp101.585.083	Rp101.579.588	Rp101.782.250	Rp101.332.746	Rp100.419.460	Rp83.170.541
850	Rp102.825.480	Rp101.732.380	Rp101.851.526	Rp101.608.767	Rp100.841.872	Rp101.477.573	Rp101.668.265	Rp83.203.139

855	Rp102.721.884	Rp102.203.453	Rp102.450.733	Rp101.424.892	Rp100.955.714	Rp101.926.733	Rp102.209.995	Rp84.112.643
860	Rp102.657.662	Rp102.370.628	Rp101.937.201	Rp101.570.056	Rp102.310.390	Rp102.045.468	Rp100.943.662	Rp100.696.651

Table 17 Hasil Perbandingan Total Biaya Hasil Simulasi Material Metco 204 NSG

ROP (R)	<i>Economic Order Quantity (Q)</i>								
	165	170	175	180	185	190	195	200	205
710	Rp79,702,349	Rp79,285,857	Rp78,981,395	Rp65,196,696	Rp65,148,301	Rp65,258,872	Rp65,233,569	Rp65,093,989	Rp65,193,695
715	Rp79,569,169	Rp79,471,836	Rp79,591,628	Rp65,026,026	Rp65,130,092	Rp64,944,457	Rp65,230,451	Rp65,268,478	Rp65,349,770
720	Rp79,735,075	Rp79,699,337	Rp79,211,823	Rp79,342,953	Rp64,908,734	Rp65,098,605	Rp65,022,845	Rp65,168,847	Rp65,044,531
725	Rp79,337,333	Rp79,100,441	Rp79,235,607	Rp79,125,107	Rp65,438,366	Rp65,286,265	Rp65,215,238	Rp65,415,928	Rp65,461,573
730	Rp80,004,478	Rp79,663,915	Rp79,563,075	Rp79,307,024	Rp65,417,524	Rp65,215,267	Rp65,171,719	Rp65,299,763	Rp65,438,171
735	Rp79,846,183	Rp79,950,482	Rp79,475,205	Rp79,056,398	Rp65,345,540	Rp65,045,012	Rp65,690,933	Rp65,352,756	Rp65,135,586
740	Rp79,928,046	Rp79,968,728	Rp79,627,721	Rp79,585,756	Rp79,053,131	Rp65,268,405	Rp65,793,325	Rp65,341,275	Rp65,331,970
745	Rp79,948,574	Rp80,260,398	Rp79,896,526	Rp79,458,994	Rp79,312,942	Rp65,533,691	Rp65,431,863	Rp65,525,390	Rp65,548,120
750	Rp80,099,424	Rp79,873,511	Rp79,894,506	Rp79,420,810	Rp79,444,391	Rp65,479,071	Rp65,403,639	Rp65,569,255	Rp65,609,209
755	Rp80,417,818	Rp79,936,184	Rp79,906,249	Rp79,531,880	Rp79,422,991	Rp65,452,468	Rp65,817,846	Rp65,344,967	Rp65,784,326
760	Rp80,421,994	Rp80,086,710	Rp79,998,581	Rp79,570,134	Rp79,914,464	Rp79,146,732	Rp65,688,202	Rp65,503,720	Rp65,766,266

765	Rp80,133,169	Rp80,182,890	Rp79,911,580	Rp79,829,102	Rp79,670,576	Rp79,527,794	Rp65,516,413	Rp65,748,274	Rp65,797,197
770	Rp80,401,247	Rp80,536,275	Rp79,844,048	Rp80,108,591	Rp79,519,703	Rp79,372,740	Rp65,628,124	Rp65,380,538	Rp66,038,226

5.1.1 Hasil Simulasi Monte Carlo

Hasil simulasi telah dilakukan sebanyak 18 kali percobaan untuk material N204 dan 13 kali percobaan untuk material Metco 204 NSG. Dari hasil kedua percobaan tersebut, ditemukan bahwa biaya yang paling minimum dan efisien untuk material N204 terjadi pada titik pemesanan kembali (R) dan jumlah pemesanan (Q) tertentu. Untuk material N204, nilai optimalnya adalah $R = 775$ dan $Q = 181$, dengan total biaya sebesar Rp 100.494.233. Sedangkan, untuk material metco 204 NSG, titik pemesanan kembali (R) dan jumlah pemesanan (Q) tertentu, yaitu $R = 710$, dan $Q = 165$ dengan total biaya sebesar Rp 79.702.349. Perbandingan hasil eksperimen simulasi dapat ditemukan pada tabel berikut :

Table 18 Perbandingan Hasil Data EOQ, ROP dan Data Simulasi N204

Variabel	Data EOQ, ROP N204	Data Simulasi N204
R	775	775
Q	181	195
Total Biaya Pemesanan per order / year	Rp 96.535.686 / order/year	Rp 79.270.306 / order/year
Total Biaya Penyimpanan per tahun	Rp 3.958.547 / year	Rp 2.826.649 / year
Total Biaya	Rp 100.494.233	Rp 82.096.955
Penghematan	Rp 18.397.578	
Efisiensi	18%	

Berdasarkan tabel diatas bisa diketahui bahwa setelah dilakukan pengendalian persediaan menggunakan simulasi monte carlo didapatkan penghematan total biaya (TIC) untuk material N204 sebesar Rp 18.397.578 atau mencapai efisiensi 18%

Table 19 Perbandingan hasil Data EOQ, ROP dan Data Simulasi Metco 204 NSG

Variabel	Data EOQ, ROP Metco 204 NSG	Data Simulasi Metco 204 NSG
R	710	720
Q	165	195
Total Biaya Pemesanan per <i>order / year</i>	Rp. 76.925.572 / order/year	Rp 61.870.503 / order/year
Total Biaya Penyimpanan per <i>year</i>	Rp. 2.776.777	Rp 3.152.342
Total Biaya	Rp 79.702.349	Rp 65.022.845
Penghematan	Rp 14.679.504	
Efisiensi	18%	

Berdasarkan tabel diatas bisa diketahui bahwa setelah dilakukan pengendalian persediaan menggunakan simulasi monte carlo didapatkan penghematan total biaya (TC) untuk material Metco 204 NSG sebesar Rp 14.679.504 atau mencapai efisiensi 18%.

5.1.2 Perbandingan Hasil Simulasi

Setelah dilakukan simulasi untuk mencari titik material dan biaya yang paling efisien (termasuk biaya pemesanan), selanjutnya biaya pemesanan akan dibandingkan dengan data *real* perusahaan, yaitu :

Table 20 Perbandingan Biaya Pemesanan

Variabel	Data Real	Hasil Simulasi N204
Total Biaya Pemesanan per <i>order / year</i>	Rp301,514,640 / order/year	Rp 79.270.306 / order/year
Variabel	Data Real	Hasil Simulasi Metco 204 NSG
Total Biaya Pemesanan per <i>order / year</i>	Rp268,699,548 / order/year	Rp 61.870.503 / order/year

BAB VI PENUTUP

6.1 Kesimpulan

Berdasarkan pengolahan data dan penyelesaian analisis yang telah dilakukan terdapat beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Analisis ABC digunakan untuk mencari material yang dijadikan prioritas pengendalian persediaan berdasarkan harga material dan kuantitas pemesanan terbanyak, sehingga dapat memberikan hasil yang dapat dijadikan prioritas pengendalian persediaan. Material tersebut yaitu N204 dengan jenis Powder Norton 204 dengan jumlah pembelian sebanyak 1540 pcs senilai total harga Rp 3.847.420.500 dan Metco 204 NSG dengan jenis Powder Metco 204 dengan jumlah pembelian sebanyak 1260 pcs senilai total harga Rp 2.864.484.000
2. Setelah melakukan simulasi monte carlo dan melakukan desain eksperimen, terdapat perubahan nilai Q dan R, hal ini akan mempengaruhi nilai biaya yang keluar. Perlu diketahui bahwa, peneliti mencari biaya yang paling minimum dengan jumlah pemesanan material yang paling optimum. Dari tujuan tersebut, peneliti mendapatkan hasil EOQ untuk melakukan pemesanan pada material N204 sebesar 181 unit, kemudian mendapatkan titik pemesanan kembali (ROP) atau perusahaan harus memesan kembali material jika sudah mencapai nilai sebesar 775 unit dan untuk material Metco 204 NSG didapatkan hasil EOQ sebesar 165 unit dengan dengan nilai ROP nya adalah 710.
3. Dari hasil perhitungan EOQ, dan ROP yang telah dilakukan, diketahui bahwa hasil perhitungan $EOQ = 181$, dan $ROP = 775$ pada material N204 dengan TC Rp 100.494.233. Kemudian hasil tersebut dibandingkan dengan hasil simulasi eksperimen untuk $EOQ = 195$, dan $ROP = 775$ dengan total biaya untuk material N204 yaitu Rp 82.096.955. Setelah dibandingkan bahwa hasil untuk material N204 memiliki penghematan sebesar Rp 18.397.578 atau mencapai efisiensi 18%. Berikutnya adalah hasil perhitungan $EOQ = 165$, dan $ROP = 710$ untuk material Metco 204 NSG dengan total biaya sebesar Rp 79.702.349. Lalu, akan dibandingkan juga dengan hasil simulasi eksperimen yang dilakukan yaitu mendapatkan $EOQ = 195$, dan $ROP = 720$ dengan total biaya sebesar Rp 65.022.845. Maka didapatkan penghematan sebesar Rp 14.679.504 atau mencapai efisiensi 18%.

6.2 Saran

Dari penelitian yang telah dilakukan, peneliti dapat memberikan saran antara lain sebagai berikut :

1. Bagi Perusahaan

Mengingat adanya jenis material yang disimpan sangatlah banyak, maka perlu diadakan ketentuan Tingkat persentase biaya penyimpanan dari beberapa jenis material yang disimpan.

2. Bagi Peneiliti Selanjutnya

Hasil dari peneilitian ini berfokus kepada pencarian jumlah material dan biaya yang efisien guna untuk meminimalisir terjadinya kekurangan material saat dibutuhkan dan menekan biaya operasional. Seperti yang sudah dibahas pada Gambar. 2, diketahui permasalahan yang terjadi keterlambatan projek dikarenakan berbagai jenis faktor, sehingga diharapkan bisa mencoba beberapa kejadian guna menyempurnakan hasil dari penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Costa, T., Silva, F., & Ferreira, L. P. (2017). Improve the extrusion process in tire production using Six Sigma methodology. *Procedia Manufacturing*, 1104-1111.
- Fransiscus, H., Cynthia, P. J., & Isabella, S. A. (2014). Implementasi Metode Six Sigma DMAIC untuk Mengurangi Paint Bucket Cacat di PT X. *Jurnal Rekayasa Sistem Industri*, 3(2), 53-63.
- Ghiffari Ibrahim, A. H. (2013, Juli). Analisis Six Sigma Untuk Mengurangi Jumlah Cacat di Stasiun Kerja Sablon (Studi Kasus: CV. Miracle). *Jurnal Online Institut Teknologi Nasional*, 1.
- Ibrahim, G., Harsono, A., & Bakar, A. (2013, Juli). Analisis Six Sigma Untuk Mengurangi Jumlah Cacat di Stasiun Kerja Sablon (Studi Kasus: CV. Miracle). *Jurnal Online Institut Teknologi Nasional*, 1.
- Indrawati Sri, M. R. (2015). Manufacturing Continuous Improvement Using Lean Six Sigma: An Iron Ores Industry Case Application. *Procedia Manufacturing*, 528-534.
- Indrawati, S., & Ridwansyah, M. (2015). Manufacturing Continuous Improvement Using Lean Six Sigma: An Iron Ores Industry Case Application. *Procedia Manufacturing*, 528-534.
- Kussuma, & Fendy, M. (2014). Analisis Kualitas Produk Pakan Ternak Dengan Metode Six Sigma Di PT. Charoen Pokphand Indonesia (Tbk). *JTM*, 54-62.
- Putri, & Fatma, C. (2010). Upaya Menurunkan Jumlah Cacat Produk Shuttlecock Dengan Metode Six Sigma. *Widya Teknika*, 18(2), 14-23.
- Putri, C. F. (2010). Upaya Menurunkan Jumlah Cacat Produk Shuttlecock Dengan Metode Six Sigma. *Widya Teknika*, 18(2), 14-23.
- Sucipto, Sulistyowati, D. P., & Anggarini, S. (2017). Pengendalian Kualitas Pengalengan Jamur dengan Metode Six Sigma di PT Y, Pasuruan, Jawa Timur. *Jurnal Teknologi dan Manajemen Agroindustri*, 1-7.
- Tan, H. T. (2012). Metode DMAIC Sebagai Solusi Pengendalian Kualitas Produksi Sepatu Tambang: Studi Kasus PT Mangul Jaya-Bekasi. *ComTech*, 3, 509-523.
- Vitho, I., Ginting, E., & Anizar. (2013). Aplikasi Six Sigma Untuk Menganalisis Faktor-faktor Penyebab Kecacatan Produk Crumb Rubber Sir 20 Pada Pt. XYZ. *e-Jurnal Teknik Industri FT USU Vol 3, No. 4*, 23-28.
- Wisnubroto, P., & Rukmana, A. (2015). Pengendalian Kualitas Produk dengan Pendekatan Six Sigma dan Analisis Kaizen serta New Seven Tools Sebagai Usaha Pengurangan Kecacatan Produk. *Jurnal Teknologi*, 65-74.
- Yuliana, Nasution, Y. N., & Wasono. (2017). Penggunaan Metode Kaizen Pada Tahap Improve Dalam Six Sigma (Studi Kasus: Perusahaan Air Minum Dalam Kemasan (AMDK) Merk RAMA Produksi PT Ranam Mahakam Indonesia). *Jurnal Eksponensial*.

LAMPIRAN

No	Material	Kebutuhan (material)	Harga/Pcs	% material
1	N204	1540	Rp 2,498,325.00	22%
2	METCO 204 NSG	1260	Rp 2,273,400.00	18%
3	8210-N95	500	Rp 25,000.00	7%
4	SKM0311/3	441	Rp 445,000.00	6%
5	SP0306-3	200	Rp 47,500.00	3%
6	SP0306-3	200	Rp 33,750.00	3%
7	SP2032-6 AR 60 O5V STEEL EDGE	200	Rp 56,250.00	3%
8	9146M80P03	154	Rp 193,500.00	2%
9	GPS-0067-0420	132	Rp 4,250.00	2%
10	GPS-0067-0420	132	Rp 4,000.00	2%
11	F08-MS-0015	112	Rp 441,000.00	2%
12	GPS-0020-0072	101	Rp 625,000.00	1%
13	DELETE_SPG0313-3	100	Rp 274,000.00	1%
14	GPS-0011-0053	100	Rp 675,000.00	1%
15	L44861P01	96	Rp 1,342,500.00	1%
16	L44862P02	96	Rp 1,432,500.00	1%
17	9D1-IGTE	94	Rp 470,000.00	1%
18	SCOTCH 232	90	Rp 70,000.00	1%
19	GPS-0024-0113	80	Rp 1,450,000.00	1%
20	BT045E	78	Rp 25,000.00	1%
21	EHT76	76	Rp 67,080.00	1%
22	2975-8R	62	Rp 984,250.00	1%
23	2975-8R	62	Rp 984,250.00	1%
24	A30211-6	59	Rp 125,000.00	1%

25	L44861P07	58	Rp	1,402,500.00	1%
26	L44862P03	58	Rp	1,432,500.00	1%
27	T41WA60SBF	50	Rp	4,500.00	1%
28	F08-MS-0017	48	Rp	8,711,250.00	1%
29	SKL-SP2	44	Rp	490,000.00	1%
30	SP1320-6 AWCO60JSV	40	Rp	43,890.00	1%
31	F05-MS-0063	40	Rp	7,500.00	1%
32	F05-MS-0065	40	Rp	10,500.00	1%
33	F05-MS-0067	40	Rp	15,000.00	1%
34	310QC49-081-M	40	Rp	30,581,081.00	1%
35	B 1230/6 Z3 PLUS	36	Rp	500,000.00	1%
36	F08-MS-0033	35	Rp	907,500.00	1%
37	F08-MS-0023	35	Rp	1,344,750.00	1%
38	RBF0613-3	30	Rp	286,000.00	0%
39	GPS-0067-0545	30	Rp	85,000.00	0%
40	GPS-0011-0120	30	Rp	16,750,000.00	0%
41	NGV-OP16-3A	29	Rp	17,500,000.00	0%
42	F08-MS-0021	28	Rp	6,450,000.00	0%
43	GPS-0022-0111	20	Rp	2,100,000.00	0%
44	GPS-0021-0073	19	Rp	1,930,000.00	0%
45	RBF0613-3	15	Rp	143,000.00	0%
46	6001023-A	12	Rp	96,894,900.00	0%
47	SP2032-6 AR 60 O5V STEEL EDGE	11	Rp	52,000.00	0%
48	GPS-0024-0114	10	Rp	2,400,000.00	0%
49	GPS-0029-0117	10	Rp	7,200,000.00	0%
50	F08-MS-0026	10	Rp	4,650,000.00	0%
51	1855M35P08	10	Rp	386,250.00	0%
52	F03-MS-0039	10	Rp	4,070,000.00	0%
53	F02-MS-0100	10	Rp	9,645,000.00	0%
54	GPS-0020-0081	8	Rp	1,915,000.00	0%
55	F08-MS-0019	8	Rp	8,711,250.00	0%

56	M8RS-46A-R/BL	7	Rp	10,000,000.00	0%
57	GPS-0011-0082	7	Rp	950,000.00	0%
58	F03-MS-0039	5	Rp	9,750,000.00	0%
59	GPS-0023-0083	5	Rp	1,330,500.00	0%
60	F08-MS-0014	5	Rp	32,100,000.00	0%
61	F08-MS-0030	5	Rp	480,000.00	0%
62	F08-MS-0022	5	Rp	28,170,000.00	0%
63	GPS-0029-0117	5	Rp	4,070,000.00	0%
64	GPS-0011-0082	5	Rp	950,000.00	0%
65	GPS-0067-0650	4	Rp	750,000.00	0%
66	F08-MS-0032	4	Rp	12,450,000.00	0%
67	SERMALLOY J	3	Rp	18,500,000.00	0%
68	M8YP-66A-R	3	Rp	9,600,000.00	0%
69	GPS-0011-0118	3	Rp	3,600,000.00	0%
70	SMO0410868	3	Rp	9,600,000.00	0%
71	F08-MS-0024	2	Rp	16,444,050.00	0%
72	F08-MS-0025	2	Rp	1,275,000.00	0%
73	F08-MS-0018	2	Rp	2,625,000.00	0%
74	F01-MS-0051	2	Rp	2,500,000.00	0%
75	F08-MS-0056	2	Rp	40,000,000.00	0%
76	M8DY-6A1-R	2	Rp	9,600,000.00	0%
77	F05-MS-0062	2	Rp	165,000.00	0%
78	F05-MS-0064	2	Rp	210,000.00	0%
79	F05-MS-0066	2	Rp	255,000.00	0%
80	GPS-0011-0049	2	Rp	270,000.00	0%
81	F08-MS-0012	1	Rp	14,139,000.00	0%
82	F08-MS-0013	1	Rp	2,508,000.00	0%
83	STL025504WO/1	1	Rp	18,450,000.00	0%
84	STL025505WO/1	1	Rp	9,600,000.00	0%
85	STL025506WO/1	1	Rp	16,924,500.00	0%
86	STL025507WO/1	1	Rp	6,300,000.00	0%
87	L43418P03	1	Rp	379,350,000.00	0%

88	330104-0-3-20-01-00	1	Rp	24,500,000.00	0%
89	F01-MS-0052	1	Rp	26,200,000.00	0%
90	F01-MS-0050	1	Rp	14,500,000.00	0%
91	F05-MS-0044	1	Rp	950,000.00	0%
92	310QC49-081-F	1	Rp	30,581,081.00	0%
93	GPS-0011-0053	1	Rp	675,000.00	0%
94	TRB-IMP-OP16-3A-OPRA	1	Rp	63,650,000.00	0%
95	GPS-0011-0049	1	Rp	270,000.00	0%
96	UNSN07500- 615X615X60MM	1	Rp	71,432,100.00	0%
97	UNSN07500	1	Rp	193,875,000.00	0%
98	UNSN07001	1	Rp	15,225,000.00	0%

