TUGAS AKHIR - IS184853

PENGEMBANGAN MODEL SISTEM DINAMIK UNTUK MENINGKATKAN EFISIENSI PROSES PENGADAAN BARANG PADA PERUSAHAAN JASA KONSTRUKSI (STUDI KASUS: PT. PP)

THE DEVELOPMENT OF DYNAMICS SYSTEMS MODEL TO INCREASE THE EFFICIENCY OF MATERIAL PROCUREMENT PROCESS IN A CONSTRUCTION COMPANY (CASE STUDY: PT. PP)

NADHIFA ARINA PUTRI
NRP 052116 4000 0118

Dosen Pembimbing
Erma Suryani, S.T, M.T, Ph.D.

DEPARTEMEN SISTEM INFORMASI
Fakultas Teknologi Elektro dan Informatika Cerdas
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2020

TUGAS AKHIR - IS184853

PENGEMBANGAN MODEL SISTEM DINAMIK UNTUK MENINGKATKAN EFISIENSI PROSES PENGADAAN BARANG PADA PERUSAHAAN JASA KONSTRUKSI (STUDI KASUS: PT. PP)

NADHIFA ARINA PUTRI
NRP 052116 4000 0118

Dosen Pembimbing
Erma Suryani, S.T, M.T, Ph.D.

DEPARTEMEN SISTEM INFORMASI
Fakultas Teknologi Elektro dan Informasi Cerdas
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2020

UNDERGRADUATE THESIS - IS184853

THE DEVELOPMENT OF DYNAMICS SYSTEMS MODEL TO INCREASE THE EFFICIENCY OF MATERIAL PROCUREMENT PROCESS IN A CONSTRUCTION COMPANY (CASE STUDY: PT. PP)

NADHIFA ARINA PUTRI
NRP 052116 4000 0118

Supervisor
Erma Suryani, S.T, M.T, Ph.D.

INFORMATION SYSTEM DEPARTMENT
Faculty of Intelligent Electrical and Informatics Technology
Sepuluh Nopember Institute of Technology
Surabaya 2020

LEMBAR PENGESAHAN

Pengembangan Model Sistem Dinamik Untuk Meningkatkan Efisiensi Proses Pengadaan Barang Pada Perusahaan Jasa Konstruksi (Studi Kasus: PT. PP)

TUGAS AKHIR

Disusun Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Komputer (S.Kom)
pada
Departemen Sistem Informasi
Fakultas Teknologi Elektro dan Informatika Cerdas (ELECTICS)
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh

Nadhifa Arina Putri
05211640000118

Surabaya, 13 Agustus 2020

Kepala Departemen Sistem Informasi

Dr. Mudjahidin, ST., MT.
NIP. 197010102003121001

LEMBAR PERSETUJUAN

PENGEMBANGAN MODEL SISTEM DINAMIK UNTUK MENINGKATKAN EFISIENSI PROSES PENGADAAN BARANG PADA PERUSAHAAN JASA KONSTRUKSI (STUDI KASUS: PT. PP)

TUGAS AKHIR

Disusun Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Komputer
pada
Departemen Sistem Informasi
Fakultas Teknologi Elektro dan Informatika Cerdas
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

NADHIFA ARINA PUTRI
NRP. 05211640000118

Disetujui Tim Penguji : Tanggal Ujian: 30 Juni 2020
Periode Wisuda : September 2020

Erma Suryani, S.T., M.T., Ph.D **(Pembimbing I)**

Dr. Mudjahidin , S.T., M.T **(Penguji I)**

Andre Parvian Aristio, S.Kom., M.Sc **(Penguji II)**

PENGEMBANGAN MODEL SISTEM DINAMIK UNTUK MENINGKATKAN EFISIENSI PROSES PENGADAAN BARANG PADA PERUSAHAAN JASA KONSTRUKSI (STUDI KASUS: PT. PP)

Nama Mahasiswa : Nadhifa Arina Putri
NRP : 05211640000118
Departemen : Sistem Informasi FTEIC-ITS
Pembimbing I : Erma Suryani, S.T, M.T, Ph. D

ABSTRAK

Konteks: *Dalam membangun sebuah proyek konstruksi, dibutuhkan banyak barang atau material yang digunakan untuk dapat memenuhi pelaksanaan pembangunan proyek tersebut. Karena kebutuhan akan material tidaklah sedikit, maka biaya yang ditimbulkan dari pengadaan barang sangatlah besar, bahkan dapat mencapai 70 persen dari keseluruhan biaya pelaksanaan proyek. Sehingga usaha untuk meningkatkan keuntungan perusahaan sangat bergantung pada efisiensi dan efektivitas pada kegiatan pengadaannya. Oleh karena itu, pengelolaan pengadaan perlu dilakukan dengan baik.*

Permasalahan: *Agar dapat menjamin ketersediaan barang, maka perlu dilakukan pengendalian atas tiap material-material yang dibutuhkan. Persediaan dalam jumlah banyak akan menyebabkan tingginya biaya untuk penyimpanan dan pembelian barang yang bersangkutan. Sebaliknya, bila persediaan terlalu sedikit maka akan berisiko kekurangan barang. Hal ini tentunya akan mengganggu kelancaran proses pembangunan proyek. Dengan semakin efisien biaya pengadaan barang, maka pelaksanaan proyek yang dilakukan dapat berkelanjutan dan berjalan dengan lancar sesuai jadwal proyek, serta dapat menghasilkan kualitas yang baik sehingga berdampak langsung pada keuntungan yang diperoleh perusahaan.*

Tujuan: *Penelitian tugas akhir ini bertujuan untuk meningkatkan efisiensi pada proses pengadaan barang di perusahaan jasa konstruksi melalui permodelan dan penyusunan skenario dengan menggunakan pendekatan sistem dinamik.*

Metode: *Metode yang digunakan dalam penelitian ini menggunakan permodelan sistem dinamik, yang mana akan dibuat suatu model dari kondisi eksisting sistem yang mampu melakukan simulasi terhadap variabel-variabel yang saling berhubungan. Setelah model terbentuk, maka selanjutnya dilakukan penyusunan scenario untuk mengetahui dampak pada outputnya terhadap tujuan sistem. Kemudian dari skenario yang dibuat tersebut dilakukan analisis hasil terhadap kondisi mana yang paling optimal sehingga dapat menyelesaikan permasalahan yang ada.*

Hasil: *Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa dengan menggunakan permodelan sistem dinamik, dapat meningkakan efisiensi proses pengadaan barang yang dilakukan oleh PT PP, yakni dengan melakukan skenario penerapan metode economic order quantity (EOQ) dengan tingkat efisiensi yang dihasilkan sebesar 80% dengan biaya sebesar Rp. 2.897.055.964.*

Nilai tambah: *Penelitian tugas akhir ini bermanfaat untuk membantu perusahaan jasa konstruksi khususnya PT PP dalam meningkatkan efisiensi proses pengadaan barang serta memberikan rekomendasi yang dapat digunakan untuk pengembangan model kedepannya dengan dilakukan penyesuaian terhadap lingkup studi kasus yang ada.*

Kata kunci: *Efisiensi; Pengadaan Barang; Konstruksi; Model; Sistem Dinamik*

THE DEVELOPMENT OF DYNAMICS SYSTEMS MODEL TO INCREASE THE EFFICIENCY OF MATERIAL PROCUREMENT PROCESS IN A CONSTRUCTION COMPANY (CASE STUDY: PT. PP)

Name : Nadhifa Arina Putri
NRP : 0521164000118
Department : Information System FTEIC-ITS
Supervisor : Erma Suryani, S.T, M.T, Ph. D

ABSTRACT

Context: *In building a construction project, it takes a lot of goods or materials used to support the implementation of construction project. As the need of material is relatively high, the costs arising from material procurement are very large and can even reach 70 percent of the total project cost, so that the efforts to increase company profit depends on the efficiency and effectiveness of its procurement activities. Therefore, procurement management needs to be well managed.*

Problem: *To guarantee the availability of materials, it is necessary to control each material needed. Inventories in large quantities will cause the high costs for storage and purchase of the materials, while excess of inventory will also cause the amount of cost expended so that making it inefficient. This will certainly disrupt the production process, in addition to that, the purchase and inventory costs will also increase. With the increasingly efficient cost of procuring materials, the project implementation can be carried out continuously and run smoothly according to the project schedule, and has good quality result so that it has a direct impact on the profits obtained by the company.*

Objective: *This research has goals to increase the efficiency of material procurement process in a construction company*

through modelling and developing a scenario using dynamic system approach.

Method: *The method used in this research uses dynamic system modelling, which will create a model of the existing condition of the system that is able to simulate each interconnected variable. After the model is formed, the next step is to prepare a scenario to test several different inputs to see the impact fn the output. Then from the scenarios created, an analysis of the results of which conditions are most optimal for the objectives of the system can be solved.*

Result: *The results of this study indicate that by using dynamic system modelling, it can increase the efficiency of the material procurement process that held by PT PP, by applying the EOQ method with the result of efficiency level at 80% and a cost of Rp. 2,897,055,964.*

Value Added: *This research is useful for helping construction companies, especially PT PP, in improving the efficiency of the material procurement process and provides recommendations that can be used for future model development by adjusting the scope of case studies.*

Keywords: *Efficiency; Material Procurement; Construction; Model; Dynamic Systems*

SURAT PERNYATAAN BEBAS PLAGIARISME

Saya yang bertandatangan di bawah ini:

Nama	: Nadhifa Arina Putri
NRP	: 05211640000118
Tempat/Tanggal lahir	: Surabaya, 27 Februari 1998
Fakultas/Departemen	: FTEIC / Sistem Informasi
Nomor Telp/Hp/email	: 081297375684/ nadhifa.arina@gmail.com

Dengan ini menyatakan dengan sesungguhnya bahwa penelitian/makalah/tugas akhir saya berjudul:

Pengembangan Model Sistem Dinamik Untuk Meningkatkan Efisiensi Proses Pengadaan Barang Pada Perusahaan Jasa Konstruksi (Studi Kasus: PT. PP)

Bebas dari Plagiarisme dan Bukan Hasil Karya Orang Lain.

Apabila dikemudian hari ditemukan seluruh atau sebagian penelitian/makalah/tugas akhir tersebut terdapat indikasi plagiarisme, maka saya bersedia menerima sanksi sesuai peraturan dan ketentuan yang berlaku.

Demikian surat pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya dan untuk dipergunakan sebagaimana mestinya.

Surabaya, 30 Juni 2020

METERAI TEMPEL
TGL. 20
B448FAHF538626080
6000
ENAM RIBU RUPIAH

Nadhifa Arina Putri
NRP. 05211640000118

ix

KATA PENGANTAR

Alhamdulillahirabbil'alamin, puji syukur kehadirat Allah SWT karena atas rahmat dan anugerah-Nya dapat menyelesaikan penelitian tugas akhir dengan judul "Pengembangan Model Sistem Dinamik Untuk Meningkatkan Efisiensi Proses Pengadaan Barang Pada Perusahaan Jasa Konstruksi (Studi Kasus: PT.PP)" sebagai salah satu bentuk syarat kelulusan dari Program Sarjana Departemen Sistem Informasi, Fakultas Teknologi Elektro dan Informatika Cerdas, Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Dalam penyelesaian tugas akhir ini, tidak lepas dari adanya bantuan, bimbingan, masukan serta saran dan diiringi dukungan dan doa oleh banyak pihak sehingga penelitian berlangsung dengan lancar. Dalam kesempatan ini, diucapkan terima kasih dari lubuk hati terdalam kepada:

1. Kedua orang tua serta seluruh anggota keluarga yang tiada hentinya mendoakan dan memberikan dukungan dalam proses pengerjaan tugas akhir sehingga dapat terselesaikan.
2. Bapak Dr. Mudjahidin, S.T., M.T. selaku Ketua Departemen Sistem Informasi ITS Surabaya dan Bapak Ahmad Muklason, S.Kom, M.Sc., Ph. D. selaku Kepala Program Studi S1 Sistem Informasi ITS serta seluruh dosen pengajar beserta staf dan karyawan di Departemen Sistem Informasi selama menjalani masa perkuliahan.
3. Ibu Erma Suryani, S.T., M.T., Ph.D. selaku dosen pembimbing yang telah meluangkan waktunya untuk membimbing, mengarahkan, memberi masukan, motivasi serta ilmu sehingga akhirnya dapat terselesaikan.
4. Bapak Dr. Mudjahidin, S.T., M.T. dan Bapak Andre Parvian Aristio, S. Kom., M. Sc. selaku dosen penguji yang telah memberikan kritik dan saran sehingga membuat kualitas tugas akhir ini lebih baik lagi.
5. Ibu Tri Saripalupi dan Ibu Restian Dini serta beberapa pihak dari PT PP yang berperan penting dalam proses

pengambilan data dan wawancara selama pengerjaan tugas akhir.

6. Teman-teman Spelfa (Firda, Regina, Echa, Putri, dan Nafis) yang tetap menjaga pertemanan dari bangku SMP hingga kini telah di penghujung masa perkuliahan.
7. Teman-teman seperjuangan pengerjaan tugas akhir (Arief, Oki, Lisha, Dea, Anggra, Fafa, Mita dan Yoshua) yang selalu menemani, membantu, dan memberi dukungan selama proses pengerjaan tugas akhir.
8. Teman-teman dekat yang telah menemani masa perkuliahan selama empat tahun ini, yang selalu membantu ketika sedang mengalami kesusahan dan menjadi teman untuk saling bercerita dan berdiskusi bersama.
9. Teman-teman seperjuangan Laboratorium Sistem Enterprise (SE) yang senantiasa selalu memberi dukungan selama pengerjaan tugas akhir.
10. Teman-teman Sistem Informasi 2016 (ARTEMIS) yang belum dapat disebutkan satu per satu.
11. Serta pihak lainnya yang belum dapat disebutkan satu per satu yang turut membantu selama masa perkuliahan hingga dapat menyelesaikan tugas akhir.

Penyusunan tugas akhir ini tentu saja masih jauh dari kata sempurna. Oleh karena itu, kritik dan saran yang membangun sangat diharapkan sebagai bahan perbaikan untuk penelitian kedepannya. Semoga buku tugas akhir ini dapat memberikan manfaat bagi para pembaca.

Surabaya, 30 Juni 2020

Nadhifa Arina Putri

DAFTAR ISI

LEMBAR PERSETUJUAN iii
ABSTRAK v
ABSTRACT vii
KATA PENGANTAR xi
DAFTAR ISI xiii
DAFTAR GAMBAR xvii
DAFTAR TABEL xx
BAB I PENDAHULUAN 1
1.1 Latar Belakang 1
1.2 Rumusan Masalah 5
1.3 Batasan Permasalahan 5
1.4 Tujuan Penelitian 5
1.5 Manfaat Penelitian 5
1.6 Metode 6
1.7 Relevansi 7
1.8 Target Luaran 7
BAB II TINJAUAN PUSTAKA 9
2.1 Penelitian Sebelumnya 9
2.2 Dasar Teori 12
2.2.1 Efisiensi 12
2.2.2 Proses Pengadaan Barang 12
2.2.3 Jasa Konstruksi 16
2.2.4 Sistem 16
2.2.5 Model 17
2.2.6 Sistem Dinamik 18
2.2.7 *Causal Loop Diagram* 25
2.2.8 *Stock and Flow Diagram* 27
2.2.9 *Ventana Simulation* (Vensim) 28
BAB III METODOLOGI 31
3.1 Tahapan Metodologi Penelitian 31
3.2 Uraian Metodologi Penelitian 32
3.2.1 Identifikasi Kondisi dan Permasalahan 32
3.2.2 Studi Literatur 32
3.2.3 Pengumpulan Data 32
3.2.4 Identifikasi Variabel 33

3.2.5 Penyusunan Model 33
3.2.5.1 Causal Loop Diagram..... 33
3.2.5.2 Stock and Flow Diagram 33
3.2.6 Formulasi Model 33
3.2.7 Penguijan Model 34
3.2.7.1 Verifikasi 34
3.2.7.2 Validasi 34
3.2.8 Pengembangan Skenario 34
3.2.9 Analisis Hasil 35
3.2.10 Kesimpulan dan Saran..... 35
3.2.11 Penyusunan Buku Tugas Akhir..... 36
BAB IV PERANCANGAN MODEL DAN IMPLEMENTASI 39
4.1 Pengumpulan Data 39
4.1.1 Data Umum Proyek..... 41
4.1.2 Data Jadwal Pengadaan Barang (*Material Schedule*)..... 42
4.1.3 Data Penerimaan Material Ke Gudang Lokasi Proyek 43
4.1.4 Data Biaya Persediaan..... 44
4.1.4.1 Biaya Pembelian 44
4.1.4.2 Biaya Pemesanan 45
4.1.4.3 Biaya Penyimpanan 45
4.2 Identifikasi Variabel..... 46
4.3 *Causal Loop Diagram*..... 47
4.3.1 *Causes Tree* Variabel Stok Barang 51
4.3.2 *Causes Tree* Variabel Permintaan Pengadaan Barang 52
4.3.3 *Causes Tree* Variabel Biaya Tetap..... 52
4.3.4 *Causes Tree* Variabel Biaya Variabel 53
4.3.5 *Causes Tree* Variabel Total Biaya Pengadaan Barang 53
4.3.6 *Causes Tree* Variabel Peningkatan Efisiensi Biaya Pengadaan Barang..... 54
4.3.7 *Causes Tree* Variabel Biaya Langsung 54
4.3.8 *Causes Tree* Variabel Biaya Tidak Langsung..... 55
4.3.9 *Causes Tree* Variabel Total Biaya Proyek 55

4.4 *Stock and Flow Diagram* 56
4.4.1 *Stock Flow Diagram* pada Sub-Model Material Semen..... 57
4.4.2 *Stock Flow Diagram* pada *Sub Model* Material Pasir 61
4.4.3 *Stock Flow Diagram* pada *Sub Model* Material Batu Split..... 65
4.4.4 *Stock Flow Diagram* pada Sub-Model Material Bata Ringan..... 69
4.4.5 *Stock Flow Diagram* pada Sub-Model Total Biaya Pengadaan 73
4.5 Verifikasi Model 76
4.6 Validasi Model..... 78
4.6.1 Validasi Variabel Penerimaan Semen..... 79
4.6.2 Validasi Variabel Penerimaan Pasir..... 81
4.6.3 Validasi Variabel Penerimaan Batu Split..... 84
4.6.4 Validasi Variabel Penerimaan Bata Ringan..... 86
4.7 Analisis Model Kondisi Eksisting (*Base Model*)..... 88
4.7.1 Analisis *Base Model* Total Biaya Pengadaan Material Semen 88
4.7.2 Analisis *Base Model* Total Biaya Pengadaan Material Pasir..... 89
4.7.3 Analisis *Base Model* Total Biaya Pengadaan Material Batu Split..... 90
4.7.4 Analisis *Base Model* Total Biaya Pengadaan Material Bata Ringan 91
4.7.5 Analisis *Base Model* Total Biaya Pengadaan Material BM..... 92
4.7.6 Analisis *Base Model* Total Biaya Proyek 93
BAB V PENGEMBANGAN SKENARIO DAN ANALISIS HASIL 95
5.1 Pengembangan Skenario..... 95
5.1.1 Menerapkan Metode *Just in Time* (JIT)..... 96
5.1.1.1 Material Semen dengan Metode JIT... 97
5.1.1.2 Material Pasir dengan Metode JIT.... 100
5.1.1.3 Material Batu Split dengan Metode JIT 101

5.1.1.4 Material Bata Ringan dengan Metode JIT 103
5.1.1.5 Total Biaya Pengadaan Barang dengan Metode JIT 105
5.1.2 Menerapkan Metode *Economic Order Quantity (EOQ)* 107
5.1.2.1 Material Semen dengan Metode EOQ 109
5.1.2.2 Material Pasir dengan Metode EOQ . 111
5.1.2.3 Material Batu Split dengan Metode EOQ 113
5.1.2.4 Material Bata Ringan dengan Metode EOQ 116
5.1.2.5 Total Biaya Pengadaan Barang dengan Metode EOQ 118
5.2 Analisis Hasil 120
5.2.1 Analisis Hasil Skenario dengan Metode *Just in Time (JIT)* 120
5.2.2 Analisis Hasil Skenario dengan Metode *Economic Order Quantity (EOQ)* 124
BAB VI PENUTUP 129
6.1 Kesimpulan 129
6.2 Saran 130
DAFTAR PUSTAKA 133
LAMPIRAN A. Tentang PT. PP (Persero) Tbk 137
LAMPIRAN B. Data Hasil Simulasi Base Model 138
LAMPIRAN C. Data Hasil Simulasi Skenario 149
BIODATA PENULIS 157

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Model *Causal Loop Diagram*..... 4
Gambar 1.2 Kerangka Kerja Laboratorium *Sistem Enterprise* 7
Gambar 2.1. Cara Untuk Mempelajari Sistem 17
Gambar 2.2. Tahapan Dalam Sistem Dinamik..... 18
Gambar 2.3. *Loop Identifier*..... 26
Gambar 2.4 Contoh *Causal Loop Diagram* 26
Gambar 3.1 Diagram Metodologi Penelitian 31
Gambar 4.1 *Causal Loop Diagram* Proses Pengadaan Barang 48
Gambar 4.2 *Causes Tree* Variabel Stok Barang..... 52
Gambar 4.3 *Causes Tree* Variabel Permintaan Penagadaan Barang 52
Gambar 4.4 *Causes Tree* Variabel Biaya Tetap..... 53
Gambar 4.5 *Causes Tree* Variabel Biaya Variabel 53
Gambar 4.6 *Causes Tree* Variabel Total Biaya Pengadaan Barang 54
Gambar 4.7 *Causes Tree* Variabel Peningkatan Efisiensi Biaya Pengadaan Barang..... 54
Gambar 4.8 *Causes Tree* Variabel Biaya Langsung 55
Gambar 4.9 *Causes Tree* Variabel Biaya Tidak Langsung.... 55
Gambar 4.10 *Causes Tree* Variabel Total Biaya Proyek 55
Gambar 4.11 Sub-model Material Semen 58
Gambar 4.12 *Loop* pada SFD Material Semen..... 58
Gambar 4.13 Sub-model Material Pasir..... 62
Gambar 4.14 *Loop* pada SFD Material Pasir 62
Gambar 4.15 Sub-model Material Batu Split..... 65
Gambar 4.16 *Loop* pada SFD Material Batu Split 66
Gambar 4.17 Sub-model Material Bata Ringan 69
Gambar 4.18 *Loop* pada Material Bata Ringan..... 70
Gambar 4.19 Sub-model Total Biaya Pengadaan 74
Gambar 4.20 Pengaturan Batasan Waktu yang Dilakukan 77
Gambar 4.21 *Toolbar* untuk melakukan *running model* 77
Gambar 4.22 Tampilan ketika *running model* berhasil dilakukan 77
Gambar 4.23 Tampilan *Model is OK* 78
Gambar 4.24 Tampilan *Units are OK* 78

Gambar 4.25 Grafik Perbandingan Variabel Penerimaan Semen 81
Gambar 4.26 Grafik Perbandingan Variabel Penerimaan Pasir 83
Gambar 4.27 Grafik Perbandingan Variabel Penerimaan Batu Split 85
Gambar 4.28 Grafik Perbandingan Variabel Penerimaan Bata Ringan 87
Gambar 4.29 Grafik Hasil Analisis Variabel Total Biaya Pengadaan Material Semen 89
Gambar 4.30 Grafik Hasil Analisis Variabel Total Biaya Pengadaan Material Pasir 90
Gambar 4.31 Grafik Hasil Analisis Variabel Total Biaya Pengadaan Material Batu Split 91
Gambar 4.32 Grafik Hasil Analisis Variabel Total Biaya Pengadaan Material Bata Ringan 92
Gambar 4.33 Grafik Hasil Analisis Variabel Total Biaya Pengadaan Material Base Model 93
Gambar 4.34 Grafik Hasil Analisis Variabel Total Biaya Proyek 94
Gambar 5.1 Struktur Model Skenario JIT pada Material Semen 98
Gambar 5.2 Grafik Hasil Skenario JIT pada Material Semen 99
Gambar 5.3 Struktur Model Skenario JIT pada Material Pasir 100
Gambar 5.4 Grafik Hasil Skenario JIT pada Material Pasir. 101
Gambar 5.5 Struktur Model Skenario JIT pada Material Batu Split 102
Gambar 5.6 Grafik Hasil Skenario JIT pada Material Batu Split 103
Gambar 5.7 Struktur Model Skenario JIT pada Material Bata Ringan 104
Gambar 5.8 Grafik Hasil Skenario JIT pada Material Bata Ringan 105
Gambar 5.9 Struktur Model Total Biaya Pengadaan Setelah Dilakukan Skenario JIT 106
Gambar 5.10 Grafik Hasil Skenario JIT Total Biaya Pengadaan Material 107

Gambar 5.11 Struktur Model Skenario EOQ pada Material Semen 109
Gambar 5.12 EOQ Semen 110
Gambar 5.13 Grafik Hasil Skenario EOQ pada Material Semen 111
Gambar 5.14 Struktur Model Skenario EOQ pada Material Pasir 111
Gambar 5.15 EOQ Pasir 112
Gambar 5.16 Grafik Hasil Skenario EOQ Pada Material Pasir 113
Gambar 5.17 Struktur Model Skenario EOQ pada Material Batu Split 114
Gambar 5.18 EOQ Batu Split 115
Gambar 5.19 Grafik Hasil Skenario EOQ pada Material Batu Split 115
Gambar 5.20 Struktur Model Skenario EOQ pada Material Bata Ringan 116
Gambar 5.21 EOQ Bata Ringan 117
Gambar 5.22 Grafik Hasil Skenario EOQ pada Material Bata Ringan 118
Gambar 5.23 Struktur Model Total Biaya Pengadaan Setelah Dilakukan Skenario EOQ 119
Gambar 5.24 Grafik Hasil Skenario EOQ pada Total Biaya Pengadaan Material 120
Gambar 5.25 Struktur Peningkatan Efisiensi Biaya Skenario JIT 121
Gambar 5.26 Grafik Perbandingan Hasil Skenario JIT 121
Gambar 5.27 Grafik Peningkatan Efisiensi Biaya JIT 124
Gambar 5.28 Struktur Peningkatan Efisiensi Biaya EOQ 125
Gambar 5.29 Grafik Perbandingan Skenario EOQ 125
Gambar 5.30 Grafik Peningkatan Efisiensi Biaya EOQ 128

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Penelitian Sebelumnya 9
Tabel 2.2 Notasi dalam *stock and flow diagram* 27
Tabel 4.1 Rentang Waktu yang Digunakan..... 40
Tabel 4.2 Informasi Proyek Pembangunan Istora Papua Bangkit 41
Tabel 4.3 *Material Schedule* 42
Tabel 4.4 Penerimaan Material..... 43
Tabel 4.5 Daftar Harga Material 44
Tabel 4.6 Biaya Pemesanan..... 45
Tabel 4.7 Biaya Penyimpanan..... 46
Tabel 4.8 Penjelasan Variabel 48
Tabel 4.10 Persamaan pada Stok Semen..... 59
Tabel 4.11 Persamaan pada Biaya Variabel Semen 59
Tabel 4.12 Persamaan pada Biaya Tetap Semen..... 60
Tabel 4.13 Persamaan pada Total Biaya Pengadaan Semen .. 61
Tabel 4.14 Persamaan pada Stok Pasir..... 63
Tabel 4.15 Persamaan pada Biaya Variabel Pasir 63
Tabel 4.16 Persamaan pada Biaya Tetap Pasir..... 64
Tabel 4.17 Persamaan pada Total Biaya Pengadaan Pasir 65
Tabel 4.18 Persamaan pada Stok Batu Split..... 66
Tabel 4.19 Persamaan pada Biaya Variabel Batu Split 67
Tabel 4.20 Persamaan pada Biaya Tetap Batu Split..... 68
Tabel 4.21 Persamaan pada Total Biaya Pengadaan Batu Split 68
Tabel 4.22 Persamaan pada Stok Bata Ringan..... 70
Tabel 4.23 Persamaan pada Biaya Variabel Bata Ringan 71
Tabel 4.24 Persamaan pada Biaya Tetap Bata Ringan..... 72
Tabel 4.25 Persamaan pada Total Biaya Pengadaan Bata Ringan 73
Tabel 4.26 Persamaan pada Total Biaya Pengadaan Material BM..... 74
Tabel 4.27 Persamaan pada Biaya Langsung 75
Tabel 4.28 Persamaan pada Biaya Tidak Langsung..... 76
Tabel 4.29 Persamaan pada Total Biaya Proyek 76
Tabel 4.30 Perbandingan Data pada Variabel Penerimaan Semen 79

Tabel 4.31 Validasi Variabel Penerimaan Semen 81
Tabel 4.32 Perbandingan Data pada Variabel Penerimaan Pasir 82
Tabel 4.33 Validasi Variabel Penerimaan Pasir 83
Tabel 4.34 Perbandingan Data pada Variabel Penerimaan Batu Split 84
Tabel 4.35 Validasi Variabel Penerimaan Batu Split 85
Tabel 4.36 Perbandingan Data pada Variabel Penerimaan Bata Ringan 86
Tabel 4.37 Validasi Variabel Penerimaan Bata Ringan 88
Tabel 5.1 Pengembangan Skenario yang Dilakukan 95
Tabel 5.2 Persamaan Penambahan Variabel pada Material Semen 98
Tabel 5.3 Persamaan Penambahan Variabel pada Material Pasir 100
Tabel 5.4 Persamaan Penambahan Variabel pada Material Batu Split 102
Tabel 5.5 Persamaan Penambahan Variabel pada Material Bata Ringan 104
Tabel 5.6 Persamaan pada Variabel Total Biaya Pengadaan Material SCN 1 106
Tabel 5.7 Persamaan pada Penambahan Variabel Pada Material Semen 109
Tabel 5.8 Persamaan pada Penambahan Variabel Material Pasir 112
Tabel 5.9 Persamaan pada Penambahan Variabel Material Batu Split 114
Tabel 5.10 Persamaan pada Penambahan Variabel Material Bata Ringan 116
Tabel 5.11 Persamaan pada Variabel Total Biaya Pengadaan Material SCN 2 119
Tabel 5.12 Perbandingan Biaya Skenario JIT 122
Tabel 5.13 Persamaan Peningkatan Efisiensi JIT 123
Tabel 5.14 Perbandingan Penurunan Biaya Skenario EOQ . 126
Tabel 5.15 Persamaan Peningkatan Efisiensi Skenario EOQ 127

BAB I
PENDAHULUAN

Bab ini akan menjelaskan tentang pendahuluan pengerjaan tugas akhir yang meliputi latar belakang, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan penelitian, manfaat yang akan diperoleh, metode yang digunakan, relevansi, dan target luaran dari penelitian tugas akhir ini.

1.1 Latar Belakang

Beberapa tahun terakhir ini, perkembangan industri konstruksi menunjukkan adanya peningkatan yang cukup signifikan. Industri konstruksi memberikan kontribusi penting bagi perekonomian suatu negara melalui kemampuan dalam menyerap tenaga kerja yang terampil [1]. Menurut observasi yang dilakukan oleh Badan Usaha Milik Negara (BUMN), pertumbuhan industri konstruksi diperkirakan dapat mencapai 10 hingga 15 persen seiring dengan berjalannya program Masterplan Percepatan dan Perluasan Pembangunan Ekonomi Indonesia (MP3EI) hingga tahun 2025. Rata-rata pertumbuhan industri konstruksi mencapai 7 hingga 8 persen per tahun [2].

Dalam perkembangannya, industri konstruksi membutuhkan banyak barang atau material yang digunakan dalam pemenuhannya untuk membangun sebuah proyek konstruksi, misalnya pembangunan perumahan, perhotelan, jembatan, dan lain-lain [3]. Karena kebutuhan akan material tersebut tidaklah sedikit, maka biaya yang ditimbulkan dari pengadaan material tersebut sangatlah besar bahkan dapat mencapai 70 persen dari keseluruhan biaya pelaksanaan proyek, sehingga usaha untuk meningkatkan keuntungan perusahaan sangat bergantung pada efisiensi dan efektivitas pada kegiatan pengadaannya. Di samping itu, bahan juga bersifat fluktuatif dan rawan terhadap kenaikan harga, sehingga harus diantisipasi pada saat melakukan *tender*, pemesanan, maupun penyimpanan [4]. Oleh karena itu, pengelolaan pengadaan perlu dilakukan dengan baik.

Untuk mempelajari kegiatan utama dari proses pengadaan, maka perlu pemahaman mengenai rumusan aktivitas pengadaan barang itu sendiri, yaitu bagaimana cara untuk mendapatkan barang dengan harga yang wajar, kualitas yang baik, kuantitas yang sesuai, dilaksanakan pada waktu yang tepat, dan diperoleh dari pemasok yang dapat dipercaya, sehingga mampu menjamin kontinuitas persediaan barang di lapangan untuk keberlangsungan proses produksi dan pengelolaan persediaan barang yang efisien [4].

Agar dapat menjamin ketersediaan barang, maka perlu dilakukan pengendalian atas tiap material-material yang dibutuhkan [3]. Pengendalian terhadap persediaan atau *inventory control* adalah aktivitas mempertahankan jumlah persediaan pada tingkat yang dikehendaki. Persediaan dalam jumlah banyak akan menyebabkan tingginya biaya untuk penyimpanan dan pembelian barang yang bersangkutan. Sebaliknya, bila persediaan terlalu sedikit maka akan berisiko kekurangan barang. Hal ini tentunya akan mengganggu kelancaran proses pembangunan proyek [5].

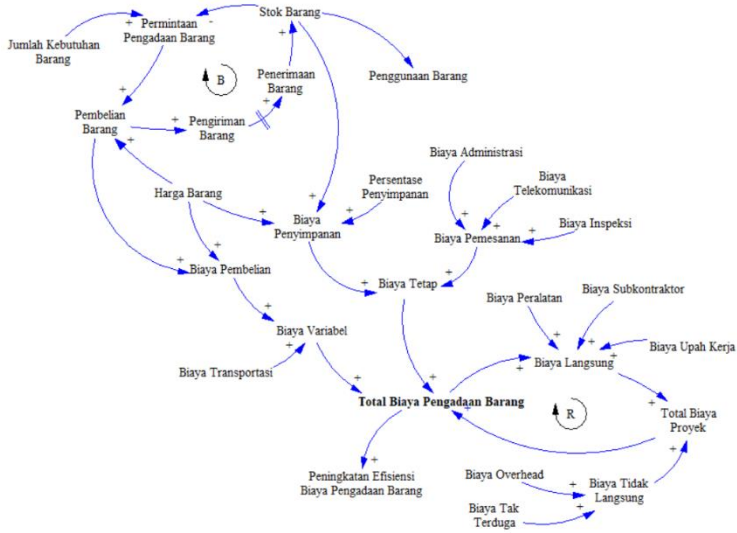
Untuk mengatasi permasalahan tersebut, perlu adanya manajemen inventori yang baik yang harus dilakukan oleh kontraktor selaku pelaksana proyek. Manajemen inventori adalah serangkaian kebijakan dan pengendalian yang memonitor tingkat persediaan dan meberapa banyak pesanan yang harus dilakukan. Manajemen inventori bertujuan untuk menetapkan dan menjamin tersedianya sumber daya bahan yang tepat dan pada waktu yang tepat serta meminimalkan biaya total melalui penjadwalan pengadaan persediaan secara optimal dan efisien [3]. Dengan semakin efisiensi biaya pengadaan barang, maka pelaksanaan proyek yang dilakukan dapat berkelanjutan dan berjalan dengan lancar sesuai jadwal proyek, serta dapat menghasilkan kualitas yang baik sehingga berdampak langsung pada keuntungan yang diperoleh perusahaan [6].

Dari uraian permasalahan yang telah dijelaskan, terdapat beberapa penelitian yang telah dilakukan untuk pemberian solusi mengenai permasalahan pada pengadaan persediaan

barang tersebut. Penelitian yang dilakukan oleh Edy Brameld Manik pada tahun 2010 [3] bertujuan untuk menentukan metode pengendalian persediaan manakah yang memberikan biaya total persediaan paling ekonomis. Pada penelitian ini dilakukan beberapa tahapan, yaitu pengumpulan data material yang digunakan dalam proyek dan rencana pengadaan material yang dilakukan oleh kontraktor, menentukan metode persediaan yang memberikan biaya total persediaan ekonomis, dan hasilnya akan dibandingkan dengan metode pengendalian persediaan yang diterapkan di lapangan. Selain itu, penelitian yang dilakukan oleh Elis Pancawati pada tahun 2007 [7] bertujuan untuk mendapatkan berapa jumlah kebutuhan material yang optimal, biaya pemesanan dan biaya penyimpanan guna untuk menghasilkan total biaya persediaan yang paling minimum. Pada penelitian ini dilakukan beberapa tahapan yaitu perhitungan kebutuhan kotor, perhitungan kebutuhan bersih, perhitungan jumlah pemesanan, serta penentuan waktu pemesanan. Namun, dari kedua penelitian tersebut belum adanya sebuah model simulasi, sehingga dirasa perlu untuk dilakukan penelitian terkait bagaimana model sistem dinamik dari proses pengadaan barang ini dapat meningkatkan efisiensi biaya.

Dari uraian yang telah dijelaskan tersebut, terdapat hal yang melatar belakangi dilakukannya penelitian menggunakan sistem dinamik untuk meningkatkan efisiensi proses pengadaan barang. Konsep dari sistem dinamik adalah pemahaman tentang bagaimana semua objek dalam suatu sistem saling berinteraksi satu sama lain. Sistem dinamik merupakan metodologi untuk mempelajari perubahan perilaku waktu dari sistem yang begitu kompleks, sehingga dapat digunakan untuk memecahkan berbagai macam persoalan dalam berbagai bidang. Tidak seperti metodologi lainnya yang mengkaji permasalahan menjadi bagian-bagian yang lebih kecil, melainkan metodologi sistem dinamik menggunakan hubungan sebab-akibat sebagai dasar dalam mengenali dan memahami tingkah laku sistem. Permasalahan yang dapat dijadikan permodelan melalui sistem dinamik adalah permasalahan yang mempunyai sifat dinamis

yaitu kondisi yang selalu berubah terhadap waktu dan struktur fenomenanya yang mengandung paling sedikit satu struktur umpan balik. Tujuan dilakukannya sistem dinamik adalah untuk memahami bagaimana cara kerja masing-masing variabel yang membangun sebuah sistem, mengoptimalkan hasil kinerja sistem, dan meramalkan kinerja sistem di masa yang akan datang berdasarkan hasil kerja yang optimal [8]. Adapun permodelan *causal loop diagram* yang dikembangkan pada penelitian tugas akhir ini dapat dilihat pada Gambar 1.1.



Gambar 1.1 Model *Causal Loop Diagram*

Proses pengadaan barang sendiri dilakukan dengan proses bisnis yang kompleks sehingga digunakan metode permodelan dan simulasi menggunakan metode sistem dinamik yang mampu melibatkan hubungan sebab-akibat dengan mempertimbangkan unsur eksternal maupun internal dengan cara yang non-linear dan dinamis. Dengan menggunakan metode pemodelan melalui simulasi sistem, analisis bisa dilakukan secara cepat, tidak memakan banyak tempat, dan murah dibandingkan implementasi secara langsung pada sistem yang memiliki resiko kegagalan yang sangat besar. Sehingga

diharapkan hal ini dapat memberikan sebuah rekomendasi yang nantinya akan menjadi alternatif solusi bagi PT PP untuk meningkatkan efisiensi proses pengadaan barang yang dilakukan.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas, maka permasalahan yang harus diselesaikan adalah sebagai berikut:

1. Faktor-faktor apa saja yang memengaruhi peningkatan efisiensi proses pengadaan barang pada PT PP?
2. Bagaimana melalui skenario model sistem dinamik dapat meningkatkan efisiensi proses pengadaan barang pada PT PP?

1.3 Batasan Permasalahan

Berdasarkan pada permasalahan diatas, maka batasan masalah untuk tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Penelitian ini dilakukan mengenai proses pengadaan barang di perusahaan jasa konstruksi.
2. Variabel yang digunakan pada penelitian ini sebatas pada hal yang terjadi pada proses pengadaan barang.
3. Barang yang digunakan pada penelitian ini yakni semen, pasir, batu split, dan bata ringan.

1.4 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian berdasarkan latar belakang permasalahan yang telah dijelaskan adalah sebagai berikut:

1. Melakukan permodelan proses pengadaan barang pada PT PP dengan menggunakan model sistem dinamik.
2. Meningkatkan efisiensi proses pengadaan barang pada PT PP melalui pengembangan skenario model sistem dinamik.

1.5 Manfaat Penelitian

Melalui tugas akhir ini diharapkan dapat memberi manfaat yaitu:

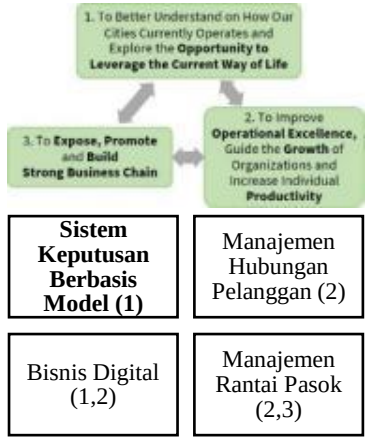
1. Bagi akademisi, mengenalkan teori permodelan dan skenario sistem dinamik untuk sistem pendukung keputusan dalam meningkatkan efisiensi proses pengadaan barang.
2. Bagi perusahaan, memberikan alternatif solusi bagi perusahaan jasa konstruksi dalam meningkatkan efisiensi proses pengadaan barang serta dapat membantu dalam pengambilan kebijakan keputusan untuk meningkatkan efisiensi proses pengadaan barang di perusahaan jasa konstruksi.

1.6 Metode

Metode yang digunakan dalam melakukan penelitian tugas akhir ini adalah dengan menggunakan permodelan sistem dinamik. Penelitian dimulai dari menentukan permasalahan dalam sistem yang hendak diselesaikan dalam penelitian tugas akhir, yaitu bagaimana meningkatkan efisiensi proses pengadaan barang di perusahaan jasa kosntruksi. Kemudian menentukan karakteristik dari sistem tersebut yang meliputi tujuan (*objective*) sistem, kriteria sistem, interval waktu sistem, sifat statis atau dinamis, menentukan variabel, parameter, dan hubungan antar keduanya. Selanjutnya dilakukan pembuatan model dalam bentuk *causal loop diagram*. Dari model tersebut, langkah selanjutnya adalah menetukan satuan dan membuat formulasi model yaitu berupa rumus matematis dari permodelan tersebut, yang kemudian dinamakan *stock and flow diagram*. Setelah pembuatan *stock and flow diagram*, maka tahap selanjutnya yaitu verifikasi model untuk memastikan bahwa tidak terjadi kesalahan dalam memasukkan data, formulasi, dan modelnya. Sedangkan validasi model dilakukan untuk mengecek apakah model sesuai dengan kondisi yang sebenarnya dengan tepat atau tidak. Kemudian, menyusun skenario dengan memberikan beberapa perubahan kondisi terhadap variabel sehingga dihasilkan *output* yang berbeda dengan model awal. Terakhir adalah menganalisis untuk mendapatkan model baru berdasarkan hasil dari penyususan skenario, yang kemudian dipilih satu skenario yang ideal sehingga memberikan *output* terbaik.

1.7 Relevansi

Relevansi tugas akhir dengan apa yang sudah penulis pelajari saat mengikuti kegiatan perkuliahan di Departemen Sistem Informasi Institut Teknologi Sepuluh Nopember berkaitan dengan mata kuliah Sistem Keputusan Berbasis Model, dimana mata kuliah ini termasuk dalam mata kuliah yang tersedia di Laboratorium Sistem Enterprise (SE). Laboratorium Sisitem Enterprise merupakan salah satu dari lima laboratorium yang ada di Sistem Informasi Institut Teknologi Sepuluh Nopember dengan kata lain usulan tugas akhir ini sesuai dengan ranah penelitian yang terdapat di Departemen Sistem Informasi seperti yang terdapat pada Gambar 1.1 dibawah ini.



Gambar 1.2 Kerangka Kerja Laboratorium *Sistem Enterprise*

1.8 Target Luaran

Target luaran yang diharapkan dari tugas akhir ini adalah makalah lokal ITS atau POMMITS, sehingga dengan adanya luaran dari tugas akhir ini dapat memberikan sebuah rekomendasi bagi perusahaan PT PP agar dapat meningkatkan efisiensi proses pengadaan barang.

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB II
TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini akan menjelaskan tinjauan pustaka yang terdiri dari landasan-landasan yang akan digunakan dalam penelitian tugas akhir ini, mencakup penelitian-penelitian sebelumnya, kajian pustaka, dan teori pendukung yang dapat membantu pemahaman selama pengerjaan tugas akhir.

2.1 Penelitian Sebelumnya

Terdapat beberapa penelitian yang memiliki topik yang serupa dengan penelitian ini, diantaranya akan dijelaskan pada Tabel 2.1 dibawah ini.

Tabel 2.1 Penelitian Sebelumnya

Penelitian 1	
Judul	*A Dynamic Model of Procurement Risk Element Transmission in Construction Project*
Nama, Tahun	Cunbin LI; Yunqi LIU; Shuke LI, 2015.
Gambaran umum penelitian	Penelitian ini membahas tentang risiko pengadaan yang dapat memengaruhi durasi dan biaya proyek. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah menggunakan sistem dinamik. Hasil akhir penelitian adalah model yang dikembangkan dapat memberikan informasi penting bagi manajer risiko dan manajer proyek yang menangani risiko pengadaan [9].
Keterkaitan penelitian	Penelitian ini memberikan gambaran terkait *causal loop diagram* dan *stock and flow diagram* terhadap penelitian tugas akhir ini. Adapun juga formulasi dan satuan dari tiap variabel yang juga memberikan gambran untuk penelitian tugas akhir ini. Kekurangan dari penelitian ini adalah tidak dilakukannya validasi, verifikasi dan skenariosasi sehingga data yang ditampilkan hanyalah data simulasi.

Penelitian 2	
Judul	Analisa Metode Pengendalian Persediaan Pada Proyek Pembangunan Ciputra World Mall
Nama, Tahun	Edy Brameld Manik, 2010.
Gambaran umum penelitian	Penelitian ini membahas tentang persediaan material yang dibutuhkan untuk mengerjakan proyek pembangunan Ciputra World Mall. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan metode pengendalian persediaan material yang memberikan biaya total yang paling ekonomis. Hasil akhir dari penelitian ini adalah metode yang digunakan untuk menghasilkan biaya total yang ekonomis adalah metode algoritma Wagner dan Within. Metode ini memberikan penghematan biaya sebesar 6% dari biaya total persediaan perencanaan proyek [3].
Keterkaitan penelitian	Penelitian ini memiliki permasalahan yang relevan terhadap penelitian pada tugas akhir ini yang nantinya akan dijadikan input untuk permodelan material yang akan dibuat. Dari input tersebut akan dijadikan variabel-variabel dalam pembuatan *causal loop diagram*. Adapun juga metode yang digunakan dengan melakukan teknik perhitungan yang dapat dijadikan masukan sebagai pembuatan skenario.
Penelitian 3	
Judul	Perencanaan Persediaan Material Pada Proyek Pembangunan Trillium Office & Residence Surabaya
Nama, Tahun	Elis Pancawati, 2013.
Gambaran umum penelitian	Penelitian ini membahas tentang perencanaan persediaan material pada proyek pembangunan Trillium Office & Residence Surabaya. Terdapat beberapa metode yang digunakan untuk kebutuhan material yang sifatnya saling bergantungan (*dependent*). Penelitian ini menggunakan 4 teknik perhitungan, yang kemudian dianalisis dan ditarik

	kesimpulan teknik manakah yang menghasilkan jumlah pesanan yang optimal dan memberikan total biaya persediaan minimum [7].
Keterkaitan penelitian	Penelitian ini memiliki permasalahan yang relevan terhadap penelitian pada tugas akhir ini yang nantinya akan dijadikan input untuk permodelan material yang akan dibuat. Dari input tersebut akan dijadikan variabel-variabel dalam pembuatan *causal loop diagram*. Adapun juga metode yang digunakan dengan melakukan teknik perhitungan yang dapat dijadikan masukan sebagai pembuatan skenario.
Penelitian 4	
Judul	Studi Manajemen Persediaan *Just in Time* pada Proyek Konstruksi Gedung KPP Menteng
Nama, Tahun	Edward Rizky Ahadian, 2017
Gambaran umum penelitian	Penelitian ini membahas tentang studi terhadap metode *just in time* yang dilakukan pada proyek konstruksi pembangunan gedung Kantor Pusat Pajak (KPP) Menteng dengan kontraktor pelaksana oleh PT. Pembangunan Perumahan (PT. PP). Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa pengelolaan persediaan dengan penedakatan *just in time* dalam proses produksi proyek KPP Menteng terdapat sedikit modifikasi pada prinsip *just in time* pada umumnya. Beberapa modifikasi tersebut antara lain yaitu adanya *buffer* sebagai antisipasi terhadap variasi yang ada, sedangkan hal ini berlawanan dengan prinsip dasar *just in time* yaitu menghilangkan *buffer* [5].
Keterkaitan penelitian	Penelitian ini memberikan gambaran terkait penentuan strategi skenario kebijakan yang akan dilakukan pada penelitian tugas akhir ini. Dalam penerapannya, dapat diketahui upaya-upaya yang dapat dilakukan untuk memenuhi tujuan skenario kebijakan tersebut.

2.2 Dasar Teori

Pada bagian ini dijelaskan mengenai teori-teori yang menjadi landasan untuk mendukung penelitian tugas akhir ini.

2.2.1 Efisiensi

Menurut Mulyadi, efisiensi adalah ketepatan cara (usaha atau kerja) dalam menjalankan sesuatu dengan tidak membuang-buang waktu, tenaga, dan biaya serta kemampuan untuk menjalankan tugas dengan baik dan tepat [10]. Semakin hemat atau sedikit penggunaan sumber daya, maka proses tersebut dikatakan semakin efisien. Sehingga, efisiensi dapat diartikan dengan bentuk usaha yang dilakukan dalam menjalankan sesuatu dengan baik dan tepat serta meminimalisir penggunaan sumber daya yang ada.

Suatu tindakan dikatakan efisien apabila mencapai hasil yang maksimum dengan usaha yang diberikan. Dalam pengertian yang umum, suatu perusahaan yang efisien adalah suatu perusahaan yang dalam produksinya menghasilkan barang atau jasa dengan cepat dan lancar dengan biaya yang minimum [11].

2.2.2 Proses Pengadaan Barang

Proses pengadaan barang (*procurement*) secara garis besar dapat dibagi dalam beberapa tahap kegiatan, yaitu [4]:

1. **Tahap Perencanaan**
   Kegiatan ini mencapuk beberapa aktivitas penting, yaitu:
   a. Menyusun jadwal pendatangan material proyek yang merujuk pada *Master Schedule* proyek. Jadwal ini disusun oleh Manajer Teknik dan disetujui oleh Project Manager (PM).
   b. Adanya permintaan pengadaan bahan dari unit yang memerlukan dan dinyatakan dengan Surat Permintaan Pembelian (SPP) yang menguraikan dengan jelas produk yang dipesan yaitu tentang volume material, waktu pengiriman atau penerimaan, nama, merk, dan spesifikasi material.

2. **Tahap Seleksi**

   Tahap seleksi terhadap calon produsen atau calon pemasok, dengan aktivitas sebagai berikut:

   a. Unit Pembelian mencari penawaran harga dari beberapa pemasok (*supplier*) berdasarkan spesifikasi yang ditentukan oleh unit peminta. Biasanya minimal 3 pemasok.
   b. Unit Pembelian melakukan klarifikasi dan negosiasi harga atas penawaran dari calon-calon pemasok. Materi klarifikasi dalam kegiatan ini meliputi:
      - Spesifikasi bahan baku yang digunakan
      - Spesifikasi bahan hasil produksi
      - Kemampuan produksi serta pasokannya
      - Harga satuan bahan yang ditawarkan
   c. Proses seleksi ini dilaksanakan untuk memperoleh jaminan bahwa pemasok (*supplier*) yang dimintakan penawaran atau dibeli produknya mampu memproduksi dan menyerahkan bahan sesuai kualitas dan kuantitas yang disyaratkan.

3. **Tahap Pembelian**

   Tahapan ini dilaksanakan dengan urutan sebagai berikut:

   a. Pimpinan Unit Logistik memutuskan harga final yang dituangkan dalam berita acara negosiasi dan disetujui oleh kedua belah pihak dengan dasar pertimbangan kemampuan *delivery*, kualitas bahan, dan harga yang wajar.
   b. Menyiapkan Surat Pesanan (SP) atau *Purchase Order* (PO) yang memuat hal-hal sebagai berikut:
      - Kuantitas bahan yang dipesan
      - Uraian bahan
      - Spesifikasi bahan
      - Harga satuan bahan
      - Waktu penyerahan bahan
      - Cara pembayaran
      - Syarat-syarat pembayaran

- Harga satuan dan total yang disepakati
- Kewajiban dan sanksi masing-masing pihak
- Penyelesaian bila terjadi "*dispute*"

c. Memantau pengiriman bahan.

4. Tahap Penerimaan

Pada tahapan ini kegiatan penerimaan bahan dapat berfungsi antara lain sebagai pengendalian material karena aktivitas penerimaan menyangkut hal-hal seperti:

a. Aktivitas penerimaan bahan:
    - Kedatangan bahan
    - Penerimaan
    - Penyimpanan
    - Pemeliharaan
    - Pencatatan/Administrasi
    - Pengiriman/Distribusi ke Pemakai

b. Petugas penerimaan barang di proyek menerima barang berdasarkan SP/Kontrak yang telah disepakati kedua belah pihak dan dilakukan pemeriksaan dengan ketentuan sebagai berikut:
    - Bahan harus sesuai dengan spesifikasi dan kualitas yang disyaratkan. Petugas *Quality Control (QC)* Proyek melakukan inspeksi untuk memeriksa apakah bahan sesuai dengan mutu dan spesifikasi sebagaimana dipersyaratkan dalam kontrak.
    - Jika memenuhi syarat, bahan disimpan di dalam gudang dan dicatat dalam Bon Penerimaan Gudang (BPG), jika tidak bahan ditolak.
    - Petugas mencatat penerimaan dan pengeluaran bahan pada Kartu *Stock*.
    - Setiap akhir bulan melakukan pemeriksaan berkala untuk menentukan apakah bahan masih layak dipakai. Untuk bahan yang tidak layak pakai, bahan tersebut

dipisahkan penyimpanannya dan diproses serta ditindaklanjuti sesuai prosedur *Non-Conforming Product* IS0 9000.

- Menyerahkan bahan kepada si pemakai di lapangan berdasarkan Bon Permintaan Pengeluaran Bahan (BPPB) dan mencatatnya pada kartu *stock* (persediaan bahan).

5. Tahap Pembayaran

Tahapan pembayaran kepada *supplier*/pemasok dilaksanakan berdasarkan kesepakatan yang tercantum dalam SP/PO/Kontrak. Cara pembayaran yang berlaku adalah sebagai berikut:

1. Pembayaran diproses. Semua pembayaran yang dilakukan atas transaksi kepada produsen tidak diperkenankan dengan pembayaran tunai, melainkan harus diproses sesuai prosedur yang berlaku dan dibayarkan dengan cara T/T (*Telegraphic Transfer*) melalui bank yang disepakati.
2. Pembayaran dengan L/C (*Letter of Credit*). Berdasarkan jenisnya L/C dapat dibagi atas dua macam, yaitu L/C lokal dan LIC impor. Yang dimaksud L/C lokal adalah L/C yang dibuka untuk transaksi di dalam negeri dan harus dalam mata uang rupiah. Sedangkan L/C impor adalah L/C yang dibuka untuk transaksi dengan penjual yang beralamat di luar negara RI, alat pembayarannya bisa dalam bentuk valuta asing. Namun pada dasarnya jenis L/C yang umum dipergunakan perusahaan adalah *Sight* L/C (Segera Dilunasi) atau *Usance* L/C yang artinya Pelunasan Berjangka.

6. Tahap Evaluasi

Setelah beberapa tahapan aktivitas pembelian dilalui, maka sampailah kini pada tahapan evaluasi. Kegiatan evaluasi terhadap produsen/*supplier* dilaksanakan setiap saat atas dasar realisasi pemasokan terhadap

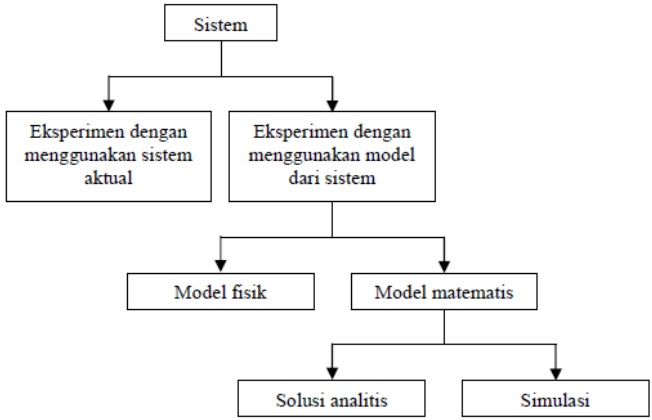
rencana kuantitas, kualitas, dan waktu pengiriman yang disyaratkan dalam SP/PO/Kontrak. Dengan tujuan untuk menjamin agar bahan yang dipasok sesuai persyaratan yang disepakati.

2.2.3 Jasa Konstruksi

Secara umum, jasa konstruksi mempunyai definisi yang sangat luas. Namun, bidang-bidang kegiatan jasa konstruksi meliputi perencanaan, pelaksanaan, dan pengawasan pekerjaan konstruksi [12]. Undang-Undang tentang Jasa Konstruksi No. 18 Tahun 1999 mengenai ketentuan umum menyebutkan bahwa jasa konstruksi adalah layanan jasa konsultasi perencanaan pekerjaan konstruksi, layanan jasa pelaksanaan pekerjaan konstruksi dan layanan jasa konsultasi pengawasan pekerjaan konstruksi. Sedangkan pengertian pekerjaan konstruksi adalah keseluruhan atau sebagian rangkaian kegiatan perencanaan dan/atau pelaksanaan beserta pengawasan yang mencakup pekerjaan arsitektural, sipil, mekanikal, elektrikal, dan tata lingkungan masing-masing beserta kelengkapannya untuk mewujudkan suatu bangunan atau bentuk fisik lain [4].

2.2.4 Sistem

Pengertian sistem menurut Williams dan Sawyer adalah sekumpulan komponen yang saling berhubungan dan berinteraksi untuk melakukan sebuah pekerjaan untuk mencapai suatu tujuan tertentu [13]. Menurut Law dan Kelton, berikut adalah cara untuk mempelajari sebuah sistem yang dapat dilihat pada Gambar 2.1 dibawah ini [14].



Gambar 2.1. Cara Untuk Mempelajari Sistem

Berdasarkan gambar diatas, untuk menggunakan sebuah sistem terbagi menjadi dua yaitu eksperimen dengan menggunakan sistem aktual dan eksperimen dengan menggunakan model dari sistem. Namun, eksperimen menggunakan sistem aktual jarang digunakan karena membutuhkan biaya yang besar dan dapat menggangu jalannya sistem. Oleh karena itu, dipilihlah eksperimen dengan menggunakan model. Karena dengan menggunakan model, dapat mengetahui seberapa akurat model nya dan diperlukan validasi model. Sehingga diperlukan model matematis, karena dengan begitu dapat merepresentasikan sistem secara logical dan hubungan kuantitatif yang kemudian dimanipulasi untuk melihat reaksi model. Solusi analitis digunakan jika modelnya sederhana, sehingga dimungkinkan untuk membuat simulasi model yang nantinya dapat melatih model dengan berbagai *input* dan melihat dampaknya pada *output*.

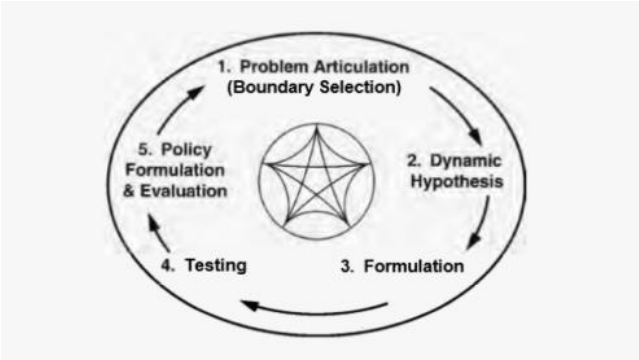
2.2.5 Model

Model adalah sebuah abstraksi dari dunia nyata yang disederhanakan sehingga hanya parameter-parameter dan variabel-variabel yang penting saja yang muncul dalam bentuknya. Sebuah model dapat mencerminkan atau menggambarkan dari sebuah objek, proses, situasi atau sistem.

Secara lebih luas, sebuah model dapat mengungkapkan dan menjelaskan tantangan hubungan dari berbagai komponen, aksi, dan reaksi serta hubungan sebab akibat [13]. Menurut Sterman, permodelan adalah sebuah proses umpan balik, bukan suatu tahapan langkah linear. Model dilakukan melalui iterasi yang konstan, pertanyaan yang berkelanjutan, pengujian, dan penyempurnaan [15].

2.2.6 Sistem Dinamik

Sistem dinamik pertama kali diperkenalkan di *Masschusetts Institute of Technology* (MIT) oleh Jay W. Forrester pada tahun 1950, yang merupakan suatu metode simulasi yang didasarkan pada hubungan sebab-akibat dari berbagai macam variabel dalam sistem yang digunakan untuk memahami permasalahan yang kompleks. Dengan memprioritaskan pada kebijakan dan bagaimana kebijakan tersebut dapat menentukan tingkah laku masalah yang dimodelkan dalam suatu sistem dinamik. Gambar 2.2 menunjukkan tahapan dalam metode sistem dinamik, antara lain [15]:



Gambar 2.2. Tahapan Dalam Sistem Dinamik

1. Problem Articulation (Boundary Selection)

Sebelum melakukan pengembangan model, tahap pertama yang dilakukan adalah mengidentifikasi permasalahan dan mengapa hal tersebut menjadi permasalahan yang dihadapi. Mengetahui permasalahan serta memahami tujuan dilakukannya permodelan merupakan unsur penting untuk keberhasilan

sebuah model. Agar sebuah model dapat berguna, model tersebut harus mengatasi masalah tertentu dan menyederhanakannya, daripada memodelkan keseluruhan sistem secara detail. Terdapat dua proses yang dilakukan, yaitu:

a. Theme Selection

Sebelum melakukan permodelan, penting bagi seorang pemodel untuk mengetahui permasalahan apa yang akan diatasi. Selain itu, tujuan model juga perlu diidentifikasi dengan jelas. Agar sebuah model dapat bermanfaat dan dapat mengatasi permasalahan yang ada, model tersebut harus memilik tujuan yang jelas dan dapat mengatasi permasalahan, serta membuatnya menjadi lebih sederhana daripada mencoba untuk mencerminkan seluruh sistem secara rinci.

b. Defining Key Variables

Sebuah model harus memiliki batasan terkait variabel apa saja yang perlu berada di dalam model dan apa saja variabel yang tidak perlu. Hal selanjutnya adalah memberikan kriteria-kriteria untuk memutuskan apa yang dapat diabaikan sehingga hanya fitur-fitur penting yang diperlukan untuk memenuhi tujuan dikembangkannya model tersebut.

c. Time Horizon

Time horizon atau jangka waktu sebaiknya memiliki gambaran ke belakang yang cukup jauh, sehingga dapat menunjukkan bagaimana suatu masalah dapat terjadi, serta menggambarkan gejala dari permasalahan tersebut.

d. Dynamic Problem Definition (Reference Modes)

Reference modes atau mode referensi adalah seperangkat grafik dan data deskriptif lainnya yang menunjukkan perkembangan masalah dari waktu ke waktu. Mode referensi juga menjelaskan perilaku historis dari konsep dan variabel utama dalam model.

2. Dynamic Hypothesis

Setelah masalah diidentifikasi dan dikarakterisasi dalam jangka waktu yang sesuai, tahap selanjutnya adalah melakukan hipotesis dinamik untuk menjelaskan perilaku permasalahan

dalam hal umpan balik yang mendasarinya. Hipotesis bersifat dinamik karena harus memberikan penjelasan tentang dinamika yang mencirikan masalah dalam hal umpan balik yang mendasarinya dalam struktur stok dan aliran sistem, serta dapat membantu jalannya proses permodelan agar fokus ke struktur atau bagian-bagian tertentu. Sebagian besar dari proses permodelan yaitu menguji hipotesis dinamik, baik dengan model simulasi maupun dengan eksperimen dan pengumpulan data di dunia nyata.

a. ***Initial Hypothesis Generation***
   Sebuah masalah terjadi karena suatu penyebab tertentu. Oleh karena itu, perlu dilakukan hipotesis awal untuk dapat memperkirakan penyebab awal terjadinya permasalahan pada sistem.
b. ***Endogenous Explanation***
   Merumuskan hipotesis dinamik yang menjelaskan dinamika sebagai suatu sistem melalui interaksi variabel yang diwakili dalam model, dengan menentukan bagaimana sistem terstruktur dan aturan keputusan dalam sistem.
c. ***Mapping***
   Mengembangkan struktur sebab-akibat berdasarkan hipotesis awal, variabel-variabel terkait, mode referensi, dan data lainnya yang tersedia, seperti:
   - *Model Boundary Chart:* Mendefinisikan batas ruang lingkup model dengan mendetailkan variabel mana yang dimasukkan secara endogen, eksogen, dan yang dikeluarkan dari model.
   - *Subsystem Diagram:* Menjelaskan arsitektur keseluruhan model. Setiap subsistem disambungkan dengan subsistem satu dengan yang lainnya. Selain itu, diagram subsistem menyampaikan informasi tentang batasan tingkat agregasi dalam model dengan menunjukkan jumlah dan jenis variabel yang diwakili.
   - *Causal Loop Diagram:* Sebuah alat yang fleksibel dan berguna untuk memprogram struktur umpan

balik pada sistem dalam *domain* apapun. Diagram kausal hanyalah peta yang menunjukkan hubungan sebab akibat antara variabel-variabel dengan panah dari sebab akibat.

- *Stock and Flow Maps:* Menggambarkan struktur fisik dari apa yang mendasari dari suatu model. *Stock and flow* melacak akumulasi bahan, uang, dan informasi saat mereka bergerak melalui suatu sistem. *Stock* meliputi inventaris produk, populasi, akun keuangan, nilai buku, dan uang tunai. *Flow* adalah tingkat kenaikan atau penurunan *stock*, seperti produksi dan pengiriman, kelahiran dan kematian, pinjaman dan pembayaran kembali, investasi dan depresiasi, serta pemasukan dan pengeluaraan.
- *Policy Structure Diagram:* Merupakan diagram sebab akibat yang menunjukkan *input* informasi ke aturan keputusan tertentu. Diagram ini berfokus pada isyarat informasi untuk mengatur laju aliran dalam sistem. Oleh karena itu, ditunjukkan struktur kausal dan keterlambatan waktu yang terlibat dalam keputusan tertentu daripada struktur kausal dari keseluruhan sistem.

3. Formulation a Simulation Model

Tahap selanjutnya adalah menguji hipotesis dinamik secara langsung melalui pengumpulan data atau eksperimen ke dalam sistem nyata. Namun, pada kasus lain, eksperimen ke dalam sistem nyata tidak mungkin untuk dilakukan sehingga perlu dilakukan percobaan pada dunia virtual. Untuk melakukannya, maka perlu dilakukan formalisasi model konseptual. Dengan melakukan formalisasi model konseptual, maka konsep-konsep yang tidak jelas dan kontradiksi yang terdapat pada model dapat terselesaikan. Formulasi model simulasi dilakukan dengan memberikan parameter, rumus perhitungan, serta kondisi awal pada model. Pada tahapan formulasi model ini, berbagai macam pengujian dapat dilakukan untuk mengidentifikasi kekurangan

dalam formulasi yang diusulkan dan meningkatkan pemahaman tentang sistem.

4. Testing

Pengujian dimulai ketika telah menulis formulasi pada model. Bagian dari pengujian adalah membandingkan perilaku yang disimulasikan dari model dengan perilaku *actual* dari sistem. Setiap variabel harus sesuai dengan konsep yang ada di dunia nyata pada saat ini. Setiap persamaan harus diperiksa konsistensinya, sehingga tidak ditemukan satuan yang berbeda dalam satu persamaan yang sama. Terdapat jenis beberapa pengujian pada model, antara lain:

a. Boundary Adequency Test

Pengujian ini digunakan untuk mengetahui apakah model sudah cukup mengatasi masalah dan perilakunya sesuai dengan perilaku sistem. Langkah pertama yang dilakukan adalah menentukan batasan masalahnya. Kemudian, dilakukan pengujian terhadap *subsystem diagram, causal loop diagram,* dan *stock flow diagram,* membandingkan dengan literatur terkait, dan mendiskusikan dengan ahli yang sesuai.

b. Structure Assessment Test

Pengujian ini digunakan untuk mengetahui kesesuaian struktur dan tingkat agregasi model telah relevan dengan sistem, serta mengetahui apakah model dapat digunakan untuk mengambil keputusan sesuai dengan kebutuhan sistem. Langkah yang dilakukan pada pengujian ini adalah memeriksa persamaan pada model, pengujian laboratorium, melakukan eksperimen, dan mendiskusikan dengan ahli yang sesuai.

c. Dimensional Consistency Test

Dimensional consistency merupakan salah satu pengujian yang paling mendasar yang dilakukan terlebih dahulu. Pengujian ini digunakan untuk memastikan apakah setiap persamaan dan satuan telah sesuai dengan sistem. Setiap persamaan harus konsisten secara dimensi tanpa menyertakan faktor penskalaan yang tidak memiliki makna dalam kondisi actual.

d. Parameter Assessment Test

Pengujian ini digunakan untuk mengetahui kesesuaian nilai parameter pada variabel model telah konsisten dan relevan dengan sistem. Nilai pada parameter harus diperhatikan secara teliti. Pengujian ini dilakukan dengan menggunakan metode *statistic* dan pengujian model untuk mengkalibrasi subsistem.

e. Extreme Condition Test

Extreme condition merupakan pengujian pada model dengan memasukkan nilai ekstrem sebagai *input* pengujian, dimana pada dunia nyata nilai ekstrem tersebut terjadi kemungkinan yang sangat kecil. Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui apakah model tetap berperilaku secara realistis walaupun dengan *input* yang memiliki nilai ekstrem. Langkah yang dilakukan yaitu memeriksa setiap persamaan untuk menghindari dari nilai yang tidak diharapkan dan selanjutnya menguji hasil terhadap nilai ekstrem sebagai masukan.

f. Integration Error Test

Integration error melakukan pengujian terhadap *time step* yang digunakan pada model, apakah hasil dari simulasi tersebut sensitive terhadap *time step* (langkah waktu) yang digunakan untuk memperkirakan dinamika dari model dari waktu ke waktu. Pengujian ini dilakukan dengan memotong *time step* menjadi dua dan diuji perubahan dalam perilakunya, kemudian digunakan metode integrase yang berbeda dengan menguji perubahan perilaku.

g. Behaviour Reproduction Test

Cara untuk melakukan pengujian ini adalah dengan menggunakan metode statistik deskripstif. Tujuannya untuk menilai kecocokan titik demi titik. Dengan menggunakan statistik deskriptif, perhitungan *error* dilakukan di setiap titik data yang ada.

h. Behavior Anomaly Test

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui seberapa penting sebuah hubungan yang terdapat pada model. Jika modifikasi atau elimisnasi pada hubungan menyebabkan terjadinya perilaku anomali pada model, maka hubungan tersebut adalah hubungan yang penting. Untuk melakukan

pengujian ini, dilakukan pergantian variabel atau persamaan pada variable.

i. Family Member Test

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui apakah model yang dikembangkan dapat merepresentasikan perilaku dari sistem lain yang memiliki kelas yang sama. Pengujian ini sangat membantu ketika kelas sistem yang dibahas oleh model mencakup berbagai pola perilaku yang berbeda. Pengujian ini dilakukan dengan mengkalibrasi model yang telah dikembangan untuk di periksa kembali dengan sistem lain.

j. Surprise Behavior Test

Pengujian ini digunakan untuk mengetahui apakah terjadi perilaku tertentu pada model ketika kondisi yang sebelumnya tidak dikenali atau model dapat mengantisipasi perkembangan dari sistem. Untuk melakukan pengujian ini, dilakukan pengujian model untuk mensimulasikan kemungkinan perilaku sistem di masa depan dengan menambahkan variabel pada model.

k. Sensitivity Analysis Test

Pengujian ini digunakan untuk mengetahui seberapa besar perubahan hasil dari perubahan variabel yang dilakukan. Ada 3 jenis sensitivitas, yaitu:

l. System Improvement Test

Tujuan akhir permodelan adalah untuk menyelesaikan masalah. Pengujian ini melakukan penilaian apakah proses permodelan membantu mengubah sistem menjadi lebih baik. Agar dapat melewati pengujian ini, proses permodelan harus dapat mengidentifikasi kebijakan yang mengarah pada perbaikan. Selain itu, permodelan yang dila0kukan harus memberikan efek positif terhadap kinerja system.

5. Policy Formulation and Evaluation

Ketika struktur dan perilaku model telah sesuai, maka model tersebut dapat digunakan untuk merancang dan mengevaluasi kebijakan untuk dilakukan perbaikan. Pada tahap ini, merancang kebijakan lebih dari sekedar mengubah nilai parameter, melainkan mencakup pembuatan strategi, struktur, dan aturan keputusan yang baru. Karena struktur umpan balik

dari suatu sistem menentukan dinamika, dan sebagian besar waktu kebijakan dengan *leverage* tinggi akan melibatkan perubahan *loop* umpan balik dengan mendesain ulang struktur stok dan aliran (*stock and flow),* menghilangkan penundaan waktu, mengubah aliran dan kualitas informasi yang tersedia

Menurut Mani, pendekatan dengan sistem dinamik merupakan mempunyai keuntungan sebagai berikut [16]:

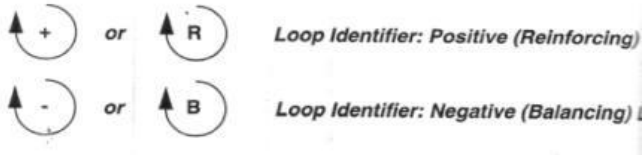
1. Memiliki *causal loop diagram* dan *stock and flow diagram* yang diformulasikan untuk menunjukkan keadaan secara alamiah serta arah hubungan dari setiap variabel dan sub sistem dalam sistem dinamik.
2. Keputusan pengambilan kebijakan dapat bervariasi berdasarkan simulasi pada periode tertentu. Selain itu, pengambilan keputusan dapat memberikan umpan balik dalam sistem sehingga dapat memepermudah dalam pembuatan kebijakan pengambilan keputusan.
3. Hubungan linier dan non linier dapat dihubungkan.
4. Kejadian penundaan secara fisik dan informasi dapat dipadukan.
5. Informasi dapat dimasukkan untuk memperkuat data *statistic* yang kadang kala tidak dapat langsung digunakan dalam sistem.

2.2.7 *Causal Loop Diagram*

Untuk menggambarkan sebuah konsep umpan balik pada suatu sistem, dalam sistem dinamik dikenal dengan diagram kausatik atau yang biasa disebut dengan *Causal Loop Diagram* (CLD). Menurut Sterman, *causal loop diagram* sangat baik untuk [15]:

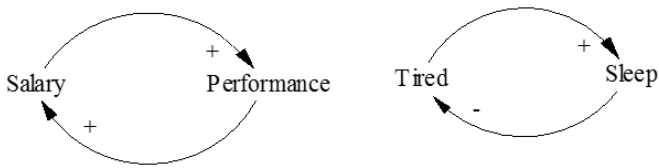
1. Menangkap secara cepat sebuah hipotesis tentang penyebab dinamika.
2. Menimbulkan dan menangkap model mental individu atau kelompok.
3. Komunikasi merupakan sebuah umpan balik yang sangat penting dianggap sebagai penanggungjawab untuk sebuah masalah.

Causal loop diagram menyatakan hubungan sebab akibat diantara sekumpulan variabel yang berjalan didalam sistem. Hubungan kausal menggambarkan salah salah satu elemen yang memengaruhi elemen lain. Elemen dasar CLD terdiri atas variabel (faktor) dan panah (*links*) dengan notasi anak panah (→). Variabel merupakan kondisi, situasi, aksi, atau keputusan yang memengaruhi dan dapat dipengaruhi oleh variabel lainnya. Adapun juga hubungan yang terdapat dalam pembuatan CLD terbagi menjadi dua bagian yaitu hubungan positif (+) dan hubungan negatif (-). Hubungan positif ditandai dengan simbol (+) yang digunakan jika penyebab dan efeknya berbanding lurus, sedangkan hubungan negatif ditandai dengan simbol (-) yang digunakan jika penyebab dan efeknya berbanding terbalik. Adapun juga *loop* yang diidentifikasikan dalam diagram yang digambarkan oleh *loop identifier* yang menunjukkan apakah loop tersebut memiliki umpan balik positif (*refinforcing*) atau negatif (*balancing*) [17].



Gambar 2.3. ***Loop Identifier***

Berikut merupakan contoh sederhana *causal loop diagram* yang dapat dilihat pada Gambar 2.4 berikut.



Gambar 2.4 Contoh ***Causal Loop Diagram***

Terlihat dari gambar diatas, menunjukkan dua diagram kausatik, yang masing-masing memiliki hubungan sebab-akibat antar variabelnya. Pada gambar pertama di sebelah kiri,

perubahan *performance* dipengaruhi oleh *salary*, begitu juga sebaliknya, dengan polaritas yang sama (+) yang mengartikan naiknya *performance* dipengaruhi oleh naiknya *salary* dan naiknya *salary* dipengaruhi oleh naiknya *performance*, sedangkan pada gambar di sebelah kanan memiliki polaritas yang berbeda pada hubungan sebab akibatnya hubungan dari *sleep* ke *tired* memiliki polaritas (-) yang mengartikan semakin lama tidur semakin berkurang rasa lelahnya, dan hubungan dari *tired* ke *sleep* memiliki polaritas (+) yang mengartikan semakin merasa lelah semakin banyak tidur yang dibutuhkan.

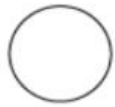
2.2.8 *Stock and Flow Diagram*

CLD sangat berguna pada beberapa situasi dan CLD sangat cocok digunakan unutk merepresentasikan ketergantungan dan proses umpan balik. Namun, CLD memiliki beberapa batasan dan kelemahan. Salah satu batasan yang ada pada CLD adalah ketidakmampuan mereka untuk menangkap struktur stok dan flow dari sistem [18]. *Stock and flow diagram* dengan *causal loop diagram* merupakan dua konsep penting dalam teori sistem dinamik.

Stock merupakan akumulasi. *Stock* menandakan kondisi dari sistem dan menciptakan informasi terhadap keputusan dan aksi apa yang sudah dilakukan. *Stock* menciptakan *delay* dengan mengakumulasikan perbedaan diantara *inflow* dan *outflow* nya. Sistem dinamik menggunakan notasi tertentu yang digunakan untuk membuat diagram. Notasi yang digunakan dapat dilihat pada Tabel 2.2 berikut.

Tabel 2.2 Notasi dalam *stock and flow diagram*

Variable	Simbol	Keterangan
Level		Merupakan variabel yang menyatakan akumulasi dari suatu benda dari waktu ke waktu. Dapat berupa manusia, barang, ataupun lainnya. Akumulasi *rate*

		dapat mengubah nilainya.
Rate		Merupakan suatu aktivitas atau *movement* (pergerakan), atau aliran yang bergerak terhadap perubahan waktu. Rate ini dapat mengubah *state* dari level menuju level berikutnya.
Auxiliary		Merupakan variabel yang merepresentasikan formulasi yang dapat memengaruhi rate atau variabel lainnya.
Source/*Sink*		*Source* merupakan variabel yang mengartikan sistem diluar batasan model dan *Sink* mengartikan terminasi sistem

2.2.9 *Ventana Simulation* (Vensim)

Vensim merupakan sebuah alat simulator sistem dari *Ventana Systems*, yang digunakan untuk memvisualisasikan sebuah model yang telah dibuat agar dapat disimulasikan, dianalisis, dan pengoptimalan model sistem dinamik. Pada tampilan awal vensim, akan terlihat lembaran kerja dimana pada lembaran tersebut akan dituliskan kata-kata yang menggambarkan sistem yang ada yaitu bentuk dari model yang telah dirancang sebelumnya, dimana kata-kata tersebut akan dihubungkan

dengan menggunakan tanda panah yang tersedia. Setelah pemberian tanda panah, langkah selanjutnya adalah dengan memberikan informasi yang disediakan oleh *equation editor*, yang mana digunakan untuk melengkapi model simulasi yang telah dibuat [19].

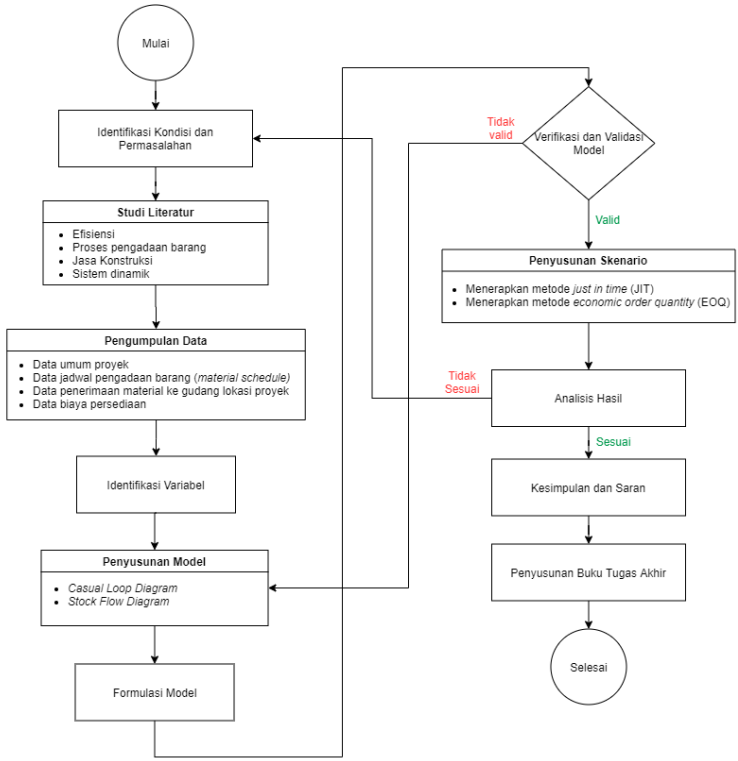
(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB III
METODOLOGI

Pada bab ini akan dijelaskan tentang tahapan yang dilakukan sebagai panduan sistematis untuk menyelesaikan penelitian tugas akhir ini.

3.1 Tahapan Metodologi Penelitian

Berikut ini merupakan tahapan metodologi penelitian yang digunakan pada pengerjaan tugas akhir yang ditunjukkan pada Gambar 3.1 dibawah ini.



Gambar 3.1 Diagram Metodologi Penelitian

3.2 Uraian Metodologi Penelitian

Pada bagian ini menjelaskan seluruh tahapan yang dilakukan selama penelitian tugas akhir berdasarkan metodologi yang digambarkan pada bagian sebelumnya.

3.2.1 Identifikasi Kondisi dan Permasalahan

Pada tahap ini dilakukan identifikasi permasalahan yang terjadi ketika melakukan pengadaan barang di perusahaan jasa konstruksi. Mulai dari penggalian informasi mengenai kondisi aktual yang ada pada saat ini dan fakta-fakta yang terjadi di lapangan untuk memperoleh gambaran umum tentang permasalahan yang ada untuk dijadikan penelitian tugas akhir ini. Sehingga, timbul permasalahan pada bagaimana meningkatkan efisiensi proses pengadaan barang di perusahaan jasa konstruksi.

3.2.2 Studi Literatur

Pada tahap ini dilakukan studi literatur dalam penggalian dan pemahaman mengenai informasi literatur terkait penelitian yang akan dilakukan. Mulai dari melakukan pencarian penelitian terdahulu yang terkait dengan permasalahan yang ada, pemahaman teori dan konsep dari proses pengadaan barang, pemahaman mengenai pengaadaan barang yang efisien, dan pemahaman mengenai konsep dari permodelan dan simulasi.

3.2.3 Pengumpulan Data

Pada tahap ini dilakukan pengumpulan data yang diperlukan untuk membantu dalam proses pengembangan model. Dengan adanya dukungan data dari narasumber, diharapkan dapat membantu dalam pengembangan model. Luaran dari tahap ini adalah daftar variabel-variabel yang berpengaruh terhadap peningkatan efisiensi proses pengadaan barang. Data yang akan digunakan dalam melakukan penelitian tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Data umum proyek
2. Data jadwal pengadaan barang (*material schedule*)
3. Data penerimaan barang ke gudang lokasi proyek

4. Data biaya persediaan (biaya pembelian, biaya pemesanan, dan biaya penyimpanan)

3.2.4 Identifikasi Variabel

Setelah didapatkan data terkait penelitian tugas akhir, maka langkah selanjutnya adalah mengidentifikasi komponen-komponen apa saja yang saling memengaruhi dan memiliki hubungan sebab-akibat. Komponen tersebut memiliki pengaruh signifikan dari hasil berjalannya sistem yang selanjutnya disebut dengan variabel. Setiap variabel yang ada ditentukan parameternya, lalu seluruh variabel dan parameter itu dijabarkan secara sistematis yang selanjutnya menjadi input pada tahap penyusunan model.

3.2.5 Penyusunan Model

Pada tahap ini dilakukan penyusunan model dengan software simulasi yaitu Vensim (Ventana Simulation). Penyusunan model dilakukan dengan penggambaran:

3.2.5.1 Causal Loop Diagram

Pada tahap ini dilakukan pembuatan *causal loop diagram* yang bertujuan untuk mengetahui pola perilaku dan hubungan antar variabel yang sudah didefinisikan sehingga berguna untuk menyesuaikan model dengan perilaku di kondisi aktual. *Causal loop diagram* ditujukan untuk merepresentasikan sistem agar lebih mudah dipahami keterkaitan antar variabel yang ada.

3.2.5.2 Stock and Flow Diagram

Pembuatan *stock and flow diagram* dilakukan dengan cara mengambil variabel-variabel yang ada pada *causal loop diagram*. Lalu diklasifikasikan tiap variabel apakah termasuk *level, rate/flow, anxiliary, source and sink* atau *parameter*. Setelah model terbentuk, selanjutnya adalah merumuskan hubungan dari setiap variabel menggunakan rumus *equation vensim*.

3.2.6 Formulasi Model

Setelah melakukan penyusunan model, selanjutnya adalah melakukan formulasi model dari simulasi yang akan dilakukan.

Tahapan ini merupakan pembuatan model matematis melalui pembentukan keterkaitan antar variabel yang menggambarkan sistem dan dinyatakan dalam persamaan berdasarkan data yang diolah. Model dikerjakan dengan bantuan *tools software* Ventana Simulation (Vensim).

3.2.7 Penguijan Model

Setelah membuat formulasi pada model, tahap selanjutnya adalah melakukan pengujian terhadap model. Pengujian model simulasi dilakukan dengan dua tahap, yaitu verifikasi dan validasi model.

3.2.7.1 Verifikasi

Pada tahap ini dilakukan pengecekan terhadap model, apakah model sudah terhindar dari *error* dengan memeriksa *error rate* ketika dalam pembuatan model. Verifikasi model dilakukan dengan tujuan untuk memastikan bahwa tidak terjadi kesalahan dalam memasukkan data, formulasi, dan modelnya.

3.2.7.2 Validasi

Pada tahap ini dilakukan validasi model yang bertujuan untuk membuktikan apakah model konseptual telah menggambarkan kondisi yang sebenarnya dengan tepat atau tidak. Validasi dilakukan setelah model simulasi diverifikasi. Model dapat dinyatakan valid apabila kesalahan hasil simulasi terhadap kondisi yang sebenarnya tidak memiliki perbedaan yang signifikan baik dari karakterisitiknya maupun perilakunya.

Dari tahap verifikasi dan validasi, simulasi model yang telah teruji kevalidannya maka dapat dilanjutkan ke tahap berikutnya. Namun, apabila model belum valid, maka kembali ke tahap penyusunan model untuk menyusun ulang permodelan simulasi.

3.2.8 Pengembangan Skenario

Pada tahap ini dilakukan pemberian beberapa kondisi terhadap variabel pada model yang telah dibuat sehingga menghasilkan *output* yang berbeda dari model awal. Dari hasil *output* yang berbeda tersebut nantinya akan dilakukan analisa pengaruh perubahan, apakah terjadi perbedaan secara signifikan pada

model awal. Pengembangan skenario terhadap meningkatkan efisiensi pengadaan barang dilakukan dengan mengubah nilai pada variable-variabel yang berpengaruh terhadap performa sistem. Pengembangan skenario yang akan dilakukan pada penelitian tugas akhir ini adalah:

1. **Menerapkan metode *Just in Time* (JIT)**
   Skenario ini dilakukan dengan tujuan untuk mengurangi pemborosan dengan cara pengiriman barang sampai tepat waktu ke gudang dan barang digunakan pada waktu yang tepat, sehingga dapat meminimalisir biaya persediaan.
2. **Menerapkan metode *Economic Order Quantity* (EOQ)**
   Skenario ini dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui seberapa banyak jumlah pesanan barang yang optimal sehingga dapat meminimalisir biaya persediaan.

3.2.9 Analisis Hasil

Pada tahap ini dilakukan analisa untuk mendapatkan model baru berdasarkan hasil dari pengembangan skenario, yang kemudian dipilih satu skenario yang ideal dan memberikan *output* terbaik. Skenario terbaik inilah yang kemudian akan dijadikan model pendukung keputusan untuk meningkatkan efisiensi pengadaan barang di perusahaan jasa konstruksi. Jika pada tahap analisis hasil telah sesuai, maka dapat dilanjutkan ke tahap berikutnya. Namun jika belum sesuai dengan *output* yang diharapkan, maka akan kembali lagi ke tahap awal yaitu mengidentifikasi kondisi dan permasalahan.

3.2.10 Kesimpulan dan Saran

Setelah mendapatkan hasil yang ideal, selanjutnya adalah pengambilan kesimpulan dari skenario yang telah dilakukan sebelumnya. Kemudian, setelah mendapatkan kesimpulan, maka diberikan saran yang digunakan untuk merekomendasi dari hasil skenario tersebut.

3.2.11 Penyusunan Buku Tugas Akhir

Tahap ini merupakan tahapan terakhir dalam pengerjaan tugas akhir sebagai bentuk dokumentasi bahwa penelitian telah dilakukan dengan baik. Luaran dari penyusunan buku tugas akhir ini terdiri dari hal-hal sebagai berikut:

a. **Bab I Pendahuluan**
   Bab ini menjelaskan mengenai proses identifikasi permasalahan penelitian yang meliputi latar belakang masalah, rumusan masalah, batasan permasalahan, tujuan tugas akhir, manfaat tugas akhir, metode yang digunakan, relevansi terhadap pengerjaan tugas akhir, dan target luaran tugas akhir.
b. **Bab II Tinjauan Pustaka**
   Bab ini menjelaskan mengenai penelitian sebelumnya dan studi literatur yang menjadi landasan teori dari pengerjaan tugas akhir.
c. **Bab III Metodologi**
   Bab ini menjelaskan mengenai tahapan-tahapan yang dilakukan dalam pengerjaan penelitian tugas akhir.
d. **Bab IV Perancangan Model dan Implementasi**
   Bab ini akan dijelaskan mengenai tahapan-tahapan yang termasuk ke dalam perancangan dan implementasi dari penelitian yang dilakukan. Tahapan tersebut meliputi beberapa tahapan yang ada pada metodologi penelitian, seperti pengumpulan data, perancangan *causal loop diagram* dan *stock and flow diagram*, verifikasi, dan validasi model.
e. **Bab V Pengembangan Skenario dan Analisis Hasil**
   Bab ini akan dijelaskan mengenai proses pembuatan skenario serta analisis terhadap hasil dari masing-masing skenario berdasarkan *base model* yang telah dibuat dan valid.
f. **Bab VI Penutup**
   Bab ini menjelaskan mengenai kesimpulan yang dapat diambil berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan untuk memastikan bahwa hasil yang didapatkan telah dapat menjawab pertanyaan

penelitian, serta saran yang dihasilkan untuk mengembangkan dan perbaikan pada penelitian selanjutnya.

Adapun luaran lain dari penelitian tugas akhir ini yaitu dapat digunakan sebagai referensi maupun masukan untuk mengembangkan model pada penelitan selanjutnya.

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB IV
PERANCANGAN MODEL DAN IMPLEMENTASI

Pada bab ini akan dijelaskan mengenai tahapan-tahapan yang dilakukan dalam perancangan dan implementasi dari penelitian yang dilakukan. Tahapan tersebut meliputi pengumpulan data, identifikasi variabel, perancangan *causal loop diagram*, perancangan *stock and flow diagram*, verifikasi, validasi, dan analisis model kondisi eksisting. Tahapan tersebut merupakan sebuah aliran yang terhubung, sehingga harus dikerjakan secara berurutan. Berikut adalah penjelasan setiap tahapan.

4.1 Pengumpulan Data

Pada bagian ini akan dijelaskan mengenai data yang digunakan untuk mendukung pengembangan model biaya pengadaan barang. Pengumpulan data yang digunakan pada penelitian ini diperoleh dengan dua cara, yakni data primer dan data sekunder. Data primer yang di dapat yaitu dengan melakukan wawancara langsung kepada narasumber mengenai permasalahan yang berkaitan dengan proses pengadaan barang dan mengumpulkan data dari perusahaan terkait, yaitu PT PP. Kemudian untuk data sekunder yang digunakan yaitu data dari penelitian-penelitian sebelumnya yang berkaitan dengan proses pengadaan barang, manajemen material, dan manajemen persediaan. Data lainnya juga akan dijelaskan seiring dengan penjelasan mengenai pengembangan model *causal loop diagram* dan *stock and flow diagram.*

Data yang di dapat memiliki rentang waktu dari bulan Februari hingga Agustus 2019. Sebagian besar data yang di dapat berupa data yang memiliki satuan waktu harian selama kurun waktu 7 bulan, sehingga total sebanyak 168 hari. Agar proses pengembangan model dapat berjalan dengan lebih sederhana, maka data tersebut diringkas menjadi satuan waktu mingguan, dengan total sebanyak 24 minggu. Rincian penyederhanaan data dapat dilihat pada Tabel 4.1 dibawah ini.

Tabel 4.1 Rentang Waktu yang Digunakan

Minggu ke-	Rentang tanggal
1	16 – 22 Februari 2019
2	23 Februari – 1 Maret 2019
3	2 – 7 Maret 2019
4	8 – 14 Maret 2019
5	15 – 21 Maret 2019
6	22 – 28 Maret 2019
7	29 Maret – 4 April 2019
8	5 – 11 April 2019
9	12 – 18 April 2019
10	19 – 25 April 2019
11	26 April – 2 Mei 2019
12	3 – 9 Mei 2019
13	10 – 16 Mei 2019
14	17 – 23 Mei 2019
15	24 – 30 Mei 2019
16	31 Mei – 6 Juni 2019
17	7 – 13 Juni 2019
18	14 – 20 Juni 2019
19	21 – 27 Juni 2019
20	28 Juni – 4 Juli 2019
21	5 – 11 Juli 2019
22	12 – 18 Juli 2019
23	19 – 25 Juli 2019

24	26 Juli – 2 Agustus 2019

Data yang digunakan untuk mendukung proses pengembangan *causal loop diagram* dan *stock flow diagram* antara lain adalah sebagai berikut.

4.1.1 Data Umum Proyek

Data umum proyek merupakan data yang berlingkup pada aktivitas proyek yang meliputi nama proyek, lokasi proyek, pemilik proyek, penyedia jasa, dan waktu pelaksanaan proyek. Proyek yang sedang dikerjakan oleh PT PP adalah proyek pembangunan sarana dan prasarana olahraga Istora Papua Bangkit yang dilaksanakan oleh Direktorat Jenderal Cipta Karya Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat (PUPR). Kegiatan ini merupakan tindak lanjut dari Instruksi Presiden Republik Indonesia Nomor 10 Tahun 2017 tentang Penyelenggaraan Pekan Olahraga Nasional (PON) XX dan Pekan Paralimpik Nasional XVI Tahun 2020 di Provinsi Papua yang dilaksanakan pada tanggal 20 Oktober hingga 2 November 2020 mendatang [20].

Arena Istora sebagai salah satu *venue* pembangunan PON Papua Tahun 2020 merupakan representasi dari Kelompok Budaya Meepago dan Lapago. Dimana gagasan bentuk bangunan yaitu diambil dari bentuk bangunan Honai yang merupakan arsitektur khas suku-suku pegunungan. Arena Istora berada di Kawasan Olahraga Kampung Halaman seluas 32 hektare. Berikut adalah informasi mengenai proyek pembangunan Istora Papua Bangkit yang dapat dilihat pada Tabel 4.2 dibawah ini:

Tabel 4.2 Informasi Proyek Pembangunan Istora Papua Bangkit

Nama Proyek	Istora Papua Bangkit
Lokasi Proyek	Olahraga Kampung Harapan
Pemilik Proyek	Direktorat Jenderal Cipta Karya Kementrian PUPR
Waktu Pelaksanaan Proyek	November 2018 – Juni 2020

Konsultan Pengawas	PT. Virama Karya
Luas Lahan	32 hektare
Biaya Proyek	Rp. 257,5 miliar

4.1.2 Data Jadwal Pengadaan Barang (*Material Schedule*)

Data ini diperlukan untuk mengetahui jenis dan volume kebutuhan material pada proyek pembangunan Istora Papua Bangkit, yang disajikan dalam suatu daftar penjadwalan yang disebut dengan *material schedule. Material schedule* adalah sebuah daftar material yang menjelaskan tentang jenis-jenis material yang digunakan dan jumlah kebutuhan material sesuai dengan permintaan di lapangan [3]. Berikut adalah data *material schedule* pada proyek pembangunan Istora Papua Bangkit yang dapat dilihat pada Tabel 4.3 berikut ini.

Tabel 4.3 *Material Schedule*

No.	Jenis Material	Spesifikasi	Volume	Satuan	Supplier
1.	Semen	Semen Composite PC (PPC) Jumbo Bag	2.565	zak	3
2.	Pasir	Pasir Hitam Cor	5.821	m^3	1
3.	Batu Split	Sesuai yang di dapat di pasaran	5.676	m^3	1
4.	Bata Ringan	Autoclave Aerated Light Concrete Block	1.251	m^3	1

4.1.3 Data Penerimaan Material Ke Gudang Lokasi Proyek

Data ini diperlukan untuk mengetahui jumlah material yang dikirim oleh *supplier*. Setelah material diterima, material masuk kedalam gudang dan mencatat di dokumen persediaan.

Tabel 4.4 Penerimaan Material

Minggu ke-	Material			
	Semen (zak)	Pasir (m^3)	Batu Split (m^3)	Bata Ringan (m^3)
1	50	271,888	197,425	57
2	75	246,967	222,047	28,5
3	75	247,714	217,494	28,5
4	100	222,047	197,574	57
5	50	247,266	187,828	57
6	100	246,669	172,5	57
7	75	222,644	184,574	57
8	150	222,793	193,425	57
9	100	246,967	172,952	57
10	75	271,291	222,703	57
11	75	246,818	221,987	57
12	175	232,408	143,395	56,4
13	150	271,291	247,714	28,5
14	200	232,408	311,281	57
15	75	148,395	293,018	57
16	100	197,723	342,411	57
17	125	246,818	196,828	55,982
18	15	232,408	244,714	56,873
19	100	294,27	223,071	29,553

20	125	269,79	220,572	28,5
21	125	243,94	322,177	56,992
22	125	221,3	320,281	57
23	150	266,157	275,018	55
24	175	271,291	345,411	56,892

4.1.4 Data Biaya Persediaan

Data ini diperlukan untuk mengetahui biaya persediaan yang timbul akibat dari adanya persediaan di gudang. Biaya persediaan yang ditinjau berupa biaya pembelian, biaya pemesanan, dan biaya penyimpanan.

4.1.4.1 Biaya Pembelian

Biaya pembelian adalah biaya yang dikeluarkan untuk membeli material. Perencanaan pengadaan material memiliki karakteristik yang berbeda-beda sehingga harga material per unit berlainan. Besarnya biaya ini sesuai dengan jumlah material yang dibeli serta harga satuan material. Data mengenai harga material diperoleh dari melihat harga material yang ada di internet. Pada Tabel 4.5 menunjukkan daftar harga dari setiap material.

Tabel 4.5 Daftar Harga Material

No.	Material	Satuan	Harga Material per unit (Rp)
1.	Semen	zak	68.500,00
2.	Pasir	m^3	220.250,00
3.	Batu Split	m^3	180.500,00
4.	Bata Ringan	m^3	750.000,00

4.1.4.2 Biaya Pemesanan

Biaya pemesanan adalah semua biaya pengeluaran yang timbul untuk mendatangkan barang dari *supplier*. Biaya ini meliputi biaya administrasi, biaya telekomunikasi, dan biaya inspeksi. Biaya administrasi adalah biaya yang berkaitan dengan proses pencatatan pesanan, pengiriman pesanan, dan pendataan pada saat kedatangan material. Biaya telekomunikasi adalah biaya telepon ke *supplier* untuk memastikan pengiriman pesanan dapat terlaksana dengan baik. Biaya inspeksi adalah biaya yang timbul akibat melakukan pengecekan material. Dari biaya-biaya teresbut maka total biaya pemesanan merupakan jumlah dari biaya administrasi, biaya telekomunikasi, dan biaya inspeksi. Biaya pemesanan diasumsikan tetap untuk setiap kali pesan. Berikut adalah total biaya pemesanan yang dapat dilihat pada Tabel 4.6 dibawah ini.

Tabel 4.6 Biaya Pemesanan

No.	Material	Biaya Administrasi (Rp)	Biaya Telekomunikasi (Rp)	Biaya Inspeksi (Rp)	Total Biaya Pemesanan (Rp)
1.	Semen	40.000,00	50.000,00	15.000,00	105.000,00
2.	Pasir	40.000,00	40.000,00	20.000,00	100.000,00
3.	Batu Split	40.000,00	40.000,00	20.000,00	100.000,00
4.	Bata Ringan	40.000,00	40.000,00	25.000,00	105.000,00

4.1.4.3 Biaya Penyimpanan

Biaya penyimpanan adalah semua biaya pengeluaran yang timbul akibat menyimpan material. Biaya penyimpanan yang diperhitungkan memiliki persediaan (*inventory*), penyusutan kuanitas, dan penanganan bahan. Biaya karena memiliki persediaan (*inventory*) dapat diukur dengan suku bunga bank sebesar 4,5% per tahun [21] dari harga material per unit. Untuk

biaya penyusutan kuantitas dan biaya penanganan bahan selama penyimpanan diasumsikan sebesar 0,2% dari harga material per unit [3]. Sehingga, perhitungan biaya penyimpanan per unit adalah sebagai berikut:

Biaya penyimpanan per unit = (4,5% + 0,2% + 0,2%) x Harga material

Tabel 4.7 Biaya Penyimpanan

No.	Material	Biaya Penyimpanan per unit (Rp)
1.	Semen	3.356,5
2.	Pasir	10.792,3
3.	Batu Split	8.844,5
4.	Bata Ringan	36.750

4.2 Identifikasi Variabel

Pada bagian ini akan dijelaskan mengenai identifikasi variabel yang di dapat dari pengumpulan data. Identifikasi variabel digunakan untuk mengembangkan model yaitu *causal loop diagram* dan *stock and flow diagram.* Seluruh hasil dari pengumpulan data berdasarkan studi literatur dan hasil wawancara yang dilakukan kepada narasumber dari pihak PT PP, maka terdapat beberapa hal yang memengaruhi biaya pengadaan barang. Beberapa hal tersebut antara lain:

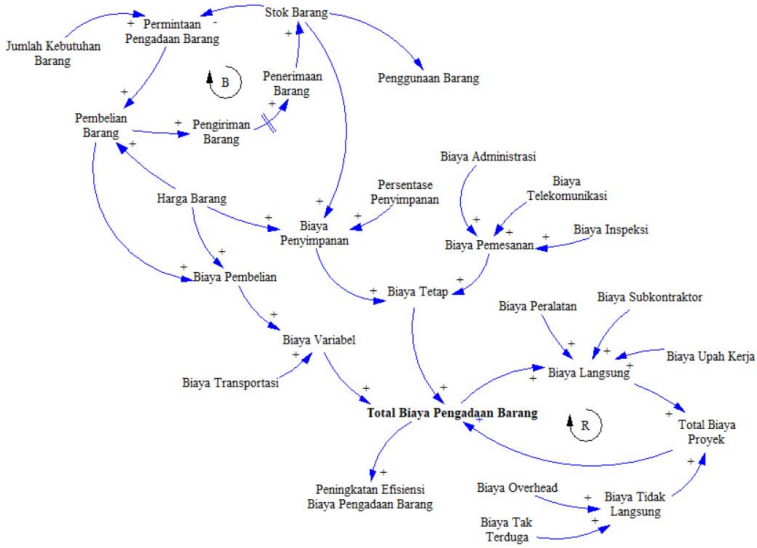
1. Total jumlah kebutuhan material
2. Jumlah pengiriman material dari *supplier*
3. Jumlah penerimaan material per minggunya
4. Seberapa banyak persediaan material yang terdapat di gudang lokasi proyek
5. Harga material per unit
6. Biaya pembelian tiap material
7. Biaya pemesanan yang dikeluarkan akibat pembelian material
8. Biaya penyimpanan yang dikeluarkan akibat persediaan material

9. Biaya transportasi pengangkutan material
10. Total biaya pengadaan barang dari tiap material
11. Total biaya proyek yang dikeluarkan dari proses pembangunan

Penjelasan diatas merupakan variable-variable yang dapat memengaruhi biaya pengadaan barang pada PT PP. Dari variable-variabel tersebut, nantinya akan dijadikan sebagai input pada pembuatan model *causal loop diagram* dan *stock and flow diagram.*

4.3 *Causal Loop Diagram*

Setelah melakukan tahapan identifikasi variabel, selanjutnya adalah melakukan perancangan *causal loop diagram* atau diagram kausatik. *Causal loop diagram* dilakukan untuk mengetahui pola perilaku dan hubungan antar variable pada sistem, sehingga dapat dibandingkan antara kesesuaian model dengan perilaku di kehidupan nyata. *Causal loop diagram* menggambarkan hubungan yang memiliki pengaruh positif dan negatif pada sistem. Pengaruh positif ditandai dengan (+) dan pengaruh negatif ditandai dengan (-). Perancangan *causal loop diagram* pada tugas akhir ini menggunakan aplikasi Vensim PLE 8.0.9. *Causal loop diagram* dirancang berdasarkan kondisi sistem pada saat ini (*as is*). Berikut merupakan diagram kausatik proses pengadaan barang yang dapat dilihat pada Gambar 4.1 dibawah ini.



Gambar 4.1 *Causal Loop Diagram* Proses Pengadaan Barang

Diagram kausatik tersebut dibuat berdasarkan pada studi literatur dan kondisi eksisting terhadap perusahaan terkait yakni PT PP. Berikut adalah penjelasan dari tiap variabel yang terdapat pada diagram kausatik, yang dapat dilihat pada Tabel 4.8 dibawah ini.

Tabel 4.8 Penjelasan Variabel

No.	Variable	Deskripsi	Satuan
1.	Jumlah Kebutuhan Barang	Merupakan jumlah kuantitas kebutuhan barang yang dibutuhkan sesuai dengan permintaan di lapangan yang berdasarkan *material schedule.*	Unit
2.	Permintaan Pengadaan Barang	Merupakan jumlah permintaan barang yang diperlukan untuk pelaksanaan proyek yang dilakukan setiap minggunya.	Unit

3.	Pembelian Barang	Merupakan jumlah barang yang dibeli sesuai dengan permintaan pengadaan.	Unit
4.	Pengiriman Barang	Merupakan jumlah barang yang dikirim oleh *supplier* sesuai dengan kesepakatan dari permintaan pengadaan.	Unit
5.	Penerimaan Barang	Merupakan jumlah barang yang diterima ke gudang lokasi proyek, kemudian dilakukan proses pengecekan oleh bagian penerimaan apakah barang yang diterima tersebut sesuai dengan permintaan pengadaan.	Unit
6.	Stok Barang	Menunjukkan seberapa banyak jumlah persediaan barang yang terdapat di dalam gudang akibat proses penerimaan barang.	Unit
7.	Penggunaan Barang	Merupakan jumlah barang yang keluar dari gudang yang digunakan untuk kepentingan proses pembangunan proyek.	Unit
8.	Biaya Tetap	Biaya konstan yang konstan selama periode tertentu dan tidak berpengaruh oleh fluktuasi.	Rupiah
9.	Biaya Penyimpanan	Biaya yang timbul akibat adanya persediaan barang di dalam gudang.	Rupiah
10.	Persentase Penyimpanan	Menunjukkan perhitungan yang timbul akibat persediaan, penyusutan kuantitas, dan penanganan bahan dari tiap material.	Persen
11.	Harga Barang	Harga dari tiap barang yang diberikan oleh *supplier*. Dalam hal ini diasumsikan bahwa	Rupiah

		harga barang tetap konstan selama proses pelaksanaan proyek.	
12.	Biaya Pemesanan	Biaya yang dikeluarkan akibat memesan barang.	Rupiah
13.	Biaya Administrasi	Biaya yang berkaitan dengan pencatatan pesanan.	Rupiah
14.	Biaya Telekomunikasi	Biaya telepon ke *supplier*.	Rupiah
15.	Biaya Inspeksi	Biaya pengecekan barang.	Rupiah
16.	Biaya Variabel	Biaya yang berubah seiring dengan perubahan kuantitas output yang dihasilkan.	Rupiah
17.	Biaya Pembelian	Biaya yang dikeluarkan akibat membeli barang.	Rupiah
18.	Biaya Transportasi	Biaya pengangkutan barang dari *supplier* ke gudang lokasi proyek.	Rupiah
19.	Total Biaya Pengadaan Barang	Total biaya yang dikeluarkan dari seluruh kegiatan pengadaan barang untuk menunjang pelaksanaan proyek.	Rupiah
20.	Peningkatan Efisiensi Biaya Pengadaan Barang	Menunjukkan seberapa peningkatan efisiensi biaya yang terjadi ketika melakukan kegiatan pengadaan barang.	Persen
21.	Biaya Langsung	Biaya yang berpengaruh langsung terhadap pelaksanaan proyek.	Rupiah
22.	Biaya Upah Kerja	Biaya untuk membayar upah atas pekerja dengan memperhitungkan jumlah pekerja, keahlian, dan item pekerjaan yang dikerjakan.	Rupiah

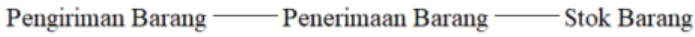
23.	Biaya Peralatan	Biaya pembelian atau sewa alat, mobilisasi, memasang, membongkar, pengoperasian selama pelaksanaan proyek berlangsung.	Rupiah
24.	Biaya Subkontraktor	Biaya yang dikeluarkan untuk kegiatan-kegiatan tertentu yang dikerjakan oleh pihak lain.	Rupiah
25.	Biaya Tidak Langsung	Biaya yang tidak secara langsung berhubungan dengan pelaksanaan proyek di lapangan, seperti gaji karyawan, penyediaan air, listrik, dan lain-lain.	Rupiah
26.	Biaya *Overhead*	Biaya tambahan yang tidak terkait langsung dengan proses pelaksanaan proyek, tetapi harus tetap dimasukkan agar proyek berjalan dengan baik.	Rupiah
27.	Biaya Tak Terduga	Biaya yang disiapkan untuk kejadian-kejadian yang mungkin terjadi maupun mungkin tidak terjadi.	Rupiah
28.	Total Biaya Proyek	Total keseluruhan biaya yang dikeluarkan selama pelaksanaan proyek.	Rupiah

Variabel-variabel yang terdapat pada *causal loop diagram* memiliki hubungan sebab-akibat yang dapat dilihat pada *causes tree*. Dari *causes tree* tersebut menunjukkan variabel yang menjadi faktor-faktor yang memengaruhi biaya pengadaan barang pada PT PP. Berikut akan dijelaskan mengenai *causes tree* pada masing-masing variabel.

4.3.1 *Causes Tree* Variabel Stok Barang

Stok barang menunjukkan seberapa banyak kuantitas persediaan barang yang terdapat di gudang lokasi proyek. Stok

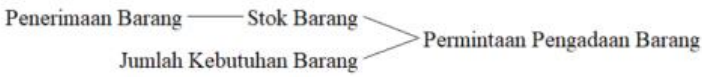
barang dipengaruhi oleh penerimaan barang, yang menunjukkan bahwa barang yang telah dikirim oleh *supplier* akan diterima dan disimpan di dalam gudang. Gambar 4.2 menunjukkan *causes tree* pada variabel stok barang.



Gambar 4.2 *Causes Tree* Variabel Stok Barang

4.3.2 *Causes Tree* Variabel Permintaan Pengadaan Barang

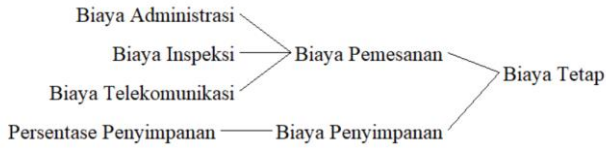
Permintaan pengadaan barang menunjukkan kuantitas jumlah barang yang diperlukan untuk menunjang pelaksanaan proyek yang dilakukan setiap minggunya. Permintaan pengadaan barang dipengaruhi oleh dua variabel, yaitu jumlah kebutuhan barang yang dapat ditinjau dari *material schedule* dan stok barang, yang mana ketika terjadi pengurangan persediaan atau tidak tersedianya barang di gudang, sehingga menyebabkan tertundanya pelaksanaan proyek maka perusahaan akan melakukan proses permintaan pengadaan barang kembali. Gambar 4.3 menunjukkan *causes tree* pada variabel permintaan pengadaan barang.



Gambar 4.3 *Causes Tree* Variabel Permintaan Penagadaan Barang

4.3.3 *Causes Tree* Variabel Biaya Tetap

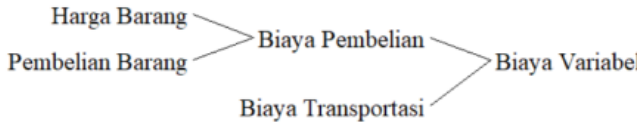
Biaya tetap merupakan biaya yang konstan selama periode tertentu dan tidak berpengaruh oleh fluktuasi. Biaya tetap dalam penelitian tugas akhir ini terdiri dari biaya pemesanan dan biaya penyimpanan. Biaya pemesanan yaitu biaya yang dikeluarkan akibat memesan barang ke *supplier*. Biaya ini dipengaruhi oleh biaya administrasi, biaya inspeksi, dan biaya telekomunikasi. Sedangkan biaya penyimpanan yaitu biaya yang timbul akibat menyimpan barang di gudang. Biaya ini dipengaruhi oleh persentase penyimpanan. Gambar 4.4 menunjukkan *causes tree* pada variabel biaya tetap.



Gambar 4.4 *Causes Tree* Variabel Biaya Tetap

4.3.4 *Causes Tree* Variabel Biaya Variabel

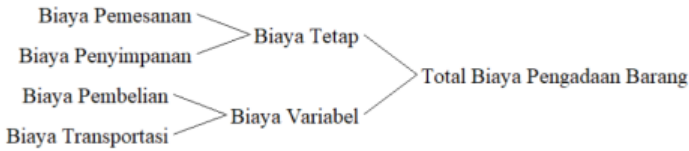
Biaya variabel merupakan biaya yang berubah seiring dengan perubahan kuantitas output yang dihasilkan selama periode tertentu. Biaya variabel dalam penelitian tugas akhir ini terdiri dari biaya pembelian dan biaya transportasi. Biaya pembelian yaitu biaya yang dikeluarkan akibat membeli barang dari *supplier*. Biaya ini dipengaruhi oleh harga barang dan pembelian barang per unit nya. Sedangkan biaya transportasi yaitu biaya yang timbul akibat pengangkutan barang dari *supplier* ke tempat gudang lokasi proyek. Gambar 4.5 menunjukkan *causes tree* pada variabel biaya variabel.



Gambar 4.5 *Causes Tree* Variabel Biaya Variabel

4.3.5 *Causes Tree* Variabel Total Biaya Pengadaan Barang

Total biaya pengadaan barang merupakan total biaya yang dikeluarkan akibat melakukan seluruh kegiatan pengadaan barang yang dilakukan oleh PT PP. Pada total biaya pengadaan barang dilakukan penjumlahan terhadap biaya tetap dan biaya variabel. Biaya tetap terdiri dari biaya pemesanan dan biaya penyimpanan. Sedangkan biaya variabel terdiri dari biaya pembelian dan biaya transportasi. Gambar 4.6 menunjukkan *causes tree* pada variabel total biaya pengadaan barang.



Gambar 4.6 *Causes Tree* Variabel Total Biaya Pengadaan Barang

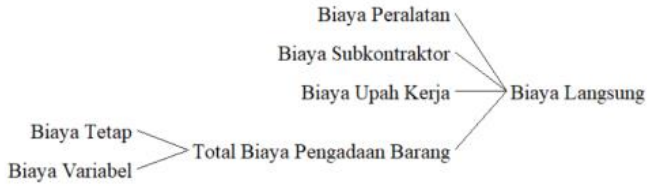
4.3.6 *Causes Tree* Variabel Peningkatan Efisiensi Biaya Pengadaan Barang

Peningkatan efisiensi biaya pengadaan barang merupakan inti dan output dari pengerjaan tugas akhir ini. Variabel ini dipengaruhi oleh total biaya pengadaan barang, yang mana nantinya akan dilakukan perhitungan sebelum dan sesudah dilakukan pengembangan scenario yang akan dibahas pada bab selanjutnya. Total biaya pengadaan barang merupakan penjumlahan dari biaya tetap dan biaya variabel. Gambar 4.7 menunjukkan *causes tree* pada variabel peningkatan efisiensi biaya pengadaan barang.

Gambar 4.7 *Causes Tree* Variabel Peningkatan Efisiensi Biaya Pengadaan Barang

4.3.7 *Causes Tree* Variabel Biaya Langsung

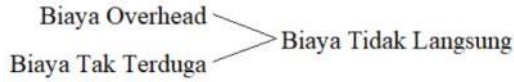
Biaya langsung merupakan biaya yang berpengaruh langsung terhadap pelaksanaan proyek di lapangan. Biaya langsung pada proyek konstruksi dapat diperhitungkan dengan menghitung jumlah volume pada masing-msaing pengerjaan dan biaya proyek itu sendiri berdasarkan harga satuan pekerjaan. Biaya langsung terdiri dari biaya peralatan, biaya subkontraktor, biaya upah kerja, dan biaya pengadaan barang. Gambar 4.8 menunjukkan *causes tree* pada variabel biaya langsung.



Gambar 4.8 *Causes Tree* Variabel Biaya Langsung

4.3.8 *Causes Tree* Variabel Biaya Tidak Langsung

Biaya tidak langsung merupakan biaya proyek yang tidak secara langsung berhubungan dengan pelaksanaan proyek di lapangan. Namun, biaya tidak langsung harus tetap ada dan tidak bisa dilepaskan dari pelaksanaan proyek yang sedang berlangsung. Biaya tidak langsung terdiri dari biaya *overhead* dan biaya tak terduga. Gambar 4.9 menunjukkan *causes tree* pada variabel biaya tidak langsung.



Gambar 4.9 *Causes Tree* Variabel Biaya Tidak Langsung

4.3.9 *Causes Tree* Variabel Total Biaya Proyek

Total biaya proyek merupakan total biaya keseluruhan dari seluruh kegiatan yang menunjang pelaksanaan proyek. Total biaya proyek merupakan penjumlahan dari biaya langsung dan biaya tidak langsung. Biaya langsung terdiri dari biaya peralatan, biaya subkontraktor, biaya upah kerja, dan biaya pengadaan barang. Sedangkan biaya tidak langsung terdiri dati biaya overhead dan biaya tak terduga. Gambar 4.10 menunjukkan *causes tree* pada variabel total biaya proyek.

Gambar 4.10 *Causes Tree* Variabel Total Biaya Proyek

4.4 *Stock and Flow Diagram*

Setelah melakukan tahapan merancang dan mengembangkan *causal loop diagram*, tahap selanjutnya adalah merancang *stock and flow diagram* berdasarkan *causal loop diagram* yang telah dibuat. Permodelan *stock and flow diagram* dilakukan untuk mengetahui pola perilaku hubungan antar variabel menggunakan metode simulasi sehingga dapat diketahui kesesuaian dengan sistem nyata. Permodelan ini dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui seberapa besar biaya pengadaan barang yang dikeluarkan dan bagaimana cara mengupayakan untuk meminimalkan biaya pengadaan barang sehingga dapat disimpulkan terkait peningkatan efisiensi biaya pengadaan barang yang dilakukan. Permodelan *stock and flow diagram* pada penelitian tugas akhir ini menggunakan interval waktu sebanyak 24 dengan satuan per minggu.

Untuk mempermudah dalam melakukan permodelan *stock and flow diagram* ini, model dikembangkan dengan membagi menjadi beberapa sub-model. Pembentukan sub-model dibuat berdasarkan tiap material yang digunakan dalam penelitian tugas akhir, dalam hal ini adalah material semen, pasir, batu split, dan bata ringan yang kemudian akan dilakukan penjumlahan dari total biaya pengadaan yang dikeluarkan dari tiap material tersebut. Struktur sub-model yang akan dilakukan pada tiap material pada hakikatnya bersifat sama, namun hal yang membedakan terdapat pada nilai parameter dan satuan dari tiap material. Tiap sub-model akan dijelaskan formulasi atau persamaan dari setiap variabel yang digunakan. Persamaan tersebut didapatkan dari hasil proses pengumpulan data yang telah diolah dan hasil dari studi literatur.

Dalam pengembangan model, digunakan fungsi seperti *RANDOM NORMAL*, *RANDOM UNFORM*, dan *IF THEN ELSE*. Untuk data yang tidak berpola akan dicari nilai maksimal, minimal, rataan, dan standar deviasinya untuk dipanggil menggunakan fungsi *RANDOM NORMAL*. Untuk data yang hanya memiliki batas bawah dan atas akan dipanggil dengan menggunakan fungsi *RANDOM UNIFORM*. Sedangkan

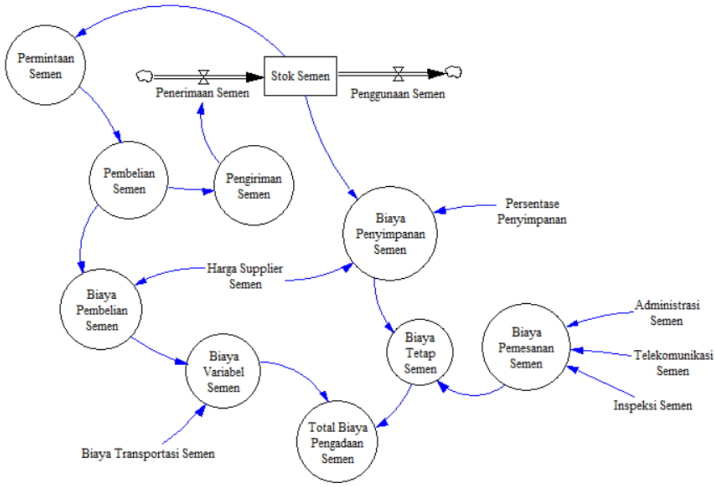
untuk variabel-variabel yang didasarkan pada kondisi tertentu akan dipanggil menggunakan fungsi *IF THEN ELSE*. Pada Tabel 4.9 merupakan penjelasan fungsi-fungsi yang akan sering digunakan pada persamaan model.

Tabel 4.9 Fungsi Persamaan Model

Fungsi	Persamaan	Keterangan
RANDOM NORMAL	*RANDOM NORMAL (min, max, mean, std dev, seed)*	Digunakan untuk membangkitkan nilai acak dengan masukan nilai maksimal, minimal, rataan, dan standar deviasi.
RANDOM UNIFORM	*RANDOM UNIFORM (min, max, seed)*	Digunakan untuk membangkitkan nilai acak dimana data hanya memiliki batas minimal dan batas maksimal.
IF THEN ELSE	*IF THEN ELSE (condition, on true, on false)*	Digunakan untuk menentukan nilai opsional berdasarkan kondisi tertentu.

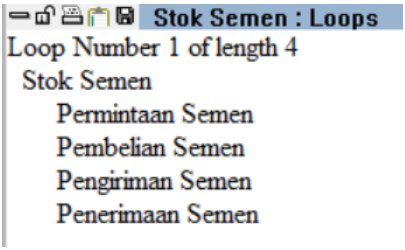
4.4.1 *Stock Flow Diagram* pada Sub-Model Material Semen

Pada sub-model ini menunjukkan terjadinya proses pengadaan dan biaya pengadaan yang dikeluarkan pada material semen. Sub-model material semen dapat dilihat pada Gambar 4.11 dibawah ini.



Gambar 4.11 Sub-model Material Semen

Sub-model ini dimulai dari aktivitas permintaan jumlah kuantitas semen hingga penerimaan semen yang akan masuk ke gudang sehingga menimbulkan jumlah persediaan atau stok semen. Variabel permintaan semen, pembelian semen, dan pengiriman semen yang bertipe *auxiliary* merupakan kuantitas semen dalam satuan zak yang di proses selama melakukan aktivitas tersebut tiap minggunya. Variabel stok semen yang bertipe *level* memiliki *rate inflow* berupa penerimaan semen dan *rate outflow* berupa penggunaan semen. Berikut merupakan *loop* yang terjadi pada sub-model material semen yang dapat dilihat pada Gambar 4.12 dibawah ini.



Gambar 4.12 *Loop* pada SFD Material Semen

Pada gambar diatas menunjukkan *loop* yang terjadi pada stok semen. *Loop* yang terbentuk ini sesuai dengan permodelan *causal loop diagram* pada Gambar 4.1 yang mana *loop* tersebut memiliki hubungan negatif, karena jika semakin sedikit stok semen yang terjadi, maka akan dilakukan penambahan permintaan semen. Dalam membuat persamaan, digunakan nilai *RANDOM NORMAL* yang disesuaikan dengan kondisi dan nilai dari hasil pengumpulan data. Pada Tabel 4.10 merupakan persamaan pada variabel stok semen.

Tabel 4.10 Persamaan pada Stok Semen

Variabel	Persamaan	Satuan
Stok Semen	INTEG (Penerimaan Semen-Penggunaan Semen, 50)	Zak
Permintaan Semen	RANDOM NORMAL (13, 180, 99.29, 43.04, 0)	Zak
Pembelian Semen	Permintaan Semen	Zak
Pengiriman Semen	Pembelian Semen	Zak
Penerimaan Semen	Pengiriman Semen	Zak/Week
Penggunaan Semen	RANDOM NORMAL (9, 163, 82.41, 42.95, 0)	Zak/Week

Akibat adanya persediaan semen yang diperoleh dari proses pengadaan, maka akan menimbulkan biaya persediaan. Biaya persediaan dalam tugas akhir ini terbagi menjadi dua jenis, yaitu biaya variabel dan biaya tetap. Biaya variabel adalah biaya yang berubah seiring dengan perubahan kuantitas output yang dihasilkan. Biaya variabel pada material semen terdiri dari biaya transportasi dan biaya pembelian, yang mana pada perhitungannya akan dilakukan penjumlahan antar kedua biaya tersebut. Pada Tabel 4.11 merupakan persamaan pada variabel biaya variabel semen.

Tabel 4.11 Persamaan pada Biaya Variabel Semen

Variabel	Persamaan	Satuan
Biaya Variabel Semen	Biaya Transportasi Semen+Biaya Pembelian Semen	Rupiah
Biaya Transportasi Semen	RANDOM UNIFORM (1075000, 2000000, 0)	Rupiah
Biaya Pembelian Semen	Pembelian Semen*Harga Supplier Semen	Rupiah
Harga Supplier Semen	68500	Rupiah

Sedangkan biaya tetap adalah biaya yang bersifat konstan selama periode tertentu dan tidak berpengaruh oleh fluktuasi. Biaya tetap pada material semen terdiri dari biaya pemesanan dan biaya penyimpanan yang mana pada perhitungannya akan dilakukan penjumlahan antar kedua biaya tersebut. Persentase penyimpanan di ukur dari biaya modal yang diinvestasikan pada persediaan berdasarkan suku bunga bank tahun 2020 sebesar 4,5% [21], penyusutan kuantitas selama penyimpanan sebesar 0,2%, dan penanganan bahan sebesar 0,2% [3]. Dalam hal ini, persentase penyimpanan pada tiap material bersifat sama. Pada Tabel 4.12 merupakan persamaan pada variabel biaya tetap pada material semen.

Tabel 4.12 Persamaan pada Biaya Tetap Semen

Variabel	Persamaan	Satuan
Biaya Tetap Semen	Biaya Pemesanan Semen+Biaya Penyimpanan Semen	Rupiah
Biaya Pemesanan Semen	Administrasi Semen+Inspeksi Semen+Telekomunikasi Semen	Rupiah
Administrasi Semen	40000	Rupiah
Inspeksi Semen	15000	Rupiah

Telekomunikasi Semen	50000	Rupiah
Biaya Penyimpanan Semen	(Stok Semen/Stok Semen) *Harga Supplier Semen*Persentase Penyimpanan	Rupiah
Persentase Penyimpanan	0.049	Persen

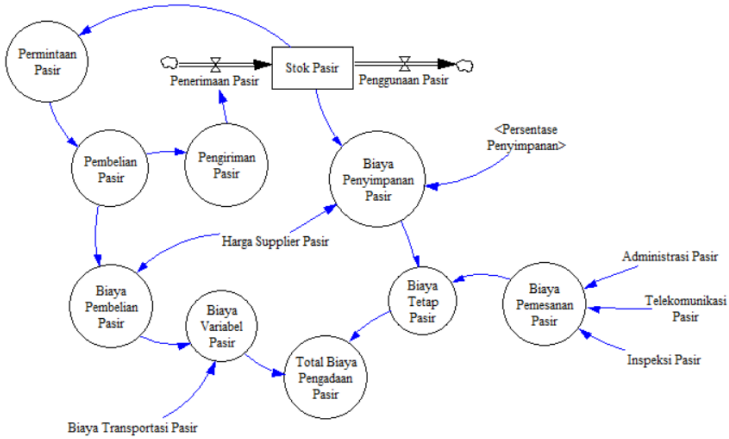
Dari perhitungan kedua biaya tersebut, maka dapat diketahui seberapa banyak biaya yang dikeluarkan ketika melakukan pengadaan pada material semen. Untuk menghitung total biaya pengadaan semen, dilakukan penjumlahan terhadap biaya variabel semen dan biaya tetap semen. pada Tabel 4.13 merupakan persamaan pada variabel total biaya pengadaan semen.

Tabel 4.13 Persamaan pada Total Biaya Pengadaan Semen

Variabel	Persamaan	Satuan
Total Biaya Pengadaan Semen	Biaya Tetap Semen+Biaya Variabel Semen	Rupiah

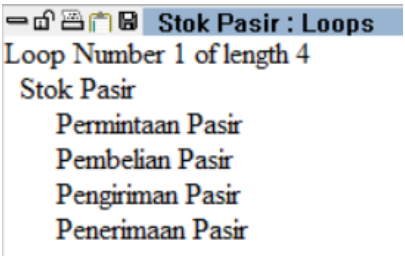
4.4.2 *Stock Flow Diagram* pada *Sub Model* Material Pasir

Pada sub-model ini menunjukkan terjadinya proses pengadaan dan biaya pengadaan yang dikeluarkan pada material pasir. Sub-model material pasir dapat dilihat pada Gambar 4.13 dibawah ini.



Gambar 4.13 Sub-model Material Pasir

Sub-model ini dimulai dari aktivitas permintaan jumlah kuantitas pasir hingga penerimaan pasir yang akan masuk ke gudang sehingga menimbulkan jumlah persediaan atau stok pasir. Variabel permintaan pasir, pembelian pasir, dan pengiriman pasir yang bertipe *auxiliary* merupakan kuantitas pasir dalam satuan m^3 yang di proses selama melakukan aktivitas tersebut tiap minggunya. Variabel stok pasir yang bertipe *level* memiliki *rate inflow* berupa penerimaan pasir dan *rate outflow* berupa penggunaan pasir. Berikut merupakan *loop* yang terjadi pada sub-model material pasir yang dapat dilihat pada Gambar 4.14 dibawah ini.



Gambar 4.14 *Loop* pada SFD Material Pasir

Pada gambar diatas menunjukkan *loop* yang terjadi pada stok pasir. *Loop* yang terbentuk ini sesuai dengan permodelan *causal*

loop diagram pada Gambar 4.1 yang mana *loop* tersebut memiliki hubungan negatif, karena jika semakin sedikit stok pasir yang terjadi, maka akan dilakukan penambahan permintaan pasir. Dalam membuat persamaan, digunakan nilai *RANDOM NORMAL* yang disesuaikan dengan kondisi dan nilai dari hasil pengumpulan data. Pada Tabel 4.14 merupakan persamaan pada variabel stok pasir.

Tabel 4.14 Persamaan pada Stok Pasir

Variabel	Persamaan	Satuan
Stok Pasir	INTEG (Penerimaan Pasir-Penggunaan Pasir, 271.888)	m^3
Permintaan Pasir	RANDOM NORMAL (146.481, 291.243, 237.514, 29.332, 0)	m^3
Pembelian Pasir	Permintaan Pasir	m^3
Pengiriman Pasir	Pembelian Pasir	m^3
Penerimaan Pasir	Pengiriman Pasir	m^3/Week
Penggunaan Pasir	RANDOM NORMAL (143.762, 276.512, 229.42, 26.983, 0)	m^3/Week

Akibat adanya persediaan pasir yang diperoleh dari proses pengadaan, maka akan menimbulkan biaya persediaan. Biaya persediaan dalam tugas akhir ini terbagi menjadi dua jenis, yaitu biaya variabel dan biaya tetap. Biaya variabel adalah biaya yang berubah seiring dengan perubahan kuantitas output yang dihasilkan. Biaya variabel pada material pasir terdiri dari biaya transportasi dan biaya pembelian yang mana pada perhitungannya akan dilakukan penjumlahan antar kedua biaya tersebut. Pada Tabel 4.15 merupakan persamaan pada variabel biaya variabel pasir.

Tabel 4.15 Persamaan pada Biaya Variabel Pasir

Variabel	Persamaan	Satuan
Biaya Variabel Pasir	Biaya Transportasi Pasir+Biaya Pembelian Pasir	Rupiah

Biaya Transportasi Pasir	RANDOM UNIFORM (2000000, 3000000, 0)	Rupiah
Biaya Pembelian Pasir	Pembelian Pasir*Harga Supplier Pasir	Rupiah
Harga Supplier Pasir	220250	Rupiah

Sedangkan biaya tetap adalah biaya yang bersifat konstan selama periode tertentu dan tidak berpengaruh oleh fluktuasi. Biaya tetap pada material pasir terdiri dari biaya pemesanan dan biaya penyimpanan yang mana pada perhitungannya akan dilakukan penjumlahan antar kedua biaya tersebut. Tabel 4.16 merupakan persamaan pada variabel biaya tetap pada material semen.

Tabel 4.16 Persamaan pada Biaya Tetap Pasir

Variabel	Persamaan	Satuan
Biaya Tetap Pasir	Biaya Pemesanan Pasir+Biaya Penyimpanan Pasir	Rupiah
Biaya Pemesanan Pasir	Administrasi Pasir+Inspeksi Pasir+Telekomunikasi Pasir	Rupiah
Administrasi Pasir	40000	Rupiah
Inspeksi Pasir	20000	Rupiah
Telekomunikasi Pasir	40000	Rupiah
Biaya Penyimpanan Pasir	(Stok Pasir/Stok Pasir) *Harga Supplier Pasir*Persentase Penyimpanan	Rupiah
Persentase Penyimpanan	0.049	Persen

Dari perhitungan kedua biaya tersebut, maka dapat diketahui seberapa banyak biaya yang dikeluarkan ketika melakukan

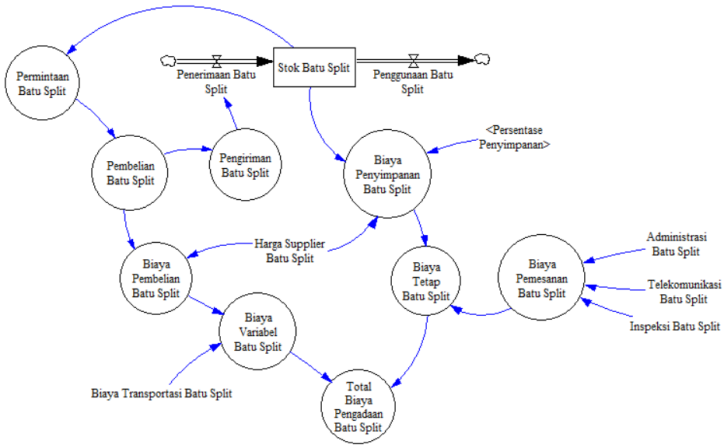
pengadaan pada material pasir. Untuk menghitung total biaya pengadaan pasir, dilakukan penjumlahan terhadap biaya variabel pasir dan biaya tetap pasir. pada Tabel 4.17 merupakan persamaan pada variabel total biaya pengadaan pasir.

Tabel 4.17 Persamaan pada Total Biaya Pengadaan Pasir

Variabel	Persamaan	Satuan
Total Biaya Pengadaan Pasir	Biaya Tetap Pasir+Biaya Variabel Pasir	Rupiah

4.4.3 *Stock Flow Diagram* pada *Sub Model* Material Batu Split

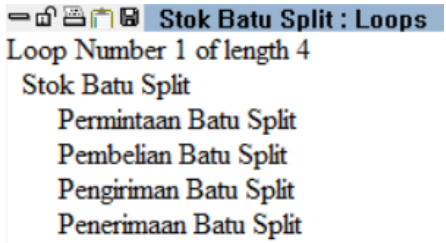
Pada sub-model ini menunjukkan terjadinya proses pengadaan dan biaya pengadaan yang dikeluarkan pada material batu split. Sub-model material batu split dapat dilihat pada Gambar 4.15 dibawah ini.



Gambar 4.15 Sub-model Material Batu Split

Sub-model ini dimulai dari aktivitas permintaan jumlah kuantitas batu split hingga penerimaan batu split yang akan masuk ke gudang sehingga menimbulkan jumlah persediaan atau stok batu split. Variabel permintaan batu split, pembelian batu split, dan pengiriman batu split yang bertipe *auxiliary*

merupakan kuantitas batu split dalam satuan m^3 yang di proses selama melakukan aktivitas tersebut tiap minggunya. Variabel stok batu split yang bertipe *level* memiliki *rate inflow* berupa penerimaan batu split dan *rate outflow* berupa penggunaan batu split. Berikut merupakan *loop* yang terjadi pada sub-model material batu split yang dapat dilihat pada Gambar 4.16 dibawah ini.



Gambar 4.16 *Loop* pada SFD Material Batu Split

Pada gambar diatas menunjukkan *loop* yang terjadi pada stok batu split. *Loop* yang terbentuk ini sesuai dengan permodelan *causal loop diagram* pada Gambar 4.1 yang mana *loop* tersebut memiliki hubungan negatif, karena jika semakin sedikit stok batu split yang terjadi, maka akan dilakukan penambahan permintaan batu split. Dalam membuat persamaan, digunakan nilai *RANDOM NORMAL* yang disesuaikan dengan kondisi dan nilai dari hasil pengumpulan data. Pada Tabel 4.18 merupakan persamaan pada variabel stok batu split.

Tabel 4.18 Persamaan pada Stok Batu Split

Variabel	Persamaan	Satuan
Stok Batu Split	INTEG (Penerimaan Batu Split-Penggunaan Batu Split, 197.425)	m^3
Permintaan Batu Split	RANDOM NORMAL (146.713, 342.085, 234.645, 56.666, 0)	m^3
Pembelian Batu Split	Permintaan Batu Split	m^3
Pengiriman Batu Split	Pembelian Batu Split	m^3

Penerimaan Batu Split	Pengiriman Batu Split	m^3/Week
Penggunaan Batu Split	RANDOM NORMAL (134.083, 333.527, 220.479, 54.968, 0)	m^3/Week

Akibat adanya persediaan batu split yang diperoleh dari proses pengadaan, maka akan menimbulkan biaya persediaan. Biaya persediaan dalam tugas akhir ini terbagi menjadi dua jenis, yaitu biaya variabel dan biaya tetap. Biaya variabel adalah biaya yang berubah seiring dengan perubahan kuantitas output yang dihasilkan. Biaya variabel pada material batu split terdiri dari biaya transportasi dan biaya pembelian yang mana pada perhitungannya akan dilakukan penjumlahan antar kedua biaya tersebut. Pada Tabel 4.19 merupakan persamaan pada variabel biaya variabel batu split.

Tabel 4.19 Persamaan pada Biaya Variabel Batu Split

Variabel	Persamaan	Satuan
Biaya Variabel Batu Split	Biaya Transportasi Batu Split+Biaya Pembelian Batu Split	Rupiah
Biaya Transportasi Batu Split	RANDOM UNIFORM (850000, 1200000, 0)	Rupiah
Biaya Pembelian Pasir	Pembelian Batu Split*Harga Supplier Batu Split	Rupiah
Harga Supplier Pasir	180500	Rupiah

Sedangkan biaya tetap adalah biaya yang bersifat konstan selama periode tertentu dan tidak berpengaruh oleh fluktuasi. Biaya tetap pada material batu split terdiri dari biaya pemesanan dan biaya penyimpanan yang mana pada perhitungannya akan dilakukan penjumlahan antar kedua biaya tersebut. Tabel 4.20 merupakan persamaan pada variabel biaya tetap pada material batu split.

Tabel 4.20 Persamaan pada Biaya Tetap Batu Split

Variabel	Persamaan	Satuan
Biaya Tetap Batu Split	Biaya Pemesanan Batu Split+Biaya Penyimpanan Batu Split	Rupiah
Biaya Pemesanan Batu Split	Administrasi Batu Split + Inspeksi Batu Split + Telekomunikasi Batu Split	Rupiah
Administrasi Batu Split	40000	Rupiah
Inspeksi Batu Split	20000	Rupiah
Telekomunikasi Batu Split	40000	Rupiah
Biaya Penyimpanan Batu Split	(Stok Batu Split/Stok Batu Split) *Harga Supplier Batu Split*Persentase Penyimpanan	Rupiah
Persentase Penyimpanan	0.049	Persen

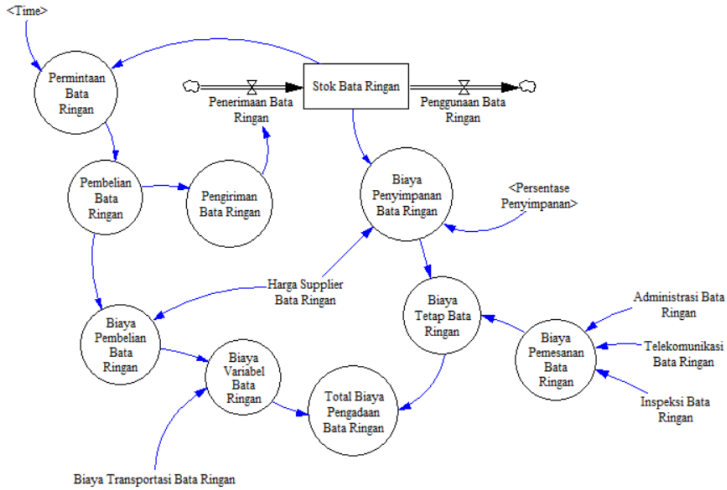
Dari perhitungan kedua biaya tersebut, maka dapat diketahui seberapa banyak biaya yang dikeluarkan ketika melakukan pengadaan pada material batu split. Untuk menghitung total biaya pengadaan batu split, dilakukan penjumlahan terhadap biaya variabel batu split dan biaya tetap batu split. pada Tabel 4.21 merupakan persamaan pada variabel total biaya pengadaan batu split.

Tabel 4.21 Persamaan pada Total Biaya Pengadaan Batu Split

Variabel	Persamaan	Satuan
Total Biaya Pengadaan Batu Split	Biaya Tetap Batu Split+Biaya Variabel Batu Split	Rupiah

4.4.4 *Stock Flow Diagram* pada Sub-Model Material Bata Ringan

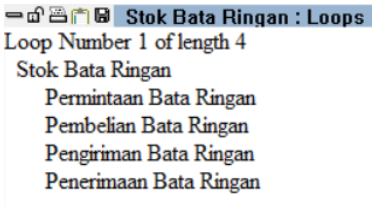
Pada sub-model ini menunjukkan terjadinya proses pengadaan dan biaya pengadaan yang dikeluarkan pada material bata ringan. Sub-model material bata ringan dapat dilihat pada Gambar 4.17 dibawah ini.



Gambar 4.17 Sub-model Material Bata Ringan

Sub-model ini dimulai dari aktivitas permintaan jumlah kuantitas bata ringan hingga penerimaan bata ringan yang akan masuk ke gudang sehingga menimbulkan jumlah persediaan atau stok bata ringan. Variabel permintaan bata ringan, pembelian bata ringan, dan pengiriman bata ringan yang bertipe *auxiliary* merupakan kuantitas bata ringan dalam satuan m^3 yang di proses selama melakukan aktivitas tersebut tiap minggunya. Pada varibel penerimaan bata ringan, terdapat *shadow variabel* berupa *time* yang digunakan untuk memudahkan pada saat melakukan uji validasi. Berdasarkan data yang didapat, bagian gudang menerima bata ringan yang kuantitasnya tetap yaitu sebanyak 57 m^3 di minggu ke-4 hingga minggu ke-12, kemudian terjadi lagi di minggu ke-14 hingga minggu ke-16. Pada minggu ke-21 hingga minggu ke-24, bagian

gudang juga menerima bata ringan sekitar sebanyak 56,4 m^3. Sedangkan variabel stok bata ringan yang bertipe *level* memiliki *rate inflow* berupa penerimaan bata ringan dan *rate outflow* berupa penggunaan bata ringan. Berikut merupakan *loop* yang terjadi pada sub-model material bata ringan yang dapat dilihat pada Gambar 4.18 dibawah ini.



Gambar 4.18 *Loop* pada Material Bata Ringan

Pada gambar diatas menunjukkan *loop* yang terjadi pada stok bata ringan. *Loop* yang terbentuk ini sesuai dengan permodelan *causal loop diagram* pada Gambar 4.1 yang mana *loop* tersebut memiliki hubungan negatif, karena jika semakin sedikit stok bata ringan yang terjadi, maka akan dilakukan penambahan permintaan bata ringan. Dalam membuat persamaan, digunakan nilai *RANDOM NORMAL* yang disesuaikan dengan kondisi dan nilai dari hasil pengumpulan data. Pada Tabel 4.22 merupakan persamaan pada variabel stok bata ringan.

Tabel 4.22 Persamaan pada Stok Bata Ringan

Variabel	Persamaan	Satuan
Stok Bata Ringan	INTEG (Penerimaan Bata Ringan-Penggunaan Bata Ringan, 57)	m^3
Permintaan Bata Ringan	IF THEN ELSE((1<=Time):AND:(Time<=3), RANDOM NORMAL(25.41, 54.63, 35.52, 16.55, 0), IF THEN ELSE((4<=Time):AND:(Time<=12), RANDOM NORMAL(55, 55.59, 55.43, 0.17, 0), IF THEN ELSE(Time=13, 26.76, IF THEN ELSE((14<=Time):AND:(Time<=16), RANDOM NORMAL(55.47, 55.51,	m^3

	55.49, 0.02, 0), IF THEN ELSE((17<=Time):AND:(Time<=20), RANDOM NORMAL(26.51, 54.04, 40.09, 15.14, 0), IF THEN ELSE((21<=Time):AND:(Time<=24), RANDOM NORMAL(52.91, 55.12, 54.01, 0.92, 0), RANDOM NORMAL(28.49, 60.82, 52.3, 11, 0)))))))	
Pembelian Bata Ringan	Permintaan Bata Ringan	m^3
Pengiriman Bata Ringan	Pembelian Bata Ringan	m^3
Penerimaan Bata Ringan	Pengiriman Bata Ringan	m^3/Week
Penggunaan Bata Ringan	RANDOM NORMAL (15.73, 49.41, 39.72, 10.16, 0)	m^3/Week

Akibat adanya persediaan bata ringan yang diperoleh dari proses pengadaan, maka akan menimbulkan biaya persediaan. Biaya persediaan dalam tugas akhir ini terbagi menjadi dua jenis, yaitu biaya variabel dan biaya tetap. Biaya variabel adalah biaya yang berubah seiring dengan perubahan kuantitas output yang dihasilkan. Biaya variabel pada material bata ringan terdiri dari biaya transportasi dan biaya pembelian, yang mana pada perhitungannya akan dilakukan penjumlahan antar kedua biaya tersebut. Pada Tabel 4.23 merupakan persamaan pada variabel biaya variabel bata ringan.

Tabel 4.23 Persamaan pada Biaya Variabel Bata Ringan

Variabel	Persamaan	Satuan
Biaya Variabel Bata Ringan	Biaya Transportasi Bata Ringan+Biaya Pembelian Bata Ringan	Rupiah

Biaya Transportasi Bata Ringan	RANDOM UNIFORM (1500000, 2000000, 0)	Rupiah
Biaya Pembelian Bata Ringan	Pembelian Bata Ringan*Harga Supplier Bata Ringan	Rupiah
Harga Supplier Bata Ringan	750000	Rupiah

Sedangkan biaya tetap adalah biaya yang bersifat konstan selama periode tertentu dan tidak berpengaruh oleh fluktuasi. Biaya tetap pada material bata ringan terdiri dari biaya pemesanan dan biaya penyimpanan, yang mana pada perhitungannya akan dilakukan penjumlahan antar kedua biaya tersebut. Tabel 4.24 merupakan persamaan pada variabel biaya tetap pada material bata ringan.

Tabel 4.24 Persamaan pada Biaya Tetap Bata Ringan

Variabel	Persamaan	Satuan
Biaya Tetap Bata Ringan	Biaya Pemesanan Bata Ringan+Biaya Penyimpanan Bata Ringan	Rupiah
Biaya Pemesanan Bata Ringan	Administrasi Bata Ringan+ Inspeksi Bata Ringan+ Telekomunikasi Bata Ringan	Rupiah
Administrasi Bata Ringan	40000	Rupiah
Inspeksi Bata Ringan	25000	Rupiah
Telekomunikasi Pasir	40000	Rupiah
Biaya Penyimpanan Bata Ringan	(Stok Bata Ringan/Stok Bata Ringan*Harga Supplier Bata Ringan*Persentase Penyimpanan	Rupiah

Persentase Penyimpanan	0.049	Persen

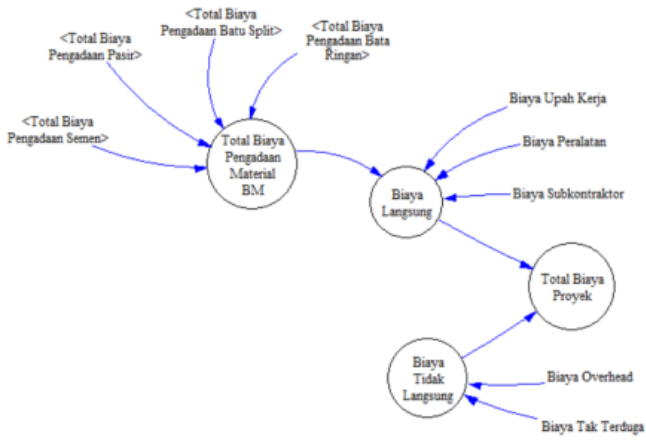
Dari perhitungan kedua biaya tersebut, maka dapat diketahui seberapa banyak biaya yang dikeluarkan ketika melakukan pengadaan pada material bata ringan. Untuk menghitung total biaya pengadaan bata ringan, dilakukan penjumlahan terhadap biaya variabel bata ringan dan biaya tetap bata ringan. pada Tabel 4.25 merupakan persamaan pada variabel total biaya pengadaan bata ringan.

Tabel 4.25 Persamaan pada Total Biaya Pengadaan Bata Ringan

Variabel	Persamaan	Satuan
Total Biaya Pengadaan Bata Ringan	Biaya Tetap Bata Ringan+Biaya Variabel Bata Ringan	Rupiah

4.4.5 *Stock Flow Diagram* pada Sub-Model Total Biaya Pengadaan

Sub-model yang terakhir ini menunjukkan total biaya yang dikeluarkan setelah melakukan kegiatan pengadaan barang pada tiap material. Penamaan variabel total biaya pengadaan BM merupakan variabel yang dilakukan pada *base model*, yang mana nantinya variabel ini akan dibuat perbandingan antara sebelum dan sesudah dilakukan skenario yang akan dijelaskan pada bab selanjutnya. Dari total biaya pengadaan material tersebut akan menjadi inputan dalam menghitung total biaya proyek, yang terdiri dari biaya langsung dan biaya tidak langsung. Sub-model total biaya pengadaan material dapat dilihat pada Gambar 4.19 dibawah ini.



Gambar 4.19 Sub-model Total Biaya Pengadaan

Sub-model ini merupakan penjumlahan dari keempat total biaya pengadaan pada tiap material, yaitu semen, pasir, batu split, dan bata ringan. Pada Tabel 4.26 merupakan persamaan pada variabel total biaya pengadaan material pada *base model*.

Tabel 4.26 Persamaan pada Total Biaya Pengadaan Material BM

Variabel	Persamaan	Satuan
Total Biaya Pengadaan Material BM	Total Biaya Pengadaan Bata Ringan+Total Biaya Pengadaan Batu Split+Total Biaya Pengadaan Pasir+Total Biaya Pengadaan Semen	Rupiah

Hasil penjumlahan dari total biaya pengadaan material tersebut akan dijadikan input dalam menghitung total biaya proyek secara keseluruhan. Jenis biaya dalam proyek dibagi menjadi dua, yaitu biaya langsung dan biaya tidak langsung. Biaya langsung merupakan biaya yang mempunyai hubungan langsung dengan kegiatan pelaksanaan proyek di lapangan. Biaya langsung terdiri dari biaya material, biaya upah kerja, biaya peralatan dan biaya subkontraktor. Biaya material

merupakan biaya yang dikeluarkan untuk membeli material. Biaya upah kerja merupakan biaya yang dikeluarkan untuk membayar upah atas pekerja yang dihitung berdasarkan satuan item pekerjaan yang dikerjakan. Biaya peralatan merupakan biaya pembelian atau sewa alat, mobilisasi, memasang, membongkar, pengoperasian selama pelaksanaan proyek berlangsung. Biaya subkontraktor merupakan biaya yang dikeluarkan untuk kegiatan-kegiatan tertentu yang dikerjakan oleh pihak lain. Dalam membuat persamaan, variabel biaya upah, biaya peralatan, dan biaya subkontraktor digunakan fungsi *RANDOM UNIFORM* yang nilai parameternya di dapat dari hasil studi literatur. Pada Tabel 4.27 merupakan persamaan pada biaya langsung.

Tabel 4.27 Persamaan pada Biaya Langsung

Variabel	Persamaan	Satuan
Biaya Langsung	Total Biaya Pengadaan Material BM+Biaya Upah Kerja+Biaya Subkontraktor+Biaya Peralatan	Rupiah
Biaya Upah Kerja	RANDOM UNIFORM (14500000, 16000000, 0)	Rupiah
Biaya Peralatan	RANDOM UNIFORM (4000000, 9000000, 0)	Rupiah
Biaya Subkontraktor	RANDOM UNIFORM (25000000, 30000000, 0)	Rupiah

Biaya tidak langsung merupakan biaya yang tidak secara langsung berhubungan dengan pelaksanaan proyek di lapangan, seperti gaji karyawan, penyediaan air, listrik, dan lain-lain. Biaya tidak langsung terdiri dari biaya *overhead* dan biaya tak terduga. Biaya *overhead* merupakan biaya tambahan yang tidak terkait langsung dengan proses pelaksanaan proyek, tetapi harus tetap dimasukkan agar proyek berjalan dengan baik, misalnya gaji karyawan, izin usaha, referensi bank, dan lain-lain. Biaya tak terduga merupakan biaya yang disiapkan untuk kejadian-

kejadian yang mungkin terjadi maupun mungkin tidak terjadi. Dalam hasil studi literatur, biaya *overhead* umumnya memiliki nilai sebesar 15% dari total biaya proyek. Sedangkan biaya tak terduga umumnya memiliki nilai sebesar 5% dari total biaya proyek [22]. Pada Tabel 4.28 merupakan persamaan pada biaya tidak langsung.

Tabel 4.28 Persamaan pada Biaya Tidak Langsung

Variabel	Persamaan	Satuan
Biaya Tidak Langsung	Biaya Overhead+Biaya Tak Terduga	Rupiah
Biaya Overhead	RANDOM UNIFORM (35000000, 52500000, 0)	Rupiah
Biaya Tak Terduga	RANDOM UNIFORM (7000000, 10000000, 0)	Rupiah

Dari perhitungan yang telah dijelaskan, maka total biaya proyek merupakan penjumlahan dari biaya langsung dan biaya tidak langsung. Pada Tabel 4.29 merupakan persamaan pada total biaya proyek.

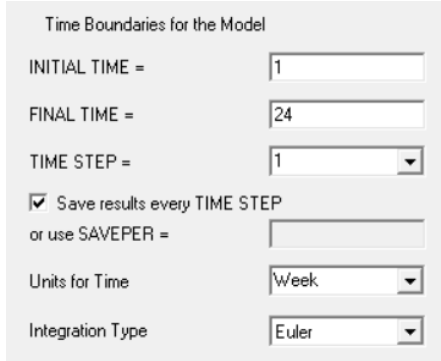
Tabel 4.29 Persamaan pada Total Biaya Proyek

Variabel	Persamaan	Satuan
Total Biaya Proyek	Biaya Langsung+Biaya Tidak Langsung	Rupiah

4.5 Verifikasi Model

Setelah melakukan tahap perancangan *stock and flow diagram*, maka tahap selanjutnya adalah melakukan verifikasi. Verifikasi model bertujuan untuk memeriksa dan menguji model *stock and flow diagram* yang telah dirancang tidak terdapat *error* atau *bug*, sehingga model yang telah dibuat dapat dilanjutkan untuk disimulasikan. Dalam melakukan verifikasi model, terdapat beberapa tahapan yang harus dilakukan.

Sebelum *running model* dilakukan, perlu mengatur seberapa lama batasan waktu simulasi yang dijalankan. Pada Gambar 4.20 menunjukkan bahwa permodelan menggunakan interval waktu sebanyak 24 dengan *time step* 1 yang satuan waktunya per minggu.

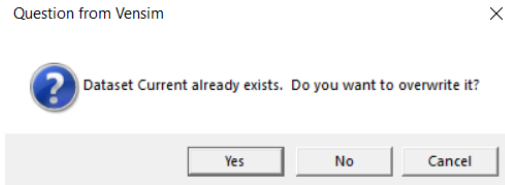


Gambar 4.20 Pengaturan Batasan Waktu yang Dilakukan

Sedangkan untuk melakukan verifikasi yaitu dengan melakukan *running model* dengan mengklik tombol *Simulate* yang terdapat pada *toolbar* seperti yang dapat dilihat pada Gambar 4.21 dibawah ini.

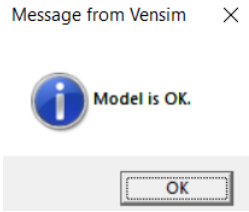
Gambar 4.21 *Toolbar* untuk melakukan *running model*

Untuk melakukan *running model*, dibutuhkan sebuah *file* untuk menyimpan hasil simulasi, dalam hal ini *file* yang digunakan bernama *Current*. Gambar 4.22 menunjukkan bahwa simulasi dapat dilakukan dan hasilnya siap untuk disimpan.



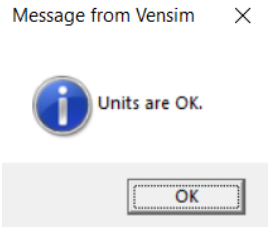
Gambar 4.22 Tampilan ketika *running model* berhasil dilakukan

Untuk memastikan kembali apakah model sudah terverifikasi, yaitu melakukan *check model* dengan meng-klik *Model* pada *toolbar* yang terletak di paling atas, kemudian klik *check model*. Jika *check model* telah berhasil dilakukan, hal tersebut menunjukkan bahwa model yang dikembangkan telah terverifikasi, yang dapat dilihat pada Gambar 4.23 merupakan notifikasi yang menunjukkan bahwa model telah berhasil melaui *check model*.



Gambar 4.23 Tampilan *Model is OK*

Langkah selanjutnya adalah melakukan *unit check* dengan meng-klik *Model* pada *toolbar* yang terletak paling atas, kemudian klik *unit check*. Jika *unit check* telah berhasil dilakukan, hal tersebut menandakan bahwa model yang dikembangkan telah memiliki satuan yang konsisten. Gambar 4.24 merupakan notifikasi yang menandakan bahwa model ini telah berhasil melalui *unit check*.



Gambar 4.24 Tampilan *Units are OK*

4.6 Validasi Model

Setelah melakukan tahap verifikasi model, selanjutnya adalah melakukan tahap validasi model. Pengujian validasi model bertujuan untuk mengetahui apakah model yang dibuat telah

merepresentasikan kondisi eksisting sistem pada saat ini. Pengujian validasi yang dilakukan pada penelitian tugas akhir ini menggunakan dua cara yaitu *mean comparison* dan *error variance comparison*. Pengujian *mean comparison* adalah pengujian yang membandingkan nilai rata-rata dari data actual yang di dapat dari hasil pengumpulan data dengan data yang diapat dari hasil simulasi. Model dapat dinyatakan valid jika nilainya < 5%. Sedangkan pengujian *error variance comparison* adalah pengujian yang membandingkan nilai standar deviasi dari data actual yang di dapat dari hasil pengumpulan data dengan data yang di dapat dari hasil simulasi. Model dapat dinyatakan valid jika nilainya < 30%. Pada penelitian ini, dilakukan pengujian validasi terhadap beberapa variabel, yaitu variabel penerimaan semen, penerimaan pasir, penerimaan batu split, dan penerimaan bata ringan.

4.6.1 Validasi Variabel Penerimaan Semen

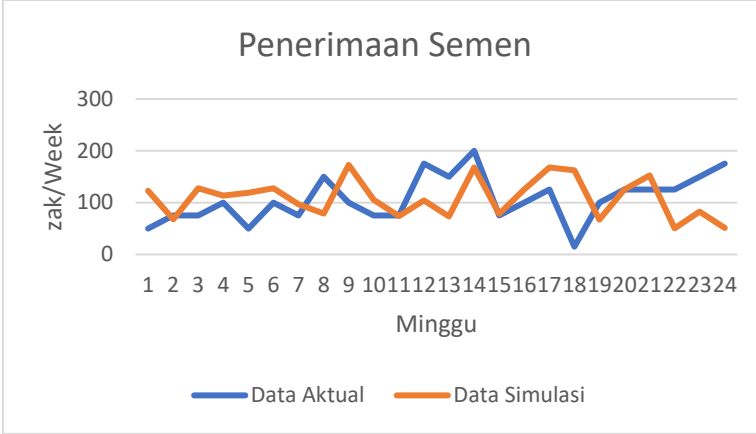
Variabel penerimaan semen merupakan variabel yang menyatakan jumlah penerimaan semen yang masuk ke gudang yang dikirim oleh *supplier*. Tabel 4.30 menunjukkan perbandingan data pada variabel penerimaan semen antara data actual dengan data simulasi.

Tabel 4.30 Perbandingan Data pada Variabel Penerimaan Semen

Minggu ke-	Data Aktual	Data Simulasi
1	50	123,0486603
2	75	67,59403992
3	75	127,8545151
4	100	113,3634338
5	50	119,32267
6	100	127,931076
7	75	97,13613129
8	150	78,9953537
9	100	172,6996765

10	75	105,6407547
11	75	74,13700867
12	175	104,2593994
13	150	73,36096191
14	200	167,8642273
15	75	78,12041473
16	100	125,0071869
17	125	168,1355896
18	15	162,5284424
19	100	67,08196259
20	125	125,2197647
21	125	152,4846954
22	125	50,41221619
23	150	82,76433563
24	175	51,28388596

Berikut adalah Gambar 4.25 yang menunjukkan grafik perbandingan variabel penerimaan semen antara data aktual dengan data hasil simulasi.



Gambar 4.25 Grafik Perbandingan Variabel Penerimaan Semen

Berdasarkan hasil pengujian validasi yang dilakukan, maka variabel penerimaan semen dikatakan valid karena memiliki nilai *mean comparison* dibawah 5% sebesar 1,99% dan nilai *error variance* dibawah 30% sebesar 15,6%. Hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel 4.31 berikut.

Tabel 4.31 Validasi Variabel Penerimaan Semen

Mean Comparison $E1 = \frac{[\bar{S} - \bar{A}]}{\bar{A}}$ (< 5 %)	$\frac{\lvert 109{,}01 - 106{,}875 \rvert}{106{,}875}$ = 0,0199 x 100 % = **1,99%**	**VALID**
Error Variance $E2 = \frac{\lvert Ss - Sa \rvert}{Sa}$ (< 30%)	$\frac{\lvert 109{,}01 - 106{,}875 \rvert}{106{,}875}$ = 0,156 x 100% = **15,6%**	

4.6.2 Validasi Variabel Penerimaan Pasir

Variabel penerimaan pasir merupakan variabel yang menyatakan jumlah penerimaan pasir yang masuk ke gudang yang dikirim oleh *supplier*. Tabel 4.32 menunjukkan

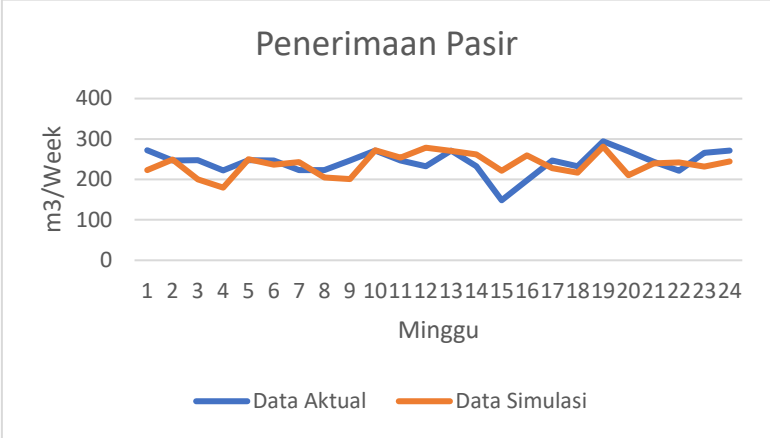
perbandingan data pada variabel penerimaan pasir antara data actual dengan data simulasi.

Tabel 4.32 Perbandingan Data pada Variabel Penerimaan Pasir

Minggu ke-	Data Aktual	Data Simulasi
1	271,888	223,3833008
2	246,967	248,8367615
3	247,714	200,2451172
4	222,047	179,7072754
5	247,266	250,2008057
6	246,669	236,8594818
7	222,644	242,927536
8	222,793	204,637558
9	246,967	200,6988373
10	271,291	272,1535034
11	246,818	253,6988678
12	232,408	278,651062
13	271,291	270,3341675
14	232,408	261,6165161
15	148,395	221,6434479
16	197,723	259,2805176
17	246,818	228,0608521
18	232,408	216,6575165
19	294,270	281,1343994
20	269,790	210,3406372
21	243,940	239,7748413
22	221,300	242,0177155
23	266,157	231,8881378

24	271,291	244,332428

Berikut adalah Gambar 4.26 yang menunjukkan grafik perbandingan variabel penerimaan pasir antara data actual dengan data hasil simulasi.



Gambar 4.26 Grafik Perbandingan Variabel Penerimaan Pasir

Berdasarkan hasil pengujian validasi yang dilakukan, maka variabel penerimaan pasir dikatakan valid karena memiliki nilai *mean comparison* dibawah 5% sebesar 2,09% dan nilai *error variance* dibawah 30% sebesar 9,86%. Hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel 4.33 berikut.

Tabel 4.33 Validasi Variabel Penerimaan Pasir

Mean Comparison $E1 = \frac{[\bar{S} - \bar{A}]}{\bar{A}}$ (< 5 %)	$\frac{\lvert 237{,}461 - 242{,}552 \rvert}{242{,}552}$ = 0,0209 x 100 % = **2,09%**	**VALID**
Error Variance $E2 = \frac{\lvert Ss - Sa \rvert}{Sa}$ (< 30%)	$\frac{\lvert 26{,}77 - 29{,}7 \rvert}{29{,}7}$ = 0,0986 x 100% = **9,86%**	

4.6.3 Validasi Variabel Penerimaan Batu Split

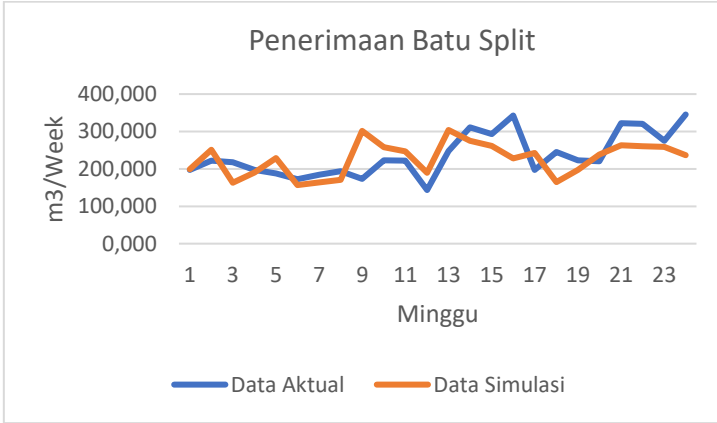
Variabel penerimaan batu split merupakan variabel yang menyatakan jumlah penerimaan batu split yang masuk ke gudang yang didatangkan dari *supplier*. Tabel 4.34 menunjukkan perbandingan data pada variabel penerimaan batu split antara data actual dengan data simulasi.

Tabel 4.34 Perbandingan Data pada Variabel Penerimaan Batu Split

Minggu ke-	Data Aktual	Data Simulasi
1	197,425	198,5290222
2	222,047	250,9554291
3	217,494	162,6458588
4	197,574	190,1593018
5	187,828	228,571167
6	172,500	156,6713409
7	184,574	163,7552338
8	193,425	170,6849518
9	172,952	301,5644531
10	222,703	258,2372437
11	221,987	247,0639038
12	143,395	189,3882294
13	247,714	304,0144958
14	311,281	275,3383484
15	293,018	261,5476685
16	342,411	227,7648926
17	196,828	242,1657104
18	244,714	165,0878296
19	223,071	196,9417419

20	220,572	238,0678253
21	322,177	263,3127747
22	320,281	260,2948608
23	275,018	258,6637268
24	345,411	236,5729828

Berikut adalah Gambar 4.27 yang menunjukkan grafik perbandingan variabel penerimaan batu split antara data actual dengan data hasil simulasi.



Gambar 4.27 Grafik Perbandingan Variabel Penerimaan Batu Split

Berdasarkan hasil pengujian validasi yang dilakukan, maka variabel penerimaan batu split dikatakan valid karena memiliki nilai *mean comparison* dibawah 5% sebesar 4,02% dan nilai *error variance* dibawah 30% sebesar 28,5%. Hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel 4.35 berikut.

Tabel 4.35 Validasi Variabel Penerimaan Batu Split

Mean Comparison $E1 = \frac{[\bar{S} - \bar{A}]}{\bar{A}}$ (< 5 %)	$\frac{\lvert 226{,}999 - 236{,}516 \rvert}{226{,}516}$ = 0,0402 x 100 % = **4,02%**	**VALID**

Error Variance $E2 = \frac{\lvert Ss - Sa \rvert}{Sa}$ (< 30%)	$\frac{\lvert 44{,}44 - 58{,}1 \rvert}{58{,}1}$ = 0,0235 x 100% = **23,5%**	

4.6.4 Validasi Variabel Penerimaan Bata Ringan

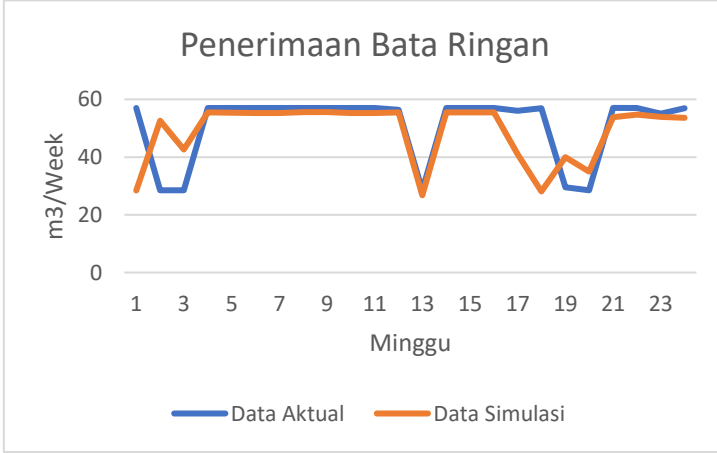
Variabel penerimaan bata ringan merupakan variabel yang menyatakan jumlah penerimaan bata ringan yang masuk ke gudang yang didatangkan dari *supplier*. Tabel 4.36 menunjukkan perbandingan data pada variabel penerimaan bata ringan antara data actual dengan data simulasi.

Tabel 4.36 Perbandingan Data pada Variabel Penerimaan Bata Ringan

Minggu ke-	Data Aktual	Data Simulasi
1	57	28,4643383
2	28,5	52,54104233
3	28,5	42,56579208
4	57	55,4368515
5	57	55,32161713
6	57	55,21263504
7	57	55,26515961
8	57	55,55796051
9	57	55,53591537
10	57	55,28294754
11	57	55,30402756
12	56	55,49068451
13	28,5	26,76000023
14	57	55,4756546

15	57	55,49332047
16	57	55,4800415
17	55,982	40,9444313
18	56,873	28,13316345
19	29,553	39,92981339
20	28,5	34,98816299
21	56,992	53,82958221
22	57	54,71658707
23	55	53,9641304
24	56,892	53,63874054

Berikut adalah Gambar 4.28 yang menunjukkan grafik perbandingan variabel penerimaan bata ringan antara data actual dengan data hasil simulasi.



Gambar 4.28 Grafik Perbandingan Variabel Penerimaan Bata Ringan

Berdasarkan hasil pengujian validasi yang dilakukan, maka variabel penerimaan bata ringan dikatakan valid karena memiliki nilai *mean comparison* dibawah 5% sebesar 3,87%

dan nilai *error variance* dibawah 30% sebesar 13,43%. Hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel 4.37 berikut.

Tabel 4.37 Validasi Variabel Penerimaan Bata Ringan

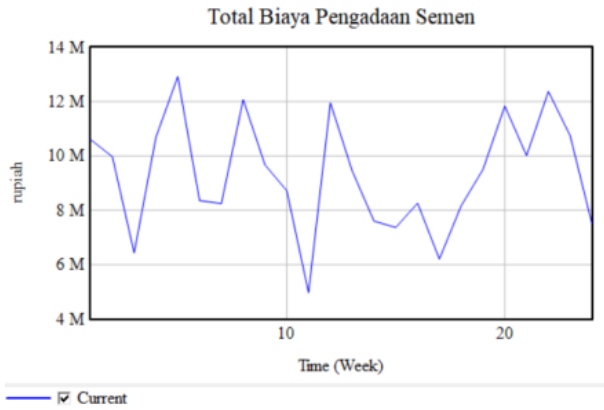
Mean Comparison $E1 = \frac{[\bar{S} - \bar{A}]}{\bar{A}}$ (< 5 %)	$\frac{\lvert 48{,}97 - 50{,}94 \rvert}{50{,}94}$ = 0,038 x 100 % = **3,87%**	**VALID**
Error Variance $E2 = \frac{\lvert Ss - Sa \rvert}{Sa}$ (< 30%)	$\frac{\lvert 10{,}09 - 11{,}66 \rvert}{11{,}66}$ = 0,134 x 100% = **13,4%**	

4.7 Analisis Model Kondisi Eksisting (*Base Model*)

Setelah melalui tahap pengujian model yaitu verifikasi dan validasi, maka tahap selanjutnya adalah melakukan analisis dari *base model* pada *stock and flow diagram* yang telah dikembangkan. Analisis pada *base model* bertujuan untuk memberikan penjelasan terkait hasil *running* berupa grafik yang dihasilkan dari masing-masing sub-model.

4.7.1 Analisis *Base Model* Total Biaya Pengadaan Material Semen

Sesuai dengan sub-model pada material semen yang telah dibuat, output dari hasil *running model* ditunjukkan pada Gambar 4.29.

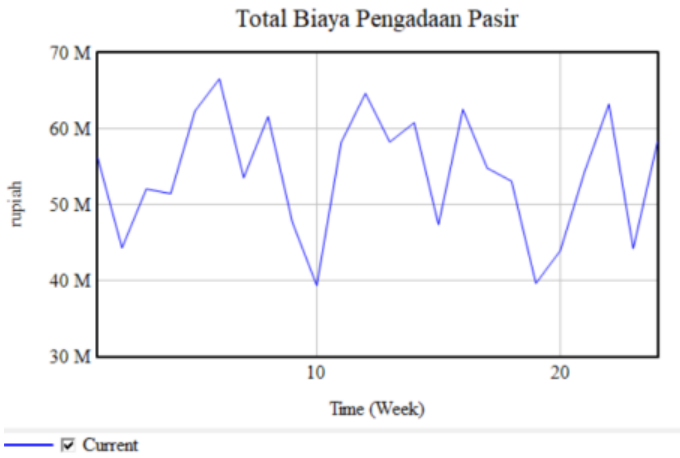


Gambar 4.29 Grafik Hasil Analisis Variabel Total Biaya Pengadaan Material Semen

Dari hasil grafik diatas, terlihat bahwa total biaya pengadaan semen mengalami fluktuasi seiring dengan berjalannya waktu, yaitu selama 24 minggu. Total biaya pengadaan semen yang paling tinggi berada di minggu ke-5 yaitu sebesar Rp. 12.918.800,00 sedangkan total biaya pengadaan semen yang paling rendah berada di minggu ke-11 yaitu sebesar Rp. 4.966.660,00.

4.7.2 Analisis *Base Model* Total Biaya Pengadaan Material Pasir

Sesuai dengan sub-model pada material pasir yang telah dibuat, output dari hasil *running model* ditunjukkan pada Gambar 4.30.



Gambar 4.30 Grafik Hasil Analisis Variabel Total Biaya Pengadaan Material Pasir

Dari hasil grafik diatas, terlihat bahwa total biaya pengadaan pasir mengalami fluktuasi seiring dengan berjalannya waktu, yaitu selama 24 minggu. Total biaya pengadaan pasir yang paling tinggi berada di minggu ke-6 yaitu sebesar Rp. 66.566.200,00 sedangkan total biaya pengadaan semen yang paling rendah berada di minggu ke-10 yaitu sebesar Rp. 39.354.300,00.

4.7.3 Analisis *Base Model* Total Biaya Pengadaan Material Batu Split

Sesuai dengan sub-model pada material batu split yang telah dibuat, output dari hasil *running model* ditunjukkan pada Gambar 4.31.

Gambar 4.31 Grafik Hasil Analisis Variabel Total Biaya Pengadaan Material Batu Split

Dari hasil grafik diatas, terlihat bahwa total biaya pengadaan batu split mengalami fluktuasi seiring dengan berjalannya waktu, yaitu selama 24 minggu. Total biaya pengadaan batu split yang paling tinggi berada di minggu ke-19 yaitu sebesar Rp. 54.136.400,00 sedangkan total biaya pengadaan batu split yang paling rendah berada di minggu ke-23 yaitu sebesar Rp. 27.561.300,00.

4.7.4 Analisis *Base Model* Total Biaya Pengadaan Material Bata Ringan

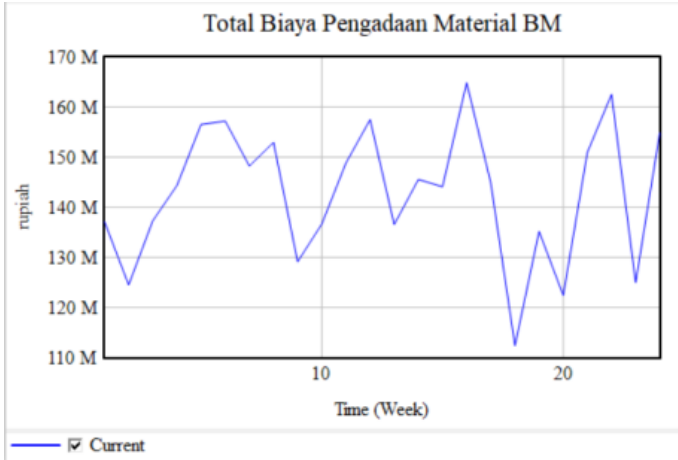
Sesuai dengan sub-model pada material bata ringan yang telah dibuat, output dari hasil *running model* ditunjukkan pada Gambar 4.32.

Gambar 4.32 Grafik Hasil Analisis Variabel Total Biaya Pengadaan Material Bata Ringan

Dari hasil grafik diatas, terlihat bahwa total biaya pengadaan batu split mengalami fluktuasi seiring dengan berjalannya waktu, yaitu selama 24 minggu. Total biaya pengadaan bata ringan yang paling tinggi berada di minggu ke-4 yaitu sebesar Rp. 43.693.100,00 sedangkan total biaya pengadaan bata ringan yang paling rendah berada di minggu ke-13 yaitu sebesar Rp. 21.760.300,00.

4.7.5 Analisis *Base Model* Total Biaya Pengadaan Material BM

Sesuai dengan sub-model total biaya pengadaan material secara keseluruhan yang telah dibuat, yang mana merupakan penjumlahan dari empat biaya pengadaan material, yakni biaya pengadaan semen, biaya pengadaan pasir, biaya pengadaan batu split, dan biaya pengadaan bata ringan. Output dari hasil *running model* dapat dilihat pada Gambar 4.33.

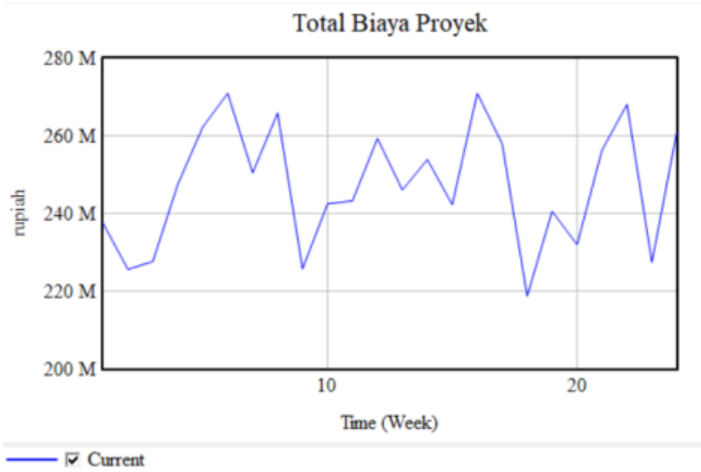


Gambar 4.33 Grafik Hasil Analisis Variabel Total Biaya Pengadaan Material Base Model

Dari hasil grafik diatas, terlihat bahwa total biaya pengadaan secara keseluruhan mengalami fluktuasi seiring dengan berjalannya waktu, yaitu selama 24 minggu. Total biaya pengadaan material secara keseluruhan yang paling tinggi berada di minggu ke-16 yaitu sebesar Rp. 164.899.000,00 sedangkan total biaya pengadaan material secara keseluruhan yang paling rendah berada di minggu ke-18 yaitu sebesar Rp. 112.382.000,00.

4.7.6 Analisis *Base Model* Total Biaya Proyek

Sesuai dengan sub-model pada total biaya proyek yang telah dibuat, output dari hasil *running model* ditunjukkan pada Gambar 4.34.



Gambar 4.34 Grafik Hasil Analisis Variabel Total Biaya Proyek

Dari hasil grafik diatas, terlihat bahwa total biaya proyek mengalami fluktuasi seiring dengan berjalannya waktu, yaitu selama 24 minggu. Total biaya proyek yang paling tinggi berada di minggu ke-16 yaitu sebesar Rp. 270.951.000,00 sedangkan total biaya proyek yang paling rendah berada di minggu ke-18 yaitu sebesar Rp. 218.768.000,00.

BAB V
PENGEMBANGAN SKENARIO DAN ANALISIS HASIL

Pada bab ini akan dijelaskan mengenai proses pembuatan skenario serta analisis terhadap hasil dari masing-masing skenario berdasarkan *base model* yang telah dikembangkan dan telah valid. Pengembangan skenario dilakukan untuk memenuhi tujuan dari penelitian yaitu meningkatkan efisiensi proses pengadaan barang pada PT PP.

5.1 Pengembangan Skenario

Pengembangan skenario dilakukan dan disimulasikan untuk memperbaiki kinerja sistem. Dengan melakukan skenario, dapat dilihat beberapa kemungkinan yang terjadi di masa yang akan datang. Pengembangan skenario yang dilakukan untuk memenuhi tujuan dari penelitian, yaitu pengurangan biaya pengadaan barang. Dalam pengembangan skenario, batasan waktu diperpanjang hingga 26 minggu kedepan, yang mana pada awal pembuatan *base model* hanya sampai pada 24 minggu saja, sehingga total periode waktu yang digunakan dalam pengembangan skenario yaitu sebanyak 50 minggu. Dalam membuat skenario, terdapat dua jenis skenario yaitu skenario parameter dan skenario struktur. Skenario parameter dilakukan dengan mengubah nilai parameter pada variabel yang dianggap memiliki pengaruh signifikan terhadap sistem, sedangkan skenario struktur dilakukan dengan mengubah struktur model melalui penambahan atau pengurangan variabel. Pada Tabel 5.1 menunjukkan pengembangan skenario yang dilakukan pada penelitian ini.

Tabel 5.1 Pengembangan Skenario yang Dilakukan

No.	Skenario	Tujuan
1.	Menerapkan metode *Just in Time (JIT)*	Mengurangi pemborosan dengan cara pengiriman barang sampai tepat waktu ke gudang dan

		barang digunakan pada waktu yang tepat, sehingga dapat meminimalisir biaya persediaan.
2.	Menerapkan metode *Economic Order Quantity (EOQ)*	Mengetahui seberapa banyak jumlah pesanan barang yang optimal sehingga dapat meminimalisir biaya persediaan.

5.1.1 Menerapkan Metode *Just in Time* (JIT)

Metode *just in time* atau yang lazim disingkat JIT adalah sebuah filosofi pemecahan masalah secara berkelanjutan dengan cara menghilangkan pemborosan yang dianggap tidak memiliki nilai tambah [23]. Metode JIT pertama kali diterapkan oleh Toyota Motor di Jepang pada tahun 1970 dan berhasil membuat industri otomotif dan elektronika Jepang menjadi industri yang mampu bekerja secara efisien dengan mutu kualitas yang baik sehingga metode JIT berkembang pesat ke seluruh dunia dan dapat diterapkan oleh banyak perusahaan. Metode JIT berusaha untuk menghilangkan sumber-sumber pemborosan produksi dengan cara menerima jumlah kuantitas material yang tepat dan memproduksinya dalam jumlah yang tepat pada tempat yang tepat dengan waktu yang tepat [5].

Pada umumnya, JIT dapat menurunkan biaya persediaan hingga tingkat yang sangat rendah. Hal tersebut merupakan kelebihan dari menerapkan metode JIT. Untuk melakukan perhitungan dengan metode JIT, terdapat langkah-langkah yang harus dilakukan, antara lain:

a. Menghitung kuantitas pesanan minimum

$$Q^* = \sqrt{\frac{2xDxO}{C}}$$

Keterangan:

Q*: Kuantitas pesanan minimum per unit

D: Permintaan barang per periode

O: Biaya pemesanan setiap kali pesan

C: Biaya penyimpanan per unit

b. Menghitung frekuensi pesanan optimal

$$n = \frac{D}{Q*}$$

Keterangan:

n: Frekuensi pesanan optimal

D: Permintaan barang per periode

Q*: Kuantitas pesanan minimum per unit

c. Menghitung total biaya persediaan dengan metode *just in time*

$$T_{jit} = \frac{1}{\sqrt{n}}\ x\ Total\ biaya\ persediaan\ dalam\ satu\ periode$$

Keterangan:

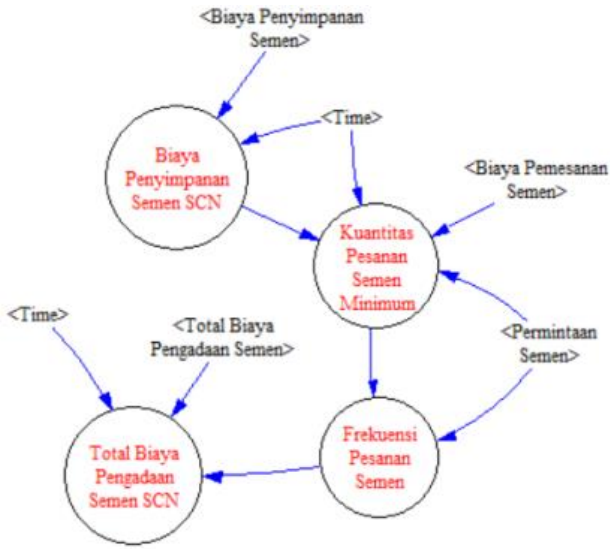
T_{jit}: Total biaya persediaan dengan metode *just in time*

n: Frekuensi pesanan optimal

Dengan melakukan perhitungan menggunakan rumus yang telah dijelaskan, maka dalam menerapkan metode JIT dilakukan pada setiap material. Biaya yang digunakan dalam melakukan skenario JIT adalah biaya pemesanan dan biaya penyimpanan yang diasumsikan terjadi pengurangan biaya sekitar 10-20% dari biaya penyimpanan awal, dalam hal ini dilakukan skenario parameter. Adapun juga skenario struktur yang dilakukan yaitu penambahan variabel kuantitas pesanan minimum dan frekuensi pesanan minimum. Dari penjelasan tersebut, kemudian akan dihitung total biaya pengadaan material secara keseluruhan dengan metode JIT.

5.1.1.1 Material Semen dengan Metode JIT

Pada sub-model material semen, pengembangan skenario yang dilakukan dapat dilihat pada Gambar 5.1 dibawah ini.



Gambar 5.1 Struktur Model Skenario JIT pada Material Semen

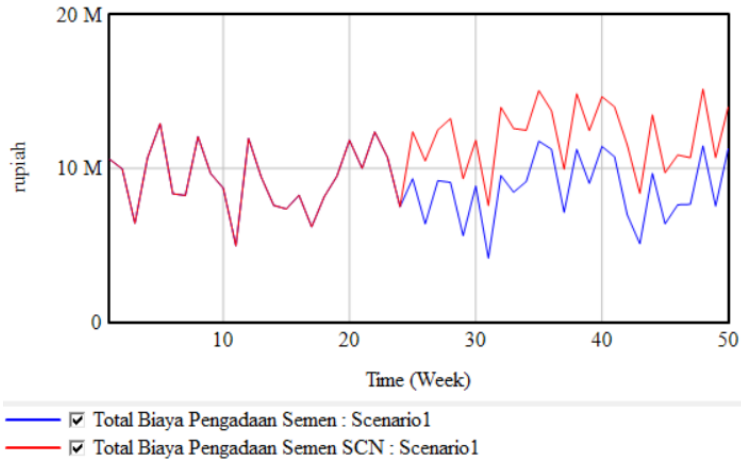
Untuk melakukan pengembangan skenario, diperlukan *shadow variable* berupa *time* agar nilai dari *base model* tidak berubah [24]. *Shadow variable* berfungsi untuk memanggil variabel lain yang didefinisikan pada tampilan yang berbeda. Namun, pengecualian terhadap variabel *time* karena pada hakikatnya variabel *time* didefinisikan dan hanya bisa dipakai dengan menggunakan *shadow variable*. Tabel 5.2 menunjukkan persamaan pada penambahan variabel dalam sub-model material semen.

Tabel 5.2 Persamaan Penambahan Variabel pada Material Semen

Variabel	Persamaan	Satuan
Biaya Penyimpanan Semen SCN	IF THEN ELSE(Time>24, Biaya Penyimpanan Semen*(RANDOM UNIFORM(0.1, 0.2, 0)), Biaya Penyimpanan Semen)	Rupiah
Kuantitas Pesanan Semen Minimum	IF THEN ELSE(Time>24, SQRT (2*Permintaan Semen*Biaya Pemesanan Semen/Biaya	Zak

	Penyimpanan Semen SCN), Permintaan Semen)	
Frekuensi Pesanan Semen	Permintaan Semen/Kuantitas Pesanan Semen Minimum	Zak
Total Biaya Pengadaan Semen SCN	IF THEN ELSE(Time>24, 1/SQRT (Frekuensi Pemesanan Semen) *Total Biaya Pengadaan Semen, Total Biaya Pengadaan Semen)	Rupiah

Hasil *running model* skenario JIT pada total biaya pengadaan material semen dapat dilihat pada Gambar 5.2 dibawah ini.

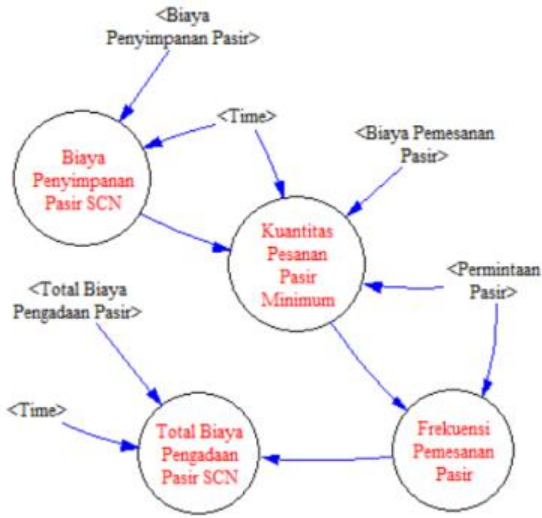


Gambar 5.2 Grafik Hasil Skenario JIT pada Material Semen

Dari hasil grafik diatas menunjukkan bahwa grafik berwarna biru merupakan hasil *running* pada *base model* dan grafik berwarna merah merupakan hasil *running* ketika dilakukan skenario. Dapat dilihat secara keseluruhan bahwa setelah melakukan skenario JIT, biaya pengadaan pada material semen terjadi penurunan yang signifikan.

5.1.1.2 Material Pasir dengan Metode JIT

Pada sub-model material pasir, pengembangan skenario yang dilakukan dapat dilihat pada Gambar 5.3 dibawah ini.



Gambar 5.3 Struktur Model Skenario JIT pada Material Pasir

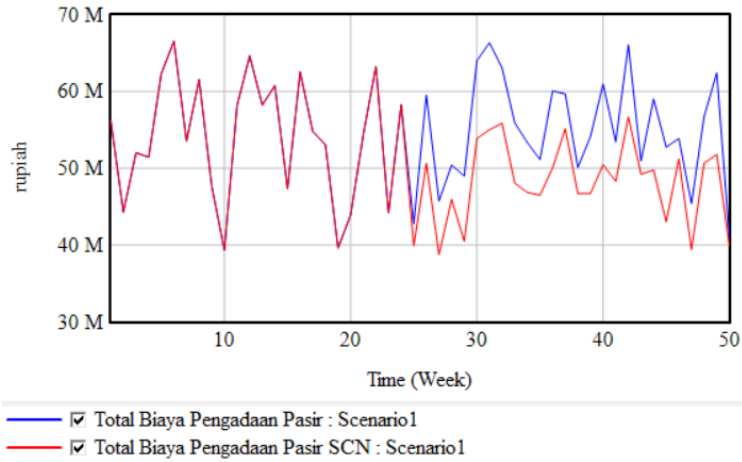
Untuk melakukan pengembangan skenario, diperlukan *shadow variabel* berupa *time* agar nilai dari *base model* tidak berubah [24]. Tabel 5.3 menunjukkan persamaan pada penambahan variabel dalam sub-model material pasir.

Tabel 5.3 Persamaan Penambahan Variabel pada Material Pasir

Variabel	Persamaan	Satuan
Biaya Penyimpanan Pasir SCN	IF THEN ELSE(Time>24, Biaya Penyimpanan Pasir*(RANDOM UNIFORM(0.1, 0.2, 0)), Biaya Penyimpanan Pasir)	Rupiah
Kuantitas Pesanan Pasir Minimum	IF THEN ELSE(Time>24, SQRT(2*Permintaan Pasir*Biaya Pemesanan Pasir/Biaya Penyimpanan Pasir SCN), Permintaan Pasir)	m^3

Frekuensi Pesanan Pasir	Permintaan Pasir/Kuantitas Pesanan Pasir Minimum	m^3
Total Biaya Pengadaan Pasir SCN	IF THEN ELSE(Time>24, 1/SQRT(Frekuensi Pemesanan Pasir)*Total Biaya Pengadaan Pasir, Total Biaya Pengadaan Pasir)	Rupiah

Hasil *running model* skenario JIT pada total biaya pengadaan material pasir dapat dilihat pada Gambar 5.4 dibawah ini.

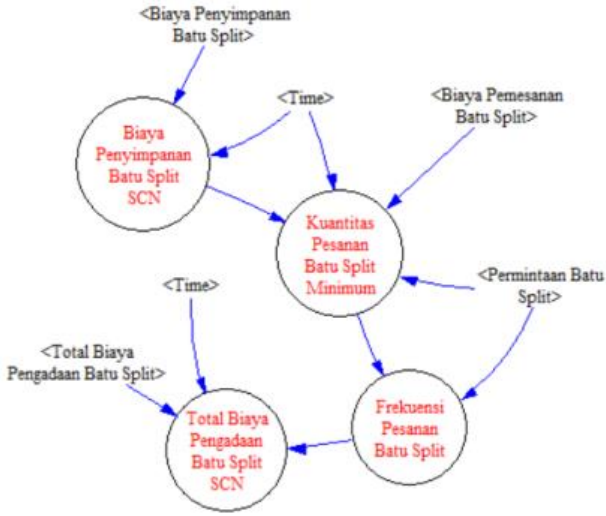


Gambar 5.4 Grafik Hasil Skenario JIT pada Material Pasir

Dari hasil grafik diatas menunjukkan bahwa grafik berwarna biru merupakan hasil *running* pada *base model* dan grafik berwarna merah merupakan hasil *running* ketika dilakukan skenario. Dapat dilihat secara keseluruhan bahwa setelah melakukan skenario JIT, biaya pengadaan pada material pasir terjadi penurunan yang sangat signifikan.

5.1.1.3 Material Batu Split dengan Metode JIT

Pada sub-model material batu split, pengembangan skenario yang dilakukan dapat dilihat pada Gambar 5.5 dibawah ini.



Gambar 5.5 Struktur Model Skenario JIT pada Material Batu Split

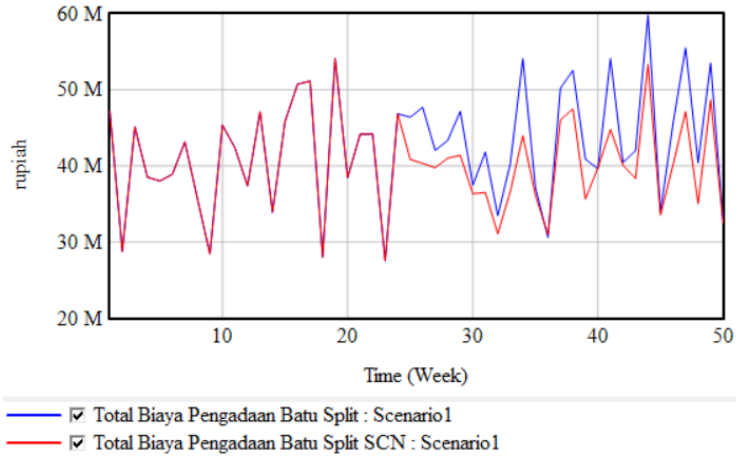
Untuk melakukan pengembangan skenario, diperlukan *shadow variabel* berupa *time* agar nilai dari *base model* tidak berubah [24]. Tabel 5.4 menunjukkan persamaan pada penambahan variabel dalam sub-model material batu split.

Tabel 5.4 Persamaan Penambahan Variabel pada Material Batu Split

Variabel	Persamaan	Satuan
Biaya Penyimpanan Batu Split SCN	IF THEN ELSE(Time>24, Biaya Penyimpanan Batu Split*(RANDOM UNIFORM (0.1, 0.2, 0)), Biaya Penyimpanan Batu Split)	Rupiah
Kuantitas Pesanan Batu Split Minimum	IF THEN ELSE(Time>24, SQRT(2*Permintaan Batu Split*Biaya Pemesanan Batu Split/Biaya Penyimpanan Batu Split SCN), Permintaan Batu Split)	m^3

Frekuensi Pesanan Batu Split	Permintaan Batu Split/Kuantitas Pesanan Batu Split Minimum	m^3
Total Biaya Pengadaan Batu Split SCN	IF THEN ELSE(Time>24, 1/SQRT(Frekuensi Pesanan Batu Split)*Total Biaya Pengadaan Batu Split, Total Biaya Pengadaan Batu Split)	Rupiah

Hasil *running model* skenario JIT pada total biaya pengadaan material batu split dapat dilihat pada Gambar 5.6 dibawah ini.

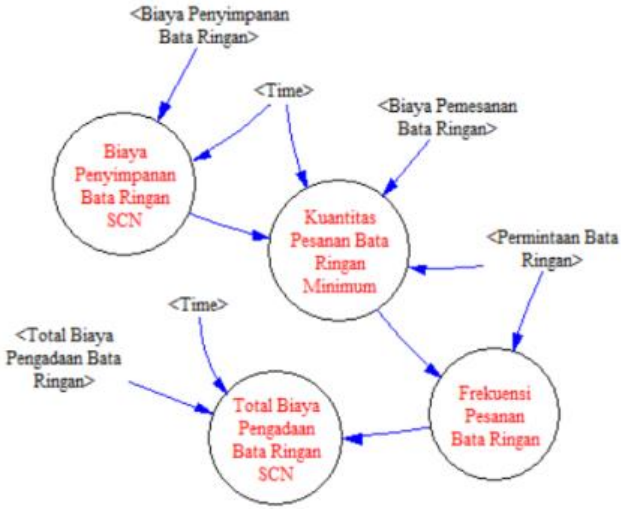


Gambar 5.6 Grafik Hasil Skenario JIT pada Material Batu Split

Dari hasil grafik diatas menunjukkan bahwa grafik berwarna biru merupakan hasil *running* pada *base model* dan grafik berwarna merah merupakan hasil *running* ketika dilakukan skenario. Dapat dilihat secara keseluruhan bahwa setelah dilakukan skenario JIT, biaya pengadaan pada material batu split terjadi penurunan yang signifikan.

5.1.1.4 Material Bata Ringan dengan Metode JIT

Pada sub-model material bata ringan, pengembangan skenario yang dilakukan dapat dilihat pada Gambar 5.7 dibawah ini.



Gambar 5.7 Struktur Model Skenario JIT pada Material Bata Ringan

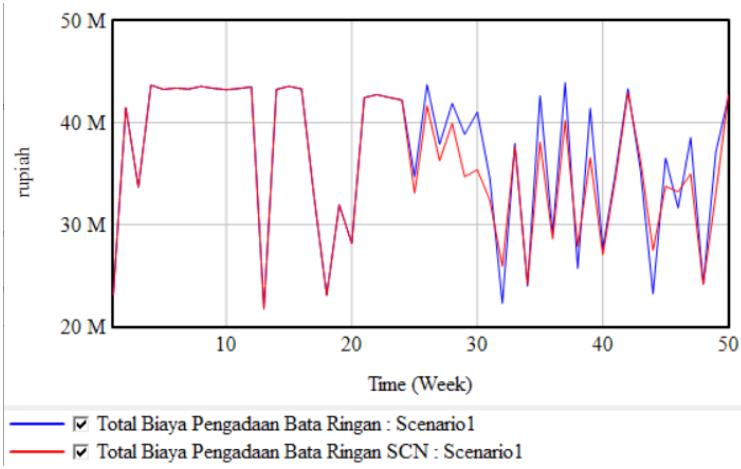
Untuk melakukan pengembangan skenario, diperlukan *shadow variabel* berupa *time* agar nilai dari *base model* tidak berubah [24]. Variabel *time* tersebut terhubung dengan penambahan variabel yang ditandai dengan warna merah. Tabel 5.5 menunjukkan persamaan pada penambahan variabel dalam sub-model material bata ringan.

Tabel 5.5 Persamaan Penambahan Variabel pada Material Bata Ringan

Variabel	Persamaan	Satuan
Biaya Penyimpanan Bata Ringan SCN	IF THEN ELSE(Time>24, Biaya Penyimpanan Bata Ringan*(RANDOM UNIFORM (0.1, 0.2, 0)), Biaya Penyimpanan Bata Ringan)	Rupiah
Kuantitas Pesanan Bata Ringan Minimum	IF THEN ELSE(Time>24, SQRT(2*Permintaan Bata Ringan*Biaya Pemesanan Bata Ringan/Biaya Penyimpanan Bata Ringan SCN), Permintaan Bata Ringan)	m^3

Frekuensi Pesanan Bata Ringan	Permintaan Bata Ringan/Kuantitas Pesanan Bata Ringan Minimum	m^3
Total Biaya Pengadaan Bata Ringan SCN	IF THEN ELSE(Time>24, 1/SQRT(Frekuensi Pesanan Bata Ringan)*Total Biaya Pengadaan Bata Ringan, Total Biaya Pengadaan Bata Ringan)	Rupiah

Hasil *running model* skenario JIT pada total biaya pengadaan material bata ringan dapat dilihat pada Gambar 5.8 dibawah ini.



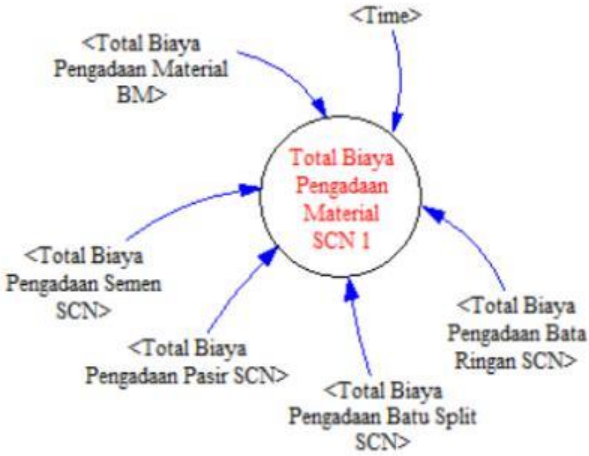
Gambar 5.8 Grafik Hasil Skenario JIT pada Material Bata Ringan

Dari hasil grafik diatas menunjukkan bahwa grafik berwarna biru merupakan hasil *running* pada *base model* dan grafik berwarna merah merupakan hasil *running* ketika dilakukan skenario. Dapat dilihat secara keseluruhan bahwa setelah melakukan skenario JIT, biaya pengadaan pada material bata ringan terjadi penurunan yang signifikan.

5.1.1.5 Total Biaya Pengadaan Barang dengan Metode JIT

Setelah melakukan pengembangan skenario JIT pada tiap sub-model, maka tahap selanjutnya adalah melakukan penjumlahan terhadap keempat sub-model tersebut. Pada sub-model total

biaya pengadaan material secara keseluruhan dengan skenario JIT dapat dilihat pada Gambar 5.9 dibawah ini.



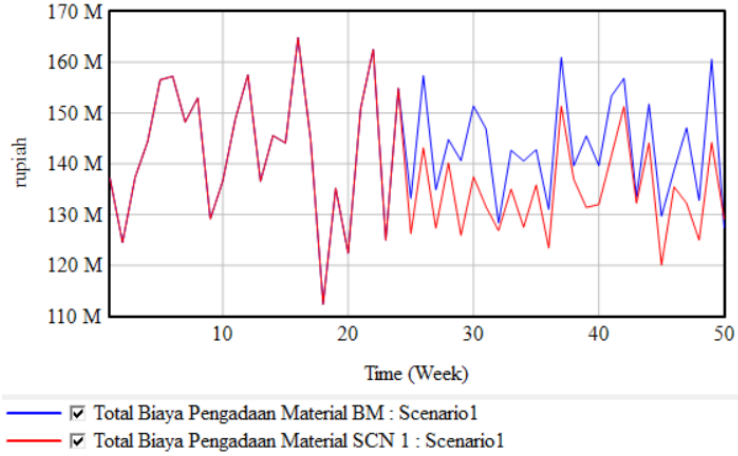
Gambar 5.9 Struktur Model Total Biaya Pengadaan Setelah Dilakukan Skenario JIT

Untuk mengetahui total biaya pengadaan material secara keseluruhan, dilakukan penjumlahan antara keempat material tersebut. Dengan penambahan *shadow variabel* berupa *time* agar nilai dari *base model* tidak berubah. Tabel 5.6 menunjukkan persamaan pada variabel total biaya pengadaan material setelah dilakukannya skenario JIT.

Tabel 5.6 Persamaan pada Variabel Total Biaya Pengadaan Material SCN 1

Variabel	Persamaan	Satuan
Total Biaya Pengadaan Material SCN 1	IF THEN ELSE(Time>24, Total Biaya Pengadaan Semen SCN+Total Biaya Pengadaan Pasir SCN+Total Biaya Pengadaan Batu Split SCN+Total Biaya Pengadaan Bata Ringan SCN, Total Biaya Pengadaan Material BM)	Rupiah

Hasil *running model* skenario JIT pada total biaya pengadaan material secara keseluruhan dapat dilihat pada Gambar 5.10 dibawah ini.



Gambar 5.10 Grafik Hasil Skenario JIT Total Biaya Pengadaan Material

Dari hasil grafik diatas menunjukkan bahwa grafik berwarna biru merupakan hasil *running* pada *base model* dan grafik berwarna merah merupakan hasil *running* ketika dilakukan skenario. Dapat dilihat secara keseluruhan bahwa setelah melakukan skenario JIT, total biaya pengadaan material terjadi penurunan yang signifikan yaitu sekitar Rp. 100.000.000,00.

5.1.2 Menerapkan Metode *Economic Order Quantity (EOQ)*

Metode *economic order quantity* atau yang lazim disingkat EOQ merupakan metode pengendalian persediaan yang tertua dan paling dikenal [25]. Metode EOQ digunakan untuk menentukan jumlah kuantitas pesanan barang yang dapat meminimalkan biaya total dari biaya pemesanan dan biaya penyimpanan [26]. Metode ini digunakan berdasarkan beberapa asumsi, antara lain [25]:

a. Jumlah permintaan barang dapat diketahui, konstan dan independent.

b. Waktu tunggu (*lead time*) antara pemesanan dan penerimaan pesanan dapat diketahui dan bersifat konstan.
c. Pada saat kehabisan persediaan dapat sepenuhnya dihindari jika pemesanan dilakukan pada waktu yang tepat.

Untuk mendapatkan jumlah kuantitas pesanan yang optimal, maka dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$EOQ = \sqrt{\frac{2xDxk}{h}}$$

Keterangan:

EOQ: Jumlah kuantitas pesanan optimal

D: Jumlah kebutuhan barang per periode

k: Biaya pesan untuk tiap kali pesan

h: Biaya simpan per unit

Kemudian, untuk menghitung total biaya persediaan dengan menggunakan metode EOQ, digunakan rumus sebagai berikut:

$$TIC = \frac{Pxk}{EOQ} + \frac{EOQxh}{2}$$

Keterangan:

TIC: *Total Inventory Cost* dengan meteode EOQ

EOQ: Jumlah pesanan terhemat

P: Total kebutuhan barang

k: Biaya pesan untuk tiap kali pesan

h: Biaya simpan per unit

Dengan melakukan perhitungan menggunakan rumus yang telah dijelaskan, maka dalam menerapkan metode EOQ dilakukan pada setiap material. Biaya yang digunakan dalam melakukan skenario EOQ adalah biaya pemesanan dan biaya penyimpanan. Terdapat pula penambahan variabel yang

bernama total kebutuhan material dari tiap material yang didapat dari hasil pengumpulan data dengan melihat pada data *material schedule*, dalam hal ini dilakukan skenario struktur. Dari penjelasan tersebut, kemudian akan dihitung total biaya pengadaan material secara keseluruhan dengan metode EOQ.

5.1.2.1 Material Semen dengan Metode EOQ

Pada sub-model material semen, pengembangan skenario yang dilakukan dapat dilihat pada Gambar 5.11 dibawah ini.

Gambar 5.11 Struktur Model Skenario EOQ pada Material Semen

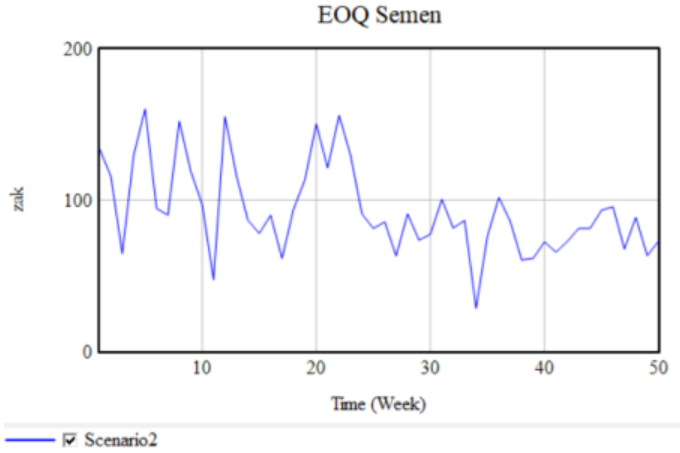
Untuk melakukan pengembangan skenario, diperlukan *shadow variabel* berupa *time* agar nilai dari *base model* tidak berubah. Tabel 5.7 menunjukkan persamaan pada penambahan variabel dalam sub-model material semen.

Tabel 5.7 Persamaan pada Penambahan Variabel Pada Material Semen

Variabel	Persamaan	Satuan
EOQ Semen	IF THEN ELSE(Time>24, SQRT(2*Permintaan Semen*Biaya Pemesanan Semen/Biaya Penyimpanan Semen), Permintaan Semen)	Zak
Total Kebutuhan Semen	2565	Zak

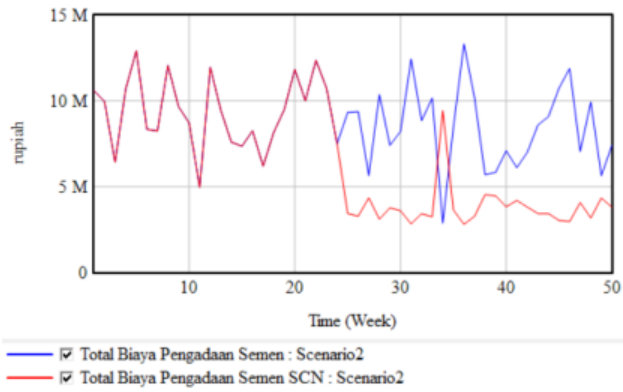
Total Biaya Pengadaan Semen SCN	IF THEN ELSE(Time>24, (Total Kebutuhan Semen*Biaya Pemesanan Semen/EOQ Semen) + (EOQ Semen*Biaya Penyimpanan Semen/2), Total Biaya Pengadaan Semen)	Rupiah

Untuk mengetahui seberapa banyak jumlah pesanan semen yang optimal, dapat dilihat pada Gambar 5.12 dibawah ini.



Gambar 5.12 EOQ Semen

Dari hasil grafik diatas, menunjukkan bahwa pada minggu ke-25 hingga minggu ke-50, terjadi penurunan jumlah kuantitas pesanan semen. Hal ini dapat dinyatakan bahwa jumlah pesanan semen yang dilakukan telah optimal, karena pada minggu sebelum dilakukannya skenario, terdapat perbedaan penurunan kuantitas yang signifikan. Untuk dapat mengetahui berapa banyak biaya pengadaan semen yang dikeluarkan dengan menggunakan metode EOQ ini, dapat dilihat pada Gambar 5.13 dibawah ini.



Gambar 5.13 Grafik Hasil Skenario EOQ pada Material Semen

Dari hasil grafik diatas menunjukkan bahwa grafik berwarna biru merupakan hasil *running* pada *base model* dan grafik berwarna merah merupakan hasil *running* ketika dilakukan skenario. Dapat dilihat secara keseluruhan bahwa setelah melakukan skenario EOQ, total biaya pengadaan material terjadi penurunan yang sangat signifikan yaitu sekitar Rp. 3.000.000,00. Walapun pada minggu ke-34 terjadi peningkatan biaya yaitu sebesar Rp. 9.441.670,00.

5.1.2.2 Material Pasir dengan Metode EOQ

Pada sub-model material pasir, pengembangan skenario yang dilakukan dapat dilihat pada Gambar 5.14 dibawah ini.

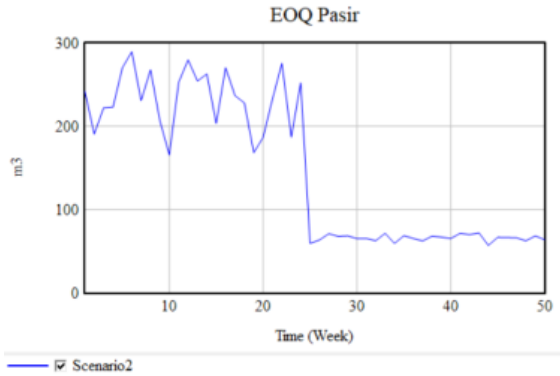
Gambar 5.14 Struktur Model Skenario EOQ pada Material Pasir

Untuk melakukan pengembangan skenario, diperlukan *shadow variabel* berupa *time* agar nilai dari *base model* tidak berubah. Tabel 5.8 menunjukkan persamaan pada penambahan variabel dalam sub-model material pasir.

Tabel 5.8 Persamaan pada Penambahan Variabel Material Pasir

Variabel	Persamaan	Satuan
EOQ Pasir	IF THEN ELSE(Time>24, SQRT(2*Permintaan Pasir*Biaya Pemesanan Pasir/Biaya Penyimpanan Pasir), Permintaan Pasir)	m^3
Total Kebutuhan Semen	5821.26	m^3
Total Biaya Pengadaan Semen SCN	IF THEN ELSE(Time>24, (Total Kebutuhan Pasir*Biaya Pemesanan Pasir/EOQ Pasir)+(EOQ Pasir*Biaya Penyimpanan Pasir/2), Total Biaya Pengadaan Pasir)	Rupiah

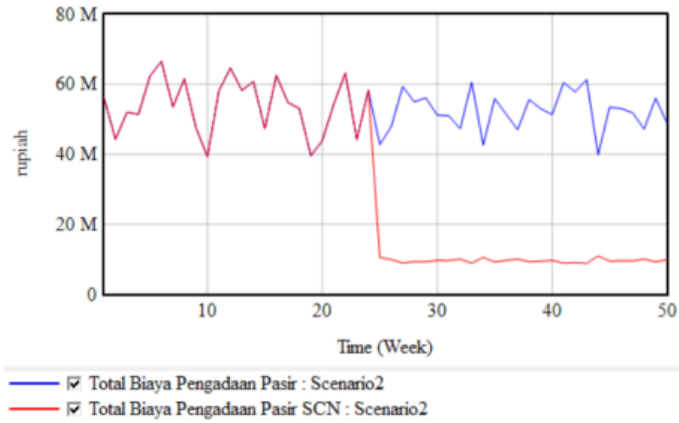
Untuk mengetahui seberapa banyak jumlah pesanan pasir yang optimal, dapat dilihat pada Gambar 5.15 dibawah ini.



Gambar 5.15 EOQ Pasir

Dari hasil grafik diatas, menunjukkan bahwa pada minggu ke-25 hingga minggu ke-50, terjadi penurunan jumlah kuantitas

pesanan pasir. Hal ini dapat dinyatakan bahwa jumlah pesanan pasir yang dilakukan telah optimal, karena pada minggu sebelum dilakukannya skenario, terdapat perbedaan penurunan kuantitas yang sangat signifikan. Untuk dapat mengetahui berapa banyak biaya pengadaan pasir yang dikeluarkan dengan menggunakan metode EOQ ini, dapat dilihat pada Gambar 5.16 dibawah ini.



Gambar 5.16 Grafik Hasil Skenario EOQ Pada Material Pasir

Dari hasil grafik diatas menunjukkan bahwa grafik berwarna biru merupakan hasil *running* pada *base model* dan grafik berwarna merah merupakan hasil *running* ketika dilakukan skenario. Dapat dilihat secara keseluruhan bahwa setelah melakukan skenario EOQ, total biaya pengadaan pada material pasir terjadi penurunan yang sangat signifikan, yaitu sekitar Rp. 6.000.000,00.

5.1.2.3 Material Batu Split dengan Metode EOQ

Pada sub-model material batu split, pengembangan skenario yang dilakukan dapat dilihat pada Gambar 5.17 dibawah ini.

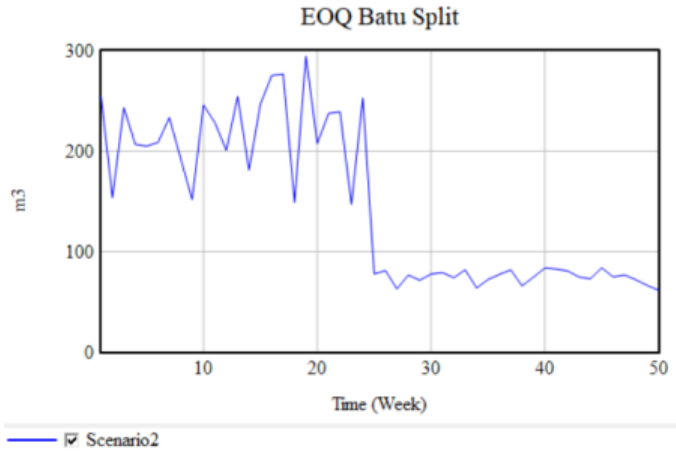
Gambar 5.17 Struktur Model Skenario EOQ pada Material Batu Split

Untuk melakukan pengembangan skenario, diperlukan *shadow variabel* berupa *time* agar nilai dari *base model* tidak berubah. Tabel 5.9 menunjukkan persamaan pada penambahan variabel dalam sub-model material batu split.

Tabel 5.9 Persamaan pada Penambahan Variabel Material Batu Split

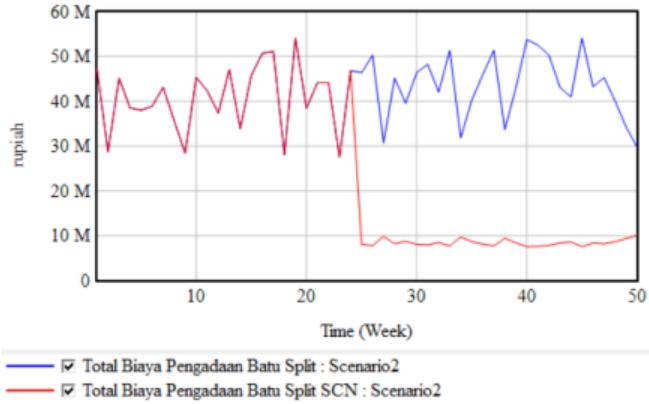
Variabel	Persamaan	Satuan
EOQ Batu Split	IF THEN ELSE(Time>24, SQRT(2*Permintaan Batu Split*Biaya Pemesanan Batu Split/Biaya Penyimpanan Batu Split), Permintaan Batu Split)	m^3
Total Kebutuhan Batu Split	5676.4	m^3
Total Biaya Pengadaan Batu Split SCN	IF THEN ELSE(Time>24, (Total Kebutuhan Batu Split*Biaya Pemesanan Batu Split/EOQ Batu Split)+(EOQ Batu Split*Biaya Penyimpanan Batu Split/2), Total Biaya Pengadaan Batu Split)	Rupiah

Untuk mengetahui seberapa banyak jumlah pesanan pasir yang optimal, dapat dilihat pada Gambar 5.18 dibawah ini.



Gambar 5.18 EOQ Batu Split

Dari hasil grafik diatas, menunjukkan bahwa pada minggu ke-25 hingga minggu ke-50, terjadi penurunan jumlah kuantitas pesanan batu split. Hal ini dapat dinyatakan bahwa jumlah pesanan batu split yang dilakukan telah optimal, karena pada minggu sebelum dilakukannya skenario, terdapat perbedaan penurunan kuantitas yang sangat signifikan. Untuk dapat mengetahui berapa banyak biaya pengadaan batu split yang dikeluarkan dengan menggunakan metode EOQ ini, dapat dilihat pada Gambar 5.19 dibawah ini.



Gambar 5.19 Grafik Hasil Skenario EOQ pada Material Batu Split

Dari hasil grafik diatas menunjukkan bahwa grafik berwarna biru merupakan hasil *running* pada *base model* dan grafik berwarna merah merupakan hasil *running* ketika dilakukan skenario. Dapat dilihat secara keseluruhan bahwa setelah melakukan skenario EOQ, total biaya pengadaan pada material batu split terjadi penurunan yang sangat signifikan, yaitu sekitar Rp. 8.000.000,00.

5.1.2.4 Material Bata Ringan dengan Metode EOQ

Pada sub-model material bata ringan, pengembangan skenario yang dilakukan dapat dilihat pada Gambar 5.20 dibawah ini.

Gambar 5.20 Struktur Model Skenario EOQ pada Material Bata Ringan

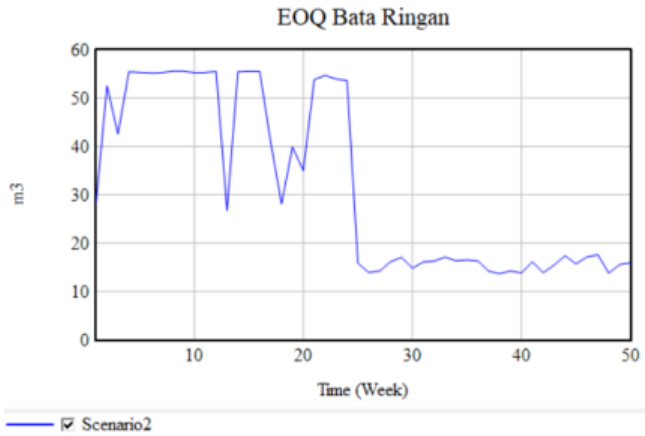
Untuk melakukan pengembangan skenario, diperlukan *shadow variabel* berupa *time* agar nilai dari *base model* tidak berubah. Tabel 5.10 menunjukkan persamaan pada penambahan variabel dalam sub-model material bata ringan.

Tabel 5.10 Persamaan pada Penambahan Variabel Material Bata Ringan

Variabel	Persamaan	Satuan
EOQ Bata Ringan	IF THEN ELSE(Time>24, SQRT(2*Permintaan Bata Ringan*Biaya Pemesanan Bata Ringan/Biaya Penyimpanan Bata	m^3

	Ringan), Permintaan Bata Ringan)	
Total Kebutuhan Bata Ringan	1251	m^3
Total Biaya Pengadaan Batu Split SCN	IF THEN ELSE(Time>24, (Total Kebutuhan Bata Ringan*Biaya Pemesanan Bata Ringan/EOQ Bata Ringan)+(EOQ Bata Ringan*Biaya Penyimpanan Bata Ringan/2), Total Biaya Pengadaan Bata Ringan)	Rupiah

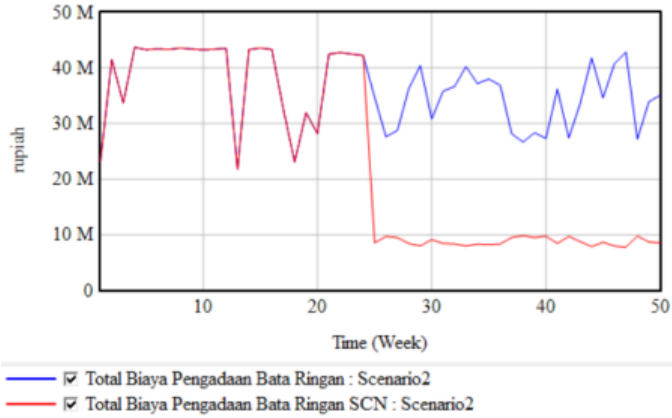
Untuk mengetahui seberapa banyak jumlah pesanan pasir yang optimal, dapat dilihat pada Gambar 5.21 dibawah ini.



Gambar 5.21 EOQ Bata Ringan

Dari hasil grafik diatas, menunjukkan bahwa pada minggu ke-25 hingga minggu ke-50, terjadi penurunan jumlah kuantitas pesanan bata ringan. Hal ini dapat dinyatakan bahwa jumlah pesanan bata ringan yang dilakukan telah optimal, karena pada minggu sebelum dilakukannya skenario, terdapat perbedaan penurunan kuantitas yang sangat signifikan. Untuk dapat mengetahui berapa banyak biaya pengadaan bata ringan yang

dikeluarkan dengan menggunakan metode EOQ ini, dapat dilihat pada Gambar 5.22 dibawah ini.



Gambar 5.22 Grafik Hasil Skenario EOQ pada Material Bata Ringan

Dari hasil grafik diatas menunjukkan bahwa grafik berwarna biru merupakan hasil *running* pada *base model* dan grafik berwarna merah merupakan hasil *running* ketika dilakukan skenario. Dapat dilihat secara keseluruhan bahwa setelah melakukan skenario EOQ, total biaya pengadaan pada material bata ringan terjadi penurunan yang sangat signifikan, yaitu sekitar Rp. 8.000.000,00.

5.1.2.5 Total Biaya Pengadaan Barang dengan Metode EOQ

Setelah melakukan pengembangan skenario EOQ pada tiap sub-model, maka tahap selanjutnya adalah melakukan penjumlahan terhadap keempat sub-model tersebut. Pada sub-model total biaya pengadaan material secara keseluruhan dengan skenario EOQ dapat dilihat pada Gambar 5.23 dibawah ini.

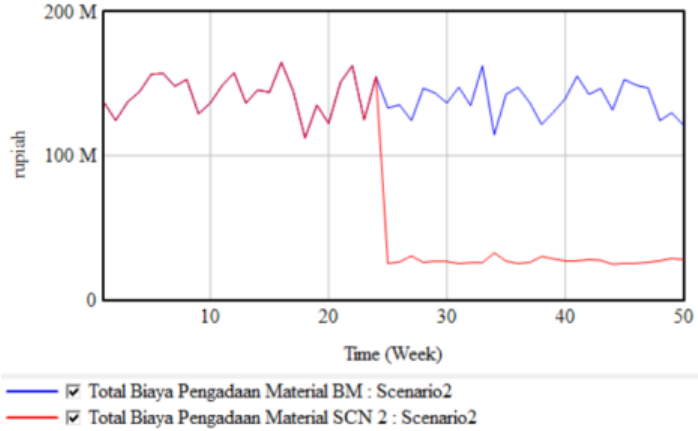
Gambar 5.23 Struktur Model Total Biaya Pengadaan Setelah Dilakukan Skenario EOQ

Untuk mengetahui total biaya pengadaan material secara keseluruhan, dilakukan penjumlahan antara keempat material tersebut. Dengan penambahan *shadow variabel* berupa *time* agar nilai dari *base model* tidak berubah. Tabel 5.11 menunjukkan persamaan pada variabel total biaya pengadaan material setelah dilakukannya skenario EOQ.

Tabel 5.11 Persamaan pada Variabel Total Biaya Pengadaan Material SCN 2

Variabel	Persamaan	Satuan
Total Biaya Pengadaan Material SCN 2	IF THEN ELSE(Time>24, Total Biaya Pengadaan Semen SCN+Total Biaya Pengadaan Pasir SCN+Total Biaya Pengadaan Batu Split SCN+Total Biaya Pengadaan Bata Ringan SCN, Total Biaya Pengadaan Material BM)	Rupiah

Hasil *running model* skenario EOQ pada total biaya pengadaan material secara keseluruhan dapat dilihat pada Gambar 5.24 dibawah ini.



Gambar 5.24 Grafik Hasil Skenario EOQ pada Total Biaya Pengadaan Material

Dari hasil grafik diatas menunjukkan bahwa grafik berwarna biru merupakan hasil *running* pada *base model* dan grafik berwarna merah merupakan hasil *running* ketika dilakukan skenario. Dapat dilihat secara keseluruhan bahwa setelah melakukan skenario EOQ, total biaya pengadaan material terjadi penurunan yang sangat signifikan yaitu sekitar Rp. 30.000.000,00.

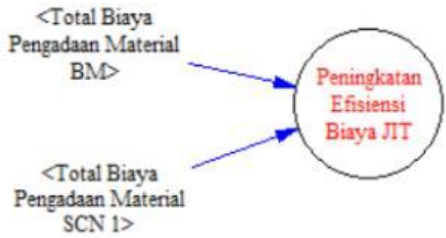
5.2 Analisis Hasil

Pada bagian ini akan dilakukan analisis hasil dari masing-masing skenario yang telah dilakukan. Analisis hasil ini bertujuan untuk mengetahui skenario yang paling signifikan terhadap tujuan penelitian, yaitu untuk meningkatkan efisiensi proses pengadaan barang yang dilakukan oleh PT PP.

5.2.1 Analisis Hasil Skenario dengan Metode *Just in Time (JIT)*

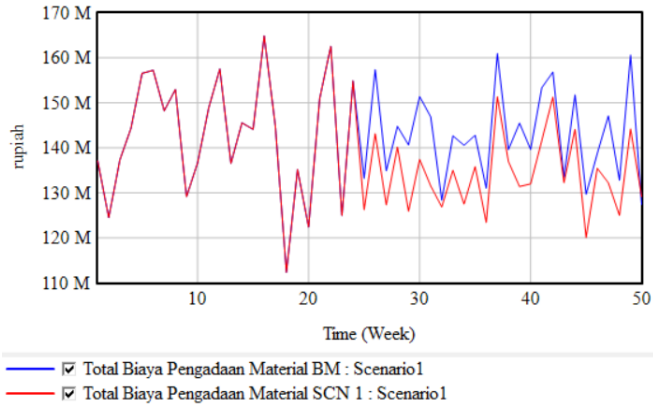
Setelah melakukan pengembangan skenario JIT pada tiap sub-model, maka selanjutnya adalah menganalisis hasil skenario JIT pada total biaya secara keseluruhan. Analisis hasil skenario JIT yang dilakukan adalah dengan membandingkan total biaya pengadaan material yang dilakukan sebelum mengembangkan

skenario dan total biaya pengadaan material yang dilakukan setelah mengembangkan skenario. Dari hasil perbandingan tersebut, selanjutnya adalah melakukan perhitungan terkait peningkatan efisiensi biaya pada skenario JIT. Dalam melakukan analisis hasil, terjadi perubahan struktur pada model yang telah dibuat. Perubahan struktur yang dibuat adalah dengan melakukan penambahan variabel yang dapat dilihat pada Gambar 5.25 dibawah ini.



Gambar 5.25 Struktur Peningkatan Efisiensi Biaya Skenario JIT

Sebelum mengetahui seberapa besar peningkatan efisiensi biaya yang terjadi setelah dilakukannya skenario JIT, diperlukan untuk menganalisis hasil dari total biaya pengadaan material yang dikeluarkan secara keseluruhan. Pada Gambar 5.26 menunjukkan hasil grafik dari total biaya pengadaan material pada skenario JIT.



Gambar 5.26 Grafik Perbandingan Hasil Skenario JIT

Dari hasil grafik diatas menunjukkan bahwa grafik berwarna biru merupakan hasil *running* pada *base model* dan grafik berwarna merah merupakan hasil *running* ketika dilakukan skenario. Dapat dilihat secara keseluruhan bahwa setelah melakukan skenario JIT, total biaya pengadaan material terjadi penurunan yang signifikan. Untuk lebih jelasnya, Tabel 5.12 menunjukkan perbandingan biaya antara *base model* dengan skenario JIT serta penghematan biaya yang dilakukan.

Tabel 5.12 Perbandingan Biaya Skenario JIT

Minggu ke-	Base Model (Rp)	Skenario JIT (Rp)
1 – 24	-	-
25	133244584	126275120
26	157398368	143178048
27	134903440	127351792
28	144817456	140210240
29	140664096	125955448
30	151422512	137466032
31	146883552	131546896
32	128385544	126873472
33	142692560	135042832
34	140598016	127547352
35	142813168	135869552
36	131047496	123434800
37	160982704	151381344
38	139640112	136964528
39	145508928	131441776
40	139665648	132014272

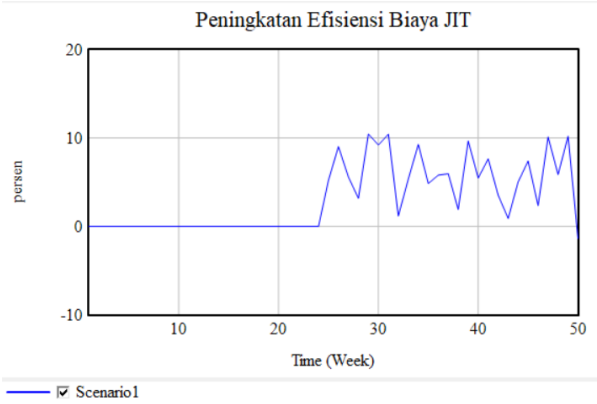
41	153353216	141613872
42	156834416	151291360
43	133471168	132267696
44	151772608	144136160
45	129699176	120091496
46	138757296	135491520
47	147135776	132244536
48	132813280	125016552
49	160643568	144234192
50	127434040	129174784
Total	3712582728	3488115672
Penghematan Biaya	**Rp 224.467.056**	

Dari tabel diatas dapat disimpulkan bahwa dalam melakukan skenario JIT dapat mengehmat biaya pada proses pengadaan barang. Biaya yang dikeluarkan dalam *base model* memiliki total biaya sebesar Rp. 3.599.385.480,00. Dengan dilakukannya skenario JIT, total biaya yang dikeluarkan berkurang sebesar Rp. 2.503.201.904,00. Hal ini dapat disimpulkan bahwa terjadi penghematan biaya sebesar Rp. 1.096.183.576,00. Dari penghematan biaya tersebut, kemudian dapat dihitung terkait peningkatan efisiensi biaya, dengan rumus perhitungan yang dapat dilihat pada Tabel 5.13 dibawah ini.

Tabel 5.13 Persamaan Peningkatan Efisiensi JIT

Variabel	Persamaan	Satuan
Peningkatan Efisiensi Biaya JIT	((Total Biaya Pengadaan Material BM-Total Biaya Pengadaan Material SCN 1)/Total Biaya Pengadaan Material BM)*100	Persen

Dari rumus perhitungan tersebut, hasil peningkatan efisiensi biaya pada skenario JIT dapat dilihat pada Gambar 5.27 dibawah ini.



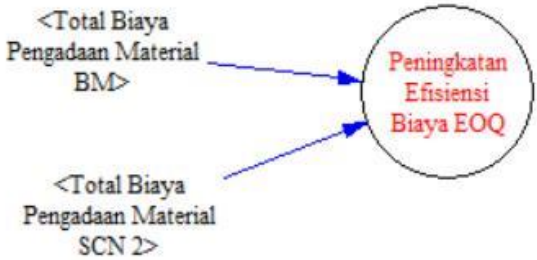
Gambar 5.27 Grafik Peningkatan Efisiensi Biaya JIT

Dari hasil grafik peningkatan efisiensi biaya pada skenario JIT, dapat dilihat bahwa peningkatan efisiensi biaya yang dilakukan yaitu sebesar 6%, dengan biaya yang digunakan yaitu biaya pemesanan dan biaya penyimpanan. Karena skenario JIT berusaha untuk meminimalisir biaya penyimpanan akibat dari pengiriman material yang tepat waktu dan digunakan pada waktu yang tepat, sehingga biaya penyimpanan yang diasumsikan terjadi sebesar 10-20% dari biaya penyimpanan awal.

5.2.2 Analisis Hasil Skenario dengan Metode *Economic Order Quantity (EOQ)*

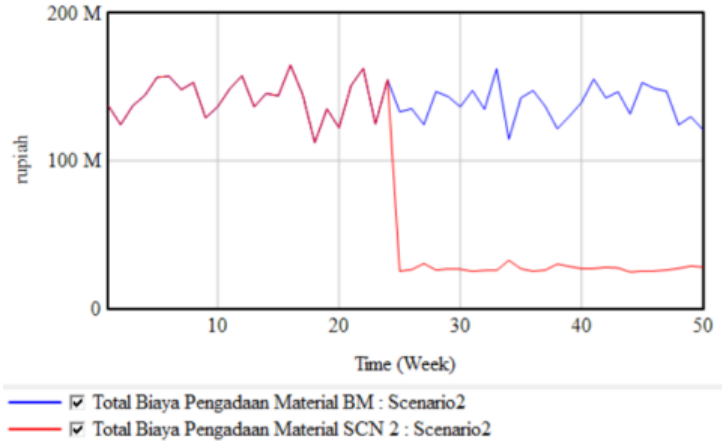
Setelah melakukan pengembangan skenario EOQ pada tiap sub-model, maka selanjutnya adalah menganalisis hasil skenario EOQ pada total biaya secara keseluruhan. Analisis hasil skenario EOQ yang dilakukan adalah dengan membandingkan total biaya pengadaan material yang dilakukan sebelum mengembangkan skenario dan total biaya pengadaan material yang dilakukan setelah mengembangkan skenario. Dari hasil perbandingan tersebut, selanjutnya adalah melakukan

perhitungan terkait peningkatan efisiensi biaya pada skenario EOQ. Dalam melakukan analisis hasil, terjadi perubahan struktur pada model yang telah dibuat. Perubahan struktur yang dibuat adalah dengan melakukan penambahan variabel yang dapat dilihat pada Gambar 5.28 dibawah ini.



Gambar 5.28 Struktur Peningkatan Efisiensi Biaya EOQ

Sebelum mengetahui seberapa besar peningkatan efisiensi biaya yang terjadi setelah dilakukannya skenario EOQ, diperlukan untuk menganalisis hasil dari total biaya pengadaan material yang dikeluarkan secara keseluruhan. Pada Gambar 5.29 menunjukkan hasil grafik dari total biaya pengadaan material pada skenario EOQ.



Gambar 5.29 Grafik Perbandingan Skenario EOQ

Dari hasil grafik diatas menunjukkan bahwa grafik berwarna biru merupakan hasil *running* pada *base model* dan grafik berwarna merah merupakan hasil *running* ketika dilakukan skenario. Dapat dilihat secara keseluruhan bahwa setelah melakukan skenario EOQ, total biaya pengadaan material terjadi penurunan yang sangat signifikan. Untuk lebih jelasnya, Tabel 5.14 menunjukkan perbandingan biaya antara *base model* dengan skenario EOQ serta penghematan biaya yang dilakukan.

Tabel 5.14 Perbandingan Penurunan Biaya Skenario EOQ

Minggu ke-	Base Model (Rp)	Skenario EOQ (Rp)
1 – 24	-	-
25	133244584	25215206
26	135270896	26379800
27	124543360	30415494
28	146900096	25977520
29	143548000	26844114
30	136626384	26667908
31	147602080	25138740
32	134938032	25765392
33	162471584	25768062
34	114569752	32593126
35	142692560	26934928
36	147597984	25170178
37	136877824	25989544
38	121710920	30103282
39	130287768	28462130
40	139567440	27009302

41	155398528	27104502
42	142585952	27894878
43	146716176	27480876
44	131726880	24727330
45	152924896	25304454
46	149002096	25362372
47	147112096	26030416
48	124410792	27145680
49	129878344	28763702
50	121180456	28080580
Total	3599385480	702329516
Pengurangan Biaya	**Rp 2.897.055.964**	

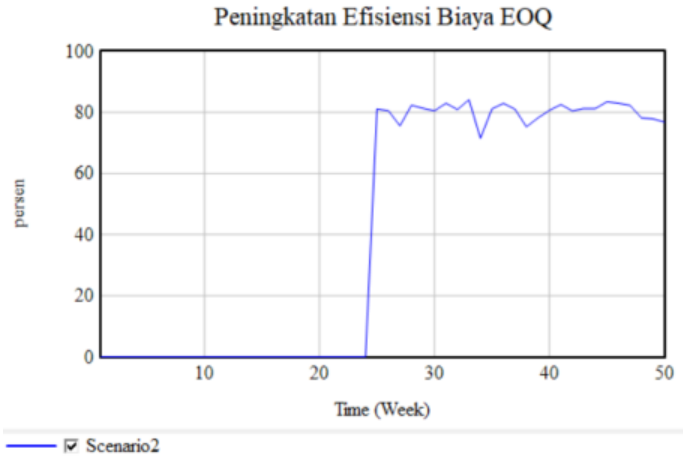
Dari tabel diatas dapat disimpulkan bahwa dalam melakukan skenario EOQ dapat menurunkan biaya pada proses pengadaan barang. Biaya yang dikeluarkan dalam *base model* memiliki total biaya sebesar Rp. 3.599.385.480,00. Dengan dilakukannya skenario EOQ, total biaya yang dikeluarkan berkurang sebesar Rp. 702.329.516,00. Hal ini dapat disimpulkan bahwa terjadi penghematan biaya sebesar Rp. 2.897.055.964,00. Dari penghematan biaya tersebut, kemudian dapat dihitung terkait peningkatan efisiensi biaya, dengan rumus perhitungan yang dapat dilihat pada Tabel 5.15 dibawah ini.

Tabel 5.15 Persamaan Peningkatan Efisiensi Skenario EOQ

Variabel	Persamaan	Satuan
Peningkatan Efisiensi Biaya EOQ	((Total Biaya Pengadaan Material BM-Total Biaya Pengadaan Material SCN 2)/Total	Persen

	Biaya Pengadaan Material BM)*100	

Dari rumus perhitungan tersebut, hasil peningkatan efisiensi biaya pada skenario EOQ dapat dilihat pada Gambar 5.30 dibawah ini.



Gambar 5.30 Grafik Peningkatan Efisiensi Biaya EOQ

Dari hasil grafik peningkatan efisiensi biaya pada skenario EOQ, dapat dilihat bahwa peningkatan efisiensi biaya yang dilakukan yaitu sebesar 80%. Persentase pada skenario EOQ cenderung relatif lebih signifikan jika dibandingkan dengan skenario JIT yang menghasilkan peningkatan efisiensi biaya sebesar 6%. Hal ini dikarenakan perhitungan pada skenario EOQ yaitu menghitung jumlah kuantitas pesanan yang paling optimal, yang mana pada material pasir, batu split, dan bata ringan terjadi penurunan kuantitas pesanan yang sangat signifikan jika dibandingkan dengan sebelum dilakukan pengembangan skenario. Tentunya hal tersebut akan berpengaruh pada biaya yang dikeluarkan, yakni biaya pemesanan dan biaya penyimpanan. Maka dari itu peningkatan efisiensi biaya pada skenario EOQ relatif lebih besar.

BAB VI
PENUTUP

Pada bab ini akan dijelaskan mengenai kesimpulan yang dapat diambil berdasarkan seluruh proses penelitian yang telah dilakukan untuk memastikan bahwa hasil yang didapatkan telah menjawab rumusan masalah serta tujuan penelitian, melalui proses identifikasi permasalahan, pengumpulan data, pengembangan model berdasarkan kondisi saat ini, pengembangan skenario, analisis hasil, sampai pada penarikan kesimpulan dan saran dalam pengembangan model untuk meningkatkan efisiensi proses pengadaan barang pada PT PP.

6.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengerjaan tugas akhir ini, berikut merupakan beberapa kesimpulan yang dapat diambil, antara lain:

1. Pengembangan model *causal loop diagram* (CLD) dan *stock and flow diagram* (SFD) untuk meningkatkan efisiensi proses pengadaan barang ini telah ditinjau berdasarkan kondisi eksisting saat ini. Dengan batasan barang atau material yang digunakan yaitu semen, pasir, batu split, dan bata ringan.
2. Data yang digunakan untuk mendukung jalannya proses pengembangan model yaitu data umum proyek, data jadwal pengadaan barang (*material schedule*), data penerimaan material, dan data biaya persediaan yang berupa biaya pembelian, biaya pemesanan, dan biaya penyimpanan.
3. Model yang dikembangkan terdiri dari 5 sub-model, yaitu sub-model material semen, sub-model material pasir, sub-model material batu split, sub-model material bata ringan, dan sub-model total biaya pengadaan material.
4. Model yang dikembangkan telah dinyatakan valid, karena telah berhasil melewati pengujian verifikasi dan

validasi. Uji validasi dilakukan terhadap empat variabel, yaitu penerimaan semen, penerimaan pasir, penerimaan batu split, dan penerimaan bata ringan. Dari keempat variabel tersebut telah memenuhi persyaratan nilai maksimal pada uji *mean comparison* sebesar < 5% dan uji *error variance comparison* sebesar < 30%.

5. Untuk dapat melakukan perbaikan pada sistem dan agar tujuan penelitian tercapai, maka dilakukan pengembangan skenario untuk meningkatkan efisiensi proses pengadaan barang. Pengembangan skenario yang dilakukan pada model didasarkan pada metode perhitungan yang telah banyak diterapkan di berbagai perusahaan. Skenario tersebut antara lain menerapkan metode *just in time* (JIT) dan menerapkan metode *economic order quantity* (EOQ).
6. Skenario pertama, yaitu menerapkan metode *just in time* yang menghasilkan penghematan biaya pengadaan barang sebesar Rp. 1.096.183.576 dengan peningkatan efisiensi sebesar 6%.
7. Skenario kedua, yaitu menerapkan metode *economic order quantity* yang menghasilkan penghematan biaya pengadaan barang sebesar Rp. 2.897.055.964 dengan peningkatan efisiensi sebesar 80%.
8. Dari hasil skenario yang dijalankan, maka dapat disimpulkan bahwa skenario yang paling signifikan dalam meningkatkan efisiensi proses pengadaan barang adalah skenario penerapan metode EOQ dengan tingkat efisiensi yang dihasilkan sebesar 80% dengan penghematan biaya sebesar Rp. 2.897.055.964.

6.2 Saran

Berdasarkan hasil pengerjaan tugas akhir ini, saran untuk pengembangan dan perbaikan pada penelitian selanjutnya, antara lain:

1. Konsep dan model untuk meningkatkan efisiensi proses pengadaan barang dapat diimplementasikan pada pengadaan barang lainnya, dengan dilakukan

penyesuaian terhadap lingkup studi kasus yang ada, karena secara umum konsep dari proses pengadaan barang hampir sama.

2. Dampak dari pengembangan skenario menerapkan metode *just in time* (JIT) diperoleh hasil peningkatan efisiensi sebesar 6%, sehingga agar dapat meningkatkan efisiensi proses pengadaan barang pada PT PP, diperlukan biaya penyimpanan seminimal mungkin yaitu sekitar 10-20%. Hal ini diakibatkan dari pengiriman material yang tepat waktu dan material digunakan pada waktu yang tepat.
3. Dampak dari pengembangan skenario menerapkan metode *economic order quantity* (EOQ) diperoleh hasil peningkatan efisiensi sebesar 80%, sehingga agar dapat meningkatkan efisiensi proses pengadaan barang pada PT PP, diperlukan perhitungan terkait berapa jumlah pemesanan yang ekonomis untuk setiap barang dan frekuensi pemesanan selama satu periode, dalam hal ini digunakan waktu periode per minggu agar didapatkan hasil yang akurat, sehingga permintaan barang dapat terpenuhi secara maksimal serta dapat meminimalisir biaya persediaan.
4. Pengembangan model dapat ditingkatkan lagi menjadi lebih detail pada penjabaran dari tiap variabel yang terlibat pada sistem.
5. Merancang skenario lain dalam meningkatkan efisiensi proses pengadaan barang dengan melakukan penyesuaian terhadap nilai parameter yang ada.
6. Perlunya ilmu pengetahuan yang lebih dalam mengenai pendekatan model sistem dinamik dan konsep pengadaan barang untuk membuat model yang lebih baik lagi dalam merepresentasikan permasalahan sehingga dapat meningkatkan akurasi model yang dikembangkan dan dapat mencerminkan kondisi nyata dengan lebih baik lagi.

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

DAFTAR PUSTAKA

[1] Suhartono, “Sektor Konstruksi Nasional Dan Perubahan Undang-Undang Nomor 18 Tahun 1999 Tentang Jasa Konstruksi,” *Jurnal Ekonomi & Kebijakan Publik,* vol. 3, no. 1, pp. 91-107, 2012.

[2] K. P. R. Indonesia, “Analisis Perkembangan Industri Edisi I 2019,” Pusat Data dan Informasi Kementerian Perindustrian , Jakarta Selatan, 2019.

[3] E. B. Manik, “Analisa Metode Pengendalian Persediaan Pada Proyek Pembangunan Ciputra World Mall,” 2010.

[4] P. P. (. Tbk, Buku Referensi Untuk Konstraktor Bangunan Gedung dan Sipil, Jakarta: PT Gramedia Pustaka Utama, 2003.

[5] E. R. Ahardian, “Studi Manajemen Persediaan Just In Time Pada Proyek Konstruksi Gedung KPP Menteng,” *Techno: Jurnal Penelitian,* vol. 06, no. 01, p. 27, 2017.

[6] I. G. N. A. Dewantara, Wijayanti, N. P. A. D., Yastawa dan A. A., “Pernodelan Perhitungan Biaya Pengadaan Persediaan Bahan Baku Menggunakan Metode EOQ di Perusahaan Kosmetika,” *Intisari Sains Medis,* vol. 08, no. 01, pp. 74-76, 2017.

[7] E. Pancawati, “Perencanaan Persediaan Material Pada Proyek Pembangunan Trillium Office & Residence Surabaya,” 2013.

[8] A. W. Soesilo., Budi dan C. Unggul, Buku Pelatihan Simulasi Komputer Pendekatan System Dynamics, PT. Sikindo, 2004.

[9] C. LI, Y. LIU dan S. LI, “A Dynamic Model of Procurement Risk Element Transmission in Construction Projects,” *Journal of Systems Science and Information,* vol. 03, no. 02, pp. 133-144, 2015.

[10] G. A. Yuliasari, “Pengaruh Efisiensi Kerja terhadap Produktivitas Pekerjaan Perkantoran,” 2018.

[11] B. M. Sukandar, N. A. Achsani, R. Sembel dan B. Sartono, “Efisiensi Perusahaan Konstruksi di Indonesia,” *MIX: Jurnal Ilmiah Manajemen,* vol. 8, no. 3, pp. 628-639, 2018.

[12] G. Nursetyo, “Analisis Pengadaan Barang dan Jasa Konsultasi (Studi Kasus: Proyek Pemerintah),” *Jurnal Teknik Sipil dan Arsitek,* vol. 14, no. 18, 2013.

[13] A. Ghafiqie, Pengembangan Model Sistem Dinamis Untuk Menganalisa Kontribusi MRT Jakarta Terhadap PDA DKI Jakarta, 2012.

[14] A. Susanty, S. Nugroho dan K. A. Khantari, “Penyusunan Skenario Kebijakan Untuk Pengembangan Bus Rapid Transit (BRT) Trans Semarang Dengan Pendekatan Sistem Dinamik,” *Jurnal Teknik,* vol. 35, no. 1, pp. 17-26, 2014.

[15] J. D. Sterman, Business Dynamics: Systems Thinking and Modelling for a Complex World, Jeffrey J. Shelstad, 2004.

[16] I. Fitriana, “Analisis Dampak Rencana Pembangunan Busway Terhadap Kemacetan Lalu Lintas Pada Jalur Utara-Selatan Dengan Pendekatan Sistem Dinamik,” [Online]. Available: http://digilib.its.ac.id/ITS-Undergraduate-3100010039013/11032. [Diakses 15 November 2019].

[17] C. Chandra dan J. Grabis, “Inventory Management With Variable Lead Time Dependent Procurement Cost,” *Omega,* vol. 36, no. 5, pp. 877-887, 2008.

[18] C. Rostanto, Pengembangan Model Sistem Dinamik Untuk Mengurangi Dwelling Time Dalam Rangka Meningkatkan Kinerja Bongkar Muat (Studi Kasus: PT Pelabuhan Indonesia), 2018.

[19] Ventana Systems, “Vensim Software,” [Online]. Available: https://vensim.com/vensim-software/. [Diakses 21 December 2019].

[20] Kementerian PUPR, "PU-net Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat," 1 November 2018. [Online]. Available: https://www.pu.go.id/berita/view/16339/awal-november-arena-istora-pon-papua-mulai-konstruksi. [Diakses 21 June 2020].

[21] Bank Sentral Republik Indonesia, "Suku Bunga Obligasi Pemerinrah RI Seri SBR009 Periode 11 Mei 2020 s.d. 10 Agustus 2020," 6 May 2020. [Online]. Available: https://www.bi.go.id/id/ruang-media/info-terbaru/Pages/Suku-Bunga-Obligasi-Pemerintah-RI-Seri-SBR009-Periode-11-Mei-2020-sd-10-Agustus-2020.aspx. [Diakses 22 June 2020].

[22] A. Nurdiana, "Analisis Biaya Tidak Langsung Pada Proyek Pembangunan Best Western Star Hotel & Star Apartement Semarang," *Jurnal Teknik,* vol. 36, no. 2, pp. 105-109, 2015.

[23] E. B. J. J. B dan I. N. Nurcaya, "Penerapan Just In Time Untuk Efisiensi Biaya Persediaan," *E-Jurnal Manajemen Universitas Udayana,* vol. 8, no. 3, pp. 1755-1783, 2019.

[24] M. Sholehudin dan E. Wuryani, "Analisis Metode Persediaan Tepat Waktu (Just in Time) Sebagai Dasar Pengendalian Persediaan Bahan Baku Pembantu (Studi Kasus: PG. Lestari Nganjuk)," *Jurnal Akuntansi UNESA,* vol. 5, no. 2, 2017.

[25] Subawa, "Analisa Pengendalian Persediaan Bahan Baku Terhadap Efisiensi Biaya Pada PT Menara Cipta Metalindo," *Administrasi Kantor,* vol. 3, no. 2, pp. 476-502, 2015.

[26] A. Maulana dan A. Kusumawardhani, "Analisis Efisiensi Persediaan Bahan Baku Susu Sapi Murni Dengan Menggunakan Metode Economic Order Quantity Pada Soto Sedeep," *Diponegoro Journal of Management,* vol. 4, no. 2, pp. 1-14, 2015.

[27] PT. PP (Persero), "Annual Report Laporan Tahunan 2018 Fundamental Principle For The Future," 2018.

[28] PT. PP (Persero), “Milestones: About Us: PT PP,” [Online]. Available: https://www.ptpp.co.id/about/milestone. [Diakses 22 December 2019].

LAMPIRAN A. Tentang PT. PP (Persero) Tbk

PT. PP (Persero) Tbk merupakan perusahaan Badan Usaha Milik Negara (BUMN) konstruksi yang didirikan oleh Pemerintah Republik Indonesia. Pendirian PT. PP mengemban amanah untuk menjadi agen Pemerintah dalam pembangunan perumahan dan proyek-proyek konstruksi lainnya [27].

Nama PT. Pembangunan Perumahan (Persero) secara resmi digunakan pada tahun 1971, setelah sebelumnya menggunakan nama NV. Pembangunan Perumahan pada tahun 1953 dan PN. Pembangunan Perumahan pada tahun 1960. Selama lebih dari lima decade, PT. PP (Persero) Tbk menjadi pemain kunci dalam bisnis konstruksi nasional dengan menyelesaikan berbagai proyek besar di seluruh Indonesia. Pada tahun 2009, Perseroan melakukan Initial Public Offering (IPO) berdasarkan Peraturan Pemerintah No. 76 tahun 2009 mengenai Perubahan Struktur Kepemilikan Saham Negara, melalui Penerbitan dan Penjualan Saham Baru pada Perusahaan Perseroan PT. Pembangunan Perumahan tanggal 28 Desember 2009. Selanjutnya, pada tanggal 9 Februari 2010 saham Perseroan resmi diperdagangkan di Bursa Efek Indonesia. Kegiatan Usaha Perseroan meliputi bidang jasa konstruksi (bangunan/gedung, jalan/jembatan, pengairan, pelabuhan, dan lain-lain), EPC (*power plant* dan *mining*), properti (commercial, residential, dan hotel), investasi (*power plant* dan infrastruktur) dan lain-lain (pracetak, tiang pancang, peralatan, dan lain-lain) [28].

Dalam perkembangannya, PT. PP terus bertransformasi dan melakukan pengembangan usaha ke sektor pendukung. PT. PP menjelma menjadi salah satu perusahaan konstruksi terbesar di Indonesia yang tidak hanya mengerjakan proyek-proyek konstruksi di tanah air, tapi juga di berbagai negara [27].

Keberhasilan PT. PP tidak lepas dari upayanya untuk terus meningkatkan kapasitas dan kompetensinya agar dapat memberikan hasil yang terbaik bagi pelanggan. PT. PP selalu menjadi yang terdepan dalam mengimplementasi berbagai standar terbaru di bidang konstruksi di tanah air [4].

LAMPIRAN B. Data Hasil Simulasi Base Model

Time (Week)	Variabel		
	Penerimaan Semen (zak)	Penggunaan Semen (zak)	Stok Semen (zak)
1	134,2369	54,28692	50
2	115,9043	53,24229	129,95
3	64,82719	73,35706	192,612
4	129,8347	60,70847	184,0821
5	160,2397	121,6919	253,2083
6	94,67669	96,55873	291,7561
7	90,23984	13,99869	289,874
8	152,2421	110,9879	366,1152
9	119,2357	66,30562	407,3694
10	97,34955	23,51027	460,2995
11	47,60615	136,9977	534,1387
12	155,3501	70,90311	444,7472
13	116,2219	104,4515	529,1942
14	87,08179	123,5637	540,9647
15	78,08475	106,2739	504,4827
16	90,11989	110,4267	476,2936
17	61,68694	56,44724	455,9868
18	94,06429	141,3887	461,2265
19	113,5717	149,1522	413,9021
20	150,3575	51,83262	378,3216

21	121,4696	32,81347	476,8465
22	156,1569	133,0849	565,5026
23	129,8307	117,7705	588,5746
24	91,03494	13,76285	600,6348

Time (Week)	**Variabel**		
	Biaya Tetap Semen (Rp)	**Biaya Variabel Semen (Rp)**	**Total Biaya Pengadaan Semen (Rp)**
1	108356,5	10495964	10604320
2	108356,5	9862555	9970911
3	108356,5	6323800	6432157
4	108356,5	10586785	10695142
5	108356,5	12810403	12918760
6	108356,5	8247999	8356356
7	108356,5	8138173	8246529
8	108356,5	11965309	12073665
9	108356,5	9565574	9673930
10	108356,5	8609446	8717803
11	108356,5	4858307	4966664
12	108356,5	11847726	11956082
13	108356,5	9344201	9452558
14	108356,5	7492898	7601255
15	108356,5	7258492	7366848
16	108356,5	8152661	8261018

17	108356,5	6094595	6202952
18	108356,5	8060263	8168620
19	108356,5	9392230	9500586
20	108356,5	11728587	11836944
21	108356,5	9905199	10013555
22	108356,5	12267049	12375405
23	108356,5	10634964	10743321
24	108356,5	7397476	7505832

Time (Week)	**Variabel**		
	Penerimaan Pasir (m^3)	**Penggunaan Pasir (m^3)**	**Stok Pasir (m^3)**
1	242,2635	222,7467	271,888
2	190,6976	188,0894	291,4048
3	222,2838	251,886	294,0129
4	223,2084	274,6369	264,4107
5	270,4462	223,0871	212,9822
6	289,681	220,4674	260,3412
7	230,8908	220,4431	329,5548
8	267,8954	192,7272	340,0025
9	206,7339	198,9637	415,1707
10	165,5934	212,8847	422,9408
11	253,0208	234,7372	375,6495
12	279,7842	231,0383	393,9331
13	254,4263	263,0164	442,679

14	262,9112	208,9715	434,089
15	203,5394	269,4147	488,0287
16	270,4094	212,3471	422,1534
17	236,9742	231,4994	480,2157
18	228,0609	241,1769	485,6905
19	168,3888	245,9474	472,5744
20	186,8195	235,4754	395,0158
21	232,9664	200,181	346,3599
22	275,8718	205,4186	379,1453
23	187,0807	224,9475	449,5985
24	252,2696	243,6235	411,7317

Time (Week)	**Variabel**		
	Biaya Tetap Pasir (Rp)	**Biaya Variabel Pasir (Rp)**	**Total Biaya Pengadaan Pasir (Rp)**
1	115792,3	56095552	56211344
2	115792,3	44186464	44302256
3	115792,3	51939388	52055180
4	115792,3	51338112	51453904
5	115792,3	62223340	62339136
6	115792,3	66450364	66566156
7	115792,3	53431588	53547380
8	115792,3	61483408	61599200
9	115792,3	47555168	47670960

10	115792,3	39238460	39354256
11	115792,3	58052476	58168268
12	115792,3	64537812	64653604
13	115792,3	58137728	58253520
14	115792,3	60668904	60784696
15	115792,3	47237064	47352856
16	115792,3	62441552	62557344
17	115792,3	54698784	54814576
18	115792,3	52977868	53093664
19	115792,3	39511568	39627360
20	115792,3	43818752	43934544
21	115792,3	54212932	54328724
22	115792,3	63120976	63236768
23	115792,3	44094320	44210112
24	115792,3	58195464	58311256

Time (Week)	**Variabel**		
	Penerimaan Batu Split (m^3)	**Penggunaan Batu Split (m^3)**	**Stok Batu Split (m^3)**
1	254,4207	184,4867	197,425
2	249,3402	243,8804	267,3589
3	190,6135	254,2034	272,8188
4	198,5182	202,0124	209,2289
5	294,3175	262,8353	205,7347
6	221,8497	179,6107	237,2169

7	255,5814	267,4315	279,456
8	242,2288	214,5316	267,6058
9	200,7807	154,4716	295,3031
10	231,4155	299,6931	341,6122
11	169,2348	284,4602	273,3345
12	159,2396	307,773	158,1092
13	281,2083	206,5453	9,575789
14	254,6715	202,3156	84,23874
15	225,989	244,3602	136,5947
16	271,2796	151,346	118,2235
17	152,3617	316,4931	238,1571
18	180,679	194,3185	74,02572
19	247,3618	295,4607	60,38625
20	217,744	171,5849	12,28729
21	243,3456	180,3894	58,44644
22	174,5341	228,9846	121,4027
23	260,2868	224,8506	66,95225
24	272,0705	272,9599	102,3884

Time (Week)	**Variabel**		
	Biaya Tetap Batu Split (Rp)	**Biaya Variabel Batu Split (Rp)**	**Total Biaya Pengadaan Batu Split (Rp)**
1	115344,5	47110336	47225680
2	115344,5	28665994	28781338

3	115344,5	45050548	45165892
4	115344,5	38430032	38545376
5	115344,5	37924120	38039464
6	115344,5	38802980	38918324
7	115344,5	43048408	43163752
8	115344,5	35627768	35743112
9	115344,5	28324408	28439752
10	115344,5	45256692	45372036
11	115344,5	42260516	42375860
12	115344,5	37285092	37400436
13	115344,5	47001336	47116680
14	115344,5	33810336	33925680
15	115344,5	45719668	45835012
16	115344,5	50638304	50753648
17	115344,5	51038408	51153752
18	115344,5	27924484	28039830
19	115344,5	54021008	54136352
20	115344,5	38373772	38489116
21	115344,5	44050460	44165804
22	115344,5	44098328	44213672
23	115344,5	27445956	27561302
24	115344,5	46738912	46854256

Time (Week)	Variabel		
	Penerimaan Bata Ringan (m^3)	**Penggunaan Bata Ringan (m^3)**	**Stok Bata Ringan (m^3)**
1	28,46434	38,73405	57
2	52,54104	46,34491	46,73029
3	42,56579	31,82532	52,92642
4	55,43685	34,37704	63,6669
5	55,32162	39,43678	84,72671
6	55,21264	43,0731	100,6115
7	55,26516	31,83238	112,7511
8	55,55796	34,92041	136,1839
9	55,53592	45,90506	156,8214
10	55,28295	38,62071	166,4523
11	55,30403	32,37299	183,1145
12	55,49068	36,83089	206,0455
13	26,76	42,32537	224,7053
14	55,47565	44,83908	209,14
15	55,49332	17,7982	219,7765
16	55,48004	36,69749	257,4716
17	40,94443	41,24323	276,2542
18	28,13316	26,94181	275,9554
19	39,92981	38,0305	277,1468
20	34,98816	39,68679	279,0461
21	53,82958	30,3077	274,3474

22	54,71659	42,75659	297,8693
23	53,96413	28,47501	309,8293
24	53,63874	31,60001	335,3184

Time (Week)	**Variabel**		
	Biaya Tetap Bata Ringan (Rp)	**Biaya Variabel Bata Ringan (Rp)**	**Total Biaya Pengadaan Bata Ringan (Rp)**
1	141750	22978180	23119930
2	141750	41341352	41483100
3	141750	33531068	33672820
4	141750	43551372	43693120
5	141750	43121492	43263240
6	141750	43261100	43402852
7	141750	43159888	43301640
8	141750	43428804	43570556
9	141750	43232592	43374344
10	141750	43097932	43239684
11	141750	43214044	43355796
12	141750	43384300	43526052
13	141750	21618540	21760290
14	141750	43130372	43272124
15	141750	43429952	43571700
16	141750	43184812	43326560
17	141750	32573826	32715576

18	141750	22938088	23079838
19	141750	31816586	31958336
20	141750	28032028	28173778
21	141750	42329460	42471208
22	141750	42610912	42752664
23	141750	42335772	42477524
24	141750	42082100	42223848

Time (Week)	**Variabel**	
	Total Biaya Pengadaan Material BM (Rp)	**Total Biaya Proyek (Rp)**
1	137161280	237564560
2	124537608	225652384
3	137326048	227663104
4	144387536	247514928
5	156560608	262259504
6	157243696	270947392
7	148259296	250480272
8	152986528	265865264
9	129158984	225774576
10	136683776	242517888
11	148866592	243265168
12	157536176	259314144
13	136583040	246058496
14	145583760	253898544

15	144126416	242285408
16	164898576	270951040
17	144886848	257952224
18	112381952	218767824
19	135222640	240571216
20	122434384	232019648
21	150979296	256305376
22	162578512	268085472
23	124992256	227460336
24	154895200	261031024

LAMPIRAN C. Data Hasil Simulasi Skenario

Time (Week)	Variabel		
	Total Biaya Pengadaan Semen BM (Rp)	Total Biaya Pengadaan Semen SCN JIT (Rp)	Total Biaya Pengadaan Semen SCN EOQ (Rp)
25	9335637	9732166	3444598
26	9385877	9534006	3284641
27	5652450	6680916	4358630
28	10374651	10226459	3110381
29	7415916	8123786	3776462
30	8226683	8783029	3599786
31	12449282	11671387	2844325
32	8854688	9213387	3432654
33	10177386	10278972	3250531
34	2884693	5067573	9441670
35	8454693	9100348	3654714
36	13324729	12416708	2814175
37	10184678	10331527	3276602
38	5704661	6890183	4542279
39	5843614	7002478	4474297
40	7099659	7838384	3832105
41	6114732	7091848	4204819
42	7015595	7729990	3817683
43	8602592	8962539	3440747
44	9088407	9467323	3439838

45	10752375	10462081	3038598
46	11895762	11437073	2974319
47	7054105	8052814	4080746
48	9934958	9923062	3185454
49	5644011	6663088	4348874
50	7421110	8164542	3806981

Time (Week)	**Variabel**		
	Total Biaya Pengadaan Pasir BM (Rp)	**Total Biaya Pengadaan Pasir SCN JIT (Rp)**	**Total Biaya Pengadaan Pasir SCN EOQ (Rp)**
25	42772792	29087802	5092649
26	47960336	31554222	5611065
27	59366716	36943156	6711371
28	54988248	34990424	6233851
29	56136368	35571064	6319981
30	51196456	33262468	5833353
31	51033408	33080744	5875382
32	47354752	31379724	5490835
33	60629536	37577620	6802995
34	42636228	28993374	5093415
35	55931024	35378304	6356737
36	51416988	33348930	5864570
37	47088072	31255046	5463509
38	55676580	35361704	6272232

39	53041624	33988980	6094333
40	51354032	33319412	5858321
41	60520164	37511128	6802201
42	57841164	36271272	6541172
43	61366444	37912444	6877422
44	39867088	27669090	4818669
45	53458696	34313028	6062043
46	53076752	34149652	6015774
47	51897032	33453176	5980041
48	47218692	31299446	5485637
49	56069632	35540468	6313181
50	48881456	32057100	5666486

Time (Week)	**Variabel**		
	Total Biaya Pengadaan Batu Split BM (Rp)	**Total Biaya Pengadaan Batu Split SCN JIT (Rp)**	**Total Biaya Pengadaan Batu Split SCN EOQ (Rp)**
25	46409328	30700950	8111903
26	50326836	32611316	7811826
27	30755766	22613288	9874282
28	45216860	30125488	8218266
29	39590164	27299150	8756427
30	46401624	30703286	8115498
31	48305788	31670264	7980076

32	42082224	28536986	8489967
33	51438612	33153026	7735997
34	31867720	23262376	9740833
35	40320096	27681626	8685993
36	46002040	30515692	8153037
37	51443256	33174758	7743925
38	33676348	24204376	9460920
39	43055620	29068632	8421213
40	53804636	34314188	7589839
41	52571040	33718108	7668004
42	50313676	32650916	7832789
43	43143564	29104514	8408702
44	40987624	28004742	8608899
45	54115340	34461272	7569588
46	43293520	29192968	8401963
47	45326584	30162710	8200362
48	40090128	27562830	8708865
49	34281940	24550390	9396742
50	29799182	22145124	10075489

Time (Week)	Variabel		
	Total Biaya Pengadaan Bata Ringan BM (Rp)	**Total Biaya Pengadaan Bata Ringan SCN JIT (Rp)**	**Total Biaya Pengadaan Bata Ringan SCN EOQ (Rp)**
25	34726824	24776922	8566058
26	27597838	21004960	9672268
27	28768430	21654112	9471213
28	36320340	25667370	8415023
29	40405556	27768186	7991246
30	30801620	22723376	9119272
31	35813608	25347956	8438956
32	36646364	25793066	8351936
33	40226052	27620956	7978539
34	37181112	26110748	8317207
35	37986748	26538270	8237486
36	36854232	25916708	8338396
37	28161822	21238100	9505508
38	26653328	20457570	9827852
39	28346904	21338112	9472289
40	27309108	20849508	9729037
41	36192592	25600714	8429478
42	27415510	20901426	9703233
43	33603576	24255874	8754005
44	41783756	28457888	7859924

45	34598492	24790504	8634226
46	40736068	27955498	7970316
47	42834376	28989592	7769268
48	27167016	20782244	9765723
49	33882760	24383906	8704907
50	35078704	24973932	8531623

Time (Week)	**Variabel**		
	Total Biaya Pengadaan Material BM (Rp)	**Total Biaya Pengadaan Material SCN JIT (Rp)**	**Total Biaya Pengadaan Material SCN EOQ (Rp)**
25	136203264	95673024	108046192
26	150101952	102585840	123207048
27	133615128	94636016	104925584
28	147532704	100839576	120528232
29	144255440	98119632	114441504
30	143574816	98999624	115697248
31	137372880	96591184	109372136
32	120778552	87531136	90444232
33	137385248	95082192	107988640
34	134467712	93419152	105042480
35	134967312	95563568	106506440
36	160362768	105175336	131164144
37	127572560	91331912	98511552

38	138873808	97363632	110948808
39	148488592	101168456	121339320
40	148779984	101213176	120952048
41	150478368	103353928	123974032
42	143274064	98843720	115557720
43	141287312	97069512	113251312
44	140341600	97120392	112100408
45	137391120	95105208	107741952
46	139768304	95302040	110140688
47	136462368	95072800	108015280
48	130854080	92067200	101514464
49	138205840	96900744	110168200
50	168158960	111566496	142933040

BIODATA PENULIS

Penulis memiliki nama lengkap **Nadhifa Arina Putri** dengan nama panggilan Dhifa yang lahir di Surabaya pada tanggal 27 Februari 1998. Penulis merupakan anak pertama dari pasangan berbahagia Bapak Ario Setyawan dan Ibu Medina Hirda Novia. Penulis menyelesaikan pendidikan formal di SD Muhammadiyah 1 Sidoarjo pada tahun 2010. Pada tahun itu juga penulis melanjutkan pendidikan di SMP Al-Falah Deltasari Sidoarjo dan tamat pada tahun 2013. Kemudian, penulis melanjutkan pendidikan di SMA Negeri 20 Surabaya dan tamat pada tahun 2016. Selanjutnya penulis melanjutkan jenjang pendidikan perguruan tinggi di Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS) Surabaya Departemen Sistem Informasi Fakultas Teknologi Elektro dan Informasi Cerdas yang terdaftar sebagai mahasiswa dengan NRP 05211640000118 dan menyelesaikan kuliah Strata satu (S1) pada tahun 2020.

Selama menjadi mahasiswa, penulis aktif mengikuti serangkaian kegiatan kepanitiaan dan keorganisasian mahasiswa, terbukti bahwa penulis pernah menjadi Staff Departemen Information Media Himpunan Mahasiswa Sistem Informasi (HMSI) periode 2016/2017 dan melanjutkan kepengurusan menjadi Bendaraha II Himpunan Mahasiswa Sistem Informasi (HMSI) periode 2017/2018. Selain itu, penulis juga pernah menjadi Staff Distrik Kreatif ITS EXPO tahun 2017.

Akhir kata penulis mengucapkan rasa syukur atas terselesaikannya tugas akhir ini. Penulis dapat dihubungi melalui nadhifa.arina@gmail.com