TUGAS AKHIR – TI 184833

Model Simulasi Perencanaan Sumber Daya Pengolahan Tambang : Studi Kasus PT STP

MOCHAMAD ULLUL FAHMI
NRP. 02411540000181

Dosen Pembimbing
Dody Hartanto, S.T., M.T.
NIP. 197912292008121003

DEPARTEMEN TEKNIK SISTEM DAN INDUSTRI
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI DAN REKAYASA SISTEM
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA 2020

TUGAS AKHIR – TI 184833

Model Simulasi Perencanaan Sumber Daya Pengolahan Tambang : Studi Kasus PT STP

MOCHAMAD ULLUL FAHMI
NRP. 02411640000181

Dosen Pembimbing
Dody Hartanto, S.T., M.T.
NIP. 197912292008121003

DEPARTEMEN TEKNIK SISTEM DAN INDUSTRI
Fakultas Teknologi Industri dan Rekayasa Sistem
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2020

FINAL PROJECT – TI 184833

Simulation Model of Mine Processing Resource Planning: A Study Case of PT STP

MOCHAMAD ULLUL FAHMI
NRP. 02411640000181

Supervisor
Dody Hartanto, S.T., M.T.
NIP. 197912292008121003

DEPARTEMENT OF INDUSTRIAL AND SYSTEM ENGINEERING
Faculty of Industrial Technology and System Engineering
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2020

LEMBAR PENGESAHAN

MODEL SIMULASI PERENCANAAN SUMBER DAYA PENGOLAHAN TAMBANG: STUDI KASUS PT STP

TUGAS AKHIR

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

Oleh:

Mochamad Ullul Fahmi

NRP. 02411640000181

Mengetahui dan Menyetujui
Dosen Pembimbing Tugas Akhir

Dody Hartanto, S.T., M.T.

NIP. 197912293200812100 3

SURABAYA, JULI 2020

Halaman ini sengaja dikosongkan

Model Simulasi Perencanaan Sumber Daya Pengolahan Tambang : Studi Kasus PT STP

Nama	: Mochamad Ullul Fahmi
NRP	: 02411640000181
Pembimbing	: Dody Hartanto, S.T., M.T.

ABSTRAK

PT STP merupakan perusahaan yang bergerak pada bidang pengolahan pertambangan dengan melakukan 3 proses bisnis yaitu jasa pengangkutan, jasa pertambangan, dan pengolahan tambang. Pada kegiatan pengolaan tambang PT STP melakukan penjualan batu kapur kepada beberapa perusahaan yaitu PT Finexco Prima, PT Omya Indonesia, PT Light Calsindo Raya, dan PT Aplus Pacific. Proses pengolahan tambang PT STP dilakukan dengan beberapa tahap yaitu pertama-tama batu kapur akan dikirimkan dari daerah pertambangan menuju *stockpile* dengan menggunakan truk dengan kapasitas 11 ton. Pengiriman dengan moda transportasi truk berkapasitas 11 ton dilakukan karena terdapat regulasi dari pemerintah daerah setempat terkait moda transportasi yang digunakan untuk melalui jalur pemukiman warga. Jarak tempuh daerah tambang menuju *stockpile* yaitu 42km. Kemudian, batu kapur yang telah sampai pada *stockpile* akan dibongkar untuk dilakukan proses pengklasifikasian batu berdasarkan ukuran diameter yang terbagi menjadi 3 kategori. Proses pengklasifikasian tersebut dilakukan dengan menggunakan alat berat yaitu *excavator*. Setelah batu tersebut terpisah berdasarkan setiap kategori, kemudian batu tersebut akan dimasukan ke dalam truk dengan kapasitas 30 ton yang nantinya akan dikirimkan menuju *customer*. Proses pengolahan tambang tersebut berjalan secara kurang efektif dan efisien. Karena proses pengolahan tambang kondisi terkini menyebabkan *double handling* pada produk yang dapat mengakibatkan bertambahnya biaya transportasi yang dikeluarkan serta terjadi penurunan kualitas produk. Oleh karena itu diperlukan sebuah rekomendasi perbaikan dari sistem pengolahan tambang agar berjalan lebih efektif dan efisien seperti halnya melakukan pemindahan lokasi *stockpile* dan menentukan jumlah *resource* yang digunakan pada sistem perbaikan tersebut. Analisis sistem perbaikan dilakukan dengan metode simulasi diskrit karena sistem memiliki kompleksitas yang cukup tinggi dengan adanya *uncertainty* dan *interdependensi*. Berdasarkan hasil simulasi diskrit, ketidak efisienan sistem aktual dapat diketahui berdasarkan adanya *bottleneck* pada proses klasifikasi produk dan perbedaan pada utilitas *resource*. Berdasarkan pengembangan skenario jumlah *resource* yang digunakan untuk menerapkan sistem perbaikan yaitu 15 unit truk kapasitas 30 ton, spesifikasi mesin *crusher and screener* kapasitas 20ton-30ton dan waktu proses mesin 8menit -12 menit. Dengan menerapkan sistem ini, terdapat perbedaan *relevant cost* yaitu sebesar Rp 21.645.064.589

Kata kunci : Batu Kapur, Model Simulasi, Pengolahan Tambang

Halaman ini sengaja dikosongkan

Simulation Model of Mine Processing Resource Planning: A Study Case of PT STP

By : Mochamad Ullul Fahmi
Student ID : 02411640000181
Supervisior : Dody Hartanto, S.T., M.T.

ABSTRACT

PT STP is a company engaged in mining processing by carrying out 3 business processes, namely transportation services, mining services, and mining processing. In mining management activities, PT STP sells limestone to several companies, namely PT Finexco Prima, PT Omya Indonesia, PT Light Calsindo Raya, and PT Aplus Pacific. PT STP's mine processing process is carried out in several stages, namely first the limestone will be sent from the mining area to the stockpile by using a truck with a capacity of 11 tons. Delivery by truck with a capacity of 11 tons is carried out because there are regulations from the local government regarding the mode of transportation used to pass through residential routes. The distance from the mine area to the stockpile is 42km. Then, the limestone that has arrived at the stockpile will be dismantled for the stone classification process based on its diameter which is divided into 3 categories. The classification process is carried out using heavy equipment, namely excavators. After the stones are separated based on each category, then the stones will be put into a truck with a capacity of 30 tons which will be sent to the customer. The mine processing process is less effective and efficient. This is because the current state of the mine processing process causes double handling of the product which can result in increased transportation costs incurred and decreased product quality. Therefore we need a recommendation for improvement of the mine processing system to run more effectively and efficiently, such as moving stockpile locations and determining the amount of resources used in the repair system. Analysis of the repair system is carried out using a discrete simulation method because the system has quite high complexity due to uncertainty and interdependence. Based on the results of discrete simulations, the actual inefficiency of the system can be identified based on the bottleneck in the product classification process and differences in resource utility. Based on the scenario development, the number of resources used to implement the repair system is 15 units of 30 ton trucks, crusher and screener machine specifications with a capacity of 20ton-30ton and engine processing time of 8 minutes -12 minutes. By implementing this system, there is a relevant cost difference of IDR 21,645,064,589

Key Words : Limestone, Mine Processing, Simulation Model

Halaman ini sengaja dikosongkan

KATA PENGANTAR

Puji syukur atas kehadirat Tuhan Yang Maha Esa karen atas berkah dan nikmat-Nya, laporan Tugas Akhir yang berjudul “model simulasi perencanaan sumber daya pengolaham tambang studi kasus: PT STP” ini dapat diselesaikan dengan baik.

Laporan Tugas Akhir ini disusun unutk memenuhi persyaratan bagi menyelesaikan studi Strata-1 mahasiswa Departemen Teknik dan Sistem Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopermber, Surabaya. Dalam kesempatan ini, penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang terlibat selama Kerja Praktek ini. Terima kasih ditujukan kepada:

1. Allah SWT yang telah memberikan kesehatan dan kemudahan kepada penulis selama pelaksanaan kerja praktek sehingga dapat diselesaikan tepat waktu.
2. Orang tua dan keluarga kami yang memberikan dukungan dan motivasi sehingga kami dapat menyelesaikan tugas akhir.
3. Bapak Nurhadi Siswanto, S.T, MSIE, selaku Kepala Departmen Teknik Industri ITS.
4. Bapak Dody Hartanto S.T., M.Tselaku Dosen Pembimbing Internal, yang memberi waktu dan pengetahuan selama mengerjakan tugas akhir.
5. Bapak Lilik, selaku pembimbing eksternal penulis pada PT STP yang telah bersedia memberikan informasi yang berguna bagi penelitian ini.
6. Bapak Bambang selaku karyawan PT SAF yang membantu memberikan informasi terkait proses pengolahan tambang.
7. Semua pihak yang belum disebutkan di atas, yang telah membantu dalam proses penulisan laporan kerja praktek ini.

Laporan Tuhas akhir ini ini masih kurang dalam banyak hal. Oleh karena itu, adanya kritik dan saran yang membangun akan sangat berguna untuk meningkatkan kualitas penulis selanjutnya. Penulis berharap agar laporan ini dapat memberikan manfaat bagi pembacanya pada umumnya, maupun bagi penulis sendiri

Surabaya, Juli 2020

Penulis

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN i
ABSTRAK iii
ABSTRACT v
KATA PENGANTAR vii
DAFTAR ISI ix
DAFTAR TABEL xii
DAFTAR GAMBAR xv
BAB I PENDAHULUAN 1
1.1 Latar Belakang 1
1.2 Perumusan masalah 8
1.3 Tujuan 8
1.4 Manfaat 9
1.5 Ruang Lingkup 9
1.5.1 Batasan 9
1.5.2 Asumsi 9
1.6 Sistematika Penulisan 10
BAB II TINJAUAN PUSTAKA 13
2.1 Batu Kapur 13
2.2 Distribusi dan Transportasi 14
2.3 Mesin *Crusher and screener* 18
2.4 *Descrete event Simulation* 20
2.5 Analisis sensitivitas 22
2.6 What If Analysis 23
2.7 Penelitian Terdahulu 23
BAB III METODOLOGI PENELITIAN 25
3.1 Identifikasi Sistem 27
3.1.1 Elemen Sistem 27
3.1.2 Variabel Sistem 28
3.1.3 Ukuran Performansi 28
3.2 Pengumpulan data 28

3.3 Pengolahan Data 29
3.4 Pembuatan Model Konseptual 29
3.5 Validasi Model Konseptual 30
3.6 Pembuatan Model Simulasi 30
3.7 Validasi dan Verifikasi Model Simulasi 30
3.8 Pengembangan Skenario 31
3.9 *Running Experiment* 31
3.10 Analisis skenario 31
3.11 Kesimpulan dan Saran 32
BAB IV PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA 33
4.1 Pengumpulan Data 33
4.1.1 Data Waktu Proses Kondisi Aktual 33
4.1.2 Data Pengiriman Produk 34
4.1.3 Data Probabilitas Hasil Pengklasifikasian Produk 37
4.1.4 Data Pengolahan Tambang Kondisi Perbaikan 38
4.2 Pengolahan Data 39
4.3 Pembuatan Model Konseptual 42
4.4 Pembuatan Model Simulasi 47
4.5 Perhitungan Jumlah Replikasi 50
4.6 Verifikasi Model 51
4.7 Validasi Model 53
4.8 Pengembangan Skenario 56
4.9 *Running Experiment* 59
4.10 Analisis Model Simulasi 64
BAB V INTERPRETASI DAN ANALISIS 70
5.1 Analisis Kondisi Aktual 71
5.2 Analisis Model Simulasi Kondisi Aktual 73
5.3 Analisis Skenario Perbaikan 74
5.4 Analisis Skenario Terpilih 77
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN 79
6.1 Kesimpulan 79
6.2 Saran 80

DAFTAR PUSTAKA 82
LAMPIRAN 83
BIODATA PENULIS 89

Halaman ini sengaja dikosongkan

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 *Performance Ratting* Moda Transportasi 17
Tabel 2. 2 Ringkasan Penelitian Terdahulu 23
Tabel 3. 1 Variabel Sistem Pengolahan Tambang PT STP.....28
Tabel 3. 2 Skenario Model Simulasi Proses Pengolahan Tambang 31
Tabel 4. 1 Data Waktu Proses Pengolahan Tambang.....33
Tabel 4. 2 Data Pengiriman Menuju PT OMYA 34
Tabel 4. 3 Data Pengiriman Menuju PT LCR 35
Tabel 4. 4 Data Pengiriman Menuju PT Finesco 35
Tabel 4. 5 Data Pengiriman Menuju PT Aplus 36
Tabel 4. 6 Data Jarak Tempuh Pengiriman Produk Kondisi Aktual 37
Tabel 4. 7 Data probabilitas pengklasifikasian produk kondisi aktual 38
Tabel 4. 8 Data probabilitas pengklasifikasian produk kondisi perbaikan 38
Tabel 4. 9 Data Waktu Proses Pengolahan Tambang Kondisi Perbaikan..... 38
Tabel 4. 10 Data Jarak Tempuh Pengiriman Produk Kondisi Perbaikan..... 39
Tabel 4. 11 Hasil *Fitting Distribution* 41
Tabel 4. 12 *Output Simulasi* 50
Tabel 4. 13 Data Perubahan Distribusi Data 54
Tabel 4. 14 Skenario Sistem Perbaikan..... 58
Tabel 4. 15 *Output Running Experiment* Kondisi Aktual 59
Tabel 4. 16 Utilitas *Resource* dan Antrean Kondisi Aktual 60
Tabel 4. 17 *Output Running Experiment* Skenario 1 60
Tabel 4. 18 *Output Running Experiment* Skenario 2 61
Tabel 4. 19 *Output Running Experiment* Skenario 3 62
Tabel 4. 20 *Output Running Experiment* Skenario 4 63
Tabel 4. 21 Luas Lahan Penyimpanan Produk..... 64
Tabel 4. 22 Perhitungan *Relevant Cost* Pengolahan Tambang 65
Tabel 4. 23 Skenario Analisis Model Simulasi 66
Tabel 4. 24 *Output* Analisis Sensitivitas Kenaikan *Demand* 10% 66
Tabel 4. 25 *Output* Analisis Sensitivitas Kenaikan *Demand* 20% 67

Tabel 4. 26 *Output* Analisis Sensitivitas Kenaikan *Demand* 30% 67
Tabel 4. 27 *Output What If Analysis* Waktu Operasional 5 Jam 68
Tabel 4. 28 *Output What If Analysis* Truk Besar yang Tersedia 10 Unit 69

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1 Diagram Alur Proses Pengelolahan Tambang PT STP 3
Gambar 1. 2 Peta Lokasi Pertambangan Batu Kapur PT STP dan *Stockpile*..... 4
Gambar 1. 3 Diagram Alur Proses Pengelolahan Tambang PT STP Kondisi Perbaikan 7
Gambar 2. 1 Proses Pembakaran Batu Kapur 14
Gambar 2. 2 Bagan Alir Produksi Mesin *Crusher And Screener* 19
Gambar 2. 3 Mesin *Crusher and Screener* 20
Gambar 3. 1 *Flowchart* Metodologi Penelitian.....25
Gambar 4. 1 *Flowchart* Model Konseptual Kondisi Aktual.....43
Gambar 4. 2 *Flowchart* Model Konseptual Kondisi Perbaikan 45
Gambar 4. 3 Ilustrasi *Sub Model* Proses Pengisian Truk Kecil 47
Gambar 4. 4 Ilustasi *Sub Model* Proses Klasifikasi Produk..... 47
Gambar 4. 5 Ilustasi *Sub Model* Proses Pengecekan Stock Customer dan Pengiriman 48
Gambar 4. 6 Ilustasi *Sub Model* Proses *Update Stock Customer*..... 48
Gambar 4. 7 Ilustrasi *Sub Model* Kedatangan *Demand Customer*..... 49
Gambar 4. 8 Model Simulasi Sistem Pengolahan Tambang Kondisi Perbaikan .. 49
Gambar 4. 9 Verifikasi Model Simulasi Kondisi Aktual 51
Gambar 4. 10 Verifikasi Model Simulasi Kondisi Perbaikan..... 52
Gambar 4. 11 Verifikasi Model Simulasi Proses Klasifikasi Produk 52
Gambar 4. 12 Verifikasi Model Simulasi Proses Pengiriman *Customer* 53
Gambar 4. 13 Hasil *Running* Simulasi Proses Pengiriman Produk Menuju *Stockpile* 55
Gambar 4. 14 Hasil *Running* Model Simulasi Proses Klasifikasi..... 56

BAB I
PENDAHULUAN

Pada bab ini akan diberikan penjelasan mengenai hal-hal yang mendasari penulis dalam melakukan penelitian yang meliputi latar belakang, perumusan masalah, tujuan, manfaat, ruang lingkup penelitian, dan sistematika penulisan laporan.

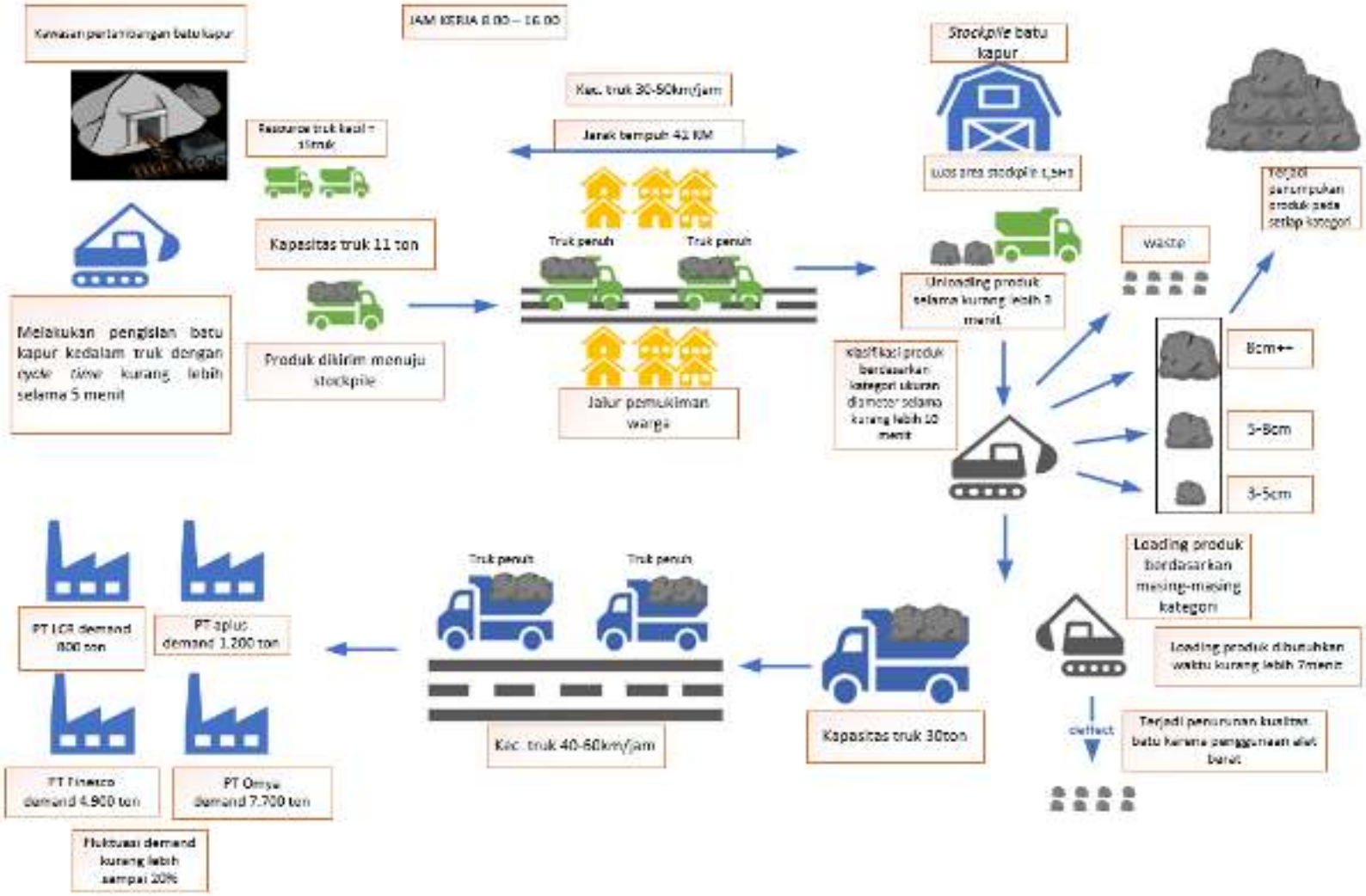
1.1 Latar Belakang

Indonesia merupakan negara yang beriklim tropis dan dilalui oleh garis katulistiwa, dimana hal tersebut membuat Indonesia memiliki kekayaan alam yang sangat beragam baik pada zona daratan maupun lautan. Kekayaan inilah yang membuat negara Indonesia disebut sebagai negara yang subur dan memiliki potensi sumber daya alam yang sangat besar dan beranekaragam macamnya. Keanekaragaman sumber alam tersebut mencangkup sumber daya alam terbarukan dan sumber daya alam tidak terbarukan. Sumber daya alam terbarukan merupakan sumber daya alam yang dapat diperbarui baik melalui campur tangan manusia ataupun secara alamiah. Sedangkan sumber daya alam yang tidak dapat diperbarui merupakan sumber daya alam yang memiliki keterbatasan dari segi jumlah sehingga ketika sumber daya alam tersebut habis maka tidak dapat lagi digunakan. Contoh dari sumber daya alam yang tidak dapat diberbarui seperti halnya hasil pertambangan yang sering dimanfaatkan sebagai kebutuhan kegiatan industri dan pembangunan terutama untuk meningkatkan perekonomian. Perekonomian suatu negara dapat diukur dari nilai Produk Domestik Bruto, salah satu upaya dalam mendukung peningkatan Produk Domestik Bruto tersebut PT. Siwalan Tehnik Perkasa atau dapat disingkat PT.STP menyediakan batu kapur atau kalsium karbonat demi memenuhi kebutuhan material dari industri yang telah menjalin kerjasama dengan PT. STP tersebut.

PT Siwalan Tehnik Perkasa merupakan sebuah perusahaan yang bergerak pada bidang jasa pengangkutan, jasa pertambangan dan pengelolahan tambang khususnya pada tambang daerah Tuban yaitu tambang batu kapur. Jasa pengangkutan yang dijalani oleh PT STP yaitu melakukan penyewaan truk ukuran-

kecil dengan kapasitas muatan sebesar 11 ton untuk sekali muat dan truk dengan ukuran besar dengan kapasitas muatan sebesar 30 ton. Armada truk pada proses bisnis jasa pengangkutan memiliki jumlah 120 armada, PT STP juga melakukan kerjasama dengan penduduk lokal yang memiliki kendaraan truk pribadi pada kawasan sekitar pertambangan batu kapur dalam menyediakan jasa pengangkutan. Dalam menjalankan proses bisnis jasa pengangkutan PT STP melakukan perhitungan HPP (harga pokok penjualan) sebagai acuan dalam menentukan harga jasa pengangkutan kepada *customer* yang kemudian dilakukan banding harga sesuai kesepakatan yang akan ditanda tangani oleh kedua belah pihak. Sedangkan pada proses bisnis penyediaan jasa pertambangan PT STP telah menjalin kerjasama dengan beberapa perusahaan dalam penyewaan alat berat berupa *breaker* dan *excavator* yang berfungsi untuk melakukan proses tambang.

Selain dari kedua peroses bisnis diatas, PT STP juga melakukan proses bisnis berupa pengelolaan tambang yaitu tambang batu kapur. Pada kegiatan pengolaan tambang PT STP melakukan penjualan batu kapur kepada beberapa perusahaan yaitu PT Finesco Prima, PT Omya Indonesia, PT Light Calsindo Raya, dan PT Aplus Pacific. Dalam menjalankan pengolahan tambang PT STP memiliki satu *stockpile* pada daerah Kecamatan Tambakboyo Kabupaten Tuban berfungsi sebagai penampungan batu kapur dari hasil pertambangan serta memiliki satu kawasan daerah tambang pada daerah Kecamatan Sale Kabupaten Rembang. Pada proses bisnis ini PT STP menjual hasil tambang berupa batu kapur yang terbagi menjadi tiga golongan yaitu batu dengan ukuran diameter 3cm sampai 5cm, 5cm sampai 8cm, dan batu ukuran diameter lebih dari 8cm. Proses pengiriman batu kapur dilakukan dengan cara melakukan pengangkutan batu kapur dari daerah *stockpile* menuju *end customer* melalui jalur darat maupun jalur laut. Pada pengiriman jalur darat PT STP menggunaan truk ukuran besar dengan kapasitas 30 ton sedangkan jalur laut PT STP melakukan kerjasama dengan pemerintah daerah Kabupaten Rembang untuk menyewa dermaga dan kapal tongkang. Berikut akan diberikan sebuah *rich picture diagram* yang berfungsi untuk menggambarkan proses bisnis dari proses bisnis pengolahan tambang.



Gambar 1. 1 Diagram Alur Proses Pengelolahan Tambang PT STP

Pada gambar 1.1 menunjukkan proses dari pengolahan tambang PT STP yang diawali dengan pengambilan batu kapur pada kawasan pertambangan yang menggunakan bantuan alat berat yaitu *excavator* dengan waktu *loading* kurang lebih selama 5 menit untuk 1 proses. Kemudian, batu kapur tersebut dimuat menggunakan truk ukuran kecil dengan kapasitas muatan sebesar 11ton untuk dikirim menuju *stockpile* dengan jarak tempuh 42km. PT STP memiliki 15 truk kecil yang berfungsi untuk mengirim batu kapur dari kawasan tambang menuju *stockpile*. Dalam sehari, 1 truk kecil dapat melakukan pengiriman sebanyak 2 hingga 3 kali. Berikut adalah peta lokasi dari kawasan pertambangan menuju ke daerah *stockpile.*

Gambar 1. 2 Peta Lokasi Pertambangan Batu Kapur PT STP dan *Stockpile*
(Sumber: Google Maps)

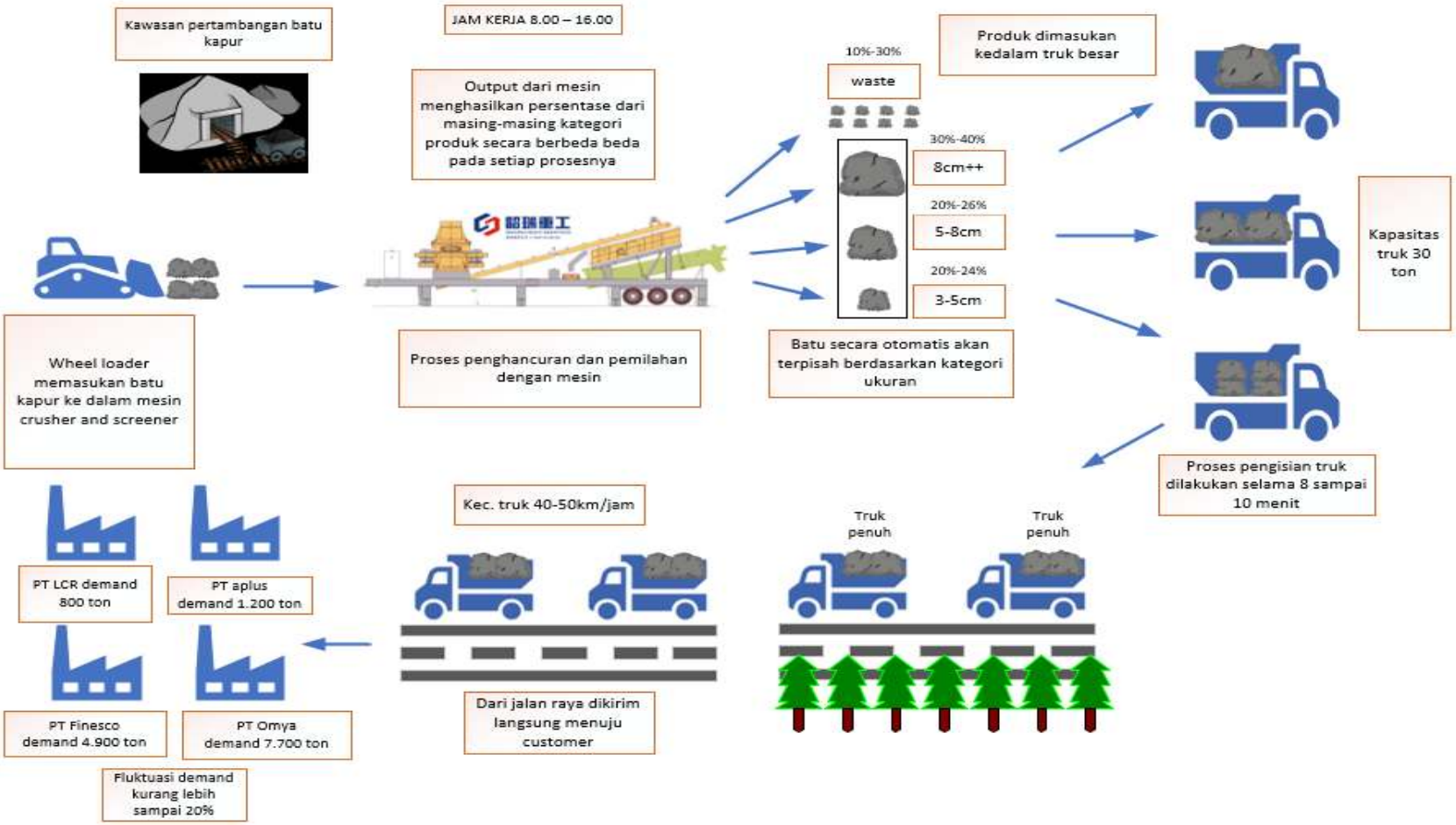
Pengiriman dilakukan dengan menggunakan truk kecil dikarenakan adanya regulasi dari pemerintah daerah setempat. Hal tersebut terjadi karena jalur dari daerah tambang menuju *stockpile* merupakan jalur pemukiman warga setempat sehingga hanya truk dengan ukuran kecil saja yang diperbolehkan melintasi jalur tersebut. Pada daerah *stockpile* batu kapur yang dimuat oleh truk kecil kemudian dibongkar dengan waktu proses selama kurang lebih 3 menit dan dipisahkan berdasarkan 3 kategori ukuran batu kapur yaitu ukuran 3cm sampai 5cm, ukuran 5cm sampai 8cm, dan ukuran lebih dari 8cm dengan menggunakan *excavator* sebagai pengayak batu kapur dengan waktu proses selama kurang lebih 10 menit. Kemudian batu kapur akan ditumpuk berdasarkan masing-masing kategori ukuran

yang telah ditentukan. setelah itu, batu kapur yang telah ditimbun berdasarkan masing-masing kategori ukuran akan dikirim kepada *customer* dengan menggunakan truk ukuran besar yang memiliki kapasitas sebesar 30ton. PT STP memiliki 20 truk besar yang digunakan untuk melakukan pengiriman batu kapur kepada *customer*. *Loading* batu kapur ke dalam truk ukuran besar dilakukan dengan menggunakan *excavator* dengan waktu proses selama kurang lebih 7 menit. Setiap *customer* pada PT STP memiliki fluktuasi *demand* kurang lebih sebesar 20%.

Namun pada kenyataannya, serangkaian proses pengolahan tambang tersebut kurang berjalan secara efektif dan efisien. Hal tersebut terjadi disebabkan oleh beberapa faktor, salah satunya ialah pada saat dilakukannya *loading* dan *unloading* batu kapur yang dilakukan dengan menggunakan *excavator* dapat menyebabkan batu kapur tersebut mengalami penurunan kualitas. Karena disaat melakukan pengambilan batu kapur dengan menggunakan *excavator* batuan tersebut secara langsung akan tergerus, dan juga karena pada kondisi aktual timbunan batu kapur yang telah dikategorikan tersebut menggunung dengan cukup tinggi oleh karena itu *excavator* akan naik keatas timbunan batu kapur untuk mengambil batu sehingga batuan tersebut terlindas dan berkurang tingkat kualitasnya. Penyebab lain dari proses pengolahan tambang yang berjalan secara kurang efektif dan efisien adalah adanya waktu tunggu dari truk besar sebelum mendistribusikan batu kapur. Hal tersebut terjadi karena pada kenyataannya proses pendistribusian batu kapur dari daerah tambang menuju *stockpile* dilakukan dengan menggunakan truk kecil dengan ukuran 11ton dan jarak dari daerah pertambangan menuju *stockpile* yaitu sejauh 42km. Dengan kondisi tersebut dapat menyebabkan truk besar dengan kapasitas 30 ton harus menunggu 3 sampai 5 truk kecil sebelum muatan truk besar tersebut terisi penuh dan didistribusikan kepada *customer*. Waktu tunggu dialami oleh truk besar tersebut akan berpengaruh secara langsung kepada utilitas dari penggunaan truk besar itu sendiri.

Berdasarkan permasalahan tersebut, pada penelitian tugas akhir ini, diharapkan dapat memberikan rekomendasi berupa skenario perbaikan dalam melakukan pengolahan tambang agar berjalan lebih efektif dan efisien. Skenario perbaikan tersebut bisa berupa pemindahan lokasi *stockpile* yang bermula pada kawasan yang berjarak 42km daerah pertambangan kemudian didekatkan pada

daerah pertambangan dengan menambahkan *resource* berupa mesin *crusher* dan *screener* pada *stockpile* dengan tujuan agar batu kapur tersebut langsung dapat dipecah dan dikategorikan berdasarkan 3 jenis ukuran diameter yang dibutuhkan. Pemindahan lokasi *stockpile* juga berpengaruh terhadap jalur yang dilalui oleh transportasi, dimana pada lokasi *stockpile* yang baru dapat dilalui dengan menggunakan truk besar sehingga batu kapur dapat langsung dikirimkan menuju *customer*. Namun, skenario perbaikan tersebut memiliki permasalahan yang cukup kompleks. Hal tersebut dikarenakan pada penggunaan *resource* baru yaitu mesin *crusher* dan *screener* pada *stockpile* memiliki *uncertainty*. Dimana pada proses dari mesin *crusher* dan *screener* akan menghasilkan *output* dari masing-masing kategori dengan probabilitas yang berbeda-beda seperti halnya pada batu ukuran lebih dari 8cm memiliki probabilitas sebesar 30-40%, untuk batu ukura 5cm-8cm memiliki probabilitas sebesar 20-26%. untuk batu ukuran 3cm-5cm memiliki probabilitas sebesar 20-24% sedangkan untuk waste yang dihasilkan oleh mesin tersebut memiliki probabilitas sebesar 10-30%. Selain itu, sistem dari skenario tersebut memiliki ketergantungan antara satu elemen sistem dengan elemen lainnya. Seperti halnya, proses dari mesin *crusher* dan *screener* akan mempengaruhi waktu pengisian dari *dump truk*. Oleh karena itu, untuk menjawab permasalahan yang terjadi pada penilitian tugas akhir ini akan dilakukan perancangan sumber daya pengolahan tambang PT STP yang memiliki keseimbangan antar *resource* agar sistem berjalan secara efisien. Pada sistem usulan, memiliki kompleksitas berupa *uncertainty* dan ketergantungan antara satu elemen sistem dan elemen lainnya. Ketergantungan antara satu elemen dan elemen lainnya ditunjukan berdasar *output* yang dihasilkan dari satu proses berpengaruh pada proses berikutnya seperti halnya pada kondisi perbaikan, jumlah *raw material* yang dimasukan kedalam proses pengisian mesin *crusher and screener* mempengaruhi jumlah *output* dari mesin, *output* dari mesin mempengaruhi total durasi dari proses *unloading* truk bersar. Untuk menjawab permasalahan tersebut maka diperlukan metode *discrete event simulation.* Berikut adalah gambar ilustrasi yang menggambarkan kondisi perbaikan dari sistem pengolahan tambang PT STP.



Gambar 1. 3 Diagram Alur Proses Pengelolahan Tambang PT STP Kondisi Perbaikan

Pada gambar 1.3 proses pengolahan tambang kondisi perbaikan dilakukan dengan memasukan batu kapur ke dalam mesin *crusher* dan *screener* dengan menggunakan alat berat yaitu *wheel loader* agar proses tersebut berjalan secara berkelanjutan dengan waktu proses selama kurang lebih 3 menit. Kemudian batuan tersebut akan diproses dengan menggunakan mesin *crusher* dan *screener* yang akan secara otomatis akan memisahkan batu berdasarkan kategori ukuran yang dibutuhkan. Proses pengolahan mesin tersebut dilakukan selama kurang lebih 5 menit. Proses selanjutnya ialah proses *loading* batu kapur kedalam truk dengan kapasitas muatan sebesar 30 ton. Proses *loading* itu sendiri dilakukan kurang lebih selama 10 menit tergantung dari jumlah *output* yang dihasilkan oleh mesin. Setelah pengisian kemudian dilakukan pengiriman batu kapur menuju *customer*. proses pendistribusian batu kapur tersebut memiliki jalur yang berbeda dari proses pengolahan tambang kondisi eksisting. Dimana pada proses perbaikan ini, pengiriman dilakukan dengan melalui jalur yang melewati daerah perhutani yang tidak memiliki larangan dari pemerintah daerah terkait jenis muatan yang melintasi jalur tersebut.

1.2 Perumusan masalah

Berdasarkan latar belakang yang terlah dijelaskan pada sub bab sebelumnya, permasalahan yang terjadi pada PT STP ialah kegiatan pengolahan tambang yang dilakukan pada kondisi eksisting berjalan secara kurang efektif dan efisien sehingga diperlukan perbaikan alur pengolahan tambang dengan memindahkan lokasi *stockpile* dan menambahkan *resource* yang diperlukan sehingga proses pengolahan tambang tersebut dapat berjalan secara efektif dan efisien.

1.3 Tujuan

Tujuan yang ingin dicapai pada pengerjaan tugas akhir ini adalah :

1. Mengembangkan model simulasi sistem eksisting untuk mengetahui sumber ketidak efisienan sistem eksisting.
2. Mengembangkan model simulasi sistem usulan untuk menentukan kapasitas sumberdaya yang diperlukan.

3. Melakukan analisis sensitivitas dan *what-if analysis* untuk mengetahui dampak perubahan parameter model pada kinerja sistem.

1.4 Manfaat

Manfaat yang ingin dicapai dalam pengerjaan tugas akhir ini adalah :

1. Mengetahui letak ketidakefisienan dari sistem eksisting.
2. Mengetahui kapasistas sumberdaya yang dibutuhkan dalam proses pengolahan tambang batu kapur.
3. Mengetahui dampak perubahan parameter model pada kinerja sistem.
4. Mengetahui dampak dari biaya saat dilakuka perubahan sistem.

1.5 Ruang Lingkup

1.5.1 Batasan

Batasan yang digunakan dalam pengerjaan tugas akhir ini ialah sebagai berikut.

a. Proses bisnis dari PT STP yang menjadi amatan adalah proses pengolahan tambang yang didistribusikan menggunakan *dump truck* ukuran besar menuju *customer.*
b. Data yang digunakan berupa data sistem pengolahan tambang yang masih relevan untuk digunakan merancang proses bisnis masa depan.
c. Penelitian ini dilakukan hingga tahap rekomendasi pada sistem dari proses pengolahan tambang, tidak sampai pada tahap implementasi.

1.5.2 Asumsi

Asumsi yang digunakan dalam pengerjaan tugas akhir ini ialah sebaga berikut.

a. Perusahaan memiliki anggaran yang cukup untuk mengadakan semua sumberdaya yang diperlukan dari perbaikan sistem.
b. Operator, supir dan seluruh *stakeholder* selalu tersedia dan siap bekerja.
c. Lokasi yang ditentukan sebagai tempat *stockpile* baru merupakan lokasi yang ideal.
d. Proses dari mesin *crusher* dan *screener* berjalan secara normal tanpa adanya hambatan seperti gangguan pada listrik daerah tersebut.

e. Lokasi tambang dapat dikelola untuk jangka waktu 65 tahun.
f. *Demand* dari *customer* memiliki karakteristik yang sama pada setiap bulan.
g. Kecepatan truk kecil saat melintasi daerah pemukiman yaitu 30km/jam

1.6 Sistematika Penulisan

Sistematikan dari penulisan pengerjaan tugas akhir ini terdiri dari enam bab yaitu:

BAB 1 PENDAHULUAN

Pada bab ini akan diberikan penjelasan mengenai hal-hal yang mendasari penulis dalam melakukan penelitian yang meliputi latar belakang, perumusan masalah, tujuan, manfaat, ruang lingkup penelitian, dan sistematika penulisan laporan.

BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

Pada bab ini akan diberikan penjelasan mengenai landasan teori yang digunakan selama pengerjaan laporan penelitian. Landasan teori tersebut berasal dari artikel ilmiah, buku, jurnal, dan suber lainnya yang dapat dipertanggung jawabkan.

BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN

Pada bab ini akan diberikan penjelasan mengenai metode penelitian dalam mengerjakan tugas akhir beserta tahap-tahap yang dilakukan selama pengerjaan laporan.

BAB 4 PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA

Pada bab ini akan diberikan pembahasan terkait pengumpulan dan pengolahan data yang digunakan dalam melakukan penelitian tugas akhir ini. Diantaranya yaitu pengumpulan data, pengolahan data, pembuatan model eksisting, dan pembuatan model perbaikan berdasarkan scenario.

BAB 5 INTERPRETASI DAN ANALISIS

Pada bab ini akan diberikan penjelasan terkait interpretasi dari hasil pengerjan tugas akhir yang telah dilakukan pada bab sebelumnya dan analisis hasil pengerjaan tugas akhir.

BAB 6 KESIMPULAN DAN SARAN

Pada bab ini akan diberikan kesimpulan dan saran yang didapatkan dari hasil pengerjaan tugas akhir yang disesuaikan berdasarkan tujuan dilakukannya penelitian tugas akhir ini dan saran yang diberikan untuk perusahaan ataupun penelitian selanjutnya

Halaman ini sengaja dikosongkan

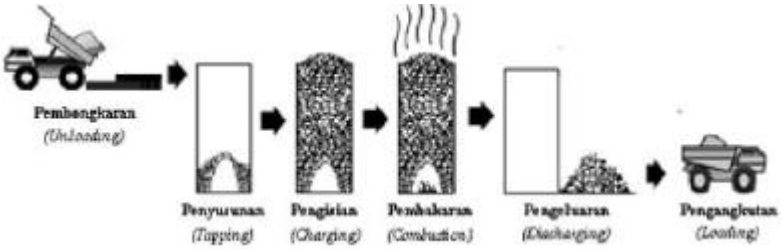
BAB II
TINJAUAN PUSTAKA

Pada bab ini akan diberikan penjelasan mengenai landasan teori yang digunakan selama pengerjaan laporan penelitian. Landasan teori tersebut berasal dari artikel ilmiah, buku, jurnal, dan suber lainnya yang dapat dipertanggung jawabkan.

2.1 Batu Kapur

Batu kapur atau *limestone* adalah batuan sedimen yang kaya akan mineral *calcite* (kalsium karbonat). Batuan ini terbentuk pada lingkungan pengendapan laut berupa terumbu dan sumber utama dari *calcite* tersebut adalah organisme laut. Batu kapur saat ini banyak dimanfaatkan sebagai bahan campuran pada industri besar misalnya untuk pembuatan semen, pembuatan kapur, bahan campuran bangunan, bahan baku industri karet, bahan baku industri kertas, industri logam dan industri lainnya (Garinas, 2019). Kebanyakan batu kapur komersial mengandung oksida besi, alumina, magnesia, silika dan belerang. Dengan CaO (22-56%) dan MgO (sekitar 21%) sebagai komponen utamanya. Di masa dahulu batu kapur dipakai sebagai bahan pengeras tembok, namun pada kondisi sekarang ini batu kapur banyak dimanfaatkan pada sektor pertanian dan pekebunan untuk mengurangi tingkat keasaman tanah. Agar dapat digunakan sebagai campuran pupuk, batu kapur harus dibakar sehingga dihasilkan kapur tohor (CaO), kalsium hidroksida ($Ca(OH)_2$) dan gas CO_2 (Nukman, 2005).

Salah satu cara pengolahan batu kapur adalah dengan cara pembakaran. Proses bembakaran tersebut umumnya sering juga disebut *calcinare* atau kalsinasi. Proses kalsinan yang paling umum diaplikasikan untuk dekomposisi kalsium karbonat ($CaCO_3$) menjadi kalsium oksida (CaO) dan gas (CO_2). Produk dari kalsinasi biasanya disebut sebagai kalsin yaitu mineral yang telah mengalami proses pemanasan. Proses kalsinasi dilakukan dalam sebuah tungku atau reaktor yang disebut kiln atau *calciners* dengan beragam desain, seperti tungku poros, *rotary* kiln, tungku perapian ganda dan reaktor *fluidized bed.*



Gambar 2. 1 Proses Pembakaran Batu Kapur
(Nesselrodt, 2015)

Pada gambar 2.1 ditunjukan proses pengolahan batu kapur dengan cara pembakaran yang meliputi beberapa tahapan yaitu tahap *unloading, tapping, charging, combustion, discharging,* dan *loading*. Konversi kalsium karbonat menjadi kalsium oksida didapat dengan memanaskan batu kapur sampai temperatur yang cukup tinggi (biasanya 1000°C) pada tungku bakar (Nesselrodt, 2015).

2.2 Distribusi dan Transportasi

Kemampuan untuk mengirim produk ke pelanggan secara tempat waktu, dalam jumlah yang sesuai dan dalam kondisi yang baik sangat menentukan apakah produk tersebut pada akhirnya akan dapat berkompetisi di pasar. Oleh karena itu, kemampuan untuk mengelola jaringan distribusi merupakan komponen yang penting di dalam industri. Perkembangan teknologi dan inovasi dalam manajemen distribusi memungkinkan perusahaan untuk menciptakan kecepatan waktu kirim serta efisiensi yang tinggi dalam jaringan distribusi mereka. Fungsi dari distribusi dan transportasi pada dasarnya adalah menghantarkan produk dari lokasi dimana produk tersebut diproduksi sampai menuju ke tangan *customer*. manajemen distribusi dan transportasi mencangkup baik aktivitas fisik yang secara kasat mata bisa kita saksikan, seperti menyimpan dan mengirim produk, maupun fungsi non fisik yang berupa aktivitas pengolahan informasi dan pelayanan kepada pelanggan. Pada prinsipnya, fungsi ini bertujuan untuk menciptkan pelayanan yang tinggi ke pelanggan yang bisa dilihat dari tingkat service level yang dicapai, kecepatan pengiriman, serta pelayanan purna jual yang memuaskan (Achlaq, 2011). Manajemen distribusi dan transformasi pada umumnya melakukan sejumlah kegiatan yang terdiri dari :

a. Melakukan segmentasi dan menentukan target service level. Segmentasi pelanggan perlu dilakukan karena kontribusi mereka pada revenue perusahaan bisa sangat bervariasi dan karakteristik setiap pelanggan bisa sangat berbeda antara satu dengan lainnya. Dengan memahami perbedaan karakteristik dan kontribusi tiap pelanggan atau area distribusi, perusahaan bisa mengoptimalkan alokasi persediaan maupun kecapatan palayanan.
b. Menentukan mode transpotasi yang akan digunakan. Tiap mode transportasi memiliki karakteristik yang berbeda dan mempunyai keunggulan serta kelemahan yang berbeda juga. Sebagai contoh, transportasi laut memiliki keunggulan dari segi biaya yang rendah, namun lebih lambat dibandingkan dengan transportasi udara. Manajemen transportasi harus bisa menentukan mode apa yang akan digunakan dalam mengirimkan / mendistribusikan produk-produk mereka pelanggan. Kombinasi dua atau lebih mode transportasi tentu bisa atau bahkan harus dilakukan tergantung pada situasi yang dihadapi.
c. Melakukan konsolidasi informasi dan pengiriman. Konsolidasi merupakan kata kunci yang sangat penting dewasa ini. Tekanan untuk melakukan pengiriman cepat namun murah menjadi pendorong utama perlunya melakukan konsolidasi informasi maupun pengiriman. Salah satu contoh konsolidasi informasi adalah konsolidasi data permintaan dari berbagai regional *distribution center* oleh *central warehouse* untuk keperluan pembuatan jadwal pengiriman. Sedangkan konsolidasi pengiriman dilakukan dengan menyatukan permintaan beberapa toko atau ritail yang berbeda dalam sebuah truk. Dengan cara ini, bisa berjalan lebih sering tanpa harus membebankan biaya lebih pada pelanggan / *client* yang mengirimkan produk tesebut.
d. Melakukan penjadwalan dan penentuan rute pengiriman. Salah satu kegiatan operasional yang dilakukan oleh gudang atau distibutor adalah menentukan kapan sebuah truk harus berangkat dan rute mana yang harus dilalui untuk memenuhi permitaan dari sejumlah pelanggan.
e. Memberikan pelayanan nilai tambah. Beberapa proses nilai tambah yang bisa dikerjakan oleh distributor adalah *packaging, pricing,* dsb.

f. Menyimpan persediaan, jaringan distribusi selalu melibatkan proses penyimpanan produk baik di suatu gudang pusat atau gudang regional, maupun di toko dimana produk tersebut akan dijual.

g. Menangani pengembalian, manajemen distribusi juga punya tanggung jawab untuk melaksanakan kegiatan penembalian produk dari hilir ke hulu dalam *supply chain.* Pengembalian ini bisa karena produk rusak atau tidak terjual sampai batas waktu penjualannya habis, seperti produk-produk makanan, sayar, buah, dan sebagainya.

Kegiatan distribusi dan transportasi menjadi semakin penting artinya bagi *supply chain* dengan semakin banyaknya perusahaan yang harus melakukan pengimiman secara langsung ke pelanggan. Tumbuhnya industri yang menyediakan jasa pelayanan online dengan pengiriman langsung ke pelanggan, membuat kegiatan distribusi dan transportasi menjadi semakin penting dan komponen ongkos aktivitas ini semakin besar pada *supply chain.* Distribusi meliputi semua aspek dalam pengiriman produk kepada konsumen. Sebenarnya, distribusi merupakan bagian dari *material handling,* karena *material handling* merupakan perpindahan material pada setiap saat dan setiap tempat (Harry Sudjono, 2011). Ada beberapa permasalahan yang biasa dihadapi dalam distribusi berkaitan dengan optimalisasi jaringan distribusi adalah:

a. Lokasi gudang

Lokasi *warehouse* sangat menentukan kelancaran pendistribusian produk, sehingga produk dapat sampai pada konsumen tepat pada waktunya. Tujuan utama dari penentuan lokasi gudang adalah untuk meminimasi jarak, hal ini dikarenakan lokasi gudang dapat ditentukan sesuai dengan kebutuhan. Karena itu juga pembuatan operasi yang efisien untuk biaya gudang juga sangat penting.

b. Penentuan rute dan jadwal pengiriman

Salah satu keputusan terpenting dalam memanajemen distribusi adalah penentuan jadwal serta rute pengiriman dari satu lokasi ke beberapa lokasi tujuan. Keputusan seperti ini sangat penting bagi mereka yang mengirimkan barangnya dari satu lokasi ke berbagai toko yang tersebat di sebuah kota. Keputusan penjadwalan pengiriman serta rute yang akan ditempuh oleh

setiap tipe kendaraan akan sangat berpengaruh terhadap biaya-biaya pengiriman. Namun, biaya bukanlah salah satunya faktor yang perlu dipertimbangkan dalam proses pengiriman. Disamping itu, jadwal rute sering kali juga harus mempertimbangkan kendala lain seperti kapasitas kendaraan atau armada pengangkutan.

Transportasi diartikan sebagai pemindahan barang dan manusia dari tempat asal ke tempat tujuan (Nasution, 2004). Transportasi digunakan untuk memudahkan manusia dalam melakukan aktivitas sehari-hari. Transportasi menunjukkan hubungan yang sangat erat dengan gaya hidup, jangkauan dan lokasi dari kegiatan yang produktif, selingan serta barang-barang dan pelayanan, yang tersedia untuk dikonsumsi (Morlok,1991). Pada prasarana darat terdapat jalan, jembaran maupun bangunan pelengkap yang digunakan untuk kepentingan lalu lintas. Sedangkan sarana merupakan benda bergerak yang digunakan sebagai alat untuk melakukan suatu kegiatan. Dalam memilih moda transportasi terdapat beberapa faktor yang akan menjadi pertimbangan penentuan transportasi seperti halnya biaya, *transit time and reliability, capability, accessability, and security*. Pada kondisi sekarang, terdapat beberapa moda transportasi yang sering dimanfaatkan dalam menjalankan kegiatan *supply chain* seperti moda transportasi jalur darat dengan menggunakan kereta api, *dump truck,* moda transportasi dengan jalur laut dengan menggunakan kapal tongkak, jalur udara dengan menggunakan pesawat terbang dan memanfaatkan pipa untuk melakukan kegiatan *supply chain.*berikut merupakan perbandingan *performance rating* dari moda transportasi berdasarkan faktor yang telah disebutkan (Ronald H, 2004).

Tabel 2. 1 *Performance Ratting* Moda Transportasi

Selection Determinants	*Railroad*	*Motor*	*Modes water*	*Air*	*Pipeline*
Cost	3	4	2	5	1
Transit time	3	2	4	1	---
Reliability	2	1	4	3	---
Capability	1	2	4	3	5

Selection Determinants	*Railroad*	*Motor*	*Modes water*	*Air*	*Pipeline*
Accessability	2	1	4	3	---
Security	3	2	4	1	---

Berdasarkan Tabel 2.1 setiap moda transportasi memiliki kelebihan dan kekurangannya masing-masing. Pada faktor *cost*, penggunaan moda transportasi dengan menggunakaan jalur udara memiliki nilai tinggi yaitu sebesar 5 karena *cost* yang dikeluarkan dengan menggunakan moda transportasi tersebut cukup besar dibandingkan dengan moda transportasi lainnya, namun dengan menggunakan moda transportasi tersebut memiliki kelebihan dari segi *transit time* dan *security*.

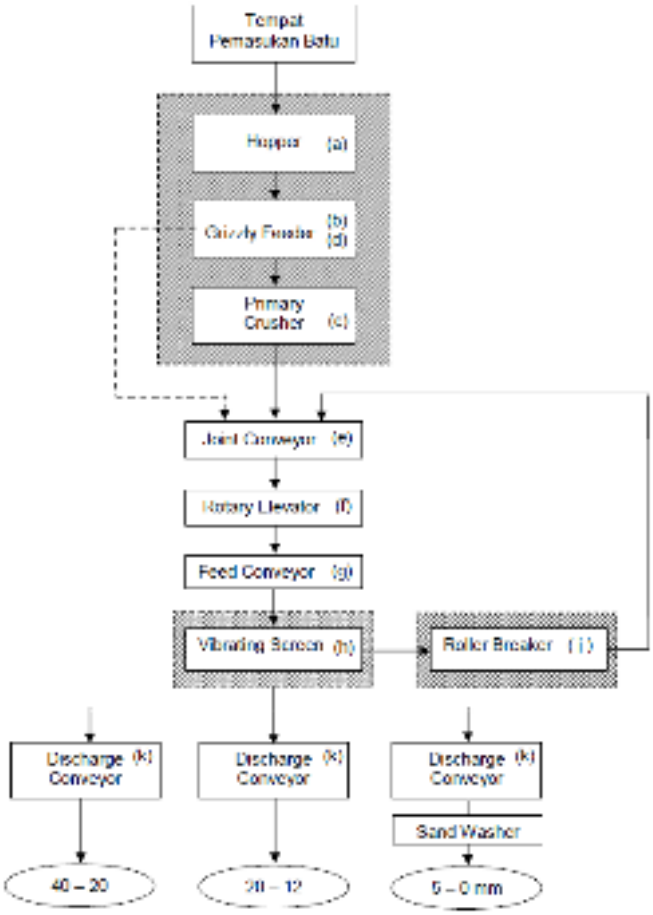
2.3 Mesin *Crusher and screener*

Mesin *crusher and screener* merupakan peralatan produksi yang digunakan untuk memecahkan batu menjadi ukuran yang dibutuhkan oleh *customer* agar batu tersebut dapat digunakan sebagai bahan baku. Berikut adalah proses dari pengoperasian mesin *crusher and screener*.

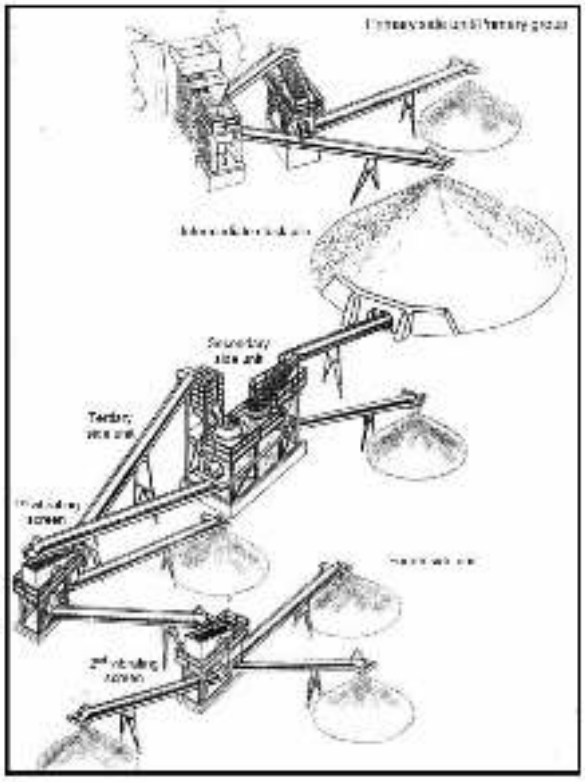
a. Pemecahan batu dilakukan dengan memakai *loader* atau dari *dump truk* dimasukan ke dalam penampung (*hopper*) lalu dengan plat pengisi (*reciprocating feeder*) batu tersebut diisikan ke dalam pemecah geraham (*jaw crusher*).
b. Sebelum batu tersebut jatuh ke dalam *primary crusher* harus melalui saringan batang (*grizzly screen*), dimana batu masukan ini akan disaring terlebih dahulu, yaitu batuan yang berukuran lebih kecil dari saringan batang, akan lolos dan jatuh pada konveyor penghubung. Material yang berukuran lebih besar langsung mengalir masuk dan dipecah pada *jaw crusher*.
c. Pecahan batu hasil pemecahan pada *primary crusher* akan jatuh dan diterima konveyor penghubung yang selanjutnya bersama-sama dengan pecahan batu yang jatuh dari saringan batang (*grizzly*) diangkut oleh konveyor penghubung dan diterima oleh elevator berputar.

d. Pecahan batu selanjutnya diterima oleh konveyor dan diangkut untuk dimasukan ke dalam *vibrating screen*, di dalam *vibrating screen* pemecahan batu akan disaring dan dikelompokan menjadi 4 ukuran, yaitu 3 ukuran dapat lolos dari saringan dan 1 ukuran tidak lolos saringan dan tertinggal diatas *screen deck* dan akan dialirkan ke dalam *secondary crusher,* dalam hal ini menggunakan *roll breaker*.

e. Hasil pemecah dengan *secondary crusher* ini akan jatuh dan diterima konveyor, yang selanjutnya masuk ke elevator dan konveyor untuk dibawa ke *vibrating screen*. Setelah berada di dalam *vibrating screen* batu tersebut disaring lagi dan yang tidak lolos *vibrating screen* akan masuk ke dalam *roll breaker*. Akhirnya pemecahan batu yang lolos *vibrating screen* itu disebat agregat akan mengalir diangkut konveyor produksi dan *stokcpile*.



Gambar 2. 2 Bagan Alir Produksi Mesin *Crusher And Screener*.
(Subarkah,2006)



Gambar 2. 3 Mesin *Crusher and Screener*
(Subarkah,2006)

Pada gambar 2.2 dan 2.3 menunjukkan proses dari mesin *crusher and screener* ketika melakukan pemecahan batu menjadi beberapa kategori ukuran sesuai dengan *demand* yang diberikan oleh *customer*.

2.4 *Descrete event Simulation*

Simulasi merupakan suatu metode yang digunakan untuk meniru perilaku dari sebuah sistem dengan memanfaatkan bantuan *software* yang sesuai (Kelton,2009). Selain itu, simulasi merupakan sekumpulan metode dan aplikasi untuk menirukan atau merepresentasikan perilaku dari suatu sistem nyata yang biasanya dilakukan pada komputer dengan menggunakan perangkat lunak tertentu (Hoover,1990). Simulasi biasa digunakan karena hasil yang diberikan lebih cepat dan murah jika dibandingkan dengan metode *trial and error*. Namun kekurangan yang dimiliki simulasi ialah hasil yang diberikan bersifat random dan berupa estimasi. Dalam melakukan simulasi, terdapat beberapa tahapan yang perlu dilalui, yaitu merumuskan hipotesis, pengembangan model simulasi, eksperimen,

kemudian melakukan validasi dan mengambil kesimpulan berdasarkan hasil yang didapatkan (Siswanto, 2018). Adapun klasifikasi dari model simulasi tersebut yang dibagi menjadi 3 sebagai berikut (Law,2009):

1. Simulasi dinamis dan statis

   Simulasi dibedakan berdasarkan pengaruh terhadap waktu. Simulasi statis merupakan simulasi pada suatu sistem yang tidak memiliki pengaruh besar terhadap waktu. Salah satu tipe yang paling umum dari simulasi statis menggunakan bilangan random untuk menyelesaikan permasalahan biasanya stokastik dan bergulirnya waktu tidak mempunyai peran. Sedangkan simulasi dinamis adalah simulasi pada suatu sistem yang memiliki pengaruh besar terhadap waktu.

2. Simlasi kontinyu dan diskrit

   Simulasi yang dibedakan berdasarkan adanya perubahan tiap satuan waktu. Simulasi diskrit adalah simulasi dimana perubahan/variabel dari sistem dapat berubah-ubah pada titik waktu tertentu. kebanyakan dari sistem manufaktur dimodelkan sebagai simulasi kejadian dinamis, diskrit,stokastik dan menggunakan variabel random untuk memodelkan rentang kedatangan, antrian proses dan sebagainya. Sedangkan simulasi kontinyu adalah simulasi dimana variabel berubah-ubah.

3. Simulasi stokastik dan deterministik

   Simulasi yang dibedakan berdasarkan sifat probabilistik. Simulasi deterministik merupakan simulasi pada suatu sistem yang tidak mengandung variabel yang bersifat probabilistik. *Output* dari model simulasi stokastik adalah random dan hanya bersifat perkiraan dari karakterisk sesungguhnya dari model. Maka diperlukan lebih dari satu kali iterasi saat menjalankan model untuk mendapatkan hasil yang mendekati hasil optimal.

Sistem merupakan kumpulan entitas yang saling berinteraksi untuk mencapai tujuan tertentu yang logis. Sehingga dapat diketahui bahwa sesuatu dikatakan sistem ketika memiliki lebih dari satu elemen yang memiliki peran masing-masing dan saling berinteraksi dalam mencapat tujuan yang telah ditetapkan. Mengidentifikasikan elemen pada suatu sistem bergantung dari sudut

pandang pengamat serta tujuan yang ingin dicapai. Berikut ini merupakan elemen-elemen yang terdapat dalam sistem.

a. Entitas

   Entitas merupakan *input* yang akan diproses dalam sistem. Mendefinisikan entitas merupakan hal pertama yang perlu dilakukan dalam memodelkan sistem. Setiap entitas memiliki atribut yang membantu dalam membedakan antar entitas. Atribut sendiri merupakan karakteristik dari entitas yang memiliki spesifikasi yang berbeda dengan entitas lainnya (Siswanto, 2018)

b. Aktivitas

   Aktivitas merupakan segala sesuatu baik langsung maupun tidak langsung yang dilakukan oleh *resource* di dalam sebuah sistem. Aktivitas yang dilakukan kepada entitas dapat memberikan perubahan pada entitas tersebut.

c. *Resource*

   Resource merupakan segala sumber daya, baik peralatan, fasilitas, maupun tenaga kerja, yang digunakan untuk melakukan proses atau aktivitas dalam sebuah sistem.

d. Kontrol

   Kontrol merupakan elemen sistem yang berfungsi untuk menentukan bagaimana, kapan, dimana, dan berapa lama aktivitas dilakukan dalam sebuah sistem.

Selain memiliki elemen, sistem juga memiliki variabel-variabel yang melekat pada sistem tersebut. Variabel-variabel yang terdapat dalam suatu sistem yaitu, Variabel keputusan, merupakan variabel yang nilainya dapat diubah-ubah dan akan mempengaruhi perilaku sistem serta variabel respon. Variabel respon, merupakan *output* yang dihasilkan dan diukur untuk mengetahui dampak yang dihasilkan ketika melakukan perubahan pada variabel keputusan. Variabel status, merupakan variabel yang menunjukan keadaan sistem pada waktu tertentu.

2.5 Analisis sensitivitas

Analisis sensitivitas merupakan analisis yang dilakukan untuk melihat sensitivitas proyek yang hendak dilakukan terhadap perubahan-perubahan yang

mungkin terjadi selama berjalannya waktu investasi. Analisis sensitivitas dilakukan dengan ccara mengubah variabel yang dapat mempengaruhi usaha, dengan demikian dapat dilihat sejauh mana proyek yang akan dijalankan tersebut dapat bertahan (T & Kartika, 2014).

2.6 What If Analysis

What if analysis adalah sebuah analisis kuantitatif dengan pendekatan kualitatif menggunakan pertanyaan yang bersifat umum dan luas untuk mengetahui kemungkinan yang akan terjadi dari suatu masalah yang ada. Langkah-langkah dalam melakukan *what if analysis* meliputi berikut (Indah Fitria, 2017).

a. Mendefinisikan aktivitas atau sistem apa yang akan dianalisis.
b. Mendifinisikan masalah yang ada pada kondisi saat ini.
c. Membagi-bagi masalah menjadi bagian yang lebih kompleks untuk dianalisis.
d. Membuat pertanyaan yang berbentuk "*what if*" untuk setiap elemen aktivitas atau sistem yang ada
e. Menjawab pertanyaan yang sudah dibuat
f. Elemen atau aktivitas yang terdapat dalam sistem dapat dibagi-bagi lagi menjadi lebih kecil
g. Menggunakan hasil tersebut untuk membuat keputusan terhadap kemungkinan yang akan terjadi.

2.7 Penelitian Terdahulu

Dalam sub bab ini akan dijelaskan mengenai penelitian-penelitian yang pernah dilakukan untuk topik, proses, metode, dan tujuan yang hampir sama dengan penelitian tugas akhir sekarang ini. Berikut ringkasan dari penelitian terdahulu.

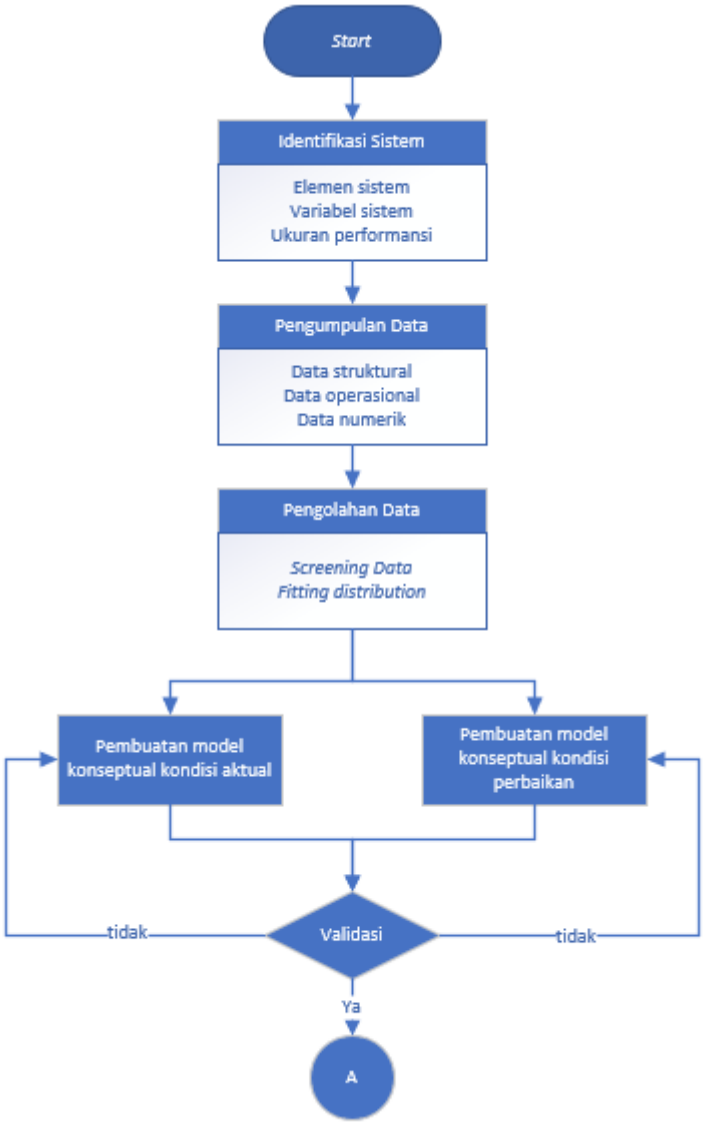
Tabel 2. 2 Ringkasan Penelitian Terdahulu

Judul Penelitian	Keterangan
ANALISIS STRATEGI DISTRIBUSI PUPUK PHONSKA DI DAERAH	Penulis : Rahmat Hamidin Tahun : 2019

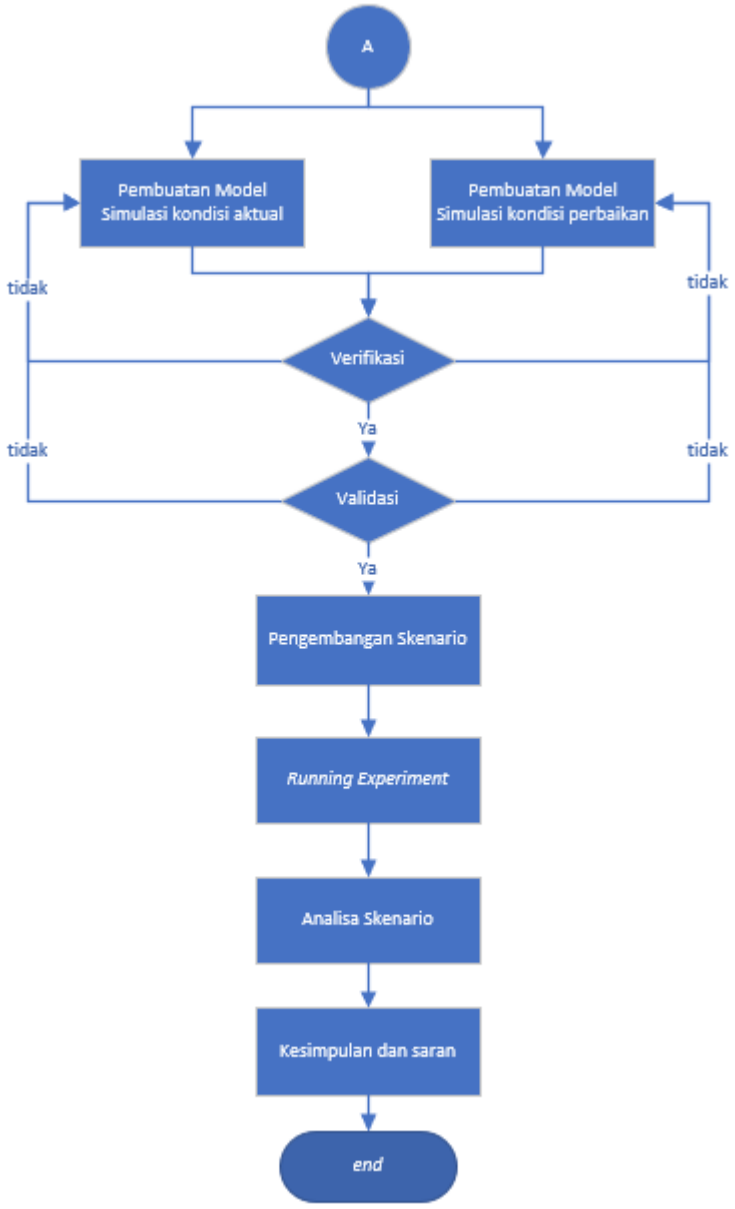
Judul Penelitian	Keterangan
JAWA BARAT DAN BANTEN DENGAN SIMULASI DAN OPTIMASI (STUDI KASUS : PT PETROKIMIA GRESIK)	Tujuan : 1.menentukan *converage area* atau kapasitas distribusi center Cigading. 2. Menentukan metode distribusi yang tepat untuk gudang penyangga Jawa Barat dan Banten Metode : Simulasi dan Optimasi
	Keterangan : analisis mengenai penentuan kapasitas dari DC agar dapat memenuhi *demand* serta menentukan alokasi dari *demand*
Model Simulasi Peningkatan *Loading Rate* Pupuk *In-bag* pada Kapal PT Petrokimia Gresik	Penulis : Neisya Nurul Hasanah Tahun : 2019
	Tujuan : 1. Menentukan target dari pada setiap aktivitas (*loading* pukuk ke truk di gudang, pengiriman pupuk dari gudang ke pelabuhan, *loading* pupuk ke kapal) yang mempengaruhi *loading rate*. 2. Menentukan banyaknya sumber daya yang dibutuhkan pada setiap tahap untuk mencapai terget yang telah ditentukan sehingga tidak terjadi *bottleneck* Metode : Simulasi dan Optimasi
	Keterangan : menentukan skenario yang paling tepat untuk menentukan jumlah *resource* yang dubutuhkan

BAB III
METODOLOGI PENELITIAN

Pada bab ini akan diberikan penjelasan mengenai metode penelitian dalam mengerjakan tugas akhir beserta tahap-tahap yang dilakukan selama pengerjaan. Metodologi penelitian ini berfungsi sebagai panduan dalam menjalani penelitian tugas akhir.



Gambar 3. 1 *Flowchart* Metodologi Penelitian



Gambar 3. 1 *Flowchart* Metodologi Penelitian (lanjutan)

Metodologi terbagi menjadi beberapa tahapan pengerjaan. Berikut merupakan tahapan dari pengerjaan laporan penelitian tugas akhir.

3.1 Identifikasi Sistem

Pada tahap ini, dilakukan identifikasi dari sistem pengolahan tambang yang dilakukan oleh PT STP. Identifikasi sistem tersebut meliputi elemen sistem, variabel sistem dan ukuran performansi.

3.1.1 Elemen Sistem

Sistem terdiri dari empat elemen yaitu entitas, aktivitas, *resource,* dan kontrol. Pada bagian ini akan dijelaskan mengenai elemen sistem yang terdapat pada sistem pengolahan tambang PT. STP.

1. Entitas

   Entitas yang dipergunakan pada sistem pengolahan tambang pada kondisi aktual dan kondisi perbaikan adalah batu kapur yang dikirimkan menuju ke *customer*.

2. Aktivitas

   Aktivitas yang terdapat pada sistem pengolahan tambang pada kondisi aktual yaitu pengiriman batu kapur menuju *stockpile, unloading* batu kapur yang dilakukan truk kecil pada *stockpile*, pengklasifikasian batu kapur berdasarkan ketegori ukuran, *loading* batu kapur ke dalam truk besar. Sedangkan pada kondisi perbaikan aktivitas yang dilakukan meliputi memasukan batu kapur menuju mesin *crusher and screener*, dan *loading* batu kapur ke dalam truk besar.

3. *Resource*

   Resource yang digunakan pada sistem pengolahan tambang kondisi aktual yaitu *excavator* untuk melakukan *loading* dan *unloading* batu kapur pada daerah *stockpile*, truk kecil yang mengangkut batu kapur dari daerah tambang menuju daerah *stockpile*, truk besar untuk mengangkut batu kapur menuju *customer*. sedangkan pada kondisi perbaikan *resource* yang digunakan meliputi mesin *crusher and screener*, *wheel loader*,*excavator* dan truk besar.

4. Kontrol

   Kontrol yang terdapat pada sistem pengolahan tambang ini yaitu jam operasi pada pukul 8.00 – 16.00.

3.1.2 Variabel Sistem

Variabel sistem terdiri dari beberapa jenis yaitu variabel keputusa, variabel respon, dan variabel status. Variabel keputusan pada sistem pengolahan tambang kondisi perbaikan yaitu sebagai berikut.

Tabel 3. 1 Variabel Sistem Pengolahan Tambang PT STP Kondisi Perbaikan

Variabel keputusan	Variabel respon	Varivabel status
Jumlah truk besar, jam kerja, spesifikasi mesin *crusher and screener*	Utilitas *resource, demand* dapat terpenuhi, keseimbangan antar *resource* pada setiap *stage*	Kondisi *resource* (busy/idle)

3.1.3 Ukuran Performansi

Ukuran performansi adalah ukuran kuantitatif yang digunakan sebagai pengukur dan performansi dalam mencapai solusi dari suatu permasalahan. Ukuran performansi yang digunakan pada penelitian ini untuk sistem proses pengolahan tambang kondisi aktual yaitu antrean yang terjadi pada sistem proses pengolahan tambang kondisi aktual, utilitas truk besar dan utilitas truk kecil. Sedangkan, pada sistem proses pengolahan tambang kondisi perbaikan yaitu utilitas *resource*, tingkat pemenuhan *demand* dan jumlah *resource* yang diperlukan.

3.2 Pengumpulan data

Dalam melakukan penelitian tugas akhir ini, dibutuhkan data yang berfungsi untuk melakukan pembuatan model konseptual. Data yang digunakan pada penilitian tugas akhir ini merupakan data sekunder yang sudah dikumpulkan oleh pihak perusahaan dan juga data primer yang dikumpulkan oleh peneliti karena diperlukannya studi komparasi dengan perusahaan lain yang bergerak pada bidang yang sama. Data struktural merupakan data yang menyangkut semua objek yang terdapat pada sistem yaitu entitas,*resource*, dan lokasi terjadinya aktivitas. Data struktural yang dibutuhkan untuk melakukan penelitian ini meliputi truk kecil, truk

besar, *excavator*, batu kapur, lokasi *stockpile* kondisi aktual dan lokasi *stockpile* kondisi perbaikan.

Data operasional yaitu data yang menjelaskan bagaimana sistem akan berjalan secara semestinya. Data operasional yang dibutuhkan dalam penelitian tugas akhir ini meliputi *unloading* batu kapur dari truk kecil untuk diklasifikasikan di *stockpile*, *loading* batu kapur ke truk besar, pemasukan batu kapur ke dalam mesin *crusher and screener*, *loading* batu kapur dari mesin *crusher and screener* ke dalam truk besar. Sedangkan data numerik yang dibutuhkan dalam penelitian ini yaitu kapasitas truk kecil, kapasitas truk besar, kapasitas mesin *crusher and screener*, persentase *output* mesin *crusher and screener* kecepatan *loading* dan *unloading* batu kapur di *stockpile* kondisi aktual, *loading* batu kapur di *stokcpile* kondisi perbaikan, kecepatan truk besar, dan kecepatan truk kecil.

3.3 Pengolahan Data

Pada tahap ini akan dilakukan pengolahan data yang telah dikumpulkan sesuai dengan kebutuhan penelitian. Pengolahan data dimulai dengan melakukan *fitting distribution* dikarenakan terjadi keterbatasan data sehingga tidak diperlukan adanya *screening* data. Tujuan dari *fitting distribution* adalah untuk mengetahui persebaran distribusi dari data tersebut. data yang akan di-*fitting* yaitu data persentase *output* mesin *crusher and screener*, waktu proses mesin *crusher and screener*, waktu proses *loading* dan *unloading* batu kapur di *stockpile* kondisi aktual, waktu proses proses klasifikasi, *loading* batu kapur di *stockpile* kondisi perbaikan, kecepatan truk besar, dan kecepatan truk kecil

3.4 Pembuatan Model Konseptual

Pada tahap ini akan dilakukan pembuatan model konseptual untuk menunjukkan kondisi sistem sebenarnya. Model konseptual yang akan dibuat yaitu dengan menggunakan diagram alir dari sistem pengolahan tambang yang dimulai dari proses pengangkutan batu kapur dari daerah pertambangan menuju daerah *Stockpile* kemudian dilanjutkan dengan proses *loading* dan *unloading* batu kapur yang terdapat pada *stockpile* dan setelah itu batu kapur akan dikirim menuju *customer*. Selain itu, diperlukan model konseptual terkait kondisi perbaikan dengan

alur yang dimulai dari memasukan batu kapur ke dalam mesin *crusher and screener* kemudian batu tersebut dimasukan ke dalam truk besar untuk dikirim menuju *customer*.

3.5 Validasi Model Konseptual

Validasi merupakan proses yang berfungsi untuk menentukan model konseptual yang telah dibuat sudah sesuai dengan sistem nyata atau belum. Proses validasi dilakukan dengan berdiskusi pada salah satu pihak PT STP dan juga dosen pembimbing. Jika model konseptual sudah valid maka akan dilanjutkan menuju proses berikutnya. Namun jika model belum valid maka diperlukan perbaikan pada model konseptual.

3.6 Pembuatan Model Simulasi

Pembuatan model simulasi dilakukan dengan menggunakan aplikasi *software* ARENA. Perancangan model simulasi dilakukan dengan mengacu pada model konseptual yang telah dibuat. Data yang telah diolah sebelumnya kemudian dimasukan pada *software* ARENA agar simulasi dapat berjalan sesuai dengan sistem pengolahan tambang pada kondisi sebenarnya. Dilakukan perhitungan replikasi agar hasil simulasi merupakan hasil yang representatif dari kondisi eksisting karena adanya *random input* dan *random output.*

3.7 Validasi dan Verifikasi Model Simulasi

Validasi merupakan proses yang berfungsi untuk menentukan model konseptual yang telah dibuat sudah sesuai dengan sistem nyata atau belum. Proses validasi dilakukan dengan cara melihat hasil dari simulasi apakah sesuai atau tidak dengan kondisi aktual. Proses validasi dapat dilakukan dengan melihat kinerja dari sistem simulasi dengan melakukan pengecekan pada setiap modul simulasi.

Setelah model konseptual valid, kemudian dilanjukan dengan pembuatan simulasi. Pada model simulasi yang telah dibuat akan dilakukan pengujian terhadap logika model dengan melakukan verifikasi. Proses verifikasi dapat dilakukan dengan menggunakan *software* ARENA dengan melakukan pengecekan *error* berdasarkan *syntax error* dan *sematic error*. Model simulasi yang telah terverifikasi

akan divalidasi kembali untuk memastikan model tersebut sesuai dengan sistem pada kondisi sebenarnya.

3.8 Pengembangan Skenario

Pada proses ini akan dilakukan pembuatan skenario untuk dibandingkan dengan skenario sebenarnya. Skenario perbaikan didapatkan dari pertimbangan *demand* dan laporan pengiriman perusahaan. Tujuan dari pembuatan skenario ini adalah untuk menunjukkan kebijakan terbaik yang dapat diterapkan pada sistem pengolahan tambang PT STP. Skenario yang akan digunakan pada simulasi sistem yaitu sebagai berikut.

Tabel 3. 2 Skenario Model Simulasi Proses Pengolahan Tambang

Skenario	Truk besar	Jam kerja (jam)	Kapasitas mesin	Waktu proses mesin
Skenario 1	20	8	20-30 ton	8-12 menit
Skenario 2	15	8	20-30 ton	8-12 menit
Skenario 3	17	8	20-27 ton	10-12 menit
Skenario 4	15	9	20-27 ton	10-12 menit

3.9 *Running Experiment*

Pada proses ini akan dilakukan percobaan pada model simulasi terhadap skenario-skenario yang telah ditentukan dan model simulasi telah tervalidasi dan terverifikasi.

3.10 Analisis skenario

Pada tahap ini akan dilakukan analisis terhadap hasil *running experiment* dari model simulasi yang telah dibuat. Analisis dilakukan dengan membandingkan antara kondisi sebenarnya dengan skenario perbaikan dengan melihat tingkat

efisiensi proses pengolahan tambang. Berdasarkan hasil analisis tersebut, akan ditentukan rekomendasi kebijakan yang dapat diambil oleh PT STP sehingga proses pengolahan tambang dapat berjalan secara lebih efisien. hasil skenario terbaik kemudian dilakukan analisis sensitivitas serta *what if analysis* untuk menganalisis terkait perubahan solusi model jika terdapat perubahan pada parameter.

3.11 Kesimpulan dan Saran

Pada tahap ini akan diberikan pemaparan terhadap keseluruhan hasil penelitian tugas akhir yang akan menjawab dari tujuan yang ingin dicapai. Selain itu, pada bagian ini akan diberikan saran kepada PT STP terhadap proses pengolahan tambang agar berjalan lebih efisien dan juga saran untuk penelitian selanjutnya.

BAB IV
PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA

Pada bab ini akan diberikan pembahasan terkait pengumpulan dan pengolahan data yang digunakan dalam melakukan penelitian tugas akhir ini. Diantaranya yaitu pengumpulan data, pengolahan data, pembuatan model eksisting, dan pembuatan model perbaikan berdasarkan scenario.

4.1 Pengumpulan Data

Data yang digunakan dalam penelitian tugas akhir ini merupakan data primer dan sekunder yang didapat dari pihak objek amatan serta melalukan wawancara dengan pihak objek amatan untuk data pendukung yang dibutuhkan dalam pembuatan model simulasi. Adapun jenis data yang dibutuhkan sebagai berikut.

4.1.1 Data Waktu Proses Kondisi Aktual

Berikut merupakan data waktu pada setiap proses pengolahan tambang PT STP pada kondisi aktual.

Tabel 4. 1 Data Waktu Proses Pengolahan Tambang

No	Jenis proses	Waktu yang dibutuhkan
1	Sinyal antar kedatangan truk kecil	5 menit sampai 9 menit
2	Proses pengisian batu kapur pada truk kecil	4 menit sampai 8 menit
3	Proses *unloading* batu kapur	3 menit sampai 6 menit
4	Proses pengklasifikasian produk	8 menit sampai 13 menit
5	Proses pengisian batu kapur pada truk besar	9 menit sampai 15 menit
6	Proses *unloading* batu kapur di *customer*	5 menit sampai 7 menit

(sumber : wawancara pihak objek amatan)

4.1.2 Data Pengiriman Produk

Berikut merupakan data pengiriman produk PT STP menuju *customer* yaitu PT OMYA, PT LCR, PT Aplus, PT Finesco. Dimana data digunakan sebagai penentu *demand* PT STP dalam satu bulan.

Tabel 4. 2 Data Pengiriman Menuju PT OMYA

Tanggal	RIT	Jumlah yang dikirim (Kg)
01/03/2020	3	95.780
02/03/2020	5	170.000
03/03/2020	10	329.300
04/03/2020	10	331.550
05/03/2020	13	427.750
06/03/2020	16	520.300
07/03/2020	1	31.520
08/03/2020	8	260.380
09/03/2020	6	196.200
10/03/2020	6	189.170
11/03/2020	6	198.270
12/03/2020	8	256.600
13/03/2020	8	253.370
14/03/2020		
15/03/2020	7	235.400
16/03/2020	7	229.120
17/03/2020	6	195.810
18/03/2020	7	235.610
19/03/2020	7	228.700
20/03/2020	7	228.460
21/03/2020		
22/03/2020	7	239.650
23/03/2020	5	169.970
24/03/2020	8	263.370
25/03/2020	12	394.090
26/03/2020	17	561.400
27/03/2020	16	523.460
28/03/2020		
29/03/2020	16	516.030
30/03/2020	13	430.170
Total	235	7.711.430

Tabel 4. 3 Data Pengiriman Menuju PT LCR

Tanggal	RIT	Jumlah yang dikirim (Kg)
01/03/2020	1	30.680
02/03/2020	1	31.450
03/03/2020	1	32.480
04/03/2020	1	30.910
05/03/2020	1	30.900
06/03/2020		
07/03/2020	1	31.750
08/03/2020	1	31.430
09/03/2020	1	31.610
10/03/2020	1	30.730
11/03/2020	1	31.300
12/03/2020	1	31.530
13/03/2020	1	31.100
14/03/2020		
15/03/2020	1	29.260
16/03/2020	1	31.360
17/03/2020	1	30.600
18/03/2020	1	30.060
19/03/2020	1	29.770
20/03/2020	1	32.410
21/03/2020		
22/03/2020	1	33.820
23/03/2020		
24/03/2020	1	33.730
25/03/2020	1	32.670
26/03/2020	1	33.320
27/03/2020	1	33.190
28/03/2020		
29/03/2020	1	33.580
30/03/2020	1	33.230
Total	25	792.870

Tabel 4. 4 Data Pengiriman Menuju PT Finesco

Tanggal	RIT	Jumlah yang dikirim (Kg)
01/03/2020	7	226.120
02/03/2020	7	229.410
03/03/2020	7	230.320
04/03/2020	7	232.280
05/03/2020	5	164.610
06/03/2020	7	225.620
07/03/2020		
08/03/2020	7	230.020

Tanggal	RIT	Jumlah yang dikirim (Kg)
09/03/2020	7	232.930
10/03/2020	6	193.760
11/03/2020	7	228.250
12/03/2020	5	165.710
13/03/2020	7	233.400
14/03/2020		
15/03/2020	9	298.380
16/03/2020	9	294.830
17/03/2020	9	293.800
18/03/2020	9	297.840
19/03/2020	7	235.030
20/03/2020	4	131.240
21/03/2020		
22/03/2020	4	133.070
23/03/2020		
24/03/2020	4	132.500
25/03/2020		
26/03/2020	2	64.400
27/03/2020	4	130.040
28/03/2020		
29/03/2020	4	130.080
30/03/2020	4	128.920
Total	148	4.862.560

Tabel 4. 5 Data Pengiriman Menuju PT Aplus

Tanggal	RIT	Jumlah yang dikirim (Kg)
01/03/2020	7	226.120
02/03/2020		
03/03/2020	1	30.910
04/03/2020		
05/03/2020		
06/03/2020		
07/03/2020	8	256.600
08/03/2020		
09/03/2020	1	29.770
10/03/2020	1	29.770
11/03/2020	1	30.900
12/03/2020	1	29.770
13/03/2020	1	29.770
14/03/2020		
15/03/2020	1	30.730
16/03/2020		
17/03/2020	3	95.780

Tanggal	RIT	Jumlah yang dikirim (Kg)
18/03/2020		
19/03/2020		
20/03/2020		
21/03/2020	7	228.250
22/03/2020		
23/03/2020	4	131.240
24/03/2020	1	31.520
25/03/2020		
26/03/2020	1	31.520
27/03/2020		
28/03/2020		
29/03/2020		
30/03/2020		
Total	38	1.212.650

Selain data pengiriman tersebut, terdapat data pendukung yang didapatkan dari hasil wawancara dengan pihak objek amatan yang digunakan sebagai penentuan jenis distribusi data dari *demand* customer pada setiap bulannya yaitu kenaikan dan penurunan *demand* pada setiap bulannya sebesar 20%.

Tabel 4. 6 Data Jarak Tempuh Pengiriman Produk Kondisi Aktual

Customer	Jarak pengiriman Customer dari *stockpile*
PT OMYA	148 Km
PT LCR	149 Km
PT Finexco	113 Km
PT Aplus	79 Km

4.1.3 Data Probabilitas Hasil Pengklasifikasian Produk

Berikut merupakan data dari probabilitas dari proses pengklasifikasian produk proses pengolahan tambang PT STP pada kondisi aktual. Data tersebut didapatkan dari hasil wawancara pada salah satu pihak objek amatan yang sudah *expert* pada bidang tersebut.

Tabel 4. 7 Data Probabilitas Pengklasifikasian Produk Kondisi Aktual

Jenis ukuran produk	Probabilitas proses klasifikasi
Ukuran 8cm++	60% - 70%
Ukuran 5cm – 8cm	30% - 35%
Ukura 3cm – 5cm	4% - 5%
Waste	5% - 6%

(sumber : hasil wawancara pihak objek amatan)

4.1.4 Data Pengolahan Tambang Kondisi Perbaikan

Berikut merupakan data pengolahan tambang kondisi perbaikan yang didapatkan dari hasil *brenchmarking* dengan salah satu perusahaan yang menjalankan proses bisnis pada bidang yang sama.

Tabel 4. 8 Data Probabilitas Pengklasifikasian Produk Kondisi Perbaikan

Jenis ukuran produk	Probabilitas proses klasifikasi
Ukuran 8cm++	30% - 40%
Ukuran 5cm – 8cm	20% - 26%
Ukura 3cm – 5cm	20% - 24%
Waste	10% - 30%

Selain data probabilitas pengklasifikasian produk kondisi perbaikan, terdapat data *cycle time* untuk masing-masing proses pengolahan tambang pada kondisi perbaikan dimana pada kondisi tersebut sudah menggunakan mesin *crusher and screener* dalam proses penghancuran serta pengklasifikasian produk.

Tabel 4. 9 Data Waktu Proses Pengolahan Tambang Kondisi Perbaikan

No	Jenis proses	Waktu yang dibutuhkan
1	Sinyal Proses *wheel loader*	9 menit sampai 13 menit
2	Proses memasukan batu kapur ke dalam mesin *crusher and screener*	4 menit sampai 7 menit
3	Sinyal antar proses mesin *crusher and screener*	5 menit sampai 8 menit

No	Jenis proses	Waktu yang dibutuhkan
4	Proses klasifikasi produk	8 menit sampai 12 menit
5	Proses pengisian batu kapur pada truk besar	5 menit sampai 7 menit

Pada kondisi perbaikan, proses pengklasifikasian produk serta penyimpanan produk terjadi pada daerah pertambangan. Dimana pada kondisi perbaikan, *stockpile* berada pad jarak 42 KM dari daerah tambang kemudian dipindahkan pada daerah pertambangan. Hal tersebut dapat menyebabkan perubahan pada jalur pengiriman customer sehingga jarak tempuh pengiriman berubah sebagai berikut.

Tabel 4. 10 Data Jarak Tempuh Pengiriman Produk Kondisi Perbaikan

Customer	Jarak pengiriman Customer dari *stockpile*
PT OMYA	185 Km
PT LCR	192 Km
PT Finexco	85 Km
PT Aplus	121 Km

4.2 Pengolahan Data

Setelah dilakukan pengumpulan data, kemudian data tersebut akan diolah dengan cara mencari *fitting distribution* dari data tersebut yang bertujuan untuk mengetahui waktu dari masing-masing proses yang dibutuhkan dalam melakukan proses pengolahan tambang PT STP yang nantinya akan dilakukan pembuatan model simulasi. Data yang akan dilakukan *fitting distribution* sebagai berikut :

1. Waktu antar kedatangan truk kecil

   waktu antar kedatangna truk kecil merupakan waktu yang ditempuh oleh truk kecil untuk memulai proses pengisian.

2. Waktu pengisian truk kecil

   waktu pengisian truk kecil merupakan waktu dari proses pengisian produk kedalam truk kecil dengan menggunakan *resource excavator*.

3. Waktu proses *unloading* truk kecil

   Waktu proses *unloading* truk kecil merupakan waktu dari proses bongkar muatan produk yang dilakukan pada daerah *stockpile*.

4. Waktu proses pengklasifikasian produk kondisi aktual

   Waktu proses pengklasifikasian produk kondisi aktual merupakan waktu yang dibutuhkan untuk melakukan klasifikasi produk berdasarkan jenis ukuran yaitu 3-5cm, 5-8cm dan 8cm++. Proses klasifikasi tersebut dilakukan dengan menggunakan *excavator*.

5. Waktu proses pengisian truk besar kondisi aktual

   Waktu proses pengisian truk besar kondisi aktual yaitu waktu yang diperlukan untuk mengisi truk besar secara penuh yaitu 30 ton produk batu kapur sesuai dengan ukuran yang dibutuhkan oleh *customer*. Proses pengisian tersebut dilakukan dengan menggunakan *excavator*.

6. Sinyal proses *wheel loader*

   Sinyal proses *wheel loader* merupakan waktu dari antar pemanggilan *wheel loader* untuk beroperasi.

7. Waktu proses memasukan batu kapur ke dalam mesin

   Waktu proses memasukan batu kapur ke dalam mesin merupakan proses yang dibutuhkan oleh *wheel loader* untuk memasukan bongkahan batu kapur ke dalam mesin *crusher and screener*.

8. Sinyal antar proses mesin *crusher and screener*

   Sinyal antar proses mesin *crusher and screener* merupakan waktu yang menunjukkan jarak antara proses satu dengan proses lainnya.

9. Waktu proses klasifikasi produk dengan mesin *crusher and screener*

   Waktu proses klasifikasi produk dengan mesin *crusher and screener* merupakan waktu yang dibutuhkan oleh mesin *crusher and screener* dalam menghancurkan batu kapur serta membagi batu kapur menjadi 3 jenis kategori.

10. Waktu pengisian truk besar kondisi perbaikan

    Waktu pengisian truk besar kondisi perbaikan merupakan waktu yang dibutuhkan untuk mengisi truk besar secara penuh yaitu 30 ton

produk sesuai dengan jenis kategori yang telah dibutuhkan oleh *customer*.

Berikut merupakan hasil dari *fitting distribution* dari data yang telah diperoleh dari pihak perusahaan baik secara data tertulis ataupun data yang didapatkan dengan melalui wawancara dari pihak perusahaan yang telah *expert* pada bidang tersebut.

Tabel 4. 11 Hasil *Fitting Distribution*

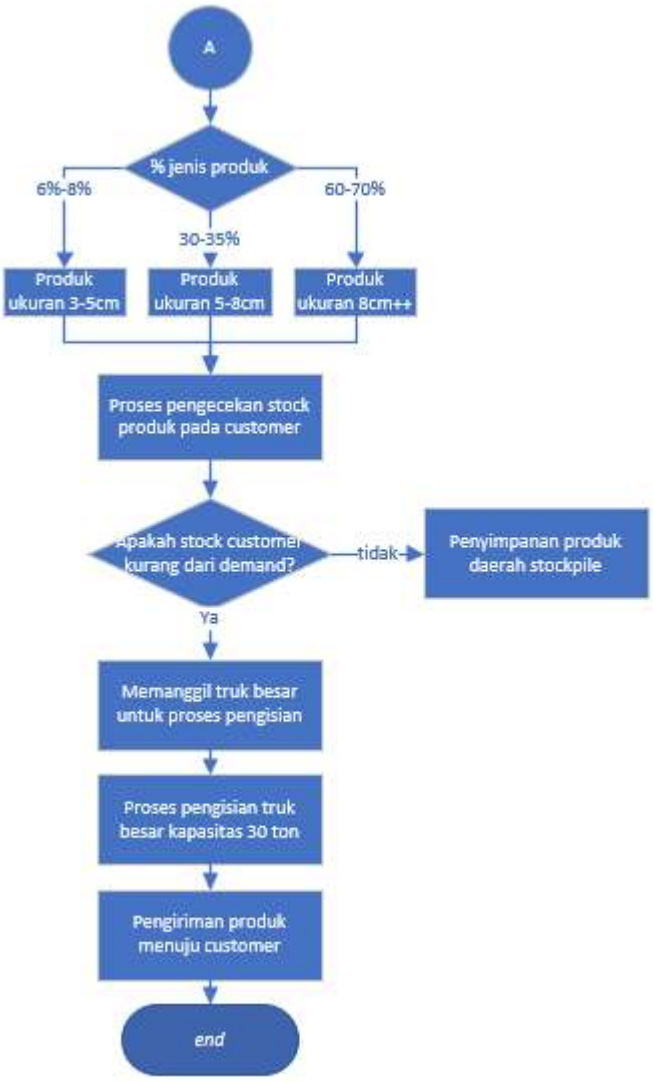
Jenis Data	Distribusi
Data antar kedatangan truk kecil	UNIF(5,9)
Data waktu pengisian truk kecil	UNIF(4,8)
Data waktu *unloading* truk kecil	UNIF(3,6)
Data waktu klasifikasi produk kondisi aktual	UNIF(8,13)
Data probabilitas klasifikasi batu ukuran 8cm++ kondisi aktual	UNIF(0.60,0.70)*11)
Data probabilitas klasifikasi batu ukuran 5-8cm kondisi aktual	UNIF(0.30,0.35)*11)
Data probabilitas klasifikasi batu ukuran 3-5cm kondisi aktual	UNIF(0.06,0.08)*11)
Data waktu pengisian truk besar kondisi aktual	UNIF(9,15)
Data demand produk 8cm++ PT OMYA	TRIA(6168,7710,9252))
Data demand produk 8cm++ PT Aplus	TRIA(960,1200,1440))
Data demand produk 8cm++ PT Finesco	TRIA(3920,4900,5880))
Data demand produk 8cm++ PT LCR	TRIA(640,800,960))
Data *unloading* produk pada *customer*	UNIF(5,7)

Jenis Data	Distribusi
Data kedatangan proses *wheel loader*	UNIF(9,13)
Data proses memasukan produk ke dalam mesin	UNIF(4,7)
Data *input* produk ke dalam mesin	UNIF(20,30))
Data proses mesin *crusher and screener*	UNIF(8,12)
Data probabilitas klasifikasi batu ukuran 8cm++ kondisi perbaikan	UNIF(0.30,0.40)*UNIF(20,30))
Data probabilitas klasifikasi batu ukuran 5-8cm kondisi perbaikan	UNIF(0.20,0.26)*UNIF(20,30))
Data probabilitas klasifikasi batu ukuran 3-5cm kondisi perbaikan	UNIF(0.20,0.24)*UNIF(20,30))
Data proses pengisian truk besar kondisi perbaikan	UNIF(8,10)
Data kecepatan truk kecil	TRIA(30,40,50)
Data kecepatan truk besar	UNIF(40,50)

4.3 Pembuatan Model Konseptual

Pembuatan model konseptual dilakukan untuk merepresentasikan model dari sistem kondisi aktual. Kemudian model konseptual yang telah dibuat akan dilakukan proses validasi dengan pihak *expert* dari objek amatan yang nantinya akan dibuat model simulasi dari sistem pengolahan tambang kondisi aktual ataupun sistem pengolahan tambang kondisi perbaikan yang didapatkan dari *benchmark* terhadap salah satu perusahaan yang menjalankan bidang yang sama dengan PT STP. Berikut merupakan *flowchart* model konseptual pengolahan tambang pada kondisi aktual PT STP.

Gambar 4. 1 *Flowchart* Model Konseptual Kondisi Aktual

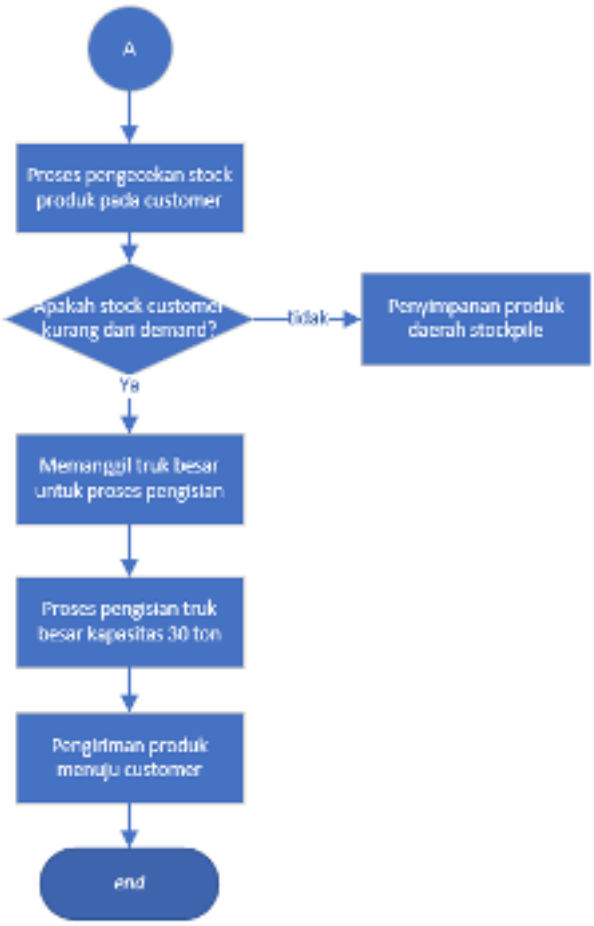


Gambar 4. 1 ***Flowchart*** **Model Konseptual Kondisi Aktual (Lanjutan)**

Berdasarkan *flowchart* diatas, proses pengolahan tambang kondisi aktual dimulai dari proses pemanggilan truk kecil yang siap untuk dilakukan pengisian batu kapur, kemudian dilakukan proses pengisian truk kecil dengan kapasitas 11 ton, setelah truk kecil terisi penuh kemudian produk dikirimkan menuju daerah *stockpile*, pada daerah *stockpile* batu kapur kemudian dibongkar untuk diklasifikasikan dan truk kecil kembali menuju daerah pertambangan untuk mengambil muatan kembali. Batu kapur kemudian diproses dengan menggunakan *excavator* untuk diklasifikasian berdasarkan kategori ukuran yang telah ditentukan, setelah produk tersebut terkumpul kemudian dilakukan pengecekan *stock* produk pada *customer*, ketika *stock* produk yang dimiliki *customer* kurang dari *demand,* maka dilakukan pemanggilan truk besar untuk mengirim produk, jika *stock* produk

yang dimiliki *customer* lebih dari *demand* maka produk tersebut akan disimpan di *stockpile*, kemudian dilakukan pengisian truk besar dengan kapasitas 30 ton, setelah truk besar terisi penuh maka produk siap dikirimkan menuju *customer*. dalam penetilitan tugas akhir ini, dilakukan komparasi dengan salah satu perusahaan yang bergerak pada bidang yang sama sebagai salah satu rujukan perbaikan sistem pengolahan tambang. Berikut merupakan model konseptual proses pengolahan tambang kondisi perbaikan.

Gambar 4. 2 *Flowchart* Model Konseptual Kondisi Perbaikan



Gambar 4. 2 *Flowchart* Model Konseptual Kondisi Perbaikan (lanjutan)

Berdasarkan *flowchart* diatas. Proses pengolahan tambang dengan kondisi perbaikan memiliki sistem yang hampir sama dengan kondisi aktual. Namun, pada kondisi perbaikan memiliki perbedaan yaitu dimana pada kondisi aktual proses klasifikasi serta penyimpanan dilakukan pada daerah *stockpile* yang berada sejauh 42 Km dari daerah tambang. Sedangkan pada kondisi perbaikan, sistem pengolahan tambang dilakukan pada daerah tambang secara langsung baik proses penghancuran batuan,klasifikasi batu kapur, dan proses penyimpanan dilakukan di daerah tambang. Proses pengklasifikasian produk dilakukan dengan menggunakan *resource* mesin *crusher and screener* sehingga proses dapat berjalan secara lebih efektif dan efisien. model konseptual yang telah dibuat sudah dilakukan validasi dengan cara menanyakan pada pihak *expert* dari objek amatan terkait alur atau sistem kondisi aktual dan sistem kondisi perbaikan.

4.4 Pembuatan Model Simulasi

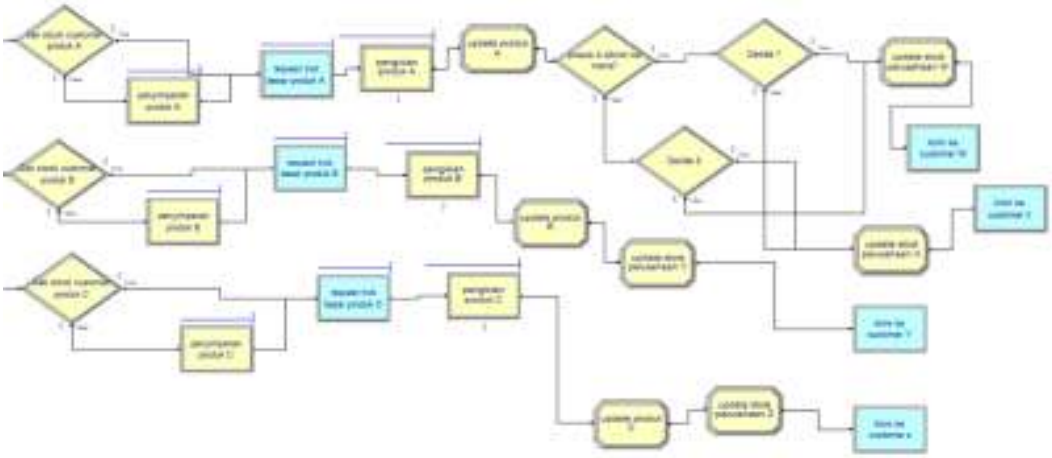
Berdasarkan model konseptual yang telah dibuat pada sub bab sebelumnya. Kemudian dilakukan pembuatan model simulasi yang dilakukan dengan menggunakan *software* ARENA. Berikut merupakan hasil pembuatan model simulasi sistem pengolahan tambang PT STP kondisi aktual serta sistem pengolahan tambang kondisi perbaikan.

Gambar 4. 3 Ilustrasi *Sub Model* Proses Pengisian Truk Kecil

Gambar diatas merupakan salah satu bagian dari proses pengolahan tambang kondisi aktual yaitu proses yang terjadi pada daerah tambang. Pada proses tersebut truk ukuran kecil akan diberi muatan batu kapur dengan kapasitas 11 ton yang kemudian dikirimkan menuju ke daerah *stockpile*.

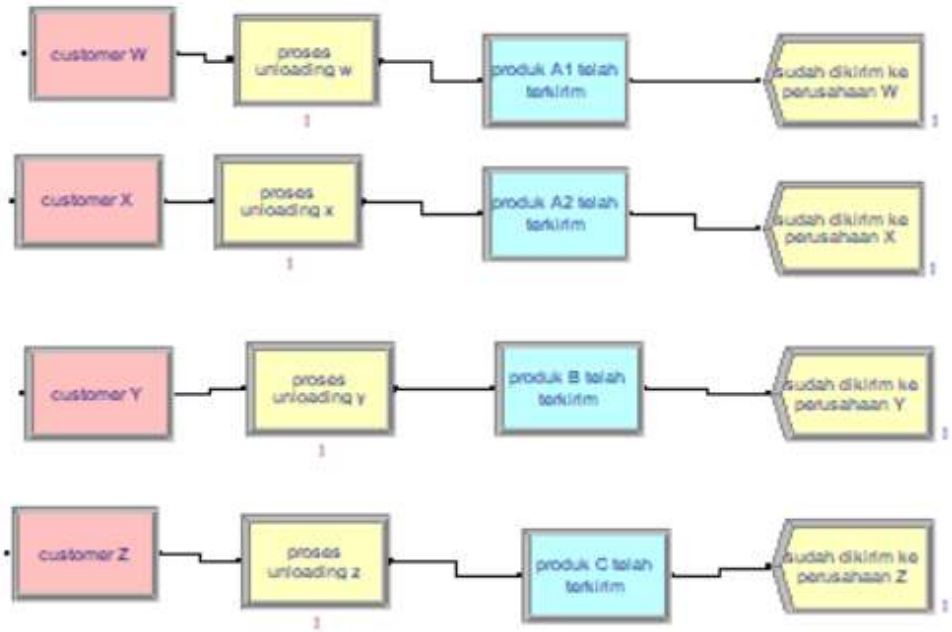
Gambar 4. 4 Ilustasi *Sub Model* Proses Klasifikasi Produk

Gambar diatas merupakan model simulasi dari proses pengolahan tambang kondisi aktual yaitu proses yang dilakukan pada daerah *stockpile* yang meliputi proses *unloading* batu kapur, proses pengklasifikasian produk serta penyimpanan produk sebelum siap dikirim.



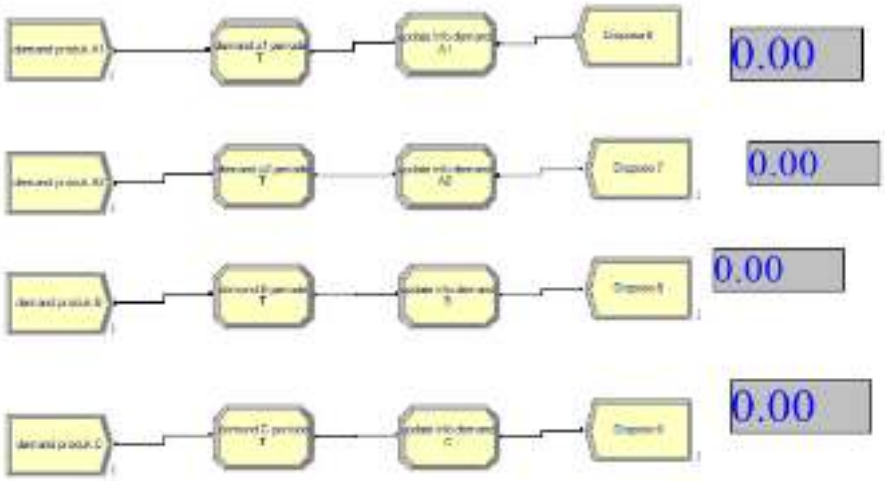
Gambar 4. 5 Ilustasi *Sub Model* Proses Pengecekan Stock Customer dan Pengiriman

Gambar diatas merupakan model simulasi dari proses pengecekan *stock customer*. dimana proses tersebut bertujuan untuk mengetahui jumlah *stock* dari *customer* apakah sudah memenuhi *demand* atau belum. Sehingga pihak perusahaan dapat melakukan pengiriman kepada *customer* jika *stock* yang dimiliki masih kurang dari *demand* yang telah ditentukan. setelah *stock* dari pihak *customer* dicek, kemudian dilakukan proses pengisian truk besar dengan kapasitas 30 ton lalu dilakukan pengiriman menuju *customer*.



Gambar 4. 6 Ilustasi *Sub Model* Proses *Update Stock Customer*

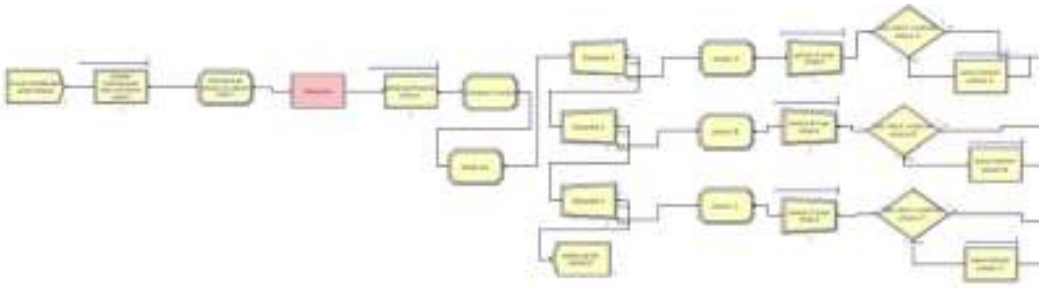
Gambar 4.6 menunjukkan proses *update stock* pihak *customer* ketika produk telah sampai sehingga pihak perusahaan dapat mengetahui jumlah produk yang harus dikirim untuk memenuhi *demand.*



Gambar 4. 7 Ilustrasi *Sub Model* Kedatangan *Demand Customer*

Gambar 4.7 menunjukkan proses *demand customer* yang datang pada setiap bulannya sehingga pihak perusahaan dapat mengetahui jumlah produk yang harus diproduksi serta permintaan tersebut terpenuhi tanpa merugikan pihak *customer*.

Pada penelitian tugas akhir ini, terdapat sistem usulan perbaikan yang didapatkan berdasarkan hasil *benchmarking* dengan salah satu perusahaan yang bergerak pada bidang yang sama dengan PT STP. Sehingga akan diberikan model simulasi dengan kondisi perbaikan. berikut merupakan perubahan sistem simulasi dengan kondisi perbaikan.



Gambar 4. 8 Model Simulasi Sistem Pengolahan Tambang Kondisi Perbaikan

Pada gambar 4.8 menunjukkan sistem pengolahan tambang pada kondisi perbaikan yang memiliki perbedaan dengan kondisi aktual yaitu tanpa adanya

proses yang dilakukan oleh truk kecil dan *stockpile* berada pada daerah tambang. Selain itu, pada kondisi perbaikan proses klasifikasi produk dilakukan dengan menggunakan alat bantu mesin *crusher and screener*. Sedangkan untuk proses lainnya memiliki kesamaan dengan kondisi aktual.

4.5 Perhitungan Jumlah Replikasi

Pada sub bab ini akan dilakukan perhitungan jumlah replikasi agar model simulasi memberikan hasil yang representatif dari sistem aslinya. Hal tersebut dilakukan karena pada model simulasi ARENA *output* yang dihasilkan bersifat *uncertainty* sehingga diperlukan replikasi agar menunjukkan hasil yang representatif dari sistem aslinya. Berikut merupakan perhitungan jumlah replikasi dengan menggunakan rumus.

$$hw = \frac{\left(t_{n-1,\frac{\alpha}{2}}\right) x\ std}{\sqrt{n}}$$

$$n' = [\frac{(z_{\frac{\alpha}{2}})\ x\ std}{hw}]^2$$

Sebelum melakukan perhitungan dengan rumus tersebut maka diperlukan melakukan uji coba *running* model arena sebanyak 5-10. Berikut merupakan rekapitulasi hasil uji coba dengan menggunakan jumlah replikasi sebanyak 10.

Tabel 4. 12 ***Output Simulasi***

Replikasi	Jumlah produk terkirim (ton)
Replikasi 1	720
Replikasi 2	900
Replikasi 3	840
Replikasi 4	930
Replikasi 5	840
Replikasi 6	870
Replikasi 7	960
Replikasi 8	870
Replikasi 9	750
Replikasi 10	720
Rata-rata	840
Stdev.	84,85

Berdasarkan data tersebut kemudian dilakukan perhitungan dengan menggunakan rumus *half width.* Berikut merupakan perhitungan jumlah replikasi dengan menggunakan rumus.

$$hw = \frac{\left(t_{9,\frac{0,05}{2}}\right) x\ 84,85}{\sqrt{10}} = 60,69$$

$$n' = [\frac{(z_{\frac{0.05}{2}})\ x\ 84,85}{60,69}]^2 = 7,508 \sim 8$$

Dari hasil perhitungan diatas, diketahui jumlah replikasi minimum agar model simulasi berjalan secara representatif dari sistem aktual maka diperlukan 8 kali replikasi. Oleh karen, itu dengan menggunakan *running* model simulasi sebanyak 10 kali replikasi *output* yang dihasilkan oleh model simulasi sudah mencerminkan kondisi aktual. Berikutnya pada *running experiment* akan dilakukan *running* model simulasi dengan replikasi sebanyak 10 kali.

4.6 Verifikasi Model

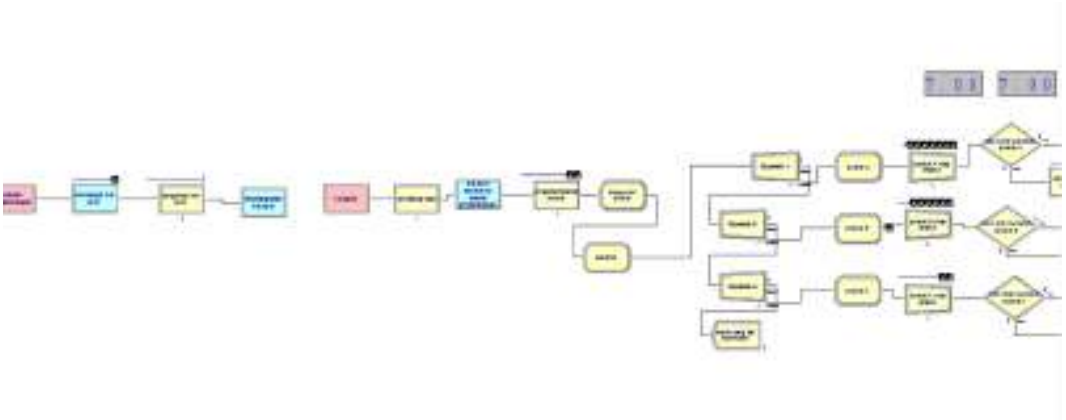
Verifikasi model berfungsi untuk memastikan bahwa model simulasi yang telah dibuat dapat berjalan sesuai dengan logika dan tidak terjadi *error* saat melakukan *running* nantinya. Verifikasi dilakukan dengan cara pengecekan menggunakan fitur yang terdapat pada *software* ARENA yaitu menggunakan tombol F4. Berikut merupakan hasil verifikasi model arena kondisi aktual dan kondisi perbaikan.

Gambar 4. 9 Verifikasi Model Simulasi Kondisi Aktual

Berdasarkan gambar 4.9 dapat diketahui bahwa model simulasi yang telah dibuat sudah terverifikasi dan tidak ditemukan terjadinya *error*.

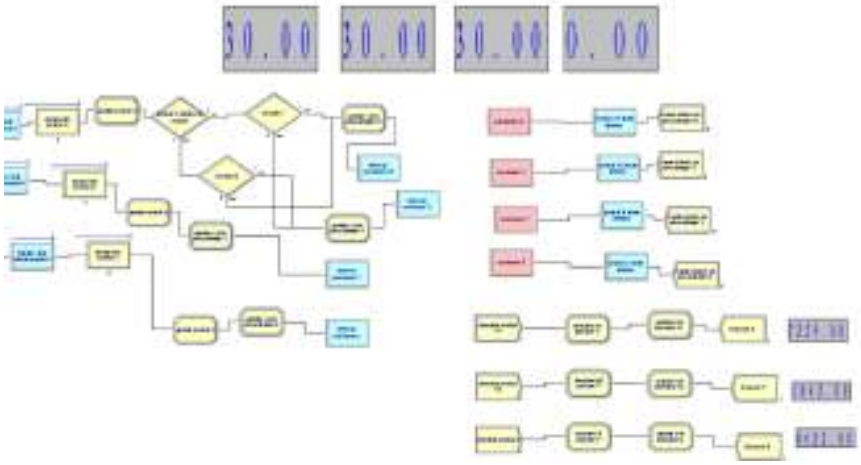
Gambar 4. 10 Verifikasi Model Simulasi Kondisi Perbaikan

Berdasarkan gambar 4.10 dapat diketahui bahwa model simulasi yang telah dibuat sudah terverifikasi dan tidak ditemukan terjadinya *error*. Selain dengan menggunakan fitur pada *software* ARENA, verifikasi dilakukan dengan cara melakukan pengecekan pada proses berjalannya model simulasi untuk memastikan bahwa setiap modul yang telah dibuat pada modul simulasi berjalan sesuai dengan semestinya.



Gambar 4. 11 Verifikasi Model Simulasi Proses Klasifikasi Produk

Pada gambar tersebut menunjukkan bahwa proses klasifikasi produk pada model simulasi telah berjalan sesuai dengan sistem pada kondisi nyata dan tidak terdapat *error* saat menjalankan *running* simulasi.



Gambar 4. 12 Verifikasi Model Simulasi Proses Pengiriman *Customer*

Berdasarkan gambar diatas, proses pengiriman produk ke *customer* sudah terverifikasi dimana ketika melakukan *running* model simulasi setiap model yang telah dibuat dapat berjalan sesuai dengan fungsi masing-masing sesuai dengan sistem pada kondisi nyata.

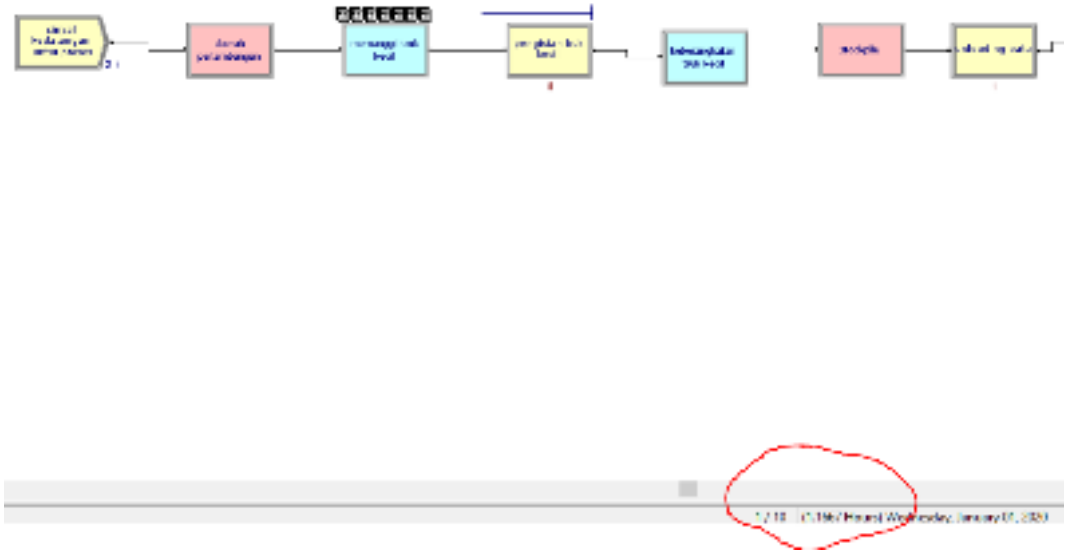
4.7 Validasi Model

Validasi model simulasi berfungsi untuk mengetahui model yang telah dibuat sudah dapat mencerminkan sistem pada kondisi nyata. Validasi dilakukan dengan cara membandingkan antara hasil dari simulasi dengan data yang dimiliki untuk sekarang ini. Namun, pada penelitian tugas akhir ini terdapat kendala yaitu data pada kondisi nyata yang diberikan objek amatan tidak dapat digunakan sebagai pembanding untuk melakukan proses validasi karena data yang dimiliki hanya terdapat 1 jenis data. Oleh karena itu, proses validasi dilakukan dengan cara memastikan bahwa setiap *output* yang dihasilkan oleh setiap model dapat menunjukkan hasil yang tepat sesuai dengan perhitungan manual. Agar memudahkan proses validasi, *fitting distribution* data yang telah dibuat pada model simulasi akan diganti dengan parameter terendah pada setiap proses atau jenis data. Berikut merupakan proses validasi model.

Tabel 4. 13 Data perubahan distribusi data

Jenis Data	Distribusi	Distribusi Validasi
Data kedatangan truk kecil	UNIF(3,6)	Konstan 3 menit
Data waktu pengisian truk kecil	UNIF(4,8)	Konstan 4 menit
Data waktu *unloading* truk kecil	UNIF(3,6)	Konstan 3 menit
Data waktu klasifikasi produk kondisi aktual	UNIF(8,13)	Konstan 8 menit
Data probabilitas klasifikasi batu ukuran 8cm++ kondisi aktual	ANINT(UNIF(0.60,0.70)*11)	0,6*11
Data probabilitas klasifikasi batu ukuran 5-8cm kondisi aktual	ANINT(UNIF(0.30,0.35)*11)	0,3*11
Data probabilitas klasifikasi batu ukuran 3-5cm kondisi aktual	ANINT(UNIF(0.06,0.08)*11)	0,06*11
Data kecepatan truk kecil	TRIA(30,40,50)	Konstan 40km/jam
Data Jarak daerah tambang ke *stockpile*		42 Km

Validasi dilakukan dengan cara mengubah parameter waktu dari beberapa proses yang awalnya berbentuk distribusi menjadi konstan dengan batas bawah sesuai dengan data yang telah dimiliki. Kemudian dilakukan *running* simulasi dan melakukan perhitungan manual untuk mengetahui bahwa model simulasi yang dibuat dapat menunjukkan sistem pada kondisi nyata sehingga model yang telah dibuat merupakan model yang valid.



Gambar 4. 13 Hasil *Running* Simulasi Proses Pengiriman Produk Menuju *Stockpile*

Diketahui :

kedatangan truk kecil = 3 menit = 0,05 jam

proses pengisian truk kecil = 4 menit = 0,067 jam

kecepatan truk kecil saat mengirim produk $= \frac{40\text{km}}{\text{jam}}$

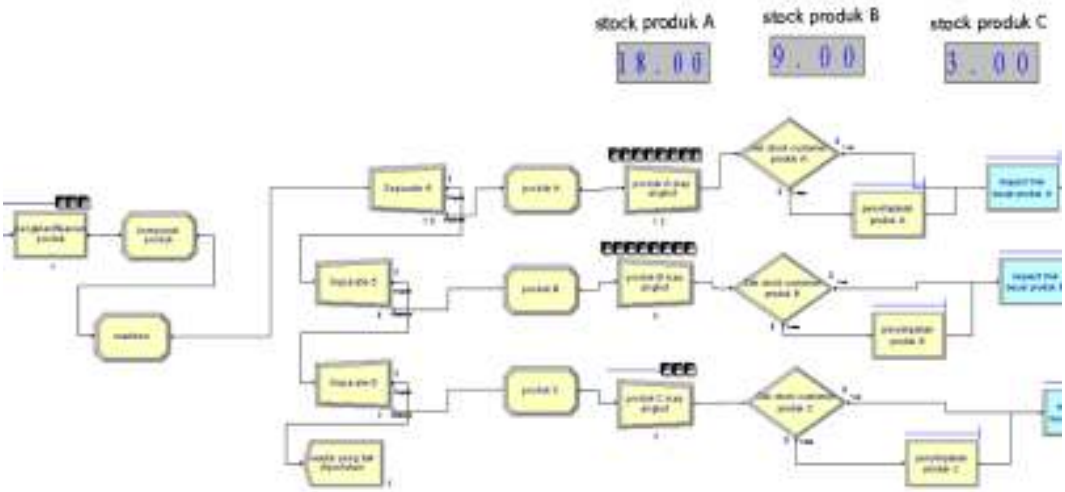
jarak pengiriman produk = 42km

waktu tempuh pengiriman produk = 1,05 jam

Total waktu yang dibutuhkan 1 truk kecil menuju daerah $stockpil$

$$= 1{,}05 + 0{,}05 + 0{,}067 = 1{,}167$$

Berdasarkan hasil perhitungan secara manual proses pengiriman produk dari daerah tambang menuju daerah *stockpile* waktu yang dibutuhkan yaitu sebesar 1,167 jam. Total waktu yang dibutuhkan truk kecil untuk sampai pada daerah *stockpile* pada *running* simulasi yaitu 1,167 jam. Dari hal tersebut dapat disimpulkan bahwa model simulasi proses pengisian truk kecil hingga truk kecil sampai pada daerah tambang yaitu valid. Selain proses tersebut, perlu dilakukan pengecekan validasi model pada proses lainnya sebagai berikut.



Gambar 4. 14 Hasil *Running* Model Simulasi Proses Klasifikasi

Diketahui :

$\text{probabilitas produk ukuran 8cm} + + = 0{,}6 * 11 = 6{,}6 \sim 6$

$\text{probabilitas produk ukuran } 5 - 8\text{cm} = 0{,}3 * 11 = 3{,}33 \sim 3$

$\text{probabilitas produk ukuran } 3 - 5\text{cm} = 0{,}06 * 11 = 0{,}66 \sim 1$

$\text{probabilitas waste} = 0{,}04 * 11 = 0{,}44 \sim 1$

Berdasarkan perhitungan manual, dapat diketahui untuk 1 truk kecil dapat menghasilkan 6 ton batu ukuran 8cm, 3 ton batu ukuran 5-8cm, 1 ton batu ukuran 3-5cm serta 1 ton waste. Hasil perhitungan tersebut kemudian dibandingkan dengan hasil *running* model simulasi dengan kondisi terdapat 3 truk kecil yang telah mengirimkan produk ke daerah *stockpile* sehingga didapatkan jumlah produk ukuran 8cm yaitu 18 ton, produk ukuran 5-8cm yaitu 9 ton, produk ukuran 3-5cm yaitu sebesar 3 ton, sedangkan waste yaitu sebanyak 3 ton. Oleh karena itu, proses klasifikasi produk dapat dikatakan valid karena telah sesuai dengan perhitungan secara manual.

4.8 Pengembangan Skenario

Pada sub bab ini akan dilakukan pengembangan skenario yang bertujuan agar terjadi keseimbangan antar *resource* dengan menerapkan sistem pengolahan tambang kondisi perbaikan yaitu *stockpile* yang berada sejauh 42km dipindahkan pada daerah pertambangan dengan tambahan *resource* yaitu mesin *crusher and*

screener. Dalam melakukan pengembangan skenario penulis melakukan perhitungan jumlah *resource* truk sebagai dasar penentuan jumlah *resource* pada pengembangan masing-masing skenario. Berikut merupakan perhitungan jumlah truk yang dilakukan secara manual.

Diketahui :

proses pengisian mesin = 4menit = 0,067 jam

proses mesin $crusher\ and\ screener$ = 8 menit = 0,13 jam

jumlah *output* mesin pada setiap jenis produk

produk A = 20 x 40% = 8 ton

produk B = 20 x 26% = 5 ton

produk C = 20 x 24% = 4 ton

$cycle\ time$ = 0,2 jam

total waktu yang dibutuhkan untuk memproduksi 30 ton pada setiap produk

$$\text{produk A} = \frac{30}{8}\ x\ 0{,}2 = 0{,}75 \text{ jam}$$

$$\text{produk B} = \frac{30}{5}\ x\ 0{,}2 = 1{,}2 \text{ jam}$$

$$\text{produk C} = \frac{30}{4}\ x\ 0{,}2 = 1{,}5 \text{ jam}$$

waktu yang dibutuhkan oleh truk untuk mengirimkan produk

$$\text{produk A} = \frac{185 \text{ Km}}{40\,\frac{\text{km}}{\text{jam}}} = 4{,}6 \text{ jam}$$

$$\text{produk B} = \frac{85 \text{ Km}}{40\,\frac{\text{km}}{\text{jam}}} = 2{,}12 \text{ jam}$$

$$\text{produk C} = \frac{192 \text{ Km}}{40\,\frac{\text{km}}{\text{jam}}} = 4{,}8 \text{ jam}$$

total waktu yang dibutuhkan agar produk dapat terkirim

produk A = 0,75 + 4,6 = 5,35 jam

produk B = 2,12 + 1,2 = 3,32 jam

produk C = 1,5 + 4,8 = 6,3 jam

jumlah pengiriman yang dapat dilakukan dalam 1 hari

$$\text{produk A} = \frac{8 \text{ jam}}{0{,}75 \text{ jam}} = 10$$

$$\text{produk B} = \frac{8 \text{ jam}}{1{,}2 \text{ jam}} = 6$$

$$\text{produk B} = \frac{8 \text{ jam}}{1{,}5 \text{ jam}} = 5$$

jumlah truk yang dibutuhkan untuk mengirim produk

$$\text{N truk produk} = \frac{\text{jumlah pengiriman yang dapat dilakukan dalam 1 hari}}{\text{total waktu yang tersedia : total waktu pengiriman}}$$

$$\text{N truk produk A} = \frac{10}{8/5{,}35} = 10$$

$$\text{N truk produk B} = \frac{6}{\frac{8}{3{,}32}} = 3$$

$$\text{N truk produk C} = \frac{5}{8/6{,}3} = 5$$

Berdasarkan hasil perhitungan jumlah truk secara manual maka berikut akan dilakukan pembuatan skenario perbaikan agar sistem pengolahan tambang berjalan secara efisien dengan adanya keseimbangan antar tiap *resource.*

Tabel 4. 14 Skenario Sistem Perbaikan

Skenario	Truk besar	Jam kerja (jam)	Kapasitas mesin *crusher and screener*	Waktu proses mesin *crusher and screener*
Skenario 1	20	8	20-30 ton	8-12 menit
Skenario 2	15	8	20-30 ton	8-12 menit
Skenario 3	17	8	20-27 ton	10-12 menit
Skenario 4	15	9	20-27 ton	10-12 menit

4.9 *Running Experiment*

Skenario yang telah dibuat kemudian dilakukan *running experiment* untuk mendapatkan hasil sesuai dengan tujuan dilakukannya penelitian tugas akhir ini. Berikut merupakan *running experiment* kondisi aktual untuk mencari tahu letak ketidak efisienan dari sistem pengolahan tambang kondisi aktual.

Tabel 4. 15 *Output Running Experiment* Kondisi Aktual

Replikasi	*supply* ke perusahan W (ton)	*supply* ke perusahan X (ton)	*supply* ke perusahan Y (ton)	*supply* ke perusahan Z (ton)	Jumlah produk 8cm tersimpan (ton)	Jumlah produk 5-8cm tersimpan (ton)	Jumlah produk 3-5cm tersimpan (ton)
Replikasi 1	7350	1050	4500	720	1321	413	643
Replikasi 2	7710	1410	4800	720	681	161	644
Replikasi 3	8520	1200	4890	900	212	119	471
Replikasi 4	7740	1260	4680	840	769	261	524
Replikasi 5	8250	1320	4380	930	205	548	427
Replikasi 6	8100	1350	4860	840	295	126	521
Replikasi 7	8370	1260	4890	870	206	122	494
Replikasi 8	8310	1350	4890	960	207	120	406
Replikasi 9	7860	1170	4830	870	779	119	496
Replikasi 10	7620	1320	4710	750	922	310	624
Rata-rata	7983	1269	4743	840	559,7	229,9	525

Pada tabel diatas, dapat diketahui jumlah produk yang terkirim ke *customer* ketika melakukan proses pemenuhan *demand* dan produk yang tersimpan setelah *demand* terpenuhi. Selain data pemenuhan *demand* dan jumlah produk yang tersimpan dapat diketahui utilitas dari *resource* truk besar dan truk kecil serta antrian yang terjadi dalam sistem pengolahan tambang kondisi aktual. Berikut merupakan data utilitas *resource* dan antrean dalam sistem pengolahan tambang PT STP.

Tabel 4. 16 Utilitas *Resource* dan Antrean Kondisi Aktual

Replikasi	utilitas truk kecil	utilitas truk besar	*waiting time* proses klasifikasi (*hours)*
Replikasi 1	0,99	0,6	14
Replikasi 2	0,99	0,64	13,28
Replikasi 3	0,99	0,68	13,09
Replikasi 4	0,99	0,63	13,16
Replikasi 5	0,99	0,65	13,96
Replikasi 6	0,99	0,66	13,55
Replikasi 7	0,99	0,68	13,43
Replikasi 8	0,99	0,68	13,7
Replikasi 9	0,99	0,65	13,33
Replikasi 10	0,99	0,63	11,89
Rata-rata	0,99	0,65	13,339

Skenario 1 merupakan skenario yang dilakukan dengan menguji sistem kondisi perbaikan dengan jumlah truk besar yaitu 20, jam kerja sebanyak 8 jam serta kapasitas mesin yaitu 20-30ton serta waktu proses mesin berkisar 8-12 menit. Berikut merupakan hasil dari *running experiment* skenario 1.

Tabel 4. 17 *Output Running Experiment* Skenario 1

Replikasi	*supply* ke perusahan W (ton)	*supply* ke perusahan X (ton)	*supply* ke perusahan Y (ton)	*supply* ke perusahan Z (ton)	Jumlah produk 8cm tersimpan (ton)	Jumlah produk 5-8cm tersimpan (ton)	Jumlah produk 3-5cm tersimpan (ton)	Utilitas Truk
Replikasi 1	7290	1170	4530	810	2032	2347	5809	0,67
Replikasi 2	7740	1410	4830	810	1463	2132	5865	0,72
Replikasi 3	8580	1320	5730	990	595	1165	5614	0,8
Replikasi 4	7740	1350	4680	930	1327	2174	5636	0,71
Replikasi 5	8940	1320	4410	990	530	2532	5629	0,78
Replikasi 6	8130	1380	5100	930	974	1790	5650	0,76
Replikasi 7	8460	1320	5220	960	658	1612	5592	0,78
Replikasi 8	8460	1470	5490	1050	670	1459	5600	0,8

Replikasi	*supply* ke perusahan W (ton)	*supply* ke perusahan X (ton)	*supply* ke perusahan Y (ton)	*supply* ke perusahan Z (ton)	Jumlah produk 8cm tersimpan (ton)	Jumlah produk 5-8cm tersimpan (ton)	Jumlah produk 3-5cm tersimpan (ton)	Utilitas Truk
Replikasi 9	7890	1170	5280	990	1487	1652	5645	0,74
Replikasi 10	7620	1350	4770	840	1440	2069	5685	0,71
Rata-rata	8085	1326	5004	930	1117,6	1893,2	5672,5	0,747

Skenario 2, pada skenario ini dilakukan perubahan pada jumlah *resource* truk besar yang semula sebanyak 20 menjadi 15. Berikut merupakan hasil *running experiment* dengan sebanyak 10 replikasi.

Tabel 4. 18 ***Output Running Experiment Skenario 2***

Replikasi	*supply* ke perusahan W (ton)	*supply* ke perusahan X (ton)	*supply* ke perusahan Y (ton)	*supply* ke perusahan Z (ton)	Jumlah produk 8cm tersimpan (ton)	Jumlah produk 5-8cm tersimpan (ton)	Jumlah produk 3-5cm tersimpan (ton)	Utilitas Truk
Replikasi 1	7770	1740	4530	810	1643	2350	5811	0,98
Replikasi 2	7860	1590	4830	840	1664	2102	5793	0,987
Replikasi 3	7470	1200	5730	990	2024	1160	5607	0,988
Replikasi 4	7890	1440	4710	960	1799	2182	5673	0,989
Replikasi 5	8040	1320	4410	1050	1627	2406	5526	0,989
Replikasi 6	7980	1260	5100	930	1836	1753	5619	0,989
Replikasi 7	7740	1230	5250	1020	1927	1631	5563	0,99
Replikasi 8	7530	1350	5460	1080	2074	1477	5530	0,988
Replikasi 9	7800	1140	5280	960	1997	1621	5653	0,99
Replikasi 10	7890	1560	4770	840	1619	2111	5704	0,988
Rata-rata	7797	1383	5007	948	1821	1879,3	5647,9	0,9878

Skenario 3, pada skenario ini dilakukan perubahan pada jumlah *resource* truk besar yaitu sebanyak 17, spesifikasi mesin *crusher and screener* dirubah dengan kapasitas 20-27ton dengan waktu proses mesin selama 10-12 menit. Berikut merupakan hasil dari *running experiment* skenario 3.

Tabel 4. 19 *Output Running Experiment* Skenario 3

Replikasi	*supply* ke perusahan W (ton)	*supply* ke perusahan X (ton)	*supply* ke perusahan Y (ton)	*supply* ke perusahan Z (ton)	Jumlah produk 8cm tersimpan (ton)	Jumlah produk 5-8cm tersimpan (ton)	Jumlah produk 3-5cm tersimpan (ton)	Utilitas Truk
Replikasi 1	7260	1200	4565	840	1420	1881	5361	0,83
Replikasi 2	8460	1200	5730	1020	937	790	5200	0,89
Replikasi 3	7770	1380	4830	810	743	1632	5387	0,98
Replikasi 4	7650	1410	4740	930	779	1717	5234	0,89
Replikasi 5	8250	1320	4380	1050	891	2085	5125	0,92
Replikasi 6	8160	1350	5070	900	831	1433	5299	0,93
Replikasi 7	8340	1230	5190	960	857	1239	5210	0,95
Replikasi 8	8310	1350	5490	1020	925	965	5240	0,97
Replikasi 9	7800	1260	5250	960	913	1235	5266	0,91
Replikasi 10	7710	1260	4710	840	831	1766	5337	0,88
Rata-rata	7971	1296	4995,5	933	912,7	1474,3	5265,9	0,915

Skenario 4, pada skenario ini akan dilakukan perubahan pada jumlah *resource* truk besar yaitu 15 unit, spesifikasi mesin *crusher and screener* dirubah dengan kapasitas 20-27ton dengan waktu proses mesin selama 11-12 menit, dan jam operasi bertambah menjadi 9 jam pada setiap harinya. Berikut merupakan hasil dari *running experiment* skenario 4.

Tabel 4. 20 *Output Running Experiment* Skenario 4

Replikasi	*supply* ke perusahan W (ton)	*supply* ke perusahan X (ton)	*supply* ke perusahan Y (ton)	*supply* ke perusahan Z (ton)	Jumlah produk 8cm tersimpan (ton)	Jumlah produk 5-8cm tersimpan (ton)	Jumlah produk 3-5cm tersimpan (ton)	Utilitas Truk
Replikasi 1	7740	1590	4530	810	1720	2748	6174	0,9
Replikasi 2	8250	1800	4800	780	1506	2513	6209	0,95
Replikasi 3	8400	1200	5670	990	1848	1570	5932	0,98
Replikasi 4	8100	1830	4680	930	1582	2593	6031	0,95
Replikasi 5	8880	1320	4410	1050	1678	2893	5909	0,98
Replikasi 6	8400	1680	5040	960	1655	2162	5969	0,98
Replikasi 7	8430	1440	5220	990	1789	2063	5972	0,98
Replikasi 8	8370	1389	5490	1050	1878	1784	5941	0,99
Replikasi 9	8220	1800	5250	990	1869	2048	6012	0,99
Replikasi 10	7950	1800	4770	840	1511	2469	6087	0,93
Rata-rata	8274	1584,9	4986	939	1703,6	2284,3	6023,6	0,963

Berdasarkan hasil dari *running experiment* 4 skenario, didapatkan terdapat penumpukan pada penyimpanan produk. oleh karena itu diperlukan perhitungan luas tanah yang diperlukan untuk melalukan penyimpanan produk. bentuk dari penyimpan produk yaitu piramida dengan tinggi tumpukan yaitu 5 meter. Berikut merupakan contoh perhitungan manual luas tanah yang dibutuhkan pada masing-masing produk.

Koefisien Batu kapur = 1,3

Volume piramida = 1/3 x Luas alas x Tinggi

Luas alas = (jumlah produk yang tersimpan (ton) x 3) / 5 meter x 1,3

Luas alasa skenario 1 = (12.853 x 3) / 5 x 1,3 = 5932 m^2

Berikut merupakan rekapitulasi total luas tanah yang diperlukan untuk tempat penyimpanan.

Tabel 4. 21 Luas Lahan Penyimpanan Produk

Skenario	Luas tanah penyimpanan (m^2)
Skenario 1	4008
Skenario 2	4315
Skenario 3	3532
Skenario 4	4621

4.10 Analisis Model Simulasi

Pada sub bab ini akan dilakukan analisis dari model simulasi kondisi perbaikan yang telah dibuat dan dijalankan pada sub bab sebelumnya. Analisis tersebut meliputi *Relevant cost* analisis sensitivitas, dan *what if analysis*. Analisis *Relevant cost* bertujuan untuk mengetahui biaya yang berpengaruh terhadap perubahan sistem pengolahan tambang PT STP. *Relevant cost* yang digunakan merupakan jumlah biaya yang dikeluarkan dalam kurun waktu 10 tahun sesuai dengan umur mesin *crusher and screener*. Analisis sensitivitas bertujuan untuk menganalisis solusi model simulasi yang telah dibuat jika terjadi perubahan parameter *uncontrolable*. Sedangkan *what if analysis* memiliki tujuan untuk menganalisis solusi model simulasi jika terjadi perubahan parameter *controlable*. Analisis sensitivitas dan *what if analysis* dilakukan dengan mengubah parameter dari salah satu skenario model simulasi. Berikut merupakan perhitungan *relevant cost* yang dilakukan pada PT STP.

Diketahui :

Biaya operasional truk kecil 1 bulan = Rp 9.500.000

Biaya operasional truk besar 1 bulan = Rp 17.500.000

Biaya operasional mesin 1 bulan = Rp 2.600.000

Biaya operasional *excavator* 1 bulan = Rp 1.800.000

Biaya operasional *wheel loader* 1 bulan = Rp 1.800.000

Biaya pengadaan mesin spesifikasi menengah = Rp 2.000.000.000

Biaya pengadaan mesin spesifikasi rendah = Rp. 1.400.000.000

Biaya lahan daerah pertambangan per meter persegi = Rp 60.000

Suku bunga bank = 10%

Tabel 4. 22 Perhitungan *Relevant Cost* Pengolahan Tambang

	Biaya Operasional truk kecil	Biaya operasional truk besar	Total biaya operasional mesin *crusher and screener*	Total biaya operasional *excavator / wheel loader*	Biaya pengadaan mesin berdasarkan spesifikasi	Biaya lahan	Total biaya
Kondisi Aktual	Rp 17.100.000.000	Rp 42.000.000.000	-	Rp 648.000.000			Rp 59.748.000.000
Skenario 1	-	Rp 42.000.000.000	Rp 312.000.000	Rp 432.000.000,00	Rp 5.187.484.920	Rp 923.164.816	Rp 48.854.649.737
Skenario 2	-	Rp 31.500.000.000	Rp 312.000.000	Rp 432.000.000,00	Rp 5.187.484.920	Rp 671.450.490	Rp 38.102.935.411
Skenario 3	-	Rp 35.700.000.000	Rp 312.000.000	Rp 432.000.000,00	Rp 3.631.239.444	Rp 549.665.902	Rp 40.624.905.346
Skenario 4	-	Rp 35.460.000.000	Rp 350.400.000	Rp 480.000.000,00	Rp 3.631.239.444	Rp 719.141.034	Rp 40.640.780.479

Setelah melakukan perhitungan *relevant cost* maka skenario perbaikan sistem pengolahan tambang yang memiliki total biaya terendah yaitu skenario 2 dengan total biaya Rp 38.448.335.714 dalam waktu 10 tahun. Sedangkan kondisi aktual biaya yang dikeluarkan yaitu sebesar Rp 59.748.000.000 oleh karena itu dengan menerapkan skenario perbaikan ini maka PT STP dapat melakukan penghematan. Setelah itu dengan menggunakan skenario 2 dilakukan proses analisis sensitivitas dan *what if analysis* untuk melihat solusi model ketika terjadi perubahan parameter.

Tabel 4. 23 Skenario Analisis Model Simulasi

Jenis analisis	Parameter yang dirubah	*value*
Analisis sensitivitas	*demand*	Kenaikan *demand* 10%
	demand	Kenaikan *demand* 20%
	demand	Kenaikan *demand* 30%
What if analysis	truk besar	Truk yang tersedia 10
	Jam kerja	Jam operasi dibatasi 5 jam dalam 1 minggu

Berikut merupakan hasil analisis sensitivitas model simulasi dengan kenaikan *demand* sebesar 10% untuk semua *customer*.

Tabel 4. 24 *Output* Analisis Sensitivitas Kenaikan *Demand* 10%

parameter	*Value* (ton)	Jumlah *demand*	status
Supply ke *customer* W	8302	8481	Tidak terpenuhi
Supply ke *customer* X	1350	1320	Terpenuhi
Supply ke *customer* Y	5493	5390	Terpenuhi
Supply ke *customer* Z	986	880	Terpenuhi
Jumlah produk 8cm tersimpan	897		
Jumlah produk 5-8cm tersimpan	983		
Jumlah produk 3-5cm tersimpan	5204		

Berikut merupakan hasil analisis sensitivitas model simulasi dengan kenaikan *demand* sebesar 20% untuk semua *customer*.

Tabel 4. 25 *Output* Analisis Sensitivitas Kenaikan *Demand* 20%

parameter	*Value* (ton)	Jumlah *demand*	status
Supply ke *customer* W	8062	9252	Tidak terpenuhi
Supply ke *customer* X	1470	1440	Terpenuhi
Supply ke *customer* Y	6007	5880	Terpenuhi
Supply ke *customer* Z	1091	960	Terpenuhi
Jumlah produk 8cm tersimpan	986		
Jumlah produk 5-8cm tersimpan	457		
Jumlah produk 3-5cm tersimpan	5108		

Berikut merupakan hasil analisis sensitivitas model simulasi dengan kenaikan *demand* sebesar 30% untuk semua *customer*.

Tabel 4. 26 *Output* Analisis Sensitivitas Kenaikan *Demand* 30%

parameter	*Value* (ton)	Jumlah *demand*	status
Supply ke *customer* W	8077	10023	Tidak terpenuhi
Supply ke *customer* X	1590	1560	Terpenuhi
Supply ke *customer* Y	6390	6370	Terpenuhi
Supply ke *customer* Z	1170	1040	Terpenuhi
Jumlah produk 8cm tersimpan	580		

parameter	*Value* (ton)	Jumlah *demand*	status
Jumlah produk 5-8cm tersimpan	194		
Jumlah produk 3-5cm tersimpan	5067		

Berdasarkan hasil analisis sensitivitas tersebut dapat diketahui dari 3 skenario kenaikan *demand* terdapat kondisi *demand* dari *customer* W atau PT OMYA tidak dapat terpenuhi. Pada kondisi kenaikan *demand* 10% dapat diketahui jumlah *stock* produk ukuran 8cm yang tersimpan sejumlah 897 dan jumlah *demand* yang tidak terpenuhi sejumlah 179 ton oleh karena itu pada kondisi kenaikan 10% penerapan sistem pengolahan tambang yang baru memerlukan 1 tambahan alat transportasi truk besar agar dapat memenuhi seluruh *demand* saat terjadi kenaikan 10%. Sedangkan untuk kenaikan *demand* 20% dan 30% dapat dilihat jumlah *stock* produk ukuran 8cm yaitu 986 dan 580 sedangkan *demand* yang tidak terpenuhi yaitu 1190 dan1946 sehingga pada kondisi seperti ini diperlukan menaikkan waktu operasional agar dapat memenuhi *demand* dari seluruh *customer*.

Berikutnya akan dilakukan *what if analysis* sesuai dengan skenario yang telah dibuat. Dimana pada analisis ini, parameter yang dirubah yaitu jumlah truk yang tersedia, jam operasional yang dibataasi. Perubahan parameter dilakukan dengan landasan kondisi yang pernah terjadi pada pihak objek amatan. Berikut merupakan hasil perhitungan *what if analysis* dengan kondisi jam kerja dibatasi 5 jam.

Tabel 4. 27 *Output What If Analysis* Waktu Operasional 5 Jam

jenis produk	Jumlah yang dihasilkan kondisi normal	Jumlah yang dihasilkan kondisi khusus	Persentase penurunan
Ukuran 8cm	1700	1033	41%
Ukuran 5-8cm	1129	679	41%
Ukuran 3-5cm	1066	674	41%

Selain terjadi perubahan jam operasional kerja, pihak objek amatan juga mengalami terjadinya perubahan pada jumlah truk besar yang tersedia yaitu hanya 10 unit. Berikut merupakan hasil *what if analysis* ketika terjadi kondisi tersebut.

Tabel 4. 28 *Output What If Analysis* Truk Besar yang Tersedia 10 Unit

Supply ke *customer*	Jumlah produk yang terkirim kondisi normal	Jumlah produk yang terkirim kondisi khusus	Persentase penurunan
Customer W	540	60	89%
Customer X	360	180	50%
Customer Y	930	480	49%
Customer Z	900	870	4%

Pada *what if analysis* didapatkan dampak kinerja sistem ketika dilakukan perubahan parameter. Pada kondisi waktu operasional yang tersedia adalah 5 jam dalam waktu 1 minggu karena terjadi permasalahan pada listrik daerah pertambangan, dampak yang diberikan adalah penurunan jumlah produk yang dihasilkan. Berdasarkan tabel 4.25 dapat diketahui penurunan produk yang dihasilkan disaat jam operasional kerja dibatasin 5 jam saat terjadi permasalahan yang serupa adalah 41% untuk semua jenis produk. Sedangkan pada kondisi ketersediaan alat transportasi truk besar menurun, maka terjadi perubahan pada jumlah produk yang dapat dikirimkan. Dalam tabel 4.26 diketahui hasil *running* skenario dengan kondisi jumlah truk yang tersedia adalah 10 unit dalam waktu 1 minggu maka terjadi penurunan jumlah produk yang terkirim ke *customer*. Pengiriman pada *customer* W atau PT OMYA terjadi penurunan sebesar 89% hal tersebut terjadi karena *customer* W dan *customer* X merupakan jenis produk yang sama sehingga dalam proses pengiriman produk memiliki probabilitas 50% dalam memilih *customer* untuk mengirim produk. Sedangkan pada *customer* Z atau PT LCR penurunan jumlah produk yang terkirim adalah 4%. Sehingga ketika terjadi kondisi seperti skenario *what if analysis* maka pihak perusahaan dapat melakukan penambahan jam kerja ketika kondisi sudah normal kembali.

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB V
INTERPRETASI DAN ANALISIS

Pada bab ini akan diberikan penjelasan terkait interpretasi dari hasil pengerjan tugas akhir yang telah dilakukan pada bab sebelumnya.

5.1 Analisis Kondisi Aktual

Pada kondisi aktual, proses pengolahan tambang terdiri dari beberapa aktivitas. Pertama, pada daerah pertambangan batuan hasil penambangan dimasukan kedalam truk ukuran kecil dengan kapasitas 11 ton. Proses pengisian truk kecil dilakukan dengan menggunakan alat bantuan *excavator*. Setelah truk dengan kapasitas 11 ton terisi penuh maka, produk siap dikirim menuju daerah *stockpile* yang memiliki jarak sejauh 42 km. Jalur yang dilintasi dari daerah pertambangan menuju daerah *stockpile* merupakan jalur pemukiman warga sehingga hanya truk dengan ukuran kapasitas 11 ton yang diperbolehkan melintasi jalur tersebut. Kedua, setelah truk kecil dengan kapasitas 11 ton sampai pada daerah *stockpile* kemudian batu kapur dibongkar untuk dilakukan proses klasifikasi produk yang dilakukan dengan menggunakan *excavator*. Proses klasifikasi produk bertujuan untuk mengkategorikan baru sesuai dengan ukuran yaitu 3-5cm, 5-8cm dan ukuran 8cm++. Batu kapur dikategorikan karena permintaan dari pihak *customer* hanya meminta produk dengan ukuran tertentu yang telah disesuaikan dengan kemampuan produksi *customer*. Pada proses klasifikasi produk, muatan dengan 11 ton akan menghasilkan batu kapur dengan probabilitas yang berbeda pada setiap ukuran kategori. Untuk ukuran 3-5cm probabilitas yang didapatkan yaitu sebesar 6%-8%, untuk batu ukuran 5-8cm memiliki probabilitas sebesar 30%-35% sedangkan batu kapur dengan ukuran 8cm++ memiliki probabilitas sebesar 60%-70%. Ketiga, setelah batu kapur terklasifikasi berdasarkan ukuran kategori kemudian dilakukan pengisian batu kapur kedalam truk dengan kapasitas 30 ton untuk dikirimkan menuju *customer*. Setiap *customer* memiliki permintaan yang spesifik terkait ukuran batu kapur yaitu PT OMYA dan PT aplus merupakan *customer* batu ukuran 8cm++ sedangkan PT Finesco merupakan *customer* dengan

ukuran batu kapur 5-8cm, untuk PT LCR merupakan *customer* dengan ukuran batu kapur 3-5cm. Proses pengisian batu kapur kedalam truk dengan kapasitas ukuran 30 ton dilakukan dengan menggunakan bantuan alat berat *excavator*. Setelah truk terisi penuh kapasitas 30 ton maka batu kapur akan segera diberangkatkan menuju *customer*.

Pada kondisi aktual, proses pengolahan tambang berjalan secara kurang efektif dan efisien. Hal tersebut terjadi dikarenakan oleh beberapa faktor. Pertama, pada daerah pertambangan jalur yang digunakan untuk akses keluar tambang yaitu jalur pemukiman warga sehingga hanya truk dengan kapasitas 11 ton yang diperbolehkan melintasi jalur tersebut. Sehingga dibutuhkan *double handling* untuk melakukan pengiriman produk yang dapat menyebabkan kenaikan pada biaya transportasi. Kedua, hal yang menyebabkan proses pengolahan tambang PT STP kondisi aktual berjalan secara kurang efektif dan efisien yaitu terdapat penurukan kualitas produk yang merupakan dampak dari adanya *double handling*. Hal tersebut dapat terjadi karena proses batu kapur yang dibawa dari daerah tambang belum terklasifikasi berdasarkan ukuran kategori sehingga ketika dilakukan *loading* dan *unloading* pada daerah *stockpile* dapat menyebabkan batuan tersebut terjadi penurunan kualitas. Ketiga, terdapat adanya *bottleneck* dimana hal tersebut dapat terjadi karena batu kapur yang dikirim dari daerah tambang memiliki muatan 11 ton yang notabene belum diklasifikasikan dan memiliki probabilitas tertentu pada masing-masing ukuran kategori sehingga diperlukan menunggu 3-5 truk kecil untuk dapat mengisi truk besar kapasitas 30 ton secara penuh. Oleh karena itu, diperlukan perbaikan pada proses pengolahan tambang PT STP. Perbaikan sistem pengolahan tambang dilakukan dengan cara *benchmarking* dengan salah satu perusahaan yang bergerak pada bidang yang sama. Pada sistem perbaikan, proses pengolahan tambang dilakukan dengan memindahkan *stockpile* yang berjarak 42 Km ke daerah pertambangan serta melakukan penambahan fasilitas *resource* mesin *crusher and screener* agar proses pengklasifikasian produk berjalan lebih efektif dan efisien. pemindahan lokasi *stockpile* tersebut berpengaruh pada jarak pengiriman menuju *customer* serta jalur yang dilewati merupakan jalur perhutani sehingga truk dengan kapasitas 30 ton dapat melintasi jalur tersebut.

5.2 Analisis Model Simulasi Kondisi Aktual

Model simulasi kondisi aktual merupakan model dari sistem pengolahan tambang PT STP yang dimulai dari proses pengisian truk kecil hingga proses pengiriman produk menuju *customer*. sebelum membuat model simulasi diperlukan pembuatan model konseptual berdasarkan kondisi aktual sistem pengolahan tambang yang kemudian dilakukan validasi dengan salah satu pihak objek amatan yang *expert* pada bidang tersebut. kemudian dilakukan pembuatan model simulasi dengan data yang didapatkan melalui proses wawancara dengan salah satu pihak objek amatan yang ahli pada bidangnya masing-masing sehingga data yang didapatkan merupakan data yang sesusai dengan kondisi aktual sistem pengolahan tambang. Setelah terbentuk model simulasi kemudian dilakukan perhitungan jumlah replikasi dengan menggunakan rumus *half width*. Perhitungan jumlah replikasi diperlukan karena hasil dari model simulasi bersifat *uncertainty* sehingga diperlukan replikasi agar hasil dari model simulasi merupakan representatif dari sistem kondisi aktualnya. Pada bab 4 jumlah replikasi yang diperlukan yaitu sebanyak 8 kali replikasi namun penulis melakukan replikasi sebanyak 10 kali agar hasil dari *running* model simulasi lebih representatif dari sistem aktual. Kemudian model simulasi dilakukan proses verifikasi yang dilakukan dengan menggunakan fitur yang terdapat pada *software* arena yaitu dengan menekan tombol F4 untuk mengetahui logika dari model simulasi yang telah dibuat tidak terdapat *error*. Selain itu, proses verifikasi dilakukan dengan mengecek secara manual terkait jalannya model simulasi pada masing-masing modul sudang berjalan secara logika pembuatan model atau tidak. Setelah model simulasi terverifikasi kemudian dilakukan validasi model simulai. Validasi tersebut dilakukan dengan cara melakukan perbandingan hitungan manual dan proses jalannya model simulasi. Pada bab 4 penulis melakukan perhitungan manual total waktu yang dibutuhkan truk kecil untuk sampai pada daerah *stockpile* yaitu sebesar 1,667 jam dan pada *running* model simulasi waktu yang dibutuhkan oleh truk kecil sampai pada daerah *stockpile* yaitu 1,667. Selain itu proses validasi dilakukan pengecekan pada proses klasifikasi dimana dilakukan perhitungan manual jumlah *output* dari proses klasifikasi dengan hasil 6 ton pada batu ukuran 8cm++, 3 ton pada batu ukuran 5-8cm dan 1 ton untuk batu ukuran 3-5cm. Pada *running* model menunjukkan hasil

yang sama sehingga model simulasi dapat dikatakan valid. Setelah model sudah terverifikasi dan valid makan dapat dilakukan *running* model simulasi dengan jumlah 10 replikasi.

Setelah dilakukan *running simulasi* pada kondisi aktual dapat diketahui letak dari ketidak efisenan pada kondisi aktual. Hal tersebut dapat dilihat dari *report* model simulasi yang menunjukkan utilitas dari truk kecil yaitu sebesar 1 sedangkan untuk utilitas truk besar memiliki rata-rata sebesar 0,65 hal tersebut terjadi karena tidak seimbangan pada sistem yaitu truk besar harus menunggu 3-5 truk kecil agar dapat melakukan pengiriman ke *customer*. Selain itu, pada *report* hasil simulasi dapat diketahui waktu tunggu pada proses klasifikasi produk yaitu sebesar 13,339 jam artinya dalam waktu 1 bulan telah terjadi antrean pada proses klasifikasi dengan total waktu 13,399 jam. Hal tersebut terjadi karena proses klasifikasi produk dilakukan dengan menggunakan alat berat *excavator* yang memiliki kapasitas kecil sehingga proses klasifikasi produk membutuhkan waktu yang lama.

5.3 Analisis Skenario Perbaikan

Skenario perbaikan dilakukan dengan cara mengubah parameter dari sistem pengolahan tambang kondisi perbaikan dengan tujuan untuk mencari skenario terbaik dilihat dari keseimbangan antar *resource,* jumlah *demand* yang terpenuhi dan utilitas dari *resource*. Skenario yang dibuat merupakan kombinasi dari jumlah truk besar, spesifikasi mesin *crusher and screener* dan jam operasional kerja hingga mendapatkan hasil yang optimal. Terdapat 4 skenario dari sistem pengolahan tambang yaitu pada skenario 1, jam kerja yang ditetapkan yaitu 8 jam dengan jumlah truk besar yang beroperasi adalah 20 unit serta spesifikasi mesin yaitu menengah dengan kemampuan kapasitas maksimum yaitu 30 ton dengan waktu proses yaitu 8 hingga 12 menit. Skenario 2, jam kerja yang ditetapkan yaitu 8 jam dengan jumlah truk besar yang beroperasi adalah 15 unit serta spesifikasi mesin yaitu menengah dengan kemampuan kapasitas maksimum yaitu 30 ton dengan waktu proses yaitu 8 hingga 12 menit. Skenario 3, jam kerja yang ditetapkan yaitu 8 jam dengan jumlah truk besar yang beroperasi adalah 17 unit serta spesifikasi mesin yaitu terendah dengan kemampuan kapasitas maksimum yaitu 27 ton dengan waktu proses yaitu 10 hingga 12 menit. Skenario 4, jam kerja yang ditetapkan yaitu

9 jam dengan jumlah truk besar yang beroperasi adalah 15 unit serta spesifikasi mesin yaitu terendah dengan kemampuan kapasitas maksimum yaitu 27 ton dengan waktu proses yaitu 10 hingga 12 menit. Pada penelitihan ini tidak dilakukan perubahan jumlah *resource* lain seperti halnya jumlah mesin *crusher and screener,* jumlah *wheel loader* dan jumlah *excavator* karena dengan menggunakan sejumlah 1 unit pada masing-masing *resource demand* dapat terpenuhi dan menghasilkan produk yang tersimpan cukup banyak. Setiap skenario akan dilakukan replikasi sebanyak 10 kali. Pemilihan skenario dilakukan dengan ukuran performansi yaitu keseimbangan antar *resource* yaitu dilihat dari ada atau tidaknya antrean dalam sistem, *utilitas resource* sebagai tolok ukur kinerja dari *resource* berjalan secara optimal dengan memanfaatkan waktu yang tersedia, jumlah *demand* yang terpenuhi dengan kondisi belum terjadi perubahan *demand* pada *customer* PT STP. Jumlah produk yang tersimpan yang dapat digunakan sebagai parameter kemampuan pemenuhan *demand* saat terjadi kondisi khusus. Dari pihak objek amatan dalam proses penentuan sistem pengolahan tambang kondisi perbaikan, aspek yang diutamakan adalah *demand* dari *customer* dapat terpenuhi, sistem dapat menghasilkan produk yang dapat disimpan serta dapat terjadi penurunan biaya yang dikeluarkan dalam melakukan pemenuhan *demand*. Parameter jumlah produk yang tersimpan dapat digunakan sebagai acuan dalam mencari *demand* baru pada beberapa produk yang memiliki *output* produksi yang cukup tinggi karena pada kondisi aktual *demand* yang ada pada produk tersebut rendah yaitu pada produk ukuran 3-5cm dengan *demand* 800 ton sedangkan ketika melakukan penerapan sistem perbaikan produk yang dapat disimpan dari 4 skenario yaitu lebih dari 5000 ton. Hal tersebut dapat digunakan oleh PT STP sebagai adanya potensi pasar baru terhadap produk ukuran 3-5cm. Pada 4 skenario perbaikan dapat diketahui jumlah produk yang tersimpan pada masing-masing jenis produk. Oleh sebab itu diperlukan perhitungan luas lahan yang diperlukan untuk melakukan penyimpanan. Perhitungan dilakukan dengan menggunakan rumus *volume* piramida karena proses penyimpanan produk dilakukan dengan menumpuk batuan kapur hingga berbentuk seperti piramida dengan tinggi yaitu 5 meter dan koefisien batu kapur sebesar 1,3. Dari hal tersebut dapat diketahui jumlah luas lahan yang dibutuhkan untuk melakukan penyimpanan. Pada skenario 1 luas lahan yang dibutuhkan yaitu

4008m^2, luas lahan yang dibutuhkan pada skenario 2 yaitu sebesar 4315m^2, pada skenario 3 luas lahan yang dibutuhkan yaitu 3532m^2 dan pada skenario 4 luas lahan yang dibutuhkan yaitu 4621m^2. Pada skenario 1 dan 2 dengan perbedaan jumlah *resource* truk besar yaitu 5 unit maka terjadi perbedaan luas lahan sebesar 307m^2 karena terjadinya perbedaan pada intensitas pengiriman produk. Sedangkan, pada skenario 2 dan 3 perbedaan luas lahan terjadi secara signifikan karena pada skenario ke-3 terjadi perubahan spesifikasi mesin *crusher and screener* yang secara langsung dapat mempengaruhi jumlah produk yang hasilkan.

Setelah melakukan *running experiment* dari 4 skenario berikut dilakukan analisisn menggunakan *relevant cost* untuk mencari tahu dampak perubahan sistem dari segi keuangan yang dikeluarkan oleh objek amatan. *Relevant cost* yang terdapat pada perubahan skenario meliputi, biaya operasional truk kecil, biaya operasional truk besar, biaya operasional mesin *crusher and screener*, biaya operasional *excavator,* biaya operasional *wheel loader*, biaya lahan penyimpanan produk. seluruh informasi biaya didapatkan melalui wawancara dengan salah satu pihak objek amatan yang *expert* pada bidang tersebut. proses perhitungan *relevant cost* dilakukan dengan menarik seluruh biaya pada *future value* selama 10 tahun. Hal tersebut dilakukan karena mesin *crusher and screener* dapat melakukan performansi secara normal hingga 10 tahun dan lebih dari itu maka efisiensi dari mesin akan menurun. Pada herhitungan *relevant cost* dari masing-masing skenario dapat diketahui perbedaan jumlah biaya yang akan dikeluarkan dalam kurun waktu 10 tahun. Pada kondisi aktual dengan biaya yang dikeluarkan yaitu sebesar Rp 59.748.000.000. Pada skenario 1 dengan menerapkan sistem pengolahan tambang kondisi perbaikan jumlah biaya yang dikeluarkan yaitu sebesar Rp 48.555.228.107. pada skenario 2 total biaya yang dikeluarkan yaitu sebesar Rp 38.102.935.411. Pada skenario ke 3 total biaya yang dikeluarkan yaitu sebesar Rp 40.624.905.346 sedangkan, pada skenario ke 4 total biaya yang dikeluarkan yaitu sebesar Rp 40.640.780.479. perbedaan biaya secara signifikan dapat dilihat dari jumlah *resource* alat transportasi yang digunakan pada sistem. Dapat dilihat pada skenario 1 dan 2 dimana terdapat perbedaan jumlah *resource* truk besar sebanyak 5 unit mempengaruhi jumlah biaya yang cukup signifikan.

5.4 Analisis Skenario Terpilih

Berdasarkan tujuan dari penelitian yaitu perancanaan sumber daya maka hal yang harus diperhatikan dalam melakukan pemilihan sistem perbaikan yaitu keseimbangan antar setiap *resource*. Maka, hal yang diperhatikan dalam menentukan *resource* serta jumlah yang tepat yaitu melihat dari keseimbangan antar setiap proses agar tidak terjadi penurunan utilitas *resource* atau *bottle neck* pada salah satu proses. Keputusan penerapan sistem perbaikan merupakan keputusan yang bersifat strategi karena terdapat perubahan sistem secara luas. Perubahan peneran sistem pengolahan tambang dari PT STP ini akan berimbas pada beberapa proses bisnis lainnya seperti halnya penyediaan jasa transportasi. Hal tersebut terjadi karena dengan melakukan penerapan sistem pengolahan tambang yang baru PT STP akan memindahkan lokasi *stockpile* dengan membuat sebuah *resource* baru yang dapat menyebabkan *resource* lain harus dialokasikan untuk proses bisnis yang lain agar PT STP masih dapat memanfaatkan *resource* yang sudah ada. Oleh karena itu, proses pemilihan skenario dapat dilakukan dengan melihat dari segi biaya yang akan dikeluarkan nantinya. Berdasarkan hasil *running experiment* serta analisis *relevant cost* maka skenario yang terpilih yaitu skenario 2 dengan jumlah *resource* truk besar sebanyak 15 unit, jumlah mesin *crusher and screener* sebanyak 1 unit, jumlah *wheel loader* sebanyak 1 unit serta jam kerja yang diterapkan yaitu selama 8 jam. Namun, diperlukan analisis lain agar PT STP dapat mencari solusi yang tepat ketika terjadi permasalahan diluar sistem yang telah dibuat. Maka, dilakukan analisis sensitivitas dan *what if analysis* dengan tujuan untuk menganalisis model ketika terjadi perubahan parameter baik *controllable* atau *uncontrollable*.

Analisis sensitivitas dan *what if analysis* dilakukan dengan menguji pada skenario terpilih dengan mengubah parameter berdasarkan pengalaman yang terjadi pada kondisi aktual. Pada analisis sensitivitas parameter yang dirubah adalah *demand*. Dimana pada kondisi aktual ada kemungkinan terjadi kenaikan *demand* yaitu sebesar 10% hingga 30% oleh karena itu diperlukan uji terkait dampak pada solusi model ketika terjadi hal tersebut. pada kenaikan *demand* 10%, 20% dan 30% dapat diketahui jumlah *demand* pada *customer* W atau PT OMYA tidak dapat terpenuhi. Namun, pada kenaikan *demand* 10% jumlah *demand* yang tidak pernuhi

sebesar 179 ton sedangkan, pada tempat penyimpanan produk A atau batu ukuran 8cm terdapat sejumlah 897 ton produk yang tersimpan. Maka, untuk memenuhi *demand* pada kondisi tersebut PT STP dapat melakukan penyewaan 1 unit truk besar agar *demand* dapat terpenuhi. Sedangkan, pada kenaikan *demand* 20% dan 30% pemenuhan *demand* dapat dilakukan dengan cara menaikan jam operasional selama 1 jam hingga 2 jam agar *demand* dapat terpenuhi. Pada *what if analysis* skenario yang terjadi yaitu adanya penurunan ketersediaan truk besar hanya 10 unit dan juga kondisi jam operasional kerja hanya tersedia 5 jam. Pada kondisi ketersediaan truk hanya 10 unit maka pengaruh terhadap solusi model yaitu terjadi penurunan pada jumlah produk yang terkirim. Sedangkan, pada kondisi keterbatasan jam kerja pengaruh yang terjadi pada solusi model yaitu jumlah produk yang dihasilkan pada masing-masing jenis produk menurun hingga 41%. Oleh karena itu ketika terjadi kondisi seperti skenario *what if analysis* maka solusi yang dapat dilakukan yaitu melakukan penambahan jam kerja saat kondisi normal kembali.

BAB VI
KESIMPULAN DAN SARAN

Pada bab ini akan diberikan kesimpulan dan saran yang didapatkan dari hasil pengerjaan tugas akhir yang disesuaikan berdasarkan tujuan dilakukannya penelitian tugas akhir ini dan saran yang diberikan untuk perusahaan ataupun penelitian selanjutnya.

6.1 Kesimpulan

Kesimpulan dari penelitian tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

1. Sumber ketidak efisienan dari sistem pengolahan tambang kondisi eksisting yaitu adanya *bottleneck* pada proses klasifikasi produk dimana pada hasil *running* model simulasi waktu antrean yang terjadi yaitu selama 13,399 jam. Pada proses klasifikasi produk yang dilakukan pada daerah *stockpile* produk yang dibawa dari daerah pertambangan dapat menghasilkan *waste* sebanyak 1 ton hingga 2 ton. Selain itu ketidak efisienan dapat dilihat dari utilitas *resource* yang berbeda antara truk kecil dan truk besar. Pada truk kecil utilitas *resource* sebesar 0,99 sedangkan, pada truk besar hanya 0,65 hal tersebut terjadi karena 1 truk besar harus menunggu 3 hingga 5 truk kecil agar dapat melakukan pengiriman produk. Hal tersebut menyebabkan truk besar tidak dapat menjalankan jam operasional yang tersedia secara optimal.
2. Berdasarkan hasil *running* skenario didapatkan jumlah *resource* yang tepat dalam proses pengolahan tambang yaitu jumlah truk besar sebanyak 15 unit, *excavator* sebanyak 1 unit, *wheel loader* sebanyak 1 unit dan mesin *crusher and screener* dengan spesifikasi kapasitas mesin 20ton-30ton dengan waktu proses mesin selama 8-12 menit sebanyak 1 unit, dan luas lahan penyimpanan seluas 4315 m^2. Berdasarkan hasil perhitungan *relevant cost* dengan *future value* selama 10 tahun dengan melihat tingkat bunga pada bank yaitu

sebesar 10% total biaya yang dikeluarkan untuk kondisi aktual yaitu sebesar Rp 59.748.000.000 sedangkan pada skenario terpilih biaya yang dikeluarkan sebesar Rp 38.102.935.411 dengan selisih biaya sebesar Rp 21.645.064.589.

3. Perubahan solusi model yang terjadi ketika terdapat kondisi pada skenario analisis sensitivitas yaitu *demand* PT OMYA tidak dapat terpenuhi, namun pada kenaikan *demand* 10% permasalahan tersebut dapat diselesaikan dengan menyewa 1 unit truk. Sedangkan, pada kenaikan *demand* sebesar 20% dan 30% maka diperlukan menaikkan jumlah jam operasional kerja agar *demand* dapat terpenuhi. Pada skenario *what if analysis* pengaruh terjadinya ketersediaan truk hanya 10 unit yaitu pada total produk yang terkirim berkurang secara signifikan. Sedangkan, pada skenario keterbatasan jam kerja yaitu 5 jam akan berpengaru pada penurunan jumlah produk yaitu sebesar 41%. Oleh karena itu, ketika terjadi kondisi khusus seperti pada skenario *what if analysis* hal yang dapat dilakukan yaitu dengan menambahkan jam operasional ketika kondisi sudah normal kembali.

6.2 Saran

Saran yang dapat diberikan untuk pihak objek amatan yaitu sebagai berikut:

1. Pihak objek amatan dapat menerapkan sistem pengolaham tambang kondisi perbaikan dengan memindahkan *stockpile* yang semula berjarak 42 Km berada pada daerah tambang dengan jumlah *resource* sesuai dengan kesimpulan yang telah diberikan.
2. diperlukan adanya rekapitulasi data yang lebih lengkap agar memiliki data yang akurat untuk keperluan perbaikan sistem ataupun evaluasi dari sistem yang telah diterapkan.

Halaman ini sengaja dikosongkan

DAFTAR PUSTAKA

Achlaq, M. M. (2011). Manajemen Transportasi dan Distribusi.

Garinas, W. (2019). *KARAKTERISTIK BATU KAPUR DALAM NEGERI UNTUK BAHAN BAKU PENDUKUNG PENGOLAHAN BESI*.

Harry Sudjono, S. N. (2011). PENERAPAN SUPPLY CHAIN MANAGEMENT PADA PROSES MANAJEMEN DISTRIBUSI DAN TRANSPORTASI UNTUK MEMINIMASI WAKTU DAN BIAYA PENGIRIMAN. *Jurnal POROS TEKNIK*, 26-33.

Indah Fitria, N. S. (2017). PENGEMBANGAN SISTEM PENUNJANG KEPUTUSAN DALAM MENENTUKAN PROGRAM INSEMINASI BUATAN HEWAN TERNAK MENGGUNAKAN METODE WHAT-IF ANALYSIS. *Jurnal Informatikan Polinema*.

Kosake, K. (1995). CIMOSA : Overview and Status. *Computers in Industri*, Vol. 27. page 101-109.

Kosake, K. a. (1990). CIMOSA : architecture for enterprise integration. *ESPRIT AMICE*, Vol. 3, No. 1, February 1990.

Morlok, E. K. (1991). *Pengantar Teknik dan Perencanaan Transportasi.* Jakarta: Penerbit Erlangga.

Nesselrodt, A. (2015). Mill Study on Improving Lime Kiln Efficiency. *TAPPI JOURNAL*, 133-139.

Nukman. (2005). *Analisis Manajemen dan Komunikasi Risiko Kesehatan Pertambangan Kapur*.

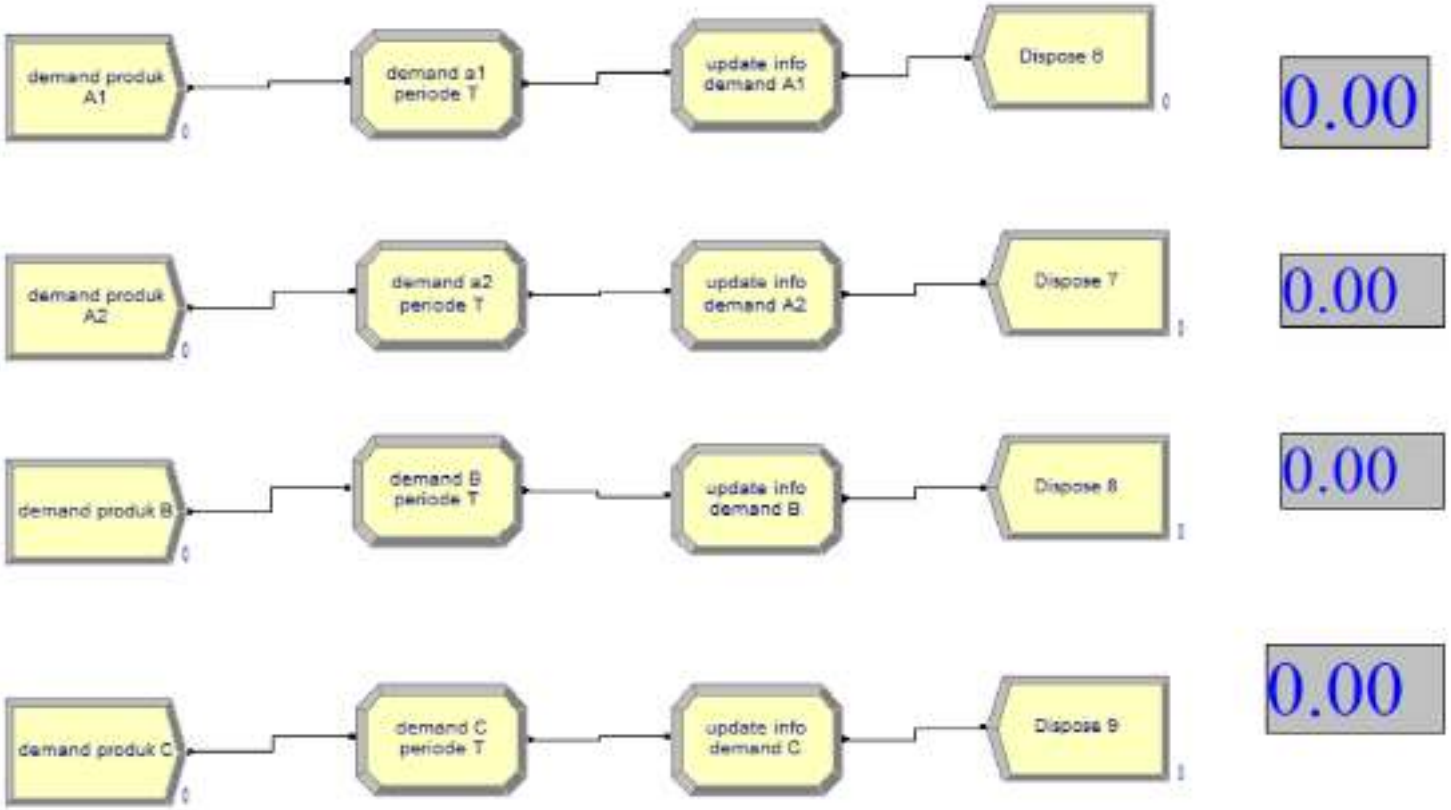
Randa S. P., R. H. (2011). Kajian Teknik dan Nilai Ekonomi Pengolahan Batu Kapur Pada Pertambangan Batu Kapur Rakyat Bukit Tui, Padang. *Jurnal Bina Tambang*, 99-111.

Ronald H, B. (2004). *Business Logistics/ Supply Chain Management.* Prentice Hall.

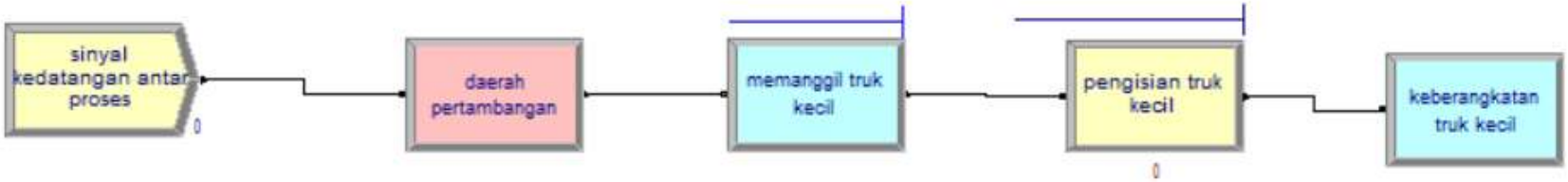
Subarkah, D. (2006). *Pengoprasian Mesin Pemecah Batu.* Jakarta.

T, P., & Kartika, N. (2014). ANALISIS KELAYAKAN FINANSIAL PENGEMBANGAN USAHA PRODUKSI KOMODITAS LOKAL . *AGRITECH vol. 34*, No.2.

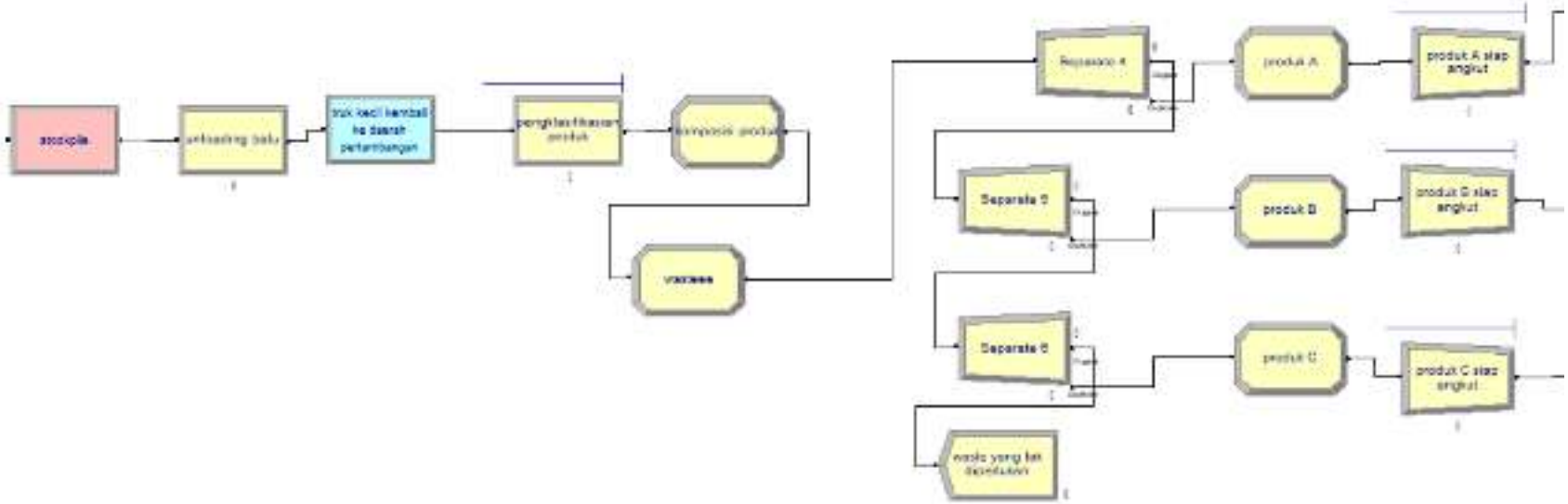
LAMPIRAN



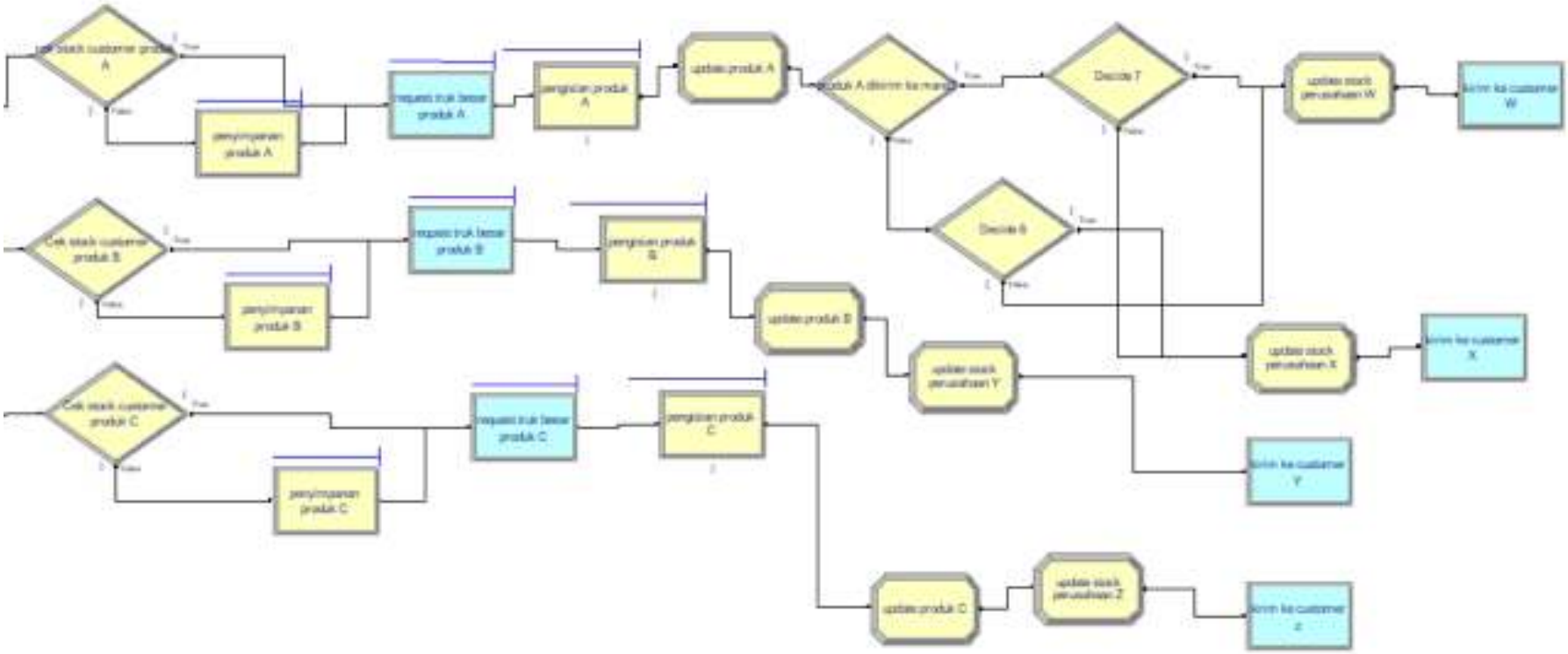
Gambar Ilustrasi *Sub Model* Kedatangan *Demand*



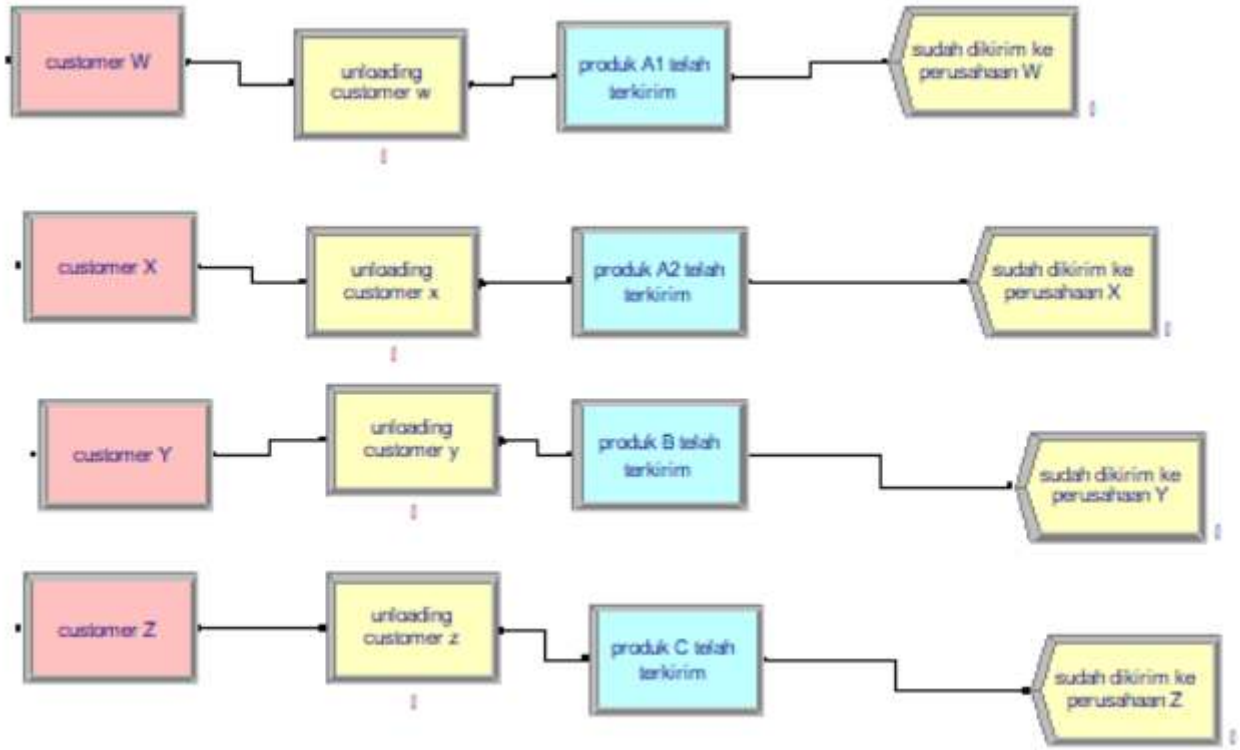
Gambar Ilustrasi *Sub Model* Proses Pengisian Batu Kapur Daerah Tambang Kondisi Aktual



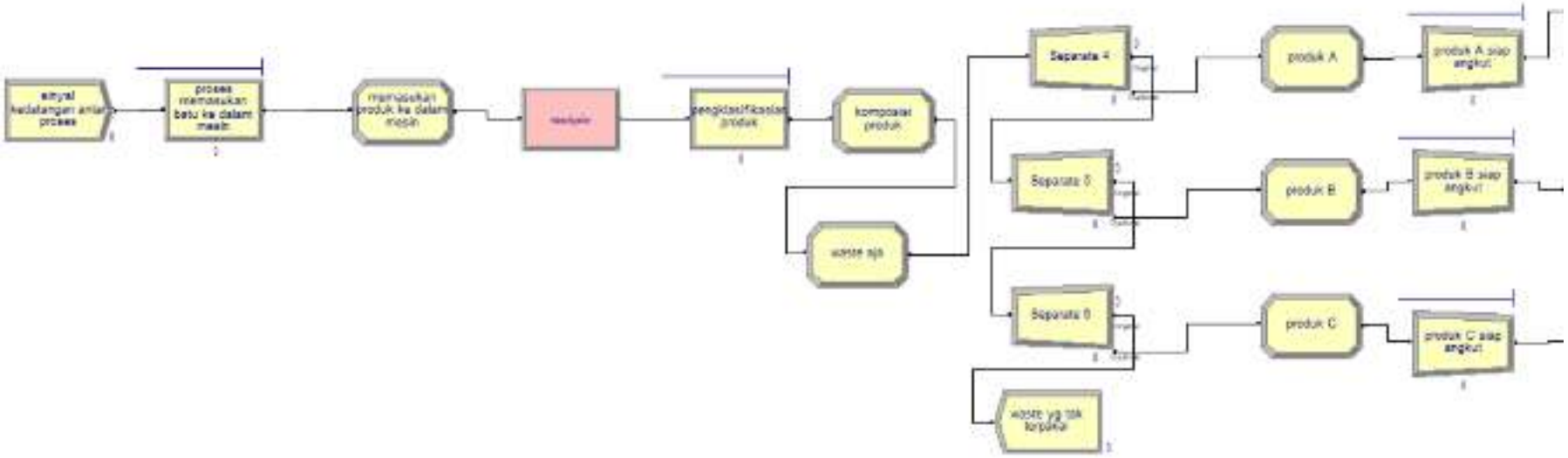
Gambar Ilustrasi *Sub Model* Proses *Unloading* dan Proses Klasifikasi Kondisi Aktual



Gambar Ilustrasi *Sub Model* Proses Pengiriman dan Penyimpanan Produk Kondisi Aktual



Gambar Ilustrasi *Sub Model* Kedatangan Produk *Customer* dan Proses *Unloading* Produk



Gambar Ilustrasi *Sub Model* Proses Klasifikasi Produk Kondisi Perbaikan

BIODATA PENULIS

Penulis bernama Mochamad Ullul Fahmi, atau biasa dipanggil Fai, lahir di Tuban, 29 Maret 1996. Penulis merupakan anak pertama dari dua bersaudara. Pendidikan formal yang ditempuh adalah SDN-Tambakboyo 1, SMPN 6 Tuban, SMAN 1 Tuban. Hingga ke jenjang sarjana Departemen Teknik Sistem dan Industri Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.

Selama masa perkuliahan, penulis aktif di organisasi DPM FTI, *steering committee* kaderisasi HMTI angkatan 2017. Pemandu ITS angkatan 2017, Staff Pengembangan Sumber Daya Mahasiswa BEM ITS 2018/2019, *steering committee* kaderisasai HMTI angkatan 2018, Koordinator Manajemen Sumber Daya Panitia Gerigi ITS 2018. penulis juga aktif dalam bidang pengembangan dengan mengikuti Latihan Karya Tulis Ilmiah Tingkat Dasar (LKTI – TD), Latihan Keterampilan Manajemen Mahasiswa Tingkat Dasar (LKMM-TD), Pelatihan Pemandu Latihan Keterampilan Manajemen Mahasiswa (PP-LKMM), Pelatihan Manajemen Organisasi HMTI (P3MTI). Dalam menerapkan ilmu yang didapatkan dari Departemen Teknis Sistem dan Industri, penulis melakukan kegiatan kerja praktik di PT Dirgantara Indonesia pada Departemen *Planning and Control Final Assembly Line and Delivery Center.*

Dalam bidang akademik, penulis tertarik dalam bidang sistem manufaktur, finansial, sistem informasi, supply chain, manajemen sumber daya manusia, dan manajemen strategi organisasi.