



TUGAS AKHIR - TI 141501

**PENGEMBANGAN MODEL EVALUASI PROBABILITAS PROYEK  
MEMENUHI TARGET WAKTU DAN BIAYA DENGAN  
MEMPERTIMBANGKAN HUBUNGAN STANDAR KUALITAS DAN  
KETERSEDIAAN SUMBER DAYA DENGAN KETIDAKPASTIAN**

**QURROTA A'YUNINA**

NRP. 02411440000008

Dosen Pembimbing

**Yudha Andrian Saputra, ST., MBA**

NIP. 198203122005011002

DEPARTEMEN TEKNIK INDUSTRI

Fakultas Teknologi Industri

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Surabaya 2018





FINAL PROJECT - TI 141501

**EVALUATION MODEL DEVELOPMENT PROBABILITY OF A  
PROJECT MEETS ITS COST AND TIME TARGET CONSIDERING  
QUALITY STANDARD AND RESOURCES AVAILABILITY UNDER  
UNCERTAINTY**

**QURROTA A'YUNINA**

NRP 02411440000008

Supervisor

**Yudha Andrian Saputra, ST., MBA**

NIP. 198203122005011002

DEPARTMENT OF INDUSTRIAL ENGINEERING

Faculty of Industrial Technology

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Surabaya 2018



**LEMBAR PENGESAHAN**

**PENGEMBANGAN MODEL EVALUASI PROBABILITAS  
PROYEK MEMENUHI TARGET WAKTU DAN BIAYA  
DENGAN MEMPERTIMBANGKAN HUBUNGAN STANDAR  
KUALITAS DAN KETERSEDIAAN SUMBER DAYA DENGAN  
KETIDAKPASTIAN  
TUGAS AKHIR**

Diajukan untuk Memenuhi Salah Satu Syarat Memperoleh Gelar Sarjana Teknik  
Program Studi S-1 Jurusan Teknik Industri  
Fakultas Teknologi Industri  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya

Penulis :

**QURROTA A'YUNINA**

**NRP. 02411440000008**

Disetujui oleh :  
Dosen Pembimbing

  
**Yudha Andrian Saputra, ST., MBA**

**NIP. 198203122005011002**

**Surabaya, Juli 2018**





**PENGEMBANGAN MODEL EVALUASI PROBABILITAS PROYEK  
MEMENUHI TARGET WAKTU DAN BIAYA DENGAN  
MEMPERTIMBANGKAN HUBUNGAN STANDAR KUALITAS DAN  
KETERSEDIAAN SUMBER DAYA DENGAN KETIDAKPASTIAN**

Nama : QURROTA A'YUNINA  
N.R.P : 02411440000008  
Pembimbing : YUDHA ANDRIAN SAPUTRA, ST., MBA

**ABSTRAK**

Proyek adalah suatu usaha atau pekerjaan yang diselesaikan untuk memproduksi barang, jasa, atau hasil lainnya. Dalam manajemen proyek, parameter kualitas, biaya, dan waktu telah dikenal sebagai *The Iron* untuk mengukur kesuksesan sebuah proyek. Banyak penelitian yang telah membahas mengenai hubungan antara 3 parameter tersebut dalam memengaruhi besarnya pencapaian target proyek. Terdapat beberapa penelitian lain yang menyebutkan bahwa sumber daya juga merupakan salah satu faktor yang berpengaruh pada besarnya pencapaian target biaya dan target waktu. Maka dari penelitian – penelitian sebelumnya terdapat potensi untuk mengembangkan model evaluasi perhitungan probabilitas pencapaian target biaya dan target waktu yang mempertimbangkan empat parameter yakni kualitas, biaya, waktu, dan sumber daya dibawah ketidakpastian dengan menggunakan simulasi Monte Carlo. Pada model yang dikembangkan waktu dan biaya setiap aktivitas bukan merupakan *input variable*, melainkan menjadi parameter *output*, dimana variabilitasnya dipengaruhi oleh interaksi dengan ketersediaan sumber daya dan mekanisme kualitas. Serta dikembangkan model GAN Network modifikasi untuk empat parameter. Model diuji pada kasus nyata *job order* produk manufaktur ladle PT Barata Indonesia, dan dapat menghasilkan nilai estimasi probabilitas pencapai target dan biaya sebesar 32.5%.

**Kata Kunci** : Biaya-Waktu-Kualitas-Sumber daya, *GAN Network*, *Keandalan Proyek*, *Simulasi Monte Carlo*.





# **EVALUATION MODEL DEVELOPMENT PROBABILITY OF A PROJECT MEETS ITS COST AND TIME TARGET CONSIDERING QUALITY STANDARD AND RESOURCES AVAILABILITY UNDER UNCERTAINTY**

Student name : QURROTA A'YUNINA  
Student ID : 02411440000008  
Supervisor : YUDHA ANDRIAN SAPUTRA, ST., MBA

## ***ABSTRACT***

Project is an effort or task that has to be done to produce goods, service, or others. In project management, quality, cost, and time known as the Iron Triangle for measuring project success. Many researches have discussed about relationship among these 3 parameters in affect the probability of a project meets its time and cost target. There are other researches discussed that resources is one of the parameters that affect the probability of a project meets its target. Base on those previous researches, there is potential evaluation model development to measure the probability of a project to meets its cost and time target considering 4 parameters. They are time, cost, quality, and resources under uncertainty using Monte Carlo Simulation. In this model, time and cost in each activity are not input variable, but rather as output parameter which its variability affected by the interaction of resources availability and quality control mechanism. This research also develops adjusted GAN Network for 4 parameters which are time, cost, quality, and resources. The developed model is tested to the real case in ladle job order in PT Barata Indonesia, and the probability to meets its time and cost target is 32.5%

**Keyword** : Cost-Time-Quality-Resources, GAN Network, Project Reliability, Monte Carlo Simulation.



## KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT, karena atas berkat dan rahmat-Nya, penulis dapat menyelesaikan laporan Tugas Akhir dengan judul “ Pengembangan Model Evaluasi Probabilitas Proyek Memenuhi Target Waktu Dan Biaya Dengan Mempertimbangkan Hubungan Standar Kualitas Dan Ketersediaan Sumber Daya Dengan Ketidakpastian” dengan sebaik – baiknya.

Laporan Tugas Akhir ini disusun untuk memenuhi persyaratan dalam menyelesaikan program studi strata satu (S-1) Sarjana Teknik di Departemen Teknik Industri, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya. Selama proses pengerjaan Tugas Akhir, penulis juga telah menerima banyak dukungan, masukan, serta bantuan dari berbagai pihak. Pada kesempatan ini, penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada:

1. Yudha Andrian Saputra, ST., MBA., selaku dosen pembimbing dalam Tugas Akhir yang telah memberikan arahan, masukan, dan bimbingan selama pengerjaan Tugas Akhir.
2. Ibu Mita selaku staff PPIC Divisi Industri Berat Workshop 3 di PT Barata Indonesia, Bapak Himawan, Bapak Nono, Bapak Iwan, yang telah bersedia untuk memberikan arahan, berbagi pengetahuan dan pengalaman, dan memberikan data – data yang mendukung Tugas Akhir.
3. Stefanus Eko Wiratno, ST., MT., Efii Latiffianti ST., M.Sc., Prof. Dr. Ir. Budi Santosa, M.Sc., Diesta Iva Maftuhah, ST., MT selaku dosen penguji saat seminar proposal dan sidang Tugas Akhir, yang telah memberikan saran dan kritik yang membangun untuk Tugas Akhir ini.
4. Prof. Dr. Ir. Budi Santoso, M.E., selaku Kepala Laboratorium QMIPA Teknik Industri ITS, yang telah memberikan dukungan kepada penulis selama pengerjaan Tugas Akhir.
5. Bapak Nurhadi Siswanto, S.T., MSIE., Ph.D. selaku Kepala Departemen Teknik Industri yang selalu memberikan inspirasi kepada penulis untuk selalu menghasilkan karya-karya terbaik untuk penelitian.

6. Seluruh Bapak dan Ibu Dosen Departemen Teknik Industri ITS yang telah mendidik dan mengajarkan banyak ilmu dan pelajaran berharga kepada penulis selama masa perkuliahan.
7. Kedua orang tua penulis, Bapak Suprihono, Ibu Chori'ah, serta adik dari penulis, Firdha, Alfina, dan Fitra, yang senantiasa memberikan semangat, dukungan, dan doa dari awal perkuliahan hingga Tugas Akhir selesai.
8. Sahabat, Keluarga Gardapati 2014, Keluarga Laboratorium QMIPA 2016/2018, yang telah membantu dan mendukung penulis menyelesaikan Tugas Akhir.

Dalam penyusunan laporan Tugas Akhir ini, penulis masih merasa ada banyak kekurangan pada materi maupun penulisan. Untuk itu, kritik dan saran dari semua pihak sangat diharapkan dalam rangka perbaikan untuk penulis. Penulis juga berharap semoga laporan Tugas Akhir ini dapat bermanfaat dan memberikan referensi kepada pembaca maupun penulis sendiri untuk kebutuhan penelitian yang akan datang.

Surabaya, Juli 2018

Qurrota A'yunina

## DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN .....	v
ABSTRAK .....	vii
ABSTRACT .....	ix
KATA PENGANTAR.....	xi
DAFTAR ISI.....	xiii
DAFTAR TABEL .....	xvi
DAFTAR GAMBAR.....	xix
BAB 1 .....	1
1.1    Latar Belakang.....	1
1.2    Perumusan Masalah .....	6
1.3    Tujuan Penelitian.....	6
1.4    Manfaat Penelitian.....	6
1.5    Batasan dan Asumsi.....	7
1.5.1    Batasan .....	7
1.5.2    Asumsi.....	7
1.6    Sistematika Penulisan.....	8
BAB 2 .....	11
2.1 <i>Project Reliability</i> .....	11
2.2    Hubungan antara Kualitas, Waktu, Biaya, dan Sumber Daya di Bawah Ketidakpastian.....	12
2.2.1    Hubungan antara Waktu-Biaya Proyek .....	12
2.2.2    Hubungan antara Waktu-Sumber Daya Proyek.....	13
2.2.3    Hubungan antara Biaya-Sumber Daya Proyek.....	15
2.2.4    Ketidakpastian dalam Biaya, Waktu, dan Sumber daya .....	15
2.2.5    Hubungan Antara Kualitas, Biaya, dan Waktu di Bawah Ketidakpastian .....	16
2.3    GAN Network ( <i>Generalized Activity Network</i> ).....	17
2.4 <i>Monte Carlo Simulation</i> .....	17
2.5    Biaya Pokok Produksi .....	19
2.5.1    Biaya Tenaga Kerja Langsung .....	20

2.5.2	<i>Biaya Material Langsung</i> .....	20
2.5.3	<i>Biaya Overhead</i> .....	20
2.5.4	<i>Pembebanan Biaya Overhead</i> .....	21
<b>2.6</b>	<b>Validasi Model</b> .....	22
<b>2.7</b>	<b>Penelitian Terdahulu</b> .....	23
<b>BAB 3</b>	.....	27
<b>3.1</b>	<b>Identifikasi Permasalahan dan Tujuan penelitian</b> .....	29
<b>3.2</b>	<b>Studi Literatur</b> .....	29
<b>3.3</b>	<b>Pengamatan Lapangan</b> .....	29
<b>3.4</b>	<b>Pengembangan Model</b> .....	30
<b>3.5</b>	<b>Pengembangan Teknik Solusi</b> .....	30
<b>3.6</b>	<b>Implementasi Model</b> .....	30
3.6.1	<i>Pengumpulan Data</i> .....	30
3.6.2	<i>Menghitung Total Durasi Proyek</i> .....	31
3.6.3	<i>Menghitung Total Biaya Proyek</i> .....	31
3.6.4	<i>Menghitung Probabilitas Pencapaian Target Biaya dan Target Waktu</i> .....	31
<b>3.7</b>	<b>Validasi Model Simulasi</b> .....	31
<b>3.8</b>	<b>Analisis Hasil</b> .....	31
<b>3.9</b>	<b>Kesimpulan dan Saran</b> .....	32
<b>BAB 4</b>	.....	33
<b>4.1</b>	<b>Deskripsi Produk</b> .....	33
<b>4.2</b>	<b>Pengumpulan Data</b> .....	41
4.2.1	<i>Waktu Proses Produk Ladle</i> .....	41
4.2.2	<i>Repair dan Reprocess</i> .....	44
4.2.3	<i>Alokasi Kebutuhan Pekerja Langsung</i> .....	45
4.2.4	<i>Alokasi Kebutuhan Mesin</i> .....	46
4.2.5	<i>Alokasi Kebutuhan Consumable Material</i> .....	47
4.2.6	<i>Alokasi Pekerja Tidak Langsung</i> .....	48
<b>4.3</b>	<b>Perhitungan Biaya Produksi</b> .....	49
4.3.1	<i>Biaya langsung</i> .....	49
4.3.2	<i>Pembebanan Biaya Overhead</i> .....	49

4.3.3	<i>Perhitungan Biaya dan Waktu Produksi</i> .....	50
<b>4.4</b>	<b>Validasi Model Pencapaian Target Biaya dan Target Waktu</b> .....	53
4.4.1	<i>Uji Kecukupan Replikasi</i> .....	53
4.4.2	<i>Validasi Model Pencapaian Target Biaya dan Target Waktu</i> .....	54
4.4.3	<i>Validasi Total Biaya</i> .....	54
4.4.4	<i>Validasi Waktu Produksi</i> .....	55
<b>4.5</b>	<b>Pencapaian Target Biaya dan Target Waktu Ladle</b> .....	56
<b>4.6</b>	<b>Pencapaian Target Waktu Ladle</b> .....	58
<b>4.7</b>	<b>Pencapaian Target Biaya Ladle</b> .....	59
<b>4.8</b>	<b>Analisa Pencapaian Target Biaya dan Target Waktu Ladle</b> .....	59
4.8.1	<i>Evaluasi Target Waktu Penyelesaian Produksi Ladle</i> .....	60
4.8.2	<i>Evaluasi Target Biaya Produksi Ladle</i> .....	62
4.8.3	<i>Analisa Faktor – Faktor Penyebab</i> .....	62
<b>4.9</b>	<b>Analisa Implementasi Model</b> .....	72
<b>BAB 5</b>	.....	75
<b>5.1</b>	<b>Kesimpulan</b> .....	75
<b>5.2</b>	<b>Saran</b> .....	76
<b>DAFTAR PUSTAKA</b>	.....	77
<b>LAMPIRAN</b>	.....	81
LAMPIRAN 1	.....	81
LAMPIRAN 2	.....	82
LAMPIRAN 3	.....	84
LAMPIRAN 4	.....	85
<b>BIODATA PENULIS</b>	.....	86

**Halaman Ini Sengaja Dikosongkan**



## DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Hubungan waktu dan biaya proyek.....	13
Tabel 2. 2 Model hubungan Time-Cost-Resources ketika durasi, resources usage, dan price rate uncertain .....	15
Tabel 2. 3 Perbandingan Penelitian Terdahulu .....	24
Tabel 4. 1 Waktu Proses.....	42
Tabel 4. 2 Waktu Penyelesaian dan Probabilitas Repair dan Reprocess .....	44
Tabel 4. 3 Alokasi Kebutuhan Pekerja.....	45
Tabel 4. 4 Alokasi Kebutuhan Mesin.....	46
Tabel 4. 5 Alokasi Consumable Item .....	48
Tabel 4. 6 Tenaga Kerja Tidak Langsung.....	49
Tabel 4. 7 Pembebanan Biaya Tidak Langsung.....	50
Tabel 4. 8 Model Perhitungan Biaya dan Waktu Produksi .....	51
Tabel 4. 9 Rekap Hasil Simulasi Biaya Produksi .....	53
Tabel 4. 10 Rangkuman Validasi Biaya Produksi .....	55
Tabel 4. 11 Rangkuman Validasi Waktu .....	56
Tabel 4. 12 Target Biaya dan Waktu Produksi .....	56
Tabel 4. 13 Interval Kepercayaan Pencapaian Target Biaya dan Waktu.....	57
Tabel 4. 14 Faktor Risiko Total Waktu Penyelesaian.....	65
Tabel 4. 15 Rangkuman Faktor - Faktor Biaya Produksi .....	68
Tabel 4. 16 Rangkuman Faktor Biaya Permesinan .....	71
Tabel 4. 16 Rangkuman Faktor Biaya Permesinan (lanjutan) .....	72



## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1 Project Management.....	1
Gambar 2. 1 Hubungan Waktu-Biaya-Sumber Daya-pada Planning Stage.....	14
Gambar 2. 2 Model Konspetual Hubungan Kualitas, Biaya, dan Waktu .....	16
Gambar 2. 3 Contoh GAN Network Repair /Reprocess dan Repair.....	17
Gambar 3. 1 Flowchart metodologi penelitian.....	27
Gambar 4. 1 Produk Ladle .....	34
Gambar 4. 2 a) Proses fabrikasi unit Ladle b) assembly komponen ladle .....	35
Gambar 4. 3 GAN Network Fabrikasi Shell Ladle .....	37
Gambar 4. 4 Network Fabrikasi Head, Handle, Support Ladle .....	38
Gambar 4. 5 GAN Network Assembly .....	39
Gambar 4. 6 Indeks Pencapaian Target Biaya dan Target Waktu .....	57
Gambar 4. 7 Profil Distribusi Estimasi Waktu Produksi Ladle .....	58
Gambar 4. 8 Profil Distribusi Estimasi Biaya Produksi.....	59
Gambar 4. 9 Profil Distribusi Estimasi 90% Target Waku Tercapai.....	61
Gambar 4. 10 Indek Pencapaian Target Biaya, Waktu dengan Target Waktu 64 Jam.....	61
Gambar 4. 11 Diagram Tornado Indeks Pencapaian target Biaya dan Target Waktu .....	63
Gambar 4. 12 Diagram Tornado Waktu Penyelesaian.....	64
Gambar 4. 13 Profil Distribusi Estimasi Lama Waktu Penyelesaian (q=0.1).....	66
Gambar 4. 14 Indek Pencapaian Target Biaya dan Target Waktu (q=0,1) .....	67
Gambar 4. 15 Diagram Tornado Biaya Produksi.....	68
Gambar 4. 16 Profil Distribusi Estimasi Biaya Tenaga Kerja langsung.....	69
Gambar 4. 17 Diagram Tornado Biaya Pekerja Langsung .....	70
Gambar 4. 18 Profil Distribusi Estimasi Biaya Permesinan Langsung .....	70
Gambar 4. 19 Diagram Tornado Biaya Permesinan .....	71



# BAB 1

## PEDAHULUAN

Pada bagian pendahuluan dijelaskan mengenai latar belakang, rumusan masalah, tujuan Tugas Akhir, manfaat Tugas Akhir, batasan dan asumsi masalah, dan sistematika penulisan.

### 1.1 Latar Belakang

Proyek adalah suatu usaha atau pekerjaan yang diselesaikan untuk memproduksi barang, jasa, atau hasil lainnya (Project Management Institute, 2013). Proyek juga didefinisikan sebagai rangkaian aktivitas dan tugas yang memiliki tujuan yang spesifik yang harus dicapai dengan spesifikasi tertentu, memiliki dana yang terbatas, awal dan akhir suatu proyek yang telah didefinisikan dengan jelas, menggunakan *human* dan *nonhuman* (seperti uang, peralatan, permesinan), dan bersifat *multifunctiona* (Kerzner, 2009) *l*. Sebuah proyek dikatakan sukses ketika proyek tersebut dapat mencapai tujuan proyek dengan penggunaan *resources* yang efisien, dan dalam waktu, biaya, serta performa yang diharapkan baik dari *customer* atau dari perusahaan itu sendiri. Oleh sebab itu, diperlukan adanya manajemen proyek yang baik dalam pelaksanaannya. Sesuai dengan penjelasan Kerzner pada Gambar 1.1, manajemen proyek adalah kegiatan mengelola sumber daya perusahaan untuk mencapai 3 parameter utama yakni target biaya, waktu, dan kualitas (performa) atau yang lebih dikenal sebagai *The Iron Triangle* menurut Atkinson (Atkinson, 1999).



Gambar 1. 1 *Project Management*  
Sumber : (Kerzner, 2009)

Beberapa penelitian sebelumnya telah banyak membahas mengenai hubungan antara sumber daya dengan *The Iron Triangle*. Terdapat penelitian yang fokus pada satu parameter dan ada penelitian yang fokus pada hubungan keterkaitan antar tiga parameter sukses yang telah disebutkan sebelumnya. Parameter waktu didefinisikan sebagai ketersediaan waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan sebuah proyek. Pada awal abad 19, *Gantt chart* telah dikembangkan oleh Henry L. Gantt untuk menggambarkan jadwal dan urutan setiap aktivitas dalam proyek. Hingga saat ini, *Gantt chart* masih banyak digunakan dalam penjadwalan proyek. Pada tahun 1959 dikembangkan metode CPM (*Critical Path Method*) oleh Morgan R. Walker dan James E. Kelley, dan pada tahun yang sama dikembangkan juga PERT (*Program Evaluation and Review Technique*) oleh *United States Navy*. CPM adalah metode yang digunakan untuk menentukan estimasi durasi pengerjaan proyek yang bersifat deterministik, sedangkan PERT digunakan saat estimasi durasi setiap proyek yang bersifat stokastik (*3point estimation*).

Parameter biaya didefinisikan sebagai jumlah pendanaan yang tersedia untuk menjalankan proyek. Chau (1995) menjelaskan mengenai evaluasi penggunaan distribusi triangular untuk melakukan estimasi biaya, serta penerapan subjektivitas *expert* saat tidak ada data histori yang cukup untuk melakukan *fitting distribusi*. Kemudian Elkjaer (2000) menjelaskan konsep *Stochastic Budget Simulation* untuk mengukur probabilitas sebuah proyek dapat mencapai target biaya di bawah ketidakpastian dengan pendekatan modifikasi PERT.

Parameter kualitas didefinisikan sebagai kesesuaian terhadap spesifikasi kebutuhan yang telah ditetapkan (Burati, et al., 1992). Burati juga meneliti mengenai biaya tambahan yang dikeluarkan apabila suatu aktivitas tidak memenuhi spesifikasi standar. Spesifikasi kebutuhan dapat terdiri dari karakteristik produk, proses, dan jasa yang telah ditetapkan oleh klien di kontrak persetujuan. Kemudian dikembangkan suatu konsep yang dapat mengakomodasi adanya proses *looping*, akibat ketidaksesuaian suatu aktivitas terhadap spesifikasi yang telah ditentukan. Konsep ini dikenal sebagai *GAN Network (Generalized Activity Network)* yang telah dikembangkan oleh Dawson dan Dawson (1998).

Taylor dan Davis (1977) mengembangkan model untuk menjelaskan hubungan antara parameter biaya dan waktu dengan memperhatikan ketidakpastian dan teknik solusi untuk mengevaluasi kemungkinan sukses dari suatu proyek mencapai target dengan menggunakan simulasi monte carlo dan GERT (*Graphical Evaluation and Review Technique*) Network. Kemudian terdapat penelitian lain oleh Copertari (2002) mengenai *tradeoffs* antara biaya dan waktu penyelesaian, serta mengajukan suatu model untuk mengoptimalkan penjadwalan suatu proyek. Czarnigowska & Sobotka (2013) menjelaskan mengenai penerapan dari model regresi waktu dan biaya untuk memprediksi durasi penyelesaian proyek konstruksi jalan.

Penelitian Kidd (1987) adalah penelitian pertama yang menjelaskan relasi antara waktu, biaya, dan kualitas dalam proyek. Kidd mengusulkan penggunaan VERT (*Venture Evaluation Review Technique*) tidak hanya untuk estimasi durasi, tapi juga untuk evaluasi kualitas dan total biaya dengan indikator yakni *reability*. Selanjutnya Babu dan Suresh (1996) menjelaskan optimasi dan *tradeoff* dari kualitas, biaya, dan durasi proyek. Namun dalam penelitian ini belum mempertimbangkan ketidakpastian yang terjadi dalam sebuah proyek.

Kemudian Saputra dan Ladamay (2011) mengajukan sebuah konsep yang dikenal sebagai *project reliability*. *Project Reliability* adalah sebuah konsep untuk menghitung performa dari sebuah proyek dengan menghitung nilai probabilitas proyek tersebut dalam mencapai target biaya, waktu, dan kualitas di bawah ketidakpastian. Dalam penelitian ini, Saputra dan Ladamay menggunakan GAN (*Generalized Activity Network*) untuk menggambarkan adanya kemungkinan proses *looping* dalam setiap aktivitas. Sebagai contoh proses *quality control* dan perbaikan. Kemudian pada penelitian Nugraha (2016) dilakukan pengujian implementasi konsep perhitungan keandalan proyek dengan mempertimbangkan hubungan biaya, waktu, dan kualitas pada kasus *job order* manufaktur komponen pesawat terbang.

Menurut Kerzner sumber daya menjadi salah satu faktor penting dalam keberhasilan proyek sehingga perlu dilakukan perencanaan dan pengendalian. Yamashita & Laguna (2004), dan Kurniyawan (2007) adalah beberapa peneliti yang

menjelaskan tentang penggunaan sumber daya yang optimal untuk mencapai biaya proyek yang minimal.

Kemudian Cahyana (2015) menjelaskan mengenai konsep pengukuran keandalan sebuah proyek terhadap target biaya dan waktu dengan mempertimbangkan hubungan antara waktu, biaya, dan sumber daya di bawah ketidakpastian pada proses *planning*. Dalam penelitiannya, sumber daya didefinisikan sebagai tenaga manusia, bahan material, dan mesin. Sumber daya dapat mempengaruhi lama waktu penyelesaian dan besar biaya sebuah proyek, semakin banyak jenis dan jumlah sumber daya yang digunakan maka semakin besar juga biaya proyek tersebut. Namun pada kenyataan, sumber daya bisa menjadi salah satu faktor yang tidak pasti dalam sebuah proyek. Faktor ketidakpastian dalam sumber daya dapat disebabkan oleh beberapa faktor seperti tingkat harga satuan sumber daya, kebutuhan sumber daya, lama waktu penyelesaian proyek, besarnya inflasi, dan nilai tukar mata uang (Saputra & Latiffianti, 2015).

Dari penelitian Saputra dan Ladamay (2011), (Nugraha, 2016), dan Cahyana (2015) terdapat potensi untuk mengembangkan model evaluasi perhitungan probabilitas pencapaian target biaya dan target waktu yang mempertimbangkan empat parameter yakni kualitas, biaya, waktu, dan sumber daya dibawah ketidakpastian.

Pada model Saputra dan Ladamay (2011), parameter biaya dan waktu adalah variable bebas yang nilainya berubah – ubah (*input variable*) yang kemudian berinteraksi dengan dengan kondisi lolos atau tidak lolosnya terhadap parameter kualitas (kualitas dimodelkan sebagai mekanisme *quality control*, lolos atau tidak lolos). Ketika produk tidak lolos, maka terjadi serangkaian *corrective action* yang berdampak pada tambhaan biaya dan tambahan waktu. Pada model konseptual yang dikembangkan, waktu dan biaya setiap aktivitas bukan merupakan *input variable*, melainkan menjadi parameter *output*, dimana variabilitasnya dipengaruhi oleh interaksi dengan ketersediaan sumber daya dan mekanisme kualitas.

Sesuai dengan penjelasan Burati et.al (1992) bahwa parameter kualitas didefinisikan sebagai “kesesuaian” produk dengan standar kualitas yang telah ditetapkan. Jika dalam suatu proses terdapat standar kualitas yang harus dipenuhi, maka terdapat kemungkinan produk tersebut gagal memenuhi standar kualitas



setelah proses inspeksi. Hal ini akan menyebabkan munculnya *action* perbaikan. Setiap terjadi *action* perbaikan maka akan muncul konsekuensi berupa kebutuhan tambahan sumber daya untuk mengerjakan *corrective action* tersebut dan memicu terjadinya tambahan waktu pengerjaan dan tambahan biaya. Secara konseptual, teknik ini bisa digunakan secara lebih presisi dalam menerangkan fenomena terjadinya waktu dan biaya aktivitas dalam sebuah proyek, daripada mengabaikan parameter tersebut berdasarkan pendekatan 3 point estimasi sebagaimana di PERT, *Stochastic Budget Simulation*, atau *Project Reliability Model*.

Guna menguji dan sekaligus validasi model, model konseptual yang dirumuskan selanjutnya akan diuji implementasi pada salah satu kasus nyata. Karena keterbatasan waktu dan keterbukaan informasi/data, maka dipilihlah kasus yang bersifat *job order*. Meskipun model yang dikembangkan diperuntukkan untuk proyek, namun model tersebut juga bisa diaplikasikan pada kegiatan *job order*. *Job order* sebenarnya adalah sebuah “mini proyek” dalam bidang manufaktur, karena memiliki target biaya, target waktu, batasan dana, awal dan akhir pengerjaan yang jelas, dan memiliki spesifikasi tertentu sesuai permintaan *customer*. Sedikit perbedaannya adalah *order* yang diminta bisa *repetitive*, meskipun dalam setiap pelaksanaan ada kemungkinan sendiri – sendiri. Implementasi model evaluasi keberhasilan proyek dengan melibatkan 3 parameter (*time, cost, quality*) pada kasus *Job Order* sudah pernah dilakukan oleh Nugraha (2016) dan Prahari (2012)

Pada kasus *job order* mengukur probabilitas ketercapaian target waktu standar produksi dan target biaya pokok produksi adalah hal yang penting. Hal ini dikarenakan, jika *project planner* membuat penjadwalan produksi dengan menggunakan waktu standar produksi dalam kondisi ideal tanpa memperhatikan faktor – faktor tidak tentu pada sumber daya, dan kualitas akan menyebabkan penjadwalan yang dibuat menjadi tidak *reliable*. Sehingga akan menyebabkan kesalahan dalam penentuan *dateline* pengiriman produk, dan berakibat pada keterlambatan pengiriman produk. Semakin lama waktu penyelesaian akan semakin besar juga biaya produksi. Selain pada penjadwalan produksi, penentuan target biaya pokok produksi juga penting untuk menentukan margin profit dari perusahaan. Jika *project planner* menentukan target biaya pokok produksi terlalu optimis, akan menyebabkan probabilitas realisasi biaya produksi melebihi target

biaya menjadi lebih besar sehingga profit perusahaan akan menurun. Namun jika target biaya terlalu tinggi, maka akan menyebabkan proyek lain yang juga membutuhkan dana tidak bisa berjalan karena kekurangan dana. Sehingga estimasi target biaya dan target waktu yang telah mempertimbangkan faktor ketidakpastian pada sumber daya dan kualitas adalah hal yang penting dalam perencanaan produksi.

## **1.2 Perumusan Masalah**

Berdasarkan latar belakang yang telah dijelaskan sebelumnya, maka permasalahan pada penelitian ini adalah bagaimana memodelkan hubungan interaksi antara waktu, biaya, kualitas, dan sumber daya dengan mempertimbangkan ketidakpastian serta mengembangkan teknik solusi untuk mengevaluasi probabilitas penacapaian target biaya dan target waktu proyek dengan mempertimbangkan interaksi dengan standar kualitas dengan ketersediaan sumber daya.

## **1.3 Tujuan Penelitian**

Tujuan dari penelitian yang dilakukan adalah sebagai berikut:

1. Mengembangkan model konseptual hubungan parameter biaya, waktu, sumber daya, dan kualitas.
2. Mengembangkan teknik solusi perhitungan probabilitas pencapaian target biaya, dan target waktu proyek dengan mempertimbangkan hubungan antara standar kualitas dengan ketersediaan sumber daya di bawah ketidakpastian.
3. Menguji tingkat implementasi dari model estimasi yang dibuat pada studi kasus nyata tipe *job order*.

## **1.4 Manfaat Penelitian**

Manfaat dari penelitian yang dilakukan adalah sebagai berikut:

1. Menghasilkan model konseptual hubungan parameter biaya, waktu, sumber daya, dan kualitas.

2. Menghasilkan model perhitungan probabilitas pencapaian target biaya, dan target waktu proyek dengan mempertimbangkan hubungan antara standar kualitas dengan ketersediaan sumber daya di bawah ketidakpastian.
3. Mengetahui tingkat implementasi dari model estimasi yang dibuat pada studi kasus nyata tipe *job order*.

## 1.5 Batasan dan Asumsi

Berikut adalah batasan dan asumsi yang digunakan pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

### 1.5.1 Batasan

Adapun batasan masalah pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Batasan terkait dengan model:  
Faktor sumber daya yang dipertimbangkan adalah mesin, pekerja, dan material (dari model Cahyana (2015)).
2. Batasan terkait dengan studi kasus:
  - a) Proyek yang digunakan sebagai kasus implementasi adalah *job order* pembuatan Ladle Besar RF di PT Barata Indonesia.
  - b) Periode penelitian dari bulan Maret – Mei 2018.
  - c) Biaya *overhead* yang dihitung pada studi kasus adalah biaya yang berhubungan dengan proses produksi saja.
  - d) Proses produksi dimulai dengan proses *cutting* hingga *finishing*.

### 1.5.2 Asumsi

Adapun asumsi yang digunakan dalam penelitian ini adalah

1. Asumsi terkait dengan model:  
Model yang dikembangkan fokus pada tahap *planning*, sehingga mengabaikan adanya *project crashing*.
2. Asumsi terkait dengan studi kasus:
  - a) Jam kerja mesin dan jam kerja pekerja memiliki distribusi waktu sama
  - b) *Expert* yang melakukan estimasi biaya dan waktu adalah orang yang sudah ahli dan berpengalaman dalam bidang perencanaan proyek.

- c) Tidak pernah terjadi *downtime* akibat kerusakan mesin, selama proses produksi.
- d) Perhitungan biaya pemakaian listrik adalah biaya pada saat waktu luar beban puncak.
- e) Semua operator di rantai produksi yang bekerja memiliki tingkat keterampilan yang sama.
- f) Biaya terkait *waste material (scrap)* akibat proses produksi atau mekanisme *quality control* tidak diperhitungkan karena nilainya terlalu kecil.

## **1.6 Sistematika Penulisan**

Sistematika penulisan membahas mengenai rincian isi dari masing – masing bab pada laporan penelitian ini.

### **BAB 1 PENDAHULUAN**

Bab ini menjelaskan mengenai latar belakang dilakukannya penelitian, permasalahan yang akan diselesaikan, tujuan penelitian, manfaat penelitian, ruang lingkup penelitian yang meliputi batasan dan asumsi, dan sistematika penulisan yang digunakan dalam laporan penelitian.

### **BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA**

Bab ini menjelaskan mengenai beberapa studi literatur yang telah dilakukan oleh peneliti untuk membantu dalam memahami dan menyelesaikan permasalahan dengan metode yang tepat.

### **BAB 3 METODE PENELITIAN**

Bab ini menjelaskan mengenai metodologi yang digunakan dalam melakukan penelitian Tugas Akhir. Metodologi penelitian berisi tahapan atau langkah –langkah yang dilakukan sehingga penelitian berjalan sistematis dan searah.

### **BAB 4 PENGEMBANGAN MODEL**

Bab ini menjelaskan mengenai pengembangan model konseptual hubungan antar parameter biaya, waktu, sumber daya, dan kualitas, pengembangan tabel model simulasi perhitungan probabilitas mencapai target biaya dan target waktu dengan mempertimbangkan hubungan antara standar kualitas dan ketersediaan sumber daya. Serta membuat GAN Network (*Generalized Activity Network*) yang dapat mengakomodasi 4 parameter yang diteliti.

## BAB 5 IMPLEMENTASI MODEL

Bab ini menjelaskan mengenai deskripsi proyek yang dijadikan sebagai studi kasus implementasi model yang dikembangkan, pengumpulan data studi kasus, menghitung total biaya dan total waktu dengan menggunakan simulasi Monte Carlo, menghitung nilai probabilitas ketercapaian target biaya dan target waktu, validasi model, dan analisa hasil.

## BAB 6 KESIMPULAN dan SARAN

Bab ini menjelaskan mengenai kesimpulan akhir penelitian dan saran yang diberikan terhadap hasil penelitian untuk penelitian selanjutnya.

*(Halaman ini sengaja dikosongkan)*

## **BAB 2**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

Pada bab ini akan dijelaskan mengenai beberapa studi literatur yang telah dilakukan pada penelitian ini. Adapun studi literatur yang digunakan meliputi konsep *project reliability*, hubungan antara kualitas-waktu-biaya-sumber daya proyek, *GAN Network*, simulasi Monte Carlo, penggolongan biaya pokok produksi, dan perbandingan dengan penelitian terdahulu.

#### **2.1 *Project Reliability***

*Project reliability* adalah suatu persentase nilai yang dapat memberikan informasi nilai peluang keberhasilan suatu proyek dalam mencapai target biaya, waktu, dan kualitas di bawah ketidakpastian. (Saputra & Ladamay, 2011). Hasil nilai *reliability* yang diperoleh dapat menjadi dasar pertimbangan manajer proyek untuk melakukan penyesuaian kembali perencanaan yang telah dibuat agar proyek tersebut tetap dapat mencapai target yang telah ditetapkan diawal.

Proses perhitungan *project reliability* dilakukan dengan mengubah parameter kualitas, biaya, waktu, dan hubungan antara ketiganya dari awal aktivitas suatu proyek hingga akhir, kemudian dari setiap parameter dilakukan perhitungan agregat. Kemudian hasil perhitungan agregat dari masing- masing parameter akan dibandingkan dengan target yang telah dibuat sebelumnya.

Jika semua hasil perhitungan dapat memenuhi atau melebihi target maka proyek tersebut dikatakan sukses (indeks=1). Sedangkan apabila, jika paling tidak terdapat satu target yang tidak memenuhi, maka proyek tersebut dikatakan gagal (indeks=0). Dengan mengulang percobaan ini hingga X kali percobaan, maka dapat diketahui berapa kali proyek sukses dan berapa kali proyek tersebut gagal. Jumlah berhasil dibandingkan dengan jumlah keseluruhan percobaan adalah nilai dari *project reliability* proyek tersebut. Berikut adalah langkah – langkah yang diusulkan oleh Saputra dan Latiffianti (2015) untuk menjalankan simulasi :

- 1) Menentukan target proyek. Sebagai contoh  $D_0$  sebagai target durasi dan  $C_0$  sebagai target total *cost*.
- 2) Menentukan jumlah iterasi (n).

- 3) Menyiapkan model simulasi. Jalankan simulasi kemudian catat hasil simulasi. TD sebagai total durasi, TC sebagai total *Cost*, perhitungkan adanya perubahan pada *critical path*, karena durasi setiap aktivitas yang tidak pasti.
- 4) Mengumpulkan nilai kesuksesan proyek (A) pada setiap iterasi. A bersifat biner. A =1 jika  $TD \leq D_0$  dan  $TC \leq C_0$ , dan A=0 jika paling tidak salah satu parameter tidak memenuhi target
- 5) Hitung nilai *Project reliability* (Pr) menggunakan persamaan berikut :

$$Pr = \frac{\sum_{i=1}^n A_i}{n} \dots\dots\dots (2.1)$$

## 2.2 Hubungan antara Kualitas, Waktu, Biaya, dan Sumber Daya di Bawah Ketidakpastian

Penentuan estimasi total waktu dan total biaya dalam proyek adalah hal yang penting. Estimasi yang dihasilkan akan menjadi dasar pertimbangan untuk menetapkan waktu penyelesaian dan total biaya yang ditawarkan kepada *customer* dalam sebuah proposal proyek.

### 2.2.1 Hubungan antara Waktu-Biaya Proyek

Semakin lama durasi pengerjaan suatu aktivitas maka semakin tinggi juga biaya yang digunakan pada aktivitas tersebut, karena salah satu faktor yang berpengaruh dalam biaya adalah lama waktu pengerjaan.

Taylor dan Davis (1977) menjelaskan suatu pendekatan yang baik untuk menjelaskan hubungan antara waktu dengan biaya. Taylor dan Davis mengasumsikan bahwa durasi aktivitas mengikuti distribusi beta/konstan dan biaya yang bersifat deterministik. Biaya terbagi menjadi 2 yakni, *setup cost* dan *variable cost*. *Set up cost* tidak tergantung pada waktu, sedangkan *variable cost* tergantung pada berapa lama waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan setiap aktivitas (waktu adalah *random variable*). Beberapa aktivitas dalam proyek dapat melibatkan *set up cost* dan *variable cost*, terkadang hanya melibatkan salah satunya saja. Taylor dan Davis memodelkan hubungan waktu dan biaya dengan menggunakan data histori, namun ketika sebuah proyek baru yang belum pernah dilakukan sebelumnya sehingga tidak memiliki data histori maka estimasi dapat



menggunakan *expert judgement*. Di bawah ini adalah tabel yang digunakan oleh Taylor dan Davis dalam menjelaskan hubungan antara waktu dan biaya di bawah ketidakpastian.

Tabel 2. 1 Hubungan waktu dan biaya proyek

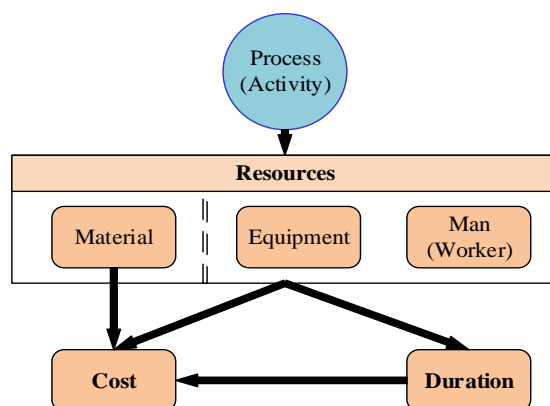
Activity (Nodes)	Activity Description	Probability Of Occurrence	Time estimates (days)			Distribution	Cost estimates (\$)	
			Min	Mod	Max		Set-Up	Variable
10 - 11	<i>Start Process</i>	1		0		Constant	500	0
11 - 12	<i>Establish System Objectives</i>	1	10	20	30	Beta	0	100
12 - 13	<i>Identify Current System</i>	1	5	10	20	Beta	0	75
13 - 14	<i>Abstract Game Development</i>	1	15	30	60	Beta	2500	100
14 - 15	<i>Game Playing</i>	1	20	35	65	Beta	0	150
15 - 16	<i>System Washout</i>	0.05		0		Constant	0	0
15 - 17	<i>Develop Game Simulator</i>	0.6	15	30	60	Beta	3000	100
15 - 11	<i>Reestablish Objectives</i>	0.01		0		Constant	0	0
15 - 13	<i>Alter Abstract game</i>	0.03		0		Constant	0	0
15 - 14	<i>Participate in more gaming</i>	0.31		0		Constant	0	0
17 - 18	<i>Game Playing</i>	1	20	40	65	Beta	0	125
18 - 19	<i>Operationalize</i>	1	10	25	50	Beta	1000	100
19 - 20	<i>More Game Playing</i>	0.2	5	15	30	Beta	0	125
19 - 21	Dummy	0.8		0		Constant	0	0
21 - 22	Evaluate performance	1	7	15	30	Beta	0	75
20 - 21	Operationalize	1	8	15	30	Beta	0	100
22 - 23	Final Completion	0.9	5	10	25	Beta	0	100
22 - 15	Redevelop Simulator	0.07		0		Constant	0	0
22 - 13	Redevelop game	0.02		0		Constant	0	0
22 - 11	Reestablish Objectives	0.01		0		Constant	0	0

Sumber : (Taylor III & Davis, 1977)

### 2.2.2 Hubungan antara Waktu-Sumber Daya Proyek

Dalam tahap perencanaan sumber daya dalam menentukan jenis sumber daya yang digunakan, jumlah sumber daya yang harus digunakan, dan kapan sumber daya tersebut harus digunakan harus direncanakan dengan matang. Sumber

daya dapat berupa manusia, peralatan, dan *raw material* (Project Management Institute, 2013)



Gambar 2. 1 Hubungan Waktu-Biaya-Sumber Daya-pada *Planning Stage*.  
Sumber : (Cahyana, 2015)

Berdasarkan Gambar 2.1, estimasi sumber daya pada setiap aktivitas proyek berpengaruh pada lama durasi penyelesaian aktivitas. Pada sebuah proyek banyak hal – hal tidak terduga yang bisa terjadi pada saat tahap eksekusi. Sebagai contoh saat mesin produksi mengalami kerusakan, hal ini akan menyebabkan *delay* dalam proses produksi yang kemudian menyebabkan durasi penyelesaian produksi menjadi terlambat. Hal ini akan menimbulkan permasalahan lain seperti penambahan pekerja atau jam kerja pekerja untuk mengejar target waktu, terjadinya keterlambatan proses *delivery* kepada pelanggan. Sehingga biaya produksi akan membengkak karena adanya hal – hal yang tidak diprediksi saat *planning*.

Selain kuantitas, kualitas sumber daya yang digunakan juga mempengaruhi durasi aktivitas. Sebagai contoh *staff senior* akan mampu menyelesaikan suatu pekerjaan dalam waktu yang lebih singkat dibandingkan dengan pekerja yang baru.

Kejadian – kejadian tidak pasti yang terjadi selama proses produksi berpengaruh pada lama penyelesaian proyek, dan ketidakpastian lama waktu penyelesaian akan berpengaruh dalam ketidakpastian yang ada dalam kebutuhan jumlah karyawan, dan juga ketidakpastian pada kebutuhan sumber daya lain seperti peralatan dan permesinan.

### 2.2.3 Hubungan antara Biaya-Sumber Daya Proyek

Sebuah proyek yang dilakukan dengan menggunakan sistem kontrak, maka melakukan estimasi biaya aktivitas sangat penting. Karena hasil estimasi biaya ini akan menjadi salah satu dasar dalam penentuan nilai kontrak.

Berdasarkan Gambar 2.1, biaya aktivitas juga dipengaruhi oleh sumber daya yang digunakan dalam aktivitas tersebut. Pada penelitian Cahyana (2015), sumber daya yang digunakan adalah *material*, *equipment*, dan *pekerja*. Jumlah material, jumlah pekerja yang dilibatkan, dan peralatan apa yang digunakan untuk menyelesaikan suatu aktivitas akan menentukan besar biaya aktivitas tersebut. Selain itu juga ada juga ada faktor risiko yang berpengaruh pada besarnya biaya, contoh risiko mesin *breakdown*, risiko produk cacat, risiko inflasi.

### 2.2.4 Ketidakpastian dalam Biaya, Waktu, dan Sumber daya

Saputra dan Latiffianti (2015) menjelaskan model hubungan antara biaya, durasi, dan sumber daya di bawah ketidakpastian seperti pada Tabel 2.2. Ketidakpastian ini muncul ketika perencana proyek tidak yakin dengan lama durasi aktivitas, jumlah *resources* yang digunakan, dan harga satuan sumber daya. Selain itu tingkat harga di pasar juga tidak tentu, nilai tukar mata uang, dan tingkat inflasi.

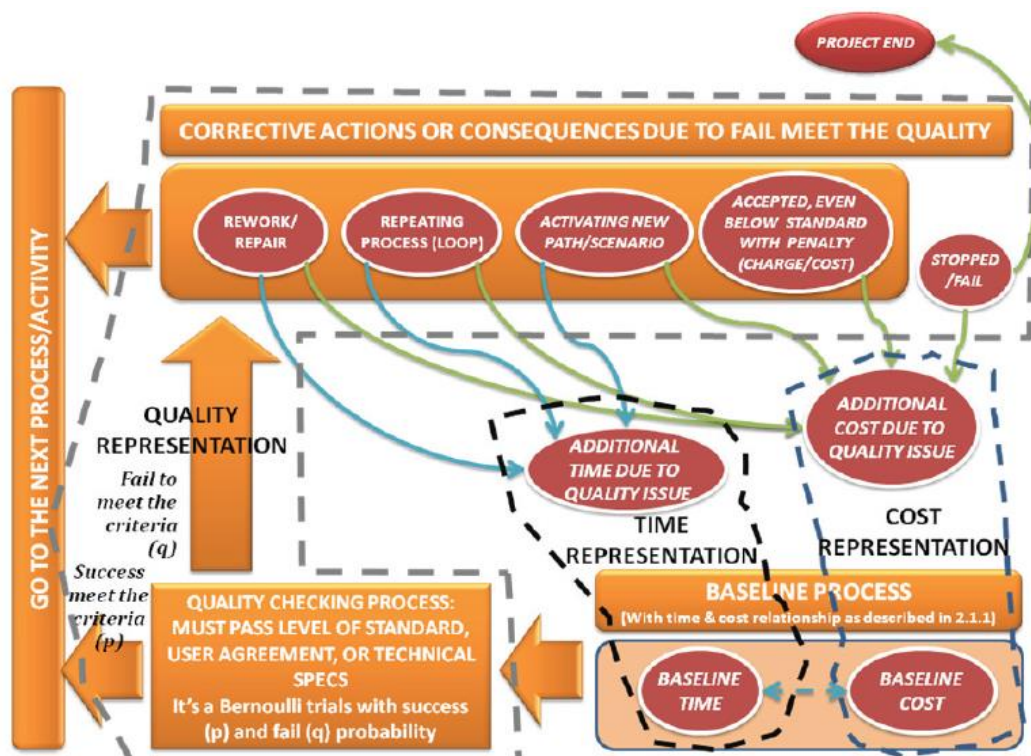
Tabel 2. 2 Model hubungan *Time-Cost-Resources* ketika durasi, *resources usage*, dan *price rate uncertain*

Activity	Estimated resource				Estimated time of resource usage	Cost Function
	Name	Type	Amount	Unit Price or rate/work		
D	D1	Material (Time Based)	Uniform (250-325)lt/week	USD 1.2/lt with currency exchange rate USD to IDR fluctuated at (13200 -13750)	Follow the total duration of activity D	= random uniform (250-325)*1.2*random uniform (13.200 - 13.750)*random discrete((4,5,6);(0.2,0.45,0.35))
	D2	Worker	Discrete uniform (5-7) workers	Rp 3000000 / week	Discrete ((4,5,6)weeks;0.2,0.45,0.35))	= random Discrete uniform (5-7) workers *3000.000*random Discrete ((4,5,6)weeks;0.2,0.45,0.35))
	D3	Equipment	2 units	Normally Distributed IDR (2.000.000, 100.000)/week	The last 2 weeks from activity D's total duration	= 2 * random normal (2.000.000, 100.000)*2

Sumber : (Saputra & Latiffianti, 2015)

### 2.2.5 Hubungan Antara Kualitas, Biaya, dan Waktu di Bawah Ketidakpastian

Pada penelitian Burati et al. (1992), kualitas didefinisikan pada awal *planning* dan berhubungan dengan total biaya. Pada penelitian Saputra dan Ladamay (2011) fokus pada hubungan antara faktor kualitas, biaya, dan waktu penyelesaian. Saputra dan Ladamay mendefinisikan kualitas sebagai “kesesuaian” dengan spesifikasi kebutuhan yang ditetapkan. Berikut adalah model konseptual hubungan antara kualitas, biaya, dan waktu pada penelitian Saputra dan Ladamay.



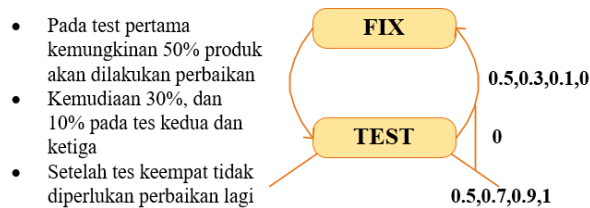
Gambar 2. 2 Model Konseptual Hubungan Kualitas, Biaya, dan Waktu  
Sumber : (Saputra & Ladamay, 2011)

Berdasarkan Gambar 2.2, dimulai dengan proses standar yang memiliki waktu standar penyelesaian dan biaya standar, kemudian jika pada proses tersebut terdapat *quality requirement*, maka dilakukan proses inspeksi. Jika produk memenuhi standar spesifikasi (sukses=p), berarti produk tersebut bisa lanjut ke proses selanjutnya. Namun jika produk gagal memenuhi spesifikasi standar (gagal=q), maka langkah perbaikan apa yang perlu dilakukan untuk menangani *defect* tersebut. Setiap langkah perbaikan, akan menimbulkan tambahan biaya dan tambahan waktu. Pada Gambar 2.2 parameter waktu di gambarkan dengan adanya

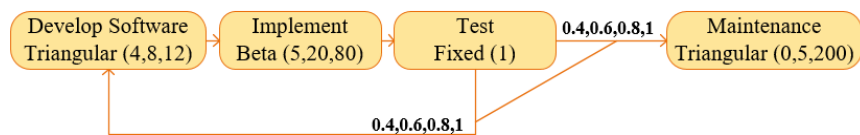
*additional time* dan *baseline time*, parameter biaya digambarkan dengan adanya *additonal cost* dan *base cost*, dan parameter kualitas digambarkan dengan mekanisme inspeksi.

### 2.3 GAN Network (*Generalized Activity Network*)

Dawson dan Dawson (1998) telah mengajukan suatu konsep mengenai adanya kemungkinan terjadinya *looping*. Suatu aktivitas memiliki kemungkinan dilakukan lebih dari satu kali. Pada setiap pengulangan aktivitas memiliki nilai probabilitas sukses meningkat. Dawson memberikan contoh yang sederhana mengenai *repair* “*test and fix sample*” seperti pada Gambar 2.3a. Kemudian untuk *reprocess* Dawson memberikan contoh pada proses pengembangan *software* seperti pada Gambar 2.3 b.



(a) *Repair*



(b) *Reprocess/Repair*

Gambar 2. 3 Contoh GAN Network *Repair* /*Reprocess* dan *Repair*

### 2.4 Monte Carlo Simulation

*Monte Carlo Simulation* adalah salah satu *statistical tool* yang sering digunakan baik di bidang teknik atau nonteknik. Simulasi Monte Carlo juga didefinisikan sebagai suatu skema penggunaan *random number* yang digunakan untuk menyelesaikan permasalahan yang bersifat stokastik atau deterministik dimana fungsi waktu tidak *substantive* (Kelton & Law, 1991). Oleh karena itu

simulasi Monte Carlo umumnya digunakan untuk permasalahan statis daripada yang bersifat dinamis.

Dalam proses simulasi Monte Carlo harus dilakukan beberapa kali pengulangan simulasi, karena *input* data yang bersifat random distribusi. Mengetahui jumlah replikasi minimum dapat dilakukan dengan langkah sebagai berikut (Siswanto, et al., 2018) :

1. Lakukan percobaan dengan jumlah awal replikasi ( $n$ ) tertentu.
2. Jalankan model simulasi dan dapatkan *output* yang menjadi fokus observasi. Dapatkan nilai  $hw$  (*halfwidth*) atau *error* dengan rumus berikut :

$$hw = e = t_{\left(\frac{\alpha}{2}, n-1\right)} \frac{s}{\sqrt{n}} \dots\dots\dots (2.2)$$

keterangan :

$t_{\left(\frac{\alpha}{2}, n-1\right)}$  : nilai dari tabel t distribusi, dengan nilai derajat kebebasan ( $n-1$ ),  
 $\alpha = 5\%$  .

$s$  : Standar deviasi sample simulasi

$n$  : Jumlah replikasi

3. Lakukan evaluasi terhadap nilai  $hw$ , apabila nilainya sudah cukup maka gunakan  $n$  pada percobaan pertama. Namun jika, diinginkan nilai  $hw$  yang lebih kecil maka dilakukan perhitungan  $n'$  dengan menggunakan  $hw$  baru sebagai *input* perhitungan.

$$n' = \left[ \frac{Z_{\frac{\alpha}{2}} s}{hw'} \right]^2 \dots\dots\dots (2.3)$$

Keterangan :

$Z_{\frac{\alpha}{2}}$  : nilai dari tabel z distribusi, dengan nilai  $\alpha = 5\%$  .

$s$  : Standar deviasi sample simulasi

$hw'$  : tingkat error yang dihendaki

Setelah menghitung jumlah replikasi *minimal* yang harus dilakukan, maka langkah selanjutnya adalah menentukan interval kepercayaan keandalan proyek, dengan menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$\bar{X} - t_{\frac{\alpha}{2}, n-1} \frac{s}{\sqrt{n}} \leq \mu_{Pr} \leq \bar{X} + t_{\frac{\alpha}{2}, n-1} \frac{s}{\sqrt{n}} \dots\dots\dots (2.4)$$

Keterangan:

$t_{(\frac{\alpha}{2}, n-1)}$  : nilai dari tabel t distribusi, dengan nilai derajat kebebasan (n-1),  
 $\alpha = 5\%$  .

s : Standar deviasi hasil simulasi

n : Jumlah replikasi

$\bar{x}$  : rata – rata hasil simulasi

$\mu_{Pr}$  : nilai keandalan proyek

## 2.5 Biaya Pokok Produksi

Menurut Mulyadi (2010), harga pokok produksi biaya – biaya yang terlibat dalam proses pengolahan bahan baku menjadi produk jadi yang siap untuk dijual atau dikirim kepada pelanggan. Metode penentuan biaya pokok produksi ditentukan oleh cara tipe produksi masing – masing perusahaan. Terdapat 2 metode, yakni produksi atas dasar pesanan (*job order costing*), dan produksi atas dasar proses (*process costing*). Berikut adalah penjelasan singkat mengenai *job order costing*, dan *process costing*:

### a) *Job order costing*

Metode *job order costing* adalah metode pengumpulan harga pokok produk dimana biaya dikumpulkan untuk setiap pesanan atau kontrak secara terpisah. Proses produksi baru dilaksanakan setelah ada pesanan dari pelanggan melalui *order card* yang berisi jenis dan jumlah barang yang dipesan, spesifikasi pesanan, tanggal pesanan masuk, *scope* pekerjaan, tanggal penyerahan produk, dan nilai kontrak. Untuk menghitung biaya produksi dengan menggunakan metode ini dapat digunakan persamaan berikut:  
 $HPP = Direct Cost + Overhead Cost \dots\dots\dots(2.5)$

Penjelasan mengenai *direct cost*, dan *overhead cost* akan dijelaskan lebih mendalam pada bagian subbab selanjutnya.

### b) *Process costing*

Metode *process costing* merupakan metode penentuan harga pokok dimana biaya diakumulasikan untuk setiap satuan waktu tertentu, misal: bulan, triwulan, semester, tahun. Perusahaan yang menerapkan metode ini

adalah perusahaan – perusahaan yang menghasilkan produk yang *homogeny*, tidak tergantung pada spesifikasi pelanggan, dan biasanya produksi kontinyu. Contoh: perusahaan oli, perusahaan *consumer goods*.

Berikut adalah komponen – komponen penyusun pada harga pokok produksi berdasarkan metode *job order costing*:

### 2.5.1 *Biaya Tenaga Kerja Langsung*

Biaya tenaga kerja langsung adalah biaya upah pekerja yang terintegrasi dengan biaya akhir produk dan memiliki porsi yang signifikan terhadap biaya akhir produk (Warren, et al., 2009) . Tenaga kerja langsung adalah tenaga kerja yang berhubungan langsung dengan proses konversi bahan baku menjadi produk akhir. Untuk menghitung biaya tenaga kerja langsung dapat menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$Direct Labor Cost = \sum_{n=1}^n Q_n \times CDL_n \times TC_n \times Probability \dots\dots\dots (2.6)$$

Keterangan:

- |     |                      |             |                               |
|-----|----------------------|-------------|-------------------------------|
| Q   | : Jumlah pekerja     | Probability | :1, jika proses dilakukan     |
| CDL | : Tarif upah perjam  |             | :0, jika proses tidak terjadi |
| TC  | : Waktu penyelesaian | n           | : aktivitas ke n              |

### 2.5.2 *Biaya Material Langsung*

Biaya material langsung adalah biaya material yang terintegrasi dengan biaya akhir produk dan memiliki porsi yang signifikan terhadap biaya akhir produk (Warren, et al., 2009). Biaya material langsung adalah biaya yang dikeluarkan untuk membeli bahan baku yang akan digunakan untuk menghasilkan suatu produk jadi dalam volume tertentu.

### 2.5.3 *Biaya Overhead*

Biaya *overhead* adalah biaya – biaya selain *direct labour* dan *direct material* yang timbul selama proses produksi (Warren, et al., 2009). Menurut Mulyadi (2010), berikut adalah beberapa biaya yang termasuk dalam komponen biaya *overhead* :



a) Biaya bahan penolong (*consumable item*)

Biaya bahan penolong adalah biaya yang timbul karena adanya bahan tambahan yang dibutuhkan untuk menghasilkan produk. Tanpa adanya bahan baku penolong, maka produk tidak bisa diproduksi. Nilainya pada biaya akhir produk relatif kecil. Contoh bahan penolong: kacamata potong, kacamata gerinda, masker kain, sapu tangan.

b) Biaya tenaga kerja tidak langsung

Tenaga kerja tidak langsung adalah tenaga kerja yang dibutuhkan dalam proses produksi, namun tidak terlibat langsung pada proses produksi. Sehingga biaya tenaga kerja tidak langsung tidak dapat diperhitungkan secara langsung. Contoh yang termasuk dalam tenaga kerja tidak langsung: *staff* gudang, *staff* PPIC, manajer, supervisor.

c) Biaya permesinan

Biaya pemesanan biaya yang dikeluarkan untuk proses *fabrikasi* yang dilakukan dengan mesin. Untuk menghitung besar biaya permesinan dapat dihiutng menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$\sum_{n=1}^n ((Q_n \times CDM_n \times TC_n \times Prob) + (Q_n \times Power \times TDL \times TC_n \times Prob)) \dots \dots \dots (2.7)$$

Keterangan:

- |       |                      |             |                                |
|-------|----------------------|-------------|--------------------------------|
| Q     | : Jumlah mesin       | Probability | : 1, jika proses dilakukan     |
| CDM   | : Tarif upah perjam  |             | : 0, jika proses tidak terjadi |
| TC    | : Waktu penyelesaian | n           | : aktivitas ke n               |
| Power | : daya input kWh     | TDL         | : Tarif Dasar Listrik (Rp/kwh) |

d) Biaya *overhead* lainnya

Biaya penunjang lain yang termasuk dalam biaya *overhead* lainnya ialah biaya perawatan dan perbaikan, beban operasional, dan biaya – biaya tambahan lain yang timbul selama proses produksi.

2.5.4 *Pembebanan Biaya Overhead*

Terdapat beberapa metode yang dapat digunakan untuk menghitung pembebanan biaya *overhead* pabrik. Berikut adalah penjelasan masing – masing metode pembebanan biaya *overhead*:

- a) Satuan produk

Metode ini adalah metode yang paling sederhana dan langsung membebankan biaya *overhead* pabrik kepada jumlah produk. Berikut adalah persamaan yang dapat digunakan untuk menghitung biaya *overhead*:

$$\text{Biaya overhead per unit} = \frac{\text{Taksiran BOP}}{\text{Jumlah produk dihasilkan}} \dots\dots\dots (2.8)$$

- b) Biaya bahan baku

Tarif biaya overhead pabrik yang menggunakan dasar biaya bahan baku dihitung berdasarkan persentase tertentu dari biaya bahan baku, rumus perhitungan tarif sebagai berikut :

$$\% \text{ OH dari bahan baku} = \frac{\text{Taksiran BOP}}{\text{Taksiran biaya bahan baku}} \times 100\% \dots\dots\dots (2.9)$$

- c) Biaya tenaga kerja langsung

Tarif biaya overhead pabrik yang menggunakan dasar biaya tenaga kerja langsung dihitung berdasarkan persentase tertentu dari biaya tenaga kerja langsung, rumus perhitungan tarif sebagai berikut :

$$\% \text{ OH dari DL} = \frac{\text{Taksiran BOP}}{\text{Taksiran biaya direct labor}} \times 100\% \dots\dots\dots (2.10)$$

- d) Jam kerja langsung

Dasar jam kerja langsung bermanfaat untuk menghilangkan kelemahan yang disebabkan tarif upah yang berfluktuasi dari waktu ke waktu dan perbedaan tarif upah karena tingkat keahlian karyawan. Adapun rumus tarif sebagai berikut :

$$\text{OH per jam kerja langsung} = \frac{\text{Taksiran BOP}}{\text{Taksiran jam kerja langsung}} \times 100\% (2.11)$$

**2.6 Validasi Model**

Untuk memastikan bahwa model simulasi yang dikembangkan sudah mewakili sistem *real*, maka dilakukan proses validasi model. Validasi dilakukan dengan membandingkan hasil *output* simulasi dengan realisasi

Dengan hipotesa awal dan hipotesa alternatif untuk membanding rata – rata total *output* simulasi  $\mu_1$  dan *output* realisasi  $\mu_2$  sebagai berikut (Siswanto, et al., 2018):

$$H_0 : \mu_1 = \mu_2$$

$$H_a : \mu_1 \neq \mu_2$$

Apabila H0 secara statistik dapat dibuktikan benar, maka artinya sistem aktual dan model simulasi tidak berbeda secara signifikan atau model dapat dikatakan valid. Namun apabila yang diterima adalah pernyataan kedua (Ha), artinya model simulasi dan sistem nyata berbeda secara signifikan.

Proses validasi dilakukan dengan menggunakan uji student's t. Berikut adalah langkah – langkah proses uji t-test:

1. Hitung rata – rata dan standar deviasi dari masing – masing sample yang diprerbandingkan, kemudian tentukan nilai standar deviasi gabungan 2 populasi. Berdasarkan persamaan sebagai berikut:

$$Sp = \sqrt{\frac{(n1-1)s1^2+(n2-1)s2^2}{n1+n2-2}} \dots\dots\dots (2.12)$$

keterangan:

- Sp : Standar deviasi gabungan                      n1 : jumlah sampel1
- S1 : Standar deviasi sample-1                      n2 : jumlah sample 2
- S2 : Standar deviasi sample-2

2. Menentukan nilai tingkat signifikansi atau  $\alpha$ . Kemudian mencari nilai t-kritis, dengan nilai  $\alpha/2$ , serta derajat kebebasan (df)=n1+n2-2.
3. tentukan nilai t hitung dari data yang diuji dengan meggunakan persamaan sebagai berikut:

$$t = \frac{(\bar{x1}-\bar{x2})-(\mu_1-\mu_2)}{Sp\sqrt{\frac{1}{n1}+\frac{1}{n2}}} \dots\dots\dots (2.13)$$

4. Membuat kesimpulan dengan membandingkan nilai t-hitung dan t-kritis. Apabila nilai t hitung, berada pada daerah penerimaan t-kritis, maka simpulkan bahwa *output* simulasi dan *output* aktual tidak berbeda secara signifikan, sehingga model dapat dikatakan valid.

## 2.7 Penelitian Terdahulu

Pada sub bab ini akan ditampilkan beberapa penelitian – penelitian yang telah ada sebelumnya yang terkait dengan penelitian tugas akhir. Tabel 2.3 menjelaskan perbandingan penelitian – penelitian tersebut.

Tabel 2. 3 Perbandingan Penelitian Terdahulu

No	Nama	Judul	Tahun	Sifat		Relationship			
				Deterministik	Stokastik	Cost	Time	Quality	Resources
1	Walker dan Kelley	CPM	1950	v			v		
2	Hamilton	PERT	1950		v		v		
3	Taylor dan Davis	Evaluating Time/Cost Factors of Implementation via GERT Simulation	1978		v	v	v		
4	Kidd	A Comparison between The VERT Program and Other Method of Project Duration Estimation	1987		v	v	v	v	
5	Burati	Causes of Quality Deviation in Design and Construction	1992		v	v		v	
6	Chau	The Validity of the Triangular Distribution Assumption in Monte Carlo Simulation of Construction Cost. Empirical Evidence from Hongkong	1995		v	v			
7	Babu dan Suresh	Project Management with Time, Cost, and Quality Consideration.	1996	v		v	v	v	
8	Dawson dan Dawson	Practical Proposal for Managing uncertainty and Risk in Project Planning	1998		v	v		v	
9	Elkjaer	Stochastic Budget Simulation	2000		v	v			
10	Yamashita & Laguna	Scatter Search for Project Scheduling with Resources	2004	v		v			

Tabel 2. 3 Perbandingan Penelitian Terdahulu (Lanjutan)

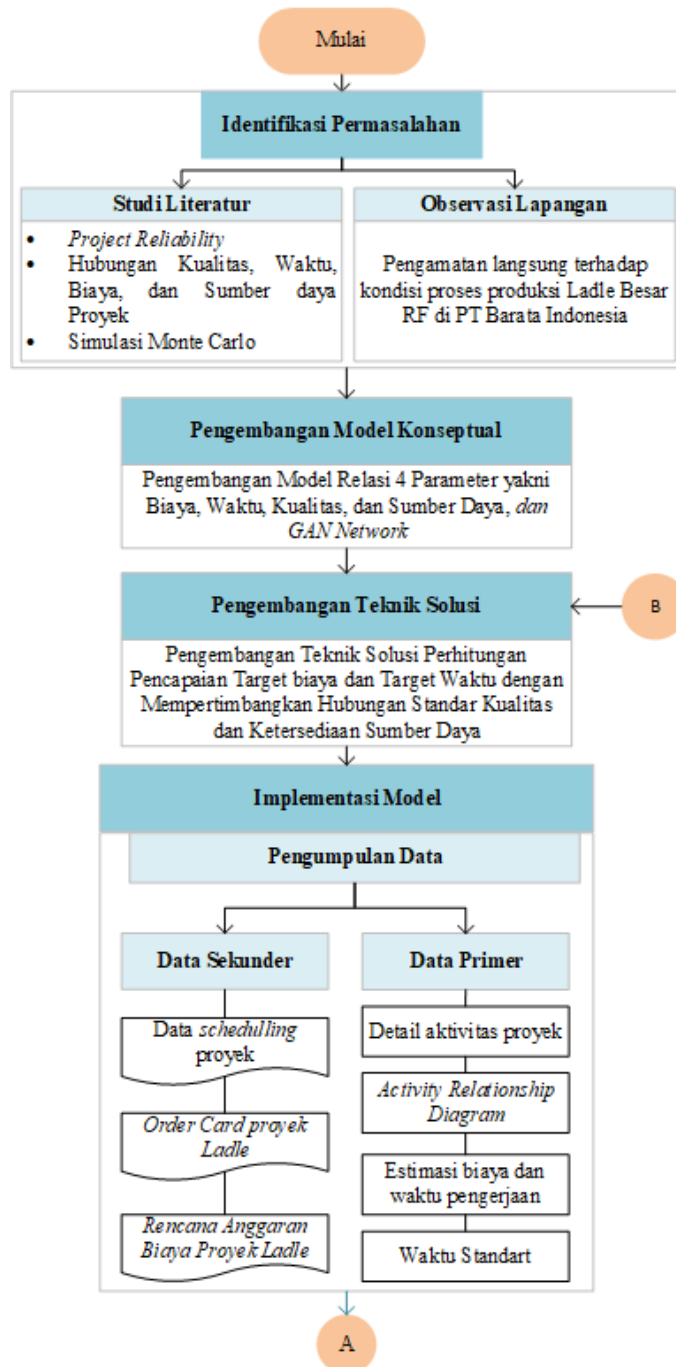
No	Nama	Judul	Tahun	Sifat		Relationship			
				Deterministik	Stokastik	Cost	Time	Quality	Resources
11	Kurniyawan	Analisis Anggaran Biaya dan Resources Levelling untuk Efisiensi Pekerja pada Proyek Pembangunan Gedung Sekolah Menengah Umum Al-Azhar di Bumi Serpong Damai	2007	v		v	v		
12	Saputra dan Ladamay	Project Reliability : Probability of A Project Meets its Quality-Cost-Time Target Under Uncertainty	2011		v	v	v	v	
13	Kiat NG dan Anuar	The Role of Time, Cost and Quality in Project Management	2011		v	v	v	v	
14	Czarnigowska & Sobotka	Time-Cost Relationship for Predicting Construction Duration	2013	v		v	v		
15	Saputra dan Latiffianti	Project Reliability Model Considering Time – Cost – Resource Relationship under Uncertainty	2015		v	v	v		v
16	Cahyana	Pengembangan Model Keandalan Proyek dengan Mempertimbangkan Hubungan Waktu , Biaya, dan Sumber Daya di bawah Ketidakpastian	2015		v	v	v		v
17	Nugraha	Pemodelan Evaluasi Keberhasilan Proyek dalam Memenuhi Target dan Analisis Risiko pada Proyek Inboard Outer Fixed Leading Rdge PT. Dirgantara Indonesia dengan Menggunakan Konsep Project Reliability	2016		v	v	v	v	

**(Halaman ini Sengaja dikosongkan)**

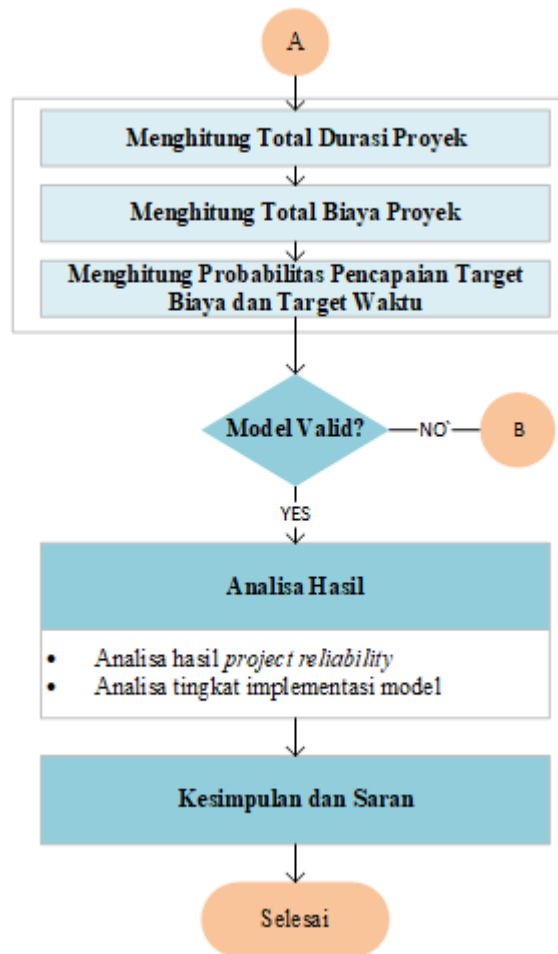
## BAB 3

### METODOLOGI PENELITIAN

Pada bab ini akan dijelaskan mengenai langkah – langkah yang akan dilakukan dalam penelitian tugas akhir. Berikut adalah *flowchart* pengerjaan tugas akhir.



Gambar 3. 1 *Flowchart* metodologi penelitian



Gambar 3. 1 *Flowchart* metodologi penelitian (Lanjutan)

Berikut akan dijelaskan mengenai tahapan – tahapan dari penelitian tugas akhir ini, yakni Identifikasi permasalahan dan tujuan peneltian, melakukan studi literature, observasi lapangan, pengembangan model hubungan relasi biaya, waktu, kualitas, dan sumber daya, mengembangkan teknik solusi perhitungan probabilitas pencapaian target biaya dan target waktu, kemudian melakukan implementasi model dimulai dengan pengumpulan data sekunder dan data primer objek studi kasus, menghitung total waktu simulasi, menghitung total biaya simulsai, menghitung probabilitas pencapaian target biaya dan target waktu, validasi model, analisis hasil simulasi dan analisis implemenatsi model, kemudian memberikan kesimpulan dan saran.



### **3.1 Identifikasi Permasalahan dan Tujuan penelitian**

Pada bagian ini dijelaskan proses identifikasi permasalahan dan tujuan dari penelitian. Identifikasi permasalahan dilakukan dengan melakukan studi literatur mengenai berbagai keandalan proyek dan juga melakukan pengamatan langsung di PT Barata Indonesia untuk memilih proyek yang sesuai dengan kriteria objek amatan peneliti. Dari hasil studi literature mengenai keandalan proyek, dan pengamatan langsung di rantai produksi didapatkan ide dasar pengembangan model relasi 4 parameter yakni biaya, waktu, sumber daya, dan kualitas. Permasalahan yang ingin diteliti dari penelitian ini adalah bagaimana memodelkan probabilitas pencapaian target biaya dan target waktu proyek dengan mempertimbangkan hubungan antara standar kualitas dengan ketersediaan sumber daya di bawah ketidakpastian. Sehingga tujuan dari penelitian ini adalah mengembangkan model konseptual hubungan parameter biaya, waktu, sumber daya, dan kualitas, dan mengembangkan teknik solusi perhitungan probabilitas pencapaian target biaya, dan target waktu proyek dengan mempertimbangkan hubungan antara standar kualitas dengan ketersediaan sumber daya di bawah ketidakpastian, kemudian menguji model yang dikembangkan pada studi kasus nyata *job order*.

### **3.2 Studi Literatur**

Pada bagian ini akan dijelaskan mengenai beberapa studi literatur yang telah dilakukan penulis. Berikut adalah beberapa literatur yang digunakan penulis sebagai dasar dalam pengembangan tugas akhir yakni konsep *project reliability* yang dikembangkan oleh Saputra dan Ladamay (2011) manajemen proyek, simulasi Monte Carlo. Beberapa konsep yang menyusun *project reliability* meliputi konsep *The Iron Triangle* (waktu, biaya, dan kualitas), *project activity network* (CPM, PERT, GAN), konsep mengenai ketidakpastian dalam proyek, dan konsep penggolongan biaya berdasarkan *job order costing*.

### **3.3 Pengamatan Lapangan**

Pengamatan lapangan dilakukan dengan tujuan mengetahui implementasi dari hubungan anytar 4 parameter yang diteliti dan mengetahui alur dan kondisi nyata dari setiap proses produksi ladle besar RF. Dari hasil pengamatan lapangan,

maka penulis dapat mengetahui kondisi nyata di rantai produksi dan dapat melakukan wawancara langsung dengan operator yang bertugas mengenai detail proses produksi, dan kejadian – kejadian apa saja yang mempengaruhi proses produksi. Serta penulis juga melakukan pengamatan langsung untuk membantu proses validasi hasil estimasi lama waktu proses.

### **3.4 Pengembangan Model**

Pada tahap ini dikembangkan usulan model konseptual hubungan antara kualitas, biaya, waktu, dan sumber daya. Model konseptual hubungan yang dikembangkan adalah pengembangan model konseptual dari Saputra dan Ladamay mengenai hubungan antara kualitas, biaya, waktu dan model dari penelitian Cahyana mengenai hubungan antara biaya, waktu, dan sumber daya. Kemudian mengembangkan model *GAN Network* 4 parameter.

### **3.5 Pengembangan Teknik Solusi**

Pada tahap ini dibuat usulan teknik perhitungan probabilitas pencapaian target biaya dan target waktu dengan mempertimbangkan standar kualitas dan ketersediaan sumber daya dibawah ketidakpastian dengan menggunakan simulasi Monte Carlo.

### **3.6 Implementasi Model**

Pada tahap ini model yang telah dikembangkan akan diimplimentasikan pada salah satu kasus nyata yakni *job order* ladle di PT Barata Indonesia. Tahap implementasi sebagai berikut:

#### *3.6.1 Pengumpulan Data*

Pada tahap ini dilakukan pengambilan data. Terdapat 2 jenis yang digunakan oleh penulis yakni data primer dan data sekunder. Data primer adalah data yang diperoleh dengan menggunakan pengamatan langsung, Beberapa data primer yang dikumpulkan meliputi waktu standart proses produksi yang diperoleh dengan melakukan, nilai estimasi biaya dan waktu setiap aktivitas yang diperoleh dari hasil diskusi dengan *expert*. Sedangkan data sekunder adalah data yang

diperoleh peneliti dari sumber yang sudah ada. dalam penelitian ini data sekunder yang digunakan adalah data *scheduling* dari proyek Ladle Besar RF, dan *order card* untuk proyek ladle.

### 3.6.2 *Menghitung Total Durasi Proyek*

Pada tahap ini dilakukan *generate* nilai acak untuk variabel waktu berdasarkan estimasi waktu penyelesaian untuk mendapatkan waktu penyelesaian pada setiap proses, kemudian menghitung total durasi penyelesaian dengan menerapkan aturan *network*.

### 3.6.3 *Menghitung Total Biaya Proyek*

Pada tahap ini dilakukan *generate* nilai acak untuk setiap variabel komponen yang *inputnya* berupa distribusi. Kemudian menghitung total biaya produksi.

### 3.6.4 *Menghitung Probabilitas Pencapaian Target Biaya dan Target Waktu*

Nilai indeks pencapaian target biaya dan target waktu didapatkan dengan membandingkan *output* total biaya dan total waktu dengan target biaya dan target waktu. Jika Total waktu dan biaya  $\leq$  target waktu dan target biaya, maka nilai indeks pencapaian target = "1". Namun jika salah satu *output* biaya atau waktu  $>$  target biaya atau waktu, maka nilai indeks pencapaian target = "0".

## 3.7 **Validasi Model Simulasi**

Pada tahap ini dilakukan validasi model perhitungan probabilitas pencapaian target biaya dan target waktu dengan realisasi waktu penyelesaian dan biaya produksi 1 unit ladle. Proses validasi dilakukan dengan membandingkan *output* simulasi dengan realisasi di lapangan.

## 3.8 **Analisis Hasil**

Pada tahap ini dijelaskan mengenai analisis hasil implementasi model pada studi kasus ladle yakni meliputi analisis total waktu, total biaya produksi, analisis *ouput* probabilitas pencapaian target waktu dan target biaya. analisis mengenai

faktor – faktor yang berpengaruh pada masing – masing *output* simulasi. Kemudian dilakukan analisis tingkat implementasi model yang berisi kelebihan dan kelemahan model yang dikembangkan.

### **3.9 Kesimpulan dan Saran**

Pada bagian ini akan dijelaskan kesimpulan akhir dari peneltian tugas akhir ini, dan pemberian saran oleh penulis agar penelitian selanjutnya lebih baik.

## **BAB 4**

### **IMPLEMENTASI MODEL**

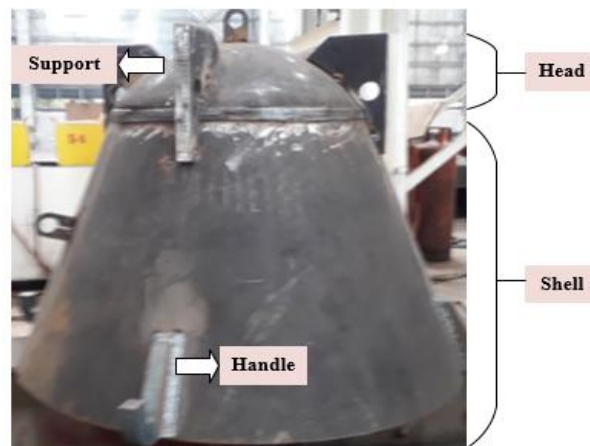
Pada bab ini dijelaskan mengenai implementasi model yang telah dikembangkan pada bab sebelumnya pada studi kasus *job order* beserta analisis.

#### **4.1 Deskripsi Produk**

Studi kasus yang digunakan adalah kasus *job order* produk manufaktur di PT Barata Indonesia. PT Barata Indonesia adalah salah satu perusahaan BUMN di Indonesia yang memiliki 3 bidang usaha, yakni pengecoran (*Foundry*), manufaktur (Pabrik Industri Berat), dan *Engineering Procurement Construction* (EPC) (PT Barata Indonesia, 2018). Beberapa produk manufaktur yang dihasilkan oleh PT Barata Indonesia diantaranya adalah *bogie*, *valve*, *truck frame*, dan lain – lain.

Sistem produksi yang diterapkan di PT Barata Indonesia adalah *job order*. Sistem produksi *job order* adalah sistem produksi yang hanya dilakukan apabila ada *order* yang diterima dari konsumen. Setiap detail pekerjaan ditentukan oleh calon pembeli. Pada periode Februari PT Barata Indonesia menerima *order* untuk memproduksi 20 unit ladle Dengan cakupan pekerjaan meliputi *loading/ unloading* material ke mesin, proses fabrikasi, *consumable item*, dan laporan dimensi. Material utama dari ladle yakni plat besi baja dengan tebal 38 mm yang disediakan oleh *customer*, sehingga PT Barata Indonesia tidak menyediakan material utama. PT Barata Indonesia tidak bertanggung jawab atas proses pengiriman plat besi baja dari *customer* ke PT Barata Indonesia dan pengiriman *finished* ladle kepada *customer*.

Ladle adalah wadah berbentuk kuali cekung yang digunakan untuk menampung cairan logam yang dipanaskan. Sebuah ladle terdiri dari 4 komponen utama, yakni *head* (bagian kepala), *shell* (badan ladle), aksesoris (*handle* dan *support*). Tinggi ladle adalah 1,5 meter dengan diameter luar *shell* 1,206 meter, dan diameter luar kepala 0.7 meter. Berikut adalah gambar *finished ladle* dengan penjelasan masing – masing komponen.

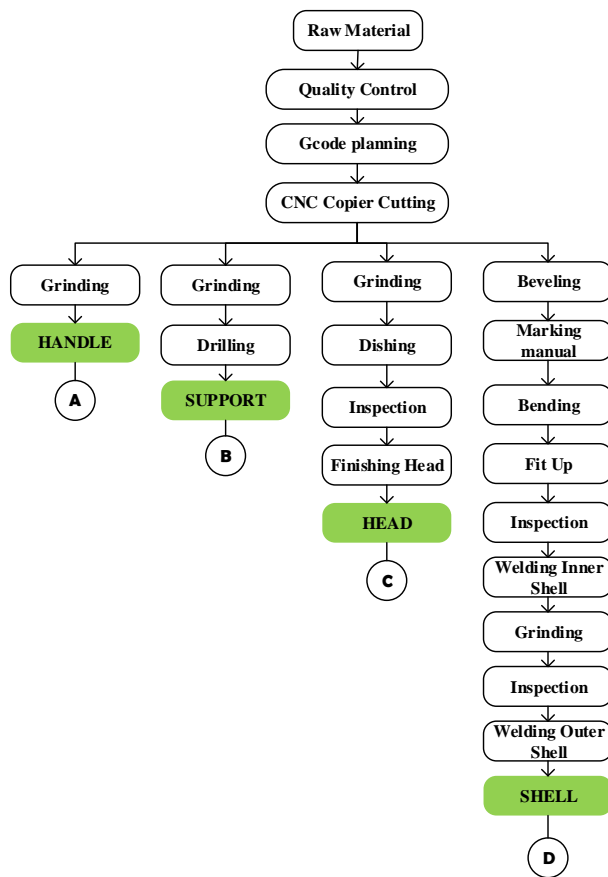


Gambar 4. 1 Produk Ladle

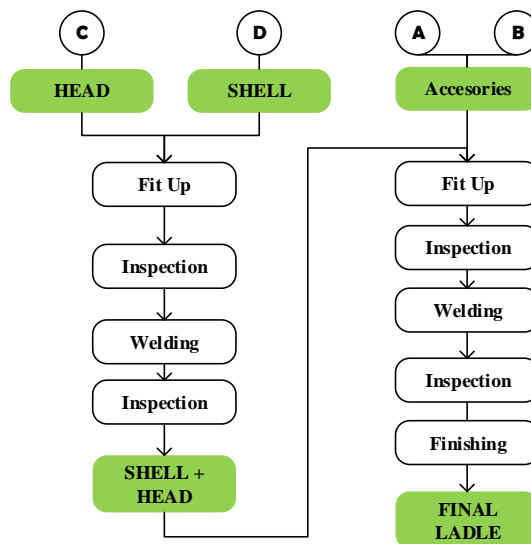
Gambar 4.2 adalah *flow process* produksi unit Ladle. Proses produksi ladle dilakukan dengan sistem *batch*, yakni untuk satu kali produksi menghasilkan 2 unit ladle. Proses produksi diawali dengan proses *cutting* plat, kemudian produksi *shell*, *head*, *support*, dan *handle* ladle. Setelah semua komponen diproduksi, maka proses selanjutnya adalah proses *assembly* komponen ladle. *Flow proses* merupakan diagram alir yang menunjukkan alur informasi untuk pengerjaan suatu produk. Dengan mengetahui *flow proses* maka dapat diketahui detail proses produksi, urutan pengerjaan suatu produk, dan juga sumber daya yang dibutuhkan untuk menyelesaikan produk. Sehingga dapat dibuat penjadwalan produksi ladle, dan perencanaan kebutuhan sumber daya, dan *GAN Network*.

. Pada kondisi nyata, PT Barata Indonesia belum memperhitungkan ketidakpastian pada lama waktu penyelesaian, ketersediaan sumber daya, dan probabilitas terjadinya *repair* dan *reprocess*. Sehingga ketika tahap *planning*, perencanaan dan perhitungan dilakukan secara deterministik.

Pada pengerjaan tugas akhir ini, model simulasi yang dibuat telah mempertimbangkan faktor ketidakpastian dan merupakan model untuk memproduksi 1 unit ladle. Hal ini dikarenakan penulis ingin mengetahui biaya pokok produksi dan waktu produksi untuk 1 unit ladle, dan membandingkan dengan target biaya pokok produksi dan waktu standart untuk produksi 1 unit ladle. Sehingga untuk data waktu penyelesaian, kebutuhan pekerja langsung, biaya permesinan, dan biaya pemakaian listrik, dan biaya *overhead* adalah data untuk kebutuhan 1 unit ladle



(a)



(b)

Gambar 4. 2 a) Proses fabrikasi unit Ladle b) assembly komponen ladle

Berikut adalah gambar GAN Network dari proses fabrikasi *shell*, *head*, *support*, *handle* ladle dan GAN Network proses *assembly* komponen.

**(Halaman ini sengaja dikosongkan)**



GAN NETWORK

<b>Proses Inspeksi Fit Up</b>	
Waktu (hour)	
Triangular:	0,30      0,50      0,80
Sumber Daya (unit)	Biaya (Rp/h)
Man: Staff QC (1)	-

Gambar 4. 3 GAN Network Fabrikasi Shell Ladle

<b>Proses Inspeksi Fit Up</b>		
Waktu (hour)		
Triangular:	0,30	0,50      0,80
Sumber Daya (unit)	Biaya (Rp/h)	
Man: Staff QC (1)	-	

Gambar 4. 4 Network Fabrikasi Head, Handle, Support Ladle

<b>Proses Inspeksi Fit Up</b>		
Waktu (hour)		
Triangular:	0,30	0,50 0,80
Sumber Daya (unit)	Biaya (Rp/h)	
Man: Staff QC (1)	-	

Gambar 4. 5 GAN Network Assembly

**(Halaman ini sengaja dikosongkan)**

Dari GAN Network yang telah dibuat untuk masing – masing proses telah dijelaskan mengenai hubungan antara biaya, waktu, kualitas, dan sumber daya. Parameter biaya telah *direpresentasikan* dengan adanya tabel biaya perunit perjam penggunaan sumber daya, parameter waktu telah dijelaskan pada estimasi distribusi waktu, parameter sumber daya dijelaskan dengan tabel kebutuhan setiap sumber daya pada masing – masing proses, parameter kualitas dijelaskan dengan adanya probabilitas sukses dan gagal mencapai standar kualitas kemudian *action* perbaikan.

Hubungan antara sumber daya mempengaruhi waktu seperti yang dijelaskan pada bab 4.2.2 juga telah digambarkan, dengan adanya 2 kemungkinan estimasi waktu berdasarkan ketersediaan sumber daya pekerja dan mesin.

## **4.2 Pengumpulan Data**

Beberapa data yang diperlukan untuk mengimplementasikan konsep perhitungan estimasi pencapaian target biaya dan target waktu pada *order* ladle meliputi data primer dan data sekunder. Pengambilan data primer dilakukan dengan wawancara dan melakukan pengamatan langsung di lantai produksi ladle. Wawancara dilakukan dengan Staff PPIC yang bertanggung pada perencanaan produksi ladle, operator masing – masing proses, dan *supervisor* yang bertanggung jawab pada proyek produksi ladle. Wawancara dilakukan untuk mengetahui detail proses produksi ladle, estimasi waktu penyelesaian setiap proses, informasi mengenai standar kualitas, estimasi kebutuhan sumber daya pada setiap proses. Sedangkan data sekunder yang dibutuhkan meliputi data Rencana Anggaran Biaya proyek ladle, data harga satuan pekerja, mesin, dan *consumable* material, data penggajian, data realisasi produksi.

### *4.2.1 Waktu Proses Produk Ladle*

Pada kondisi *existing* tahap perencanaan proyek ladle, waktu produksi dianggap sebagai deterministik. Sehingga pada saat proses perencanaan belum mengakomodasi adanya kemungkinan jika waktu produksi di lapangan lebih lama dari perencanaannya. Dalam penelitian Tugas Akhir ini, perencanaan yang dibuat berdasarkan waktu penyelesaian yang mempertimbangkan faktor – faktor tidak

pasti yang ada di lantai produksi. Jumlah operator yang tersedia, jumlah mesin yang tersedia, jenis material yang diproses, dan kemungkinan terjadinya *rework/reprocess*, atau *repair* menjadi faktor – faktor yang berpengaruh pada waktu penyelesaian.

Estimasi waktu produksi didapatkan dari *expert judgment*. Dari proses tanya jawab dengan operator masing - masing mesin, dan staff PPIC yang bertanggung jawab dalam proyek ladle didapatkan tiga point estimasi waktu penyelesaian setiap proses dalam produksi ladle. *Expert judgment* dilakukan karena belum ada proyek pembuatan ladle sebelumnya, sehingga tidak ada data histori yang dapat digunakan sebagai dasar estimasi waktu penyelesaian. Berikut adalah tabel estimasi waktu penyelesaian dari setiap proses pembuatan ladle.

Tabel 4. 1 Waktu Proses

NO	Process		Pred	Completion Time (hour)		
				Min	Mod	Max
1	Gcode Cutting plan		-	16	24	32
2	Head Ladle					
	2,1	CNC Coppier Cutting	-	4,0	5,0	6,0
	2,2	Grinding	2,1	1,5	2,0	3,0
	2,3	Dishing	2,2	4,3	4,6	5,0
				4,0	4,0	4,5
	2,4	Inspeksi	2,3	0,3	0,5	0,8
		<i>Repair Dishing</i>	2,4	1,5	2,0	3,0
				1,00	1,5	2,5
	2,5	Finishing	2,4	0,7	1,3	1,5
3	Shell Ladle					
	3,1	CNC Coppier Cutting	2,1	4,0	5,0	6,0
	3,2	Beveling	3,1	1,0	2,0	3,0
				1,00	1,75	2,5
	3,3	Marking Manual	3,2	0,2	0,3	0,3
	3,4	Bending	3,3	3,0	4,0	5,0
		<i>Repair Bending</i>	3,4	1,5	2,5	3,0
	3,5	Fit Up	3,4	3,0	4,0	5,0
	3,6	Inspeksi	3,5	0,3	0,5	0,8
		<i>Repair Fit Up Shell</i>	3,6	3,5	4,5	5,5
	3,7	Welding Inner Shell	3,6	3,0	3,5	4,0
				1,75	2,0	2,5
	3,8	Grinding	3,7	1,0	1,5	2,0
				1,0	1,0	1,5
	3,9	Inspeksi	3,8	0,3	0,5	0,8
		<i>Repair Welding-Grinding (Finishing)</i>	3,9	1,0	1,5	2,0
	3,10	Welding Outer Shell	3,9	2,5	3,0	4,0
				2,0	2,5	3,5

Tabel 4. 1 Waktu Proses (Lanjutan)

4	Support Laddle					
	4,1	Grinding	2,1	4,0	4,2	4,4
	4,2	Drilling	4,1	2,0	3,0	4,0
				2,0	2,5	3,5
5	Handle Laddle					
	5,1	Grinding	2,1	4,0	4,2	4,4
6	Assembly					
	6,1	Fit Up Head to Shell	2,5;3,10	3,0	4,0	4,4
				3,0	3,5	4,0
	6,2	Quality Control	6,1	0,3	0,5	0,8
		ReProcess Fit Up (head-shell)	6,2	3,0	4,0	4,4
				3,0	3,5	4,0
	6,3	Welding Head to Shell	6,2	3,0	3,5	4,0
				2,5	3,0	3,5
	6,4	Quality Control	6,3	0,3	0,5	0,8
		Repair Welding Head-Shell	6,4	1,0	1,2	1,5
	6,5	Fit Up Support + Handle to Body	4,2;5,1;6,4	3,0	4,0	4,4
				2,5	3,5	4,0
	6,6	Quality Control	6,5	0,3	0,5	0,8
		ReProcess Fit Up (support-handle)	6,6	3,0	4,0	4,4
				2,5	3,5	4,0
	6,7	Welding Accessories (Support+Handle)	6,6	3,0	3,5	4,0
				2,0	2,5	2,5
	6,8	Quality Control	6,7	0,3	0,5	0,8
		Repair Welding Accessories	6,8	0,5	1,2	2,0
	6,9	Finishing Laddle	6,8	4,0	5,0	6,0
				3,5	4	5

Dari Tabel 4.1 terlihat bahwa terdapat beberapa proses yang memiliki 2 estimasi waktu proses. Sebagai contoh pada proses *dishing*, terdapat dua estimasi waktu proses. Hal ini dikarenakan pada proses *dishing* jumlah *helper* yang membantu tidak tentu, tergantung pada ketersediaan pekerja di lantai produksi. *Helper* pada proses *dishing* membantu dalam *material handling* dan membantu tugas operator mesin *dishing*. Sehingga ketika jumlah *helper* yang membantu proses *dishing* berjumlah 2 orang, pengaruh terhadap waktu prosesnya tidak signifikan. Sehingga ketika jumlah *helper* lebih banyak, maka waktu proses dipilih yang lebih singkat.

Namun pada proses *welding inner shell*, jumlah operator yang bekerja pada proses *welding* memiliki pengaruh signifikan pada waktu proses karena proses *welding* bisa dikerjakan oleh lebih dari 1 orang dan terdapat mesin *welding* yang tersedia. Sehingga pada model simulasi, lama waktu penyelesaian akan disesuaikan dengan jumlah operator dan jumlah mesin yang tersedia.

#### 4.2.2 Repair dan Reprocess

Pada proses produksi ladle terdapat proses *quality control* yang bertugas untuk memastikan bahwa unit ladle yang diproduksi sesuai dengan standart kualitas yang telah ditetapkan. Dari hasil tanya jawab dengan operator mesin, didapatkan informasi mengenai kemungkinan terjadinya *repair* dan *reprocess* pada setiap proses. Berikut adalah tabel rekap waktu penyelesaian beserta kemungkinan terjadinya *repair* dan *reprocess*.

Tabel 4. 2 Waktu Penyelesaian dan Probabilitas Repair dan Reprocess

NO	Process	Completion Time (hour)			Probability Occurance
		Min	Mod	Max	
1	<i>Repair Dishing</i>	1,5	2,0	3,0	Bernoulli (0,1)
2	<i>Repair Bending</i>	1,5	2,5	3,0	Bernoulli (0,133)
3	<i>Repair Fit Up Shell</i>	3,5	4,5	5,5	Bernoulli (0,5)
4	<i>Repair Welding-Grinding (Finishing)</i>	1,0	1,5	2,0	Bernoulli (0,5)
5	<i>ReProcess Fit Up (head-shell)</i>	3,0	4,0	4,4	Bernoulli (0,5)
6	<i>Repair Welding Head-Shell</i>	1,0	1,2	1,5	Bernoulli (0,3)
7	<i>ReProcess Fit Up (support-handle)</i>	3	4	4,4	Bernoulli (0,5)
8	<i>Repair Welding Accessories</i>	0,5	1,2	2,0	Bernoulli (0,3)

Prosedur pengambilan data informasi *repair* dan *reprocess* dilakukan melalui tanya jawab langsung dengan operator masing – masing proses. Sebagai contoh pada proses *bending*, beberapa jenis ketidaksesuaian yang terjadi sehingga perlu adanya *repair* ialah diameter yang tidak sesuai ketika akan di *fit up*. *Non-conformance* jenis ini tidak membutuhkan banyak waktu lama untuk menyelesaikannya. Namun ketika, *non-conformance* yang terjadi adalah plat melintir, maka akan membutuhkan waktu yang lama untuk menyelesaikannya. Operator mesin *bending* menjelaskan bahwa dari 15 plat yang dikerjakan, kemungkinan terjadinya defect adalah 2 plat. Sehingga didapatkan probabilitas terjadinya defect adalah  $\frac{2}{15}$  atau sama dengan 0.133. Proses *repair* dan *reprocess* hanya dilakukan sekali, kemudian setelah diinspeksi material akan lanjut ke proses selanjutnya. Proses *Fit Up* dan *welding* memiliki probabilitas terjadi *defect* lebih besar karena proses ini membutuhkan ketelitian dan kepresisian yang tinggi, dan



ketika terjadi *defect* maka *shell* yang sudah di *fit up* harus dibongkar dan diproses kembali.

#### 4.2.3 Alokasi Kebutuhan Pekerja Langsung

Berikut adalah data alokasi kebutuhan pekerja hasil diskusi dengan *expert*.

Tabel 4. 3 Alokasi Kebutuhan Pekerja

NO	Process		Pred	Labor			
				Description	Q	Unit	Rp/Hour
1	Gcode Cutting plan		-	Drafter	2	man	
2	Head Laddle						
	2,1	CNC Coppier Cutting	-	C.N.C.	1	man	Rp 23.234,00
				Helper	2	man	Rp 18.497,11
	2,2	Grinding	2,1	GRINDING	2	man	Rp 23.234,00
	2,3	Dishing	2,2	DISHING	1	man	Rp 28.234,00
				Helper	Duniform({1;2})	man	Rp 18.497,11
	2,4	Inspeksi	2,3	QC Staff	1	man	-
		<i>Repair Dishing</i>	2,4	DISHING	1	man	Rp 28.234,00
				Helper	Duniform({1;2})	man	Rp 18.497,11
	2,5	Finishing	2,4	FINISHING	1	man	Rp 23.234,00
3	Shell Laddle						
	3,1	CNC Coppier Cutting	2,1	C.N.C.	1	man	Rp 23.234,00
				Helper	2	man	Rp 18.497,11
	3,2	Beveling	3,1	BEVEL	1	man	Rp 23.234,00
				Helper	Duniform({0;1})	man	Rp 18.497,11
	3,3	Marking Manual	3,2	MARKING	1	man	Rp 23.234,00
				Helper	1	man	Rp 18.497,11
	3,4	Bending	3,3	ROLL & PRES	1	man	Rp 24.374,00
				Helper	2	man	Rp 18.497,11
		<i>Repair Bending</i>	3,4	ROLL & PRES	1	man	Rp 24.374,00
				Helper	2	man	Rp 18.497,11
	3,5	Fit Up	3,4	ASSEMBLING	1	man	Rp 26.654,00
				Fitter	1	man	Rp 19.000,00
	3,6	Inspeksi	3,5	QC Staff	1	man	-
		<i>Repair Fit Up Shell</i>	3,6	ASSEMBLING	2	man	Rp 26.654,00
	3,7	Welding Inner Shell	3,6	WELDING MANUAL	Duniform({1;2})	man	Rp 25.799,00
				Welder	Duniform({1;2})	man	Rp 23.000,00
	3,8	Grinding	3,7	GRINDING	1	man	Rp 23.234,00
				Helper	Duniform({0;1})	man	Rp 18.497,11
	3,9	Inspeksi	3,8	QC Staff	1	man	-
		<i>Repair Welding-Grinding (Finishing)</i>	3,9	Welder	1	man	Rp 23.000,00
				Helper	1	man	Rp 18.497,11
	3,1	Welding Outer Shell	3,9	AUTO SEMI WELDING	Duniform({1;2})	man	Rp 23.234,00
4	Support Laddle						
	4,1	Grinding	2,1	GRINDING	1	man	Rp 23.234,00
	4,2	Drilling	4,1	DRILLING	1	man	Rp 24.089,00
				Helper	Duniform({0;1})	man	Rp 18.497,11
5	Handle Laddle						
	5,1	Grinding	2,1	GRINDING	1	man	Rp 23.234,00

Tabel 4. 3 Alokasi Kebutuhan Pekerja (Lanjutan)

6	Assembly						
6,1	Fit Up Head to Shell	2,5;3,10	ASSEMBLING	Duniform({1;2})	man	Rp 26.654,00	
			Fitter	1	man	Rp 19.000,00	
6,2	Quality Control	6,1	QC Staff	1	man	-	
	ReProcess Fit Up (head-shell)	6,2	ASSEMBLING	Duniform({1;2})	man	Rp 26.654,00	
			Fitter	1	man	Rp 19.000,00	
6,3	Welding Head to Shell	6,2	WELDING MANUAL	1	man	Rp 25.799,00	
			Welder	Duniform({1;2})	man	Rp 23.000,00	
6,4	Quality Control	6,3	QC Staff	1	man	-	
	Repair Welding Head-Shell	6,4	WELDING MANUAL	1	man	Rp 25.799,00	
6,5	Fit Up Support + Handle to Body	4,2;5,1;6,4	ASSEMBLING	Duniform({1;2})	man	Rp 26.654,00	
			Fitter	1	man	Rp 19.000,00	
6,6	Quality Control	6,5	QC Staff	1	man	-	
	ReProcess Fit Up (support-handle)	6,6	ASSEMBLING	Duniform({1;2})	man	Rp 26.654,00	
			Fitter	1	man	Rp 19.000,00	
6,7	Welding Accessories (Support+Handle)	6,6	WELDING MANUAL	1	man	Rp 25.799,00	
			Welder	Duniform({1;2})	man	Rp 23.000,00	
6,8	Quality Control	6,7	QC Staff	1	man	-	
	Repair Welding Accessories	6,8	WELDING MANUAL	1	man	Rp 25.799,00	
6,9	Finishing Laddle	6,8	FINISHING	1	man	Rp 23.234,00	
			Helper	Duniform({1;2})	man	Rp 18.497,11	

Jumlah *helper* nilainya tidak tentu dikarenakan *helper* adalah operator musiman yang tugasnya membantu operator mesin. Sehingga ketersediaan jumlah *helper* tergantung pada kesibukan rantai produksi.

#### 4.2.4 Alokasi Kebutuhan Mesin

Berikut adalah alokasi kebutuhan mesin untuk produksi ladle yang disesuaikan dengan ketersediaan jumlah mesin.

Tabel 4. 4 Alokasi Kebutuhan Mesin

NO	Process	Pred	Machine				
			Description	Q	Unit	Rp/Hour	Daya (KWH)
1	Gcode Cutting plan	-	-	-	-	-	-
2	Head Laddle						
	2,1 CNC Coppier Cutting	-	C.N.C.	1	Machine	Rp 40.865	22,3
	2,2 Grinding	2,1	GRINDING	2	Machine	Rp 19.932	0,67
	2,3 Dishing	2,2	DISHING	1	Machine	Rp 80.470	75
	2,4 Inspeksi	2,3	-	-	-	-	-
	Repair Dishing	2,4	DISHING	1	Machine	Rp 80.470	75
	2,5 Finishing	2,4	FINISHING	1	Machine	Rp 31.107	0,67
3	Shell Laddle						
	3,1 CNC Coppier Cutting	2,1	C.N.C.	1	Machine	Rp 40.865	22,3
	3,2 Beveling	3,1	BEVEL	1	Machine	Rp -	0,9
	3,3 Marking Manual	3,2	-	-	-	-	-

Tabel 4. 4 Alokasi Kebutuhan Mesin (lanjutan)

NO	Process		Pred	Machine				
				Description	Q	Unit	Rp/Hour	Daya (KWH)
	3,4	Bending	3,3	ROLL & PRES	1	Machine	Rp 70.248	75
		<i>Repair Bending</i>	3,4	ROLL & PRES	1	Machine	Rp 70.248	75
	3,5	Fit Up	3,4	FIT UP	1	Machine	Rp 7.200	0,9
				GRINDING	1	Machine	Rp 19.932	0,67
	3,6	Inspeksi	3,5	-	-	-	-	-
		<i>Repair Fit Up Shell</i>	3,6	FIT UP	1	Machine	Rp 7.200	0,9
				GRINDING	1	Machine	Rp 19.932	0,67
	3,7	Welding Inner Shell	3,6	WELDING MANUAL	Duniform({1;2})	Machine	Rp 25.799	0,9
	3,8	Grinding	3,7	GRINDING	1	Machine	Rp 19.932	0,67
	3,9	Inspeksi	3,8	-	-	-	-	-
		<i>Repair (Finishing)</i>	3,9	WELDING MANUAL	1	Machine	Rp 25.799	0,9
				GRINDING	1	Machine	Rp 19.932	0,67
	3,1	Welding Outer Shell	3,9	AUTO SEMI WELDING	1	Machine	Rp 25.376	15
4	Support Laddle							
	4,1	Grinding	2,1	GRINDING	1	Machine	Rp 19.932	0,67
	4,2	Drilling	4,1	DRILLING	1	Machine	Rp 28.865	2,2
5	Handle Laddle							
	5,1	Grinding	2,1	GRINDING	1	Machine	Rp 19.932	0,67
6	Assembly							
	6,1	Fit Up Head to Shell	2,5;3,10	FIT UP	1	Machine	Rp 7.200	0,9
				GRINDING	1	Machine	Rp 19.932	0,67
	6,2	Quality Control	6,1	-	-	-	-	-
		<i>ReProcess Fit Up (head-shell)</i>	6,2	FIT UP	1	Machine	Rp 7.200	0,9
				GRINDING	1	Machine	Rp 19.932	0,67
	6,3	Welding Head to Shell	6,2	WELDING MANUAL	1	Machine	Rp 25.799	0,9
				GRINDING	1	Machine	Rp 19.932	0,67
	6,4	Quality Control	6,3	-	-	-	-	-
		<i>Repair Welding Head-Shell</i>	6,4	WELDING MANUAL	1	Machine	Rp 25.799	0,9
				GRINDING	1	Machine	Rp 19.932	0,67
	6,5	Fit Up Support + Handle to Body	4,2;5,1;6,4	FIT UP	1	Machine	Rp 7.200	0,9
				GRINDING	1	Machine	Rp 19.932	0,67
	6,6	Quality Control	6,5	-	-	-	-	-
		<i>ReProcess Fit Up (support-handle)</i>	6,6	FIT UP	1	Machine	Rp 7.200	0,9
				GRINDING	1	Machine	Rp 19.932	0,67
	6,7	Welding Accessories (Support+Handle)	6,6	WELDING MANUAL	Duniform({1;2})	Machine	Rp 25.799	0,9
				GRINDING	1	Machine	Rp 19.932	0,67
	6,8	Quality Control	6,7	-	-	-	-	-
		<i>Repair Welding Accessories</i>	6,8	WELDING MANUAL	1	Machine	Rp 25.799	0,9
				GRINDING	1	Machine	Rp 19.932	0,67
	6,9	Finishing Laddle	6,8	FINISHING	Duniform({1;2})	Machine	Rp 31.107	0,67

#### 4.2.5 Alokasi Kebutuhan Consumable Material

*Consumable* merupakan bahan bantu yang habis terpakai dan bahan – bahan pendukung untuk proses produksi. Sebagai contoh pada proses *cutting* dibutuhkan masker kain, kaca mata potong, sarung tangan pendek. Penggunaan

*consumable material* tidak terlihat pada produk, dan kebutuhan untuk 1 unit produk tidak bisa diketahui dengan pasti. Berikut adalah alokasi *consumable item* yang disesuaikan RAB proyek Ladle.

Tabel 4. 5 Alokasi Consumable Item

Biaya Bahan Penolong						
Proses	Consumable Material	Jumlah	Satuan	Harga	Total	
Inspeksi	Paint marker	20	pcs	Rp 25.000	Rp	500.000
	Roll Meter : 5 m (KDS)	2	pcs	Rp 55.000	Rp	110.000
CNC Coppier Cutting	Kacamata potong	5	pcs	Rp 65.000	Rp	325.000
Grinding, Finishing, Fit Up	Batu grinda dia 4" x 4 mm CS	60	pcs	Rp 15.000	Rp	900.000
	Batu grinda dia 7" x 6 mm CS	60	pcs	Rp 18.000	Rp	1.080.000
	Kacamata grinda	15	pcs	Rp 5.000	Rp	75.000
Cutting (Bevelling)	Oxygen Cair 167 lt/btl	10	btl	Rp 180.000	Rp	1.800.000
	Kacamata potong	5	pcs	Rp 65.000	Rp	325.000
	Nozzle cutting LPG	10	pcs	Rp 40.000	Rp	400.000
	Sarung tangan panjang	10	pcs	Rp 20.000	Rp	200.000
	Kapur besi	2	doos	Rp 17.500	Rp	35.000
Marking manual	LPG 50 kg	20	btl	Rp 850.000	Rp	17.000.000
	Kapur besi	2	doos	Rp 17.500	Rp	35.000
	Penggaris Siku	2	pcs	Rp 50.000	Rp	100.000
	Roll Meter : 5 m (new lock)	2	pcs	Rp 20.500	Rp	41.000
Bending, Drilling	Kacamata grinda	5	pcs	Rp 5.000	Rp	25.000
Welding (Inner, Outer)	Kaca las putih 2x50x105	40	pcs	Rp 500	Rp	20.000
	Kaca las hitam	20	pcs	Rp 12.000	Rp	240.000
	Kap las	20	pcs	Rp 25.000	Rp	500.000
	Sikat baja CS	20	pcs	Rp 6.500	Rp	130.000
	Sarung tangan panjang	10	pcs	Rp 20.000	Rp	200.000
	Holder 800 A	8	pcs	Rp 102.500	Rp	820.000
	Kawat las CS 4 mm 7018	120	kg	Rp 28.000	Rp	3.360.000
	Kawat las CS 3,2 mm 7018	160	kg	Rp 26.000	Rp	4.160.000
	Regulator Oxygen	10	pcs	Rp 185.000	Rp	1.850.000
	Regulator LPG	10	pcs	Rp 225.000	Rp	2.250.000
General item	Face Shield	20	pcs	Rp 135.000	Rp	2.700.000
	Solid Marker	10	pcs	Rp 25.000	Rp	250.000
	Kawat Las SAW	12	Roll	Rp 300.000	Rp	3.600.000
	Pasir Flux	15	kg	Rp 15.000	Rp	225.000
	Sarung tangan pendek	60	pcs	Rp 4.500	Rp	270.000
	Masker kain	75	pcs	Rp 700	Rp	52.500
	Total Cost					Rp
Cost Consumable cost perunit					Rp	2.178.925

#### 4.2.6 Alokasi Pekerja Tidak Langsung

Tenaga kerja tidak langsung berperan dalam membantu proses produksi secara tidak langsung seperti divisi *Engineering* yang berperan dalam proses desain yang akan dibuat, divisi PPIC, divisi *warehouse, maintenance*, dan produksi.

Tabel 4. 6 Tenaga Kerja Tidak Langsung

Biaya Tenaga Kerja Tidak Langsung					
No	Divisi	Jabatan	Cost	Tenaga Kerja	Total Cost
1	Quality Control	QC Staff	Rp 4.500.000	1	Rp 4.500.000
2	Engineering	Manager Engineering	Rp 9.846.020	1	Rp 9.846.020
		Asisstant Manager	Rp 7.200.000	1	Rp 7.200.000
3	PPIC	PPIC Staff	Rp 4.500.000	1	Rp 4.500.000
4	Warehouse	Warehouse Staff	Rp 4.500.000	1	Rp 4.500.000
5	Maintenance	Staff Maintenance	Rp 4.500.000	1	Rp 4.500.000
6	Produksi	Manager Produksi	Rp 9.846.020	1	Rp 9.846.020
		Staff Produksi	Rp 4.500.000	1	Rp 4.500.000
Total Cost					Rp 49.392.040
<i>Cost indirect labor perunit</i>					Rp 2.469.602

### 4.3 Perhitungan Biaya Produksi

Perhitungan biaya produksi dilakukan dengan menggunakan metode *job order costing*. Dalam perhitungan biaya pokok produksi, langkah awal yang perlu dilakukan adalah menentukan penggolongan biaya – biaya yang terjadi akibat proses produksi suatu produk. Secara umum biaya yang terjadi selama proses produksi ladle diklasifikasikan dalam 2 golongan yaitu biaya langsung dan biaya tidak langsung.

#### 4.3.1 Biaya langsung

Biaya langsung adalah biaya yang langsung dibebankan pada objek atau produk dan dapat diketahui secara langsung pada objek tersebut. Pada proyek ladle ini, yang termasuk sebagai *direct cost* adalah biaya tenaga kerja langsung dan biaya permesinan. Namun dalam proyek produksi ladle, tidak terdapat komponen biaya *direct material* karena pihak *customer* telah menyediakan bahan baku utama untuk diproduksi. Sehingga biaya *direct material* tidak termasuk dalam perhitungan biaya produksi ladle. Sehingga biaya langsung sama dengan besar biaya *direct labor* ditambahkan dengan biaya *direct machine*.

#### 4.3.2 Pembebanan Biaya Overhead

Perhitungan pembebanan biaya *overhead* dilakukan dengan menjumlahkan keseluruhan biaya *overhead*. Kemudian total biaya *overhead* dibagi dengan jumlah unit produk ladle yang diproduksi.

Tabel 4. 7 Pembebanan Biaya Tidak Langsung

<i>Biaya Overhead</i>	
Biaya Tenaga Kerja Tidak Langsung	Rp 49.392.040
Biaya Bahan Penolong	Rp 43.578.500
Total Biaya Overhead	Rp 92.970.540
Total biaya Overhead perunit	Rp 4.648.527

#### 4.3.3 *Perhitungan Biaya dan Waktu Produksi*

Berikut adalah model perhitungan biaya dan waktu produksi ladle

Tabel 4. 8 Model Perhitungan Biaya dan Waktu Produksi






#### 4.4 Validasi Model Pencapaian Target Biaya dan Target Waktu

Sebelum melakukan analisis lebih lanjut dari hasil simulasi perhitungan, maka perlu dilakukan uji kecukupan replikasi simulasi dan validasi model. Uji kecukupan replikasi untuk mengevaluasi tingkat error dari hasil simulasi dan mengetahui jumlah replikasi minimal yang harus dijalankan agar dapat mengambil keputusan. Sedangkan validasi adalah proses membandingkan *output* simulasi dengan *output* realisasi.

##### 4.4.1 Uji Kecukupan Replikasi

Pada tahap awal perhitungan pencapaian target biaya dilakukan 5000 kali replikasi. Berikut adalah tabel rekap total biaya produksi dari 5000 kali replikasi.

Tabel 4. 9 Rekap Hasil Simulasi Biaya Produksi

Rekap Simulasi Biaya Produksi	
Mean	Rp 12.032.137,11
Stdev	Rp 425.179,39
n	5000

Untuk mengetahui apakah jumlah replikasi yang dilakukan sudah cukup untuk membuat keputusan maka, dilakukan perhitungan tingkat error ( $hw$ ) dan  $n'$  (jumlah replikasi yang harus dilakukan). Perhitungan tingkat error dapat dilakukan persamaan 2.2. Nilai  $\alpha$  yang digunakan adalah 5%, toleransi error = 0.5%, dengan  $n$  awal =5000 replikasi. Dengan  $\alpha = 5\%$ , maka nilai tabel  $t_{(\frac{\alpha}{2}, n-1)} = 1,960438647$ .

$$hw = e = 1,960438647 \times \frac{425.179,39}{\sqrt{5000}} = \text{Rp}11.788$$

Dari hasil perhitungan didapatkan nilai  $hw$  sebesar Rp11.788 atau memiliki persentase error sebesar 0,098327% dari nilai rata – rata total biaya produksi. Dengan nilai  $hw$  tersebut, maka 5000 replikasi telah mewakili sistem yang ada. Untuk memastikan berapa jumlah replikasi minimal yang dibutuhkan dengan untuk  $hw = \text{Rp}11.788$  maka  $n'$  dapat dihitung dengan menggunakan rumus 2.3.

$$n' = \frac{(1,959963985)^2 \times (425.179,39)^2}{(\text{Rp}11.788)^2} = 4997,58 \approx 4998$$

Karena semakin banyak jumlah replikasi yang dilakukan semakin kecil *error* yang dihasilkan maka, jumlah replikasi ditetapkan sebesar 5000 kali.

#### 4.4.2 Validasi Model Pencapaian Target Biaya dan Target Waktu

Validasi model keandalan proyek dilakukan dengan menyesuaikan tabel model simulasi keandalan proyek (Tabel 4.8) dengan realisasi pada proses produksi proyek. Hal ini dengan melakukan observasi langsung dan berdiskusi dengan pihak *supervisor* dan *project planner* proyek ladle secara langsung. Beberapa hal yang digunakan sebagai dasar validasi sebagai berikut:

1. Proses produksi langsung dimulai dengan proses pembuatan GCode *cutting plan*, sesuai dengan penjadwalan yang dibuat oleh *project planner*.
2. Data yang dicantumkan dalam tabel model simulasi adalah data estimasi waktu penyelesaian, data biaya langsung (*direct labor, direct machine*), dan data *overhead* untuk memproduksi 1 unit ladle telah disesuaikan Rencana Anggaran Biaya ladle. Kebutuhan data disesuaikan dengan proses perhitungan biaya pokok produksi untuk *job order product*.
3. Total biaya produksi dan waktu produksi menjadi objektif dalam proses simulasi. Hal ini sesuai dengan implementasi di lapangan yang menjadikan total biaya produksi sebagai dasar penentuan *margin* keuntungan perusahaan, dan juga waktu produksi untuk mengevaluasi hasil perencanaan oleh *project planner*.

#### 4.4.3 Validasi Total Biaya

Setelah menghitung jumlah replikasi minimal, kemudian melakukan validasi *output* biaya secara statistik dengan menggunakan uji t-test.

Dengan hipotesa awal dan hipotesa alternatif untuk membanding rata – rata biaya produksi simulasi  $\mu_1$  dan biaya realisasi  $\mu_2$  sebagai berikut:

$$H_0 : \mu_1 = \mu_2$$

$$H_a : \mu_1 \neq \mu_2$$

Berikut adalah perhitungan uji hipotesa dengan uji t-test;

$$Sp = \sqrt{\frac{(n_1-1)s_1^2 + (n_2-1)s_2^2}{n_1+n_2-2}} = \sqrt{\frac{(5000)425.179,39^2 + (20)0^2}{5000+20-2}} = \text{Rp } 424.374$$

$$t = \frac{(\bar{x}_1 - \bar{x}_2) - (\mu_1 - \mu_2)}{Sp \sqrt{\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2}}} = \frac{(12.032.137,11 - 12.159.047,99) - (0)}{424.374 \sqrt{\frac{1}{5000} + \frac{1}{20}}} = -1,882800$$

$$t \text{ tabel} = t(t_{\alpha/2, n_1+n_2-2}) = 1,960436849$$

Tabel 4. 10 Rangkuman Validasi Biaya Produksi

Validasi Biaya	Simulasi Biaya Produksi	Realisasi Biaya Produksi
Mean	Rp 12.032.137,11	Rp 12.159.047,99
Stdev	Rp 425.179,39	Rp 0
n	5000	20
Sp	Rp 424.374	
t hitung	-1,882800	
T Critical	1,960436849	

Karena nilai t-hitung berada pada rentang penerimaan t-kritis, yakni  $-1,960436849 \leq t_{hitung} \leq 1,960436849$ . Maka dapat diambil kesimpulan, bahwa terdapat cukup bukti untuk menerima  $H_0$  yakni biaya produksi simulasi tidak berbeda secara signifikan dengan biaya produksi pada sistem nyata.

#### 4.4.4 Validasi Waktu Produksi

Dengan hipotesa awal dan hipotesa alternatif untuk membanding rata – rata waktu produksi simulasi  $\mu_1$  dan waktu realisasi  $\mu_2$  sebagai berikut:

$$H_0 : \mu_1 = \mu_2$$

$$H_a : \mu_1 \neq \mu_2$$

Berikut adalah perhitungan uji hipotesa dengan uji t-test;

$$Sp = \sqrt{\frac{(n_1-1)s_1^2 + (n_2-1)s_2^2}{n_1+n_2-2}} = \sqrt{\frac{(5000)4,54^2 + (20)7,39^2}{5000+20-2}} = 4,552683$$

$$t = \frac{(\bar{x}_1 - \bar{x}_2) - (\mu_1 - \mu_2)}{Sp \sqrt{\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2}}} = \frac{(58,189 - 58,40) - (0)}{4,552683 \sqrt{\frac{1}{5000} + \frac{1}{20}}} = -0,531340$$

$$t \text{ tabel} = t(t_{\alpha/2, n_1+n_2-2}) = 1,960437$$

Berikut adalah hasil *output* simulasi waktu produksi, dengan 5000 kali replikasi:

Tabel 4. 11 Rangkuman Validasi Waktu

Validasi Waktu	Simulasi	Realisasi
Mean	58,189	58,40
Stdev	4,54	7,39
n	5000	20
Sp	4,552683	20,726924
t hitung	-0,531340	
T Critical	1,960437	

Karena nilai t-hitung berada pada rentang penerimaan t-kritis, yakni  $-1,960436849 \leq t_{hitung} \leq 1,960436849$ . Maka dapat diambil kesimpulan, bahwa terdapat cukup bukti untuk menerima  $H_0$  yakni waktu produksi simulasi tidak berbeda secara signifikan dengan waktu produksi pada sistem nyata.

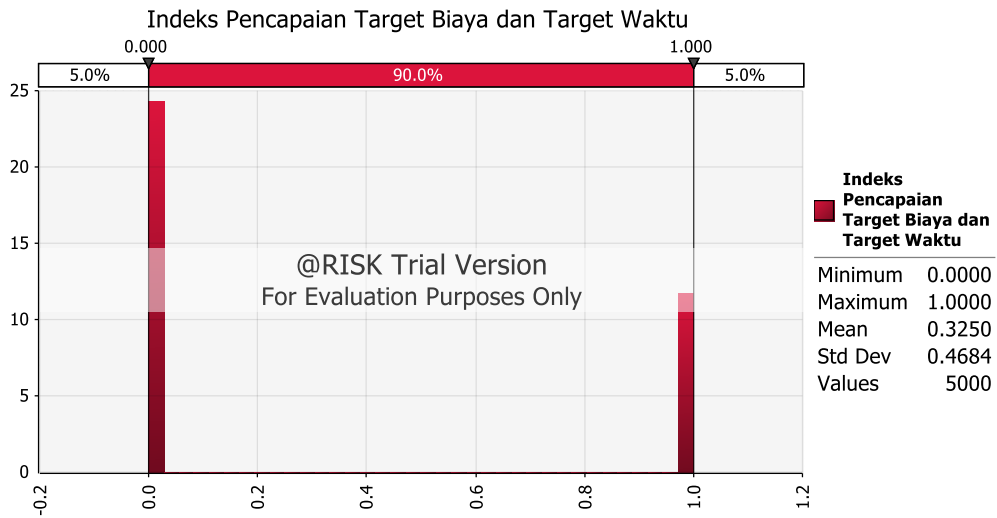
#### 4.5 Pencapaian Target Biaya dan Target Waktu Ladle

Berdasarkan data dari pihak *project planner* proyek ladle di PT Barata Indonesia, standar biaya pokok produksi dan standar waktu yang ditetapkan adalah seperti pada Tabel 4.12. Standar waktu dan biaya ditetapkan oleh PT Barata Indonesia dan *customer* sesuai dengan kesepakatan kontrak. Standar biaya dan waktu produksi hanya mencakup merupakan biaya proses produksi dari proses *cutting* hingga *finishing* ladle.

Tabel 4. 12 Target Biaya dan Waktu Produksi

Target biaya pokok produksi (perunit)	Rp12.646.924,25
Waktu standar produksi (perunit)	56 jam

Dengan 5000 kali replikasi, berikut adalah hasil simulasi pencapaian target biaya dan waktu produksi ladle.



Gambar 4. 6 Indeks Pencapaian Target Biaya dan Target Waktu

Dari hasil statistik gambar diatas, maka dapat dilakukan perhitungan interval kepercayaan probabilitas pencapaian target biaya dan target waktu. Sehingga dapat diketah. Untuk mengetahui interval kepercayaan keandalan proyek ladle maka dilakukan perhitungan dengan menggunakan rumus 2.4. Dengan nilai  $\alpha = 5\%$ ,  $n=5000$ . Maka didapatkan:

$$= 0,325 - 1,960438647 \left( \frac{0,468421694}{\sqrt{5000}} \right) \leq \mu_{pr} \leq 0,325 + 1,960438647 \left( \frac{0,468421694}{\sqrt{5000}} \right)$$

$$= 31,201\% \leq \mu_{pr} \leq 33,799\%$$

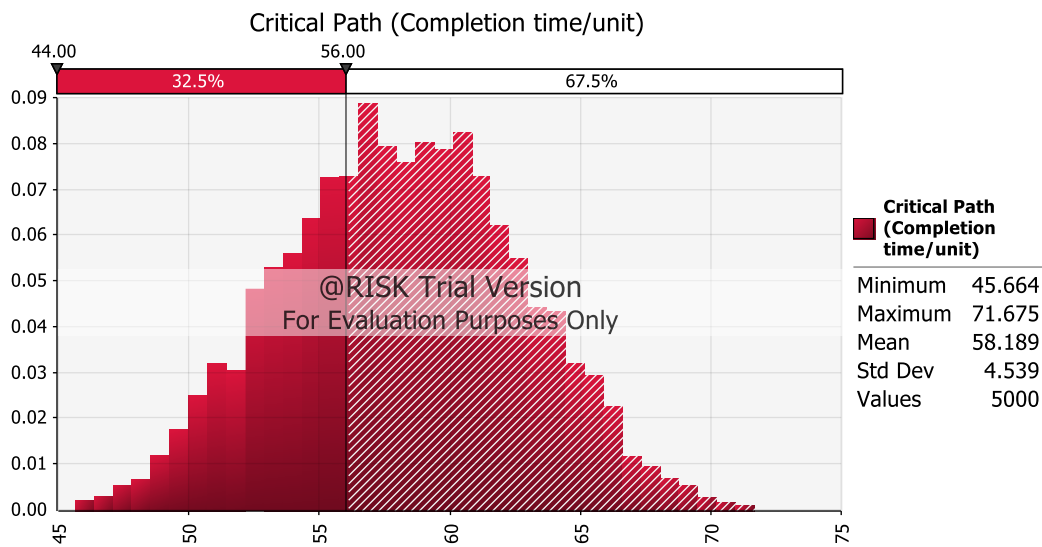
Tabel 4. 13 Interval Kepercayaan Pencapaian Target Biaya dan Waktu

Statistik Indeks Pencapaian Target	
Rata rata Indeks	0,325
Stdev	0,468421694
hw	0,012987
minimal	maksimal
31,201%	33,799%

Dengan nilai  $\alpha$  sebesar 5% dapat dikatakan bahwa probabilitas proyek untuk mencapai target biaya dan waktu adalah sebesar 32,5% dengan interval kepercayaan  $31,201\% \leq \mu_{pr} \leq 33,799\%$ .

#### 4.6 Pencapaian Target Waktu Ladle

Gambar 4.7 adalah hasil *running* simulasi Monte Carlo dengan menggunakan *software @risk*. Waktu penyelesaian untuk satu unit produk ladle memiliki distribusi *outcome* normal dengan rata – rata waktu penyelesaian sebesar 58,189 jam dan standar devisasi 4,539 jam. Dengan nilai ekstri waktu penyelesaian dari 45, 664– 71,675 jam. Sesuai dengan waktu standar yang telah ditetapkan oleh PT Barata Indonesia bahwa target untuk menyelesaikan satu buah unit ladle maksimal 7 hari kerja atau sama dengan 56 jam kerja, maka probabilitas satu buah unit ladle selesai dikerjakan kurang dari atau sama dengan 56 jam adalah 32,5%.



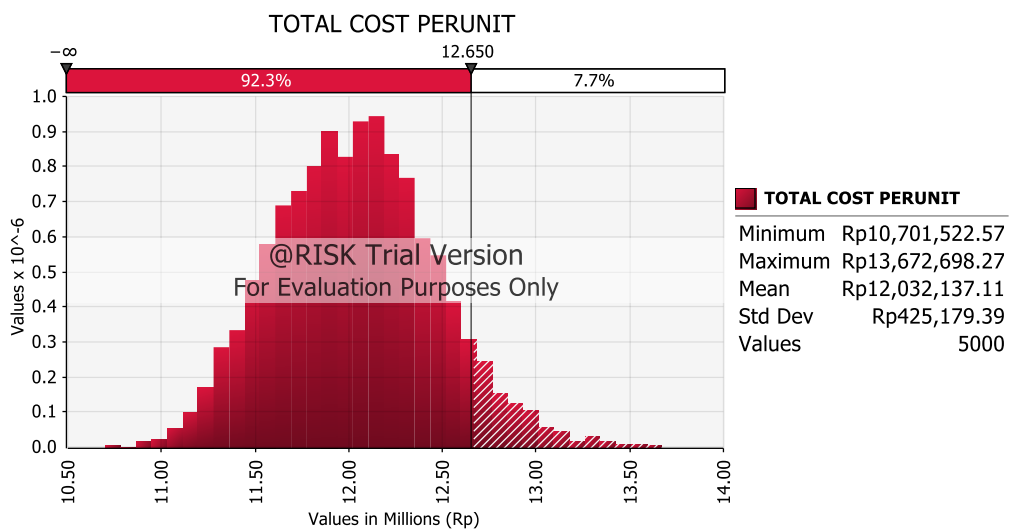
Gambar 4. 7 Profil Distribusi Estimasi Waktu Produksi Ladle

Dari hasil simulasi didapatkan bahwa *critical path* pada proses produksi ladle adalah *Gcode Cutting plan* → produksi *shell ladle* (*CNC cutting copier, bevelling, marking manual, bending, fit up, welding inner shell, grinding, inspeksi, welding outer shell* → *assembly (fit up head-shell, welding head-shell, inspeksi, fit up body-accessories, welding body-accessories, inspeksi, finishing)*). Keterlambatan pada salah satu proses di *ciritcal path* akan mempengaruhi total waktu penyelesaian 1 unit produk, dan akan mempengaruhi waktu pengerjaan unit ladle lain. Tidak hanya berpengaruh pada lama waktu penyelesaian, namun juga berpengaruh pada besar biaya pokok produksi, dan akhirnya akan mempengaruhi besarnya nilai keandalan proyek. Keterlambatan penyelesaian ladle dapat dipengaruhi oleh

beberapa faktor yang bersifat tidak pasti. Faktor – faktor ini akan dijelaskan lebih mendalam pada subbab 4.8.3.2

#### 4.7 Pencapaian Target Biaya Ladle

Gambar 4.8 adalah hasil *running* simulasi monte carlo dengan menggunakan @risk. Total biaya pokok produksi untuk satu unit produk ladle memiliki distribusi *outcome* normal dengan rata – rata biaya sebesar Rp 12.032.137,11 dan standar devisasi Rp 425.179,39. Berdasarkan Rencana Anggaran Belanja (RAB) Proyek Ladle, target biaya pokok produksi adalah Rp12.646.924,25. Berdasarkan Gambar 5.6, rentang nilai ekstim dari biaya produksi dari Rp 10.701.522,57 – Rp 13.672.698,27. Maka probabilitas harga pokok produksi ladle dibawah atau sama dengan Rp12.646.924,25 adalah 92%.



Gambar 4. 8 Profil Distribusi Estimasi Biaya Produksi

#### 4.8 Analisa Pencapaian Target Biaya dan Target Waktu Ladle

Dari hasil perhitungan interval kepercayaan didapatkan probabilitas proyek untuk mencapai target biaya dan waktu adalah sebesar 32,5% dengan interval kepercayaan  $31,201\% \leq \mu_{pr} \leq 33,799\%$ . Dari hasil persentase tersebut dapat dikatakan bahwa persentase pencapaian target waktu dan target biaya *order* proyek masih terlalu kecil, sehingga presentase kegagalan memenuhi target masih besar. Hal ini bisa disebabkan oleh berbagai faktor seperti target yang ditetapkan

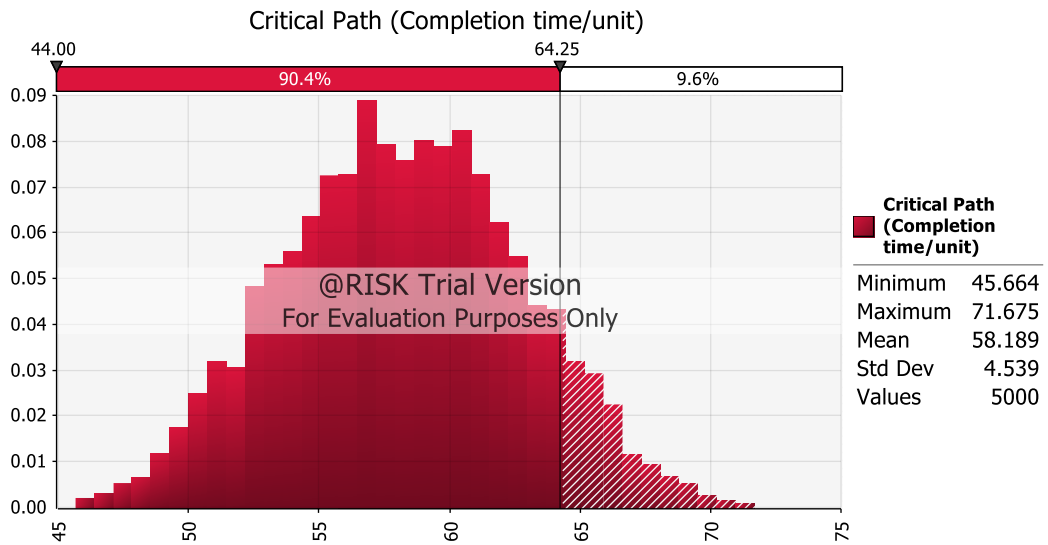
berdasarkan kondisi ideal dan optimis, atau faktor – faktor teknis di rantai produksi yang menyebabkan realisasinya berbeda dengan *planning* yang telah dibuat.

Sehingga untuk dapat meningkatkan angka keandalan proyek tersebut maka terdapat beberapa hal yang dapat dilakukan adalah melakukan peninjauan ulang kembali target yang telah ditetapkan, dan melakukan evaluasi faktor-faktor yang berpengaruh pada nilai keandalan proyek.

#### 4.8.1 *Evaluasi Target Waktu Penyelesaian Produksi Ladle*

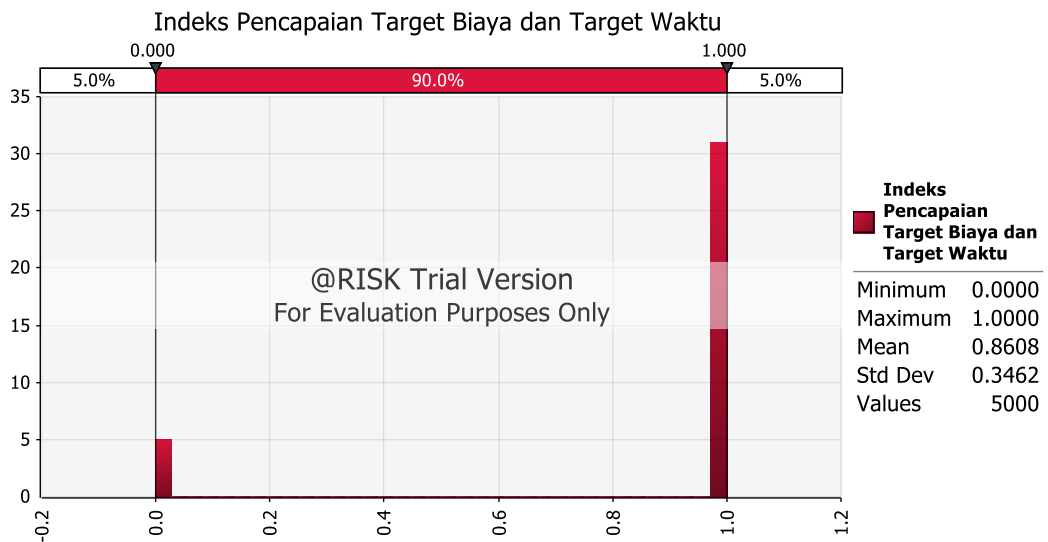
Pada tahap *planning* proyek ladle, untuk 1 unit ladle memiliki waktu standar 56 jam kerja. *Project planner* optimis bahwa untuk 1 unit ladle dapat diselesaikan maksimal 56 jam kerja. Waktu standar yang ditetapkan oleh *project planner* mempertimbangkan *dateline* penyerahan ladle ke *customer* yang telah disetujui bersama di kontrak perjanjian. Dalam pelaksanaannya *project planner* belum mempertimbangkan kondisi *existing* yang ada di rantai produksi. Banyak faktor teknis dan non teknis yang berpengaruh terhadap lama waktu produksi 1 unit ladle. Faktor – faktor ini akan dibahas lebih lanjut dibagian analisis faktor keandalan proyek (4.8.3.1). Dengan standar waktu yang ditetapkan, nilai pencapaian target biaya dan target waktu adalah sebesar 32,5% dengan probabilitas waktu produksi dibawah 56 jam adalah sebesar 32,5%. Dari data tersebut, maka probabilitas 1 unit ladle diselesaikan lebih dari 56 jam adalah sebesar 67,5%. Angka probabilitas ketercapaian target waktu dianggap masih terlalu kecil, sehingga jika PT Barata Indonesia menghendaki probabilitas penyelesaian proyek ladle sesuai dengan waktu standar lebih dari 90%, maka target waktu standar produksi ditetapkan sebesar 64 jam kerja. Berikut adalah grafik distribusi penyelesaian 1 unit produk.





Gambar 4. 9 Profil Distribusi Estimasi 90% Target Waku Tercapai

Dengan mengevaluasi target waktu produksi menjadi 64 jam kerja, maka probabilitas pencapaian target waktu dan target biaya meningkat menjadi rata – rata 86.08%. Berikut adalah gambar profil pencapaian target biaya dan waktu dengan target waktu menjadi 64 jam kerja.



Gambar 4. 10 Indek Pencapaian Target Biaya, Waktu dengan Target Waktu 64 Jam

Namun perlu diingat bahwa jika mengubah target waktu produksi juga harus melibatkan pihak *customer*. Keputusan untuk mengubah standar waktu juga

perlu analisis lebih dalam karena akan berpengaruh pada besar biaya produksi dan perencanaan sumber daya.

#### 4.8.2 *Evaluasi Target Biaya Produksi Ladle*

Berdasarkan Rencana Anggaran Biaya (RAB) proyek ladle, target biaya produksi untuk 1 unit ladle ditetapkan sebesar Rp12.646.924,25. Dengan target biaya pokok produksi yang ditetapkan, maka nilai pencapaian target biaya dan target waktu adalah sebesar 32,5% dengan probabilitas biaya pokok produksi dibawah target adalah sebesar 92%. Presentase kegagalan pencapaian target biaya hanya 8%. Dari hasil tersebut, dapat disimpulkan bahwa target biaya yang ditetapkan sudah cukup untuk meyakinkan bahwa estimasi biaya proyek dapat mencapai target biaya produksi.

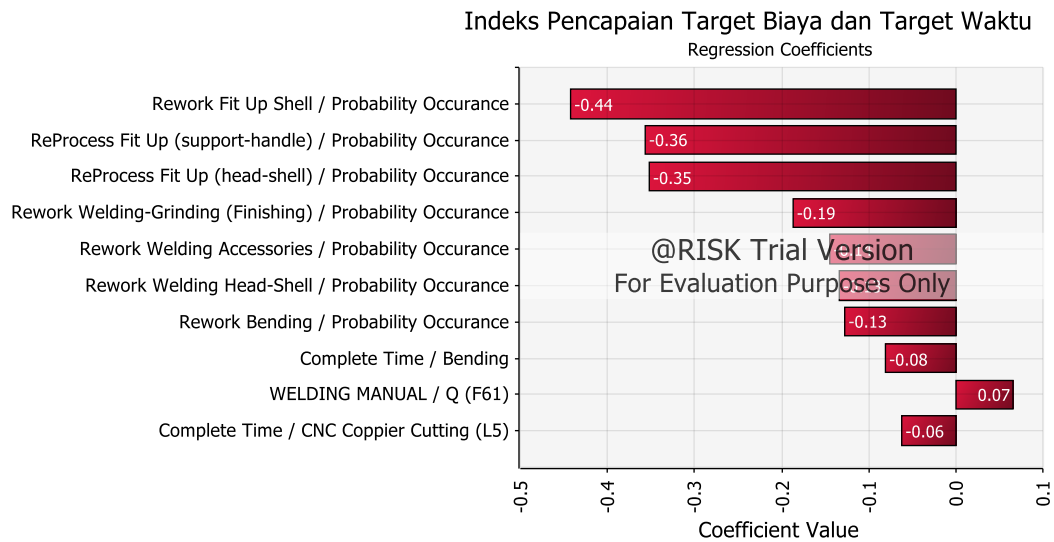
#### 4.8.3 *Analisa Faktor – Faktor Penyebab*

Selain melakukan evaluasi target biaya dan target waktu penyelesaian tiap unit, identifikasi faktor – faktor yang memiliki kontribusi besar pada besarnya nilai keandalan proyek juga perlu dilakukan. Faktor – faktor tersebut memiliki dampak pada lamanya waktu produksi dan juga besarnya biaya pokok produksi. Proses identifikasi faktor – faktor penyebab dapat dilakukan dengan analisis sensitivitas menggunakan diagram tornado. Faktor yang memiliki pengaruh paling besar pada distribusi *output* memiliki garis paling panjang dan terletak paling atas. Pada setiap faktor memiliki *regression coefficient* yang nilainya bisa positif dan negatif. Jika suatu faktor memiliki *regression coefficient* bernilai positif terhadap suatu *output*, maka nilai faktor tersebut sebanding sebesar *regression coefficient* dengan nilai *output*. Sedangkan jika memiliki *regression coefficient* bernilai negatif terhadap suatu *output*, maka nilai faktor tersebut berbanding terbalik sebesar *regression coefficient* dengan nilai *output*.

##### 4.8.3.1 *Analisis Faktor – Faktor Keandalan Proyek*

Berdasarkan Gambar 4.11, terdapat 10 faktor yang berpengaruh secara signifikan pada nilai keandalan proyek ladle. Besarnya nilai probabilitas terjadinya

*repair* dan *reprocess*, lama waktu penyelesaian, jumlah pekerja adalah faktor – faktor yang paling berpengaruh.



Gambar 4. 11 Diagram Tornado Indeks Pencapaian target Biaya dan Target Waktu

Berdasarkan Gambar 4.11 menjelaskan bagaimana faktor kualitas sangat berpengaruh pada waktu penyelesaian dan besar biaya pokok produksi. Tujuh dari sepuluh faktor yang teridentifikasi adalah faktor yang berhubungan dengan kualitas. Dalam penelitian ini konteks kualitas adalah ketidak sesuaian produk dengan standar yang telah ditetapkan, sehingga diperlukan adanya *repair* dan *reprocess*. Terjadinya proses *repair* dan *reprocess* akan menimbulkan tambahan biaya dan waktu yang dapat menyebabkan tidak tercapainya target. Terutama jika *repair* dan *reprocess* terjadi pada proses yang termasuk *critical path* yang dijelaskan pada subbab 4.6, hal ini akan sangat berpengaruh pada lama waktu penyelesaian unit produk, dan akan mempengaruhi penjadwalan produksi unit ladle lainnya. Oleh karena itu, pada proses – proses *critical path* dibutuhkan *control* yang lebih ketat dalam pelaksanaannya.

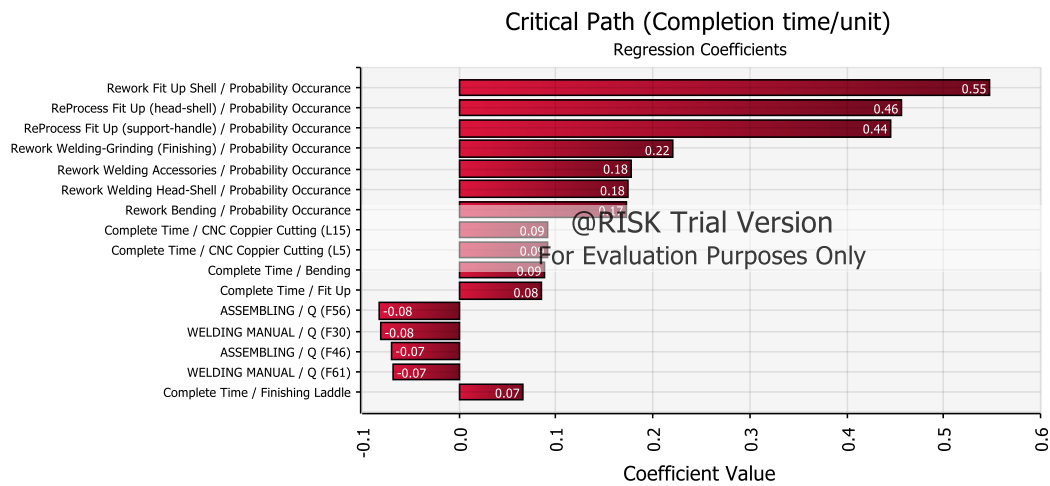
Kemudian, lama waktu penyelesaian pada satu proses juga menjadi salah satu faktor yang berpengaruh pada besarnya nilai keandalan proyek. Hal ini dikarenakan lama waktu penyelesaian adalah salah satu faktor tidak pasti yang mempengaruhi total waktu pengerjaan, biaya permesinan, dan biaya tenaga kerja langsung. Dari grafik diatas, terlihat bahwa lama waktu proses berpengaruh negatif

pada nilai pencapaian target biaya dan target waktu, semakin lama waktu proses maka semakin kecil probabilitas tercapainya target waktu dan biaya.

Selain faktor kualitas, dan lama waktu penyelesaian faktor jumlah sumber daya yang bekerja juga berpengaruh pada nilai keandalan proyek. Dari grafik diagram tornado diatas dapat diketahui bahwa jumlah mesin *welding manual* pada proses *welding inner shell* bernilai positif terhadap nilai keandalan proyek. Hal ini dikarenakan proses *welding inner shell* berada pada *critical path*, sehingga jika jumlah mesin *welding* yang dapat digunakan lebih banyak akan membantu mempersingkat waktu proses *welding inner shell*. Berdasarkan hasil perhitungan persentase pencapaian target biaya, biaya akibat penambahan jumlah mesin *welding manual* masih dibawah target biaya.

#### 4.8.3.2 Analisis Faktor – Faktor Waktu Penyelesaian

Untuk mengetahui lebih detail faktor – faktor apa saja yang berpengaruh pada total waktu penyelesaian lunit ladle, maka juga dilakukan identifikasi dengan menggunakan diagram tornado. Berikut adalah diagram tornado untuk *output* total durasi waktu penyelesaian.



Gambar 4. 12 Diagram Tornado Waktu Penyelesaian

Berdasarkan Gambar 4.12, faktor kualitas dominan terhadap lama waktu penyelesaian produksi ladle. Hal ini dikarenakan setiap terjadinya *repair* dan *reprocess* juga membutuhkan tambahan waktu. Lama waktu untuk *reprocess* dan *repair* berbeda, *reprocess* memiliki distribusi waktu yang sama dengan proses yang

diulang. Namun jika *repair*, memiliki kemungkinan durasi pengerjaannya lebih lama atau lebih cepat dibanding proses awalnya. Hal ini dikarenakan terdapat kemungkinan adanya proses tambahan pada *repair*.

Tabel 4. 14 Faktor Risiko Total Waktu Penyelesaian

NO	Process	Completion Time (hour)			DESKRIPSI
		Min	Mod	Max	
1	<i>Repair</i> Fit Up Shell	3,5	4,5	5,5	Binomial (1;0,5)
2	ReProcess Fit Up (support-handle)	3,0	4,0	4,4	Binomial (1;0,5)
		2,5	3,5	4,0	
3	ReProcess Fit Up (head-shell)	3,0	4,0	4,4	Binomial (1;0,5)
		3,0	3,5	4,0	
4	<i>Repair</i> Welding-Grinding (Finishing)	1,0	1,5	2,0	Binomial (1;0,5)
5	<i>Repair</i> Welding Head-Shell	1,0	1,2	1,5	Binomial (1;0,3)
6	<i>Repair</i> Bending	1,5	2,5	3,0	Binomial (1;0,133)
7	<i>Repair</i> Welding Accessories	0,5	1,2	2,0	Binomial (1;0,3)
8	Bending	3,0	4,0	5,0	pro cc= 1
9	Fit Up	3,0	4,0	5,0	pro cc= 1
11	CNC Coppier Cutting	4,0	5,0	6,0	pro cc= 1
12	Jumlah Operator Assembly	3,0	4,0	4,4	OPERATOR (1)
		3,0	3,5	4,0	OPERATOR (2)
13	Jumlah Mesin Welding	3,0	3,5	4,0	Mesin (1)
		1,8	2,0	2,5	Mesin (2)
14	Jumlah Operator Welding	3,0	3,5	4,0	OPERATOR (1)
		1,8	2,0	2,5	OPERATOR (2)
15	Finishing Laddle	4,0	5,0	6,0	OPERATOR (1)
		3,5	4	5	OPERATOR (2)

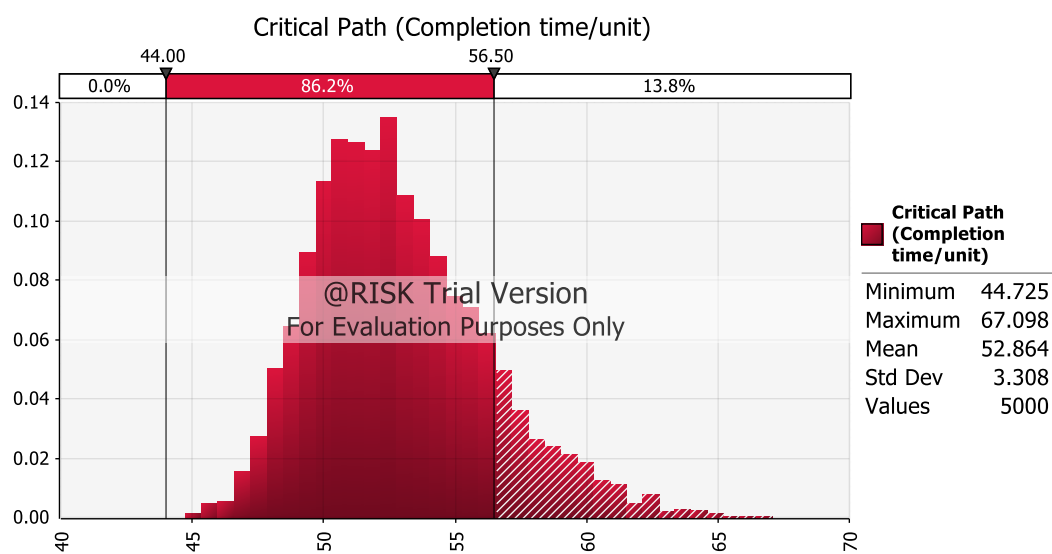
Berdasarkan Tabel 4.14, besarnya probabilitas dan lama waktu penyelesaian *repair* dan *reprocess* sangat berpengaruh pada total waktu penyelesaian. Empat faktor yang memiliki probabilitas kejadian sebesar 0.5 adalah proses *repair* dan *reprocess* untuk proses *fit up* dan *welding*. Hal ini dikarenakan pekerjaan *fit up* dan *welding* membutuhkan konsentrasi dan keterampilan operator yang tinggi, sehingga hasil *fit up* dan hasil *welding* lebih presisi dan halus. Pada proses produksi banyak faktor yang menjadi penyebab terjadinya *reprocess fit up* dan *welding*, baik teknik dan non teknik. Proses *repair bending* memiliki probabilitas kejadian yang cukup kecil jika dibandingkan dengan proses *fit up* dan *welding*, namun ketika terjadi *repair*, maka akan tetap ada tambahan waktu untuk proses *repair*.

Ketidakpastian pada lama waktu penyelesaian pada setiap proses juga berpengaruh. Proses *bending*, *fit up*, dan *cutting* memiliki estimasi waktu

penyelesaian yang paling lama. 3 proses diatas adalah proses yang memiliki waktu permesinan lama, dan jumlah mesin yang tersedia hanya 1.

Faktor selanjutnya adalah terkait dengan ketersediaan sumber daya. Jumlah operator dan jumlah mesin yang tersedia juga berpengaruh secara positif pada pencapaian target waktu. Pada faktor ke 12, jumlah operator *assembly* berpengaruh pada lama waktu penyelesaian namun tidak signifikan hal ini dikarenakan tambahan operator bertugas untuk membantu proses *material handling* saja. Namun untuk operator utama hanya 1 orang. Berbeda dengan faktor 13 dan faktor 14 yang memiliki pengaruh signifikan pada waktu penyelesaian proses *welding*, ketika jumlah mesin *welding* dan jumlah operator yang membantu lebih banyak maka waktu permesinan dapat mempercepat waktu permesinan secara signifikan. Namun jika salah satu sumber daya tidak cukup, maka waktu prosesnya tetap. Hal ini menunjukkan bagaimana sumber daya dapat mempengaruhi waktu penyelesaian.

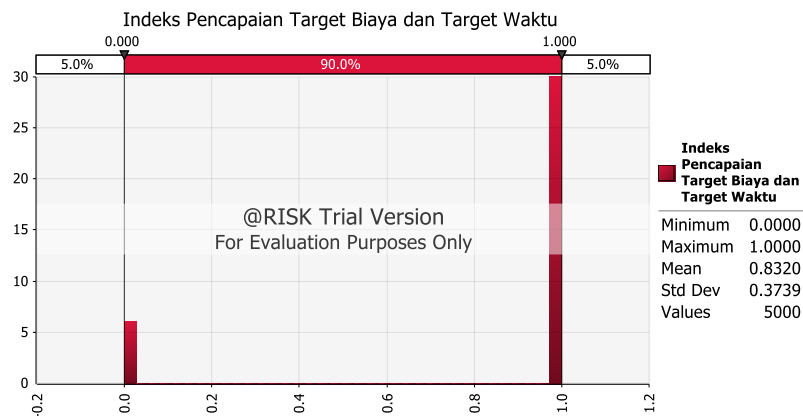
Agar dapat meningkatkan persentase tercapainya target waktu standar maka dapat dilakukan analisa lebih lanjut mengenai analisa resiko dan langkah – langkah perbaikan apa saja yang dapat dilakukan untuk mengurangi besarnya nilai probabilitas kejadian *repair* dan *reprocess*, dan juga mempersingkat waktu penyelesaian setiap proses.



Gambar 4. 13 Profil Distribusi Estimasi Lama Waktu Penyelesaian ( $q=0.1$ )

Berdasarkan gambar diatas, probabilitas pencapaian target waktu apabila *probability occurance* dari *repair* atau *reprocess* dapat dikurangi menjadi 0.1 maka probabilitas lama waktu penyelesaian dibawah target waktu produksi 56 jam dapat meningkat menjadi 86.2%. Dengan standar waktu penyelesaian rata - rata 52,87 jam. Berikut adalah gambar profil pencapaian target biaya dan waktu yang baru.

Gambar 4.14 adalah profil pencapaian target biaya dan target waktu, apabila probabilitas 3 faktor paling berpengaruh, yakni *reprocess fit up shell*, *Reprocess Fit Up support-handle*, *Reprocess Fit Up (head-shell)* direduksi *probability occurance* nya dari  $q=0.5$  menjadi  $q=0.1$ .

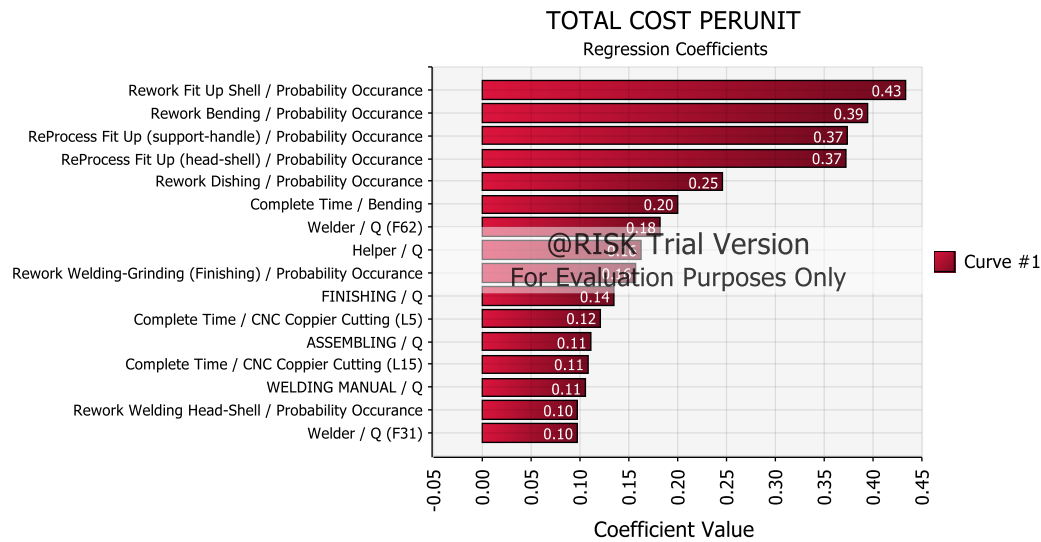


Gambar 4. 14 Indek Pencapaian Target Biaya dan Target Waktu ( $q=0,1$ )

Apabila probabilitas kemunculan *repair* dan *reprocess* dapat dikecilkan menjadi 0.1 maka nilai estimasi probabilitas pencapain target biaya dan waktu meningkat menjadi 83.2%. Untuk mengetahui langkah – langkah apa yang harus dilakukan untuk mengurangi probabilitas kejadian *repair* dan *reprocess* maka dapat dilakukan analisa risiko lanjutan.

#### 4.8.3.3 Analisis Faktor – Faktor Biaya Produksi

Untuk mengetahui lebih detail faktor – faktor apa saja yang berpengaruh pada total biaya pokok produksi 1 unit ladle, maka juga dilakukan identifikasi dengan menggunakan diagram tornado. Berikut adalah diagram tornado untuk *output* total durasi waktu penyelesaian.



Gambar 4. 15 Diagram Tornado Biaya Produksi

Berikut adalah tabel rangkuman fakto – faktor yang paling berpengaruh pada besar biaya produksi.

Tabel 4. 15 Rangkuman Faktor - Faktor Biaya Produksi

NO	Process	Completion Time (hour)			DESKRIPSI
		Min	Mod	Max	
1	Repair Fit Up Shell	3,5	4,5	5,5	Binomial (1;0,5)
2	Repair Bending	1,5	2,5	3	Binomial (1;0,133)
3	ReProcess Fit Up (support-handle)	3	4	4,4	Binomial (1;0,5)
4	ReProcess Fit Up (head-shell)	3	4	4,4	Binomial (1;0,5)
5	Repair Dishing	1,5	2,0	3,0	Binomial (1;0,1) (1 operator, 1 helper)
		0,8	1,0	1,5	1 operator, 2 helper)
6	Bending	3	4	5	pro cc=1
7	Jumlah Operator Welding	3	3,5	4	OPERATOR (1)
		1,75	2	2,5	OPERATOR (2)
8	Jumlah Helper				
9	Repair Welding-Grinding (Finishing)	1	1,5	2	Binomial (1;0,5)
10	jumlah operator finishing	4,0	5,0	6,0	1 operator, 1 helper
		3,5	4,0	5,0	1 operator, 2 helper

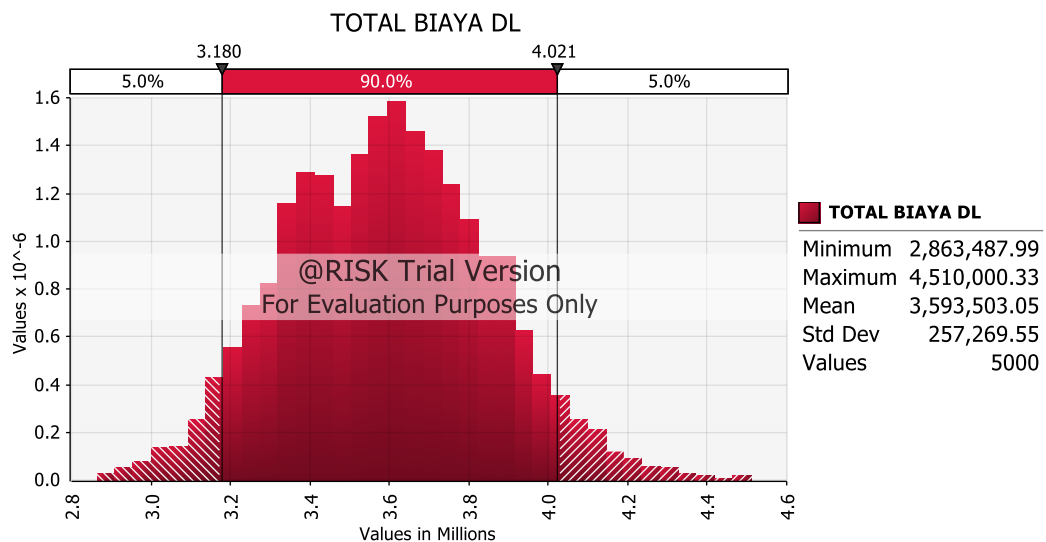
Untuk mendapatkan informasi yang lebih detail mengenai faktor – faktor yang berpengaruh pada biaya, maka dilakukan analisa sensitivitas dengan menggunakan diagram tornado untuk setiap komponen biaya. Setelah mengetahui faktor – faktor apa yang berpengaruh pada masing – masing biaya komponen, dapat dibuat analisis resiko lanjutan untuk menentukan langkah – langkah apa saja yang harus dilakukan agar dapat meningkatkan persentase tercapainya target biaya.



Berikut adalah analisis faktor – faktor yang berpengaruh pada besarnya masing – masing komponen biaya langsung.

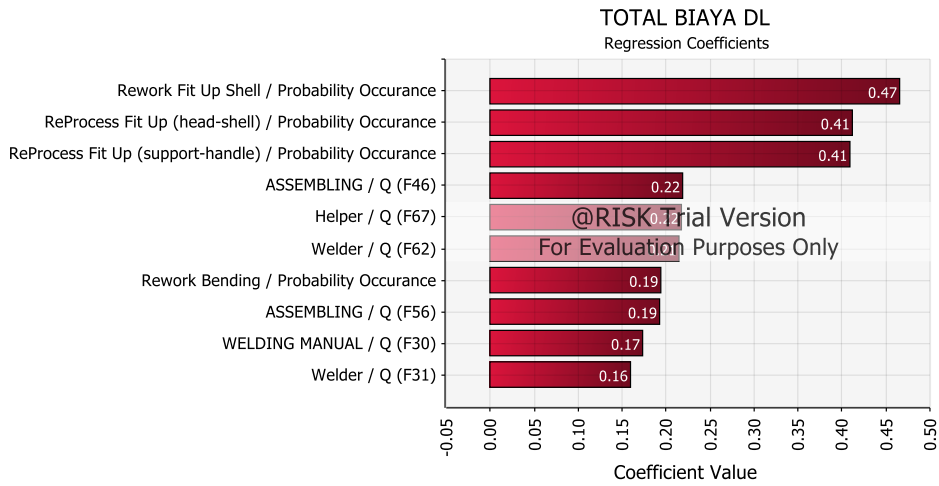
a) Analisis faktor berpengaruh pada biaya tenaga kerja langsung

Dari hasil simulasi didapatkan rata – rata biaya tenaga kerja langsung adalah sebesar Rp 3.593.503,05 dengan standar deviasi Rp 257.269.55 Memiliki nilai titik ekstrim dari Rp 2.863.487,99 – Rp 4.510.000,33.



Gambar 4. 16 Profil Distribusi Estimasi Biaya Tenaga Kerja langsung

Berdasarkan Gambar 4.17, faktor pertama yang paling berpengaruh terhadap besarnya biaya tenaga kerja langsung adalah probabilitas terjadinya *repair fit up shell*. Untuk proses *repair fit up* dibutuhkan 2 orang operator untuk mengerjakan, dalam proses pengerjaannya juga membutuhkan waktu yang lebih lama daripada proses *fit up* sebelumnya dikarenakan harus membongkar *shell*, dan menyambungkan kembali. Hal ini menimbulkan biaya tambahan yang sama besarnya dengan biaya proses awal untuk *fit up shell*.

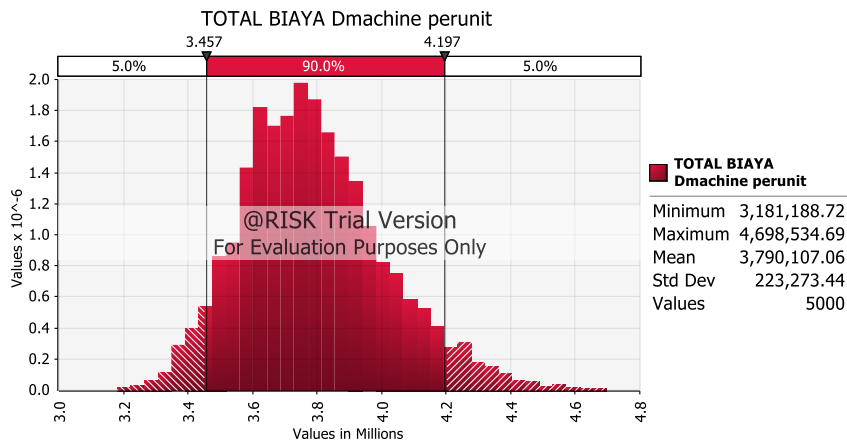


Gambar 4. 17 Diagram Tornado Biaya Pekerja Langsung

Selain faktor kualitas, faktor ketersediaan operator juga berpengaruh pada besarnya biaya tenaga kerja langsung. Pada implementasi di lapangan, berbeda dengan operator mesin yang bisa ditentukan dengan pasti oleh *project planner*, jumlah *helper*, operator *fit up*, dan operator *welding* tidak bisa ditentukan dengan pasti. Hal ini dikarenakan *helper*, operator *fit up*, dan operator *welding* bersifat fleksibel, mereka akan bekerja pada proyek – proyek yang *dateline* pengerjaannya sudah dekat.

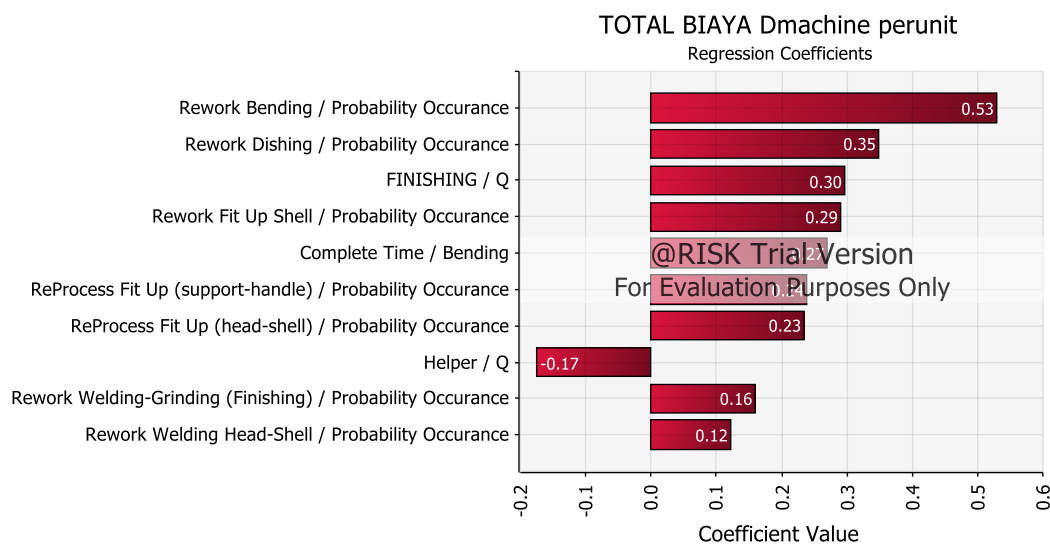
b) Analisis faktor berpengaruh pada biaya permesinan langsung

Dari hasil simulasi didapatkan rata – rata biaya permesinan langsung adalah sebesar Rp 3.790.107,06 dengan standar deviasi Rp 223.273.44. Memiliki nilai titik ekstrim dari Rp 2.863.487,99 – Rp 4.510.000,33.



Gambar 4. 18 Profil Distribusi Estimasi Biaya Permesinan Langsung

Berikut adalah diagram tornado untuk mengetahui faktor - faktor total biaya permesinan langsung.



Gambar 4. 19 Diagram Tornado Biaya Permesinan

Berdasarkan Tabel 4.20, dua faktor teratas yakni *repair bending* dan *repair dishing* meskipun memiliki probabilitas kejadian yang kecil, namun tetap merupakan faktor yang paling berpengaruh. hal ini dikarenakan biaya perjam untuk permesinan pada kedua proses ini cukup tinggi.

Selain faktor kualitas, lama waktu penyelesaian juga berpengaruh pada besar biaya permesinan. Proses *finishing*, *bending*, memiliki waktu penyelesaian yang cukup lama dengan biaya permesinan yang tinggi. Berdasarkan Gambar 4.19 terdapat faktor jumlah helper yang berpengaruh secara positif pada biaya permesinan. Secara keseluruhan *helper* membantu dalam proses material *handling* sehingga waktu proses sedikit lebih cepat. Sehingga secara tidak signifikan menyebabkan biaya permesinan turun.

Tabel 4. 16 Rangkuman Faktor Biaya Permesinan

NO	Process	Completion Time (hour)			DESKRIPSI	MESIN Rp/Hour
		Min	Mod	Max		
1	Repair Bending	1,5	2,5	3,0	Binomial (1;0,133)	Rp 70.248
2	Repair Dishing	1,5	2,0	3,0	Binomial (1;0,1);1 operator 1 helper	Rp 80.470
		0,8	1,0	1,5	1 operator 2 helper	
3	Finishing Laddle	4,0	5,0	6,0	1 operator 1 helper	Rp31.107

Tabel 4. 17 Rangkuman Faktor Biaya Permesinan (lanjutan)

		3,5	4,0	5,0	1 operator 2 helper	
4	Repair Fit Up Shell	3,5	4,5	5,5	Binomial (1;0,5)	Rp 27.132
5	Bending	3,0	4,0	5,0	1	Rp 70.248
6	ReProcess Fit Up (support-handle)	3,0	4,0	4,4	Binomial (1;0,5); 1 operator 2 helper	Rp 27.132
		2,5	3,5	4,0	1 operator 2 helper	
7	ReProcess Fit Up (head-shell)	3,0	4,0	4,4	Binomial (1;0,5); 1 operator 2 helper	Rp 27.132
		3,0	3,5	4,0	1 operator 2 helper	
8	jumlah helper finishing	4,0	5,0	6,0	1 operator 1 mesin	
		3,5	4,0	5,0	2 operator 2mesin	
9	Repair Welding-Grinding (Finishing)	1,0	1,5	2,0	Binomial (1;0,3)	Rp 45.731
10	Repair Welding Head-Shell	1,0	1,2	1,5	Binomial (1;0,3)	Rp 45.731

#### 4.9 Analisa Implementasi Model

Setelah dilakukan pengujian implemenatasi model perhitungan pada kasus nyata *job order* ladle di PT Barata Indonesia. Terdapat beberapa kelebihan dari model yang dikembangkan:

1. Model yang dikembangkan dapat menghasilkan *output* probabilitas pencapaian target biaya dan target waktu, *output* biaya, *output* waktu penyelesaian. *Output* yang dihasilkan dapat dijadikan sebagai bahan evaluasi pemilihan proyek, evaluasi target biaya, dan target waktu. Beserta *output* berupa analisis faktor – faktor yang mempengaruhi probabilitas pencapaian target biaya dan waktu, faktor yang berpengaruh pada waktu penyelesaian, dan faktor yang berpengaruh pada biaya penyelesaian.
2. Model yang dikembangkan mampu menunjukkan bagaimana faktor kualitas dan ketersediaan sumber daya, mempengaruhi nilai persentase pencapaian target biaya dan target waktu.
3. Model yang dikembangkan mampu menunjukkan hubungan antara biaya, waktu, kualitas, dan sumber daya
4. Model yang dikembangkan mampu mengukur kemampuan dari *expert judgment*.

Namun, selain kelebihan juga masih terdapat kelemahan dari model yang dikembangkan, yakni

1. Model yang dikembangkan belum mengakomodasi kemungkinan terjadinya *project crashing*.
2. Model yang dikembangkan belum mempertimbangkan faktor kualitas sumber daya dalam mempengaruhi waktu penyelesaian.
3. Model perhitungan yang dikembangkan belum mempertimbangkan faktor biaya material utama beserta ketidakpastian yang mempengaruhinya

*(Halaman ini sengaja dikosongkan)*

## BAB 5

### KESIMPULAN dan SARAN

Pada bab ini akan dijelaskan mengenai kesimpulan dan saran dari pengerjaan Tugas Akhir ini.

#### 5.1 Kesimpulan

Berikut adalah beberapa kesimpulan yang didapat:

- a) Penelitian ini berhasil mengembangkan model pencapaian target biaya dan target waktu yang merelasikan secara sekaligus empat parameter yani antara biaya, waktu, kualitas, dan sumber daya. Variabel biaya dan waktu sebagai tujuan dari model yang variabilitasnya dipicu oleh ketersediaan sumber daya dan kemampuan untuk lolos dari *quality control*.
- b) Penelitian ini telah merumuskan teknik solusi untuk mengembangkan perhitungan probabilitas pencapaian target biaya dan target waktu dengan mempertimbangkan hubungan antara standar kualitas dan ketersediaan sumber daya dengan menggunakan simulai Monte Carlo.
- c) Dari hasil pengujian model pada kasus *job order* manufaktur ladle di PT Barata Indonesia didapatkan nilai pencapaian target biaya dan target waktu ladle sebesar 32.5%. Hasil Simulasi menunjukkan bahwa faktor – faktor yang paling berpengaruh pada besar nilai keandalan proyek adalah faktor kualitas.
- d) Dari hasil implementasi model pencapaian target biaya dan target waktu parameter, maka berikut adalah kelebihan dari model:
  - a) Model yang dikembangkan dapat menghasilkan *output* probabilitas pencapaian target, *output* biaya, *output* waktu penyelesaian, beserta analisa sensitivitas faktor penyebab.
  - b) Model yang dikembangkan mampu menunjukkan bagaimana faktor kualitas dan ketersediaan sumber daya, mempengaruhi nilai persentase pencapaian target biaya dan target waktu.
  - c) Model yang dikembangkan mampu menunjukkan hubungan antara biaya, waktu, kualitas, dan sumber daya

d) Model yang dikembangkan mampu mengukur kemampuan dari *expert judgment*.

Namun, selain kelebihan juga masih terdapat kelemahan dari model yang dikembangkan, yakni

- a) Model yang dikembangkan belum mengakomodasi kemungkinan terjadinya *project crashing*.
- b) Model yang dikembangkan belum mempertimbangkan faktor kualitas sumber daya dalam mempengaruhi waktu penyelesaian.
- c) Model perhitungan yang dikembangkan belum mempertimbangkan faktor biaya material utama beserta ketidakpastian yang mempengaruhinya.

## **5.2 Saran**

Berikut adalah beberapa saran yang dapat diberikan dari penelitian ini:

- a) Model perhitungan pencapaian target biaya dan waktu diimplementasikan pada jenis kasus nyata lainnya seperti proyek konstruksi, proyek infrastruktur, proyek pengadaan, dan jenis proyek lainnya.
- b) Menggunakan data histori waktu permesinan dan waktu kerja operator untuk mendapatkan hasil yang lebih akurat.



## DAFTAR PUSTAKA

- Atkinson, R., 1999. Project Management: Cost, Time and Quality, Two Best Guesses and A Phenomenon, Its Time to Accept Other Success Criteria. *International Journal of Project Management*, 17(6), pp. 337-342.
- Babu, A. G. & Suresh, N., 1996. Project Management with Time, Cost, and Quality Consideration. *Journal of Operational Research*, Volume 88, pp. 320-327.
- Burati, J. L., Farrington, J. J. & Ledbetter, W. B., 1992. Causes of Quality Deviations in Design and Construction. *Journal of Construction Engineering and Management*, 118(1), pp. 34-49.
- Cahyana, L., 2015. *Pengembangan Model Keandalan Proyek Dengan Mempertimbangkan Hubungan Waktu, Biaya, dan Sumber Daya Dibawah Ketidakpastian*. Surabaya, Jurusan Teknik Industri Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopmeber.
- Chau, K., 1995. The Validity of The Triangular Distribution Assumption in Monte Carlo simulation of Construction Costs. Empirical Evidence from Hong Kong. *Construction Management and Economics*, Volume 13, p. 15–21.
- Copertari, L. F., 2002. *Time, Cost, and Performance Tradeoffs in Project Management*. Ontario: McMaster University.
- Czarnigowska, A. & Sobotka, A., 2013. Time–Cost Relationship for Predicting Construction Duration. *Archives of Civil and Mechanical Engineering*, 13(4), p. 518–526.
- Dawson, R. J. & Dawson, C. W., 1998. Practical Proposals For Managing Uncertainty and Risk In Project Planning. *International Journal of Project Management*, 16(5), pp. 299-310.
- Elkjaer, M., 2000. Stochastic Budget Simulation. *International Journal of Project Management*, Issue 18, pp. 139-147.

- Kelton, W. D. & Law, A. M., 1991. *Simulation Modelling & Analysis*. 2nd ed. New York: McGraw-Hill Inc.
- Kerzner, H., 2009. *Project Management : A System Approach to Planning, Scheduling, and Controlling*. 10th ed. New Jersey: John Wiley & Sons, Inc.
- Kidd, J., 1987. A Comparison between The VERT Program and Other Method of Project Duration Estimation. *Omega*, 15(2), pp. 129-134.
- Kurniyawan, D., 2007. *Analisis Anggaran Biaya dan Resources Levelling untuk Efisiensi Pekerja pada Proyek Pembangunan Gedung Sekolah Menengah Umum Al-Azhar di Bumi Serpong Damai*, Jakarta: Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Gunadarma.
- Mulyadi, 2010. *Akutansi Biaya*. Yogyakarta: Unit Penerbitan dan Percetakan Sekolah Tinggi Ilmu Manajemen YKPN.
- Nugraha, F. A., 2016. *Pemodelan Evaluasi Keberhasilan Proyek dalam Memenuhi Target dan Analisis Risiko pada Proyek Inboard Outer Fixed Leading Rdge PT. Dirgantara Indonesia dengan Menggunakan Konsep Project Reliability*. Surabaya: Jurusan Teknik Industri Fakultas Teknik Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Prahari, W. P. P., 2012. *Practical Assessment terhadap Konsep Project Reliability*. Surabaya: Jurusan Teknik Industri Fakultas Teknik Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Project Management Institute, 2013. *A Guide to The Project Management Body Of Knowledge*. 5th ed. s.l.:Newton Square : Project Management Institute, Inc..
- PT Barata Indonesia, 2018. *Business Field Barata Indonesia*. [Online] Available at: <http://www.barata.com/new/en/field-of-businness/> [Accessed 23 March 2018].
- Saputra, Y. A. & Ladamay, O. S. A., 2011. Project Reliability : Probability Od A Project Meets Its Quality - Cost - Time Target Under Uncertainty.

*International Journal of Electronic Business Management*, 9(3), pp. 220 - 230.

Saputra, Y. A. & Latiffianti, E., 2015. Project Reliability Model Considering Time – Cost – Resource Relationship under Uncertainty. *Procedia Computer Science*, Issue 72, p. 561 – 568.

Siswanto, N., Latiffianti, E. & Wiratno, S. E., 2018. *Simulasi Sistem Diskrit (Implementasi dengan Software ARENA)*. 1st ed. Surabaya: ITS Tekno Sains.

Taylor III, B. W. & Davis, K. R., 1977. Evaluating Time/Cost Factors of Implementation via GERT Simulation. *OMEGA*, 6(3), pp. 257-266.

Warren, C. S., Reeve, J. M. & Duchac, J. E., 2009. *Managerial Accounting*. 10 ed. Canada: LEAP Publishing Services, Inc..

Yamashita, D. A. & Laguna, M., 2004. Scatter Search for Project Scheduling with Resources.



## LAMPIRAN

### LAMPIRAN 1

#### Output Simulasi

	(Completion Time/Unit)	Total Cost Perunit	Indeks Pencapaian Target Biaya Dan Target Waktu
Replikasi 1	54,62829	Rp11.633.629	1
Replikasi 2	60,95918	Rp12.423.845	0
Replikasi 3	67,19529	Rp12.728.463	0
Replikasi 4	55,53541	Rp12.131.771	1
Replikasi 5	49,79173	Rp11.423.518	1
Replikasi 6	59,93115	Rp12.532.286	0
Replikasi 7	52,24304	Rp11.270.622	1
Replikasi 8	68,46431	Rp12.577.975	0
Replikasi 9	50,84351	Rp11.368.089	1
Replikasi 10	58,98818	Rp11.795.567	0
Replikasi 11	55,93123	Rp11.891.137	1
Replikasi 12	59,24754	Rp12.644.223	0
Replikasi 13	59,75758	Rp11.841.064	0
Replikasi 14	60,79934	Rp12.172.137	0
Replikasi 15	57,11719	Rp12.442.106	0
Replikasi 16	58,03358	Rp12.707.492	0
Replikasi 17	51,25391	Rp11.276.757	1
Replikasi 18	60,11951	Rp11.826.451	0
Replikasi 19	54,23983	Rp11.616.451	1
Replikasi 20	50,30155	Rp11.338.613	1
:	:	:	:
Replikasi 4988	59,98797	Rp11.655.404	0
Replikasi 4989	63,58091	Rp12.509.398	0
Replikasi 4990	63,5658	Rp12.358.453	0
Replikasi 4991	58,55265	Rp12.680.266	0
Replikasi 4992	57,85402	Rp11.513.634	0
Replikasi 4993	65,36911	Rp12.187.879	0
Replikasi 4994	60,65004	Rp12.261.312	0
Replikasi 4995	62,91986	Rp12.341.422	0
Replikasi 4996	61,56645	Rp12.525.650	0
Replikasi 4997	60,28725	Rp12.367.964	0
Replikasi 4998	52,25936	Rp11.584.811	1
Replikasi 4999	57,08125	Rp11.650.340	0
Replikasi 5000	66,35848	Rp12.340.556	0

## LAMPIRAN 2

**Daftar Harga Consumable Material**

No	Uraian	Satuan	Harga Satuan
<b>A</b>	<b>MARKING</b>		
1	Paint marker	pcs	Rp25.000,00
2	White contrast paint (WCP-2)	klg	Rp90.000,00
3	Kapur besi	doos	Rp17.500,00
4	Roll Meter : 5 m (KDS)	pcs	Rp55.000,00
5	Penggaris Siku	pcs	Rp50.000,00
6	Roll Meter : 5 m (new lock)	pcs	Rp20.500,00
<b>B</b>	<b>CUTTING</b>		
1	Oxygen	btl	Rp80.000,00
2	Acetylene 6 Kg	btl	Rp150.000,00
3	Oxygen Cair 167 lt/btl	btl	Rp180.000,00
4	LPG 50 kg	btl	Rp850.000,00
5	Kacamata potong	pcs	Rp65.000,00
6	Nozzle cutting LPG	pcs	Rp40.000,00
<b>C</b>	<b>ASSEMBLING</b>		
1	Batu grindia dia 4" x 4 mm CS	pcs	Rp15.000,00
2	Batu grindia dia 7" x 6 mm CS	pcs	Rp18.000,00
3	Kacamata grindia	pcs	Rp5.000,00
4	Grinding Machine dia 4"	pcs	Rp350.000,00
5	Grinding Machine dia 7"	pcs	Rp690.000,00
6	Mur & baut CS	kg	Rp25.000,00
7	Mur & baut SUS	kg	Rp28.500,00
8	Piano wire	kg	Rp42.500,00
9	Jig	kg	Rp5.500,00
10	Wire Brush 12"	pcs	Rp25.000,00
<b>D</b>	<b>WELDING</b>		
1	Kaca las putih 2x50x105	pcs	Rp500,00
2	Kaca las hitam	pcs	Rp12.000,00
3	Kap las	pcs	Rp25.000,00
4	Kap las teropong komplit	pcs	Rp56.000,00
5	Sikat baja CS	pcs	Rp6.500,00
6	Holder 800 A	pcs	Rp102.500,00
7	Kawat las CS 4 mm 7018	kg	Rp28.000,00
8	Kawat las CS 3,2 mm 7018	kg	Rp26.000,00
9	Mesin Las SAW 1000 A/2000 A	pcs	Rp175.000.000,00

D	WELDING		
10	Sarung tangan panjang	pcs	Rp20.000,00
11	Sarung tangan pendek	pcs	Rp4.500,00
12	Masker kain	pcs	Rp700,00
13	Kawat Las SAW	Roll	Rp300.000,00
14	Pasir Flux	kg	Rp15.000,00
15	Regulator Oxygen	pcs	Rp185.000,00
16	Regulator LPG	pcs	Rp225.000,00
17	Face Shield	pcs	Rp135.000,00
18	Solid Marker	pcs	Rp25.000,00
19	Kawat Gauging	pcs	Rp5.000,00
20	Majun	kg	Rp3.000,00

## LAMPIRAN 3

## Daftar Biaya Man/Hour

NO	OPERATOR MESIN	Tarif (Rp/h)
1	Pola / Model	Rp20.422,00
2	Sinto W.W	Rp24.944,00
4	H.M. Inti & Cetak	Rp25.245,00
5	Arc. Furnace	Rp24.602,00
6	Induction Furnace	Rp25.970,00
7	Gas Cutting	Rp23.234,00
8	Fitling	Rp24.089,00
9	Heat Treatment / Sementasi	Rp24.089,00
10	Roll & Pres	Rp24.374,00
11	Milling	Rp23.234,00
12	Drilling	Rp24.089,00
13	Gear Marking M/C	Rp23.234,00
14	Auto Semi Welding	Rp23.234,00
15	Welding Manual	Rp25.799,00
16	Bubut Besar	Rp24.944,00
17	Bubut Kecil	Rp24.477,00
18	Grinding	Rp23.234,00
19	Shearing & Sawing	Rp23.234,00
21	Shapping & Planing	Rp20.944,00
22	Penyelesaian Akhir	Rp23.234,00
23	C.N.C.	Rp23.234,00
24	Mesin Ballfront	Rp28.234,00
26	Mesin Skoda	Rp23.234,00
27	Mesin Rafamet	Rp23.234,00
28	Assembling	Rp26.654,00
29	Dishing	Rp28.234,00
31	Finishing	Rp23.234,00
32	Bevel	Rp23.234,00
33	Marking	Rp23.234,00
NO	MUSIMAN	Tarif (Rp/h)
1	Foreman	Rp26.011,56
2	Welder	Rp23.000,00
3	Helper	Rp18.497,11
4	Fitter	Rp19.000,00
5	Safety	Rp23.121,39
6	Maintenance	Rp16.000,00



## LAMPIRAN 4

## Daftar Biaya Tarif Mesin Perjam

No	TENAGA PRODUKSI LANGSUNG	Tarif (Rp/Hour)
1	Pola / Model	Rp0,00
2	Sinto W.W	Rp0,00
3	Ug 4 & 5	Rp40.523,00
4	H.M. Inti & Cetak	Rp41.038,00
5	Arc. Furnace	Rp50.594,00
6	Induction Furnace	Rp50.315,00
7	Gas Cutting	Rp29.065,00
8	Fitling	Rp44.860,00
9	Heat Treatment / Sementasi	Rp69.902,00
10	Roll & Pres	Rp70.248,00
11	Milling	Rp27.878,00
12	Drilling	Rp28.865,00
13	Gear Marking M/C	Rp17.711,00
14	Auto Semi Welding	Rp25.376,00
15	Welding Manual	Rp25.799,00
16	Bubut Besar	Rp27.721,00
17	Bubut Kecil	Rp27.295,00
18	Grinding	Rp19.932,00
19	Shearing & Sawing	Rp15.769,00
20	B.P.K.	Rp0,00
21	Shapping & Planing	Rp25.408,00
22	Finishing	Rp31.107,00
23	N.C.	Rp47.034,00
24	C.N.C.	Rp40.865,00
25	Mesin Khusus	Rp0,00
26	Mesin Ballfront	Rp80.470,00
27	Mesin Skoda	Rp75.113,00
28	Mesin Rafamet	Rp75.420,00
29	Assembling	
30	Induction Furnace 10 T	Rp22.983,00
31	Dishing	Rp80.470,00
32	Marking	Rp31.107,00
33	Fit Up	Rp7.200,00
34	Bevel	Rp29.065,00

## BIODATA PENULIS



Penulis lahir di Surabaya, 10 Juli 1996 dengan nama lengkap Qurrota A'yunina. Penulis telah menempuh pendidikan formal di SDN Airlangga V Surabaya, SMPN 1 Suarabaya, SMAN 5 Surabaya, dan telah menyelesaikan jenjang sarjana di Departemen Teknik Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya (ITS).

Selama menjadi mahasiswa, penulis aktif dalam berbagai kegiatan kepanitian dan organisasi. Diantaranya adalah sebagai pengajar di HMTI Mengajar 2014/2015, staff BSO Forum Kajian Strategis ITS 2016/2017, serta sebagai Asistan Laboratorium Quantitative Modelling and Industrial Policy Analysis (QMIPA) di Departemen Teknik Industri ITS sejak Desember 2016 hingga Juli 2018 dimana penulis membantu dalam mengimplementasikan kompetensi inti dari laboratorium yakni statistik, optimasi, dan simulasi dalam berbagai aktivitas baik didalam kelas maupun di luar kelas. Penulis juga pernah melakukan magang industri di PT Dirgantara Indonesia di unit manajemen proyek selama satu bulan, serta di PT Kereta Api Indonesia di unit *material stock* selama satu bulan. Untuk lebih lanjut penulis dapat dihubungi melalui email [qurrota776@gmail.com](mailto:qurrota776@gmail.com). Sekian dan terim kasih.