UPAYA PENINGKATAN LEVEL *PROJECT RELIABILITY* UNTUK MEMENUHI TARGET PADA PROYEK RIB AT DI PT. DIRGANTARA INDONESIA

SKRIPSI

TEKNIK INDUSTRI

Diajukan untuk memenuhi persyaratan
memperoleh gelar Sarjana Teknik

INDANA ZULFA
NIM 135060707111068

UNIVERSITAS BRAWIJAYA
FAKULTAS TEKNIK
MALANG
2018

repository.ub.ac.id
UNIVERSITAS BRAWIJAYA

repository.ub.ac.id

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT, karena atas limpahan rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan baik. Tidak lupa shalawat dan salam juga tercurah kepada Rasulullah Nabi Muhammad SAW.

Skripsi yang berjudul **"Upaya Peningkatan Level *Project Reliability* Untuk Memenuhi Target pada Proyek Rib AT di PT. Dirgantara Indonesia"** ini disusun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Strata Satu (S-1) pada Fakultas Teknik di Jurusan Teknik Industri, Universitas Brawijaya.

Penulis menyadari bahwa terdapat banyak hambatan yang penulis hadapi dalam penulisan skripsi ini, namun berkat dukungan, bimbingan dan bantuan dari berbagai pihak, hambatan-hambatan tersebut dapat teratasi. Oleh karena itu, pada kesempatan kali ini penulis menyampaikan terima kasih kepada:

1. Allah SWT, dengan rahmat, petunjuk dan karunia-Nya, penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan lancar.
2. Kedua orang tua tercinta, Bapak Abdul Wahab dan Ibu Umi Fadlilah atas kasih sayang, doa dan kesabaran yang tak terbatas, untuk pelajaran dan didikan yang diberikan selama ini, motivasi, nasihat, dukungan mental dan materiil, serta perjuangan yang tidak pernah lelah demi memberikan pendidikan yang terbaik kepada penulis.
3. Bapak Oyong Novareza, ST., MT., Ph.D., selaku Ketua Jurusan Teknik Industri, penulis berterima kasih atas kesabaran dalam membimbing penulis, memberikan masukan, arahan, serta ilmu yang sangat berharga dan bermanaat bagi penulis.
4. Ibu Ceria Farela Mada Tantrika, ST., MT. dan Bapak Angga Akbar Fanani, ST., MT., selaku dosen pembimbing I dan II, penulis berterima kasih atas kesabaran dalam membimbing penulis, memberikan masukan, arahan, motivasi, semangat dan ilmu yang sangat berharga dan bermanfaat bagi penulis.
5. Bapak Arif Rahman, ST., MT., selaku Dosen Pembimbing Akademik, yang selalu memberikan bimbingan dan arahan terhadap kegiatan akademik maupun non akademik kepada penulis.
6. Bapak dan Ibu Dosen Jurusan Teknik Industri yang telah dengan ikhlas memberikan ilmu yang sangat berharga dan bermanfaat bagi penulis.
7. Bapak dan Ibu karyawan Jurusan Teknik Industri yang telah membantu memberikan informasi serta melaksanakan proses akademik.

8. Ibu Ir. Fridawaty, selaku Internship Supervisor, yang selalu membantu dalam pengerjaan skripsi dan *internship project* selama di PT. Dirgantara Indonesia.
9. Kakak dan adik tercinta, Mar'atul Maghfiroh, Yusnita Ariani, Mohammad Safrurriza, dan Rizka Sisna Riyanti atas kasih sayang, dukungan, doa, semangat dan nasihat yang tiada henti kepada penulis.
10. Sahabat tercinta, Zuliana Mar'atus, Zafirah Nur Afifah, Mira Apsari, R. Danang Aryo, Laksito Adi, Oky Surya dan Sisilia Agustin, yang selalu memberikan bantuan, dukungan, motivasi dan semangat serta doa kepada penulis.
11. GE Scholars 2014-2015, Dini Puteri Khairani, Vanessa Purnawan, Abdul Karim Amarullah, Tantyo Permadi, Kanza Nabeela, Vionabella Bunga, Rahmat Dwipa, Fajar Pratomo, dan Albert Eka Saputra yang selalu memberikan dukungan dari jauh, semangat dan motivasi kepada penulis.
12. Agatha Purenda Shafirra, Mohammad A'inurrofiqin, Luluk Roudhotul Jannah, Winny Prasanti, Halimatus Sa'diyah, dan Alik Rangga Prasetya yang telah membantu mendoakan, dan selalu memberikan penghiburan selama pengerjaan skripsi.
13. Seluruh teman-teman Keluarga Teknik Industri Angkatan 2013 yang telah memberikan dukungan dan doa dalam penyelesaian skripsi penulis.
14. Sahabat dan seluruh pihak yang belum disebutkan satu persatu oleh penulis atas keterlibatan dan dukungannya sehingga skripsi ini dapat terselesaikan.

Penulis mengucapkan permohonan maaf atas kesalahan dan kekurangan dalam penulisan skripsi ini. Semoga kritik dan saran yang konstruktif agar penulisan skripsi ini menjadi lebih baik. Semoga skripsi ini dapat dikembangkan dan bermanfaat bagi ilmu pengetahuan ke depannya.

Malang, Mei 2018

Penulis

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR i
DAFTAR ISI iii
DAFTAR TABEL vii
DAFTAR GAMBAR ix
DAFTAR RUMUS xi
DAFTAR LAMPIRAN xiii
RINGKASAN xv
SUMMARY xvii
BAB I PENDAHULUAN 1
1.1 Latar Belakang 1
1.2 Identifikasi Masalah 5
1.3 Perumusan Masalah 5
1.4 Tujuan Penelitian 5
1.5 Manfaat Penelitian 5
1.6 Batasan Masalah 6
1.7 Asumsi Penelitian 6
BAB II TINJAUAN PUSTAKA 7
2.1 Penelitian Terdahulu 7
2.2 Proyek 9
2.2.1 Ciri-ciri Proyek 9
2.2.2 Jenis-jenis Proyek 10
2.2.3 *Project Life Cycle* 11
2.3 Manajemen Proyek 11
2.4 *Project Reliability* 12
2.5 Simulasi 14
2.6 Simulasi Monte Carlo 16
2.7 Penentuan Jumlah Replikasi 17
2.8 Analisis Sensitivitas 18
BAB III METODE PENELITIAN 21
3.1 Jenis Penelitian 21
3.2 Tempat dan Waktu Penelitian 21
3.3 Tahapan Penelitian 21

repository.ub.ac.id
UNIVERSITAS BRAWIJAYA

3.4 Diagram Alir Penelitian 24
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN 27
4.1 Gambaran Umum Perusahaan 27
4.1.1 Visi dan Misi Perusahaan 28
4.1.2 Logo Perusahaan 28
4.1.3 Struktur Organisasi Perusahaan 29
4.1.4 Produk dan Jasa Perusahaan 30
4.1.5 Proses Bisnis Perusahaan 31
4.1.6 Gambaran Umum Proyek *Single Aisle* 32
4.1.6.1 Pengamatan Produk Rib AT 34
4.1.6.2 Proses Produksi Rib-AT 36
4.2 Pengumpulan Data 43
4.2.1 Waktu pada Proses Produksi 44
4.2.1.1 *Fitting Distribution* pada Waktu Produksi 46
4.2.1.2 Pembangkitan Bilangan Acak untuk Waktu Produksi 49
4.2.2 *Defect* pada Proses Produksi 59
4.2.3 Biaya pada Proses Produksi 62
4.3 Perhitungan Nilai *Project Reliability* 64
4.3.1 Perhitungan Nilai *Project Reliability* Proyek Saat Ini 65
4.3.2 Analisis Nilai *Project Reliability* 69
4.3.2.1 Analisis Target Waktu Rib AT 69
4.3.2.2 Analisis Target Biaya Rib AT 71
4.3.2.3 Analisis Target Kualitas Rib AT 72
4.4 Faktor yang Berpengaruh pada Nilai *Project Reliability* 76
4.4.1 Identifikasi Faktor yang Berpengaruh pada Nilai *Project Reliability* 76
4.4.2 Identifikasi Masalah pada Proses yang Berpengaruh pada Nilai PR 80
4.4.2.1 Identifikasi Masalah pada Proses CNC Profilling Machine DGMP. 81
4.4.2.2 Identifikasi Masalah pada Proses CNC Profilling Deckel Maho (Ope.0060) 84
4.4.2.3 Identifikasi Masalah pada Proses CNC Profilling Deckel Maho (Ope.0070) 86
4.4.2.4 Identifikasi Masalah pada Proses Drilling Machine 87
4.5 Analisis Nilai *Project Reliability* Berdasarkan Hasil Skenario Mitigasi 88
4.5.1 Skenario Mitigasi 88

4.5.2 Analisis Nilai *Project Reliability* 90
4.6 Rekomendasi Perbaikan 90
BAB V PENUTUP 101
5.1 Kesimpulan 101
5.2 Saran 102
DAFTAR PUSTAKA 103
LAMPIRAN 105

Halaman ini sengaja dikosongkan

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Perbandingan Penelitian Terdahulu dengan Penelitian Saat ini 8
Tabel 4.1 *Bill of Material Table* D-Nose 33
Tabel 4.2 *Bill of Material Table* Skin 33
Tabel 4.3 *Bill of Material Table* Pylon 34
Tabel 4.4 Daftar Proses Produksi Rib AT 37
Tabel 4.5 Kegiatan pada Proses CNC Profilling Machine Deckel Maho untuk Media 2 39
Tabel 4.6 Kegiatan pada Proses CNC Profilling Machine Deckel Maho untuk Media 3 39
Tabel 4.7 Data Rata-rata Waktu Proses Aktual Bagian DPM 45
Tabel 4.8 *Fitting Distribution* Waktu Aktual di Bagian DPM 48
Tabel 4.9 Nilai P-Value pada Waktu Produksi 49
Tabel 4.10 Frekuensi Waktu permesinan dan Waktu operator Proses CNC Profiling Machining DGMP 50
Tabel 4.11 Frekuensi Kumulatif dan Probabilitas Kumulatif Waktu Permesinan dan Waktu Operator 51
Tabel 4.12 Interval Kelas pada Waktu Permesinan 52
Tabel 4.13 Hasil Pembangkitan Bilangan Acak Waktu Permesinan dan Waktu Operator 53
Tabel 4.14 Hasil Waktu Permesinan dan Waktu Operator dari Pembangkitan Bilangan Acak 53
Tabel 4.15 Waktu Permesinan Hasil Pebangkitan Bilangan Acak 54
Tabel 4.16 Waktu Operator Hasil Pembangkitan Bilangan Acak 54
Tabel 4.17 Hasil Uji Chi Square Waktu Permesinan 55
Tabel 4.18 Hasil Uji Chi Square Waktu Operator 57
Tabel 4.19 Data Historis *Defect* Aktual pada DPM 60
Tabel 4.20 *Defect Rate* untuk Proses CNC Profiling Machine DGMP untuk 5 Kali Replikasi 61
Tabel 4.21 Data Biaya Aktual di Bagian DPM 62
Tabel 4.22 Interpretasi Biaya dan Waktu Operator Proses Issuer Inspection 63
Tabel 4.23 Hasil Interpretasi Biaya operator Proses Issuer Inspection 64
Tabel 4.24 Waktu Produksi Standar dan Biaya Produksi Standar 65
Tabel 4.25 Standar Indikator Proyek Produksi Rib AT 65
Tabel 4.26 Replikasi Awal Nilai *Project Reliability* 67
Tabel 4.27 Hasil Replikasi Simulasi untuk Nilai *Project Reliability* (PR) 68

Tabel 4.28 *Additional Cost* dan *Additional Time* 75
Tabel 4.29 Pengaruh Jumlah Produk Cacat Terhadap Nilai *Project Reliability* 77
Tabel 4.30 Waktu Produksi Standar dan Biaya Produksi Standar 78
Tabel 4.31 Pengaruh Waktu Proses dan Biaya Proses Terhadap Nilai *Project Reliability*.80
Tabel 4.32 Identifikasi Masalah Pada Proses CNC Profiling Machine DGMP 81
Tabel 4.33 Identifikasi Masalah Pada Proses CNC Profiling Deckel Maho (Ope.0060)....85
Tabel 4.34 Identifikasi Masalah Pada Proses CNC Profiling Deckel Maho (Ope.0070)....86
Tabel 4.35 Identifikasi Masalah Pada Proses Drilling Machine 87
Tabel 4.36 Hasil Kombinasi Skenario Mitigasi 89
Tabel 4.37 Identifikasi Masalah dan Usulan Perbaikan 90
Tabel 4.38 Alat Potong yang Digunakan Untuk Pembuatan Rib AT.....93
Tabel 4.39 Penyusunan Peletakan Alat Potong.....94
Tabel 4.40 Usulan Tabel Kendali Penggunaan *Tools* 95

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 *The Worldwide Airbus order and deliveries totals* 2
Gambar 1.2 Persentase pendapatan proyek pada Program Spirit 2
Gambar 2.1 *Project Iron Triangle* 12
Gambar 2.2 Konseptual Model Q-C-T pada *project reliability* 13
Gambar 2.3 Contoh *project network* (modifikasi GAN) 14
Gambar 3.1 Diagram alir penelitian 25
Gambar 4.1 Logo PT. Dirgantara Indonesia 29
Gambar 4.2 Struktur organisasi PT. Dirgantara Indonesia 29
Gambar 4.3 Struktur organisasi Program Spirit *Aerosystem* 30
Gambar 4.4 Proses bisnis PT. DI 31
Gambar 4.5 Komponen sayap A320 32
Gambar 4.6 BOM *Tree* komponen D-Nose 33
Gambar 4.7 BOM *Tree* komponen Skin 33
Gambar 4.8 BOM Tree komponen Pylon 34
Gambar 4.9 Media Rib AT 35
Gambar 4.10 Media 2 Rib AT 35
Gambar 4.11 Media 3 Rib AT 36
Gambar 4.12 Process sheet DPM Rib AT 36
Gambar 4.13 *Generalized Activity Network* proses produksi 43
Gambar 4.14 *Input analyzer* 46
Gambar 4.15 Pola data terpilih 47
Gambar 4.16 Tampilan Fit All 47
Gambar 4.17 Distribusi terpilih dan nilai P-Value 47
Gambar 4.18 *Hole oversized* 73
Gambar 4.19 *Hole damaged* 73
Gambar 4.20 *Flange undercut* 74
Gambar 4.21 *Flange damage* 74
Gambar 4.22 *Corner radius damage* 75
Gambar 4.23 *Tools* yang digunakan untuk proses permesinan 82
Gambar 4.24 Ilustrasi pemberian identitas pada *tools* 92
Gambar 4.25 Ilustrasi penambahan identitas pada *toolbox* 93

Gambar 4.26 Ilustrasi label pada *toolbox* 94

repository.ub.ac.id
UNIVERSITAS BRAWIJAYA

DAFTAR RUMUS

Rumus 2-1 Perhitungan *Half Width*..... 17
Rumus 2-2 Penntuan Jumlah Minimal Replikasi 18

Halaman ini sengaja dikosongkan

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 *Generalized Activity Network* (GAN) 105

Lampiran 2 Hasil Pembangkitan Bilangan Acak 106

Lampiran 3 Skenario 11 215

Lampiran 4 Distribusi Kelas pada Waktu Permesinan dan Waktu Operator 227

repository.ub.ac.id

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

repository.ub.ac.id

Halaman ini sengaja dikosongkan

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

RINGKASAN

Indana Zulfa, Jurusan Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya, Maret 2018, *Upaya Peningkatan Level Project Reliability untuk Memenuhi Target pada Proyek Rib AT di PT. Dirgantara Indonesia*, Dosen Pembimbing: Ceria Farela Mada Tantrika dan Angga Akbar Fanani.

PT. Dirgantara Indonesia (PT. DI) adalah satu-satunya industri yang bergerak dalam produksi pesawat terbang di Asia Tenggara. Salah satu proyek yang ada di PT. DI adalah proyek Single Aisle. Hingga tahun 2016 PT. DI hanya bisa memenuhi pesanan komponen Single Aisle sebesar 9.214 unit dari total *order* sebesar 13.557 unit. Salah satu komponen penyusunnya adalah Rib AT. Rib AT adalah *base component* dari proses *assembly*. Penyebab dari target produksi Rib AT tidak tercapai adalah tidak terpenuhinya target perencanaan proyek. Terdapat tiga target yang harus tercapai, yaitu target biaya, waktu, dan kualitas. Pada proyek Rib AT terdapat perbedaan biaya aktual dengan biaya estimasi yaitu masing-masing sebesar $1.074,074 dan $999,223, perbedaan waktu aktual dengan waktu perencanaan yaitu masing-masing 50,957 jam dan 46,148 jam dan adanya *defect* dan *reprocessing* di beberapa proses produksi. Penelitian ini bertujuan untuk mengupayakan peningkatan nilai probabilitas proyek untuk dapat memenuhi target proyek produksi Rib AT.

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah *Project reliability*. *Project reliability* adalah metode yang digunakan untuk mengevaluasi perencanaan proyek dan mengetahui probabilitas proyek dapat memenuhi target kualitas, biaya, dan waktu. Untuk mendapatkan nilai *project reliability* pada proyek aktual, didapatkan melalui pendekatan simulasi Monte Carlo. Setelah didapatkan hasil yang berupa nilai *project reliability*, dilakukan analisis sensitivitas untuk mengetahui faktor-faktor apa saja yang mempengaruhi nilai *project reliability* pada proyek Rib AT. Terdapat 4 faktor yang paling berpengaruh terhadap nilai *project reliability*, yaitu menghilangkan penyebab *defect* dan memperbaiki proses CNC Profiling DGMP, CNC Profiling Deckel Maho Ope. 0060 dan Ope. 0070, dan proses Drilling Machine. Langkah selanjutnya yaitu identifikasi lebih lanjut untuk mengetahui masalah yang terjadi pada faktor tersebut. Identifikasi masalah dilakukan untuk mengetahui upaya mitigasi. Langkah selanjutnya yaitu dilakukan simulasi untuk mendapatkan kombinasi skenario mitigasi terbaik untuk meningkatkan nilai *project reliability*. Berdasarkan hasil skenario mitigasi, diberikan rekomendasi perbaikan pada faktor-faktor yang mempengaruhi kenaikan nilai *project reliability*.

Berdasarkan hasil simulasi Monte Carlo, diketahui bahwa nilai *project reliability* pada proyek Rib AT tahun 2016 adalah sebesar 25,52%. Adapun setelah dilakukan analisis sensitivitas, diketahui bahwa peningkatan nilai *project reliability* dari menghilangkan penyebab *defect* adalah 28,10%, memperbaiki proses 4, 5, 6, dan 9 masing-masing akan menghasilkan nilai *project reliability* sebesar 69,84%, 28,57%, 29,05%, dan 27,78%. Keempat faktor ini kemudian dijadikan usulan skenario mitigasi. Berdasarkan hasil simulasi untuk mengetahui kombinasi skenario mitigasi terbaik, didapatkan hasil bahwa dengan penggabungan 4 faktor tersebut akan meningkatkan nilai *project reliability* sebesar 81,11%, dengan nilai *cost reliability* sebesar 90,16% dan *time reliability* sebesar 83,49%.

Kata Kunci: Analisis Sensitivitas, *Project Reliability,* Proyek Produksi Rib AT, Simulasi Monte Carlo

Halaman ini sengaja dikosongkan

repository.ub.ac.id

SUMMARY

Indana Zulfa, Industrial Engineering, Faculty of Engineering, Universitas Brawijaya, March 2018, *The Attempt to Increase the Level of Project Reliability of Rib AT Project to Meet Target in Indonesian Aerospace,* Academic Supervisors: Ceria Farela Mada Tantrika and Angga Akbar Fanani.

Indonesian Aerospace (IAe) is the only industry that is engaged in the production of aircraft in Southeast Asia. One of the projects in the IAe is the Single Aisle. Until 2016, the IAe can only fulfill the orders of Single Aisle 9.214 units out of 13.557 units. Rib AT is the base component of the assembly process that cause the assembly activity cannot be executed if there are no Rib AT. The cause of unachievable target production of Rib AT is the unfulfilled project planning targets. There are three indicators that must be met. They are the cost target, time target, and quality target. Within Rib AT project, there are differences between average actual cost with standard costs ($ 1.074,074 out of $ 999,223), the difference of the average actual time with standard time (50,957 hours out of 46,148 hours) and the defects and reprocessing in some processes are still exist. This research aims to seek increasing the probability of project to meet the target of Rib AT project.

The method used in this research is project reliability. Project reliability is a method used to evaluate project planning and get the probability of a project meeting its quality, cost, and time targets. The project reliability score of the actual project is obtained by the Monte Carlo simulation approach. After the results obtained in the form of project reliability value, the sensitivity analysis is conducted to find out what factors that affect project reliability value. There are four factors that affect the project reliability value the most, those are repairing the process of CNC Profiling DGMP Profiling, CNC Deckel Maho Ope. 0060 and Ope. 0070, and Drilling Machine. The next step is to identify the problem that occurs on these factors to attempt mitigation. The next step is to conduct the simulation in order to get the best combination of mitigation scenarios to increase the project reliability value. The last step is to identify the improvement recommendation based on the problem that occurs in the factors that affect the increasing of project reliability value.

The result of Monte Carlo simulation shows that the value of actual project reliability of Rib AT in 2016 is 25,52%. It was found that the increase of project reliability value from eliminating cause of defect was 28,10%, fixing process 4, 5, 6, and 9 respectively will yield the project reliability value on 69,84%, 28,57%, 29,05%, and 27,78%. These four factors are then used as proposed mitigation scenarios. Based on the simulation result to know the best combination of mitigation scenario, it was found that best combination of mitigation scenario is the combination of 4 factors which will increase the value of project reliability to 81,11%, with value of cost reliability 90,16% and time reliability equal to 83,49%.

Keywords: Monte Carlo Simulation, Project Reliability, Rib AT Project, Sensitivity Analysis

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

Halaman ini sengaja dikosongkan

PERNYATAAN ORISINALITAS SKRIPSI

Saya menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa sepanjang pengetahuan saya dan berdasarkan hasil penelusuran berbagai karya ilmiah, gagasan dan masalah ilmiah yang diteliti dan diulas di dalam Naskah Skripsi ini adalah asli dari pemikiran saya. Tidak terdapat karya ilmiah yang pernah diajukan oleh orang lain untuk memperoleh gelar akademik di suatu Perguruan Tinggi, dan tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis dikutip dalam naskah ini dan disebutkan dalam sumber kutipan dan daftar pustaka.

Apabila ternyata di dalam naskah Skripsi ini dapat dibuktikan terdapat unsur-unsur jiplakan, saya bersedia Skripsi dibatalkan, serta diproses sesuai dengan peraturan perundang-undangan yang berlaku (UU No. 20 Tahun 2003, Pasal 25 ayat 2 dan Pasal 70).

Malang, 23 Mei 2018

Mahasiswa

Indana Zulfa

NIM. 135060707111068

repository.ub.ac.id
UNIVERSITAS BRAWIJAYA

repository.ub.ac.id

LEMBAR PENGESAHAN

UPAYA PENINGKATAN LEVEL PROJECT RELIABILITY UNTUK MEMENUHI TARGET PADA PROYEK RIB AT DI PT. DIRGANTARA INDONESIA

SKRIPSI

TEKNIK INDUSTRI

Diajukan untuk memenuhi persyaratan
memperoleh gelar Sarjana Teknik

INDANA ZULFA
NIM. 135060707111068

Skripsi ini telah direvisi dan disetujui oleh dosen pembimbing pada
tanggal 23 Mei 2018

Dosen Pembimbing I	Dosen Pembimbing II
Ceria Farela Mada Tantrika, ST., MT.	**Angga Akbar Fanani, ST., MT**
NIP. 19840426 200812 2 002	**NIP. 19870407 201504 1 002**

Mengetahui,
Ketua Jurusan Teknik Industri

Oyong Novareza, ST., MT., Ph.D.
NIP. 19741115 200604 1 002

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

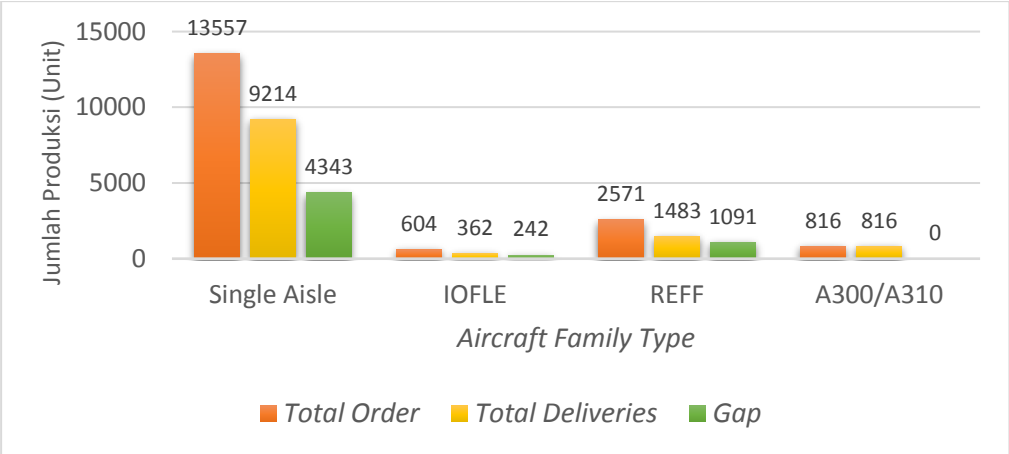
BAB I
PENDAHULUAN

Bab ini menjelaskan terkait latar belakang penelitian, tujuan dan manfaat penelitian, rumusan masalah yang diselesaikan, serta ruang lingkup penelitian yang mencakup asumsi dan batasan masalah yang digunakan dalam penelitian ini.

1.1 Latar Belakang

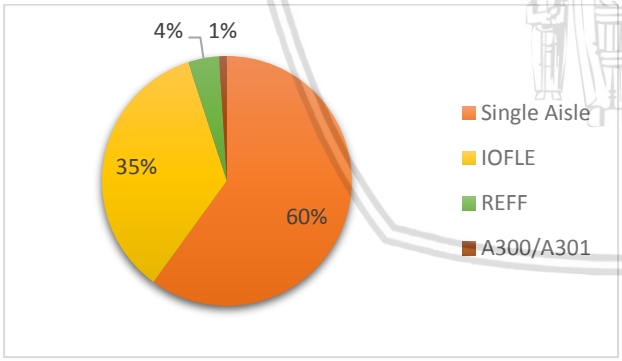
Perkembangan industri saat ini semakin pesat, khususnya di bidang teknologi. Pesawat terbang merupakan salah satu bukti kemajuan teknologi yang ada di bidang industri transportasi. Meningkatnya kebutuhan masyarakat untuk menggunakan pesawat terbang sebagai alat transportasi untuk menempuh jarak jauh dengan waktu singkat, menyebabkan permintaan terhadap pesawat terbang semakin meningkat. Meningkatnya permintaan pembuatan pesawat maupun komponen pesawat menyebabkan tingginya persaingan di industri pesawat terbang, sehingga perusahaan dituntut untuk dapat memenuhi pesanan dengan sesuai target dan memenuhi spesifikasi yang telah ditentukan.

PT. Dirgantara Indonesia (*Indonesian Aerospace, IAe*) merupakan perusahaan BUMN (Badan Usaha Milik Negara) yang bergerak dalam pembuatan pesawat terbang. Salah satu unit usaha yang ada di PT. Dirgantara Indonesia adalah Satuan Usaha *Aerostructure.* Satuan Usaha *Aerostructure* bergerak di bidang perancangan, pembuatan komponen, dan perakitan *sub – assembly* kerangka pesawat terbang yang memiliki kualitas tinggi dan harga yang bersaing. Saat ini, Satuan Usaha *Aerostructure* sedang menjalani Program Spirit pada proses produksinya. Program Spirit bergerak dalam bidang pembuatan komponen dan bagian-bagian sayap, ekor, peralatan, dan perlengkapan untuk jenis pesawat Airbus. Dalam program ini terdapat 4 proyek yang sedang dilaksanakan, yaitu *Single Aisle*, IOFLE, REFF, dan A350. Jumlah *order* dan *delivery* komponen dari 4 proyek tersebut hingga akhir tahun 2016 ditunjukkan pada Gambar 1.1



Gambar 1.1 The Worldwide Airbus order and deliveries totals
Sumber: Laporan Produksi Program Spirit hingga Tahun 2016

Berdasarkan Gambar 1.1, hingga tahun 2016, jumlah pesanan untuk *Single Aisle Families* sebesar 13.557 unit, REFF sebesar 2571 unit, IOFLE sebesar 604 unit, dan jumlah pesanan untuk A300/A301 *Family* adalah sebesar 816 unit. *Single Aisle* merupakan *Aircraft Families Type* yang paling banyak dipesan dan digunakan oleh maskapai-maskapai pesawat terbang di dunia dibandingkan dengan *aircraft families* lainnya. Tetapi, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1.1, perusahaan hanya bisa mengirimkan pesanan sebesar 9.214 unit dari total *order* sebesar 13.557 unit. Adanya *gap* yang cukup besar antara *total order* dan *total deliveries* yaitu sebesar 4.343 unit menandakan bahwa masih tinggi angka ketidaktercapaian target proyek *Single Aisle*.



Gambar 1.2 Persentase pendapatan proyek pada Program Spirit
Sumber: Laporan Produksi Program Spirit hingga Akhir 2016

Gambar 1.2 menunjukkan perbandingan pendapatan dari keempat jenis *aircraft families*. Proyek yang menyumbang pendapatan paling besar terhadap perusahaan adalah Proyek *Single Aisle*. Berdasarkan Gambar 1.2, persentase pendapatan Proyek *Single Aisle* adalah sebesar 60%. Sehingga jika target proyek *Single Aisle* dapat dipenuhi, maka akan berpengaruh sangat signifikan terhadap peningkatan pendapatan PT. Dirgantara Indonesia. Adanya ketidaktercapaian target proyek yang tinggi pada *Single Aisle Families* seperti yang diilustrasikan pada Gambar 1.1, menjadikan adanya kemungkinan terjadi penurunan

permintaan. Saat *Single Aisle Families* mengalami penurunan permintaan, maka pendapatan yang diterima oleh PT. Dirgantara Indonesia juga menurun.

Proyek *Single Aisle* memproduksi komponen sayap pesawat A320 yang terdiri dari tiga *part* komponen besar, yaitu D – Nose, Pylon, dan Skin. Ketiga komponen besar ini tersusun dari beberapa jenis komponen. Salah satu komponen penyusunnya adalah Rib AT. Rib AT merupakan komponen penyusun dari D – Nose. Rib AT adalah *base component* dari proses *assembly* yang menyebabkan kegiatan *assembly* tidak dapat dilaksanakan bila tidak terdapat Rib AT. Sehingga jika target produksi Rib AT tidak tercapai, maka target proyek *Single Aisle* juga tidak dapat tercapai. Oleh karena itu, proyek Rib AT dipilih menjadi fokus penelitian.

Ada tiga hal utama yang menjadi indikator kesuksesan proyek dan sangat diperhatikan dalam proyek ini, yaitu *quality, cost,* dan *time.* Masalah yang dihadapi pada proyek ini terkait dengan indikator pertama adalah kualitas. Kualitas produk merupakan tujuan yang penting bagi perusahaan yang memproduksi komponen pesawat terbang. Hal ini dikarenakan komponen-komponen yang dibuat untuk pesawat terbang memiliki toleransi cacat yang sangat rendah atau harus memenuhi *zero defect*. Namun pada kondisi nyatanya, masih banyak komponen yang kualitasnya tidak sesuai dengan standar yang ditentukan. Sehingga harus dilakukan proses *rework* untuk memperbaiki *defect* maupun memproduksi ulang komponen yang cacat. Proses *rework* atau *reprocessing* ini dapat mempengaruhi waktu proyek maupun biaya produksi.

Masalah selanjutnya adalah biaya. Proyek Rib AT yang ditangani oleh Program Spirit ini harus memenuhi biaya yang telah direncanakan dan disetujui di awal. Biaya yang dimaksud adalah biaya proses produksi yang terdiri dari biaya permesinan dan biaya tenaga kerja. Pada kondisi aktualnya terdapat perbedaan yang cukup besar antara biaya perencanaan dengan biaya aktual. Pada proyek Rib AT, biaya yang direncanakan untuk tiap produk sebesar $999,223 dan rata-rata biaya aktual untuk satu unit adalah sebesar $1.074,074. Biaya ini belum termasuk biaya produksi ulang jika ada komponen Rib AT yang cacat dan tidak dapat diperbaiki, maupun biaya pengiriman komponen yang terlambat yang juga harus ditanggung oleh PT. DI. Adanya perbedaan yang cukup besar dapat mempengaruhi profit perusahaan.

Masalah ketiga yang dihadapi oleh perusahaan terkait indikator kesuksesan proyek ini adalah masalah waktu. Terdapat batasan waktu dalam setiap proses produksi yang diterapkan untuk Proyek Rib AT. Pada proyek Rib AT waktu standar yang ditetapkan adalah sebesar 46,148 jam, sedangkan waktu aktual rata-rata yang dibutuhkan tiap produk adalah

sebesar 50,957 jam. Ada beberapa faktor yang menyebabkan proses produksi tidak bisa diselesaikan dalam jangka waktu yang telah ditentukan, misalnya adanya *defect* sehingga membutuhkan *rework* atau *reprocessing*. Hal ini menyebabkan keterlambatan dalam proses produksi maupun proses pengiriman. Setiap keterlambatan yang terjadi dapat menimbulkan konsekuensi yang harus ditanggung oleh perusahaan. Selain itu target waktu proyek akan tidak terpenuhi karena adanya produk yang waktu produksinya melebihi target waktu yang ditetapkan perusahaan.

Berdasarkan masalah yang telah dijelaskan, konsep yang sesuai dengan permasalahan yang terjadi pada Proyek Rib AT adalah konsep *project reliability*. *Project reliability* merupakan indeks pengukuran yang digunakan untuk mengetahui seberapa besar probabilitas suatu proyek untuk menyelesaikan proyek sesuai dengan target. Target yang dicapai adalah ketepatan waktu, biaya, serta kesesuaian dengan standar kualitas yang telah ditentukan. Ketiga indikator ini disebut *The Iron Triangle* (Atkinson, 1999). Nilai *project reliability* pada proyek Rib AT tahun 2016 didapatkan dari hasil simulasi Monte Carlo.

Sebelum melakukan perhitungan *project reliability*, dilakukan penggambaran *project activity network* untuk proyek Rib AT. Penggambaran *project network* dilakukan untuk mengetahui proses mana yang mengalami masalah, jumlah *reprocessing* yang dilakukan setiap proses, dan probabilitas *reprocessing* tiap proses. *Project network* pada proyek Rib AT digambarkan dengan GAN (*Generalized Activity Network*). GAN digunakan karena memiliki kelebihan dapat menggambarkan proses *looping*, sehingga dapat menunjukkan berapa kali *reprocessing* yang terjadi selama proses produksi di Proyek Rib AT. Selain itu, GAN dapat menutupi kekurangan dari PERT terkait *handling* perencanaan proyek yang kompleks dan mengendalikan ketidakpastian (*managing uncertainty*).

Setelah pemodelan proyek menggunakan GAN selesai dilakukan, selanjutnya adalah menghitung nilai *project reliability* Proyek Rib AT tahun 2016 dengan bantuan simulasi Monte Carlo dan pembangkitan bilangan acak. Langkah selanjutnya yaitu dilakukan analisis sensitivitas untuk mengetahui faktor mana saja yang mempengaruhi naik atau turunnya nilai *project reliability*. Berdasarkan hasil analisis sensitivitas, kemudian dilakukan analisis lebih lanjut untuk mengidentifikasi masalah yang terjadi pada variabel tersebut dan membuat skenario mitigasi. Langkah selanjutnya yaitu melakukan simulasi dengan kombinasi skenario mitigasi yang telah didapatkan pada tahap sebelumnya untuk mengetahui skenario mana yang memberikan dampak terbaik untuk meningkatkan nilai *project reliability*.

1.2 Identifikasi Masalah

Identifikasi masalah pada Proyek *Single Aisle* di PT. Dirgantara Indonesia (*Indonesian Aerospace*), Bandung, adalah:

1. Terdapat perbedaan antara rencana biaya produksi dengan biaya aktual, waktu produksi standar dengan waktu produksi aktual, dan target kualitas dengan kondisi aktual yaitu masih terjadi *defect*.
2. Rendahnya probabilitas ketercapaian target proyek Rib AT tahun 2016.

1.3 Perumusan Masalah

Rumusan masalah dari penelitian yang dilakukan di PT. Dirgantara Indonesia (*Indonesian Aerospace*), Bandung, adalah:

1. Berapa *range* nilai *project reliability* pada proyek Rib AT tahun 2016?
2. Faktor apa saja yang berpengaruh terhadap nilai *project reliability* pada proyek produksi Rib AT?
3. Bagaimana rekomendasi perbaikan yang diusulkan untuk meningkatkan nilai *project reliability*?

1.4 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah yang telah dibuat, tujuan dari penelitian yang dilakukan di PT. Dirgantara Indonesia (*Indonesian Aerospace*), Bandung, adalah:

1. Melakukan simulasi dengan Monte Carlo untuk mengetahui nilai *project reliability* pada proyek saat ini dan untuk menggambarkan *project network* proyek Rib AT menggunakan GAN.
2. Menganalisis target proyek yang berpengaruh terhadap nilai *project reliability* dan melakukan analisis sensitivitas untuk mengetahui seberapa besar pengaruh yang ditimbulkan dari masing-masing faktor terhadap kenaikan nilai *project reliability*.
3. Menganalisis hasil dari analisis sensitivitas dan memberikan rekomendasi perbaikan untuk meningkatkan nilai *project reliability*.

1.5 Manfaat Penelitian

Berdasarkan tujuan dari penelitian, manfaat penelitian yang dilakukan di PT. Dirgantara Indonesia (*Indonesian Aerospace*), Bandung, adalah:

1. Dapat diketahui rekomendasi perbaikan agar dapat meningkatkan peluang terpenuhinya target proyek Rib AT.

2. Dapat diketahui target biaya dan waktu untuk meningkatkan level *project reliability* untuk proyek produksi Rib AT selanjutnya.

1.6 Batasan Masalah

Batasan masalah yang diaplikasikan pada penelitian ini adalah:

1. Objek penelitian yang diteliti adalah sub – komponen dari D – Nose yaitu Rib AT.
2. Penyediaan dan persiapan material tidak termasuk dalam penelitian karena sudah termasuk *outsource* dari perusahaan lain.
3. Data yang digunakan sebagai pemodelan adalah data Proyek Rib AT sepanjang tahun 2016.
4. Penelitian dilakukan hanya pada bagian DPM (*Detailed Part Manufacturing*).

1.7 Asumsi Penelitian

Asumsi dalam penelitian yang dilakukan di PT. Dirgantara Indonesia, Bandung, adalah:

1. Tidak terjadi kecelakaan kerja selama proses produksi Proyek Rib AT.
2. Tidak terjadi *down time*.
3. Tingkat *error* yang digunakan sebesar 0,05.

BAB II
TINJAUAN PUSTAKA

Pada tinjauan pustaka dijelaskan terkait penelitian yang telah dilakukan sebelumnya dan berbagai referensi maupun sumber-sumber yang dapat menunjang penelitian. Referensi yang dibahas dalam bab ini diantaranya adalah terkait proyek, manajemen proyek, *project reliability*, simulasi Monte Carlo, dan analisis sensitivitas.

2.1 Penelitian Terdahulu

Beberapa penelitian yang telah dilakukan terkait dengan analisis *project reliability* dengan pendekatan pemodelan proyek di berbagai bidang serta jurnal yang telah diterbitkan dijadikan referensi dalam penelitian ini. Berikut merupakan ulasan dari beberapa penelitian maupun *paper* yang berhubungan dengan pemodelan proyek dan *project reliability*:

1. Saputra dan Ladamay (2011) meneliti parameter kombinasi *Cost-Time-Quality* dibawah ketidakpastian untuk mengevaluasi probabilitas dari suatu proyek. Pendekatan yang dilakukan dalam penelitian ini adalah pendekatan simulasi Monte Carlo dan menggunakan *Generalized Activity Network* (GAN). Hasil dari penelitian ini adalah pembuktian tentang bagaimana dan apa pentingnya melakukan evaluasi secara komprehensif pada *The Iron Triangle* pada suatu proyek yang berada dalam ketidakpastian. Dengan memodelkan kualitas sebagai proses yang sukses/gagal, indeks pengukuran untuk mengevaluasi probabilitas penyelesaian proyek dalam target waktu dan biaya serta melewati seluruh persyaratan QC.
2. Nugraha (2016) melakukan penelitian tentang evaluasi proyek IOFLE dengan mengembangkan konsep *project reliability* untuk mengidentifikasi faktor risiko yang terdapat pada proyek. Hasil penelitian ini adalah didapatkan 3 skenario mitigasi yang diusulkan. Kemudian didapatkan nilai maksimum *project reliability* sebesar 65,5% yang berasal dari kombinasi skenario 1 dan skenario 3.
3. Nurfaili (2014) melakukan penelitian tentang analisa kelayakan investasi Hotel Pesonna Makassar yang ditinjau dari aspek finansial. Hasil penelitian ini adalah berdasarkan hasil perhitungan diambil kesimpulan bahwa pembangunan Hotel Pesonna layak dari aspek finansial. Berdasarkan analisis sensitivitas antara variable okupansi, tarif sewa kamar, dan biaya investasi terhadap NPV diketahui bahwa hotel Pesonna dikatakan layak apabila penurunan tingkat hunian sebanyak 20% dari tingkat hunian yang

ditentukan, penurunan tarif sewa kamar sebesar 20% dari tarif yang telah ditetapkan, dan kenaikan biaya investasi sebesar 40% dari biaya investasi yang telah ditetapkan.

4. Kristyanto (2015) meneliti tentang analisis risiko operasional pada proses produksi gula di PG Kebon Agung dengan menggunakan metode MAFMA. Hasil penelitian ini adalah terdapat 23 risiko operasional yang terdapat pada proses produksi gula. Setelah dilakukan RRP untuk masing-masing risiko, maka didapatkan 9 risiko kritis yang bersifat operasional. Hal ini dilakukan untuk mengurangi kerugian akibat risiko kritis yang berpotensi terjadi pada proses produksi.

Keempat penelitian di atas merupakan penelitian terdahulu yang berhubungan dengan analisis *project reliability* dengan pendekatan simulasi dan pemodelan proyek. Perbedaan penelitian terdahulu dengan penelitian ini adalah objek penelitian dan metode yang digunakan. Dalam penelitian ini objek penelitian yang diambil adalah proyek *Single Aisle* yang dikhususkan pada produksi komponen Rib AT pada Program Spirit Aerosystem di PT. Dirgantara Indonesia. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah GAN, simulasi Monte Carlo, dan analisis sensitivitas. Tabel 2.1 menjelaskan mengenai perbedaan penelitian terdahulu dengan penelitian ini.

Tabel 2.1
Perbandingan Penelitian Terdahulu dengan Penelitian Saat Ini

No.	Penulis	Metode dan Pembahasan	Objek Penelitian	Hasil
1.	Saputra, Ladamay (2011)	Quality-*cost-time*, GAN, Monte Carlo	*Project* X-123	Ditemukan bahwa dengan memodelkan kualitas sebagai proses sukses/gagal, dapat mengevaluasi probabilitas penyelesaian proyek dalam jangka waktu dan batasan biaya tertentu serta dapat melewati semua persyaratan QC.
2.	Nugraha (2016)	*Iron Triangle, Project reliability, Risk Management,*	Proyek IOFLE	Didapatkan hasil jika dilakukan skenario mitigasi pada proses produksi, maka yang diubah adalah target biaya sebesar $4.100 untuk mencapai *project reliability* 90%. Jika tidak dilakukan mitigasi, maka untuk mencapai *project reliability* sebesar 90%, yang perlu diubah adalah target waktu sebesar 183 jam dengan biaya $ 4.125.
3.	Nurfaili (2014)	Analisis Sensitivitas, *Net Present Value (NPV), Payback Periode (PP)* dan *Internal*	Hotel Dwi Agung	Berdasarkan hasil analisis sensitivitas adalah hotel Pesonna dikatakan layak apabila penurunan tingkat hunian sebanyak 20% dari tingkat hunian yang ditentukan, penurunan tarif sewa kamar sebesar 20% dari tarif yang telah

No.	Penulis	Metode dan Pembahasan	Objek Penelitian	Hasil
		Rate of Return (IRR)		ditetapkan, dan kenaikan biaya investasi sebesar 40% dari biaya investasi yang telah ditetapkan.
4.	Kristyanto (2015)	*FMEA, MAFMA, Risk Response Planning (RRP)*	Proyek produksi Gula PG. Kebon Agung	Didapatkan 23 risiko operasional yang berpotensi terjadi pada proses produksi gula. Setelah diaplikasikan perhitungan *risk level* menggunakan MAFMA dan RRP, didapatkan bahwa hanya terdapat 9 risisko kritis yanng bersifat operasional pada proses produksi.
4.	Penelitian ini	*Simulasi Monte Carlo, GAN, Project reliability,* Analisis Sensitivitas	Proyek produksi Rib AT, *Single Aisle Project*	Diharapkan penelitian ini dapat mengetahui nilai project reliability pada proyek produksi Rib AT pada tahun 2016 dan mengetahui faktor apa saja yang mempengaruhi nilai project reliability serta dapat mengetahui skenario mitigasi.

2.2 Proyek

Menurut Reiss (1993), proyek adalah serangkaian aktivitas manusia untuk mencapai sebuah tujuan yang jelas dalam suatu skala waktu. Menurut Gray dan Larson (2011), proyek adalah sekumpulan usaha yang bersifat kompleks, tidak rutin, dibatasi oleh anggaran biaya, waktu, dan sumber daya, serta spesifikasi pekerjaannya dirancang untuk memenuhi kebutuhan dari *customer*. Tujuan utama dari sebuah proyek adalah untuk memuaskan kebutuhan pelanggan. Menurut Kerzner (2009), proyek adalah serangkaian aktivitas yang memiliki tujuan spesifik yang harus dicapai, memiliki waktu mulai dan waktu berakhir yang jelas, memiliki batasan biaya, dan memiliki sifat yang multifungsi. Suatu proyek dapat berhenti karena dua hal, yaitu karena tujuannya tercapai ataupun sengaja dihentikan karena tidak mampu mencapai tujuan atau pelanggan menginginkan proyek tersebut dihentikan (Nugraha, 2016).

2.2.1 Ciri-Ciri Proyek

Menurut Gray dan Larson (2011), sebuah proyek memiliki beberapa ciri-ciri, diantaranya adalah:

1. Proyek memiliki sasaran tertentu.
2. Proyek memiliki sasaran spesifik, dimana setiap proyek pasti memiliki rentang waktu dimulai dan diakhiri dengan jelas.

3. Proyek membutuhkan usaha gabungan, yaitu kerjasama antara beberapa departemen dan pihak profesional.
4. Sifat dari pekerjaan proyek adalah tidak rutin dan memiliki keunikan jika dibandingkan dengan proyek lainnya.
5. Proyek memiliki kebutuhan biaya, waktu, sumber daya, serta persyaratan kinerja khusus.

Menurut *Project Management Institute* dalam Saputra (2011), beberapa karakteristik penting yang dimiliki oleh sebuah proyek diantaranya adalah:

1. *Unique*, yaitu setiap proyek akan memberikan hasil berupa suatu *output* yang berupa produk, solusi, ataupun *service* yang berbeda antar satu proyek dengan proyek lainnya.
2. *Temporary*, yaitu setiap proyek tidak berjalan tanpa jangka waktu maupun jadwal yang jelas kapan dimulai dan kapan diselesaikan.
3. *Progressive elaboration*, yaitu setiap proyek terdiri dari langkah-langkah yang berlanjut hingga berakhirnya proyek. Setiap *step* yang dilalui akan semakin memperjelas tujuan utama proyek.

2.2.2 Jenis-Jenis Proyek

Dilihat dari kegiatan utamanya, jenis-jenis proyek dikelompokkan menjadi 5, yaitu proyek konstruksi, proyek manufaktur, proyek penelitian dan pengembangan, proyek pelayanan dan manajemen, dan proyek kapital. Berikut merupakan penjelasan dari kelima jenis proyek tersebut (Soeharto, 1999).

1. Proyek Konstruksi (*Engineering*). Komponen aktivitas utama dari proyek konstruksi adalah pengkajian kelayakan, *engineering design*, pengadaan, dan konstruksi. Contoh dari proyek konstruksi antara lain pembangunan jalan raya, pembangunan fasilitas industri, pembangunan gedung, dan lain sebagainya.
2. Proyek Manufaktur (*Engineering*). *Output* yang diharapkan dalam proyek ini adalah untuk menghasilkan produk. Komponen aktivitas utama dari proyek manufaktur meliputi *engineering design, product development*, pengadaan, manufaktur, perakitan, uji coba, fungsi, dan operasi produk yang dihasilkan.
3. Proyek Penelitian dan Pengembangan. Hasil akhir yang diharapkan dalam *output* ini adalah melakukan penelitian dan pengembangan untuk menemukan suatu produk. Proses yang dilalui dan lingkup kerjanya dapat berubah-ubah demi mencapai hasil akhir yang diinginkan.

4. Proyek Pelayanan Manajemen. Proyek jenis ini diperlukan oleh perusahaan, diantaranya untuk merancang sistem informasi manajemen, merancang program efisiensi dan penghematan, dan diversifikasi penggabungan dan pengambilalihan.
5. Proyek Kapital. Umumnya proyek kapital ini dimiliki oleh badan usaha maupun pemerintah. Hal ini berkaitan dengan penggunaan dana kapital untuk investasi.

2.2.3 *Project Life Cycle*

Setiap proyek biasanya akan melewati tahap-tahap yang mempunyai pola tertentu. Pola tersebut dinamakan siklus hidup proyek. Menurut Gray & Larson (2011) siklus hidup proyek umumnya meliputi empat tahap. Berikut tahap-tahap dari siklus hidup proyek.

1. Tahap penentuan (*define*)

   Pada tahap ini dilakukan aktivitas yang menentukan spesifikasi proyek, menetapkan sasaran proyek, membentuk tim, dan menentapkan berbagai tanggung jawab.
2. Tahap Perencanaan (*Plan*)

   Pada tahap ini tingkat usaha bertambah, mengembangkan rencana, kapan proyek dijadwalkan, siapa yang mengambil manfaat, tingkat kualitas yang harus dijaga, dan anggaran apa saja yang dibutuhkan.
3. Tahap Eksekusi (*execute*)

   Pada tahap ini bagian utama dari kerja proyek dilaksanakan, baik itu fisik ataupun mental. Misalnya proyek yang dikerjakan, waktu, biaya, dan ukuran spesifikasi yang digunakan untuk pengendalian.
4. Tahap Pengiriman (*deliver*)

   Pada tahap ini mencakup dua aktivitas, yaitu yang pertama adalah mengirim produk proyek kepada *customer* yang mencakup pelatihan pelanggan dan transfer dokumen, kemudian yang kedua adalah menyebarkan sumber daya proyek yang dimana melibatkan penyerahan pelengkapan atau material proyek ke proyek lain dan menetapkan berbagai penugasan baru kepada anggota tim.

2.3 Manajemen Proyek

Manajemen proyek menurut *Project Management Institute* dalam Saputra (2011) merupakan tahapan perencanaan, penyusunan, pemantauan, dan pengendalian seluruh aspek pada proyek dan semua pihak di dalamnya untuk mencapai *The Iron Triangle* yang telah disepakati. Pada manajemen proyek, terdapat kriteria-kriteria yang saling mempengaruhi satu sama lain atau sering disebut *The Iron Triangle* (Atkinson, 1999).

Kriteria tersebut adalah *time*, *cost*, dan *quality*. Perubahan salah satu kriteria pada *The Iron Triangle* dapat mempengaruhi kriteria lainnya (Saputra, 2011). Ilustrasi dari kriteria-kriteria tersebut dapat dilihat pada Gambar 2.1.

Gambar 2.1 Project Iron Triangle
Sumber: Atkinson (1999)

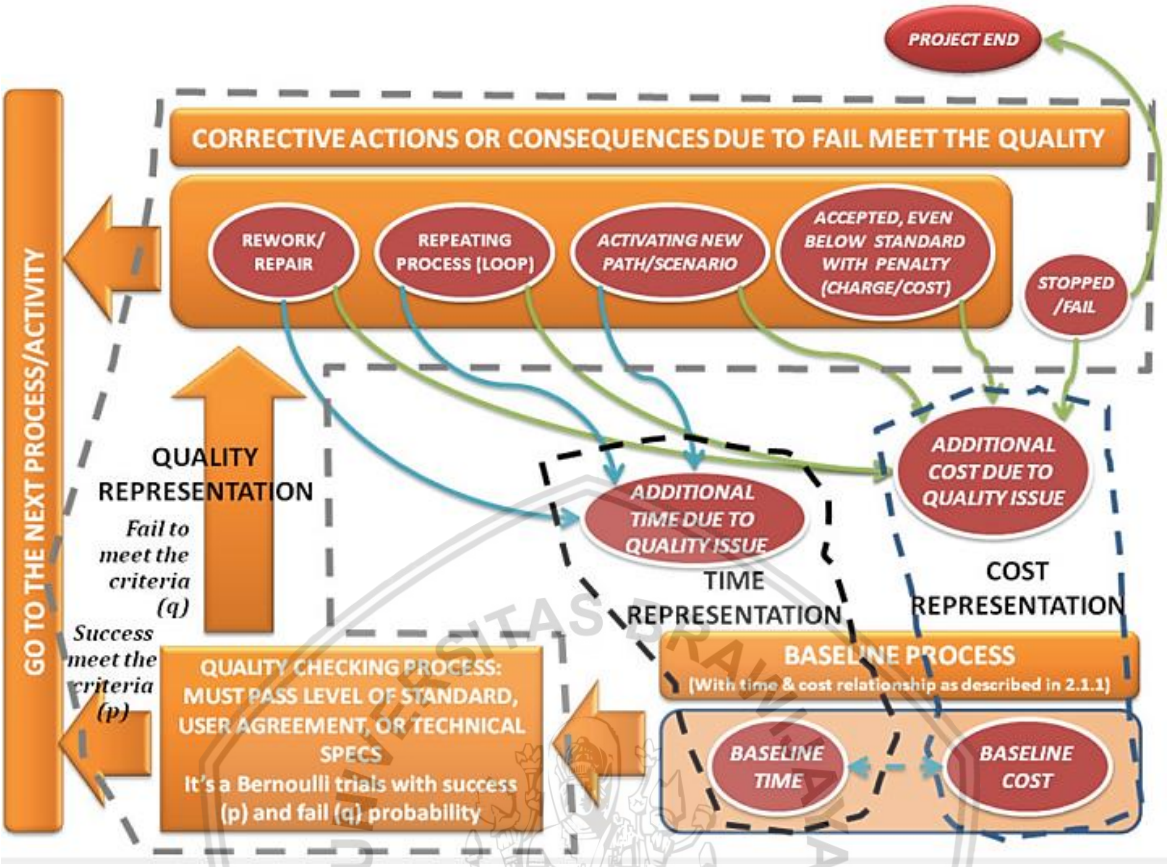
Seperti pada Gambar 2.1, kesuksesan manajemen proyek dapat dilihat dari 3 kriteria. Kriteria pertama adalah *time*, yakni pencapaian waktu penyelesaian proyek sesuai dengan jadwal. Kriteria kedua adalah *cost*, yakni pencapaian biaya penyelesaian proyek sesuai dengan anggaran yang ditentukan. Kriteria ketiga adalah *quality*, yakni pencapaian performansi proyek sesuai dengan fungsi dan spesifikasi teknisnya.

2.4 *Project Reliability*

Berdasarkan penelitian Saputra dan Ladamay (2011), *project reliability* didefinisikan sebagai indeks pengukuran untuk mengevaluasi probabilitas penyelesaian proyek dalam target waktu dan biaya serta melewati seluruh persyaratan QC.

Gambar 2.2 merupakan gambaran konseptual model *quality – cost – duration* pada konsep *project reliability* yang diusulkan oleh Saputra dan Ladamay. Secara konseptual model ini berupaya untuk mengakomodir probabilitas pencapaian keberhasilan proyek dengan mempertimbangkan *trade-off* yang terjadi antara *quality – cost – duration* dari rangkaian aktivitas proyek. Secara mendasar, model yang diusulkan berupaya mendefinisikan bahwa setiap aktivitas memiliki waktu dan durasi dasar. Kualitas dalam setiap aktivitas didefinisikan sebagai mekanisme QC yang hasilnya berupa Bernoulli Trials dengan kemungkinan sukses dan kemungkinan gagal. Jika sukses, maka proyek berlanjut ke aktivitas berikutnya. Tetapi jika gagal, maka harus ada *treatment* perbaikan dalam bentuk salah satu antara *rework* dan *reprocessing*. *Treatment* perbaikan tersebut tentu saja dapat menyebabkan tambahan biaya dan/atau tambahan waktu diluar biaya dan waktu dasar pada setiap aktivitas proyek. Model *project reliability* akan mengukur besar probabilitas proyek dan mencapai target tersebut dengan menggambarkan model proyek dan disimulasikan

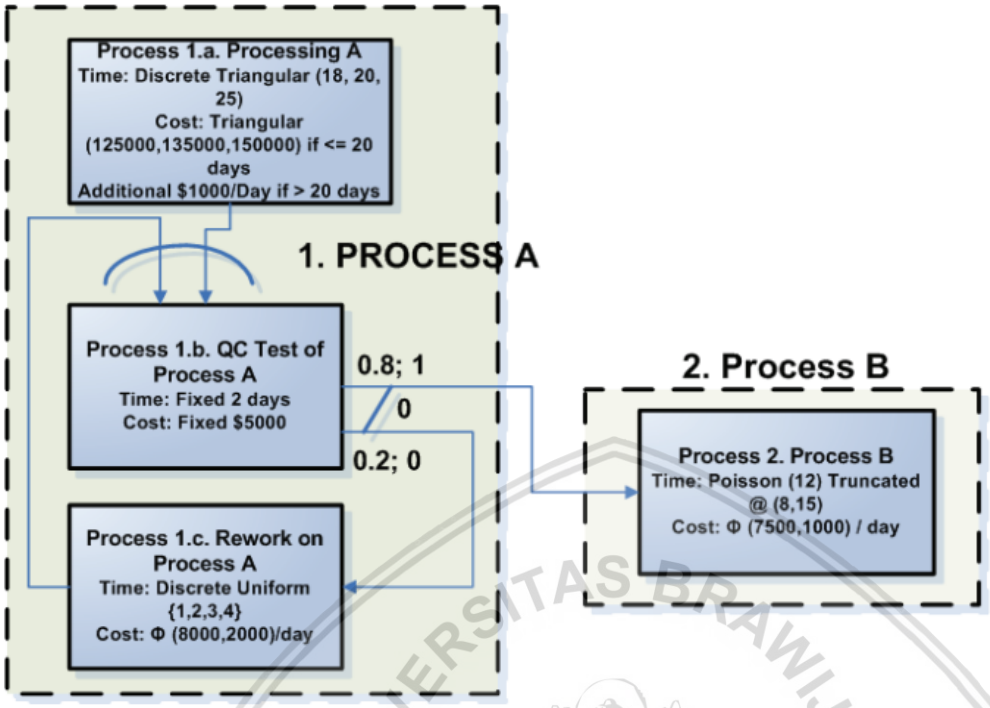
dengan *software.*



Gambar 2.2 Konseptual Model Q-C-T pada *project reliability*
Sumber: Saputra dan Ladamay (2011)

Gambar 2.3 merupakan salah satu contoh gambaran *project network* modifikasi dari *Generalized Activity Network* (GAN) untuk pendekatan *project reliability*. GAN digunakan karena memiliki kelebihan dapat menggambarkan proses *looping*. Selain itu, GAN dapat menutupi kekurangan dari PERT terkait *handling* perencanaan proyek yang kompleks dan mengendalikan ketidakpastian (*managing uncertainty*). Dalam setiap proses yang digambarkan terdapat distribusi waktu dan distribusi biaya (apabila sifatnya sebuah variabel). Pada setiap proses QC terdapat probabilitas dilakukan *reprocessing* atau *redesign*, probabilitas proses berhasil dan probabilitas proses gagal. Probabilitas tersebut digambarkan dengan angka 0,8; 1 dan 0,2; 0. Angka 0,8 dan 0,2 menunjukkan probabilitas dilakukan *reprocessing/redesign* pada proses yang disebutkan. Sedangkan angka 0 maupun 1 menunjukkan apakan proses tersebut dikategorikan sukses atau gagal. Kriteria sukses dalam pemodelan ini adalah ketika proses dapat memenuhi target waktu, target biaya dan target kualitas. Proses dianggap gagal ketika tidak dapat memenuhi salah satu dari ketiga target tersebut. Perbandingan antara jumlah proses gagal dan jumlah proses sukses nantinya akan dibandingkan dan didapatkan hasil berupa nilai *project reliability* untuk proses produksi

pada proyek *Single Aisle* saat ini.



Gambar 2.3 Contoh *project network* (modifikasi GAN)
Sumber: Saputra dan Ladamay (2011)

Eksperimen ini dapat diulang selama beberapa iterasi untuk mengumpulkan data berupa berapa banyak angka keberhasilan dan berapa banyak jumlah gagal. Jumlah berhasil dibandingkan dengan jumlah percobaan merupakan nilai keandalan proyek. Dengan demikian pendekatan simulasi Monte Carlo dapat dimanfaatkan dalam perhitungan pada beberapa kali iterasi.

2.5 Simulasi

Metode yang digunakan dalam memilih suatu model yang bersesuaian dengan sistem nyata dengan menggunakan teknik analisis matematis adalah simulasi. Menurut Tersine (1994), simulasi merupakan sebuah studi dengan memasukkan manipulasi sebuah model dari suatu sistem dengan tujuan mengevaluasi alternatif desain dan aturan keputusan. Sedangkan menurut Law dan Kelton (1991), simulasi didefinisikan sebagai sekumpulan metode dan aplikasi untuk merepresentasikan perilaku dari suatu sistem yang nyata, biasanya dilakukan pada komputer dengan menggunakan perangkat lunak tertentu. Berdasarkan beberapa pendapat di atas, simulasi mampu menyediakan suatu pendekatan alternatif untuk menganalisis sistem nyata dalam formulasi matematis yang dievaluasi secara

numerik dengan bantuan komputer dan perangkat lunak tertentu untuk mengestimasikan karakteristik yang mewakili suatu sistem.

Menurut Render dan Heizer (2005), ada kelebihan dan kekurangan yang didapatkan ketika menggunakan simulasi. Berikut adalah kelebihan dan kekurangan dalam menggunakan simulasi.

1. Kelebihan Simulasi
    a. Simulasi relatif lebih sederhana dan fleksibel dibandingkan dengan model lain.
    b. Dengan banyaknya *software* yang berkembang menjadikan beberapa model simulasi yang dibuat mudah untuk dikembangkan.
    c. Dengan menggunakan simulasi, keadaan nyata atau situasi yang rumit dan tidak bisa diselesaikan dengan menggunakan model analisis kuantitatif konvensional dapat dianalisis.
    d. Simulasi memungkinkan pertanyaan "bagaimana akibatnya jika". Seorang pengambil keputusan tentu ingin mengetahui terlebih dahulu pilihan mana yang menjadi pilihan paling menarik. Dengan sebuah model yang terkomputerisasi, seorang pengambil keputusan dapat mencoba beberapa keputusan kebijakan dalam waktu yang singkat.
    e. Simulasi tidak berlawanan dengan sistem nyata.
    f. Dengan menggunakan simulasi, dapat membuat kita mempelajari hubungan atau dampak dari sebuah variabel terhadap variabel yang lain untuk mengetahui variabel mana yang penting.
    g. Simulasi memungkinkan adanya faktor pemadatan waktu. Dampak dari pemesanan, iklan, dan kebijakan lain dalam waktu bulanan atau tahunan dapat diperoleh dengan simulasi komputer dalam waktu yang singkat.
2. Kekurangan Simulasi
    a. Model simulasi yang baik ketika digunakan pada situasi yang rumit memiliki harga yang sangat mahal. Selain itu, model simulasi yang baik biasanya membutuhkan waktu yang cukup lama, proses pembuatannya sangat rumit, dan ketika ingin mengembangkannya akan bertambah lebih rumit lagi.
    b. Simulasi menggunakan pendekatan *trial and error*, sehingga dapat menghasilkan solusi yang berbeda ketika dilakukan pengulangan. Hal ini menjadikan simulasi tidak menghasilkan solusi permasalahan seoptimal alat analisis kuantitatif lainnya.
    c. Para manajer di perusahaan harus menetapkan semua kondisi dan kendala ketika ingin menghasilkan solusi yang ingin mereka uji. Karena model simulasi tidak

menghasilkan jawaban ketika tidak memasukkan nilai yang cukup dan realistis seperti kondisi sebenarnya.

d. Ketika menerapkan model simulasi, maka model simulasi yang dihasilkan akan bersifat unik. Hal ini karena solusi yang dihasilkan dari sebuah model simulasi pada umumnya tidak dapat diterapkan pada masalah atau persoalan lainnya.

2.6 Simulasi Monte Carlo

Menurut Tersine (1994), simulasi merupakan studi dengan memasukkan manipulasi sebuah model dari suatu sistem dengan tujuan untuk mengevaluasi alternatif desain atau aturan keputusan. Simulasi Monte Carlo didefinisikan sebagai simulasi probabilistik dimana data yang digunakan dibangkitkan dari bilangan acak, yang kemudian digunakan untuk menyusun distribusi probabilitas.

Dalam simulasi Monte Carlo sebuah model dibangun berdasarkan sistem yang sebenarnya. Setiap variabel dalam model tersebut memiliki nilai yang memiliki probabilitas yang berbeda, yang ditunjukkan oleh distribusi probabilitas atau biasa disebut dengan *probability distribution function* (pdf) dari setiap variabel. Metode Monte Carlo menyimulasikan sistem tersebut berulang-ulang kali, ratusan bahkan sampai ribuan kali, tergantung sistem yang ditinjau, dengan cara memilih sebuah nilai *random* untuk setiap variabel dari distribusi probabilitasnya. Hasil yang didapatkan dari simulasi tersebut adalah sebuah distribusi probabilitas dari nilai sebuah sistem secara keseluruhan.

Menurut *Project Management Institute* dalam Fandi (2016) bidang manajemen proyek simulasi Monte Carlo digunakan untuk menghitung atau mengiterasi biaya dan waktu sebuah proyek dengan menggunakan nilai-nilai yang dipilih secara *random* dari distribusi probabilitas biaya dan waktu yang mungkin terjadi, dengan tujuan untuk menghitung distribusi kemungkinan biaya dan waktu total dari sebuah proyek.

Pada umumnya literatur-literatur manajemen proyek menempatkan simulasi Monte Carlo dibawah topik manajemen risiko, atau kadang berada pada topik manajemen waktu dan manajemen biaya. *Project Management Institute* (2004) menerapkan sebuah pendekatan standar manajemen risiko yang meliputi enam proses; Perencanaan Manajemen Risiko, Identifikasi Risiko, Kualifikasi Risiko, Kuantifikasi Risiko, Perencanaan Respon Risiko, dan Pemantauan & Evaluasi Risiko. Simulasi Monte Carlo ditempatkan sebagai bagian dari proses Kuantifikasi Risiko.

Menurut Tersine (1994), terdapat empat langkah utama dalam teknik simulasi Monte Carlo, yaitu:

1. Mendefinisikan distribusi probabilitas dari data yang didapatkan dari pengumpulan data historis. Disamping menggunakan data historis, penentuan distribusi probabilitas juga dapat berasal dari distribusi teoritis, tergantung dari sifat objek yang diamati. Variabel yang digunakan dalam simulasi harus diketahui distribusi probabilitasnya.
2. Mengkonversi distribusi probabilitas ke bentuk frekuensi kumulatif yang nantinya akan digunakan sebagai dasar pengelompokan batas interval dari bilangan acak.
3. Menjalankan proses simulasi dengan menggunakan bilangan acak yang telah dikelompokan sesuai dengan rentang distribusi probabilitas kumulatif dari variabel yang digunakan dalam simulasi. Faktor yang sifatnya tidak pasti seringkali menggunakan bilangan acak untuk menggambarkan kondisi sesungguhnya. Urutan proses simulasi yang melibatkan bilangan acak akan memberikan gambaran dan variasi yang sebenarnya.
4. Analisis yang dilakukan dari keluaran simulasi sebagai masukan bagi alternatif pemecahan permasalahan dan pengambilan kebijakan. Pihak manajemen dapat melakukan evaluasi terhadap kondisi yang sedang terjadi dengan hasil simulasi.

2.7 Penentuan Jumlah Replikasi

Menurut Tersine (1994), sebuah replikasi simulasi sama dengan sampel statistik dalam sebuah proses yang dipelajari atau sebuah proses yang disimulasi. Keluaran (*outcome*) dari sebuah replikasi simulasi merepresentasikan satu buah sampel eksperimen dari proses yang diamati. Jumlah replikasi yang cukup dan representatif akan menjadi sebuah indikator yang bagus dalam memperkirakan kejadian yang akan terjadi (Harrel, 2000).

Metode yang biasa digunakan untuk memperkirakan jumlah replikasi adalah dengan menjalankan percobaan replikasi menggunakan bilangan acak yang berbeda untuk mengukur rata-rata dan standar deviasi dari variabel yang diukur. Asumsi yang digunakan bahwa data yang diukur berdistribusi normal dan replikasi berdasarkan akurasi dan *confidence level*. Langkah-langkah untuk menghitung jumlah replikasi yang perlu dilakukan antara lain:

1. Menentukan rata-rata dan standar deviasi pada suatu populasi
2. Menentukan nilai *half width* (hw). *Half width* (hw) merupakan jarak dari *end point*. Probabilitas P disebut *confidence interval*. Persamaan untuk menentukan nilai hw yaitu:

$$\text{hw} = \frac{(tn-1,\frac{\alpha}{2}\, x\, s)}{\sqrt{n}} \qquad (2\text{-}1)$$

Sumber: Harrell (2000)

Keterangan:

hw = *half width*

$t_{n-1,\alpha/2}$ = faktor dari Tabel T dengan derajat kebebasan (n-1) dan α/2

α = 1-P = level signifikan

s = standar deviasi

3. Menentukan nilai replikasi yang harus dilakukan (n')

$$hw = \frac{(tn-1,\frac{\alpha}{2}\, x\, s)}{\sqrt{n}} = e$$

$$n' = [\frac{Z\alpha/2 \text{ x } s}{e}]^2 \quad (2\text{-}2)$$

Sumber: Harrell (2000)

n' adalah perkiraan replikasi yang harus dibuktikan dengan ukuran sampel yang cukup agar diperoleh *absolute error* yang dikehendaki.

2.8 Analisis Sensitivitas

Analisis Sensitivitas digunakan untuk menilai besarnya pengaruh dari sebuah faktor terhadap hasil akhir yang diharapkan. Analisis sensitivitas juga dapat digunakan untuk menilai pengaruh dari perubahan suatu data *input* terhadap hasil akhir atau solusi akhir. Analisis sensitivitas merupakan salah satu metode yang penting dalam MSS (*Management Support System).* Hal ini dikarenakan analisis sensitivitas dapat beradaptasi dan lebih fleksibel terhadap perubahan faktor maupun persyaratan dan situasi dalam pemilihan keputusan yang berubah-ubah. Hal tersebut membuat analisis sensitivitas menyediakan pemahaman yang lebih baik terhadap model dan situasi pemilihan keputusan.

Fungsi dari analisis sensitivitas adalah untuk menguji hubungan-hubungan yang ada pada:

1. Dampak perubahan variabel kondisi eksternal yang tidak dapat dikontrol dan parameter pada variabel hasil.
2. Dampak perubahan variabel keputusan kepada variabel hasil.
3. Efek dari ketidakpastian dalam memperkirakan variabel eksternal.
4. Efek dari interaksi dependen yang berbeda pada variabel-variabel yang ada.
5. Kekuatan dari keputusan yang sudah ada terhadap kondisi yang berubah.

Analisis sensitivitas digunakan untuk:

1. Merevisi model-model yang ada untuk mengeliminasi sensitivitas yang terlalu besar.
2. Menambahkan detail-detail tentang variabel yang sensitif atau skenario-skenario.
3. Mendapatkan estimasi yang lebih baik dari variabel sensitif pada lingkungan eksternal.

Analisis sensitivitas dilakukan dalam implementasi model standar kuantitiatif seperti pemrograman linear. Analisis sensitivitas otomatis umumnya terbatas pada satu perubahan dalam satu waktu dan hanya pada variabel tertentu. Namun, metode ini sangat kuat dikarenakan kemampuannya untuk membuat *range* dan batasan sangat cepat serta tanpa usaha komputasi tambahan.

Dalam kasus manajemen proyek, analisis sensitivitas dapat dikatakan suatu kegiatan menganalisis kembali suatu proyek untuk melihat apakah yang akan terjadi pada proyek tersebut bila suatu proyek tidak berjalan sesuai rencana. Analisis sensitivitas ini mencoba melihat suatu realitas proyek yang didasarkan pada kenyataan bahwa proyeksi dari suatu rencana proyek sangat dipengaruhi oleh unsur-unsur ketidakpastian mengenai apa yang terjadi di masa mendatang (Gittinger dan Hans Adler, 1993). Hasil analisis kepekaan menghasilkan perkiraan jumlah permintaan yang sifatnya optimistis, pesimistis, dan realistis.

Halaman ini sengaja dikosongkan

repository.ub.ac.id
UNIVERSITAS BRAWIJAYA

BAB III
METODE PENELITIAN

Pada bagian metode penelitian dijelaskan mengenai jenis penelitian, waktu dan tempat penelitian, serta langkah-langkah terstruktur dalam melakukan penelitian. Dengan adanya metodologi penelitian, penyusunan skripsi memiliki alur yang terarah dan sistematis.

3.1 Jenis Penelitian

Metode penelitian yang digunakan untuk penelitian ini adalah metode penelitian deskriptif. Hal ini karena penelitian ini dilakukan dengan melibatkan serta menganalisis data-data yang ada dan menganalisis kondisi nyata dari proyek. Sehingga didapatkan solusi masalah yaitu berupa usulan alternatif perbaikan. Metode deskriptif menurut Nazir (2005), merupakan metode yang digunakan dalam meneliti status sekelompok manusia, objek, suatu kondisi, suatu sistem pemikiran maupun suatu kelas kejadian atau peristiwa di masa sekarang.

3.2 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilakukan di PT. Dirgantara Indonesia (*Indonesian Aerospace*, *IAe*) pada Satuan Usaha *Aerostructure*. Saat ini, Satuan Usaha *Aerostructure* sedang menjalani Program Spirit pada proses produksinya. Penelitian ini difokuskan pada proyek pembuatan komponen sayap pesawat Airbus khususnya Proyek *Single Aisle* (Tipe A320). Waktu penelitian dilakukan pada bulan Mei 2017 hingga Januari 2018.

3.3 Tahapan Penelitian

Langkah-langkah penelitian merupakan suatu tahapan kegiatan yang dilakukan dalam penelitian yang tersusun urut dan sistematis. Langkah-langkah penelitian adalah sebagai berikut.

1. Tinjauan Pustaka

   Tinjauan pustaka dilakukan mempelajari dan mengkaji teori yang dijadikan referensi yang berhubungan dengan penelitian dan sebagai pendukung tercapainya solusi dari masalah yang ada. Tinjauan pustaka yang dilakukan adalah dengan mempelajari kembali referensi yang berupa buku, jurnal, serta informasi yang berkaitan dengan topik permasalahan dalam penelitian ini.

2. Studi Lapangan

   Tahapan studi lapangan merupakan tahap awal dalam penelitian. Pada tahap ini dilakukan pengamatan langsung terhadap kondisi proses produksi dan manajemen produksi dari proyek *Single Aisle*. Pemahaman mengenai permasalahan-permasalahan yang terjadi dilakukan dengan mengacu pada literatur yang berkaitan.

3. Perumusan Masalah

   Tahapan perumusan masalah merupakan hasil dari tahap identifikasi masalah. Topik penelitian dan identifikasi masalah yang telah diperoleh digunakan sebagai acuan untuk menentukan rumusan masalah yang menjadi fokus penelitian.

4. Penentuan Tujuan Penelitian

   Tahap selanjutnya adalah menentukan tujuan penelitian yang dilakukan. Hal ini sangat penting dilakukan untuk mendapatkan acuan dalam menentukan tingkat keberhasilan suatu penelitian.

5. Pengambilan Data

   Pengumpulan data yang dilakukan yaitu data perusahaan yang berkaitan dengan topik penelitian. Data yang diambil berupa data biaya produksi, waktu, dan jumlah *defect* pada setiap proses produksi. Data-data tersebut digunakan untuk menentukan metode yang sesuai yang digunakan dalam penelitian.

6. Pengolahan Data

   Pengolahan data yang dilakukan ada empat tahap, yaitu perhitungan nilai *project reliability*, analisis nilai *project reliability*, perhitungan analisis sensitivitas, dan analisis rekomendasi perbaikan.

   a. *Project Reliability*

      Untuk mendapatkan nilai *project reliability* pada proyek saat ini dilakukan beberapa tahap, diantaranya adalah:

      1) Pembuatan model *project network* dengan menggunakan GAN (*Generalized Activity Network*).

         Pembuatan GAN disesuaikan dengan kondisi nyata di lantai produksi dengan mempertimbangkan data aktual untuk mengetahui nilai probabilitas kesuksesan proses. Pembuatan *project network* pada proyek Rib AT dilakukan dengan tujuan untuk memberikan informasi tentang probabilitas *reprocessing* yang terjadi pada tiap proses dan proses mana saja yang bermasalah jika dilihat dari banyaknya peluang *reprocessing* di masing-masing proses. Informasi ini nantinya dijadikan pertimbangan dalam menentukan proses mana saja yang

akan diidentifikasi lebih lanjut untuk mendapatkan rekomendasi perbaikan. *Project network* yang dibuat yaitu proses pada bagian DPM (*Detail Part Manufacturing*).

2) Melakukan simulasi Monte Carlo.

Simulasi monte carlo dilakukan untuk mengetahui berapa nilai project reliability pada proyek Rib AT tahun 2016. Simulasi dilakukan sebanyak 5 replikasi. Selanjutnya menghitung nilai *half width*. Setelah didapatkan nilai *half width* dilakukan perhitungan jumlah minimal replikasi yang harus dilakukan. Langkah selanjutnya adalah melakukan uji Chi Square untuk mengetahui apakah model yang dihasilkan dari simulasi Monte Carlo memiliki perbedaan signifikan dengan kondisi aktualnya atau tidak. Jika semua hasil pembangkitan bilangan acak telah valid, maka langkah selanjutnya yaitu melakukan perhitungan nilai *project reliability.*

3) Perhitungan *project reliability*.

Perhitungan *project reliability* dengan cara membandingkan data hasil pembangkitan bilangan acak dan target dari perusahaan.

4) Validasi untuk model *project reliability*

Dengan cara menyesuaikan *worksheet* perhitungan *project reliability* dengan realisasi yang ada pada proses produksi. Hal ini dilakukan dengan cara observasi langsung dan berdiskusi dengan supervisor di perusahaan secara langsung. Beberapa hal yang dijadikan acuan yang disesuaikan antara *worksheet* yang dibuat dengan kondisi nyata adalah proses produksi, data yang dicantumkan pada *worksheet*, dan objektif yang menjadi tujuan pada *worksheet* adalah total biaya dan total waktu.

b. Analisis Nilai *Project Reliability*

Pada bagian ini dilakukan analisis terkait hasil dari proses yang telah dilakukan dan menganalisis target yang telah ditentukan oleh perusahaan untuk mengetahui penyebab dari rendahnya nilai *project reliability*. Pada tahap ini juga dilakukan analisis terhadap target yang telah ditentukan oleh perusahaan.

c. Analisis Sensitivitas

Pada tahap ini dilakukan analisis sensitivitas untuk mengetahui faktor mana yang memiliki pengaruh terhadap nilai *project reliability*. Faktor yang dianalisis adalah waktu proses, biaya proses, dan *defect*. Faktor yang memiliki pengaruh signifikan kemudian identifikasi lebih lanjut untuk mengetahui masalah yang ada pada proses

tersebut, sehingga dapat diketahui upaya yang dapat dilakukan untuk meminimalisir kejadian tersebut.

d. Rekomendasi perbaikan

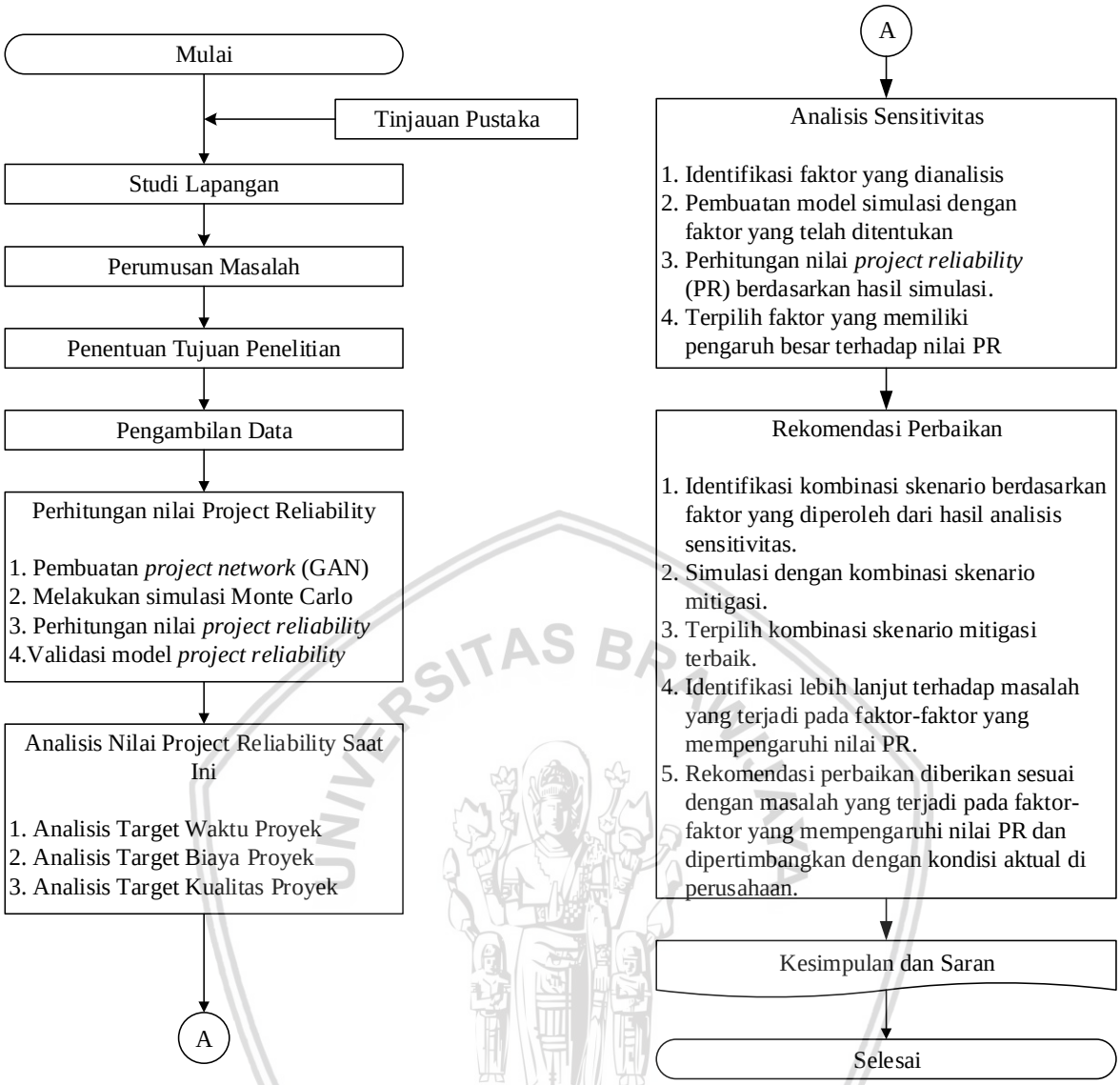
Setelah didapatkan faktor-faktor yang mempengaruhi nilai *project reliability*, faktor-faktor tersebut dijadikan skenario untuk mengetahui kombinasi dari faktor mana saja yang memberikan pengaruh paling besar pada nilai *project reliability*. Pada tahap ini dilakukan simulasi dengan memasukkan skenario yang telah didapatkan dari analisis sebelumnya. Berdasarkan hasil yang diperoleh dari model simulasi kemudian dipilih kombinasi skenario terbaik untuk dianalisis lebih lanjut apabila mengenai masalah yang terjadi pada faktor tersebut. Rekomendasi perbaikan diusulkan berdasarkan masalah yang didapatkan pada identifikasi sebelumnya.

7. Kesimpulan dan Saran

Tahap akhir dari penelitian adalah memberikan kesimpulan dan saran dari penelitian yang telah dilakukan untuk studi kasus Proyek *Single Aisle* dalam Program Spirit *Aerosystem.*

3.4 Diagram Alir Penelitian

Diagram alir dari penelitian Proyek *Single Aisle* ditunjukkan pada Gambar 3.1.



Gambar 3.1 Diagram alir penelitian

Halaman ini sengaja dikosongkan

repository.ub.ac.id
UNIVERSITAS BRAWIJAYA

BAB IV
HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bagian hasil dan pembahasan dijelaskan mengenai gambaran umum perusahaan dan proyek produksi yang dijadikan obyek penelitian, pengumpulan data yang berupa data waktu proses, biaya proses dan biaya operator, dan jumlah *defect* per proses, dan pengolahan data yang berupa pembuatan GAN, analisis *project reliability,* dan analisis faktor yang mempengaruhi nilai *project reliability*.

4.1 Gambaran Umum Perusahaan

PT. Dirgantara Indonesia merupakan perusahaan BUMN yang bergerak dalam bidang industri pesawat terbang. PT. Dirgantara Indonesia merupakan satu-satunya perusahaan perusahaan yang bergerak di bidang industri teknologi pesawat terbang di Indonesia dan di kawasan Asia Tenggara. Perusahaan ini bergerak dalam bidang produksi pesawat terbang, manufaktur komponen pesawat terbang, produksi helikopter dan penyedia jasa *maintenance service* untuk mesin pesawat. PT. DI terletak di Jalan Pajajaran No. 154, Bandung.

PT. Dirgantara Indonesia pertama kali didirikan pada tanggal 26 April 1976 oleh Prof. Dr. Ir. B. J. Habibie dengan nama PT. Industri Pesawat Terbang Nurtanio. Tanggal 11 Oktober 1985 nama PT. Industri Pesawat Terbang Nurtanio diubah menjadi PT. Industri Pesawat Terbang Nusantara (IPTN). Pada tanggal 24 Agustus 2000 diadakannya proses restrukturisasi pada perusahaan yang menyebabkan adanya perubahan nama perusahaan dari PT. Industri Pesawat Terbang Nusantara menjadi PT. Dirgantara Indonesia (PT. DI).

PT. Dirgantara Indonesia mengawali produksinya dari fase perakitan yang ditindaklanjuti dengan *manufacturing single parts* pesawat terbang jenis C212-CASA Spanyol, B0105-Jerman, Bell 417-Amerika, Puma SA330, dan Superpuma SA332-Perancis. Salah satu unit usaha yang ada di PT. Dirgantara Indonesia adalah Satuan Usaha *Aerostructure*. Satuan Usaha *Aerostructure* merupakan satuan usaha di PT. Dirgantara Indonesia yang bergerak di bidang perancangan, pembuatan komponen, dan perakitan *sub-assembly* kerangka pesawat terbang yang memiliki kualitas yang tinggi dan harga yang dapat bersaing.

Proyek yang ada di PT. Dirgantara Indonesia kebanyakan adalah proyek kerja sama dengan perusahaan lain, seperti Airbus dan Boeing. Lama waktu pelaksanaan proyek ditentukan oleh kedua belah pihak. Dalam pelaksanaannya, PT. DI hanya bertanggung jawab

pada proses produksi komponen-komponen pesawat terbang yang telah disepakati. Hal ini mencakup segala aspek pada proses produksi seperti *Standard Operating Procedure* (SOP) yang harus sesuai dengan standar internasional, waktu produksi yang tidak mengalami keterlambatan, biaya produksi yang sesuai dengan ketentuan, dan kualitas komponen yang juga ditentukan pada kesepakatan di kontrak kerja.

Salah satu unit usaha yang ada di PT. Dirgantara Indonesia adalah Satuan Usaha *Aerostructure.* Satuan Usaha *Aerostructure* bergerak di bidang perancangan, pembuatan komponen, dan perakitan *sub – assembly* kerangka pesawat terbang yang memiliki kualitas tinggi dan harga yang bersaing. Saat ini, Satuan Usaha *Aerostructure* sedang menjalani Program Spirit pada proses produksinya. Program Spirit bergerak dalam bidang pembuatan komponen dan bagian-bagian sayap, ekor, peralatan, dan perlengkapan untuk jenis pesawat Airbus. Di dalam program ini terdapat 4 proyek yang sedang dilaksanakan. Proyek yang pertama adalah Proyek IOFLE (*Inboard Outer Fixed Leading Edge*) yang dimulai pada tahun 2002 untuk pembuatan bagian-bagian sayap pesawat A380. Proyek selanjutnya adalah Proyek *Single Aisle* yang sudah berjalan dari tahun 2005 untuk pembuatan bagian-bagian sayap pesawat A320/A321. Selanjutnya adalah proyek A300/A301 *Families*. Proyek yang terakhir adalah proyek *Root End Fillet Fairing* (REFF). Proyek ini memproduksi bagian-bagian sayap pesawat A350 yang masih tergolong proyek baru karena baru dimulai tahun 2010.

4.1.1 Visi dan Misi Perusahaan

1. Visi

   "*To be the world class aerospace company based on high technology and cost competitiveness in the global market*"

2. Misi
   a. *As the center of competence in aerospace industry for both commercial and military mission, as well as for non-aerospace application.*
   b. *As a major player in the global industries. Which has strategic alliance with other world class Aerospace Industries.*
   c. *Cost competitive business.*
   d. *Delivering cost competitive products and services.*

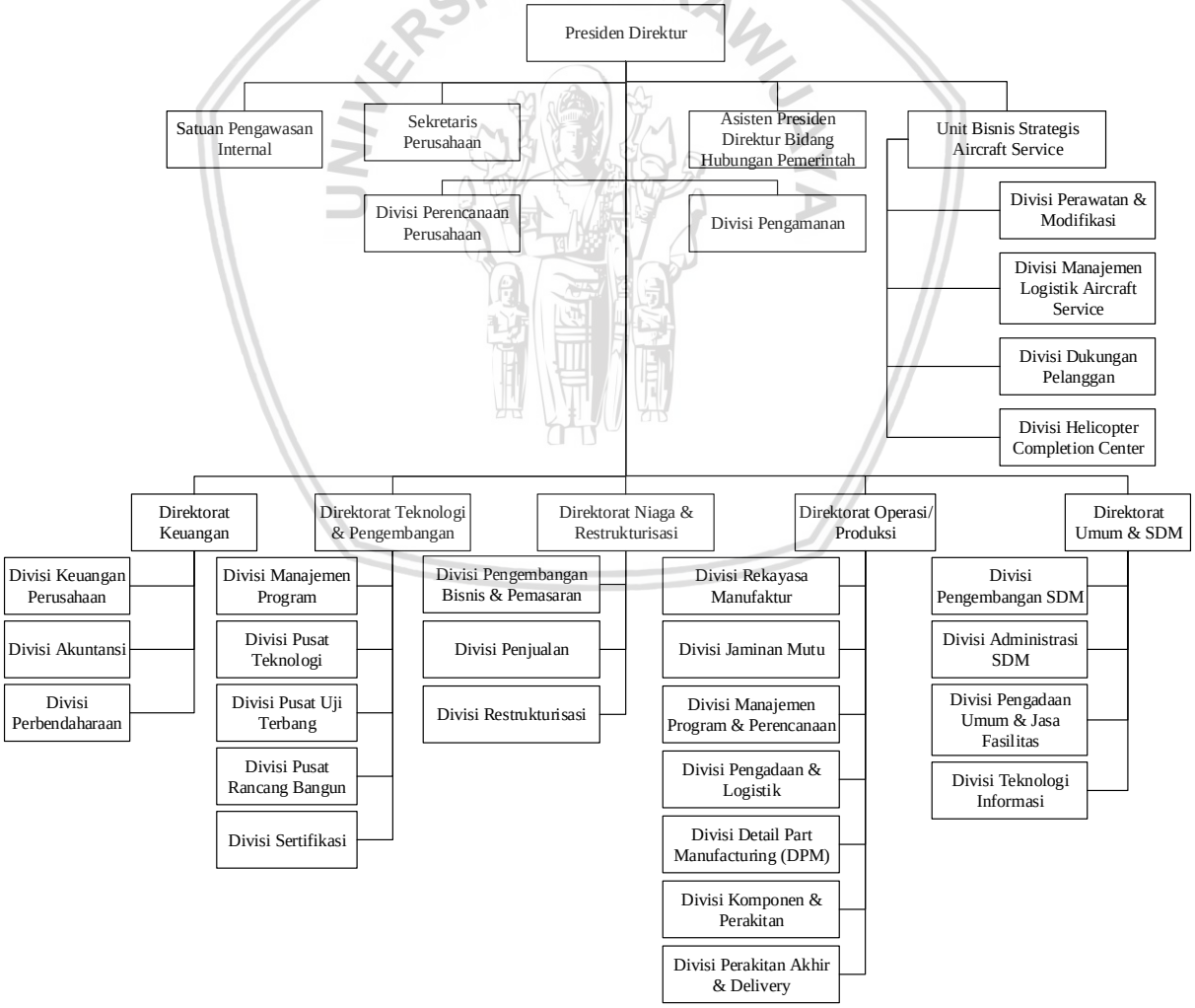
4.1.2 Logo Perusahaan

Logo perusahaan pada PT. Dirgantara Indonesia ditunjukkan pada Gambar 4.1.

Gambar 4.1 Logo PT. Dirgantara Indonesia
Sumber: Website PT. Dirgantara Indonesia

4.1.3 Struktur Organisasi Perusahaan

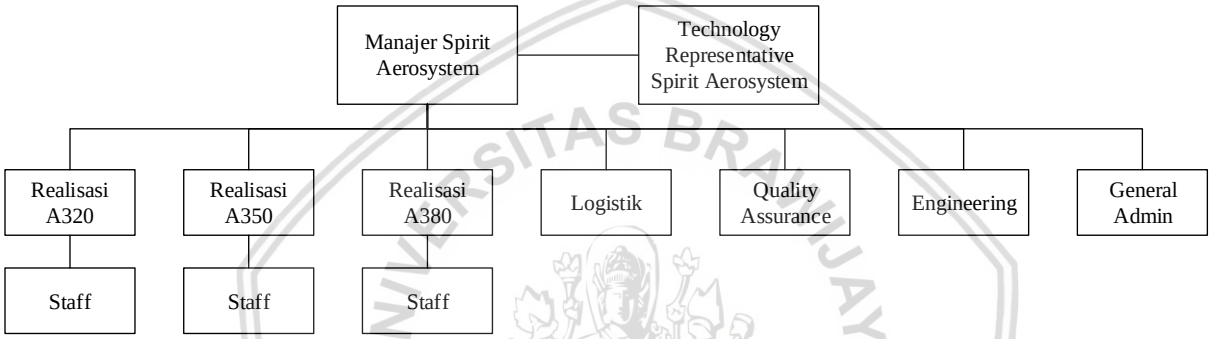
Struktur organisasi pada PT. Dirgantara Indonesia ditunjukkan pada Gambar 4.2.



Gambar 4.2 Struktur organisasi PT. Dirgantara Indonesia
Sumber: PT. Dirgantara Indonesia

Proses produksi Rib AT dilakukan pada Divisi DPM (Detailed *Part Manufacturing*). Divisi DPM merupakan divisi yang bertanggung jawab untuk memproduksi komponen pesawat yang kemudian dikirim pada Divisi Komponen dan Perakitan. Rib AT merupakan salah satu komponen sayap dari pesawat Airbus Tipe A320. Kegiatan produksi untuk komponen sayap Airbus di PT. Dirgantara Indonesia dikelola dalam Program Spirit Aerosystem. Program Spirit Aerosystem bertanggung jawab dalam realisasi pembuatan komponen sayap pesawat Airbus. Produksi dari Rib AT dibawahi oleh bagian realisasi A320.

Struktur organisasi pada Program Spirit di satuan usaha *Aerosystem* PT. Dirgantara Indonesia ditunjukkan pada Gambar 4.3.



Gambar 4.3 Struktur organisasi Program Spirit *Aerosystem*
Sumber: PT. Dirgantara Indonesia

4.1.4 Produk dan Jasa Perusahaan

Saat ini ada beberapa produk dan jasa yang dihasilkan oleh PT. Dirgantara Indonesia. Berdasarkan *webpage* perusahaan (www.indonesian-aerospace.com), produk dan jasa yang dihasilkan oleh PT. Dirgantara Indonesia terbagi menjadi empat jenis, yaitu:

1. *Aircraft Integration*

   Produk yang diproduksi oleh PT. DI di bidang *Aircraft Integration* adalah pesawat terbang dan helikopter. Pesawat dan helikopter yang diproduksi terdiri dari pesawat dan helikopter komersial maupun militer untuk kebutuhan internasional. Pesawat yang diproduksi antara lain adalah NC 212-200, C 212-400, CN 235, dan C 212-400, sedangkan helikopter yang diproduksi adalah Helikopter NAS-332 dan NBELL-412.

2. *Aerostructure*

   Selain melakukan produksi berupa pembuatan satu pesawat atau helikopter secara keseluruhan, PT. DI juga melakukan produksi berupa komponen-komponen pesawat atau *airframe component*. Dalam hal ini PT. DI melakukan kontrak untuk menghasilkan sejumlah komponen pesawat dalam jangka waktu tertentu. PT. DI dalam hal ini

melayani beberapa perusahan pesawat terkemuka seperti Airbus dan Boeing. Beberapa komponen yang dihasilkan oleh PT. DI antara lain Airbus A320, Airbus 350, Airbus 380, Boeing B747-8, Boeing 777, Boeing 787, Eurocopter MK2, Eurocopter EC725, EADS CN235, EADS C295, dan EADS C212-400.

3. *Aircraft Service*

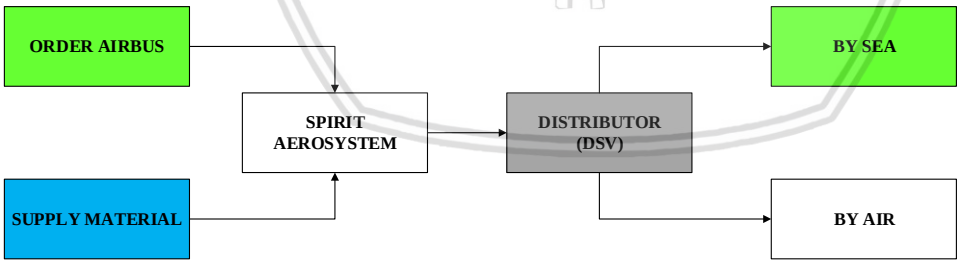
   Produk lain yang dihasilkan PT. DI adalah berupa jasa pelayanan servis pesawat terbang. Jasa pelayanan ini dapat digunakan oleh maskapai secara umum. Pelayanan yang disediakan adalah berupa MORA yang terdiri dari *Maintenance* (perawatan berkala dan pergantian suku cadang), *Overhaul* (pemeriksaaan kondisi mesin), *Repair* (perbaikan komponen), dan *Alteration* (modifikasi komponen).

4. *Technology and Development*

   Selain produk-produk diatas, PT. DI juga melakukan riset penelitian untuk melakukan pengembangan terhadap desain dan teknologi pesawat terbang. Hasil dari penelitian ini dapat diterapkan pada produk-produk PT. DI, seperti pada pesawat yang dihasilkan pada *aircraft integration*, proses produksi pada *aerostucture*, dan pelayanan yang dilakukan pada *aircraft service*.

4.1.5 Proses Bisnis Perusahaan

Salah satu kegiatan bisnis utama dari PT. DI adalah sebagai penyuplai komponen pesawat bagi perusahaan besar pesawat seperti Airbus. Proses bisnis yang dilakukan oleh PT. DI dan perusahaan yang menjalin kerjasama ditunjukkan pada Gambar 4.4.



Gambar 4.4 Proses bisnis PT. DI

Bagian yang berwarna putih pada Gambar 4.4 merupakan bagian yang menjadi tanggung jawab PT. DI. Bagian yang berwarna hijau merupakan bagian yang menjadi tanggung jawab perusahaan Airbus, dalam hal ini Airbus bertanggung jawab untuk menentukan jumlah *order* dan menanggung biaya pengiriman komponen A320 yang melalui jalur laut.

Bagian yang berwarna biru pada Gambar 4.4 merupakan bagian yang menjadi tanggung jawab perusahaan All Metal Service, dalam hal ini menyediakan seluruh material yang

dibutuhkan, mengatur segala kebutuhan material, dan memastikan material sesuai dengan standar yang telah ditentukan pada kontrak kerja.

Bagian yang berwarna abu-abu pada Gambar 4.4 merupakan bagian yang menjadi tanggung jawab perusahaan DSV, yaitu mengirimkan set komponen yang sudah dilakukan *sub-assembly* dari PT. DI ke Airbus melalui jalur laut atau jalur udara. Dalam hal ini Airbus akan menanggung biaya pengiriman set komponen yang dikirim melalui jalur laut. Apabila ada set komponen yang terlambat dikirim atau tidak sesuai dengan jadwal pengiriman yang telah ditentukan, maka pengiriman set tersebut harus dikirim melalui jalur udara dan biayanya ditanggung oleh PT. DI.

4.1.6 Gambaran Umum Proyek *Single Aisle*

Salah satu program yang ada di PT. DI adalah Program Spirit Aerosystem. Program Spirit bertanggung jawab pada proyek produksi komponen pesawat tipe A380, A320, dan A350. Proyek yang dijadikan objek pada penelitian ini adalah proyek produksi A320 (Proyek *Single Aisle*). Proyek *Single Aisle* merupakan proyek yang dikerjakan oleh Program Spirit sejak tahun 2005 hingga sekarang. Bagian sayap pesawat Airbus tipe A320 yang diproduksi PT. DI ditunjukkan pada Gambar 4.5.

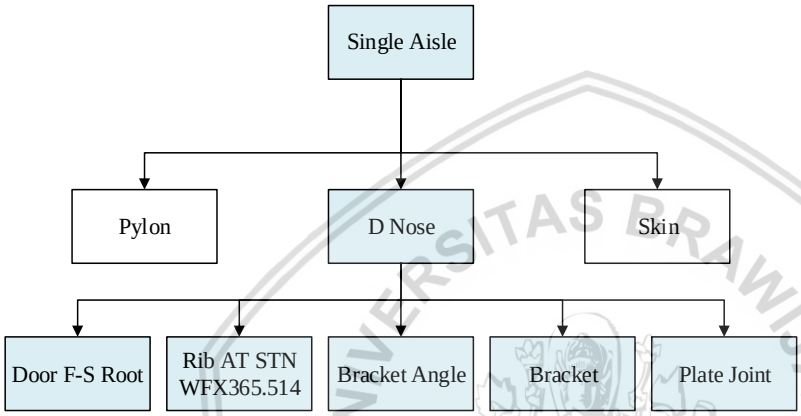
Gambar 4.5 Komponen sayap A320
Sumber: Website PT. Dirgantara Indonesia

Ada tiga komponen besar yang diproduksi oleh Program Spirit, yaitu D-Nose, Skin, dan Pylon. *Bill of Material* (BOM) *Tree* dari masing-masing bagian tersebut ditunjukkan pada Gambar 4.6, 4.7 dan 4.8 dan jumlah masing-masing komponen yang diperlukan untuk

menyusun D-Nose, Skin, dan Pylon ditunjukkan pada Tabel 4.1, 4.2, dan 4.3. Gambar 4.6 dan Tabel 4.1 merupakan BOM *Tree* dan BOM *Table* dari komponen D-Nose.

Tabel 4.1
Bill of Material Table D-Nose

Nama *Part*	Jumlah
DOOR F-S ROOT	2
RIB AT STN WFX365.514	2
BRACKET ANGLE	2
BRACKET	4
PLATE JOINT	2

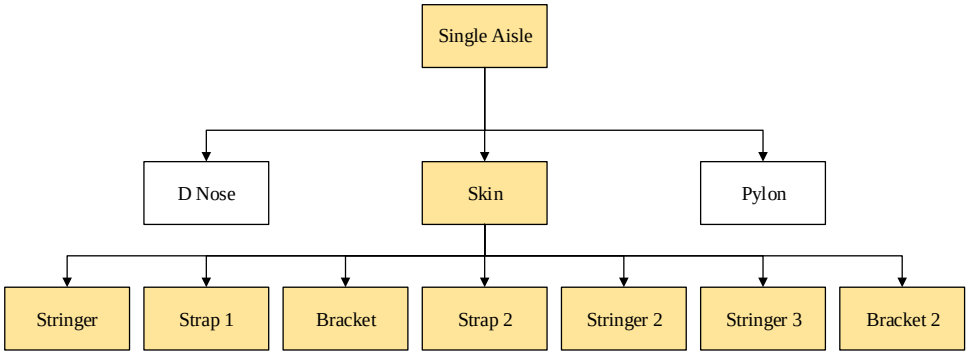


Gambar 4.6 BOM *Tree* komponen D-Nose

Gambar 4.7 dan Tabel 4.2 menunjukkan BOM *Tree* dan BOM *Table* dari komponen Skin.

Tabel 4.2
Bill of Material Table Skin

Nama *Part*	Jumlah
STRINGER	24
STRAP 1	18
BRACKET	2
STRAP 2	16
STRINGER 2	24
STRINGER 3	26
BRACKET 2	26

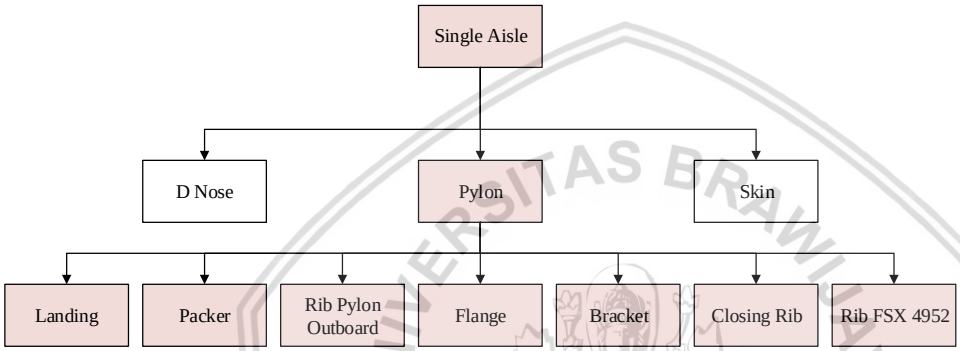


Gambar 4.7 BOM *Tree* komponen Skin

Gambar 4.8 dan Tabel 4.3 menunjukkan BOM *Tree* dan BOM *Table* dari komponen Pylon.

Tabel 4.3
Bill of Material Table Pylon

Nama *Part*	Jumlah
LANDING	2
PACKER	4
RIB PYLON OUTBOARD	2
FLANGE	2
BRACKET	6
CLOSING RIB	2
RIB FSX 4952	2



Gambar 4.8 BOM *Tree* komponen Pylon

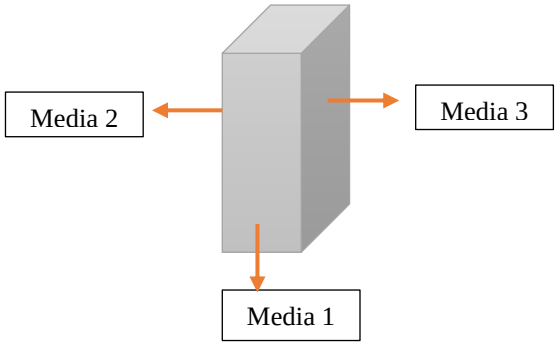
Pada proyek *Single Aisle*, PT. DI bertanggung jawab untuk memproduksi komponen sayap dan melakukan sub-*assembly* pada komponen sayap A320. Setiap minggu ada sepuluh set komponen sayap yang harus dikirimkan oleh PT. DI.

4.1.6.1 Pengamatan Produk Rib AT

Produk yang dijadikan objek penelitian adalah Rib AT yang merupakan sub-komponen penyusun dari D-Nose. Rib AT adalah *base component* dari proses *assembly* yang menyebabkan kegiatan *assembly* tidak dapat dilaksanakan bila tidak terdapat Rib AT. Sehingga jika target produksi Rib AT tidak tercapai, maka target produksi dari A320 juga tidak dapat tercapai. Berdasarkan pertimbangan tersebut, maka Rib AT dijadikan objekkajian dalam penelitian. Penelitian hanya berfokus pada upaya peningkatan level *project reliability* pada proses produksi Rib AT.

Secara garis besar dasar Rib AT dibagi menjadi 3 media utama yaitu Media 1, Media 2, dan Media 3. Media 1 merupakan bagian samping dari material awal Rib AT. Fungsi utama Media 1 adalah tempa pembuatan lubang untuk pemindahan material. Pada akhir proses permesinan, Media 1 dipisahkan dari Rib AT. Media 2 dan Media 3 menjadi bagian depan

dan belakang dari Rib AT. Penggambaran media pada Rib AT ditunjukkan pada Gambar 4.9.



Gambar 4.9 Media Rib AT

Gambar 4.10 dan 4.11 masing-masing menunjukkan bentuk akhir dari media 2 dan media 3 produk Rib AT. Rib AT memiliki bagian-bagian sebagai berikut.

1. *Flange*

   Flange merupakan bagian yang menonjol keluar vertikal dari badan rib AT.

2. *Web*

   Web merupakan bagian dasar horizontal dari badan Rib AT.

3. *Hole*

   Hole adalah lubang yang terdapat pada Rib AT. Terdapat beberapa lubang pada Rib AT dengan ukuran berbeda-beda.

4. *Pocket*

   Pocket hanya ada pada bagian media 2. *Pocket* berbentuk seperti kantung yang menjorok ke dalam pada badan Rib AT.

5. *Corner*

   Corner adalah bagian sudut-sudut yang terdapat pada Rib AT.

Gambar 4.10 Media 2 Rib AT
Sumber: Dokumentasi PT. DI

Gambar 4.11 Media 3 Rib AT
Sumber: Dokumentasi PT. DI

4.1.6.2 Proses Produksi Rib-AT

Secara garis besar terdapat dua sesi dalam proses produksi komponen Rib AT ini. Sesi pertama adalah sesi permesinan tang dikerjakan oleh bagian *detail part manufacturing* (DPM) dan sesi kedua adalah sesi perakitan yang dikerjakan oleh bagian *assembly*. Pada bagian DPM terdapat beberapa proses produksi yang bersifat *full machining*. Sedangkan pada sesi *assembly* didominasi oleh operator. Gambar 4.12 merupakan *process sheet* dari bagian DPM Rib AT.

DIRGANTARA INDONESIA
INDONESIAN AEROSPACE (IAe)

PROCESS SHEET
JID NO : 20261597

20261597

Part Number : D57450022203 Part Name : RIB AT STN WFX365.514	**WBS Element : Y/DE@** **Serial Indicator : N** **Serial Number : N/A**	Qty : 4
Routing Rev. : 12 Manuf. Planner : RICKY VILLANOVA / 130130 Quality Planner : A. RAEDI / 157063	Shop : MFS Destination : 320, XSA Store : AN / DPM MAJOR ASSY AERO	
Document Screened Safety Class : 1		

Gambar 4.12 Process sheet DPM Rib AT
Sumber: Dokumentasi PT. Dirgantara Indonesia

Process sheet tersebut digunakan untuk memberi identitas dari komponen yang sedang dikerjakan dalam lantai produksi. Lembar *process sheet* harus menempel pada komponen

dari awal proses hingga proses terkhir. Isi dari *process sheet* adalah proses-proses apa saja yang harus dilakukan. Adapun proses produksi Rib AT terdiri dari 20 proses yang terbagi menjadi 7 tahapan. Proses dan tahapan yang ada pada proses produksi Rib AT ditunjukkan pada Tabel 4.4.

Tabel 4.4
Daftar Proses Produksi Rib AT

Ope.	*Work Center Description*	Tahap
1	*Remark*	Persiapan Permesinan 1
0010	*Issuer Inspection*	
0020	*Fitter Pre Cutting*	
0050	*CNC Profiling Machine DGMP*	Permesinan 1
0060	*CNC Profiling Machine Deckel Maho*	
0070	*CNC Profiling Machine Deckel Maho*	
0080	*Fitter Machining*	Persiapan Permesinan 2
0090	*Enggraving*	Permesinan 2
0100	*Drilling Machine*	
0110	*CMM Inspection*	
0120	*Chemical Cleaning for Aluminum*	Persiapan Pengecatan
0130	*Aluminum Treatment Inspection*	
0140	*Penetrant Inspection*	
0150	*Chromic Acid Anodizing*	
0160	*Aluminum Treatment Inspection*	
0170	*Primer Painting*	Pengecatan
0180	*Painting Inspection*	
0180	*Top Coat Painting*	
0190	*Painting Inspection*	
0190	*Marking*	Proses Akhir
0200	*Final Inspection*	

Sumber: *Process Sheet* DPM Rib AT PT. Dirgantara Indonesia

Berdasarkan Tabel 4.4, terdapat 21 proses produksi untuk memproduksi satu unit Rib AT. Berikut merupakan penjelasan dari setiap proses produksi Rib AT.

1. *Remark* (Ope. 1)

   Proses *remark* merupakan proses pemberian penanda pada *raw material* dan penempelan *process sheet* pada material yang akan masuk pada ruang *raw material inspection room*.

2. *Issuer Inspection* (Ope.0010)

   Proses *Issuer Inspection* merupakan proses pemeriksaan pada material bahan baku yang akan digunakan pada proses pembuatan Rib AT. Inspeksi pertama adalah pemeriksaan kondisi material yang digunakan. Inspeksi selanjutnya adalah pemeriksaan terhadap ukuran material. Proses inspeksi dilakukan di dalam *raw material inspection*.

3. *Fitter Pre Cutting* (Ope.0020)

   Proses *Fitter Pre Cutting* merupakan proses permesinan pertama. Proses permesinan ini dilakukan pada media 1 Rib AT. Pada proses ini dilakukan pembuatan lubang kecil sebagai *toolkit* pada material untuk mempermudah proses *handling* dan dilakukan penghilangan sisi-sisi yang tajam pada material.

4. *CNC Profiling Machine DGMP* (Ope. 0050)

   Proses *CNC Profiling Machine DGMP* merupakan proses pembuatan lubang pada *raw material*. Pembuatan lubang yang dilakukan terdiri dari *counterboring* dan *drilling*. Pelubangan berfungsi sebagai lubang *toolkit fixture* atau tempat pemasangan material pada *fixture* yang terdapat pada mesin di proses selanjutnya. Pada proses ini akan dibuat lubang melingkar pada material. Terdapat 6 jenis mesin yang dipakai dalam proses ini. Jenis mesin ini mempengaruhi jumlah dilakukannya pemrosesan. Beberapa unit produk hanya melalui 1 kali proses pada tahap ini dan beberapa unit produk harus melalui 3 kali proses untuk tahap ini, tergantung dari jenis mesinnya. Jenis mesin yang digunakan untuk melakukan satu kali proses adalah mesin *CNC Profiling Machine DGMP* dan mesin CNC Profiling Machine MATEC. Jenis mesin yang digunakan untuk 3 kali proses adalah mesin CNC Profiling Machine SGMP, CNC Vertical Milling Machine MAJACK AJV, CNC Vertical Machine Center HAAS VF-6/50, dan CNC Vertical Machine Center HAAS V11-5 Axis.

5. *CNC Profiling Machine Deckel Maho DMC210U* (Ope. 0060)

   Proses *CNC Profiling Machine Deckel Maho* merupakan proses untuk pembuatan bentuk dari Rib AT. Sebagian besar proses produksi dilakukan dengan proses *milling*. Dalam pembuatan komponen Rib AT, terdapat 2 proses CNC Profiling Machining Deckel Maho. Untuk proses pertama dilakukan pada media 2 dari Rib AT. Tahap pertama dari proses ini adalah dilakukan proses penipisan pada *raw material*. Selanjutnya dilakukan pembuatan bentuk dasar bagian atas material yang dilanjutkan dengan pembentukan bagian bawah. Selain itu juga dilakukan pembuatan beberapa lubang pada material untuk memudahkan dalam pengambilan material dari *fixture*. Tabel 4.5 menunjukkan kegiatan produksi yang dilakukan pada proses CNC Profiling Machine Deckel Maho yang pertama.

Tabel 4.5
Kegiatan pada *Proses CNC Profiling Machine Deckel Maho* untuk Media 2

No.	*Operation*	Keterangan
1.	*Facing #78MM*	Penipisan material
2.	*Mill separator*	Pembuatan tempat masuk *tool* dalam proses pembuatan *part*. Memudahkan pengambilan operasi setelah operasi dilakukan.
3.	*Mill rough pockets*	Pembuatan *pocket*.
4.	*Mill top flank*	Pebuatan *flange* atas.
5.	*Mill finish side and bottom pockets*	*Finishing pocket*.
6.	*Mill E/O Part*	Pembuatan *web* bagian bawah *part*.
7.	*Snap off area*	Pembuatan bagian luar *part*.
8.	*Boring for T/H*	Pembuatan lubang bantu.

Sumber: *Process Sheet* DPM Rib AT PT. Dirgantara Indonesia

6. *CNC Profiling Machine Deckel Maho DMC210U* (Ope.0070)

Proses ini merupakan proses lanjutan dari proses sebelumnya. Perbedaan proses ini dengan proses sebelumnya adalah pada proses ini, proses *milling* diaplikasikan pada media 3 Rib AT. Kegiatan yang dilakukan terdiri dari proses *milling* dan *drilling*. Pada bagian akhir proses, dilakukan penghilangan bagian luar material tempat lubang *toolkit*. Selain itu pada proses ini juga dilakukan pembuatan lubang pada komponen Rib AT. Hasil akhir dari proses permesinan ini adalah komponen Rib AT yang sesuai dengan spesifikasi. Tabel 4.6 menunjukkan kegiatan produksi yang dilakukan pada proses CNC Profiling Machine Deckel Maho yang kedua.

Tabel 4.6
Kegiatan pada Proses *CNC Profiling Machine Deckel Maho* untuk Media 3

No.	*Operation*	Keterangan
1	*Mill Separator*	Pembuatan tempat masuk *tool* dalam operasi pembuatan *part*, Memudahkan pengambilan material setelah operasi selesai dilakukan
2	*Rough mill bottom*	Pembuatan bagian atas dan bawah *flank*
3	*Rough mill tool tabs*	Pembuatan *tool tabs*
4	*Finish mill side of flank*	*Finishing* bagian luar *flange*
5	*Mill mismatch side of flank*	Pembuatan bagian dalam *flange*
6	*Mill bottom of mismatch flank*	Pembuatan bagian bawah *flank* untuk menjorok ke dalam
7	*Mill mismatch side of flank*	*Finishing* bagian dalam *flange*
8	*Center Drilling*	Pembuatan lubang awal
9	*Drilling D5.1*	Pembuatan lubang
10	*Drilling D6.35*	Pembuatan lubang
11	*Boring for D10H7*	Pembuatan lubang
12	*Rough mill outside surface*	Pembuatan bagian luar atas *part*
13	*Finish mill outside surface*	*Finishing* bagian luar atas *part*
14	*Mill hole and inside periphery*	Pembuatan bagian *periphery*/luar bawah *part*

Sumber: *Process Sheet* DPM Rib AT PT. Dirgantara Indonesia

7. *Fitter Machining* (Ope.0080)

   Proses *Fitter Machining* merupakan proses yang dilakukan untuk tahapan *finishing* material. Pada proses ini dilakukan penghilangna bagian *part* yang kasar yang dihasilkan dari proses-proses yang telah dilakukan sebelumnya. Selain itu, pada proses ini juga dapat dilakukan proses penipisan *part* jika *part* yang dihasilkan memiliki ukuran lebih besar dari spesifikasi.

8. *Enggraving* (Ope.0090)

   Proses E*nggraving* merupakan proses untuk pembersihan material. Pada awal proses ini dilakukan proses pembersihan material yang telah melalui berbagai macam proses operasi sebelumnya. Kemudian dilakukan penulisan nomor *part* dan produksi pada *part*. Proses penulisan dilakukan dengan menggunakan alat tulis kusus untuk menulis pada bidang logam.

9. *Drilling Machine* (Ope.0100)

   Proses *Drilling Machine* merupakan proses yang dilakukan untuk pelebaran lubang dari proses yang sebelumnya. Setelah dilakukan pelebaran lubang, proses selanjutnya adalah dilakukan penghilangan bagian-bagian yang tajam dan penghalusan bagian masih kasar.

10. *CMM Inspection* (Ope.0110)

    Proses *CMM Inspection* merupakan proses inspeksi yang dilakukan dengan menggunakan mesin CMM. Inspeksi yang dilakukan akan menentukan tingkat kerataan permukaan dan juga ukuran *part* yang dihasilkan. Mesin CMM akan memetakan koordinat dari *part* yang dihasilkan. Dari koordinat yang dihasilkan, maka didapatkan tingkat kerataan permukaan serta ukuran dari *part* yang dihasilkan. Jika *part* yang dihasilkan telah sesuai dengan spesifikasi maka *part* dilanjut ke proses *surface treatment* dan *painting*. Jika tidak, maka dilakukan analisis pada *part* untuk mengidentifikasi lebih lanjut cacat yang terjadi.

11. *Chemical Cleaning for Aluminum* (Ope.0120)

    Proses *Chemical Cleaning for Aluminum* merupakan tahap awal dari proses *surface treatment*. Pada proses ini dilakukan pembersihan *part*. Pembersihan dilakukan dengan menyelupkan material kedalam cairan kimia lalu membilasnya. Hasil dari pembersihan yang dilakukan adalah material yang bersih dari kotoran-kotoran sisa proses produksi seperti *coolant* dan *marking* yang telah dilakukan.

12. *Aluminum Treatment Inspection* (Ope.0130)

    Proses *Aluminum Treatment Inspection* aadalah proses untuk melakukan pemeriksaan kembali material setelah dilakukanya pembersihan. Pada proses ini akan dipastikan material siap untuk masuk ke proses berikutnya.

13. *Penetran Inspection* (Ope.0140)

    Proses *Penetran Inspection* merupakan proses yang memiliki tujuan utama untuk medeteksi cacat pada permukaan *part*. Proses dimulai dengan mencelupkan, melapisi atau menyemprot *part* (tergantung pada ukuran *part*) dengan carian penetran. Kemudian dilakukan *washing* pada *part* dengan menggunakan aquades. Proses selanjutnya adalah dilakukan *drying* dan penaburan bubuk khusus pada *part*. Tahap akhir dari proses ini adalah *part* diletakan pada meja dan disinari dengan lampu. Jika terdapat cacat pada permukaan *part* seperti retak, tergores dan cacat lainya, pada cacat tersebut akan menyala berwarna kuning.

14. *Chromic Acid Anodizing* (Ope.0150)

    Proses *Chromic Acid Anodizing* merupakan proses untuk pencegahan korosi pada *part*. Tahap awal pada proses ini adalah dilakukan proses pembersihan dari proses *Penetran Inspection* sebelumnya. Selanjutnya dilakukan proses *anodizing* yang berguna untuk menghindari *part* dari korosi. Tujuan lain dari proses ini adalah untuk mempersiapkan *part* sebelum masuk ke proses *painting* dengan melapisi *part* dengan *chromic acid.*

15. *Aluminum Treatment Inspection* (Ope.0160)

    Proses *Aluminum Treatment Inspection* merupakam proses pemeriksaan material setelah dilakukan *heat treatment* pada proses sebelumnya.

16. *Primer Painting* (Ope.0170)

    Proses *Primer Painting* merupakan proses untuk dilakukannya proses pengecetan dari *part* yang dihasilkan. Pengecetan primer memiliki tujuan utama untuk melapisi seluruh permukaan *part* sebelum dilakukan pengecatan warna pada material. Hal ini berfungsi agar material tidak terkena langsung cat warna yang akan digunakan yang dapat merusak *part*.

17. *Painting Inspection* (Ope.0180)

    Proses *Painting Inspection* merupakan proses untuk dilakukannya inspeksi dari hasil primer painting yang dilakukan. Pada inspeksi ini dilakukan pemeriksaaan dari hasil pengecetan apakah semua permukaan telah dicat secara merata.

18. *Top Coat Painting* (Ope.0180)

    Pada proses *Top Coat Painting* akan dilakukan proses pengecatan lanjutan pada *part*. *Part* dicat dengan warna sesuai dengan spesifikasi yang ditentukan.

19. *Painting Inspection* (Ope.0190)

    Pada proses *Painting Inspection* dilakukan inspeksi dari hasil *Top Coat Painting* yang dilakukan. Pada inspeksi ini dilakukan pemeriksaaan dari hasil pengecetan apakah semua permukaan telah dicat secara merata.

20. *Marking* (Ope.0190)

    Pada proses *Marking* dilakukan proses *recording* dari *part* yang telah selesai diproses. Kemudian dilakukan pengukuran berat dari *part* yang dihasilkan.

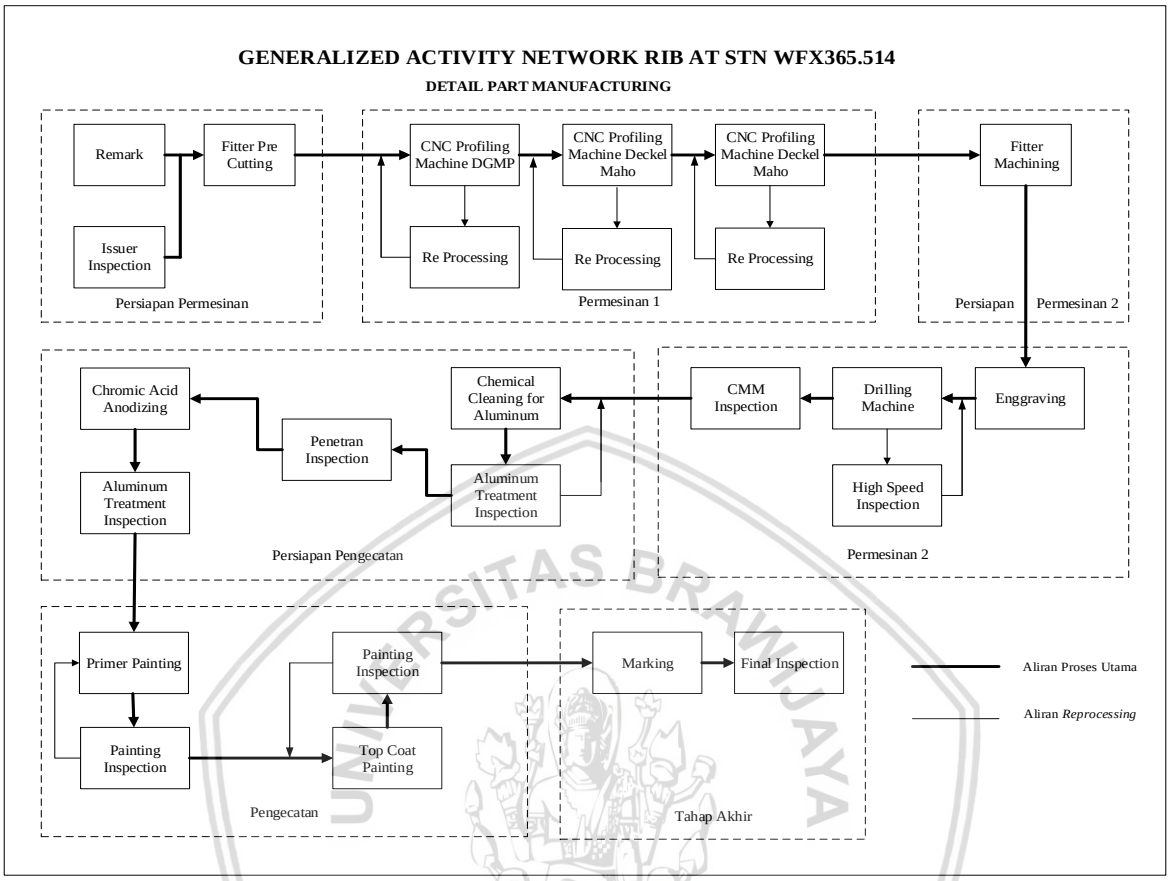
21. *Final Inspection* (Ope.0200)

    Proses *Final Inspection* merupakan proses terakhir dimana akan dilakukan inspeksi akhir dari *part*. Pada proses ini dilakukan pemeriksaan hasil dari setiap proses produksi yang dilakukan pada *part* untuk mengetahui apakah *part* telah memenuhi spesifikasi dari setiap proses produksi tersebut. *Part* yang memenuhi spesifikasi akan lolos inspeksi dan dilanjutkan pada proses *assembly*.

Berdasarkan proses produksi yang terdapat pada Tabel 4.4, dibuat model GAN (*Generalized Activity* Net*work*) untuk menggambarkan alur proses produksi yang terjadi di lantai produksi Rib AT. Pada GAN digambarkan secara mendetail bagaimana alur proses produksi aktual berjalan, peluang setiap proses memproduksi produk yang cacat, dan peluang dilakukan *reprocessing*. Model GAN yang telah dibuat ditunjukkan pada Gambar 4.13. Model GAN yang lebih jelas terdapat pada Lampiran 1.

Berdasarkan Gambar 4.13, terdapat beberapa proses yang tidak tercantum pada Tabel 4.4. Hal ini dikarenakan ada beberapa proses yang dilakukan pada lantai produksi tidak tercantum pada *process sheet*. Pembuatan GAN disesuaikan pada kondisi nyata di lantai produksi dan tidak hanya mengacu pada *process sheet* yang ada. Seperti yang terjadi pada proses permesinan 1, yaitu pada proses *CNC Profiling Deckel Maho* (Ope. 0060). Pada proses tersebut tidak ada proses inspeksi yang tercantum pada *process sheet*. Pada GAN dicantumkan adanya proses inspeksi setelah proses tersebut. Hal ini dikarenakan pada kondisi nyatanya, setelah proses tersebut dilakukan inspeksi dan kemudian dilakukan *reprocessing* secara langsung pada proses tersebut. Selain itu, beberapa proses tambahan yang dicantumkan pada GAN disesuaikan dengan data *rejection tag* yang terjadi pada beberapa proses tertentu. Misalnya pada proses *CNC Profiling Machine DGMP* (Ope. 0050). Pada *process sheet* tidak ditemui proses inspeksi yang harus dilakukan setelah proses ini.

Namun terdapat data *rejection tag* yang terjadi pada proses ini. Sehingga pada GAN dicantumkan proses inspeksi dan *reprocessing*.



Gambar 4.13 Generalized Activity Network proses produksi

Berdasarkan GAN yang telah dibuat, ada beberapa hal yang belum tercantum, diantaranya adalah angka distribusi biaya produksi, angka distribusi waktu produksi, dan probabilitas *defect* dari setiap proses yang dijalankan. Sesuai dengan konsep *project reliability*, yaitu dengan mempertimbangkan kemampuan proyek dari *cost*, *time*, dan *quality*, ketiga faktor tersebut menjadi pertimbangan dalam menentukan nilai *project reliability* dalam setiap proses.

4.2 Pengumpulan Data

Pada tahap pengumpulan data, dilakukan pengambilan data yang diperlukan untuk implementasi konsep *project reliability*. Tahap pengambilan data ini juga dilakukan dengan cara pengamatan secara langsung untuk memahami secara detail dari proses yang terjadi di lantai produksi. Selain itu juga disertai diskusi dengan pihak manajer produksi dan pembimbing lapangan dari PT. DI. Hal ini dilakukan untuk memahami bagaimana kondisi aktual di proses produksi dan seperti apa gap yang terjadi antara perencanaan dan pemenuhan *order*.

Sesuai dengan kontrak yang telah dibuat dengan Airbus, setiap bulan PT. DI harus mengirimkan 40 *set pax* komponen sayap A320. Data yang digunakan dari proses produksi komponen sayap A320 adalah data historis dari waktu aktual proses produksi, biaya aktual permesinan, biaya aktual operator, dan *defect rate* pada setiap proses. Pada tahun 2016 PT. DI mengirimkan komponen D-Nose sejumlah 315 unit. Jika 1 unit D-Nose membutuhkan 2 komponen Rib AT, maka jumlah Rib-AT yang diproduksi selama tahun 2016 adalah sebesar 630 unit.

Data yang dijadikan pembanding untuk menghitung nilai *project reliability* dari proses produksi A320 adalah data waktu standar permesinan, waktu standar operator, biaya standar permesinan, dan biaya standar operator. Data yang digunakan untuk mengetahui distribusi probabilitas dari masing-masing indikator *project reliability* yaitu data historis dari waktu produksi aktual, biaya produksi aktual, dan *defect rate*.

4.2.1 Waktu pada Proses Produksi

Waktu proses merupakan salah satu indikator kesuksesan dari proyek ini. Hal ini dikarenakan proses produksi yang ada dan batas waktu untuk pengiriman *part* sudah terikat kontrak dengan Airbus. Sehingga apabila terjadi keterlambatan atau penambahan waktu produksi karena penyebab apapun, jumlah *part* yang dikirim tidak sesuai dengan target pengiriman yang telah disepakati pada kontrak kerja sama. Jika terjadi keterlambatan maka perusahaan harus menanggung konsekuensi yang berupa menanggung biaya pengiriman melalui jalur udara yang biayanya lebih tinggi dibandingkan dengan jalur laut sehingga dapat mengurangi keuntungan yang didapatkan oleh PT. DI. Selain itu adanya keterlambatan juga berpengaruh pada proses produksi pada minggu selanjutnya yang mana dapat menjadikan beban produksi semakin besar. Data waktu proses yang ada di PT. DI dibagi menjadi tiap proses dengan satuan jam. Data waktu produksi terbagi menjadi dua bagian, yaitu waktu permesinan dan waktu operator. Pada proyek Rib AT, mesin dan operator tidak bekerja pada waktu yang bersamaan, sehingga perhitungan dan pengolahan data dilakukan secara terpisah antara data waktu permesinan dan waktu operator.

Tabel 4.7 menunjukkan data historis rata-rata waktu produksi`aktual yang dihabiskan pada proses produksi Rib AT di bagian *Detailed Part Manufacturing* (DPM) selama tahun 2016.

Tabel 4.7
Data Rata-Rata Waktu Proses Aktual Bagian DPM

Ope.	*Work Center Description*	*Act. Machine Time* jam	*Act.* Waktu operator jam
1	*Remark*	0,000	0,000
0010	*Issuer Inspection*	0,000	0,101
0020	*Fitter Pre Cutting*	0,382	1,232
0050	*CNC Profiling Machine DGMP*	20,654	0,081
0060	*CNC Profiling Machine Deckel Maho*	6,377	0,000
0070	*CNC Profiling Machine Deckel Maho*	6,898	0,016
0080	*Fitter Machining*	0,000	4,662
0090	*Enggraving*	1,342	0,000
0100	*Drilling Machine*	1,339	0,051
0110	*CMM Inspection*	0,778	0,022
0120	*Chemical Cleaning for Aluminum*	0,052	0,329
0130	*Aluminum Treatment Inspection*	0,000	0,243
0140	*Penetrant Inspection*	0,254	0,000
0150	*Chromic Acid Anodizing*	0,122	0,000
0160	*Aluminum Treatment Inspection*	0,000	0,308
0170	*Primer Painting*	0,000	0,956
0180	*Painting Inspection*	0,000	0,603
0180	*Top Coat Painting*	0,279	2,208
0190	*Painting Inspection*	0,013	0,863
0190	*Marking*	0,000	0,124
0200	*Final Inspection*	0,000	0,667
Total		38,491	12,466
Total waktu produksi		50,957	

Berdasarkan Tabel 4.7 diketahui bahwa total waktu produksi di bagian DPM sebesar 50,957 jam untuk setiap unit Rib AT dengan waktu permesinan sebesar 38,491 jam dan waktu operator sebesar 12,466 jam per unit. Proses produksi pada bagian permesinan yang menghabiskan waktu paling besar adalah proses *CNC Profiling Machine DGMP* yaitu sebesar 20,654 jam. Sedangkan proses produksi yang membutuhkan waktu paling besar pada bagian operator adalah pada proses Fitter Machining yaitu sebesar 4,662 jam. Jumlah data waktu produksi pada tahun 2016 adalah sebanyak 630 data untuk 630 unit yang diproduksi. Waktu produksi di bagian DPM terbagi menjadi waktu permesinan aktual dan waktu operator aktual.

Adapun terdapat beberapa proses pada Tabel 4.7 yang memiliki waktu permesinan dan waktu operator sebesar 0 jam. Hal ini dikarenakan pada proses tersebut tidak terdapat proses yang membutuhkan permesinan ataupun membutuhkan kendali operator. Hal ini juga bisa terjadi jika waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan proses tersebut sangat kecil atau hanya beberapa detik.

Setelah data waktu produksi dikumpulkan, langkah selanjutnya adalah menghitung nilai *time reliability* dari proyek Rib AT Tahun 2016. Untuk mendapatkan nilai *time reliability*,

dilakukan simulasi sebanyak 9 replikasi. Sebelum melakukan 9 kali replikasi, dilakukan *fitting distribution* terhadap data waktu proses permesinan dan waktu operator di tiap-tiap proses menggunakan Input Analyzer dari software Arena 5.0. *Output* yang dihasilkan yaitu berupa distribusi probabilitas dari masing-masing data dan nilai P-Value yang menunjukkan apakah distribusi tersebut sudah sesuai dengan sebaran data. Langkah selanjutnya yaitu membangkitkan bilangan acak sebanyak minimal replikasi yang dibutuhkan. Hasil dari pembangkitan bilangan acak kemudian dibandingkan dengan waktu standar yang telah ditentukan oleh perusahaan. *Output* dari perbandingan ini adalah nilai *time reliability* pada proyek Rib AT Tahun 2016. Selain itu hasil dari pembangkitan bilangan acak akan digunakan untuk menghitung nilai project *reliability* dari proyek Rib AT Tahun 2016.

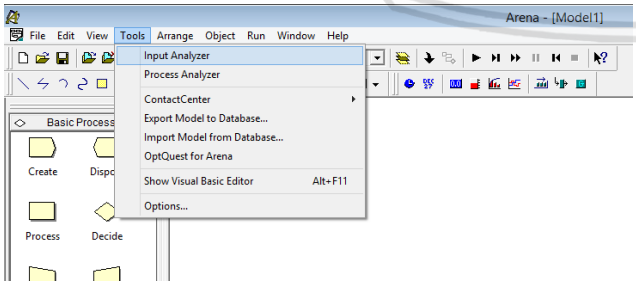
4.2.1.1 *Fitting Distribution* pada Waktu Produksi

Langkah selanjutnya adalah melakukan *fitting distribution* untuk komponen waktu produksi aktual. *Fitting distribution* dilakukan untuk mengetahui distribusi probabilitas dari waktu produksi yang dihabiskan untuk proses permesinan maupun operator dari proses manufaktur selama tahun 2016.

Proses yang dilakukan untuk mengetahui distribusi probabilitas dari waktu produksi sama dengan proses yang dilakukan untuk *fitting distribution* pada biaya produksi. *Fitting distribution* dilakukan dengan menggunakan Input Analizer dari software Arena 5.0. Data yang digunakan yaitu sebanyak 630 data dari 630 proses produksi per tahun 2016.

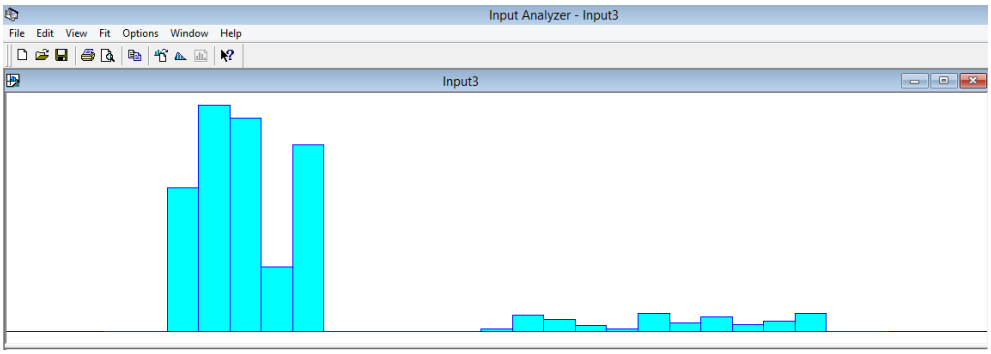
Berikut merupakan contoh langkah-langkah pengujian menggunakan input analyzer pada waktu permesinan proses CMM Inspection.

1. Buka Input Analyzer pada software Arena.



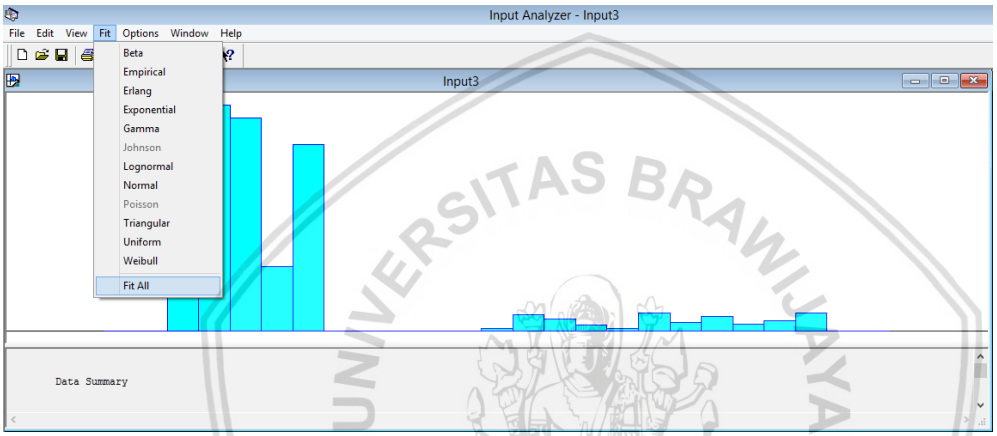
Gambar 4.14 Input analyzer

2. Klik New, lalu klik Use Existing Data File dan pilih data yang diuji, lalu klik *open*. Maka muncul tampilan seperti pada Gambar 4.15. Pada Gambar 4.15 ditampilkan pola data yang telah dipilih.



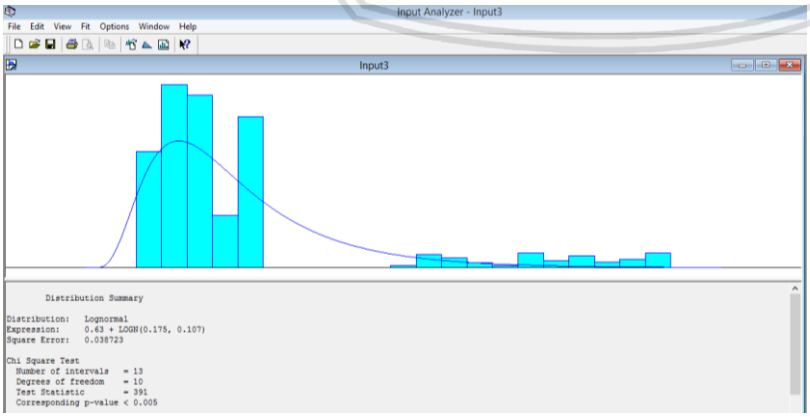
Gambar 4.15 Pola data terpilih

3. Klik Fit, lalu klik Fit All untuk mengetahui distribusi probabilitas yang paling sesuai dengan pola data aktual. Gambar 4.16 menunjukkan tampilan untuk Fit All.



Gambar 4.16 Tampilan Fit All

4. Gambar 4.17 menunjukkan hasil Fit All. Tercantum distribusi probabilitas yang paling sesuai dengan pola data aktual. Untuk mengetahui apakah jenis probabilitas tersebut sesuai dengan data aktual, dapat diketahui melalui nilai yang dicantumkan pada P-Value. Jika nilai P-Value menunjukkan nilai <0.005 maka distribusi probabilitas tersebut tidak terlalu sesuai dengan pola data aktual.



Gambar 4.17 Distribusi terpilih dan nilai P-Value

Hasil *fitting distribution* waktu aktual produksi ditunjukkan pada Tabel 4.8.

Tabel 4.8
Fitting Distribution Waktu Aktual di Bagian DPM

Ope.	*Work Center Description*	Waktu Permesinan (jam)	Waktu Operator (jam)
1	*Remark*	0	0
0010	*Issuer Inspection*	0	Expon(0.35941, 5.11343)
0020	*Fitter Pre Cutting*	Normal(0.38197, 0.18984)	Normal(1.23241, 0.47101)
0050	*CNC Profiling Machine DGMP*	Normal(25.5787, 8.5564)	Expon(0.73119, -0.0011606)
0060	*CNC Profiling Machine Deckel Maho*	Normal(6.3660, 2.0105)	0
0070	*CNC Profiling Machine Deckel Maho*	Normal(6.8665, 2.9990)	Expon(0.20146, -0.00031977)
0080	*Fitter Machining*	0	Normal(4.6624, 2.0862)
0090	*Enggraving*	Normal(1.34163, 0.78781)	0
0100	*Drilling Machine*	Normal(1.32103, 0.82886)	Expon(0.051125, -8.11514e-005)
0110	*CMM Inspection*	Expon(0.76743, 0.0097819)	Expon(0.021984, -3.48954e-005)
0120	*Chemical Cleaning for Aluminum*	Expon(0.052119, -8.27286e-005)	Expon(0.32860, -0.00052159)
0130	*Aluminum Treatment Inspection*	0	Expon(0.24347, -0.00038647)
0140	*Penetrant Inspection*	Expon(0.25415, -0.00040341)	0
0150	*Chromic Acid Anodizing*	Expon(0.12214, -0.00019357)	0
0160	*Aluminum Treatment Inspection*	0	Expon(0.3057, 0.0015148)
0170	*Primer Painting*	0	Expon(0.95587, -0.0015173)
0180	*Painting Inspection*	0	Expon(0.60328, -0.00095759)
0180	*Top Coat Painting*	Expon(0.27889, -0.00044268)	Expon(2.1077, 0.096654)
0190	*Painting Inspection*	Expon(0.013110, -2.08088e-005)	Triang(0.0050000,0.0050000,2.7516)
0190	*Marking*	0	Normal(0.124175,0.064366)
0200	*Final Inspection*	0	Triang(0.0050000,0.0050000,2.0861)

Berdasarkan Tabel 4.8 diketahui bahwa data waktu aktual permesinan maupun operator dari 21 proses memiliki 3 jenis distribusi probabilitas terpakai, yaitu distribusi Normal, Eksponensial, dan Triangular. Misalnya pada waktu permesinan pada proses *Fitter Pre Cutting* menunjukkan berdistribusi Normal (0.38197, 0.18984). Hal ini maksudnya adalah data yang terdapat pada waktu permesinan pada proses *Fitter Pre Cutting* berdistribusi normal dengan rata-rata 0.38197 dan standar deviasi sebesar 0.18984. Adapun beberapa proses yang nilainya 0 menunjukkan bahwa data pada proses tersebut adalah 0, sehingga tidak menunjukkan jenis distribusi probabilitas apapun. Langkah selanjutnya adalah melihat nilai dari P-Value yang ditampilkan pada hasil Fit All pada Input Analyzer.

Tabel 4.9 merupakan nilai P-Value untuk komponen waktu proses permesinan dan waktu operator dari 21 proses produksi Rib AT selama tahun 2016.

Tabel 4.9
Nilai P-Value pada Waktu Produksi

Ope.	*Work Center Description*	Waktu Permesinan		Waktu Operator	
		Square Error	P-Value	*Square Error*	P-Value
1	*Remark*				
0010	*Issuer Inspection*			0,040127	< 0,005
0020	*Fitter Pre Cutting*	0,047407	< 0,005	0,004591	< 0,005
0050	*CNC Profiling Machine DGMP*	0,006364	< 0,005	0,001172	< 0,005
0060	*CNC Profiling Machine Deckel Maho*	0,006825	< 0,005		
0070	*CNC Profiling Machine Deckel Maho*	0,029453	< 0,005	0,002854	< 0,005
0080	*Fitter Machining*			0,004433	< 0,005
0090	*Enggraving*	0,014758	< 0,005		
0100	*Drilling Machine*	0,012163	< 0,005	0,002401	< 0,005
0110	*CMM Inspection*	0,019509	< 0,005	0,003931	< 0,005
0120	*Chemical Cleaning for Aluminum*	0,001521	< 0,005	0,005476	< 0,005
0130	*Aluminum Treatment Inspection*			0,013017	< 0,005
0140	*Penetrant Inspection*	0,006652	< 0,005		
0150	*Chromic Acid Anodizing*	0,002044	< 0,005		
0160	*Aluminum Treatment Inspection*			0,010916	< 0,005
0170	*Primer Painting*			0,005142	< 0,005
0180	*Painting Inspection*			0,106287	< 0,005
0180	*Top Coat Painting*	0,006734	< 0,005	0,005112	< 0,005
0190	*Painting Inspection*	0,001661	< 0,005	0,318928	< 0,005
0190	*Marking*			0,213925	< 0,005
0200	*Final Inspection*			0,325241	< 0,005

Berdasarkan Tabel 4.9 diketahui hasil pengujian komponen biaya produksi menggunakan Input Analyzer pada Arena 5.0. Hasil uji yaitu nilai P-Value pada biaya proses permesinan dan biaya operator memiliki nilai <0,005. Hal ini menunjukkan bahwa pada hasil *fitting distribution* untuk keseluruhan proses tidak menunjukkan probabilitas distribusi yang sesuai. Sehingga pembangkitan bilangan acak dilakukan dengan pendekatan probabilitas Monte Carlo.

4.2.1.2 Pembangkitan Bilangan Acak untuk Waktu Produksi

Berdasarkan hasil pengujian *fitting distribution* diketahui bahwa komponen waktu permesinan dan waktu operator untuk 21 proses produksi Rib AT tidak menunjukkan probabilitas distribusi yang sesuai. Sehingga pembangkitan bilangan acak dapat dilakukan dengan menggunakan pendekatan probabilitas Monte Carlo.

Langkah-langkah yang dilakukan untuk membangkitkan bilangan acak adalah sebagai berikut.

1. Melakukan observasi terhadap parameter komponen dari proses yang dimodelkan.
2. Menghitung frekuensi dari masing-masing parameter yang dimodelkan. Tabel 4.10 merupakan contoh perhitungan untuk frekuensi dari nilai pada Waktu permesinan dan Waktu operator untuk proses *CNC Profiling Machine DGMP*.

Tabel 4.10
Frekuensi Waktu permesinan dan Waktu operator Proses CNC Profiling Machining DGMP

No.	Waktu Permesinan	Frekuensi	Waktu Operator	Frekuensi
1	10,212	1	0,000	601
2	10,229	2	17,500	1
3	10,246	4	18,983	1
4	10,247	1	19,483	1
5	10,250	1	19,500	1
6	10,412	1	20,000	1
7	10,490	1	21,250	1
8	10,496	1	21,500	3
9	10,527	2	22,000	2
10	10,705	1	22,500	1
11	10,996	1	23,966	1
12	11,033	1	24,000	1
13	11,085	1	24,500	1
14	11,133	1	25,000	2
15	11,246	1	28,750	1
16	11,297	1	29,250	1
17	11,329	2	30,250	1
18	11,409	2	31,733	1
19	11,419	1	31,917	1
20	11,423	1	32,000	1
21	11,479	1	33,500	1
22	11,496	4	35,466	1
23	11,500	1	35,500	1
24	11,729	1	38,750	1
25	11,829	2	43,983	1
26	11,916	2	45,750	1
…	…	…	-	-
…	…	…	-	-
…	…	…	-	-
528	57,233	1	-	-

3. Menghitung frekuensi kumulatif dan probabilitas kumulatif. Tabel 4.11 menunjukkan hasil dari perhitungan frekuensi kumulatif dan probabilitas kumulatif untuk waktu permesinan dan waktu operator proses *CNC Profiling Machine DGMP*.

Tabel 4.11
Frekuensi Kumulatif dan Probabilitas Kumulatif Waktu permesinan dan Waktu operator

No.	Waktu Permesinan			Waktu Operator		
	Frekuensi	Frekuensi Kumulatif	Probabilitas Kumulatif	Frekuensi	Frekuensi Kumulatif	Probabilitas Kumulatif
1	1	1	0,002	601	601	0,954
2	2	3	0,005	1	602	0,956
3	4	7	0,011	1	603	0,957
4	1	8	0,013	1	604	0,959
5	1	9	0,014	1	605	0,960
6	1	10	0,016	1	606	0,962
7	1	11	0,017	1	607	0,963
8	1	12	0,019	3	610	0,968
9	2	14	0,022	2	612	0,971
10	1	15	0,024	1	613	0,973
11	1	16	0,025	1	614	0,975
12	1	17	0,027	1	615	0,976
13	1	18	0,029	1	616	0,978
14	1	19	0,030	2	618	0,981
15	1	20	0,032	1	619	0,983
16	1	21	0,033	1	620	0,984
17	2	23	0,037	1	621	0,986
18	2	25	0,040	1	622	0,987
19	1	26	0,041	1	623	0,989
20	1	27	0,043	1	624	0,990
21	1	28	0,044	1	625	0,992
22	4	32	0,051	1	626	0,994
23	1	33	0,052	1	627	0,995
24	1	34	0,054	1	628	0,997
25	2	36	0,057	1	629	0,998
26	2	38	0,060	1	630	1,000
…	…	…	…	-	-	-
…	…	…	…	-	-	-
…	…	…	…	-	-	-
528	1	630	1,000	-	-	-

4. Menetapkan interval kelas masing-masing nilai parameter. Tabel 4.12 menunjukkan contoh hasil pembagian interval kelas pada masing-masing nilai pada waktu permesinan dan waktu operator sesuai dengan frekuensi kumulatif yang telah ditentukan sebelumnya. Interval kelas untuk tiap-tiap proses ditunjukkan pada Lampiran 4.

Tabel 4.12
Interval Kelas pada Waktu Permesinan

No.	Waktu Permesinan				Waktu Operator			
	Nilai	Prob. Kumulatif	Interval Kelas		Nilai	Prob. Kumulatif	Interval Kelas	
			BKB	BKA			BKB	BKA
1	10,212	0,002	0,0000	0,0016	0,000	0,954	0,0000	0,9540
2	10,229	0,005	0,0017	0,0048	17,500	0,956	0,9541	0,9556
3	10,246	0,011	0,0049	0,0111	18,983	0,957	0,9557	0,9571
4	10,247	0,013	0,0112	0,0127	19,483	0,959	0,9572	0,9587
5	10,250	0,014	0,0128	0,0143	19,500	0,960	0,9588	0,9603
6	10,412	0,016	0,0144	0,0159	20,000	0,962	0,9604	0,9619
7	10,490	0,017	0,0160	0,0175	21,250	0,963	0,9620	0,9635
8	10,496	0,019	0,0176	0,0190	21,500	0,968	0,9636	0,9683
9	10,527	0,022	0,0191	0,0222	22,000	0,971	0,9684	0,9714
10	10,705	0,024	0,0223	0,0238	22,500	0,973	0,9715	0,9730
11	10,996	0,025	0,0239	0,0254	23,966	0,975	0,9731	0,9746
12	11,033	0,027	0,0255	0,0270	24,000	0,976	0,9747	0,9762
13	11,085	0,029	0,0271	0,0286	24,500	0,978	0,9763	0,9778
14	11,133	0,030	0,0287	0,0302	25,000	0,981	0,9779	0,9810
15	11,246	0,032	0,0303	0,0317	28,750	0,983	0,9811	0,9825
16	11,297	0,033	0,0318	0,0333	29,250	0,984	0,9826	0,9841
17	11,329	0,037	0,0334	0,0365	30,250	0,986	0,9842	0,9857
18	11,409	0,040	0,0366	0,0397	31,733	0,987	0,9858	0,9873
19	11,419	0,041	0,0398	0,0413	31,917	0,989	0,9874	0,9889
20	11,423	0,043	0,0414	0,0429	32,000	0,990	0,9890	0,9905
21	11,479	0,044	0,0430	0,0444	33,500	0,992	0,9906	0,9921
22	11,496	0,051	0,0445	0,0508	35,466	0,994	0,9922	0,9937
23	11,500	0,052	0,0509	0,0524	35,500	0,995	0,9938	0,9952
24	11,729	0,054	0,0525	0,0540	38,750	0,997	0,9953	0,9968
25	11,829	0,057	0,0541	0,0571	43,983	0,998	0,9969	0,9984
26	11,916	0,060	0,0572	0,0603	45,750	1,000	0,9985	1,0000
…	…	…	…	…	-	-	-	-
…	…	…	…	…	-	-	-	-
…	…	…	…	…	-	-	-	-
528	57,233	1,000	0,9985	1,000	-	-	-	-

5. Membangkitkan bilangan acak menggunakan formulasi dengan bantuan software Microsoft Excel yaitu =RAND() sebanyak 630 data untuk setiap replikasi. Tabel 4.13 menunjukkan hasil pembangkitan bilangan acak untuk waktu permesinan dan waktu operator untuk proses *CNC Profiling Machine DGMP* untuk 1 kali replikasi.

Tabel 4.13
Hasil Pembangkitan Bilangan Acak Waktu Permesinan dan Waktu Operator

No.	Waktu Permesinan (Replikasi 1)	Waktu Operator (Replikasi 1)
1	0,5129	0,3262
2	0,7630	0,6460
3	0,3401	0,9428
4	0,3175	0,5380
5	0,0922	0,1879
…	…	…
…	…	…
…	…	…
630	0,9805	0,4841

6. Mencocokkan bilangan acak yang muncul dengan interval kelas yang telah dibuat sebelumnya. Tabel 4.14 menunjukkan sebagian hasil dari bilangan acak yang sudah dicocokkan sesuai dengan interval kelas pada waktu permesinan dan waktu operator untuk proses *CNC Profiling Machine DGMP*.

Tabel 4.14
Hasil Waktu Permesinan dan Waktu Operator dari Pembangkitan Bilangan Acak

No.	Waktu Permesinan		Waktu Operator	
	Replikasi 1	Nilai Waktu Permesinan	Replikasi 1	Nilai Waktu Operator
1	0,5129	15,767	0,3262	0
2	0,7630	13,836	0,6460	0
3	0,3401	15,413	0,9428	0
4	0,3175	20,000	0,5380	0
5	0,0922	25,500	0,1879	0
…	…	…	…	…
…	…	…	…	…
…	…	…	…	…
630	0,9805	30,178	0,4841	0

7. Melakukan pembangkitaan bilangan acak sebanyak replikasi yang dibutuhkan. Setelah didapatkan bilangan acak, langkah selanjutnya adalah mencocokkan hasil pembangkitan bilangan acak sesuai dengan interval kelas yang telah dibuat sebelumnya. Pada penelitian ini, replikasi awal dilakukan sejumlah 5 kali replikasi. Tabel 4.15 menunjukkan contoh hasil dari pembangkitan bilangan acak dan penyesuaiannya sesuai interval kelas pada waktu permesinan sebanyak 5 replikasi. Tabel 4.16 menunjukkan contoh hasil dari pembangkitan bilangan acak dan penyesuaiannya sesuai interval kelas pada waktu operator sebanyak 5 replikasi.

Tabel 4.15
Waktu Permesinan Hasil Pembangkitan Bilangan Acak

No.	Waktu Permesinan				
	Replikasi 1	Replikasi 2	Replikasi 3	Replikasi 4	Replikasi 5
1	15,767	48,500	11,916	15,666	33,449
2	13,836	26,216	26,582	27,966	28,499
3	15,413	11,996	15,294	16,066	15,413
4	20,000	13,977	15,750	23,416	19,736
5	25,500	12,448	12,549	16,733	23,000
6	13,746	28,249	24,000	38,570	23,416
7	26,691	23,218	25,500	22,333	13,836
8	16,115	22,610	13,762	11,423	16,744
9	11,496	15,951	20,218	12,547	26,833
10	12,579	16,333	15,250	23,500	27,333
…	…	…	…	…	…
…	…	…	…	…	…
…	…	…	…	…	…
630	30,178	25,500	13,000	20,250	13,311

Tabel 4.16
Waktu Operator Hasil Pembangkitan Bilangan Acak

No.	Waktu Operator				
	Replikasi 1	Replikasi 2	Replikasi 3	Replikasi 4	Replikasi 5
1	0,000	0,000	18,983	0,000	0,000
2	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
3	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
4	0,000	0,000	0,000	21,500	0,000
5	0,000	0.000	0,000	0,000	0,000
6	0,000	0,000	0,000	31,917	0,000
7	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
8	0,000	0,000	0,000	19,483	0,000
9	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
10	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
…	…	…	…	…	…
…	…	…	…	…	…
…	…	…	…	…	…
630	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000

Langkah selanjutnya yaitu melakukan uji Chi Square dengan software SPSS untuk mengetahui apakah hasil dari pembangkitan bilangan acak memiliki perbedaan yang signifikan atau tidak dengan data aktualnya. Tabel 4.17 menunjukkan hasil uji Chi Square untuk waktu permesinan dan Tabel 4.18 menunjukkan hasil uji Chi Square untuk waktu operator menggunakan software SPSS. Berikut merupakan hipotesis awal yang digunakan untuk pengujian Chi Square untuk membandingkan waktu permesinan aktual dan waktu permesinan yang didapatkan melalui pembangkitan bilangan acak. H_0 diterima jika nilai X^2-Hitung lebih besar daripada X^2-Tabel.

H_0: Terdapat perbedaan antara data waktu permesinan aktual dengan data waktu permesinan hasil pembangkitan bilangan acak.

H_1: Tidak terdapat perbedaan antara data waktu permesinan aktual dengan data waktu permesinan hasil pembangkitan bilangan acak.

Tabel 4.17
Hasil Uji Chi Square Waktu Permesinan

Work Center Description	**Waktu Permesinan**				
	Replikasi	**Df**	**X^2-Tabel**	**X^2-Hitung**	**Keterangan**
Remark	-	-	-	-	-
Issuer Inspection	-	-	-	-	-
Fitter Pre Cutting	Repl. 1	62.014	62.594,41	62.391,62	Tolak H_0
	Repl. 2	62.014	62.594,41	61.630,10	Tolak H_0
	Repl. 3	62.014	62.594,41	61.567,94	Tolak H_0
	Repl. 4	62.014	62.594,41	61.662,60	Tolak H_0
	Repl. 5	62.014	62.594,41	61.962,58	Tolak H_0
CNC Profiling Machine DGMP	Repl. 1	278.825	280.054,45	277.399,06	Tolak H_0
	Repl. 2	278.825	280.054,45	278.719,44	Tolak H_0
	Repl. 3	278.825	280.054,45	276.113,69	Tolak H_0
	Repl. 4	278.825	280.054,45	275.525,25	Tolak H_0
	Repl. 5	278.825	280.054,45	278.219,81	Tolak H_0
CNC Profiling Machine Deckel Maho	Repl. 1	39.948	40.414,07	39.625,49	Tolak H_0
	Repl. 2	39.948	40.414,07	34.936,87	Tolak H_0
	Repl. 3	39.948	40.414,07	40.410,23	Tolak H_0
	Repl. 4	39.948	40.414,07	36.590,88	Tolak H_0
	Repl. 5	39.948	40.414,07	35.362,60	Tolak H_0
CNC Profiling Machine Deckel Maho	Repl. 1	88.947	89.641,89	83.017,27	Tolak H_0
	Repl. 2	88.947	89.641,89	89.096,84	Tolak H_0
	Repl. 3	88.947	89.641,89	84.469,78	Tolak H_0
	Repl. 4	88.947	89.641,89	83.412,34	Tolak H_0
	Repl. 5	88.947	89.641,89	83.007,05	Tolak H_0
Fitter Machining	-	-	-	-	-
Enggraving	Repl. 1	13.866	14.141,05	13.777,80	Tolak H_0
	Repl. 2	13.866	14.141,05	13.022,06	Tolak H_0
	Repl. 3	13.866	14.141,05	11.255,31	Tolak H_0
	Repl. 4	13.866	14.141,05	12.875,64	Tolak H_0
	Repl. 5	13.866	14.141,05	9.068,09	Tolak H_0
Drilling Machine	Repl. 1	21.642	21.985,34	19.736,20	Tolak H_0
	Repl. 2	21.642	21.985,34	19.367,06	Tolak H_0
	Repl. 3	21.642	21.985,34	18.705,40	Tolak H_0
	Repl. 4	21.642	21.985,34	21.199,99	Tolak H_0
	Repl. 5	21.642	21.985,34	20.850,74	Tolak H_0
CMM Inspection	Repl. 1	23.291	23.647,14	22.863,60	Tolak H_0
	Repl. 2	23.291	23.647,14	23.557,70	Tolak H_0
	Repl. 3	23.291	23.647,14	22.789,91	Tolak H_0
	Repl. 4	23.291	23.647,14	22.418,54	Tolak H_0
	Repl. 5	23.291	23.647,14	20.988,01	Tolak H_0
	Repl. 1	11.410	11.659,61	10.991,86	Tolak H_0
	Repl. 2	11.410	11.659,61	10.271,93	Tolak H_0

Work Center Description	Waktu Permesinan				
	Replikasi	**Df**	**X^2-Tabel**	**X^2-Hitung**	**Keterangan**
Chemical Cleaning for Aluminum	Repl. 3	11.410	11.659,61	9.691,29	Tolak H_0
	Repl. 4	11.410	11.659,61	11.450,71	Tolak H_0
	Repl. 5	11.410	11.659,61	10.410,13	Tolak H_0
Aluminum Treatment Inspection	-	-	-	-	-
Penetrant Inspection	Repl. 1	32.398	32.817,83	31.982,52	Tolak H_0
	Repl. 2	32.398	32.817,83	29.508,42	Tolak H_0
	Repl. 3	32.398	32.817,83	32.337,56	Tolak H_0
	Repl. 4	32.398	32.817,83	32.515,90	Tolak H_0
	Repl. 5	32.398	32.817,83	32.008,64	Tolak H_0
Chromic Acid Anodizing	Repl. 1	15.326	15.615,11	14.560,91	Tolak H_0
	Repl. 2	15.326	15.615,11	9.761,22	Tolak H_0
	Repl. 3	15.326	15.615,11	9.839,79	Tolak H_0
	Repl. 4	15.326	15.615,11	9.175,64	Tolak H_0
	Repl. 5	15.326	15.615,11	9.802,85	Tolak H_0
Aluminum Treatment Inspection	-	-	-	-	-
Primer Painting	-	-	-	-	-
Painting Inspection	-	-	-	-	-
Top Coat Painting	Repl. 1	17.518	17.827,01	17.666,26	Tolak H_0
	Repl. 2	17.518	17.827,01	14.147,18	Tolak H_0
	Repl. 3	17.518	17.827,01	14.294,56	Tolak H_0
	Repl. 4	17.518	17.827,01	15.103,01	Tolak H_0
	Repl. 5	17.518	17.827,01	16.119,22	Tolak H_0
Painting Inspection	Repl. 1	2.440	2.556,03	1.641,39	Tolak H_0
	Repl. 2	2.440	2.556,03	1.203,63	Tolak H_0
	Repl. 3	2.440	2.556,03	2.013,66	Tolak H_0
	Repl. 4	2.440	2.556,03	2.544,87	Tolak H_0
	Repl. 5	2.440	2.556,03	1.847,65	Tolak H_0
Marking	-	-	-	-	-
Final Inspection	-	-	-	-	-

Berdasarkan hasil uji Chi Square yang terdapat pada Tabel 4.17 menunjukkan bahwa hasil X^2-hitung tidak cukup besar untuk memenuhi X^2-tabel. Oleh karena itu kesimpulannya adalah menolak H_0, yaitu terdapat tidak terdapat perbedaan signifikan antara data waktu permesinan aktual dengan data waktu permesinan hasil pembangkitan bilangan acak.

Setelah melakukan uji Chi Square untuk waktu permesinan, langkah selanjutnya yaitu melakukan uji Chi Square dengan menggunakan SPSS untuk mengetahui ada atau tidaknya perbedaan yang signifikan antara data waktu operator aktual dengan data waktu operator hasil dari pembangkitan bilangan acak. Tabel 4.18 menunjukkan hasil uji Chi Square untuk waktu operator menggunakan software SPSS. Berikut merupakan hipotesis awal yang

digunakan untuk pengujian Chi Square untuk membandingkan waktu operator aktual dan waktu operator yang didapatkan melalui pembangkitan bilangan acak. H_0 diterima jika nilai X^2-Hitung lebih besar daripada X^2-Tabel.

H_0: Terdapat perbedaan antara data waktu operator aktual dengan data waktu operator hasil pembangkitan bilangan acak.

H_1: Tidak terdapat perbedaan antara data waktu operator aktual dengan data waktu operator hasil pembangkitan bilangan acak.

Tabel 4.18
Hasil Uji Chi Square Waktu Operator

Work Center Description	**Waktu Permesinan**				
	Replikasi	**Df**	**X^2-Tabel**	**X^2-Hitung**	**Keterangan**
Remark	-	-	-	-	-
Issuer Inspection	Repl. 1	5.244	5.413,58	4.459,93	Tolak H_0
	Repl. 2	5.244	5.413,58	4.263,51	Tolak H_0
	Repl. 3	5.244	5.413,58	5.347,39	Tolak H_0
	Repl. 4	5.244	5.413,58	4.684,04	Tolak H_0
	Repl. 5	5.244	5.413,58	4.897,44	Tolak H_0
Fitter Pre Cutting	Repl. 1	19.908	20.237,35	20.222,20	Tolak H_0
	Repl. 2	19.908	20.237,35	19.581,41	Tolak H_0
	Repl. 3	19.908	20.237,35	19.942,92	Tolak H_0
	Repl. 4	19.908	20.237,35	18.909,14	Tolak H_0
	Repl. 5	19.908	20.237,35	19.845,47	Tolak H_0
CNC Profiling Machine DGMP	Repl. 1	500	553,13	1,52	Tolak H_0
	Repl. 2	500	553,13	1,05	Tolak H_0
	Repl. 3	500	553,13	2,01	Tolak H_0
	Repl. 4	500	553,13	1,30	Tolak H_0
	Repl. 5	500	553,13	1,63	Tolak H_0
CNC Profiling Machine Deckel Maho	-	-	-	-	-
CNC Profiling Machine Deckel Maho	Repl. 1	224	259,91	1,01	Tolak H_0
	Repl. 2	224	259,91	0,94	Tolak H_0
	Repl. 3	224	259,91	0,57	Tolak H_0
	Repl. 4	224	259,91	14,17	Tolak H_0
	Repl. 5	224	259,91	0,64	Tolak H_0
Fitter Machining	Repl. 1	35.718	36.158,76	32.486,57	Tolak H_0
	Repl. 2	35.718	36.158,76	32.891,36	Tolak H_0
	Repl. 3	35.718	36.158,76	36.000,87	Tolak H_0
	Repl. 4	35.718	36.158,76	32.169,36	Tolak H_0
	Repl. 5	35.718	36.158,76	32.405,64	Tolak H_0
Enggraving	-	-	-	-	-
Drilling Machine	Repl. 1	289	329,65	2,31	Tolak H_0
	Repl. 2	289	329,65	134,87	Tolak H_0
	Repl. 3	289	329,65	53,95	Tolak H_0
	Repl. 4	289	329,65	27,08	Tolak H_0
	Repl. 5	289	329,65	63,51	Tolak H_0
CMM Inspection	Repl. 1	36	51,00	0,66	Tolak H_0
	Repl. 2	36	51,00	0,37	Tolak H_0
	Repl. 3	36	51,00	16,22	Tolak H_0

Work Center Description	Waktu Permesinan				
	Replikasi	**Df**	**X^2-Tabel**	**X^2-Hitung**	**Keterangan**
	Repl. 4	36	51,00	0,40	Tolak H_0
	Repl. 5	36	51,00	0,34	Tolak H_0
Chemical Cleaning for Aluminum	Repl. 1	37.769	38.222,21	10.991,86	Tolak H_0
	Repl. 2	37.769	38.222,21	10.271,93	Tolak H_0
	Repl. 3	37.769	38.222,21	9.691,29	Tolak H_0
	Repl. 4	37.769	38.222,21	11.450,71	Tolak H_0
	Repl. 5	37.769	38.222,21	10.410,13	Tolak H_0
Aluminum Treatment Inspection	Repl. 1	16.720	17.021,92	16.627,86	Tolak H_0
	Repl. 2	16.720	17.021,92	14.210,72	Tolak H_0
	Repl. 3	16.720	17.021,92	13.889,14	Tolak H_0
	Repl. 4	16.720	17.021,92	14.273,12	Tolak H_0
	Repl. 5	16.720	17.021,92	14.351,10	Tolak H_0
Penetrant Inspection	-	-	-	-	-
Chromic Acid Anodizing	-	-	-	-	-
Aluminum Treatment Inspection	Repl. 1	21.748	22.092,18	21.405,75	Tolak H_0
	Repl. 2	21.748	22.092,18	20.153,41	Tolak H_0
	Repl. 3	21.748	22.092,18	20.531,02	Tolak H_0
	Repl. 4	21.748	22.092,18	18.410,75	Tolak H_0
	Repl. 5	21.748	22.092,18	20.239,27	Tolak H_0
Primer Painting	Repl. 1	37.800	38.253,39	37.400,42	Tolak H_0
	Repl. 2	37.800	38.253,39	31.867,09	Tolak H_0
	Repl. 3	37.800	38.253,39	32.163,68	Tolak H_0
	Repl. 4	37.800	38.253,39	31.452,99	Tolak H_0
	Repl. 5	37.800	38.253,39	30.033,81	Tolak H_0
Painting Inspection	Repl. 1	21.804	22.148,62	21.390,12	Tolak H_0
	Repl. 2	21.804	22.148,62	20.879,41	Tolak H_0
	Repl. 3	21.804	22.148,62	21.083,35	Tolak H_0
	Repl. 4	21.804	22.148,62	19.902,33	Tolak H_0
	Repl. 5	21.804	22.148,62	20.929,50	Tolak H_0
Top Coat Painting	Repl. 1	32.872	33.294,88	32.549,90	Tolak H_0
	Repl. 2	32.872	33.294,88	28.849,51	Tolak H_0
	Repl. 3	32.872	33.294,88	32.887,31	Tolak H_0
	Repl. 4	32.872	33.294,88	30.272,71	Tolak H_0
	Repl. 5	32.872	33.294,88	29.628,65	Tolak H_0
Painting Inspection	Repl. 1	5.998	6.179,28	5.659,26	Tolak H_0
	Repl. 2	5.998	6.179,28	5.608,65	Tolak H_0
	Repl. 3	5.998	6.179,28	6.176,30	Tolak H_0
	Repl. 4	5.998	6.179,28	4.885,33	Tolak H_0
	Repl. 5	5.998	6.179,28	6.039,50	Tolak H_0
Marking	Repl. 1	2.784	2.907,86	2.478,51	Tolak H_0
	Repl. 2	2.784	2.907,86	2.256,34	Tolak H_0
	Repl. 3	2.784	2.907,86	2.762,54	Tolak H_0
	Repl. 4	2.784	2.907,86	1.599,39	Tolak H_0
	Repl. 5	2.784	2.907,86	1.681,97	Tolak H_0
Final Inspection	Repl. 1	5.344	5.515,18	5.491,48	Tolak H_0
	Repl. 2	5.344	5.515,18	4.021,90	Tolak H_0
	Repl. 3	5.344	5.515,18	4.209,69	Tolak H_0
	Repl. 4	5.344	5.515,18	4.516,55	Tolak H_0
	Repl. 5	5.344	5.515,18	4.260,47	Tolak H_0

Berdasarkan hasil uji Chi Square yang terdapat pada Tabel 4.18 menunjukkan bahwa hasil X^2-hitung tidak cukup besar untuk memenuhi X^2-tabel. Oleh karena itu kesimpulannya adalah menolak H_0, yaitu tidak terdapat perbedaan yang signifikan antara data waktu permesinan aktual dengan data waktu permesinan yang didapatkan dari pembangkitan bilangan acak.

Langkah-langkah pembangkitan bilangan acak diatas diaplikasikan pada seluruh waktu permesinan dan waktu operator untuk keseluruhan 21 proses produksi selama tahun 2016. Hasil waktu permesinan dan waktu operator yang didapatkan dari pembangkitan bilangan acak kemudian dibandingkan dengan waktu standar yang sudah ditentukan perusahaan. Hasil perbandingan ini digunakan untuk mengetahui berapa nilai *project reliability* pada proyek produksi Rib AT saat ini.

4.2.2 *Defect* pada Proses Produksi

Jumlah *rejection tag rate* (*defect rate*) didapatkan melalui data yang ditulis pada *process sheet* yang ada pada lantai produksi dan dokumen NC 1. Dokumen NC 1 adalah adalah dokumen *Non-Conforming* dari komponen-komponen yang diproduksi. Isi dari dokumen tersebut adalah produk yang mengalami *defect*, jenis *defect*, *workcenter* tempat penyebab *defect* tersebut, dan *corrective action* yang dilakukan untuk memperbaiki *defect* tersebut. *Corrective action* yang dilakukan PT. DI adalah *re-processing* untuk memperbaiki *defect* yang terjadi pada proses sebelumnya. Proses ini erat kaitannya dengan proses *quality control*. Hal ini disebabkan karena pembuatan komponen pesawat terbang merupakan komponen yang menuntut keakurasian 100%.

Dalam konsep *project reliability* adanya *rejection tag rate* berpengaruh sebagai indikator kualitas. Layak atau tidaknya sebuah proyek dapat dilihat dari produk yang dihasilkan dari proses produksinya, apakah proses tersebut banyak memproduksi product *defect* ataukah berjalan dengan baik dan tidak memproduksi produk *defect*. Adanya produk *defect* yang diproduksi dapat menyebabkan tambahan waktu produksi dan penambahan biaya yang dikeluarkan oleh perusahaan. Sehingga dapat disimpulkan bahwa semakin besar *defect rate*, maka keuntungan yang didapat oleh perusahaan juga semakin menurun.

Tabel 4.19 menunjukkan data historis *defect* aktual yang terjadi dalam proses produksi Rib AT selama satu tahun yaitu pada tahun 2016 di bagian DPM.

Tabel 4.19
Data Historis *Defect* Aktual pada DPM

Ope.	*Work Center Description*	Jumlah *Defect*
1	*Remark*	0
0010	*Issuer Inspection*	0
0020	*Fitter Pre Cutting*	0
0050	*CNC Profiling Machine DGMP*	5
0060	*CNC Profiling Machine Deckel Maho*	1
0070	*CNC Profiling Machine Deckel Maho*	2
0080	*Fitter Machining*	0
0090	*Enggraving*	0
0100	*Drilling Machine*	2
0110	*CMM Inspection*	0
0120	*Chemical Cleaning for Aluminum*	0
0130	*Aluminum Treatment Inspection*	0
0140	*Penetrant Inspection*	0
0150	*Chromic Acid Anodizing*	0
0160	*Aluminum Treatment Inspection*	0
0170	*Primer Painting*	0
0180	*Painting Inspection*	0
0180	*Top Coat Painting*	0
0190	*Painting Inspection*	0
0190	*Marking*	0
0200	*Final Inspection*	0

Berdasarkan Tabel 4.19 total *defect* pada proses produksi Rib AT tahun 2016 di bagian DPM sebanyak 10 unit dari total keseluruhan 630 unit. Terdapat 4 proses yang memiliki produk *defect* yaitu prses *CNC Profiling Machine DGMP* sebanyak 5 unit, proses CNC Profiling Machine Deckel Maho (ope. 0060) sebanyak 1 unit, proses CNC Profiling Machine Deckel Maho (ope. 0070) sebanyak 2 unit, dan proses *Drilling Machine* sebanyak 2 unit. *Defect* paling banyak terjadi pada proses *CNC Profiling Machine DGMP* yaitu sebanyak 5 unit.

Langkah selanjutnya yaitu menentukan *defect* untuk 5 kali replikasi. Penentuan *defect* pada masing-masing proses tidak didapatkan melalui metode pembangkitan bilangan acak, melainkan ditentukan dengan melihat hasil dari pembangkitan bilangan acak untuk waktu proses. Hal ini dikarenakan pada kondisi aktualnya bahwa produk yang mengalami *reprocessing* memiliki waktu proses paling besar dengan perbedaan yang cukup signifikan daripada produk yang tidak mengalami *reprocessing*. Sehingga penentuan *defect* pada bilangan acak dicocokkan pada kondisi aktualnya. Tabel 4.20 menunjukkan contoh urutan produk yang mengalami *defect* pada proses CNC Profiling DGMP Machine untuk 5 kali replikasi.

Tabel 4.20
Defect Rate untuk Proses *CNC Profilling Machine DGMP* untuk 5 Kali Replikasi

Unit ke-	Replikasi 1	Replikasi 2	Replikasi 3	Replikasi 4	Replikasi 5
…	…	…	…	…	…
52	1	-	1	-	-
…	…	…	…	…	…
56	-	1	-	-	-
…	…	…	…	…	…
59	-	1	-	-	-
…	…	…	…	…	…
78	-	-	-	1	-
…	…	…	…	…	…
126	-	-	-	1	-
…	…	…	…	…	…
179	-	-	-	-	1
…	…	…	…	…	…
190	-	1	-	-	-
…	…	…	…	…	…
193	1	-	1	-	-
…	…	…	…	…	…
219	-	-	-	-	1
…	…	…	…	…	…
238	1	-	-	-	-
…	…	…	…	…	…
244	1	-	-	-	-
…	…	…	…	…	…
276	-	-	-	-	1
…	…	…	…	…	…
295	-	1	-	-	-
…	…	…	…	…	…
307	-	-	-	-	1
…	…	…	…	…	…
313	-	-	-	1	-
…	…	…	…	…	…
356	-	-	1	-	-
…	…	…	…	…	…
385	-	1	-	-	-
…	…	…	…	…	…
444	-	-	1	-	-
…	…	…	…	…	…
517	-	-	-	1	-
…	…	…	…	…	…
592	1	-	-	-	-
…	…	…	…	…	…
612	-	-	-	-	1
613	-	-	-	1	-
…	…	…	…	…	…
629	-	-	1	-	-

repository.ub.ac.id
UNIVERSITAS BRAWIJAYA

4.2.3 Biaya pada Proses Produksi

Biaya dalam konsep *project reliability* dijadikan salah satu indikator kesuksesan sebuah proyek. Sesuai dengan kondisi aktual yang terjadi pada proyek produksi Rib AT di proyek *Single Aisle*, biaya masih menjadi salah satu indikator kesuksesan dari proses produksi yang dijalankan karena biaya produksi dijadikan patokan untuk menentukan berapa margin keuntungan yang diambil oleh PT. DI.

Adapun harga jual dari komponen Rib AT sudah ditetapkan berdasarkan kontrak kerjasama dengan Airbus, sehingga PT. DI harus menekan biaya produksi agar keuntungan yang didapatkan juga besar. Adapun minimasi biaya produksi dalam hal ini adalah berupa mengurangi probabilitas cacat agar tidak diperlukan *reprocessing* dan meminimalisir potensi terjadinya keterlambatan agar tidak menanggung *penalty* yang berupa penanggungan biaya kirim. Oleh karenanya, jika biaya produksi yang digunakan jauh lebih besar dari perencanaan tentunya dapat berpengaruh pada keuntungan yang didapat oleh PT.DI.

Tabel 4.21 menunjukkan data historis biaya aktual yang dikeluarkan dalam setiap satu kali proses produksi Rib AT di bagian *Detailed Part Manufacturing* (DPM). Biaya yang tercantum merupakan biaya aktual rata-rata dari 630 proses produksi untuk 630 unit komponen Rib AT.

Tabel 4.21
Data Biaya Aktual di Bagian DPM

Ope.	*Work Center Description*	Biaya Permesinan ($)	Biaya Operator ($)
1	*Remark*	0,000	0,000
0010	*Issuer Inspection*	0,000	5,473
0020	*Fitter Pre Cutting*	0,388	7,127
0050	*CNC Profiling Machine DGMP*	764,290	0,000
0060	*CNC Profiling Machine Deckel Maho*	6,927	0,000
0070	*CNC Profiling Machine Deckel Maho*	7,451	0,000
0080	*Fitter Machining*	0,000	4,162
0090	*Enggraving*	0,499	0,000
0100	*Drilling Machine*	7,563	0,000
0110	*CMM Inspection*	0,811	0,000
0120	*Chemical Cleaning for Aluminum*	0,458	1,620
0130	*Aluminum Treatment Inspection*	0,000	2,713
0140	*Penetrant Inspection*	1,810	0,000
0150	*Chromic Acid Anodizing*	218,620	0,000
0160	*Aluminum Treatment Inspection*	0,000	11,433
0170	*Primer Painting*	0,000	3,610
0180	*Painting Inspection*	0,000	1,443
0180	*Top Coat Painting*	1,698	4,894
0190	*Painting Inspection*	0,119	1,547
0190	*Marking*	0,000	1,057
0200	*Final Inspection*	0,000	18,360
Total		1010,634	63,440
Total Biaya Produksi		1074,074	

Berdasarkan Tabel 4.21 diketahui bahwa total biaya produksi keseluruhan untuk bagian DPM adalah sebesar $ 1.074,074 dengan rincian biaya permesinan sebesar $1.010,634 dan biaya operator sebesar $63,440. Komponen biaya permesinan paling besar terdapat pada proses *CNC Profiling Machine DGMP* yaitu sebesar $764,290, hal ini dikarenakan proses tersebut dilakukan permesinan sebanyak 3 kali proses. Komponen biaya operator paling besar terdapat pada proses Final Inspection yaitu sebesar $18,360.

Adapun dari Tabel 4.21, terdapat beberapa proses produksi yang memiliki biaya permesinan sebesar $0 dan biaya operator sebesar $0. Hal ini dikarenakan tidak adanya proses permesinan atau proses yang melibatkan operator. Sehingga jika biaya proses permesinannya bernilai $0, maka pada proses tersebut tidak menggunakan mesin. Misalnya pada proses issuer inspection memiliki biaya mesin sebesar $0, hal ini dikarenakan pada proses ini tidak diperlukan permesinan untuk menyelesaikan prosesnya.

Tabel 4.22
Interpretasi Biaya Waktu operator Proses Issuer Inspection

Waktu Operator (Jam)	Biaya Operator ($)	Waktu Operator (Jam)	Biaya Operator ($)	Waktu Operator (Jam)	Biaya Operator ($)
0.030	5.114	0.082	5.114	0.109	6.171
0.036	5.114	0.083	5.114	0.110	6.193
0.040	5.114	0.085	5.114	0.111	6.193
0.041	5.114	0.086	5.114	0.112	6.250
0.043	5.114	0.087	5.114	0.113	6.250
0.045	5.114	0.088	5.114	0.114	6.263
0.047	5.114	0.089	5.114	0.116	6.318
0.048	5.114	0.090	5.114	0.117	6.318
0.049	5.114	0.091	5.114	0.118	6.325
0.052	5.114	0.092	5.114	0.119	6.325
0.053	5.114	0.093	5.114	0.122	6.492
0.057	5.114	0.094	5.114	0.123	6.492
0.059	5.114	0.095	5.114	0.124	6.492
0.061	5.114	0.096	5.114	0.127	6.483
0.062	5.114	0.097	5.114	0.131	6.483
0.064	5.114	0.098	5.114	0.133	6.556
0.065	5.114	0.099	5.114	0.136	6.483
0.067	5.114	0.100	6.046	0.139	6.556
0.070	5.114	0.101	6.046	0.153	6.764
0.073	5.114	0.102	6.046	0.166	6.483
0.074	5.114	0.103	6.046	0.167	6.483
0.076	5.114	0.104	6.057	0.168	6.483
0.078	5.114	0.105	6.068	0.263	6.483
0.079	5.114	0.106	6.136	0.266	6.483
0.080	5.114	0.107	6.136	0.591	10.291
0.081	5.114	0.108	6.171	-	-

Komponen biaya untuk nilai waktu permesinan, waktu operator, dan *defect* tidak dilakukan pembangkitan bilangan acak. Hal ini dikarenakan besarnya biaya tergantung pada besarnya waktu permesinan, waktu operator dan ada atau tidaknya *defect* pada suatu proses. Sehingga biaya untuk waktu produksi dan *defect* didapatkan melalui interpretasi sesuai dengan data aktualnya. Tabel 4.22 menyajikan contoh interpretasi biaya pada waktu operator untuk proses Issuer Inspection.

Berdasarkan Tabel 4.22 maka dibuatlah interpretasi biaya sesuai dengan biaya yang telah dikelompokkan. Misalnya untuk nilai waktu operator sebesar 0,030 jam, maka nilai biaya operator pada proses tersebut adalah sebesar $5,114. Hal ini dilakukan juga pada *defect* yang terjadi pada 4 proses. Tabel 4.23 menunjukkan hasil interpretasi dari biaya operator untuk proses Isuuer Inspection.

Tabel 4.23
Hasil Interpretasi Biaya operator Proses *Issuer Inspection*

Interpretasi Biaya				
Repl. 1	**Repl. 2**	**Repl. 3**	**Repl. 4**	**Repl. 5**
5,114	5,114	5,114	6,556	6,046
5,114	5,114	5,114	6,171	5,114
5,114	6,046	5,114	5,114	5,114
5,114	5,114	6,046	6,193	5,114
5,114	5,114	5,114	6,136	5,114
5,114	5,114	6,318	6,046	5,114
6,136	6,764	6,046	5,114	6,492
6,325	5,114	6,046	6,046	5,114
5,114	6,492	5,114	5,114	6,318
5,114	5,114	5,114	5,114	5,114
…	…	…	…	…
…	…	…	…	…
…	…	…	…	…
6,046	5,114	5,114	5,114	5,114

4.3 Perhitungan Nilai *Project Reliability*

Perhitungan nilai *project reliability* pada proyek produksi Rib AT tahun 2016 dilakukan dengan menggunakan bantuan software Microsoft Excel. Nilai *project reliability* didapatkan dengan cara membandingkan data aktual dengan data standar yang telah ditentukan oleh perusahaan. Berikut dijelaskan terkait perhitungan nilai *project reliability* pada proses produksi Rib AT.

4.3.1 Perhitungan Nilai *Project Reliability* Proyek Saat Ini

Perhitungan nilai *project reliability* proyek secara keseluruhan digunakan untuk mengetahui seberapa besar ketercapaian proyek terhadap standar indikator yang ditentukan. Terdapat tiga indikator yang dijadikan pembanding, yaitu total biaya standar, total waktu standar, dan *defect*. Standar *defect* untuk proses produksi adalah 0. Waktu produksi standar dan biaya produksi standar untuk masing-masing proses ditunjukkan pada Tabel 4.24.

Tabel 4.24
Waktu Produksi Standar dan Biaya Produksi Standar

Proses	Waktu Permesinan (Jam)	Waktu Operator (Jam)	Biaya Permesinan ($)	Biaya Operator ($)
Remark	0,000	0,000	0,000	0,000
Issuer Inspection	0,000	0,090	0,000	5,114
Fitter Pre Cutting	0,240	0,800	0,454	6,719
CNC Profiling Machine DGMP	16,060	0,000	682,884	0,000
CNC Profiling Machine Deckel Maho	4,833	0,000	8,834	0,000
CNC Profiling Machine Deckel Maho	6,833	0,000	12,834	0,000
Fitter Machining	0,000	3,871	0,000	3,719
Enggraving	1,185	0,000	0,384	0,000
Drilling Machine	1,143	0,000	7,973	0,000
CMM Inspection	0,571	0,122	1,173	0,000
Chemical Cleaning for Aluminum	0,000	0,617	0,516	1,679
Aluminum Treatment Inspection	0,000	1,000	0,000	2,710
Penetrant Inspection	0,337	0,000	1,975	0,000
Chromic Acid Anodizing	0,243	0,000	220,319	0,000
Aluminum Treatment Inspection	0,100	1,000	0,000	11,784
Primer Painting	0,000	1,131	0,000	3,371
Painting Inspection	0,000	0,594	0,000	1,587
Top Coat Painting	0,385	2,951	2,914	4,123
Painting Inspection	0,000	0,864	0,412	1,314
Marking	0,050	0,345	0,000	0,719
Final Inspection	0,000	0,783	0,000	15,712

Berdasarkan data yang ditunjukkan pada Tabel 4.24, maka data total biaya standar dan total waktu standar ditunjukkan pada Tabel 4.25. Total biaya produksi standar dan total waktu produksi standar merupakan indikator dari ketercapaian biaya produksi dan waktu produksi. Nilai *project reliability* didapatkan melalui hasil perbandingan antara total waktu produksi aktual dengan total waktu standar, total biaya aktual dengan total biaya standar, dan ada atau tidaknya produk cacat yang diproduksi pada tiap-tiap proses.

Tabel 4.25
Standar Indikator Proyek Produksi Rib AT

Standar Indikator	Jumlah
Total Waktu Standar	46,148 H
Total Biaya Standar	$ 999,223

Berdasarkan Tabel 4.25 besarnya waktu standar untuk setiap 1 unit produk di lantai produksi adalah 46,148 jam dengan biaya maksimum sebesar $ 999,223. Total waktu standar dan total biaya standar tersebut didapatkan dari perencanaan yang dilakukan oleh PT. DI sesuai dengan kesepakatan kontrak dengan Airbus.

Tahap pertama dari perhitungan nilai *project reliability* dimulai dari melakukan *fitting distribution* data waktu aktual, dan *defect* menggunakan software Arena 5.0. Hasil yang didapatkan dari *fitting distribution* tersebut diuji dengan menggunakan Input Analyzer dari software Arena 5.0 untuk mengetahui apakah distribusi probabilitas yang tercantum dari hasil *fitting* sesuai dengan data aktualnya.

Berdasarkan hasil yang didapatkan pada Tabel 4.9, diketahui bahwa data yang diuji tidak menunjukkan distribusi probabilitas yang sesuai. Sehingga dilakukan pendekatan probabilitas Monte Carlo. Langkah pertama yaitu dengan pembangkitan bilangan acak. Setelah dilakukan pembangkitan bilangan acak, langkah yang dilakukan adalah melakukan simulasi Monte Carlo. Simulasi dilakukan dengan cara menghitung *total* waktu permesinan dan waktu operator, *total defect rate*, dan *total cost* dari 21 proses produksi. Hasil dari total waktu dibandingkan dengan waktu standar yang telah ditentukan oleh perusahaan. Hasil dari total biaya dibandingkan dengan biaya standar yang telah ditentukan oleh perusahaan. Sedangkan *total defect* kemudian dibandingkan dengan standar kualitas dari perusahaan. Jika 1 unit produk memenuhi ketiga standar dari perusahaan, maka produk tersebut dianggap memenuhi target perencanaan proyek. Jika salah satu standar tidak terpenuhi, maka produk tersebut dianggap gagal memenuhi target perencanaan proyek.

Untuk mengurangi variansi, maka simulasi harus dilakukan sebanyak n kali replikasi. Tahapan pertama adalah dengan menentukan jumlah replikasi awal (n_0). Jumlah n_0 yang dilakukan adalah sebanyak 5 kali replikasi. Dalam setiap replikasi, dilakukan perhitungan *project reliability*. Untuk mengetahui nilai *project reliability* dilakukan pembandingan total waktu aktual dengan total waktu standar, total biaya aktual dengan total biaya standar, dan *defect* untuk setiap unit produk Rib AT. Jika unit produk memiliki nilai kurang dari atau sama dengan ketiga standar indikator yang telah ditentukan, maka diberikan nilai 1. Jika ada satu atau lebih indikator yang nilainya melebihi standar, maka pada produk tersebut diberikan nilai 0. Nilai *project reliability* adalah persentase dari jumlah produk yang memenuhi target. Nilai *project reliability* dari hasil replikasi awal ditunjukkan pada Tabel 4.26.

Tabel 4.26
Replikasi Awal Nilai *Project Reliability*

Replikasi	PR (%)	PR
Replikasi 1	26,98%	0,2698
Replikasi 2	25,40%	0,2539
Replikasi 3	26,19%	0,2619
Replikasi 4	25,24%	0,2524
Replikasi 5	25,40%	0,2539
Rata-rata		0,2584
Standar Deviasi		0,00739

Jumlah replikasi dapat dihitung dengan cara memasukkan hasil dari replikasi n_0 yang telah dilakukan sebelumnya. Berikut merupakan perhitungan untuk menentukan jumlah replikasi yang seharusnya dilakukan untuk mencapai nilai *error* ≤ 5%.

1. Penentuan nilai *half width*

Half width simulasi $= \frac{(t_{n-1,\alpha/2})\ x\ s}{\sqrt{n_0}}$ (2-1)

$= \frac{2.776\ x\ 0{,}00739}{\sqrt{5}}$

$= 0{,}00918$

Keterangan:

α (tingkat signifikansi) = 0,05

s (standar deviasi = 0,00739

n_0 (replikasi awal) = 5

2. Penentuan jumlah replikasi

Penentuan jumlah replikasi dapat dihitung dengan memasukkan nilai *half width* atau *error* yang diharapkan. Nilai *half width* yang digunakan dapat lebih kecil dari *half width* yang telah dihitung sebeumnya. Berikut merupakan perhitungan jumlah replikasi yang diperlukan dengan memasukkan nilai *half width* sebesar 0,005

Jumlah replikasi = $n = \left[\frac{(Z_{\alpha/2})\ s}{hw}\right]^2$ (2-2)

$n = \left[\frac{1{,}96\ x\ 0{,}00739}{0{,}005}\right]^2$

$n = 8.401 \approx 9$

Berdasarkan hasil dari perhitungan di atas, jumlah replikasi yang seharusnya dilakukan adalah sebanyak 9 kali replikasi untuk mencapai nilai halfwidth sebesar 0,005. Jumlah n=9 > n_0=5, maka dari itu replikasi yang telah dilakukan pada model simulasi dikatakan belum cukup. Sehingga perlu dilakukan penambahan model simulasi sebanyak 4 kali replikasi. Hasil dari pembangkitan bilangan acak untuk model simulasi secara keseluruhan terdapat

pada lampiran 2. Hasil perhitungan nilai *project reliability* (PR) untuk 9 kali replikasi ditunjukkan pada Tabel 4.27.

Tabel 4.27
Hasil Replikasi Simulasi untuk Nilai *Project Reliability* (PR)

Replikasi	PR (%)
Replikasi 1	24,29%
Replikasi 2	24,60%
Replikasi 3	25,40%
Replikasi 4	26,19%
Replikasi 5	26,98%
Replikasi 6	25,40%
Replikasi 7	26,19%
Replikasi 8	25,24%
Replikasi 9	25,40%
Rata-rata	**25,52%**
Standar Deviasi	**0,83%**

Validasi untuk model *project reliability* adalah dengan cara menyesuaikan worksheet perhitungan *project reliability* dengan realisasi yang ada pada proses produksi proyek. Hal tersebut dilakukan dengan observasi langsung dan berdiskusi dengan pihak PT. DI, beberapa hal yang digunakan acuan bahwa model yang dibuat adalah valid (disesuaikan antara *worksheet* yang telah dibuat dengan realisasi yang ada pada lantai produksi) adalah sebagai berikut.

1. Proses produksi langsung dimulai dengan proses pertama yang ada pada *process sheet* yang ada karena proses sebelumnya, yaitu proses persiapan material dan perencanaan material sudah dipegang oleh pihak lain.
2. Data-data yang dicantumkan pada *worksheet* adalah waktu permesinan, waktu operator, biaya permesinan, biaya operator dan *defect rate* untuk setiap proses produksi. Hal ini disesuaikan dengan realisasi yang terjadi karena PT. DI memang menentukan target total biaya dan total waktu. Pencatatan yang dilakukan pada lantai produksi juga berupa data aktual dari waktu permesinan, waktu operator, biaya permesinan, biaya operator, dan *defect* produksi.
3. Total biaya digunakan PT. DI untuk membandingkan dengan estimasi biaya yang telah dibuat sebelumnya. Sedangkan total waktu digunakan PT. DI sebagai bahan evaluasi apakah waktu produksi sesuai dengan perencanaan yang telah dilakukan.
4. Terdapat *additional cost* dan *additional time* pada *worksheet*. Hal tersebut disesuaikan juga dengan realisasi proses produksi yang terjadi karena setiap komponen pada satu proses mengalami *defect* maka PT. DI melakukan pencatatan dan memberikan

reprocessing pada komponen tersebut beserta pencatatan *additional cost* dan *additional time.*

4.3.2 Analisis Nilai *Project Reliability*

Berdasarkan Tabel 4.27 didapatkan hasil nilai *project reliability* (PR) untuk proyek produksi Rib AT pada tahun 2016 terdapat pada rentang antara $0.2429 \leq \mu_{PR} \leq 0.2698$. Rata-rata nilai *project reliability* adalah 0.2552. Nilai tersebut menggambarkan besar peluang PT. DI untuk dapat memenuhi target produksi. Hal ini berarti kemampuan proyek untuk memenuhi target secara keseluruhan hanya sebesar 25,52%. Angka tersebut masih tergolong kecil, karena sebagian besar perencanaan biaya, waktu dan taget kualitas produksi tidak terpenuhi. Sehingga perlu dilakukan upaya untuk mencapai nilai *project reliability* yang maksimal.

Penyebab dari rendahnya nilai *project reliability* adalah banyaknya produk yang tidak memenuhi target, baik target waktu, target biaya, maupun target kualitas. Sehingga langkah perlu dilakukan identifikasi masalah yang terjadi pada setiap proses dan masalah yang mungkin ditemui dalam masing-masing target proyek untuk meningkatkan nilai *project reliability* dan mengurangi kemungkinan terjadinya ketidakterpenuhinya target proyek.

4.3.2.1 Analisis Target Waktu Rib AT

Target selanjutnya yaitu target waktu untuk memproduksi tiap unit Rib AT. Untuk menentukan target waktu proyek, PT. DI juga cukup optimis dalam melakukan *project planning*. Target waktu proyek yang telah ditentukan oleh PT. DI sebelumnya yaitu sebesar 46,148 jam untuk setiap produk. Peluang proyek untuk memenuhi target tersebut hanya sebesar 39,68%. Berdasarkan target tersebut masih terdapat peluang proyek tidak dapat memenuhi target sebanyak 61,32%. Setiap proyek yang melebihi target waktu yang telah ditentukan, maka PT. DI mendapatkan *penalty* berupa over*time* atau konsekuensi dari pihak Airbus seperti menanggung biaya pengiriman *part* yang terlambat. Selain dari pemenuhan target waktu produksi per unit, nilai ketercapaian target waktu juga dilihat dari pemenuhan target waktu proyek secara keseluruhan.

Pada proyek produksi Rib AT, selain menentukan target waktu standar, perusahaan juga menentukan target waktu penyelesaian proyek secara keseluruhan (*completion time*). Perencanaan *completion time* untuk 630 unit selama tahun 2016 adalah proyek dimulai pada pada tanggal 15 Desember 2015 dan berakhir pada tanggal 1 September 2016. Tetapi pada kondisi aktualnya proyek ini dimulai pada tanggal 15 Desember 2015 dan berakhir pada

tanggal 11 Desember 2016. Terdapat perbedaan waktu penyelesaian sebesar 3 bulan 10 hari atau kurang lebih 14 minggu. Berdasarkan data tersebut dapat diperhitungkan perbandingan *planned completion time* dan *actual completion time* untuk 630 produk. Perhitungan diperhitungkan perbandingan *planned completion time* dan *actual completion time* adalah sebagai berikut.

1. *Planned completion time*

   Waktu operasi: 6 hari/minggu dan 24 jam/hari

   Jangka waktu: 15 Desember 2015 - 1 September 2016 (34 minggu)

   Jumlah produk yang diproduksi: 630 unit

   Planned completion time = waktu operasi (jam/minggu) x jangka waktu (minggu)

   = (6 x 24) jam/minggu x 34 minggu

   = 4.896 jam

   Completion time per unit = *planned completion time* / total produk

   = 4.896 jam / 630 unit

   = 7,78 jam/unit

   Berdasarkan perhitungan tersebut, maka diketahui bahwa total *completion time* yang direncanakan untuk 630 unit produk adalah 4.896 jam. Sehingga estimasi *completion time* per unit adalah 7,76 jam. Artinya setiap 7,76 jam ada 1 unit Rib AT yang telah selesai diproduksi.

2. *Actual completion time*

   Waktu operasi: 6 hari/minggu dan 24 jam/hari

   Jangka waktu: 15 Desember 2015 - 11 Desember 2016 (48 minggu)

   Jumlah produk yang diproduksi: 630 unit

   Actual completion time = waktu operasi (jam/minggu) x jangka waktu (minggu)

   = (6 x 24) jam/minggu x 48 minggu

   = 6.912 jam

   Completion time per unit = *planned completion time* / total produk

   = 6.912 jam / 630 unit

   = 10,98 jam/unit

   Berdasarkan perhitungan tersebut, maka diketahui bahwa *total completion time* aktual untuk 630 unit produk adalah 6.912 jam. Sehingga *completion time* per unit adalah 10,98 jam. Artinya setiap 10,98 jam ada 1 unit Rib AT yang telah selesai diproduksi.

Setelah didapatkan hasil perhitungan *planned completion time* dan *actual completion time*, langkah selanjutnya yaitu menghitung selisih waktunya. Selisih waktunya

dibandingkan dengan *total planned time* untuk mengetahui seberapa besar target waktu penyelesaian dapat terpenuhi. Berikut merupakan perhitungan selisih waktu penyelesaian aktual dan perencanaan

Selisih waktu = *Actual completion time – Planned completion time*

= 6.912 jam - 4.896 jam

= 2.016 jam

Ketercapaian target waktu $= \frac{2.016 \text{ jam}}{4.896 \text{ jam}} = 41{,}18\ \%$

Berdasarkan perhitungan diatas, perbedaan perencanaan waktu proyek dan waktu aktual penyelesaian proyek adalah sebanyak 2.016 jam. Jika dibandingkan dengan total *planned completion time* maka besarnya ketercapaian target waktu adalah sebesar 41,18 %. Nilai ini dapat dibilang masih rendah karena sebagian besar target perencanaan dari segi waktu masih belum terpenuhi.

4.3.2.2 Analisis Target Biaya Rib AT

Target yang terakhir yaitu target biaya. Perusahaan bisa dikatakan cukup optimis untuk menentukan target biaya proyek dalam pembuatan *project planning* tetapi belum sepenuhnya memperhatikan kemampuan lantai produksi untuk memenuhi target yang dibuat. Sehingga peluang proyek tersebut dapat memenuhi target biaya menjadi tidak maksimal, yaitu hanya sebesar 29,84% dengan target biaya sebesar $999,223. Ketercapaian target biaya proyek sangat kecil. Berdasarkan target tersebut masih terdapat peluang proyek tidak dapat memenuhi target hanya sebanyak 70,16%.

Berdasarkan hasil perhitungan yang dilakukan di analisis target *planned completion time*, selisih waktu aktual dengan waktu perencanaan adalah sebesar 2.016 jam. Jika diasumsikan setiap 7,78 jam perusahaan dapat menghasilkan 1 unit Rib AT, maka dalam waktu 2.016 jam perusahaan dapat memproduksi kurang lebih setara dengan 256 unit Rib AT. Jika 1 unit Rib AT diasumsikan berharga $999,223, maka perusahaan dapat mengalami kerugian sebesar $ 258.798,757 karena tidak dapat memenuhi 259 unit Rib AT untuk tahun 2016. Jika produk yang berhasil dikirim tepat waktu adalah sebanyak 630 unit Rib AT, maka nilai kerugian yang dialami oleh perusahaan dinilai cukup besar, karena hampir mencapai 50% dari keuntungan yang didapatkan perusahaan dari pengiriman 630 unit Rib AT.

4.3.2.3 Analisis Target Kualitas Rib AT

Target proyek yang cukup berpengaruh adalah target kualitas. Hal ini disebabkan karena jika terjadi cacat produk, maka dapat berpengaruh pada bertambahnya waktu proses dan biaya proses. Sehingga berpotensi untuk terjadi tidak terpenuhinya target biaya maupun target waktu. Di sisi lain, perusahaan tidak mungkin menurunkan target kualitas, karena produk yang diproduksi adalah pesawat terbang, yang mana kesalahan sekecil apapun dapat beresiko sangat tinggi ketika produk ini digunakan. Oleh sebab itu upaya yang dapat dilakukan untuk memenuhi target kualitas adalah dengan mengurangi *defect* dengan cara mengurangi penyebab *defect*.

Pemetaan jenis *defect* pada Rib AT dilakukan oleh Divisi Jaminan Mutu yaitu melalui inspeksi. inspeksi dilakukan dengan beberapa cara yaitu inspeksi secara langsung atau visual, ispeksi dengan mesin CMM dan insoeksi dengan cairan penetran. Selama tahun 2016 terdapat beberapa jenis cacat yang terjadi pada Rib AT. Beberapa cacat yang terjadi pada tahun 2016 menyebabkan *reprocessing* yang membutuhkan banyak waktu dan otomatis membutuhkan biaya yang lebih besar. Jenis cacat tersbut adalah *hole oversized*, *hole damage*, *flange undercut*, *flange damage*, dan *corner radius damage*. Berikut merupakan penjelasan dari masing-masing *defect* yang terjadi di tahun 2016.

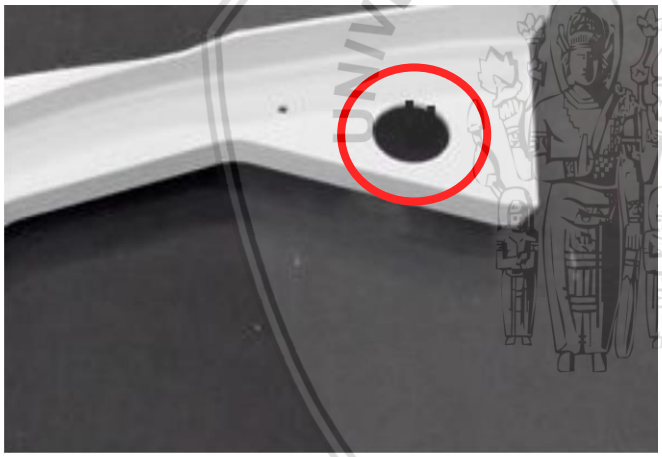
1. *Hole oversized*

   Defect jenis ini dapat dideteksi menggunakan mesin CMM setelah proses permesinan dilakukan. Pada jenis cacat ini, salah satu lubang pada *part* memiliki ukuran diameter yang lebih besar dibandingkan dengan spesifikasi dari lubang tersebut. Hal ini menjadi penting karena lubang pada *part* nantinya akan berhubungan langsung dengan *part* lainnya pada proses *assembly*. Jika ukuran lubang tidak sesuai dengan spesifikasi yang ada maka proses *assembly* akan sulit dilakukan. Jenis cacat ini mengakibatkan *part* menjadi scrap atau harus dilakukan pembuatan ulang pada *part*. Dimensi kritis pada jenis cacat ini adalah lubang pada produk. Cacat *hole oversized* ditunjukkan pada Gambar 4.18.

Gambar 4.18 Hole oversized

2. *Hole Damage*

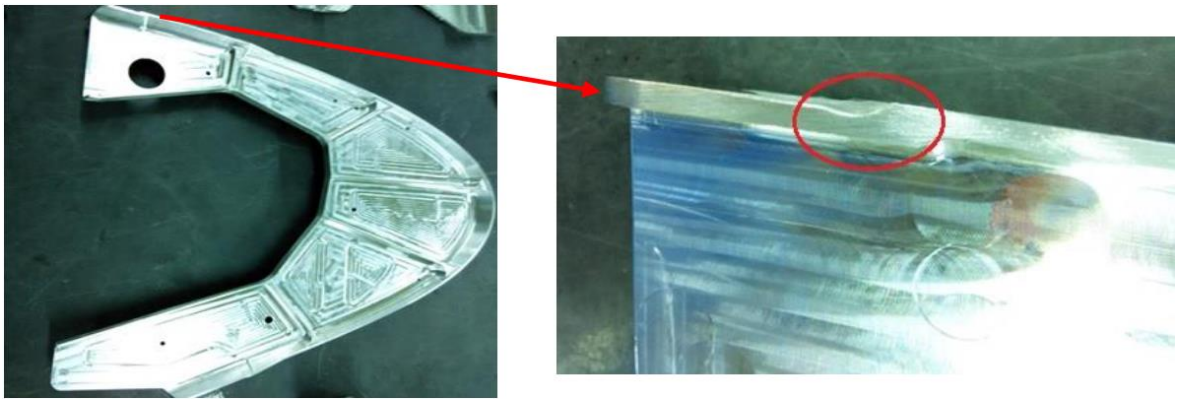
   Jenis cacat ini biasanya dapat dideteksi melalui inspeksi secara langsung maupun inspeksi permukaan *part* dengan *penetrant inspection*. Jenis cacat ini dideskripsikan dengan terjadinya kerusakan pada salah lubang pada *part*. Kerusakan disini dapat berupa goresan pada lubang, bentuk lubang tidak lingkaran sempurna maupun terdapat *slot* pada pinggiran lubang. Dimensi kritis pada jenis cacat ini adalah lubang pada produk. Cacat *hole damage* ditunjukkan pada Gambar 4.19.



Gambar 4.19 Hole damage

3. *Flange Undercut*

   Jenis cacat ini dapat diketahui melalui inspeksi dimensi *part* dengan menggunakan mesin CMM. Pada jenis cacat ini *flange* dari *part* memiliki ketebalan kurang dari spesifikasi. *Flange* sendiri memiliki peran yang cukup penting pada komponen secara keseluruhan pada *Spirit Aerosystem*. *Flange* dengan ukuran yang tidak sesuai dapat mempengaruhi aerodinamis dari pesawat yang dihasilkan. Jenis cacat ini memiliki dimensi kritis bagian *flange* dari produk. Cacat *flange undercut* ditunjukkan pada Gambar 4.20



Gambar 4.20 Flange undercut

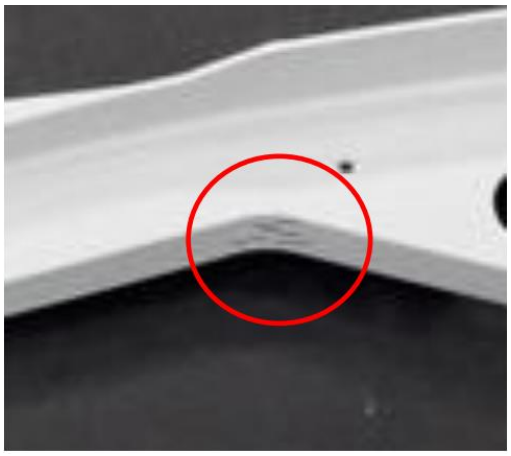
4. *Flange Damage*

Jenis cacat ini biasanya dapat dideteksi melalui inspeksi secara langsung maupun inspeksi permukaan *part* dengan penetran inspection. Jenis cacat ini dideskripsikan dengan terjadinya kerusakan pada bagian *flange* pada *part*. Kerusakan disini dapat berupa goresan pada dinding *flange*, bentuk *flange* tidak sesuai dengan spesifikasi sampai dengan terdapat keretakan pada permukaan *flange*. Jenis cacat ini memiliki dimensi kritis bagian *flange* dari produk. Cacat *flange damage* ditunjukkan pada Gambar 4.21.

Gambar 4.21 Flange damage

5. *Corner radius damage*

Sama seperti jenis cacat *hole damaged* dan *flange damaged*, Jenis cacat ini biasanya dapat dideteksi melalui inspeksi secara langsung maupun inspeksi permukaan *part* dengan *penetrant inspection*. Jenis cacat ini dideskripsikan dengan terjadinya kerusakan pada bagian *corner* pada *part*. Salah satu contoh kerusakan disini dapat berupa goresan pada dinding *corner part*. Jenis cacat ini memiliki dimensi kritis pada bagian sudut-sudut atau *corner* produk. Cacat *corner radius damage* ditunjukkan pada Gambar 4.22.



Gambar 4.22 Corner radius damage

Setelah dilakukan identifikasi jenis *defect*, langkah selanjutnya yaitu melakukan perhitungan *additional cost* dan *additional time*. Perhitungan *additional cost* dan *additional time* dilakukan untuk menggambarkan kualitas proyek produksi Rib AT. Hal ini dikarenakan kualitas proyek digambarkan melalui *defect rate* yang terjadi pada setiap prosesnya. Berdasarkan *defect rate* tersebut dihasilkan *output* yang berupa jumlah penambahan biaya dan penambahan waktu produksi. Tabel 4.28 menunjukkan *additional cost* dan *additional time* dari proyek Rib AT.

Tabel 4.28
Additional Cost dan *Additional Time*

Proses	*Defect*	*Additional Cost*	*Additional Time*	*Total Cost*	*Total Time*
CNC Profiling Machine DGMP	*Hole oversized*	$ 407,141	33,903 H	$ 1453,670	120,626 H
	Hole damage	$ 406,633	35,269 H	$ 1458,404	129,975 H
	Hole oversized	$ 406,589	33,453 H	$ 1452,973	118,650 H
	Hole oversized	$ 447,816	57,737 H	$ 1462,626	151,529 H
	Hole oversized	$ 407,137	35,153 H	$ 1453,701	122,280 H
CNC Profiling Machine Deckel Maho	*Corner radius damage*	$ 3,561	10,718 H	$ 1282,852	110,579 H
CNC Profiling Machine Deckel Maho	*Flange Undercut*	$ 4,211	12,015 H	$ 1452,152	117,149 H
	Flange Damage	$ 4,100	9,643 H	$ 1449,991	112,637 H
Drilling Machine	*Hole damage*	$ 2,875	4,523 H	$ 1449,324	111,811 H
	Hole damage	$ 1,103	2,857 H	$ 1447,889	110,612 H
Total		**$ 2091,166**	**235,271 H**	**$ 14363,582**	**1205,848 H**
Rata-rata		**$209,117**	**23,527**	**1436,358**	**120,585**

Pada Tabel 4.28 diketahui bahwa terdapat beberapa *defect* yang sama jenisnya yang terjadi pada satu proses. Hal ini dikarenakan pada kondisi aktualnya, *defect* yang terjadi di satu proses bisa jadi berjenis sama, namun terjadi pada unit produk yang berbeda. Berdasarkan Tabel 4.28 diketahui bahwa total *additional cost* pada proyek produksi Rib AT tahun 2016 adalah sebesar $2.088,188 dengan rata-rata $208,819 dan total *additional time* sebesar 219,781 jam dengan rata-rata 21,978 jam. *Additional cost* terbesar adalah pada *defect hole oversized* ke 3 pada proses *CNC Profiling Machine DGMP* yaitu sebesar $447,816 dan *additional time* terbesar yaitu pada *defect hole oversized* ke 3 pada proses *CNC Profiling Machine DGMP* yaitu sebesar 57,737 jam. Dapat diketahui bahwa besar persentase dari rata-rata *additional cost* dan *additional time* terhadap rata-rata total biaya dan total waktu aktual berturut-turut sebesar 17,07% dan 42,05%.

Jika diasumsikan setiap 7,78 jam perusahaan dapat memproduksi 1 unit Rib AT, maka dengan *additional time* sebesar 219,781 jam seharusnya perusahaan dapat menghasilkan 28 produk Rib AT. Jika diasumsikan 1 unit Rib AT berharga $999,223, maka perusahaan melepaskan keuntungan sebesar $27.978,244. Sehingga apabila PT. DI dapat mengatasi masalah kualitas ini, maka rata-rata total biaya dan total waktu aktual akan berkurang. Sehingga dapat meningkatkan jumlah produk yang dapat memenuhi target proyek dan meningkatkan nilai *project reliability* pada proyek tersebut. Sehingga dapat meningkatkan keuntungan yang dapat diperoleh oleh perusahaan.

4.4 Faktor yang Berpengaruh pada Nilai *Project Reliability*

Berdasarkan hasil perhitungan pada sub bab sebelumnya nilai *project reliability* dari proyek Rib AT pada tahun 2016 cukup kecil. Oleh karena itu perlu dilakukan identifikasi faktor yang mempengaruhi nilai *project reliability* dengan cara melakukan analisis sensitivitas. Dilakukan analisis sensitivitas bertujuan untuk mengetahui faktor-faktor yang memberi pengarug paling kuat terhadap nilai *project reliability*. Faktor-faktor yang dianalisis adalah semua proses produksi Rib AT.

4.4.1 Identifikasi Faktor yang Berpengaruh pada Nilai *Project Reliability*

Berdasarkan penjelasan pada sub bab sebelumnya nilai *project reliability* dari proyek Rib AT pada tahun 2016 cukup kecil yaitu sebesar 25,52%. Untuk itu perlu dilakukan analisis lebih lanjut untuk mengetahui proses mana yang memiliki pengaruh paling besar terhadap perubahan nilai *project reliability*, ketercapaian target biaya, dan ketercapaian target waktu kemudian dianalisis lebih lanjut untuk mengetahuui apakah proses tersebut

dapat dioptimalkan, sehingga dapat memenuhi target biaya (biaya standar) dan target waktu (waktu standar) yang telah ditentukan oleh perusahaan. Semakin banyak target biaya dan target waktu yang dapat dipenuhi, maka semakin tinggi pula kemungkinan proyek dapat memenuhi target, sehingga nilai *project reliability* dapat ditingkatkan.

Faktor-faktor yang dianalisis pengaruhnya terhadap nilai *project reliability* adalah sebagai berikut.

1. Jumlah *defect*

   Untuk mengetahui seberapa besar pengaruh *defect* terhadap nilai *project reliability* adalah dengan membuat model simulasi dengan mengubah-ubah jumlah produk cacat dan menghitung nilai *project reliability*. Jika produk cacat pada proses tertentu dihilangkan, maka dapat berpengaruh pada waktu proses dan biaya proses pada produk Rib AT di proses tersebut. Sehingga total waktu dan total biaya dapat berkurang. Berkurangnya total waktu dan total biaya dapat membuat produk ini memenuhi target estimasi waktu dan biaya yang ditetapkan perusahaan. Sehingga nantinya dapat menambah jumlah produk yang memenuhi target dan dapat meningkatkan nilai *project reliability*. Jumlah *defect* yang diubah-ubah adalah sebagai berikut.

   a. *Defect* pada proses 4 (*CNC Profiling Machine DGMP*) dihilangkan.
   b. *Defect* pada proses 5 (CNC Profiling Machine Deckel Maho) dihilangkan.
   c. *Defect* pada proses 6 (CNC Profiling Machine Deckel Maho) dihilangkan.
   d. *Defect* pada proses 9 (*Drilling Machine*) dihilangkan.
   e. Seluruh *defect* dihilangkan.

   Hasil perhitungan nilai *project reliability* yang didapatkan dari jumlah *defect* yang diubah ditunjukkan pada Tabel 4.29.

Tabel 4.29
Pengaruh Jumlah Produk Cacat Terhadap Nilai *Project Reliability*

Sensitivity Analysis	***Time Reliability***	***Cost Reliability***	***Quality Reliability***	***Project Reliability***
Defect di Proses 4	39.68%	29.84%	99.21%	27.62%
Defect di Proses 5	39.84%	29.84%	98.73%	27.94%
Defect di Proses 6	39.68%	29.84%	98.73%	27.62%
Defect di Proses 9	39.84%	29.84%	98.57%	27.78%
Defect Dihilangkan	**40.00%**	**29.84%**	**100.00%**	**28.10%**

Berdasarkan Tabel 4.29 diketahui bahwa nilai *project reliability* terbesar adalah jika seluruh produk cacat dihilangkan yaitu sebesar 28,10%. Oleh sebab itu menghilangkan *defect* akan dijadikan mitigasi pada analisis selanjutnya.

2. Waktu produksi dan biaya produksi

Untuk mengetahui seberapa besar pengaruh waktu produksi dan biaya produksi terhadap nilai *project reliability* adalah dengan membuat model simulasi dengan memisalkan proses tersebut dalam kondisi optimal. Jika waktu proses yang ada sesuai dengan waktu standar dan biaya proses sesuai dengan biaya standar, maka dapat diketahui seberapa besar kenaikan nilai *project reliability* jika proses tersebut dioptimalkan. Sehingga dapat diketahui proses mana yang paling berpengaruh terhadap kenaikan nilai *project reliability*. Waktu standar dan biaya standar yang telah ditentukan oleh perusahaan ditunjukkan pada Tabel 4.30.

Tabel 4.30
Waktu Produksi Standar dan Biaya Produksi Standar

Proses	Waktu Permesinan (Jam)	Waktu Operator (Jam)	Biaya Permesinan ($)	Biaya Operator ($)
Remark	0,000	0,000	0,000	0,000
Issuer Inspection	0,000	0,090	0,000	5,114
Fitter Pre Cutting	0,240	0,800	0,454	6,719
CNC Profiling Machine DGMP	16,060	0,000	682,884	0,000
CNC Profiling Machine Deckel Maho	4,833	0,000	8,834	0,000
CNC Profiling Machine Deckel Maho	6,833	0,000	12,834	0,000
Fitter Machining	0,000	3,871	0,000	3,719
Enggraving	1,185	0,000	0,384	0,000
Drilling Machine	1,143	0,000	7,973	0,000
CMM Inspection	0,571	0,122	1,173	0,000
Chemical Cleaning for Aluminum	0,000	0,617	0,516	1,679
Aluminum Treatment Inspection	0,000	1,000	0,000	2,710
Penetrant Inspection	0,337	0,000	1,975	0,000
Chromic Acid Anodizing	0,243	0,000	220,319	0,000
Aluminum Treatment Inspection	0,100	1,000	0,000	11,784
Primer Painting	0,000	1,131	0,000	3,371
Painting Inspection	0,000	0,594	0,000	1,587
Top Coat Painting	0,385	2,951	2,914	4,123
Painting Inspection	0,000	0,864	0,412	1,314
Marking	0,050	0,345	0,000	0,719
Final Inspection	0,000	0,783	0,000	15,712
Total	31,980	14,168	940,672	58,551
	46,148		999,223	

Berdasarkan Tabel 4.30 diketahui bahwa total waktu standar adalah sebesar 46, 148 jam dengan waktu permesinan standar sebesar 31,98 jam dan waktu operator standar adalah sebesar 14,168 jam. Sedangkan total biaya standar adalah sebesar $999,223 dengan biaya permesinan sebesar $940,672 dan biaya operator sebesar $58,551

Pada model simulasi ini, jumlah *defect* diasumsikan tidak ada. Proses-proses yang disimulasikan adalah sebagai berikut.

a. Proses *Issuer Inspection*
b. Proses *Fitter Pre Cutting*
c. Proses *CNC Profiling Machine DGMP*
d. Proses *CNC Profiling Machine Deckel Maho*
e. Proses *CNC Profiling Machine Deckel Maho*
f. Proses *Fitter Machining*
g. Proses *Enggraving*
h. Proses *Drilling Machine*
i. Proses *CMM Inspection*
j. Proses *Chemical Cleaning for Aluminum*
k. Proses *Aluminum Treatment Inspection*
l. Proses *Penetrant Inspection*
m. Proses *Chromic Acid Anodizing*
n. Proses *Aluminum Treatment Inspection*
o. Proses *Primer Painting*
p. Proses *Painting Inspection*
q. Proses *Top Coat Painting*
r. Proses *Painting Inspection*
s. Proses *Marking*
t. Proses *Final Inspection*

Hasil dari model simulasi dari waktu proses standar dan biaya proses standar dirangkum dalam Tabel 4.31.

Berdasarkan hasil analisis sensitivitas yang telah dirangkum pada Tabel 4.31, diketahui bahwa proses yang paling berpengaruh pada kenaikan nilai *project reliability* adalah proses *CNC Profiling Machine DGMP*. Jika proses ini diberikan perbaikan, maka dapat meningkatkan nilai *project reliability* sebesar 69,84%. Adapun setelah dilakukan diskusi dengan pembimbing lapangan, proses yang dianalisis lebih lanjut adalah proses *CNC Profiling Machine DGMP*, proses *CNC Profiling Machine Deckel Maho* (Ope.0060), proses *CNC Profiling Machine Deckel Maho* (Ope.0070) dan proses *Drilling Machine*. Sehingga keempat proses ini selanjutnya akan dijadikan skenario mitigasi.

Tabel 4.31
Pengaruh Waktu Proses dan Biaya Proses Terhadap Nilai *Project Reliability*

Proses	*Time Reliability*	*Cost Reliability*	*Quality Reliability*	*Project Reliability*
Issuer Inspection	39,84%	29,84%	100,00%	27,94%
Fitter Pre Cutting	40,79%	29,84%	100,00%	28,25%
CNC Profiling Machine DGMP	**71,43%**	**89,21%**	**100,00%**	**69,84%**
CNC Profiling Machine Deckel Maho (Ope.0060)	42,70%	29,84%	100,00%	28,57%
CNC Profiling Machine Deckel Maho (Ope.0070)	40,95%	29,84%	100,00%	29,05%
Fitter Machining	41,90%	29,84%	100,00%	28,25%
Enggraving	40,79%	29,84%	100,00%	27,94%
Drilling Machine	40,32%	29,84%	100,00%	27,78%
CMM Inspection	40,63%	29,84%	100,00%	28,25%
Chemical Cleaning for Aluminum	39,84%	29,84%	100,00%	27,94%
Aluminum Treatment Inspection	39,68%	29,84%	100,00%	27,78%
Penetrant Inspection	39,84%	29,84%	100,00%	27,94%
Chromic Acid Anodizing	39,68%	29,84%	100,00%	27,78%
Aluminum Treatment Inspection	40,00%	29,84%	100,00%	28,10%
Primer Painting	40,00%	29,84%	100,00%	27,94%
Painting Inspection	40,32%	29,84%	100,00%	27,94%
Top Coat Painting	41,11%	29,84%	100,00%	28,10%
Painting Inspection	40,48%	29,84%	100,00%	28,25%
Marking	39,68%	29,84%	100,00%	27,78%
Final Inspection	39,84%	29,84%	100,00%	27,94%

4.4.2 Identifikasi Masalah pada Proses yang Berpengaruh pada Nilai PR

Berdasarkan hasil dari analisis sensitivitas didapatkan hasil bahwa terdapat beberapa proses yang harus dianalisis lebih lanjut untuk mengetahui masalah apa saja yang terdapat pada proses tersebut dan upaya perbaikannya. Proses yang dianalisis lebih lanjut adalah proses *CNC Profiling Machine DGMP*, proses *CNC Profiling Deckel Maho*, proses *CNC Profiling Deckel Maho*, dan proses *Drilling Machine*. Dengan besarnya pengaruh yang cukup signifikan yang dimiliki beberapa faktor ini, maka jika terdapat produk cacat dan terjadi kenaikan waktu proses atau biaya proses pada satu unit dapat mengakibatkan besarnya total waktu produksi dan total biaya produksi. Sehingga dapat mengakibatkan unit tersebut tidak dapat memenuhi target waktu dan target biaya. Oleh karena itu perlu dilakukan identifikasi lebih lanjut untuk menemukan masalah yang terjadi pada proses tersebut dan mencari solusi agar dapat meminimalkan waktu dan biaya dari proses yang memiliki pengaruh yang signifikan terhadap nilai *project reliability*.

4.4.2.1 Identifikasi Masalah pada Proses *CNC Profiling Machine DGMP*

Pada hasil analisis sensitivitas, proses *CNC Profiling Machine DGMP* (Proses 4) adalah proses yang memiliki pengaruh sangat besar jika di dalam prosesnya dilakukan perbaikan dan diminimalkan terjadinya cacat produk. Berdasarkan data aktual yang didapatkan dari PT. DI proses 4 memiliki waktu proses paling besar dan memiliki biaya proses paling besar jika dibandingkan dengan proses yang lain. Selain itu proses 4 juga proses yang memiliki jumlah *defect* paling banyak. Jika dilihat pada GAN proses ini merupakan proses yang memiliki peluang *reprocessing* paling banyak jika dibandingkan dengan proses lain.

Banyaknya *defect* dan banyaknya peluang *reprocessing* merupakan salah satu alasan mengapa waktu proses dan biaya proses pada proses *CNC Profiling Machine DGMP* sangat besar. Berdasarkan hasil diskusi dengan pembimbing lapangan, maka identifikasi masalah yang terjadi pada proses 4 akan dibagi berdasarkan *defect* dan masalah yang terjadi pada proses ini. Hal ini digunakan untuk memudahkan identifikasi penyebab dari tingginya waktu proses, terjadinya *reprocessing* dan cacat produk. Hasil identifikasi masalah yang terjadi di proses *CNC Profiling Machine DGMP* ditunjukkan pada Tabel 4.32.

Tabel 4.32
Identifikasi Masalah pada Proses *CNC Profiling Machine DGMP*

Identifikasi Masalah	Faktor Penyebab
Hole oversized	Kesalahan pemilihan alat potong
	Chips/geram yang melekat pada pahat/alat potong
Hole damaged	*Chips*/geram bergesekan dengan lubang
	Reamer yang digunakan tumpul
Tingginya waktu permesinan	Perbedaan jenis mesin dan perbedaan banyaknya pemrosesan

1. *Hole oversized*
   a. Kesalahan pemilihan alat potong.

      Seperti yang telah dijelaskan sebelumnya, proses pembuatan produk dilakukan dengan menggunakan mesin CNC. Proses pergerakan mesin sebelumnya telah diatur dengan pembuatan suatu NC Program yang dapat membuat mesin melakukan proses untuk membuat produk dengan spesifikasi yang telah ditentukan. Pada NC program tersebut yang dibuat juga telah ditentukan *tools* atau alat potong yang digunakan pada setiap proses pemesinan yang dilakukan. Jika terjadi kesalahan pemilihan alat potong pada proses pengerjaan maka akan menyebabkan ketidakcocokan antara spesifikasi yang ditentukan dengan alat potong yang digunakan. Hal ini dapat menyebabkan terbentuknya lubang dengan ukuran lebih besar atau lebih kecil dari spesifikasi seharusnya. Misalnya spesifikasi yang

ditentukan seharusnya menggunakan alat potong dengan ukuran diameter 2 cm, sedangkan alat potong yang digunakan memiliki ukuran diameter 3 cm maka alat potong tersebut memakan material 1 cm lebih banyak dengan menggunakan NC Program yang sama. Kesalahan pemilihan alat potong ini menyebabkan banyaknya peluang *reprocessing* dan peluang terjadinya cacat yang fatal. Jika diidentifikasi lebih lanjut, faktor penyebab dari kesalahan pemilihan alat potong yaitu:

1) Kurang terdapatnya alat identifikasi pada alat potong

   Saat ini untuk membedakan alat potong yang satu dengan yang lain sangat mengandalkan pengalaman dari operator. Seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.23, saat ini belum terdapat identifikasi pada alat potong. Oleh karena itu kesalahan oleh operator dalam mengenali alat potong yang ingin digunakan sangat mungkin terjadi.

Gambar 4.23 Tools yang digunakan untuk proses permesinan

2) Tempat penyimpanan alat potong yang kurang baik

   Penyimpanan alat potong dilakukan pada rak yang memiliki beberapa lubang. alat potong akan dimasukan kedalam lubang tersebut. Saat ini belum ada ketentuan peletakan alat potong pada lubang tersebut. Setiap alat potong dapat diletakan pada sembarang rak. Hal ini akan menyulitkan operator dalam melakukan pemilihan alat potong yang akan digunakan.

b. *Chips*/geram menempel pada alat potong

Proses pembuatan lubang pada proses ini merupakan salah satu proses yang diletakkan pada bagian akhir proses pemesinan. Hal ini menyebabkan banyaknya *chips* pada produk pada saat proses pemesinan. Pada saat pembuatan lubang, *chips* tersebut dapat berada disekitar lubang. *Chips* yang berada pada sekitar lubang dapat melekat pada alat potong pada saat dilakukan proses pembuatan lubang. Hal ini

akan menyebabkan adanya goresan-goresan akibat geram yang menempel pada *tools* memakan material lebih banyak dari seharusnya sehingga permukaan lubang akan menjadi tidak sesuai spesifikasi. Jika dilakukan identifikasi lebih lanjut, faktor penyebab dari banyaknya *chips* yang menempel pada *tools* antara lain:

1) Pembuatan lubang yang dilakukan pada akhir proses

   Proses pembuatan lubang pada proses ini merupakan salah satu proses yang dilakukan terakhir. Letak proses pembuatan pada akhir proses pemesinan ini membuat kondisi di sekitar lubang yang banyak dengan *chips* hasil proses pemesinan sebelumnya. Pada saat pembuatan lubang, *chips* dapat menempel pada *tools* dan menyebabkan terjadinya cacat.

2. *Hole damaged*

   a. *Chips*/geram bergesekan dengan lubang

      Terdapatnya *chips* pada daerah disekitar lubang menyebabkan adanya gesekan yang terjadi antara *chips*/geram dengan lubang yang sedang dibuat. Setelah itu, pada proses pembuatan lubang *chips* ini juga ikut berputar bersamaan dengan alat potong. *Chips* kemudian dapat bergesekan dengan lubang dan menyebabkan dinding lubang menjadi rusak.

   b. *Reamer* yang digunakan tumpul

      Salah satu jenis alat potong yang digunakan pada proses pemesinan adalah *reamer*. *Reamer* digunakan untuk proses pembuatan lubang. Penggunaan *reamer* yang tumpul pada proses pembuatan lubang dapat menyebabkan gesekan yang besar antara alat potong dengan benda kerja yang diproses. Tingginya gesekan yang terjadi ini akan menyebabkan pengaruh terhadap kehalusan hasil potong dan berpengaruh terhadap permukaan benda kerja yang tidak rata.

      Jika dilakukan identifikasi lebih lanjut, faktor penyebab dari penggunaan *reamer* yang tumpul yaitu:

      1) *Reamer* digunakan lebih dari batas yang ditentukan.

         Setiap *reamer* memiliki batas waktu penggunaan tertentu. Batas waktu penggunaan ini tergantung pada penggunaan dari *reamer* seperti berapa lama waktu pakai dalam proses pemesinan, kedalaman potong, bahan reamer, bahan objek benda kerja, dan kecepatan putaran yang digunakan.

      2) Sulit dilakukan identifikasi langsung pada *reamer* yang tumpul.

         Jika terdapat *reamer* yang tumpul maka *reamer* tersebut akan dibawa ke bagian *maintenance.* Bagian *maintenance* akan melakukan proses perawatan

yang bertujuan untuk membuat alat potong kembali tajam. Apabila *reamer* tersebut sudah tidak layak pakai dan tidak dapat diperbaiki lagi maka akan dilakukan pergantian *reamer*. Dalam hal ini penting untuk mengenali *reamer* yang tumpul dan tidak, sehingga dapat dilakukan perbaikan ataupun penggantian *reamer*. Saat ini identfikasi tersebut sulit dilakukan. Sehingga dapat menyebabkan *tools* yang tumpul baru diketahui pada saat proses pemesinan telah berlangsung yang menghasilkan produk cacat.

3. Perbedaan jenis mesin yang digunakan

   Selain banyaknya *defect* dan banyaknya peluang *reprocessing*, masalah yang terjadi pada proses *CNC Profiling Machine DGMP* adalah adanya perbedaan jenis mesin yang menyebabkan adanya perbedaan waktu pemrosesan. Terdapat 6 jenis mesin yang dipakai dalam proses ini. Jenis mesin ini mempengaruhi jumlah dilakukannya pemrosesan. Beberapa unit produk hanya melalui 1 kali proses pada tahap ini dan beberapa unit produk harus melalui 3 kali proses untuk tahap ini, tergantung dari jenis mesinnya. Jenis mesin yang digunakan untuk melakukan satu kali proses yaitu mesin CNC Profiling Machine DGMP dan mesin CNC Profiling Machine MATEC. Jenis mesin yang digunakan untuk 3 kali proses adalah mesin CNC Profiling Machine SGMP, CNC Vertical Milling Machine MAJACK AJV, CNC Vertical Machine Center HAAS VF-6/50, dan CNC Vertical Machine Center HAAS V11-5 Axis. Hal ini menyebabkan perbedaan waktu proses dan biaya proses yang snagat signifikan. Jika diasumsikan proses berjalan normal dan tidak ada gangguan, waktu maksimal yang dihabiskan untuk menyelesaikan proses ini dengan mesin yang digunakan untuk melakukan satu kali proses adalah sebesar 7,624 jam dengan biaya sebesar $447,44. Sedangkan waktu maksimal yang dihabiskan untuk menyelesaikan proses ini dengan mesin yang digunakan untuk melakukan tiga kali proses adalah sebesar 16.060 jam dengan biaya sebesar $682,884. Perbedaan waktunya adalah sebesar 8,436 jam dan perbedaan biayanya sebesar $235,444.

4.4.2.2 Identifikasi Masalah pada Proses *CNC Profiling Deckel Maho* (Ope.0060)

Pada hasil analisis sensitivitas, proses *CNC Profiling Deckel Maho* (Proses 5) adalah proses yang memiliki dampak sebesar 28,57% terhadap nilai PR jika dilakukan perbaikan proses dan diminimalkan terjadinya *reprocessing*. Berdasarkan data aktual yang didapatkan dari PT. DI proses 5 memiliki waktu proses yang cukup lama dan memiliki biaya proses yang cukup besar. Proses identifikasi masalah dan penyebab *defect* pada proses ini dilakukan

sama dengan proses sebelumnya, yaitu dengan mengidentifikasi penyebab berdasarkan masalah yang ada dan *defect* yang terjadi pada proses ini. Hasil identifikasi masalah pada proses ini ditunjukkan pada Tabel 4.33.

Tabel 4.33
Identifikasi Masalah pada Proses *CNC Profiling Deckel Maho* (Ope. 0060)

Identifikasi Masalah	Faktor Penyebab
Corner radius damage	*Cutting speed* yang terlalu tinggi pada proses permesinan
	Benturan mata pahat terhadap benda kerja saat proses permesinan

1. *Corner radius damage*
   a. Mesin tidak mampu mengurangi kecepatan

      Masalah yang terjadi pada proses ini adalah mesin tidak dapat mengurangi kecepatan tepat waktu pada saat proses pembuatan *corner*. Mesin utama dalam proses pemesinan pembuatan produk adalah mesin CNC Profiling Machine Deckel Maho. Mesin ini sebenarnya telah memiliki mekanisme untuk mengurangi kecepatan pada saat pembuatan *corner*. Namun dapat terjadi pengurangan kecepatan yang tidak tepat waktu sehingga pada saat *tools* mencapai *corner, tools* masih memiliki kecepatan potong yang tinggi. Saat ini pembuatan *corner* hanya mengandalkan dari kemampuan mesin dalam mengurangi kecepatan pada pembuatan sudut tertentu. Hal ini menyebabkan terkadang tidak mampu untuk mengurangi kecepatan pada pembuatan *corner*. Sehingga menyebabkan jenis cacat *corner radius damage*.

   b. Benturan *tool* saat proses permesinan

      Selain mesin tidak dapat mengurangi kecepatan tepat waktu, cacat *corner radius damage* juga terjadi akibat *cutting speed* yang terlalu tinggi pada saat proses pembuatan *corner*. Sehingga dapat menyebabkan *tools* membentur *corner* benda kerja.

4.4.2.3 Identifikasi Masalah pada Proses *CNC Profiling Deckel Maho* (Ope.0070)

Pada hasil analisis sensitivitas, proses *CNC Profiling Deckel Maho* (Proses 6) adalah proses yang memiliki dampak sebesar 29,05% terhadap nilai PR jika dioptimalkan dan diminimalkan terjadinya *reprocessing* maupun terjadinya produk cacat. Berdasarkan data aktual yang didapatkan dari PT. DI proses 6 memiliki waktu proses dan biaya proses yang sedikit lebih besar jika dibandingkan dengan proses 5. Pada proses produksi Rib AT di tahun 2016, terdapat 2 produk *defect* dan beberapa produk yang melewati proses ini mengalami

reprocessing hingga tiga kali. Hal ini menyebabkan bertambahnya waktu produksi dan biaya produksi yang cukup besar. Adapun proses identifikasi masalah dan penyebab *defect* pada proses ini dilakukan sama dengan proses-proses sebelumnya, yaitu dengan mengidentifikasi penyebab berdasarkan masalah yang ada dan *defect* yang terjadi pada proses ini. Hasil identifikasi masalah pada proses ini ditunjukkan pada Tabel 4.34.

Tabel 4.34
Identifikasi Masalah pada Proses *CNC Profiling Deckel Maho* (Ope.0070)

Identifikasi Masalah	Faktor Penyebab
Flange undercut	Parameter permesinan tidak tepat
	Cutter yang digunakan tumpul
	Kesalahan pemilihan *cutter*
Flange damage	Alat potong patah saat proses permesinan

1. *Flange Undercut*

   a. Parameter permesinan tidak tepat

      Terdapat beberapa parameter pemesinan utama yang digunakan pada mesin *CNC Profiling Deckel Maho* dalam pembuatan produk. Beberapa parameter pemesinan tersebut adalah rpm, *feedrate* dan *depth of cut*. Rpm akan mempengaruhi kecepatan putar dari *tools* dalam melakukan pemotongan material, *feedrate* akan mempengaruhi kecepatan pergerakan dari *tools* pada material dan *depth of cut* akan menyatakan kedalaman dari pemotongan yang dilakukan. Misalnya digunakan *feedrate* yang lebih tinggi dari seharusnya dapat membuat *tools* menjadi tidak stabil pada saat memotong atau penggunaan *depth of cut* yang terlalu tinggi menyebabkan pemotong yang dilakukan terlalu dalam dan akan mempengaruhi tinggi kepresisian dari hasil pemotongan. Hal-hal tersebut dapat menyebabkan *flange* yang dihasilkan memiliki ketebalan yang lebih kecil daripada standarnya.

   b. *Cutter* yang digunakan tumpul

      Tools utama yang digunakan pada pembuatan *flange* adalah *cutter*. Faktor penyebab ini memiliki dasar yang sama dengan faktor penyebab *reamer* yang tumpul. Besarnya gesekan yang terjadi karena *cutter* yang digunakan tumpul akan menimbulkan panas dan menyebabkan hasil pemotongan kasar.

   c. Kesalahan pemilihan *cutter*

      Kesalahan pada pemilihan *cutter* pada dasarnya sama dengan faktor penyebab kesalahan pemilihan *tool*. Penggunaan *cutter* yang tidak sesuai dengan NC Program yang telah dibuat akan menyebabkan hasil yang tidak sesuai dengan standar yang telah ditentukan.

2. *Flange damage*

   a. Alat potong patah saat proses permesinan

      Tool yang patah pada proses pemesinan masih dilakukan akan menimbulkan patahan yang akan terpental dari *tool* tersebut. Patahan *tool* tersebut dapat mengenai benda kerja yang sedang diproses. Jika *flange* yang sedang dibuat terkena patahan tersebut maka akan terjadi kerusakan pada *flange* tersebut seperti terjadinya keretakan dan goresan pada *flange*. Jika dilakukan identifikasi lebih lanjut, faktor penyebab dari t*ool* yang patah saat permesinan antara lain:

      1) *Fatigue* pada *tools*

         Penggunaan *depth of cut* yang telalu tinggi dapat memberikan beban yang berlebih pada alat potong. Beban ini akan terakumulasi pada alat potong. Jika beban pada alat potong telah melebihi yang dapat diterima, maka akan menyebabkan alat potong tersebut patah.

      2) Alat potong yang digunakan sudah waktunya diganti

         Alat potong dengan kondisi yang tidak baik akan rentan dalam penggunaannya. Dengan kondisi yang sudah menurun, proses pemesinan yang dibuat untuk alat potong pada kondisi baik dapat menyebabkan alat potong tersebut patah.

4.4.2.4 Identifikasi Masalah pada Proses *Drilling Machine*

Pada hasil analisis sensitivitas, proses *Drilling Machine* (Proses 9) adalah proses yang memiliki dampak sebesar 27,78% terhadap nilai PR jika diperbaiki prosesnya untuk mengurangi terjadinya *reprocessing* maupun terjadinya produk cacat. Pada proses produksi Rib AT di tahun 2016, terdapat 2 produk *defect*. Adapun proses identifikasi masalah dan penyebab *defect* pada proses ini dilakukan sama dengan proses-proses sebelumnya, yaitu dengan mengidentifikasi penyebab berdasarkan masalah yang ada dan *defect* yang terjadi pada proses ini. Hasil identifikasi masalah pada proses ini ditunjukkan pada Tabel 4.35.

Tabel 4.35
Identifikasi Masalah pada Proses *Drilling Machine*

Identifikasi Masalah	Faktor Penyebab
Hole damage	Vibrasi *reamer* pada proses permesinan

1. *Hole damage*

   a. Vibrasi *reamer* pada proses permesinan

      Vibrasi oleh *reamer* pada saat pembuatan lubang dapat menyebabkan *tools* tersebut membentur lubang. Benturan *tools* dengan lubang ini dapat menyebabkan lubang

menjadi rusak. Vibrasi ini biasanya disebabkan dari pemasangan *reamer* yang tidak tepat dan juga kondisi dari *reamer* yang digunakan pada saat itu. Faktor penyebab terjadinya adanya vibrasi pada *reamer* saat proses permesinan adalah:

1) Kesalahan pemasangan *reamer*

   Seperti yang dijelaskan sebelumnya, adanya kesalahan pemasangan pada *reamer* ini berpengaruh pada vibrasi yang diakibatkan oleh *reamer* pada saat proses permesinan. Salah satu contoh kesalahan dalam pemasangan *reamer* adalah *reamer* tidak terkunci dengan baik pada mesin. Vibrasi dapat terjadi karena *reamer* tidak terkunci dengan baik pada mesin. Pada kondisi ini mengakibatkan terdapatnya ruang kosong yang seharusnya ditempati oleh *reamer*. Vibrasi dapat terjadi karena pergerakan ujung *jig reamer* pada ruang kosong tersebut.

2) Kondisi *jig reamer* tidak layak pakai

   Layak atau tidaknya kondisi *jig/holder* yang dipakai juga masih berkaitan dengan adanya vibrasi. *Jig* merupakan penghubung antara *tools* dengan mesin. *Tools* akan dipasang pada *jig* dan *jig* akan dipasang pada mesin. Kondisi *jig* yang tidak baik akan menyebabkan *jig* tidak terpasang dengan baik dan menimbulkan vibrasi pada *tools* pada saat proses permesinan.

4.5 Analisis Nilai *Project Reliability* Berdasarkan Hasil Skenario Mitigasi

Tahap selanjutnya setelah dilakukan identifikasi masalah yang terjadi pada proses *CNC Profiling Machine DGMP*, proses *CNC Profiling Deckel Maho*, proses *CNC Profiling Deckel Maho*, dan proses *Drilling Machine* yaitu melakukan simulasi untuk mendapatkan kombinasi skenario mitigasi terbaik.

4.5.1 Skenario Mitigasi

Sesuai dengan hasil yang diperoleh pada pembahasan sebelumnya, didapatkan 4 skenario yang dipilih berdasarkan hasil analisis sensitivitas dan hasil diskusi dan pertimbangan dari pembimbing lapangan, yaitu:

1. Skenario 1: Memperbaiki proses produksi dan menghilangkan penyebab *defect* pada proses *Drilling Machine*
2. Skenario 2: Memperbaiki proses produksi dan menghilangkan penyebab *defect* pada proses *CNC Profiling Machine DGMP*

3. Skenario 3: Memperbaiki proses produksi dan menghilangkan penyebab *defect* pada proses *CNC Profiling Machine Deckel Maho Ope.0060*
4. Skenario 4: Memperbaiki proses produksi dan menghilangkan penyebab *defect* pada proses *CNC Profiling Machine Deckel Maho Ope.0070*

Setelah dilakukan identifikasi masalah yang terjadi pada setiap proses yang memiliki pengaruh besar terhadap nilai *project reliability*, maka dilakukan pembuatan model simulasi untuk mencari kombinasi skenario mitigasi terbaik untuk meningkatkan nilai *project reliability*. Mitigasi sendiri merupakan upaya yang dilakukan untuk mengurangi kemungkinan terjadinya suatu risiko. Tabel 4.36 menunjukkan hasil pembuatan model simulasi untuk mencari kombinasi skenario mitigasi terbaik.

Tabel 4.36
Hasil Kombinasi Skenario Mitigasi

No.	Skenario				*Time Reliability*	*Cost Reliability*	*Project Reliability*
	1	2	3	4			
1.	1	1	0	0	71,43%	89,21%	69,84%
2.	1	0	1	0	42,70%	29,84%	28,57%
3.	1	0	0	1	40,95%	29,84%	29,05%
4.	0	1	1	0	80,00%	90,16%	77,78%
5.	0	1	0	1	73,17%	89,21%	71,43%
6.	0	0	1	1	43,49%	29,84%	29,05%
7.	1	1	1	0	80,00%	**90,16%**	77,78%
8.	1	1	0	1	73,17%	89,21%	71,43%
9.	1	0	1	1	43,49%	29,84%	29,05%
10.	0	1	1	1	81,11%	**90,16%**	78,73%
11.	**1**	**1**	**1**	**1**	**83,49%**	**90,16%**	**81,11%**

Berdasarkan Tabel 4.36 telah diketahui bahwa kombinasi terbaik dari keempat skenario mitigasi adalah penggabungan dari keempatnya. Hasil dari penggabungan keempatnya menghasilkan nilai *project reliability* sebesar 81,11% dengan *time reliability* sebesar 83,49% dan *cost reliability* sebesar 90,16%. Sehingga jika perusahaan ingin meningkatkan kemampuan ketercapaian proyeknya sebanyak 81,11% hal yang harus dilakukan adalah memperbaiki dan mengatasi penyebab *defect* pada proses *CNC Profiling Machine DGMP*, CNC Profiling Machine Deckel Maho Ope. 0060 dan Ope. 0070, dan proses Drillling Machine. Model simulasi untuk skenario 11 dapat dilihat pada lampiran 3. Adapun dengan menerapkan skenario mitigasi yang diusulkan akan menimbulkan risiko yang harus ditanggung perusahaan. Risiko yang harus dihadapi oleh perusahaan adalah penambahan biaya untuk produksi. Hal ini disebabkan karena untuk memperbaiki proses dan mengurangi penyebab *defect* dibutuhkan adanya perbaikan dari segi mesin, kemampuan operator, penambahan SOP, dan penambahan beberapa inovasi seperti desain *toolbox* dan label identitas *tools*.

4.5.2 Analisis Nilai *Project Reliability*

Berdasarkan hasil simulasi yang terdapat pada Tabel 4.36 telah diketahui bahwa kombinasi terbaik dari keempat skenario mitigasi adalah penggabungan dari keempatnya. Hasil dari penggabungan keempatnya menghasilkan nilai *project reliability* sebesar 81,11% dengan *time reliability* sebesar 83,49% dan *cost reliability* sebesar 90,16%.

Hasil simulasi yang dilakukan baik berdasarkan kondisi aktual maupun berdasarkan upaya mitigasi menunjukkan nilai *project reliability* yang tidak terlalu tinggi. Apabila perusahaan ingin meningkatkan nilai *project reliability*, dapat dilakukan dengan cara mengubah target waktu dan target biaya. Untuk mencapai nilai *project reliability* sebesar ±90%, perusahaan dapat mengubah target waktu proyek dan target biaya proyek menjadi 65,548jamdan $1.231,588. dengan target waktu sebesar 65,548 H, dan target biaya sebesar $1231,588 perusahaan dapat memenuhi nilai *project reliability* dengan rata-rata keberhasilan sebanyak 90,00%. Sedangkan jika skenario mitigasi tetap dilakukan, maka target biaya dan target waktu hanya perlu diubah menjadi $1.001,103 dan 51,148jamuntuk mencapai *project reliability* sebesar 90,00%.

4.6 Rekomendasi Perbaikan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, ada beberapa rekomendasi perbaikan yang sdapat dilakukan untuk meningkatkan nilai *project reliability* pada proyek *Single Aisle* di PT. Dirgantara Indonesia. Rekomendasi perbaikan mengacu pada hasil penelitian dan identifikasi masalah pada pembahasan sebelumnya dan rekomendasi terpilih merupakan hasil rekomendasi yang diusulkan kepada pembimbing lapangan. Usulan perbaikan berdasarkan masalah yang telah diidentifikasi dirangkum pada Tabel 4.37.

Tabel 4.37
Identifikasi Masalah dan Usulan Perbaikan

Proses	Masalah	Usulan Perbaikan
CNC Profiling Machine DGMP	Kesalahan pemilihan *tools*	Memberi identitas pada *tools*
		Memberi identitas pada *tool box*
	Reamer yang digunakan tumpul	Memberikan indikator waktu penggunaan *tools*
		Membuat tabel kendali penggunaan *tools*
	Chips/geram yang melekat pada alat potong	Penambahan SOP untuk melakukan pembersihan
	Chips/geram bergesekan dengan lubang	Penambahan SOP untuk melakukan pembersihan
		Mengubah operasi pembuatan lubang menjadi di awal proses

Proses	Masalah	Usulan Perbaikan
	Perbedaan jenis mesin dan perbedaan banyaknya pemrosesan	Memaksimalkan penggunaan mesin CNC Profiling Machine DGMP dan mesin CNC Profiling Machine MATEC
CNC Profiling Deckel Maho (Ope.0060)	Benturan *tools* saat proses permesinan	Penambahan operasi pembuatan *corner*
	Cutting speed yang terlalu tinggi pada proses permesinan	Penambahan operasi pembuatan *corner*
CNC Profiling Deckel Maho (Ope.0070)	Parameter permesinan tidak tepat	Perubahan *feed rate*
	Cutter yang digunakan tumpul	Membuat tabel kendali penggunaan *cutter*
	Kesalahan pemilihan *cutter*	Memberi identitas pada *tool box*
	Tools patah saat proses permesinan	Penambahan SOP untuk pengecekan *tools* sebelum digunakan
		Membuat tabel kendali penggunaan *tools*
Drilling Machine	Vibrasi *reamer* pada proses permesinan	Memastikan pemasangan *reamer* sudah sesuai sebelum mulai proses
		Membuat tabel kendali penggunaan *jig*

Berdasarkan Tabel 4.37 terdapat 17 usulan perbaikan untuk 4 proses yang mempengaruhi nilai *project reliability* paling besar. Beberapa kolom yang berwarna kuning merupakan solusi yang telah dilakukan oleh perusahaan ketika usulan perbaikan ini diajukan. Kolom yang berwarna merah merupakan usulan yang ditolak oleh perusahaan. Berikut merupakan penjelasan dari tiap-tiap usulan perbaikan yang diajukan sebagai upaya untuk meningkatkan nilai *Project Reliability*.

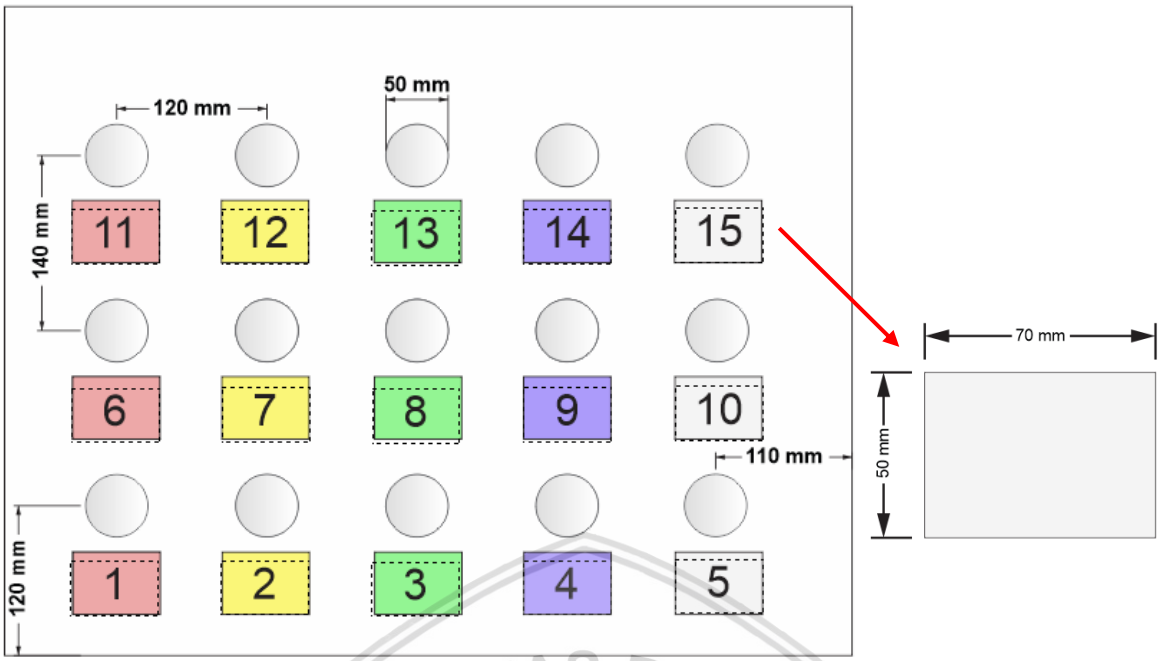
1. *CNC Profiling Machine DGMP*
   a. Memberikan identitas yang jelas pada *tools* yang akan digunakan.

      Pemberian identitas pada *tools* dapat mengurangi kemungkinan operator salah mengambil *tools* yang akan digunakan untuk proses permesinan. Pada saat ini untuk membedakan *tools* yang satu dengan yang lain sangat mengandalkan pengalaman dari operator. Oleh karena itu kesalahan oleh operator dalam mengenali *tools* yang ingin digunakan sangat mungkin terjadi. Hal ini dapat diatasi dengan memberikan identitas pada *tools* seperti yang diilustrasikan pada Gambar 4.24. Dengan penambahan label yang dilakukan dapat mengubah proses identifikasi *tools* oleh operator untuk mengenali jenis *tools*. Sehingga operator dapat melihat label yang telah diberikan dan tidak perlu memperkirakan jenis *tools* tersebut.

Gambar 4.24 Ilustrasi pemberian identitas pada *tools*

b. Memberi identitas pada *toolbox*

Tempat penyimpanan alat potong berbentuk rak dengan lubang-lubang untuk meletakan *tools*. Saat ini belum ada pengaturan tertentu pada tempat penyimpanan *tools*. Setiap alat potong dapat diletakan secara sembarang pada tempat penyimpanan. Hal ini membuat pemilihan alat potong hanya berdasarkan pada pengalaman operator saja. Setiap operator diharuskan untuk dapat mengidentifikasi setiap jenis alat potong yang ada. Oleh karena itu, kesalahan pemilihan alat potong oleh operator dapat terjadi. Pada tempat penyimpanan *tools* yang dirancang masih menggunakan desain yang serupa dengan tempat penyimpanan aktual hanya saja terdapat beberapa modifikasi tambahan. Pada tempat penyimpanan akan ditentukan letak penyimpanan setiap *tools* yang akan digunakan. Dengan demikian setiap *tools* tidak bisa diletakan pada sembarang lubang melainkan harus diletakan pada lubang yang telah ditentukan sehingga operator dapat dengan mudah melakukan pemilihan *tools*. Pada setiap depan lubang juga akan ditambahkan label yang berisikan informasi mengenai *tools* yang seharusnya diletakan pada lubang tersebut. Ilustrasi pemberian identitas pada *toolbox* ditunjukkan pada Gambar 4.25.



Gambar 4.25 Ilustrasi penambahan identitas pada *toolbox*

Selanjutnya, akan dilakukan perancangan tempat penyimpanan alat potong untuk pembuatan Rib AT. Sebelumnya akan dilakukan identifikasi setiap alat potong yang digunakan pada pembuatan Rib AT. Alat potong yang digunakan ditunjukkan pada Tabel 4.38 beserta dengan ukuran diameter dan tinggi dari dudukan sampai ke ujung alat potong (L).

Tabel 4.38
Alat Potong yang Digunakan Untuk Pembuatan Rib AT

Tool No.	***Cutting Tool***	**Diameter (mm)**	***Length* (mm)**
02	Routing Cutter D32 R 4	32	120
11	Slot Drill Short D20 R0	20	129
12	Mill T-Slot Cutter 20 R4	20	153
13	Slot Drill Long D 10 R4	10	125
18	Slot Drill Short D16 R4	16	117
23	Slot Drill Short D20 R0	20	129
29	Slot Drill Short D25 R0	25	146
31	Slot Drill Short D25 R4	25	146
34	Slot Drill Long D25 R0	25	191
35	Center Drill D2.5	2.5	145
40	Twist Drill D5.1	5.1	175
52	Straight Drill Carbide D10	10	155
58	Twist Drill D6.35	6.35	145

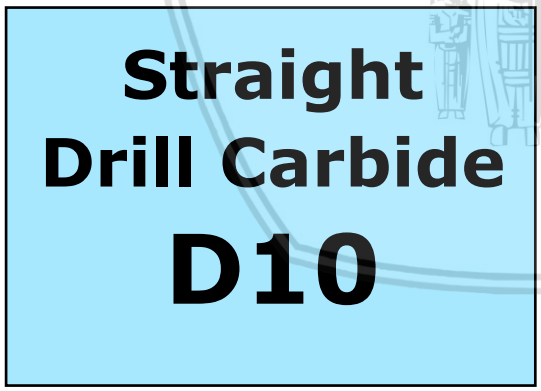
Langkah selanjutnya yaitu penentuan peletakan dari alat potong. Alat potong dengan ketinggian yang paling rendah akan diletakan pada bagian depan. Hal ini bertujuan untuk memudahkan proses pengambilan dan peletetakan alat potong. Pengecualian dilakukan pada jenis alat potong berupa *drill* atau *reamer*. Alat potong jenis *reamer* akan diletakan pada baris paling belakang untuk membedakan

dengan *cutter*. Berdasarkan pertimbangan tersebut, maka dibuat penyusunan peletakan alat potong yang ditunjukkan pada Tabel 4.39.

Tabel 4.39
Penyusunan Peletakan Alat Potong

No. Tempat	*Tool No.*	*Cutting Tool*	D (mm)	L(mm)
1	18	Slot Drill Short D16 R4	16	117
2	02	Routing *Cutter* D32 R 4	32	120
3	13	Slot Drill Long D 10 R4	10	125
4	11	Slot Drill Short D20 R0	20	129
5	23	Slot Drill Short D20 R0	20	129
6	29	Slot Drill Short D25 R0	25	146
7	31	Slot Drill Short D25 R4	25	146
8	12	Mill T-Slot *Cutter* 20 R4	20	153
9	52	Straight Drill Carbide D10	10	155
10	34	Slot Drill Long D25 R0	25	191
11	35	Center Drill D2.5	2.5	145
12	58	Twist Drill D6.35	6.35	145
13	40	Twist Drill D5.1	5.1	175

Untuk memudahkan operator dalam mengenali tempat penyimpanan *tools*, pada masing-masing lubang penyimpanan *tools* dibuat label identitas *tools* tersebut. Terdapat 5 warna yang digunakan, yaitu merah, kuning, hijau, biru, dan putih. Hal ini dilakukan untuk memudahkan operator dalam mengidentifikasi dan menghafalkan letak penyimpanan *tools* yang akan dipakai. Ilustrasi pembuatan label penyimpanan *tools* ditunjukkan pada Gambar 4.26.



Gambar 4.26 Ilustrasi label pada *toolbox*

Ilustrasi pada Gambar 4.26 merupakan ukuran aktual label yang diusulkan, yaitu dengan dimensi 5cm x 7cm. Label ditulis dengan menggunakan *font* Verdana dengan ukuran 25 pt untuk memudahkan operator membaca label tersebut.

Dengan diterapkanya tempat penyimpanan baru ini operator tidak dapat meletakkan *tools* secara sembarangan. Setiap *tools* telah memiliki tempatnya sendiri-sendiri yang telah ditetapkan sebelumnya. Oleh karena itu, penting bagi operator untuk

mengatahui setidaknya rak penyimpanan bagi setiap *tools*. Operator juga harus mengetahui ketentuan apakah *tools* telah ditetapkan pada tempat yang benar.

c. Memberikan indikator waktu penggunaan alat potong.

Pemberian identitas berupa indikator waktu penggunaan dilakukan untuk memudahkan operator mengetahui bahwa alat potong tersebut sudah waktunya dilakukan *maintenance* atau belum. Pada alat potong diberikan label berupa identitas *tools* dan juga waktu penggunaan dalam bentuk tanggal awal pemakaian dan tanggal akhir pemakaian. Waktu penggunaan disini berfungsi sebagai perkiraan waktu penggunaan dari *tools* tersebut dengan kondisi yang baik. Untuk melakukan pengecekan terhadap kondisi *tools* operator dapat melihat pada label yang telah diberikan sehingga pengecekan terhadap kondisi *tools* dapat dengan cepat dilakukan dan dapat dilakukan setiap saat *tools* akan digunakan. Kegiatan perawatan *tools* juga dapat direncanakan dengan baik dengan diketahuinya perkiraan kapan seharusnya *tools* tersebut dirawat. Namun usulan ini ditolak oleh perusahaan mengingat identitas waktu pada *tool* harus diganti setiap kali *maintenance*. Sehingga usulan ini diganti dengan pembuatan tabel kendali penggunaan *tools*.

d. Membuat tabel kendali penggunaan *tools*.

Tabel kendali penggunaan *tool* merupakan tabel yang akan digunakan sebagai alat pencatatan penggunaan suatu *tools* dalam operasi pemesinan. Sehingga penggunaan suatu *tools* dapat dikendalikan dengan baik. Dengan demikian, akan dapat diketahui berapa lama suatu *tools* telah digunakan dan *tools* digunakan untuk proses pemesinan apa saja. Dengan diketahui informasi-informasi tersebut, maka operator dapat dengan baik memperkirakan kondisi *tools* saat ini. Usulan tabel kendali penggunaan *tool* ditunjukkan pada Tabel 4.40.

Tabel 4.40
Usulan Tabel Kendali Penggunaan *Tools*

Cutting tool: *Tool* No: WC No:			Waktu penggunaan: Status:			Batas penggunaan:	
No.	Tanggal	Program No.	Part No.	Waktu (m)	Sisa Waktu (m)	Recorded by	Keterangan

1) Bagian kiri atas akan diisikan dengan identitas alat potong yaitu jenis alat potong, nomor *magazine* dari alat potong dan nomor mesin tempat alat potong.
2) Bagian kanan atas akan diisikan dengan waktu penggunaan dari alat potong. Maksud dari waktu penggunaan disini adalah berapa lama standar alat potong tersebut dapat digunakan. Waktu penggunaan akan diisi dalam satuan menit. Setelah itu, juga dapat diisikan keterangan tambahan mengenai alat potong.
3) Kolom tanggal akan berisi tanggal proses pemesinan dilakukan.
4) Kolom program no dan part no akan berisi program NC yang digunakan dalam

   proses pemesinan dan produk yang dibuat dari proses pemesinan tersebut.
5) Kolom waktu akan berisikan waktu penggunaan alat potong tersebut dalam proses pemesinan yang dilakukan.
6) Kolom sisa waktu menyatakan sisa waktu penggunaan dari alat potong. Pada baris pertama nilai ini didapatkan dengan mengurangi waktu penggunaan pada bagian atas dengan kolom waktu. Pada baris berikutnya nilai pada kolom ini didapatkan dengan mengurangi sisa waktu pada baris sebelumnya dengan waktu pada baris tersebut.
7) Kolom recorded by menyatakan operator yang melakukan pencacatan.
8) Kolom keterangan dapat berisi keterangan tambahan jika diperlukan.

e. Menambah SOP untuk melakukan pembersihan.

   Penambahan SOP dilakukan untuk memastikan tidak terdapatnya geram pada produk dan juga *fixture* pada proses pemesinan berlangsung. Penambahan SOP ini dilakukan diantara pembuatan media 2 dan juga media 3. SOP pembersihan yang akan ditambahkan pada SOP saat ini adalah sebagai berikut.

   1) Operator memindahkan produk dari *fixture*.
   2) Operator meletakan produk pada tempat penyimpanan sementara.
   3) Operator membersihkan *fixture* yang digunakan dari *chips*.
   4) Operator memeriksa dan memastikan tidak terdapat *chips* pada *fixture*.
   5) Operator membersihkan *chips* pada produk.
   6) Operator memeriksa dan memastikan tidak terdapat *chips* pada produk.

f. Mengubah operasi pembuatan lubang menjadi di awal proses.

   Pada solusi ini akan dilakukan perubahan dari operasi proses pemesinan yang dilakukan oleh mesin pada produk. Urutan operasi yang akan dirubah dalam hal

ini adalah pada operasi pembuatan lubang. Operasi pembuatan lubang, dimana saat ini dilakukan pada urutan akhir, akan dirubah menjadi dikerjakan sedahulu mungkin. Hal ini dilakukan dengan tujuan agar pada pembuatan lubang berlangsung tidak terdapat banyak *chips* pada daerah pembuatan lubang.

g. Memaksimalkan penggunaan mesin CNC Profiling Machine DGMP dan mesin CNC Profiling Machine MATEC.

Seperti yang sudah dijelaskan sebelumnya, salah satu masalah yang ada pada proses *CNC Profiling Machine DGMP* adalah adanya perbedaan jenis mesin yang mempengaruhi perbedaan waktu proses dan biaya proses. Mesin CNC Profiling Machine DGMP dan mesin CNC Profiling Machine MATEC adalah mesin yang memiliki waktu permesinan lebih sedikit dan memiliki operasi lebih sedikit dibandingakn dengan 4 jenis mesin lainnya. Sehingga dengan mengoptimalkan penggunaan mesin CNC Profiling Machine DGMP dan mesin CNC Profiling Machine MATEC, dapat mengurangi total waktu produksi dan dapat mengurangi biaya permesinan.

2. *CNC Profiling Deckel Maho* (Ope. 0060)

a. Penambahan operasi pembuatan *corner*

Pada proses aktualnya pembuatan *corner* pada produk masih menjadi satu dengan pembuatan bagian produk pada umumnya. Saat ini pembuatan *corner* hanya mengandalkan dari kemampuan mesin dalam mengurangi kecepatan pada pembuatan sudut tertentu. Hal ini menyebabkan mesin terkadang tidak mampu untuk mengurangi kecepatan pada pembuatan *corner*. Penambahan operasi pembuatan *corner* sendiri dilakukan dengan menggunakan *tools* yang sama, hanya saja dengan *feedrate* 25% dari kecepatan potong aslinya. Angka ini didapatkan dari hasil diskusi dengan pihak perusahaan. Sehingga penurunan kecepatan potong tidak hanya bergantung pada kemampuan mesin untuk menurunkan kecepatan potongnya.

3. CNC Profiling Machine Deckel Maho (Ope. 0070)

a. Perubahan *feed rate*

PT. DI melakukan perubahan *feed rate* yang digunakan pada awal tahun 2018. Tujuan dari perubahan *feed rate* ini adalah agar digunakan *feed rate* yang menghasilkan produk yang tidak cacat dalam hal ini adalah jenis cacat *flange undercut*. Langkah awal dalam perubahan *feed rate* adalah menentukan *feed rate* yang tepat. Dalam penentuan *feed rate*, dilakukan percobaan pada pembuatan

produk. Percobaan dilakukan dengan menggunakan beberapa *feed rate* dengan nilai yang berbeda pada pembuatan produk. Setelah itu, akan dilakukan pemeriksaan pada produk yang dihasilkan. Dari percobaan yang dilakukan nantinya bisa ditentukan *feed rate* yang menghasilkan produk yang baik. Pada setiap percobaan akan dilakukan pencatatan terhadap *feed rate* serta selisih pada ketebalan *flange*. Percobaan dilakukan dengan melakukan penurunan dari *feed rate* yang digunakan terhadap kemampuan maksimal penggunaan *feed rate* pada mesin. Percobaan dilakukan dari *feed rate* pada kemampuan maksimal yaitu sebesar 9500 mm/min sampai dengan 65% kemampuan sebesar 5700 mm/min. Pada kondisi sebelum dilakukan percobaan *feed rate* yang digunakan adalah sekitar 85% dari kemampuan maksimal. Pada percobaan yang dilakukan dapat dilihat dengan pada *feed rate* dengan nilai 85% dari kemampuan maksimal menghasilkan selisih sebesar 0.5 mm. Nilai ini terlalu dekat dengan batas toleransi maksimum yang yang diperbolehkan oleh perusahaan yaitu sebesar 0,5 mm. Hal ini menyebabkan terdapatnya produk dengan flange undercut. Dari hasil percobaan dapat dilihat bahwa hasil paling baik didapatkan pada feet *rate* dengan nilai 65% - 75% dari kemampuan maksimal. Oleh karena itu *feed rate* yang dipakai menjadi hanya menggunakan 65% - 75% dari kemampuan maksimal.

b. Penambahan SOP untuk pengecekan alat potong sebelum digunakan.

Penambahan SOP dilakukan untuk memastikan tidak terdapatnya *tools* yang tidak layak pakai pada saat proses permesinan. Penambahan SOP untuk pengecekan diberikan pada jeda pergantian alat potong mesin. SOP pengecekan yang akan ditambahkan pada SOP saat ini adalah sebagai berikut.

1) Operator mengambil alat potong yang akan dipakai.
2) Operator melakukan pengecekan waktu penggunaan alat potong.
3) Operator memasang alat potong yang masih layak dipakai.
4) Operator memisahkan alat potong yang sudah waktunya dilakukan *maintenance*.
5) Operator melakukan pencatatan pada tabel kendali alat potong.

4. *Drilling Machine*

a. Memastikan pemasangan *reamer* sudah benar

Seperti yang dijelaskan sebelumnya, adanya kesalahan pemasangan pada *reamer* akan dapat berpengaruh pada vibrasi yang diakibatkan oleh *reamer* pada saat proses permesinan. Salah satu contoh kesalahan dalam pemasangan *reamer* adalah *reamer*

tidak terkunci dengan baik pada mesin. Vibrasi dapat terjadi karena *reamer* tidak terkunci dengan baik pada mesin. Oleh karena itu operator harus memastikan bahwa *reamer* yang akan digunakan sudah terpasang dengan baik. Hal ini dapat dilakukan dengan cara pengecekan *reamer* setiap selesai dipasang atau setiap selesai pergantian *reamer*. Selain itu pengecekan pemasangan *reamer* dapat dimudahkan dengan cara memberikan identitas yang berupa warna untuk memudahkan mengetahui apakah pemasangan *reamer* sudah sesuai dengan standar pemasangan.

b. Membuat tabel kendali penggunaan *jig*

Pembuatan tabel kendali penggunaan *jig* pada dasarnya sama dengan tabel kendali penggunaan *tools.* Tabel ini yang akan digunakan sebagai alat pencatatan penggunaan suatu *jig* dalam operasi pemesinan. Sehingga penggunaan *jig* dapat dikendalikan dengan baik. Dengan demikian, akan dapat diketahui berapa lama suatu *jig* telah digunakan dan kondisi *jig* apakah masih layak pakai atau tidak.

Halaman ini sengaja dikosongkan

repository.ub.ac.id
UNIVERSITAS BRAWIJAYA

BAB V
PENUTUP

Bab ini menjelaskan mengenai kesimpulan dari hasil penelitian yang telah dilakukan dan saran untuk pihak terkait maupun untuk penelitian selanjutnya.

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan untuk meningkatkan nilai *project reliability* pada proyek Single Aisle pembuatan komponen Rib AT, kesimpulan yang diambil adalah sebagai berikut.

1. Dengan target biaya sebesar $999,223 dan target waktu sebesar 46,148 jam maka didapatkan range nilai *project reliability* proyek produksi Rib AT tahun 2016 adalah sebesar $0.2429 \leq \mu_{PR} \leq 0.2698$. Sedangkan pemenuhan target waktu produksi sebesar 39,68%, pemenuhan target biaya produksi sebesar 29,84%, serta faktor kualitas proyek yang ditinjau dari persentase *additional cost* dan *additional time* berturut-turut sebesar 17,07% dan 42,05%. Jika nilai *project reliability* menunjukkan besar peluang yang dimiliki oleh PT. Dirgantara Indonesia untuk memenuhi target proyek, maka peluang untuk memenuhi target cukup kecil. Karena dapat dikatakan sebagian besar perencanaan waktu dan biaya dari PT. DI belum terpenuhi.
2. Berdasarkan hasil analisis sensitivitas, faktor yang memiliki pengaruh kuat terhadap nilai *project reliability* adalah defect yang terjadi selama proses CNC Profiling Machine Deckel Maho Ope. 0060, proses CNC Profiling Machine Deckel Maho Ope. 0070, dan proses CNC Profiling Machine DGMP. Menghilangkan *defect* yang terjadi selama produksi memberi dampak pada nilai *project reliability* sebesar 28,10%. Memperbaiki proses pada proses CNC Profiling Machine Deckel Maho Ope. 0060 memberi dampak sebesar 28,57%. Perbaikan proses CNC Profiling Machine Deckel Maho Ope. 0070 memberi dampak sebesar 29,05%. Perbaikan proses Drilling Machine dapat meningkatkan nilai project reliability sebesar 27,78%. Perbaikan proses CNC Profiling Machine DGMP memberi dampak terbesar yaitu sebesar 69,84%. Sehingga menghilangkan penyebab *defect* dan memperbaiki keempat proses ini kemudian dijadikan usulan skenario mitigasi.
3. Kombinasi terbaik dari keempat usulan skenario mitigasi adalah penggabungan dari keempatnya. Hasil dari penggabungan keempatnya menghasilkan nilai *project*

reliability sebesar 81.11% dengan *time reliability* sebesar 83,49% dan *cost reliability* sebesar 90,16%. Sehingga jika perusahaan ingin meningkatkan kemampuan ketercapaian proyeknya sebanyak 81.11%, hal yang harus dilakukan adalah memperbaiki proses dan menanggulangi penyebab cacat yang terjadi pada 4 proses, yaitu proses proses CNC Profiling Machine DGMP, CNC Profiling Machine Deckel Maho Ope. 0060, CNC Profiling Machine Deckel Maho Ope. 0070, dan proses Drillling. Hasil simulasi yang dilakukan baik berdasarkan kondisi aktual maupun berdasarkan upaya mitigasi menunjukkan nilai *project reliability* yang tidak terlalu tinggi. Apabila perusahaan ingin meningkatkan nilai project *reliability*, dapat dilakukan dengan cara mengubah target waktu dan target biaya. Untuk mencapai nilai *project reliability* sebesar ±90%, perusahaan dapat mengubah target waktu proyek dan target biaya proyek menjadi 65,548 jam dan $1.231,588. Dengan target waktu sebesar 65,548 jam, dan target biaya sebesar $1231,588 perusahaan dapat memenuhi nilai *project reliability* dengan rata-rata keberhasilan sebanyak 90,00%. Sedangkan jika skenario mitigasi tetap dilakukan, maka target biaya dan target waktu hanya perlu diubah menjadi $1.001,103 dan 51,148 H untuk mencapai *project reliability* sebesar 90,00%.

5.2 Saran

Saran yang dapat diberikan untuk penelitian sejenis ke depannya adalah sebagai berikut:

1. Untuk penelitian sejenis selanjutnya, perlu diidentifikasi lebih lanjut terkait rekomendasi perbaikan pada proses produksi Rib AT secara keseluruhan.
2. Perlu dilakukan penelitian terkait peningkatan nilai *project reliability* pada seluruh komponen lain yang diproduksi di proyek Single Aisle untuk mendapatkan nilai *project reliability* secara keseluruhan untuk proyek Single Aisle.

DAFTAR PUSTAKA

Albana, 2012. *Pengembangan Metode Manajemen Risiko untuk Keputusan Kelayakan Investasi yang Mempertimbangkan Ketidakpastian.* Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

Atkinson, Roger, 1999. *Project Management: Cost, Time, and Quality, Two Best Guesses and Phenomenon, Its Time to Accept Another Success Criteria.* International Journal of Project Management, Volume 17, pp. 337-342, Great Britain.

Australian Capital Territory Insurance Authority 2004a. *Risk Management AS/NZS* 4360:2004, Australia: Australian Capital Territory Insurance Authority.

Australian Capital Territory Insurance Authority. 2004b. *Risk Management Guidelines Companion to AS/NZS* 4360:2004, Australia: Australian Capital Territory Insurance Authority.

Averill M. Law & W. David Kelton. 1991. *Simulation Modeling & Analysis 2nd Edition*. New York: McGraw-Hill.

Gray, Clifford F., Erik W. Larson, 2011, *Project Management The Managerial Process*, 5th Edition, New York: Mc Graw-Hill Company Inc.

Harrel, C. 2012. *Simulation Using Promodel 3rd Edition*. New York: McGraw-Hill.

Heizer, J. & B. Render. 2006. *Operation Management*. Terjemahan oleh Dwianoegrawati Setyoningsih dan Indra Almahdy. Edisi 7. Buku I. Jakarta: Salemba Empat.

Kerzner, H., 2009. *Project Management a System Approach to Planning, Scheduling, and Controlling.* Hoboken: John Wiley & Sons, Inc.

Kristyanto, Raka, Sugiono, Rahmi Yuniarti, 2015. Analisis Risiko Operasional pada Proses Produksi Gula dengan Menggunakan Metode Multi Attribute Failure Mode Analysis (MAFMA) (Studi Kasus PG. Kebon Agung Malang), Jurnal Rekayasa dan Manajemen Sistem Industri, Malang.

Mark, W., 2004. *Project Risk Identification and Management*. AACE International Transaction.

Nazir, M., 2005. *Metodologi Penelitian*. Bogor: Ghalia Indonesia.

Nugraha, Fandi Adi, 2016. *Pemodelan Evaluasi Keberhasilan Proyek dalam Memenuhi Target dan Analisis Risiko pada Proyek Inboard Outer Fixed Leading Edge PT. Dirgantara Indonesia dengan Menggunakan Konsep Project Reliability*, Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

Nurfaili, Rina, 2014. Analisa Investasi Hotel Pesonna Makasar, Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

Pamungkas, W., 2012. Practical Assessment terhadap Konsep Project Reliability. Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

Perry, J.G.; Hayes, R.W., 1985. *Risk and its management in construction projects*. Proceeding of Institution Civil Engineers, pp. 499-521.

Price, Gittlinger J., 1993. Economic Analysis of Agricultural Projects. Hopkins University Press.

Pritchard, Carl L., 2015. *Risk Management: Concepts and Guidance* (5th Edition). New York: CRC Press.

Project Management Institute, 2008. *A Guide to the Project Management Body of Knowledge* (PMBOK® Guide) (4th Edition). Newton Square: Project Management Institute, Inc.

Reiss. 1993, *Project Management Demystified*, London: E and FN Spon.

Saputra, Yudha A., Ladamay O. S. A., 2011, Project Reliability: Probability Of A Project Meets It's Quality-Cost-Time Target Under Uncertainty. International Journal of Electronic Business Management, Vol. 9, pp. 220-230

Soeharto, I. 1997. *Manajemen Proyek*. Jakarta: Erlangga.

Tersine, Richard J. 1994. *Principle of Inventory and Material Management 4th Edition.* New Jersey: PTR Prentice-Hall, Inc.

Ye, S. & Tiong, R. L. K., 2000. NPV-At-Risk Method in Infrastructure Project Investment Evaluation. Journal of Construction Engineering And Management, Volume 126, p. 227.

repository.ub.ac.id
UNIVERSITAS BRAWIJAYA