



TUGAS AKHIR - ME184834

**PEMODELAN SISTEM DINAMIK PADA
PEMBANGUNAN KONVERSI KAPAL TANKER
MENJADI *FLOATING, PRODUCTION, STORAGE,
AND OFFLOADING (FPSO)***

ANDRA ARIESTYA
NRP. 04211640000005

Dosen Pembimbing

Dr. Eng. Dhimas Widhi Handani, S.T., M.Sc.

Prof. Dr. Ketut Buda Artana, S.T., M.Sc.

Departemen Teknik Sistem Perkapalan
Fakultas Teknologi Kelautan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya
2020



TUGAS AKHIR - ME184834

**PEMODELAN SISTEM DINAMIK PADA
PEMBANGUNAN KONVERSI KAPAL TANKER
MENJADI *FLOATING, PRODUCTION, STORAGE,
AND OFFLOADING (FPSO)***

**ANDRA ARIESTYA
NRP. 0421164000005**

Dosen Pembimbing
Dr. Eng. Dhimas Widhi Handani, S.T., M.Sc.
Prof. Dr. Ketut Buda Artana, S.T., M.Sc.

**Departemen Teknik Sistem Perkapalan
Fakultas Teknologi Kelautan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya
2020**

“Halaman ini sengaja dikosongkan”



BACHELOR THESIS - ME184834

**A SYSTEM DYNAMICS MODELLING FOR
CONVERTING EXISTING TANKER TO FLOATING,
PRODUCTION, STORAGE, AND OFFLOADING
(FPSO)**

**ANDRA ARIESTYA
NRP. 04211640000005**

Supervisor

**Dr. Eng. Dhimas Widhi Handani, S.T., M.Sc.
Prof. Dr. Ketut Buda Artana, S.T., M.Sc.**

**Department of Marine Engineering
Faculty of Marine Technology
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya
2020**

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

LEMBAR PENGESAHAN

PEMODELAN SISTEM DINAMIK PADA PEMBANGUNAN KONVERSI KAPAL TANKER MENJADI *FLOATING, PRODUCTION, STORAGE, AND OFFLOADING (FPSO)*

TUGAS AKHIR

Diajukan untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar
Sarjana Teknik pada
Bidang Studi *Reliability, Availability, Management and Safety (RAMS)*
Program Studi S-1 Departemen Teknik Sistem Perkapalan
Fakultas Teknologi Kelautan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

Andra Ariestya
NRP. 0421164000005

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir:

Dr. Eng Dhimas Widhi Handani, S.T., M.Sc.



Prof. Dr. Ketut Buda Artana, S.T., M.Sc.



“Halaman ini sengaja dikosongkan”

LEMBAR PENGESAHAN

PEMODELAN SISTEM DINAMIK PADA PEMBANGUNAN KONVERSI KAPAL TANKER MENJADI *FLOATING, PRODUCTION, STORAGE, AND OFFLOADING* (FPSO)

TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat

Memperoleh Gelar Sarjana Teknik

Pada

Bidang Studi *Reliability, Availability, Management and Safety* (RAMS)

Program Studi S-1 Departemen Teknik Sistem Perkapalan

Fakultas Teknologi Kelautan

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Penulis:

Andra Ariestya

NRP. 0421164000005

Disetujui Oleh,

Kepala Departemen Teknik Sistem Perkapalan



Beny Cahyono, S.T., M.T., Ph.D

NIP. 197903192008011008

SURABAYA

AGUSTUS, 2020

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

A SYSTEM DYNAMICS MODELLING FOR CONVERTING EXISTING TANKER TO FLOATING, PRODUCTION, STORAGE, AND OFFLOADING (FPSO)

Name : Andra Ariestya
NRP : 0421164000005
Department : Marine Engineering
Supervisor I : Dr. Eng. Dhimas Widhi Handani, ST., M.Sc.
Supervisor II : Prof. Dr. Ketut Buda Artana, S.T., M.Sc.

ABSTRACT

Floating, Production, Storage, and Offloading (FPSO) is an offshore installation that is used to process and store crude oil from wells and then transport it using tankers to oil refineries. One common scheme in the construction of an FPSO is by converting a tanker into an FPSO. Economically, the FPSO construction project by converting the tanker has a lower initial capital cost and operational cost compared to the new build FPSO construction. This study aims to determine aspects that can reduce costs in the project of converting a tanker to a FPSO. In this study, the variables that can influence the conversion of a tanker into a FPSO project are determined by approaching the principle of customer satisfaction, called Quality, Cost, and Delivery (QCD). The solution to the problem is carried out using a system dynamic model approach to determine the causality (cause-effect) relationship between variables and its effect on the cost of the project to convert a tanker to a FPSO. The analysis is taken by sensitivity analysis and give the result of the biggest variables that lead in cost of conversion respectively are shipyard class, penalty during production, lead time, subcon factor, amount of worker, and the accuracy of pricing. The simulation model produced using system dynamics modelling is expected to be able to provide a solution to reduce the project cost of conversion a tanker to FPSO to support oil and gas exploitation activities in Indonesia

Keywords: *FPSO, Tanker Conversion, QCD, System Dynamics*

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

PEMODELAN SISTEM DINAMIK PADA PEMBANGUNAN KONVERSI KAPAL TANKER MENJADI FLOATING, PRODUCTION, STORAGE, AND OFFLOADING

Nama : Andra Ariestya
NRP : 0421164000005
Departemen : Marine Engineering
Dosen Pembimbing I : Dr. Eng. Dhimas Widhi Handani, ST., M.Sc.
Dosen Pembimbing II : Prof. Dr. Ketut Buda Artana, S.T., M.Sc.

ABSTRAK

Floating, Production, Storage, and Offloading (FPSO) merupakan instalasi lepas pantai yang digunakan untuk memproses dan menyimpan minyak mentah dari sumur untuk selanjutnya dibawa menggunakan kapal tanker menuju ke kilang minyak. Salah satu skema yang umum pada pembangunan FPSO adalah dengan mengonversi kapal tanker yang sudah dibangun menjadi FPSO. Secara ekonomis, proyek pembangunan FPSO dengan cara mengonversi kapal tanker memiliki modal awal dan operational cost yang lebih rendah dibandingkan pembangunan FPSO dari awal. Studi ini bertujuan untuk menentukan aspek-aspek yang dapat mengurangi biaya dalam proyek pembangunan konversi kapal tanker menjadi FPSO. Pada penelitian ini ditentukan variabel-variabel yang dapat mempengaruhi proyek pengoversian kapal tanker menjadi FPSO dengan pendekatan pada asas kepuasan pelanggan yaitu *Quality, Cost, and Delivery* (QCD). Pemecahan terhadap masalah dilakukan menggunakan pendekatan model Sistem Dinamik untuk mengetahui hubungan kausalitas (sebab-akibat) antar variabel dan pengaruhnya terhadap biaya proyek pembangunan konversi kapal tanker menjadi FPSO. Analisa dilakukan menggunakan analisa sensitivitas dan memberikan hasil dimana variabel yang paling berpengaruh berturut-turut yaitu *shipyard class, penalty during production, lead time, subcon factor, amount of worker, dan pricing*. Penyelesaian tugas akhir ini diharapkan dapat memberikan solusi untuk mengurangi biaya proyek pengonversian kapal tanker menjadi FPSO guna menunjang kegiatan eksploitasi minyak dan gas bumi di Indonesia.

Keywords: *FPSO, Tanker Conversion, QCD, System Dynamics*

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

KATA PENGANTAR

Alhamdulillahirabbil'alamin, puji syukur kehadiran Allah SWT atas segala kenikmatan, rahmat, dan anugerah-Nya sehingga penulis mampu menyelesaikan penelitian sekaligus Tugas Akhir dengan judul *Pemodelan Sistem Dinamik pada Pembangunan Konversi Kapal Tanker Menjadi Floating, Production, Storage and Offloading*) dengan baik dan tepat waktu. Penelitian ini diajukan sebagai salah satu persyaratan kelulusan program studi sarjana Departemen Teknik Sistem Perkapalan, Fakultas Teknologi Kelautan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS) Surabaya.

Dalam proses pengerjaan dan penyelesaian penelitian dan keberhasilan menempuh program studi sarjana ini, tentunya tidak lepas dari bantuan dan dukungan dari berbagai pihak. Penulis menyampaikan rasa terima kasih sebanyak-banyaknya kepada pihak-pihak di bawah ini, yaitu:

1. Kedua orangtua penulis, Tri Wantoro dan Sumaryati yang selalu mendukung dan mendoakan penulis serta kakak penulis yaitu Dhea Ayu Pratiwi, juga seluruh keluarga yang telah mendukung penulis.
2. Bapak Dr. Eng Dhimas Widhi Handani, S.T., M.Sc., selaku dosen pembimbing pertama penulis dan dosen pengampu Laboratorium RAMS yang telah membimbing penulis dalam menyelesaikan penelitian Tugas Akhir dan memberikan kritik dan saran yang baik guna kelancaran pengerjaan.
3. Bapak Prof. Dr. Ketut Buda Artana, S.T., M.Sc., selaku dosen pembimbing kedua penulis serta kepala dan dosen pengampu laboratorium RAMS yang telah membimbing penulis dalam penelitian Tugas Akhir dan memberikan kritik dan saran yang baik guna kelancaran pengerjaan.
4. Bapak Beny Cahyono, S.T., M.T. Ph. D, selaku Kepala Departemen Teknik Sistem Perkapalan beserta seluruh dosen, staff dan jajaran manajemen Departemen Teknik Sistem Perkapalan.
5. Bapak A.A.B. Dinariyana Dwi P., S.T., MES., Ph.D., Bapak Raja Oloan Saut Gurning, S.T., M.Sc., Ph.D., Ibu Fadilla Indrayuni P., ST., M.Sc., dan Ibu Dr. Emmy Pratiwi S.T. selaku dosen-dosen pengampu laboratorium RAMS yang telah memberikan dukungan dan pembelajaran kepada penulis.
6. Ibu Hendratmi Susilowati selaku Manager Non Teknis SKK Migas yang telah memberikan saran dan masukan dalam pengerjaan tugas akhir ini.
7. Seluruh kawan-kawan Angkatan Voyage'16, yang telah saling berjuang bersama sejak awal perkuliahan
8. Kawan-kawan seperjuangan member laboratorium RAMS, Fadil, Dany, Bima, Daffa, Fadhil, Haekal, Zaki, Raka, Kevin, Arvin, Parson, Joshua, Bagas, Wahyu, Rafly, dan Daniel

9. Seluruh kawan-kawan member laboratorium RAMS angkatan 2015, 2017, dan 2018, termasuk Mas Thariq, Mba Putri, dan Mba Uci yang yang telah menyemangati pengerjaan tugas akhir ini dan menjadi tempat belajar bagi penulis selama menjadi member RAMS.
10. Seluruh kakak dan adik tingkat di Departemen Teknik Sistem Perkapalan FTK-ITS yang menjadi kawan dan teladan selama menempuh pendidikan di ITS.
11. Kepada seluruh pihak yang tidak bisa disebutkan satu per satu, terima kasih atas segala bantuan dan dukungan yang telah diberikan kepada penulis.

Penulis menyadari bahwa penelitian yang dilakukan dalam Tugas Akhir ini jauh dari kata sempurna dan masih dapat dikembangkan dikemudian hari. Oleh karena itu, kritik dan saran yang bersifat membangun sangat diharapkan. Akhir kata semoga tulisan ini dapat bermanfaat penulis, pembaca dan pihak lainnya.

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	i
LEMBAR PENGESAHAN	iii
ABSTRACT	v
ABSTRAK	vii
KATA PENGANTAR	ix
DAFTAR ISI	xi
DAFTAR GAMBAR	xv
DAFTAR TABEL	xvii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian.....	3
1.4 Batasan Masalah.....	3
1.5 Manfaat Penelitian	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Minyak Bumi di Indonesia	5
2.2 Floating, Production, Storage and Offloading (FPSO)	5
2.3 Pembangunan konversi kapal tanker menjadi FPSO.....	7
2.4 Kondisi Galangan di Indonesia.....	9
2.5 <i>Quality, Cost, Delivery</i>	10
2.6 Jenis-jenis Biaya.....	11
2.6.1 Sesuai dengan perubahan terhadap aktivitas atau kegiatan	12
2.6.2 Sesuai dengan objek atau pusat biaya yang dibiayai	12
2.7 Variabel-variabel yang Mempengaruhi <i>Quality, Cost, Delivery</i>	13
Faktor Internal:.....	13
Faktor Eksternal:	14
2.8 Sistem Dinamik	16
2.9 <i>Causal Loop Diagram</i>	16
2.10 <i>Stock Flow Diagram</i>	17

2.11	Perilaku dari Sistem Dinamik	19
2.12	Verifikasi dan Validasi Model	20
BAB III METODOLOGI		21
3.1	Perumusan Masalah	21
3.2	Studi Literatur	21
3.3	Penentuan Variabel dan Analisa QCD	22
3.4	Pengumpulan Data	22
3.5	<i>Causal Loop Diagram</i> dan <i>Stock Flow Diagram</i>	22
3.6	Model Formulation dan Simulasi	22
3.7	Verifikasi dan Validasi	22
3.8	Analisa Hasil	22
3.9	Kesimpulan dan Rekomendasi	22
BAB IV ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN		23
4.1	Pembuatan <i>Causal Loop Diagram</i>	23
4.2	Hubungan dalam <i>Causal Loop Diagram</i>	23
4.2.1	<i>Equipment Cost</i>	24
4.2.2	<i>Hull Cost</i>	25
4.2.3	<i>Tanker Cost</i>	26
4.2.4	<i>Labour Cost</i>	26
4.2.5	<i>Bank Interest</i>	26
4.2.6	<i>Tax Policy</i>	26
4.3	<i>Stock and Flow Diagram</i>	27
4.4	Komponen Biaya	27
4.4.1	Biaya Langsung	27
4.4.2	Biaya Tidak Langsung	28
4.5	Perhitungan <i>Equipment Cost</i>	28
4.6	Perhitungan <i>Hull Cost</i>	41
4.7	Perhitungan <i>Tanker Cost</i>	42
4.8	Perhitungan <i>Labour Cost</i>	44
4.9	Penentuan <i>Shipyards Class</i>	45

4.10	Klasifikasi Variabel	46
4.11	Hasil Simulasi.....	46
4.12	Validasi	47
4.13	Analisa Sensitivitas	47
4.6.1	<i>Shipyards Class</i>	48
4.6.2	<i>Lead Time</i>	49
4.6.3	<i>Subcon Factor</i>	50
4.6.4	<i>Penalty During Production</i>	52
4.6.5	<i>Amount of Worker</i>	53
4.6.6	<i>Pricing</i>	54
4.6.7	<i>Material Cost</i>	55
4.6.8	<i>Currency Value</i>	56
4.6.9	<i>Tax Policy</i>	57
4.6.10	<i>Bank Interest</i>	58
4.13	Analisa Berdasarkan <i>Fixed Cost</i> dan <i>Variable Cost</i>	59
4.14.1	<i>Shipyards class</i>	60
4.14.2	<i>Equipment cost</i>	60
4.14.3	<i>Tanker cost</i>	60
4.14.4	<i>Material cost</i>	60
4.14.5	<i>Amount of worker</i>	60
4.14.6	<i>Bank interest</i>	60
4.14.7	<i>Tax policy</i>	61
BAB V KESIMPULAN DAN REKOMENDASI		63
5.1	Kesimpulan.....	63
5.2	Rekomendasi	63
5.3	Saran.....	65
DAFTAR PUSTAKA		67
LAMPIRAN.....		69
BIODATA PENULIS		101

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1 Grafik Cadangan Minyak Bumi Indonesia.....	1
Gambar 2. 1 Peta Cadangan Minyak Bumi di Indonesia	5
Gambar 2. 2 Skema eksploitasi FPSO	6
Gambar 2.3 Fasilitas pada galangan PT. ASL	10
Gambar 2.4 Hubungan Quality, Cost, dan Delivery	11
Gambar 2. 5 Hubungan Antar Variabel yang Mempengaruhi QCD	15
Gambar 2. 6 Contoh Pemodelan Sistem Dinamik	16
Gambar 2. 7 Contoh causal loop diagram.....	17
Gambar 2. 8 Ilustrasi analogi stock flow diagram	17
Gambar 2. 9 Contoh stock flow diagram	18
Gambar 2. 10 Perilaku fundamental pada sistem dinamik	19
Gambar 2. 11 Tampilan interface pada PowerSim Studio 10	20
Gambar 3. 1 Diagram alir pengerjaan.....	21
Gambar 4. 1 Causal Loop Diagram	23
Gambar 4. 2 FPSO topside Sumber: web.gps-intl.com	24
Gambar 4. 3 Tipe mooring FPSO	25
Gambar 4. 4 Stock and flow diagram	27
Gambar 4. 5 Equipment cost	28
Gambar 4. 6 Submodel topside cost	30
Gambar 4. 7 Skema fasilitas proses pada FPSO	31
Gambar 4. 8 Crane FPSO	34
Gambar 4. 9 Flare tower.....	35
Gambar 4. 10 Submodel mooring cost	35
Gambar 4. 11 Spread mooring FPSO	36
Gambar 4. 12 Fairlead and chain.....	37
Gambar 4. 13 Winch	37
Gambar 4. 14 Submodel offloading cost	38
Gambar 4. 15 Hoses	39
Gambar 4. 16 Hawser.....	39
Gambar 4. 17 Submodel installation cost	40
Gambar 4. 18 <i>Tugboat</i>	40
Gambar 4. 19 AHTS (Anchor Handling Tug Supply)	41
Gambar 4. 20 Hull Cost.....	41
Gambar 4. 21 Tanker Cost	42
Gambar 4. 22 Grafik hubungan harga kapal dengan tahun pembuatan.....	43
Gambar 4. 23 Grafik hubungan harga kapal dengan kapasitas.	44

Gambar 4. 24 Labour Cost	45
Gambar 4. 26 Kondisi awal simulasi.	47
Gambar 4. 27 Pengaruh <i>shipyard class</i> pada biaya konversi.	48
Gambar 4. 28 Pengaruh <i>shipyard class</i> pada durasi konversi.	48
Gambar 4. 29 Pengaruh <i>lead time</i> pada biaya konversi.	49
Gambar 4. 30 Pengaruh <i>lead time</i> pada durasi konversi.	50
Gambar 4. 31 Pengaruh <i>subcon factor</i> pada biaya konversi.	51
Gambar 4. 32 Pengaruh <i>subcon factor</i> pada durasi konversi.	51
Gambar 4. 33 Pengaruh penalti selama produksi pada biaya konversi.	52
Gambar 4. 34 Pengaruh penalti selama produksi pada durasi konversi.	52
Gambar 4. 35 Pengaruh jumlah pekerja pada biaya konversi.	53
Gambar 4. 36 Pengaruh jumlah pekerja pada durasi konversi.	54
Gambar 4. 37 Pengaruh ketepatan pricing pada biaya konversi	55
Gambar 4. 38 Pengaruh harga material pada biaya konversi	56
Gambar 4. 39 Pengaruh nilai mata uang pada biaya konversi	57
Gambar 4. 40 Pengaruh kebijakan pajak pada biaya konversi	58
Gambar 4. 41 Pengaruh bunga bank pada biaya konversi	59

DAFTAR TABEL

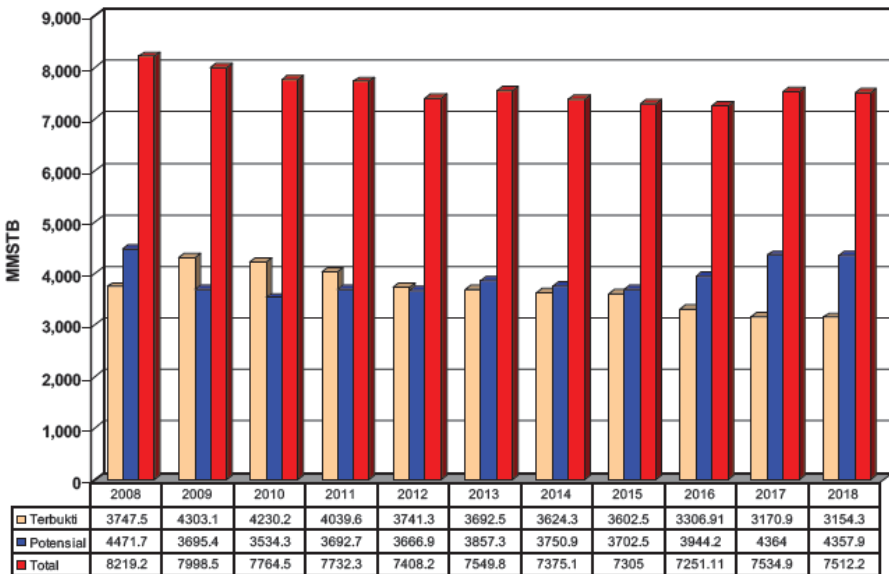
Tabel 2. 1 Data FPSO di Indonesia	7
Tabel 2. 2 Contoh dari rata-rata harga jual kapal tanker	9
Tabel 2. 3 Fasilitas Utama PT. ASL	9
Tabel 2. 4 Faktor QCD	14
Tabel 2. 5 Simbol pada stock flow digram	18
Tabel 4. 1 Komponen biaya.....	28
Tabel 4. 2 Equipment Cost	29
Tabel 4. 3 Data Penjualan Kapal Tanker	43
Tabel 4. 4 Kategori Shipyard Class	46
Tabel 4. 5 Klasifikasi variabel.....	46
Tabel 4. 6 Skenario jumlah pekerja	53
Tabel 4. 7 Skenario pricing	55
Tabel 4. 8 Harga material berdasarkan supplier	56
Tabel 4. 9 Nilai tukar rupiah terhadap dollar	57
Tabel 4. 10 Skenario nilai pajak pemerintah	58
Tabel 4. 11 Skenario bunga bank	59

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Berdasarkan data dari Kementerian ESDM Republik Indonesia cadangan minyak di Indonesia pada tahun 2018 mencapai 3154,3 *Million Stock Tank Barrels* (MMSTB) yang sudah terbukti, sementara untuk cadangan potensial sejumlah 4357.9 MMSTB Seperti terlihat pada Gambar 1.1 (Kementerian ESDM 2019).



Gambar 1. 1 Grafik Cadangan Minyak Bumi Indonesia
Sumber: Kementerian ESDM 2019

Terkait eksploitasi minyak bumi, realisasi operasional volume pengangkatan atau *lifting* minyak dan gas bumi di Indonesia pada tahun 2019 tercatat belum memenuhi target dimana presentasi pengangkatan hanya mencapai 88% dari target *lifting* nasional. Rinciannya adalah *lifting* minyak sebanyak 744 ribu bopd (barrel oil per day) atau 96% dari target APBN, dan *lifting* gas sebanyak 1,050 juta boepd atau 84% dari target APBN. Dimana salah satu faktor penyebabnya adalah kurangnya penerapan teknologi tepat guna baik dalam eksploitasi maupun produksi. Untuk menghadapi tahun mendatang cukup jelas bahwa target pemerintah Indonesia adalah meningkatkan produksi minyak dan gas bumi sebagai salah satu sumber pendapatan negara. Penerapan teknologi tepat guna pada sektor minyak dan gas bumi di Indonesia diharapkan dapat membantu target pengembalian biaya operasi (*Cost Recovery*) sehingga keuntungan dari hasil eksploitasi secara maksimal dapat diserap oleh negara. Adapun arah pengembangan teknologi eksploitasi minyak bumi secara global menunjukkan trend fasilitas terapung adalah salah satu opsi yang memiliki

tingkat efisiensi tinggi dan terbukti mengurangi komponen biaya dalam rantai pasok minyak bumi (Oil & Gas iQ 2018).

Secara garis besar FPSO merupakan fasilitas terapung sebagai sarana eksploitasi, *recovery*, penyimpanan, transportasi pada instalasi minyak dan gas bumi. FPSO meminimalisir rantai pasok pengolahan minyak bumi dengan membawa fasilitas proses ke lokasi pengeboran. FPSO menjadi pilihan utama untuk eksploitasi lepas pantai karena menawarkan fleksibilitas lebih tinggi untuk mengakomodasi trend eksplorasi lepas pantai ke perairan yang lebih dalam. FPSO menawarkan konsep yang lebih minimalis dari rantai pasok sekaligus mengurangi besaran minimum dari sebuah lapangan minyak untuk dapat dikelola sehingga mencapai titik ekonomis

Pasca jatuhnya harga minyak pada beberapa tahun kebelakang, penggunaan kapal tanker mengalami penurunan permintaan. Tersedianya kapal tanker menjadi potensi untuk dimanfaatkan sebagai FPSO. Secara teknis konversi kapal tanker menjadi FPSO dapat dimungkinkan dengan *track record* cukup baik di industri minyak dan gas bumi (Love, et al. 2014). Secara ekonomis konversi kapal tanker menjadi FPSO memiliki modal awal (CAPEX) lebih rendah dari pembangunan dari awal sehingga investasi menjadi lebih efektif. Selain itu kondisi perairan di Asia tenggara khususnya Indonesia dimana memiliki spektrum yang tidak terlalu ekstrim (*harsh environment*) membuat konversi tanker menjadi FPSO menjadi cukup layak, tentunya dengan mempertimbangkan masa pakai kapal dan proses konversi yang sesuai standard.

Proyek pembangunan konversi kapal tanker menjadi FPSO memerlukan perencanaan yang sangat matang, mengingat fasilitas ini merupakan fasilitas penting dalam industri hulu minyak dan gas. Keterlambatan yang terjadi dalam masa proyek akan mengakibatkan kemunduran produksi dan keterlambatan penerimaan baik untuk Negara maupun Kontraktor yang akan berakibat pada kerugian finansial. Saat ini terdapat sekitar 8 unit bangunan instalasi FPSO di Indonesia dengan berbagai ukuran dan proses produksi yang berbeda-beda. Masing-masing instalasi dirancang berbeda-beda sesuai dengan karakteristik hidrokarbon, kondisi lingkungan, infrastruktur yang ada, serta aspek perekonomian perusahaan migas sebagai operator. Regulasi hulu migas yang diterapkan di Indonesia juga memiliki ciri khas tersendiri dan hanya berlaku pada industri ini.

Dalam tugas akhir ini akan ditentukan variable-variabel yang mempengaruhi pembangunan konversi kapal tanker menjadi FPSO dengan melakukan metode pendekatan *Quality, Cost, Delivery* (QCD) berdasarkan data-data historis proyek yang telah dilakukan. Selanjutnya dilakukan pemodelan menggunakan metode Sistem Dinamik untuk mengetahui hubungan dan pengaruh antar variabel yang mempengaruhi biaya pembangunan konversi kapal tanker menjadi FPSO. Diharapkan dari pemodelan yang dilakukan dapat menjadi pertimbangan dalam meminimalisir biaya proyek pembangunan konversi kapal tanker menjadi FPSO dikarenakan pembangunan FPSO memerlukan biaya yang cukup besar dan perencanaan

yang matang. Selanjutnya, kesimpulan dan rekomendasi juga ditawarkan untuk meminimalisir biaya pembangunan konversi kapal tanker menjadi FPSO untuk meningkatkan aktivitas eksploitasi minyak bumi di Indonesia.

1.2 Rumusan Masalah

1. Bagaimana menentukan variabel apa saja yang dapat mempengaruhi biaya pembangunan konversi kapal tanker menjadi FPSO melalui pendekatan *quality, cost, delivery*?
2. Bagaimana pengaruh antar variabel yang mempengaruhi biaya pembangunan konversi kapal tanker menjadi FPSO menggunakan metode sistem dinamik?

1.3 Tujuan Penelitian

1. Menentukan variable-variabel yang mempengaruhi biaya pembangunan konversi kapal tanker menjadi FPSO melalui pendekatan *quality, cost, delivery*.
2. Menentukan pengaruh antar variabel yang mempengaruhi biaya pembangunan konversi kapal tanker menjadi FPSO dengan pemodelan sistem dinamik

1.4 Batasan Masalah

1. Penentuan variabel hanya berfokus pada aspek *quality, cost, delivery* pembangunan konversi kapal tanker menjadi FPSO
2. Pemodelan dengan menggunakan sistem dinamik untuk mengetahui variabel yang mempengaruhi biaya pembangunan konversi kapal tanker menjadi FPSO
3. Pembangunan konversi tanker menjadi FPSO dibatasi hanya pada lambung kapal, *machinery* dan *topside*

1.5 Manfaat Penelitian

Diharapkan penelitian ini dapat bermanfaat bagi berbagai kalangan. Adapun manfaat yang dapat diperoleh antara lain:

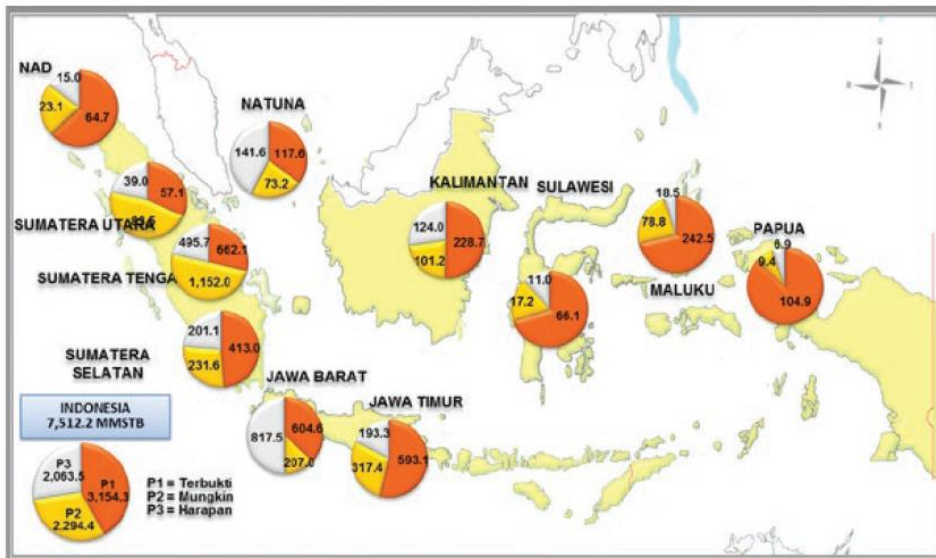
1. Dapat mengetahui hubungan antar variable-variabel yang mempengaruhi pembangunan konversi kapal tanker menjadi FPSO sehingga dapat menjadi pertimbangan untuk meminimalkan biaya yang dibutuhkan.
2. Dapat memahami serta mempelajari pemodelan sistem menggunakan sistem dinamik

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Minyak Bumi di Indonesia

Secara garis besar beberapa tahun kebelakang industri hulu migas di Indonesia mengalami kelesuan yang dipengaruhi oleh dampak penurunan harga komoditas minyak mentah secara global. Menurut data statistik yang dikeluarkan oleh Direktorat Jendral Minyak dan Gas Bumi Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral Indonesia pada tahun 2018 Indonesia mengalami kenaikan nilai investasi pada sektor hulu migas dari tahun sebelumnya. Pada tahun 2017 investasi hulu migas di Indonesia mencapai 10.265 juta US\$, sedangkan investasi pada tahun 2018 mencapai nilai 11.995 juta US\$. Namun nilai investasi belum mencapai target investasi yaitu senilai 12.685,25 juta US\$. Hal tersebut disebabkan beberapa faktor seperti tertundanya eksplorasi dan eksploitasi lapangan dan pengembangan yang masih berjalan (Dirjen Migas ESDM 2019). Sementara dari cadangan minyak bumi di Indonesia pada tahun 2018 adalah sebesar 7.512,2 MMSTB, tercatat sebanyak 3.154,3 MMSTB sebagai cadangan terbukti dan sejumlah 2.063,5 MMSTB sebagai cadangan potensial. Cadangan terbanyak di Indonesia terdapat di provinsi Sumatera Tengah dengan cadangan sebanyak 2.331,49 MMSTB. Lebih lengkap gambar terkait persebaran cadangan minyak di Indonesia dapat dilihat pada Gambar 2.1.

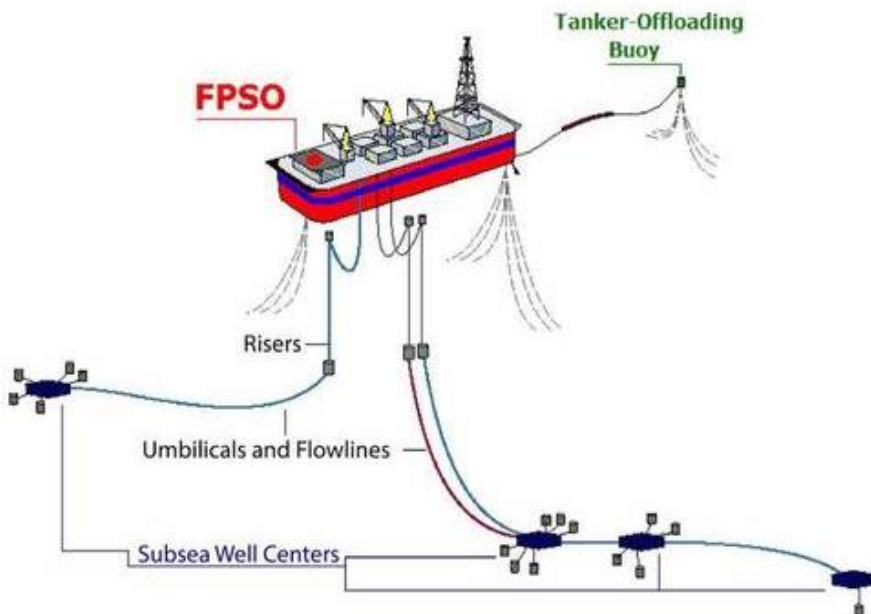


Gambar 2. 1 Peta Cadangan Minyak Bumi di Indonesia
Sumber: Kementerian ESDM 2019

2.2 Floating, Production, Storage and Offloading (FPSO)

Untuk meminimalkan rantai proses dan rantai suplai minyak mentah salah satu cara yang dapat diambil adalah dengan menggunakan fasilitas produksi dan

penyimpanan terapung. FPSO adalah salah satu bentuk fasilitas terapung dimana menggabungkan beberapa fungsi yaitu produksi, penyimpanan, dan penyaluran hasil produksi. Selain FPSO, beberapa fasilitas lain hanya melakukan fungsi parsial diantaranya hanya menyimpan atau produksi saja, maka fasilitas tersebut dapat disebut sebagai *Floating Storage and Offloading (FSO)* atau *Floating Production Unit (FPU)*. Melihat kebelakang sejarah pembangunan FPSO pertama di dunia ada di Indonesia pada tahun 1974 untuk mengakomodasi produksi minyak di Lapangan Ardjuna, dan semenjak itu penggunaan FPSO secara global terus meningkat (Shimamura 2002). Sejarah awal dimana FPSO merupakan konversi dari kapal tanker merupakan satu kelebihan FPSO dimana dengan desain *single hull* konversi dari kapal tanker dapat menghemat waktu konstruksi. FPSO secara keseluruhan. Dari keseluruhan FPSO yang ada di dunia hingga tahun 2019, 68% atau sejumlah 125 FPSO adalah merupakan konversi dimana sisanya yaitu 32% atau sejumlah 57 FPSO adalah merupakan bangunan baru atau *newbuild* (Barton and Hambling 2019). Indonesia sendiri sampai tahun 2019 memiliki tujuh FPSO yang digunakan untuk operasional hulu migas dengan detail seperti terlihat pada Tabel 2.1



Gambar 2. 2 Skema eksploitasi FPSO
Sumber: www.controleng.com

Tabel 2. 1 Data FPSO di Indonesia
Sumber: Barton and Hambling (2019)

No.	Nama	Operator	Lokasi Lapangan	Kapasitas
1	BROTOJOYO	Kangean Energy Indonesia	Pangerungan Utara	400 MMBLS
2	PTAP ONE3	Blue Sky	Langsa Field	227 MMBLS
3	KARAPAN ARMADA STERLING III	Husky-CNOOC Madura Ltd.	Madura BD Field	570 MMBLS
4	BW JOKO TOLE	Kangean Energy Indonesia	Terang Sirasun Batur	200 MMCFD
5	RATU NUSANTARA	Petronas	Bukit Tua Field	630 MMBLS
6	BELANAK NATUNA	MEDCO	Belanak West Natuna Block B	880 MMBLS
7	ANOA NATUNA	Premier Oil	Anoa Block A	550 MMBLS

2.3 Pembangunan konversi kapal tanker menjadi FPSO

Tujuan utama pembangunan FPSO dengan cara mengonversi kapal tanker adalah untuk mendapatkan capital cost yang lebih murah dibandingkan dengan pembuatan bangunan baru. Maka dari itu untuk melakukan pembangunan konversi kapal tanker menjadi FPSO, hal yang menjadi pertimbangan utama dalam pemilihan kapal tanker agar menjadi efektif dan efisien adalah sebagai berikut:

a. Jenis Lambung

Sebagian besar FPSO di dunia dibangun dengan konversi kapal tanker dengan jenis *single hull* karena dianggap lebih murah dibanding dengan membangun baru dan hingga saat ini masih diperbolehkan. Pada Annex 1 MARPOL 73/78 mewajibkan kapal tanker yang baru dibangun harus memiliki lambung dengan spesifikasi *double hull* sehingga hal tersebut mempercepat fase hilangnya kapal *single hull* hingga semua kapal tanker aktif hanya kapal dengan *double hull*. Hal tersebut membuat kenaikan jumlah kapal tanker *single hull* yang dipensiunkan dan menjadi peluang untuk dikonversi menjadi FPSO. Ulasan tersebut diatas mengungkapkan bahwa pemilihan jenis lambung *single hull* atau *double hull* didasarkan pada kondisi lingkungan perairan dimana FPSO dioperasikan.

b. Kapasitas Muatan

Kapasitas muatan kapal tanker yang dipilih disesuaikan dengan kondisi field dimana FPSO dioperasikan. Bila kondisi *field* cenderung aktif dan memiliki potensi kapasitas yang besar, maka dibutuhkan *storage* yang cukup besar pula untuk menampung hasil proses, begitu pula sebaliknya. Kapasitas muatan kapal tanker menentukan seberapa besar minyak yang dapat ditampung oleh kapal. Peralatan pada *topside deck* FPSO juga harus dipertimbangkan karena akan mempengaruhi berat dari kapal tersebut.

c. Umur Kapal

Umur atau tahun pembuatan kapal tanker mempengaruhi aspek harga, sisa *fatigue life*, kondisi struktur, kondisi *coating*, sisa margin korosi, dan sebagainya. Dengan kata lain, semakin tua umur kapal akan semakin murah harga beli yang didapat, namun akan semakin mahal untuk pembiayaan konversi karena sisa *fatigue life* yang sedikit, kondisi struktur dan *coating* yang sudah rusak, dan sisa margin korosi yang hampir mendekati batas ketebalan pelat minimum menyebabkan lebih banyak reparasi yang diperlukan. Untuk itu diperlukan perhitungan lebih dalam untuk mempertimbangkan umur kapal tanker yang dipilih.

Selain klasifikasi diatas, Menurut Paik (2007) hal lain yang perlu dipertimbangkan untuk mendapat hasil konversi kapal tanker menjadi FPSO yang efektif dan efisien dalam aspek teknis maupun aspek ekonomis adalah sebagai berikut:

- a. Harga kapal tanker
- b. Kapasitas ukuran penyimpanan minyak
- c. Tahun pembuatan (umur kapal)
- d. *Hull arrangements*
- e. Kondisi struktur lambung dan sistem
- f. *Residual strength and fatigue lives*

Biasanya kapal tanker dengan tipe Suezmax atau *very large crude oil carrier* (VLCC) dapat dipertimbangkan untuk dikonversi menjadi FPSO. Pada tabel 2.2 menunjukkan contoh dari rata-rata harga penjualan kapal tanker berdasarkan data dari C.W. Kellock & Co., Ltd. Dari tabel tersebut menunjukkan bahwa harga kapal tanker meningkat dengan cukup drastis, hal tersebut dapat dikarenakan tingginya harga minyak dunia yang berkonsekuensi terhadap meningkatnya permintaan transportasi dengan kapal tanker.

Tabel 2. 2 Contoh dari rata-rata harga jual kapal tanker
Sumber: Biasotto et al (2005)

Tahun	Rata-rata harga jual (juta US\$)			
	Dibuat pada 1973-1985	Dibuat pada 1986-1995	Dibuat pada 1996-2000	Dibuat pada 2001-2004
2000	12	43	74	-
2001	13	35	79	83
2002	11	22	60	75
2003	13	33	52	65
2004	15	60	86	110
Jumlah tanker yang tersedia	29	185	116	118
Rata-rata harga jual	12	36	66	88

2.4 Kondisi Galangan di Indonesia

Saat ini terdapat 250 jumlah galangan di Indonesia, baik galangan untuk bangunan baru maupun galangan untuk reparasi. Namun, yang terbukti dapat melakukan proyek konversi kapal tanker menjadi FPSO hanya terdapat pada satu galangan yang terdapat di Batam, Kepulauan Riau yang memiliki luas lahan mencapai 30 hektar dan termasuk ke dalam kategori *medium class shipyard*. Galangan tersebut telah melakukan beberapa proyek konversi dan dapat melakukan proyek konversi sampai dengan tipe aframax dengan kapasitas mencapai 150.000 DWT. Pada Tabel 2.3 merupakan fasilitas utama yang dimiliki galangan tersebut.

Tabel 2. 3 Fasilitas Utama PT. ASL
Sumber: Haidir (2015)

No	Fasilitas	Kapasitas	Ukuran	Jumlah
Sarana Penggalang				
1.	Graving Dock	300.000 DWT	340 x 60 m	1
2.	Graving Dock	60.000 DWT	20 x 38 m	1
3.	Graving Dock	20.000 DWT	180 x 70 m	1
Material Handling				
1.	Gantry Crane	180 ton		2
2.	Gantry Crane	120 ton		2
3.	Crawler Crane	55 ton		2
4.	Overhead Crane	5 – 13 ton		13
Fasilitas Produksi				
1.	CNC Cutting			3
2.	Sandblasting			1
3.	Hydraulic Bending			2
Sertifikat Manajemen				
1.	ISO 9001 : 2008			
2.	OHSAS 18001			



Gambar 2.3 Fasilitas pada galangan PT. ASL

Sumber: <https://www.aslmarine.com/>

2.5 *Quality, Cost, Delivery*

Quality, Cost, Delivery (QCD) merupakan sebuah konsep pendekatan manajemen yang banyak diadaptasi oleh berbagai sektor industri manufaktur. Analisa QCD digunakan untuk menilai berbagai komponen dari sebuah proses produksi. Penilaian tersebut akan memberikan feedback dalam bentuk data kuantitatif maupun kualitatif yang diharapkan dapat membantu dalam pengambilan keputusan untuk memprioritaskan tujuan masa depan sebuah perusahaan atau organisasi.

a. *Quality*

Quality adalah sebuah kemampuan sebuah barang atau jasa dalam memenuhi ekspektasi. Kebutuhan pelanggan menjadi syarat untuk menentukan kualitas. Kualitas merupakan hasil dari efisiensi seluruh proses produksi yang mencakup men, material, dan machinery.

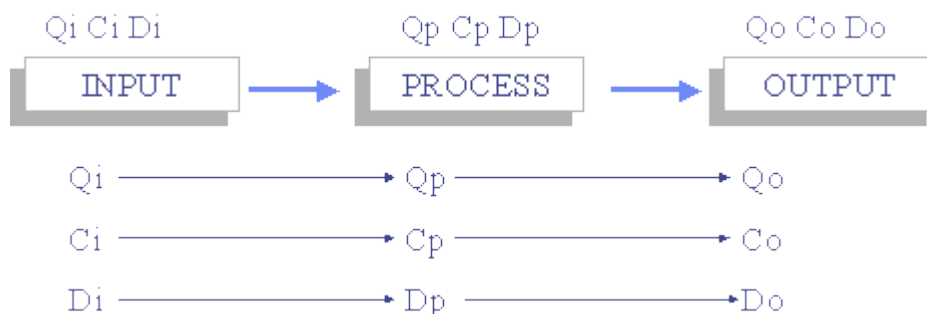
b. *Cost*

Cost adalah biaya yang dibutuhkan untuk memproduksi sebuah barang. Perusahaan memiliki kewajiban untuk selalu mengontrol dan menekan biaya produksi. Terdapat empat tipe dasar dari biaya produksi, antara lain bahan baku, tenaga kerja langsung, variable overhead, dan fixed overhead.

c. *Delivery*

Delivery adalah pengiriman suatu barang atau jasa kepada konsumen. Keberhasilan dalam delivery adalah ketepatan dalam waktu, jumlah, dan tempat

yang telah ditentukan. Rancangan dan jadwal produksi yang tepat akan mempengaruhi performa dari delivery.



Gambar 2.4 Hubungan *Quality*, *Cost*, dan *Delivery*
 Sumber: www.industryforum.co.uk

Baik *input* maupun proses memiliki elemen QCD yang memengaruhi QCD *output*. (Gambar 2.2) Beberapa interaksi ini bersifat langsung, dapat diprediksi dan sering dikelola. Bahan baku berkualitas buruk atau ceroboh, kualitas pemrosesan yang buruk pasti akan menghasilkan produk jadi dengan kualitas yang sama buruknya. Biaya bahan baku yang tinggi atau biaya pemrosesan yang tinggi hanya dapat berarti biaya *output* yang tinggi. Keterlambatan pengiriman atau pengadaan bahan baku atau keterlambatan / gangguan dalam pemrosesan tidak akan menjamin pengiriman barang yang dipesan tepat waktu kepada pelanggan.

Jadi, jika elemen QCD dari *input* atau proses mempengaruhi elemen yang sesuai dalam *output*, kemungkinan besar dua elemen lain dari output juga dapat terpengaruh. Misalnya, jika bahan baku yang rusak digunakan, kualitas hasil menderita; biaya *output* meningkat karena skrap, perbaikan, pengerjaan ulang, dan lembur; pengiriman *output* tertunda karena dengan tingkat produk yang buruk, dibutuhkan waktu lebih lama untuk memproduksi, memeriksa, dan mengirimkan sejumlah produk yang diperlukan.

2.6 Jenis-jenis Biaya

Cost atau biaya merupakan seluruh pengorbanan yang dilakukan untuk suatu proses produksi. Penggolongan biaya perlu dilakukan untuk mengetahui tujuan dan informasi lebih lanjut mengenai biaya yang disajikan. Proses pengelompokan secara sistematis atas keseluruhan elemen yang ada ke dalam golongan-golongan tertentu yang lebih ringkas untuk dapat memberikan informasi yang lebih penting (Supriyono, 2011). Menurut Supriyono, penggolongan biaya dapat dilakukan sebagai berikut.

2.6.1 Sesuai dengan perubahan terhadap aktivitas atau kegiatan

Penggolongan biaya sesuai dengan tendensi perubahannya terhadap aktivitas terutama untuk tujuan perencanaan dan pengendalian biaya serta pengambilan keputusan. Tendensi perubahan biaya terhadap kegiatan dapat dikelompokkan menjadi:

- a. Biaya tetap
Biaya tetap (*fixed cost*) merupakan biaya yang jumlahnya tetap konstan tidak dipengaruhi oleh perubahan volume kegiatan atau aktivitas produksi. Contoh biaya tetap adalah biaya sewa, gaji karyawan, pajak, biaya asuransi, biaya cukai, dan sebagainya.
- b. Biaya variabel
Biaya variabel (*variable cost*) merupakan biaya yang jumlahnya akan berubah sebanding dengan perubahan volume kegiatan atau aktivitas produksi, semakin besar volume produksi maka semakin tinggi jumlah total biaya variabel, begitu juga sebaliknya. Contoh biaya variabel adalah biaya bahan baku, biaya pengemasan, biaya kargo, dan sebagainya
- c. Biaya semi variabel
Biaya semi variabel (*semi variable cost*) merupakan biaya yang mempunyai elemen biaya tetap dan biaya variabel. Pada biaya semi variabel, jumlah biaya total berubah sesuai dengan perubahan volume kegiatan atau aktivitas produksi, akan tetapi tingkat perubahannya tidak sebanding. Semakin tinggi volume kegiatan maka semakin tinggi pula jumlah biaya semivariabel, semakin rendah volume kegiatan maka semakin rendah pula jumlah biaya semivariabel, tetapi perubahannya tidak proporsional dengan perubahan volume kegiatan. Contoh biaya semivariabel adalah biaya listrik, biaya telepon dan biaya air.

2.6.2 Sesuai dengan objek atau pusat biaya yang dibiayai

Di dalam suatu perusahaan, objek atau pusat biaya dapat dihubungkan dengan produk yang dihasilkan, departemen-departemen yang ada, daerah pemasaran, bagian-bagian dalam organisasi tertentu, atau bahkan individu. Penggolongan biaya berdasarkan objek atau pusat biaya dapat dibagi menjadi:

- a. Biaya langsung
Biaya langsung atau *direct cost* adalah biaya yang terjadinya atau manfaatnya dapat diidentifikasi kepada objek atau pusat biaya tertentu. Dengan kata lain, biaya ini diterapkan langsung untuk menghasilkan suatu barang atau jasa. Contoh biaya langsung adalah biaya tenaga kerja langsung, biaya material, dan biaya pasokan manufaktur, dan sebagainya.

- b. Biaya tidak langsung
Biaya tidak langsung atau *indirect cost* adalah biaya yang terjadinya atau manfaatnya tidak langsung dapat diidentifikasi pada objek atau pusat biaya tertentu. Biaya ini tidak langsung diterapkan terhadap produksi barang atau jasa yang dihasilkan. Contoh biaya tidak langsung adalah biaya sewa Gedung, biaya gaji karyawan, biaya utilitas, dan sebagainya.

2.7 Variabel-variabel yang Mempengaruhi *Quality, Cost, Delivery*

Faktor Internal:

- a. Budaya Galangan
Budaya yang diterapkan pada sebuah galangan akan mempengaruhi bagaimana produksi pada galangan tersebut akan berjalan. Seperti contohnya budaya keselamatan dan keamanan yang diterapkan oleh sebuah galangan akan mempengaruhi penilaian pelanggan terhadap galangan tersebut. Budaya galangan yang diterapkan pada sebuah galangan secara tidak langsung akan memberikan dampak terhadap kualitas produk yang dihasilkan dengan mempengaruhi kompetensi dari para pekerja dan proses produksi. Manajemen di sebuah galangan diharapkan dapat mengimplementasikan budaya kerja yang baik pada lingkungan kerja galangan kapal.
- b. Standard Galangan
Standard yang diterapkan pada sebuah galangan termasuk di dalamnya sertifikasi menjadi daya saing untuk mencapai kualitas yang diinginkan. Biasanya untuk memilih dan memastikan bahwa galangan tersebut memiliki performa yang baik, pelanggan akan melihat standard apa saja yang diterapkan pada galangan tersebut. Setiap galangan di Indonesia diharapkan dapat memenuhi sertifikasi nasional maupun internasional untuk menarik minat konsumen dan menghasilkan kualitas yang bernilai jual tinggi.
- c. *Engineering dan Database*
Inovasi yang terdapat pada sebuah galangan akan menjadi nilai tambah untuk meningkatkan daya saing dari sebuah galangan. Database yang lengkap juga akan menunjang produktivitas dari galangan. Maka dari itu, engineering dan database yang dipengaruhi oleh budaya galangan dan standard galangan menjadi salah satu faktor penting dalam perbaikan QCD.
- d. Fasilitas dan Peralatan
Fasilitas dan peralatan yang dimiliki oleh sebuah galangan akan mempengaruhi kualitas dari pembangunan kapal. Pengaplikasian teknologi baru juga akan mempengaruhi biaya yang dibutuhkan untuk memproduksi suatu kapal. Di Indonesia, fasilitas galangan kapal masih dapat dikatakan cukup minim. Hanya beberapa galangan besar saja yang memiliki fasilitas yang dapat bersaing dengan galangan internasional.

e. *Labour Competence*

Karyawan merupakan salah satu asset yang dimiliki oleh sebuah galangan. Kompetensi karyawan harus dikembangkan untuk menunjang produktivitas dan efisiensi dari sebuah galangan sehingga didapatkan kualitas produksi yang diinginkan. Galangan kapal diharapkan dapat memberikan pelatihan dan sertifikasi terhadap para pekerjanya agar aspek *quality* dan *delivery* produk dapat terpenuhi.

f. *Labour Cost*

Biaya yang dibayarkan untuk upah pekerja dipengaruhi oleh kompetensi dari pekerja yang bekerja pada galangan tersebut. Selain itu keahlian atau sertifikasi dari pekerja juga akan mempengaruhi upah yang harus dibayarkan oleh galangan, jumlah dari para pekerja juga harus dikontrol oleh galangan agar produk yang dihasilkan dapat selesai tepat waktu.

Tabel 2. 4 Faktor QCD

Faktor Internal	Faktor Eksternal
<i>Shipyards Management:</i> <ul style="list-style-type: none"> • Budaya galangan • Standard galangan 	<i>Interim Supply:</i> <ul style="list-style-type: none"> • Kualitas material • Harga material
Proses Produksi: <ul style="list-style-type: none"> • <i>Engineering & database</i> • Fasilitas dan peralatan 	Keadaan global: <ul style="list-style-type: none"> • Infrastruktur industri
Tenaga Kerja: <ul style="list-style-type: none"> • <i>Labour Competence</i> • <i>Labour Cost</i> 	<i>Maritime Policies:</i> <ul style="list-style-type: none"> • Kebijakan Pemerintah • <i>Bank support</i>

Faktor Eksternal:

a. Kualitas Material

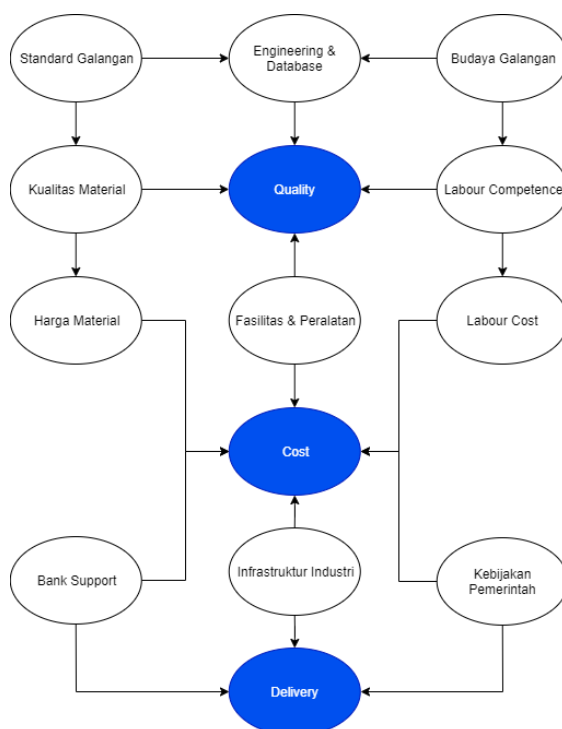
Walaupun mempunyai fungsi yang sama, kualitas produk menjadikan suatu material memiliki karakteristik yang berbeda beda. Material yang paling banyak digunakan pada galangan kapal yaitu baja. Baja menjadi material yang paling banyak digunakan untuk pembangunan kapal terutama untuk bagian konstruksi dan lambung kapal. Pemilihan kualitas baja akan sangat berpengaruh terhadap biaya material yang dikeluarkan.

b. Harga Material

Harga material yang paling memberikan dampak terhadap biaya pembangunan kapal yaitu harga baja. Sekitar 50% dari biaya pembangunan kapal adalah biaya yang diperlukan untuk konstruksi. Penentuan kualitas dan supplier material akan memberikan pengaruh yang besar untuk memangkas biaya material khususnya baja. Galangan kapal di Indonesia hingga saat ini masih bergantung kepada industri baja impor dikarenakan tengah lesunya industri baja dalam negeri.

- c. **Infrastruktur Industri**
 Infrastruktur industri menjadi hal penunjang dalam keberlangsungan galangan kapal termasuk didalamnya layanan dan fasilitas yang diperlukan agar kegiatan produksi di sebuah galangan tetap berjalan dengan semestinya. Infrastruktur sendiri dapat berupa akses jalan, jaringan listrik, jaringan telekomunikasi, dsb.
- d. **Kebijakan Pemerintah**
 Pemerintah sebagai pembuat kebijakan diharapkan dapat mendukung industri galangan kapal yang memiliki karakteristik sektor pada karya, padat modal, dan padat teknologi. Dukungan dari pemerintah akan berdampak terhadap kemajuan dan daya saing galangan kapal.
- e. **Bank Support**
 Dikarenakan terbatasnya modal yang dimiliki oleh sebuah galangan. Dukungan dari bank berupa pinjaman merupakan unsur penting dalam pembangunan sebuah kapal yang akan mempengaruhi *cost* dan *delivery* suatu kapal.

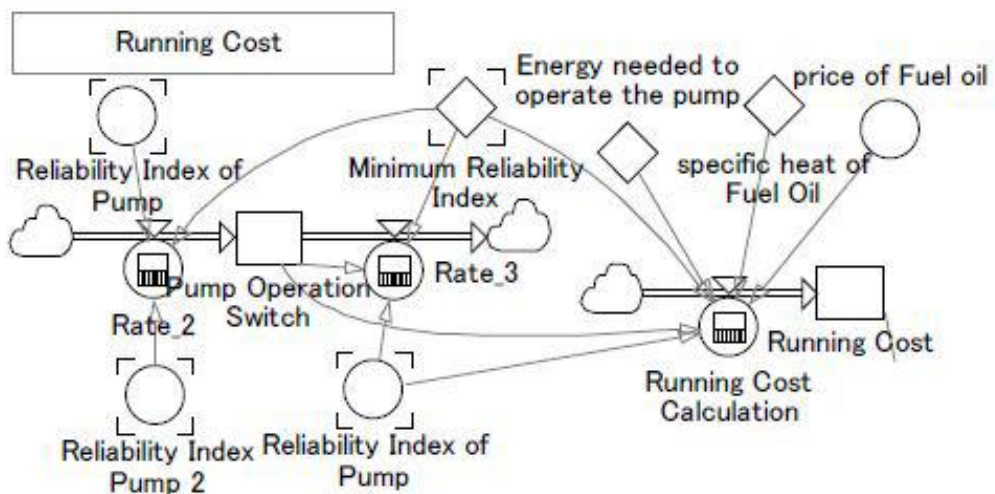
Gambar 2. 5 Hubungan Antar Variabel yang Mempengaruhi QCD



2.8 Sistem Dinamik

Sistem Dinamik merupakan suatu pemodelan berdasarkan paradigma pemikiran sistem yang kompleks. Permodelan ini diperkenalkan oleh Jay Forrester dan dikembangkan di Massachusetts Institute of Technology Amerika. Dinamika sistem berkaitan dengan interaksi dari berbagai elemen sistem dalam rentang waktu dan menangkap aspek dinamis dengan memasukan konsep seperti ketersediaan, arus, umpan baik dan penundaan dan dengan demikian memberikan wawasan tentang perilaku dinamis dari suatu sistem dari waktu ke waktu. (Victor Tang & Samudra Vijay, 2001). Dinamika sistem didasarkan pada teori dinamika nonlinear dan control umpan balik, tetapi juga mengacu pada kognitif, psikologi sosial, teori organisasi, ekonomi dan ilmu sosial lainnya untuk menganalisis suatu perilaku sistem yang kompleks (Sterman, 2000).

Persoalan yang dapat dimodelkan dengan sistem dinamik adalah masalah yang memiliki sifat dinamis dan mengandung paling sedikit satu feedback structure. Suatu model sistem dinamik dibentuk karena adanya hubungan sebab-akibat (*causal*). Dalam memrepresentasikan aktivitas dalam suatu hubungan sebab-akibat digunakan dua jenis variabel utama yang disebut sebagai *stock* dan *flow*.

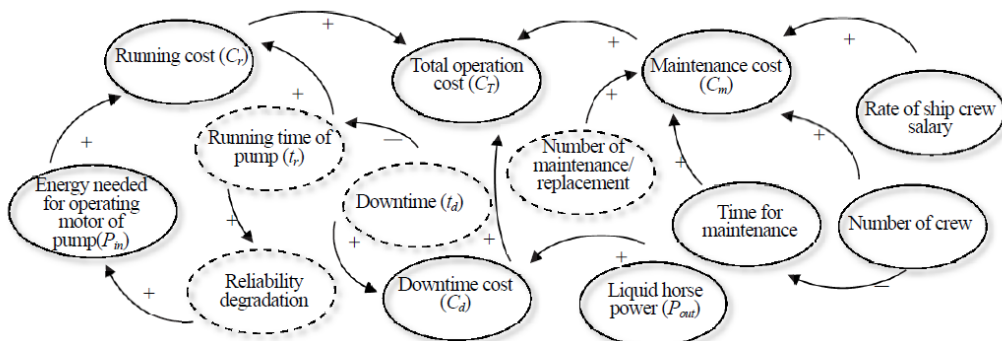


Gambar 2. 6 Contoh Pemodelan Sistem Dinamik
Sumber: Handani (2014)

2.9 Causal Loop Diagram

Causal Loop Diagram adalah diagram sebab-akibat yang membantu dalam memvisualisasikan bagaimana masing-masing variabel yang berbeda dalam suatu sistem saling terkait. *Causal loop diagram* terdiri dari empat elemen dasar yaitu variabel, *link* (hubungan antar variabel), tanda pada hubungan variabel (menunjukkan bagaimana variabel saling berhubungan), dan tanda *loop* (menunjukkan jenis perilaku yang akan dihasilkan sistem).

Link yang bertanda positif menandakan bahwa dua node yang berhubungan berubah ke arah yang sama. Apabila salah satu node meningkat, node lain juga akan meningkat, apabila node tersebut menurun, maka node lain juga akan menurun. *Link* yang bertanda negatif menandakan bahwa dua node yang berhubungan berubah dengan arah yang berkebalikan. Apabila salah satu node turun, maka node lain akan meningkat, begitu juga sebaliknya. Pada *causal loop diagram* terdapat dua *loop* yaitu *reinforcing loop* (penguat) dan *balancing loop* (penyeimbang). *Reinforcing loop* adalah dimana tindakan akan menghasilkan hasil yang lebih memengaruhi tindakan yang sama sehingga menghasilkan pertumbuhan atau penurunan. Pada *balancing loop* adalah dimana tindakan akan mempengaruhi perubahan ke arah yang berlawanan.

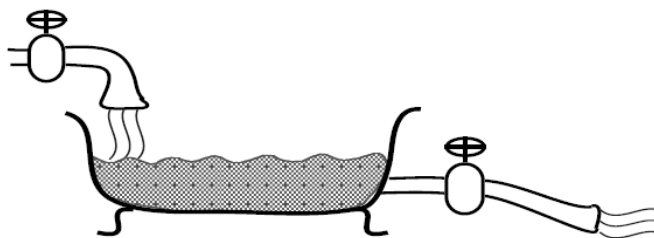


Gambar 2. 7 Contoh causal loop diagram

Sumber: Handani (2014)

2.10 Stock Flow Diagram

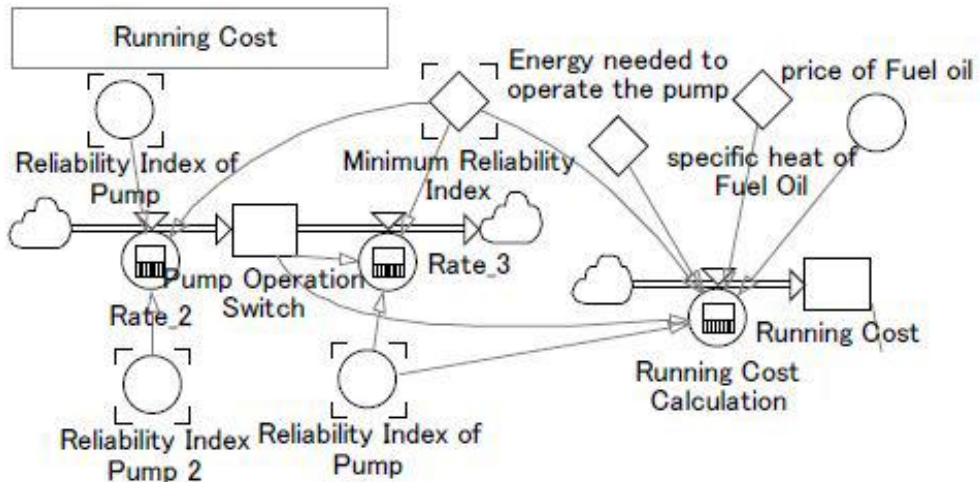
Stock flow diagram adalah sebuah diagram alir yang menggambarkan aktivitas pada suatu lingkaran *causal loop*. Diagram alir dianalogikan sebagai sebuah bak air yang akan mengakumulasi aliran air yang masuk melalui sebuah keran dan jumlah air pada bak tersebut bisa juga berkurang jika katup pada bak dibuka sehingga air yang ada pada bak mengalir keluar (Serman, 2000). Bak air tersebut merepresentasikan sebuah stok pada *stock flow diagram* dan aliran air yang mengalir baik masuk ataupun keluar bak yang diatur oleh katup merupakan sebuah aliran pada *stock flow diagram*.



Gambar 2. 8 Ilustrasi analogi stock flow diagram

Sumber: Serman (2000)




Pada diagram ini terdapat dua jenis variabel yaitu *stock (level)* dan *flow (rate)*. *Stock* menyatakan akumulasi yang dapat bertambah dan berkurang di dalam suatu sistem, sedangkan *flow* adalah proses yang menyebabkan bertambah atau berkurangnya *stock*. Pada *stock flow* diagram memperhatikan pengaruh waktu terhadap keterkaitan antar variabel, sehingga nantinya setiap variabel mampu menunjukkan hasil akumulasi untuk variabel *level*, dan variabel yang merupakan laju aktivitas sistem tiap periode waktu disebut dengan *rate*.



Gambar 2. 9 Contoh *stock flow diagram*
 Sumber: Handani (2014)

Tabel 2. 5 Simbol pada *stock flow digram*

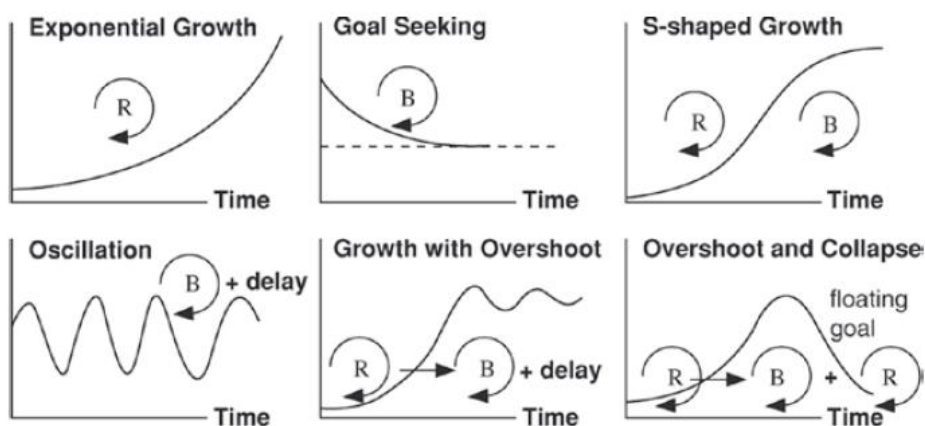
Simbol	Deskripsi
	<i>Stock (State)</i> : mengakumulasi hasil dari aliran yang masuk ataupun keluar dari stok
	<i>Flow (Rate)</i> : mengubah level pada sebuah stok setiap satuan waktu
	<i>Auxilliary</i> : variabel endogen ataupun eksogen, nilainya dapat berubah karena dipengaruhi oleh varibel lain

	<i>Constant</i> : sebuah variabel eksogen dan bernilai tetap (tidak akan berubah) dalam sebuah simulasi
	<i>Information flow</i> : laju aliran informasi
	<i>Delay</i> : menandakan adanya penundaan beberapa waktu pada variabel yang mempengaruhi variabel lain

2.11 Perilaku dari Sistem Dinamik

Perilaku dari suatu sistem memiliki karakteristik yang berbeda-beda tergantung dari struktur model yang dibuatnya. Dimana struktur pada sistem dinamik umumnya terdiri dari *feedback loop*, *stock flow*, dan nonlinieritas tercipta dari interaksi struktur pada masing-masing variabel dengan proses pengambilan keputusan dari agen yang bertindak didalamnya.

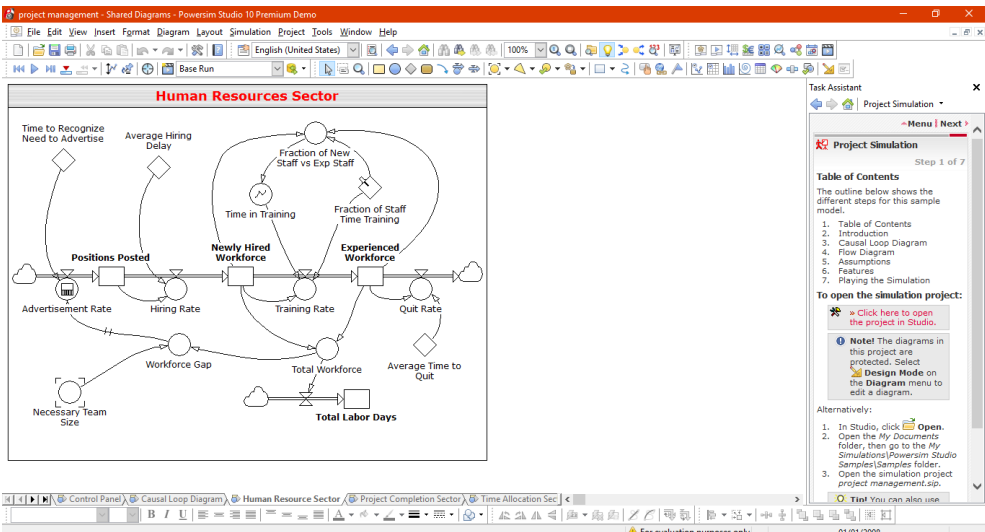
Beberapa mode perilaku yang fundamental pada sistem dinamik adalah *exponential growth*, *goal seeking*, dan *oscillation*. Masing-masing perilaku ini dihasilkan dari struktur *feedback* yang sederhana. *Exponential growth* timbul dari *positive feedback*, *goal seeking* timbul dari *negative feedback*, dan *oscillation* timbul dari *negative feedback* dengan *time delay* pada *loop*.



Gambar 2. 10 Perilaku fundamental pada sistem dinamik
Sumber: Sterman (2000)

2.12 Verifikasi dan Validasi Model

Model sistem dinamis yang dibuat merupakan representasi dari dunia nyata yang perlu dilakukan verifikasi dan validasi agar bisa merepresentasikan dunia nyata yang sedang dimodelkan. Namun menurut Sterman (2000) proses verifikasi dan validasi merupakan sebuah proses yang hampir mustahil untuk dilakukan, menurutnya proses verifikasi dan validasi ini merupakan sebuah penilaian subjektif yang diberikan pada model tergantung siapa orang yang membangun model tersebut karena tiap individu akan memiliki pandangan dan batasan ilmu pengetahuan yang berbeda-beda untuk membangun sebuah model sistem dinamis. Dari penjelasan tersebut bisa dikatakan semua model yang dibuat adalah karena keterbatasan ilmu pengetahuan kita (Sterman, 2002). Namun demikian proses verifikasi dan validasi pada model harus tetap dilakukan untuk meminimalkan kesalahan-kesalahan pada model yang dibuat. Adapun software yang dapat digunakan untuk pemodelan sistem dinamik antara lain Stella, PowerSim Studio, Vensim dan beberapa software pengolahan lain.

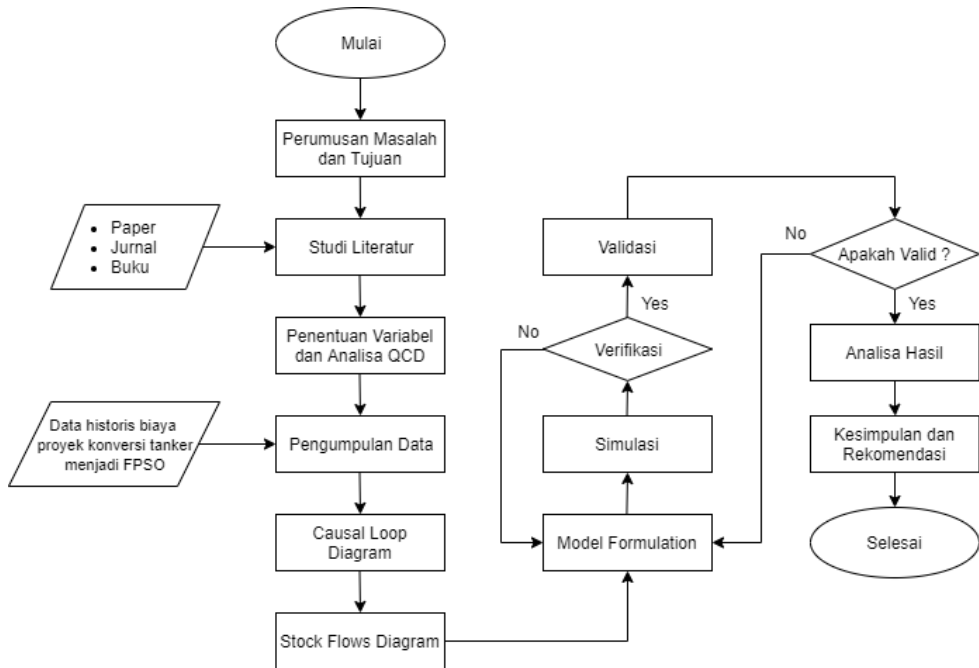


Gambar 2. 11 Tampilan *interface* pada PowerSim Studio 10

Pada penelitian ini digunakan bantuan menggunakan *software* PowerSim Studio. Powersim merupakan *software* pengolah data untuk Sistem Dinamik yang memberikan kemudahan untuk melakukan pengolahan data dengan hubungan sebab akibat dan *stock flow diagram* yang selanjutnya dapat direpresentasikan dalam sebuah grafik.

BAB III METODOLOGI

Dalam pengerjaan tugas akhir ini, adapun metodologi yang digunakan agar proses pengerjaan lebih terstruktur dan terarah digambarkan pada diagram alir berikut.



Gambar 3. 1 Diagram alir pengerjaan

3.1 Perumusan Masalah

Perumusan masalah dalam tugas akhir ini diawali dengan penggunaan FPSO sebagai teknologi yang tepat guna dalam sektor minyak dan gas bumi di Indonesia. Pembuatan FPSO yang berasal dari konversi tanker dinilai dapat meminimalisir modal awal (CAPEX) dibandingkan pembuatan *newbuild*. Maka dari itu, tugas akhir ini akan berfokus pada biaya yang dibutuhkan dalam proyek pembangunan konversi kapal tanker menjadi FPSO dengan menentukan variable-variabel yang mempengaruhi biaya proyek tersebut melalui pendekatan *quality, cost, and delivery* dengan melakukan pemodelan sistem dinamik dan selanjutnya akan ditentukan rekomendasi yang dapat mengurangi biaya proyek tersebut.

3.2 Studi Literatur

Dalam proses ini akan dilakukan pencarian referensi yang bersumber dari buku, jurnal, penelitian, maupun internet guna memahami permasalahan dan aspek-aspek referensi terkait dengan pengerjaan tugas akhir ini. Referensi yang digunakan pada studi literatur secara khusus membahas hal-hal terkait seperti kondisi eksploitasi

minyak dan gas bumi di Indonesia, studi yang berkaitan dengan pembangunan FPSO, variabel yang mempengaruhi pembangunan FPSO, dan metode yang berkaitan dengan pemodelan sistem dinamik.

3.3 Penentuan Variabel dan Analisa QCD

Pada tahap ini ditentukan variable-variabel yang dapat mempengaruhi harga pembangunan konversi kapal tanker menjadi FPSO dengan melakukan analisa terhadap aspek *quality, cost, delivery*.

3.4 Pengumpulan Data

Selanjutnya akan dilakukan pengumpulan data untuk menunjang pengerjaan tugas akhir ini berdasarkan variabel yang telah dianalisa. Data yang dikumpulkan merupakan data terkait yang mempengaruhi proyek pembangunan konversi kapal tanker menjadi FPSO.

3.5 Causal Loop Diagram dan Stock Flow Diagram

Setelah semua variabel telah ditentukan dengan menganalisa terhadap aspek QCD, selanjutnya dilakukan pembuatan *causal loop diagram* untuk mengetahui hubungan dan interaksi antar variabel yang bersangkutan. Pembuatan *stock flow diagram* dilakukan untuk merepresentasikan aktivitas yang terjadi dalam *causal loop* dan mengetahui pola perilaku antar variabel untuk memudahkan pemodelan.

3.6 Model Formulation dan Simulasi

Pada tahap ini dilakukan formulasi terhadap model yang telah dibuat untuk selanjutnya diproses dan dilakukan simulasi menggunakan software yang menunjang pemodelan Sistem Dinamik.

3.7 Verifikasi dan Validasi

Tahap verifikasi bertujuan untuk memastikan bahwa variabel-variabel yang telah dimodelkan dan diimplementasikan menggunakan software tidak terjadi kesalahan. Validasi dilakukan untuk mengetahui apakah pemodelan yang telah dilakukan sudah akurat, dapat diterima dan dapat merepresentasikan dengan hasil nyata.

3.8 Analisa Hasil

Selanjutnya dilakukan analisa pada hasil pemodelan yang telah dilakukan untuk mengetahui apa saja yang dapat dilakukan guna meminimalisir biaya dan meningkatkan proses pembangunan konversi kapal tanker menjadi FPSO dengan memperhatikan aspek *quality, cost, dan delivery*.

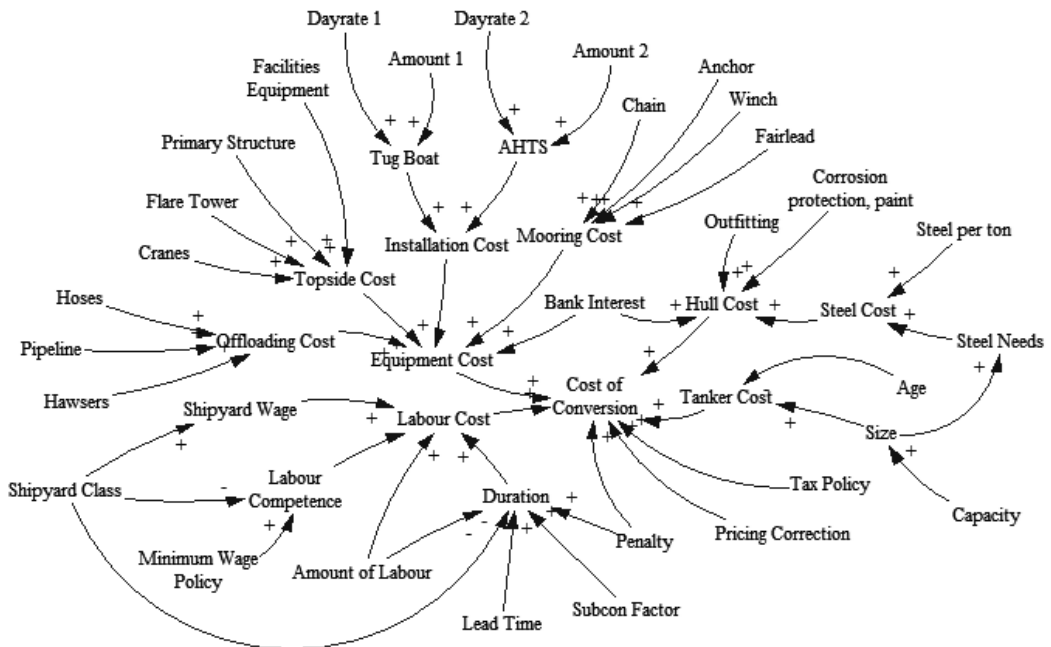
3.9 Kesimpulan dan Rekomendasi

Hasil dari tugas akhir ini akan dijelaskan pada tahap ini. Kesimpulan dari model sistem dinamik yang telah dilakukan dan rekomendasi akan diberikan. Selanjutnya saran untuk tugas akhir ini akan disampaikan sehingga studi untuk penelitian ini dapat ditingkatkan untuk di masa yang akan datang.

BAB IV ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN

4.1 Pembuatan *Causal Loop Diagram*

Langkah pertama dalam pemodelan sistem dinamik adalah dengan memahami permasalahan dengan merepresentasikan dalam sebuah causal loop diagram. Causal loop diagram digunakan untuk mengetahui hubungan antara variabel yang kompleks dan melihat interaksi yang terjadi sehingga mempengaruhi biaya proyek konversi kapal tanker menjadi FPSO. Dengan *causal loop* maka dapat dilihat interaksi yang terjadi pada masing-masing variabel yang terdapat pada Gambar 4.1. *Causal loop* diagram tersebut dibuat menggunakan software VENSIM.



Gambar 4. 1 Causal Loop Diagram

4.2 Hubungan dalam *Causal Loop Diagram*

Dalam pemodelan causal loop pada biaya pembangunan konversi tanker menjadi FPSO ditentukan terdapat empat variabel utama, yaitu *Equipment Cost*, *Hull Cost*, *Tanker Cost*, dan *Labour Cost* yang akan mempengaruhi *Cost of Conversion*. Masing- masing variabel utama tersebut memiliki beberapa variabel-variabel di dalamnya yang saling berpengaruh satu sama lain.

4.2.1 *Equipment Cost*

Equipment cost merupakan biaya yang dibutuhkan untuk peralatan-peralatan dan instalasi dalam pembangunan konversi kapal tanker menjadi FPSO. Biaya-biaya yang mempengaruhi *equipment cost* antara lain.

- *Topside Cost*

Topside cost adalah biaya yang dibutuhkan untuk pembangunan *topside* yang digunakan untuk menunjang proses pengolahan minyak dan gas pada sebuah FPSO. Unit topside pada sebuah FPSO merupakan bagian yang sangat kompleks, dibuat sesuai dengan spesifikasi kebutuhan kapal. Pada umumnya, biaya pembangunan topside pada FPSO dipengaruhi oleh biaya yang terdiri dari *facilities equipment* yaitu menunjang peralatan untuk pengolahan minyak dan gas bumi, *primary structure* yaitu sebagai struktur penunjang peralatan-peralatan yang terpasang pada topside, *flare tower* yaitu struktur menara yang digunakan sebagai tempat pembakaran limbah gas atau minyak yang tidak dibutuhkan, dan *cranes* yang digunakan untuk membantu pengangkutan barang yang diperlukan selama proses operasional FPSO.



Gambar 4. 2 FPSO topside
Sumber: web.gps-intl.com

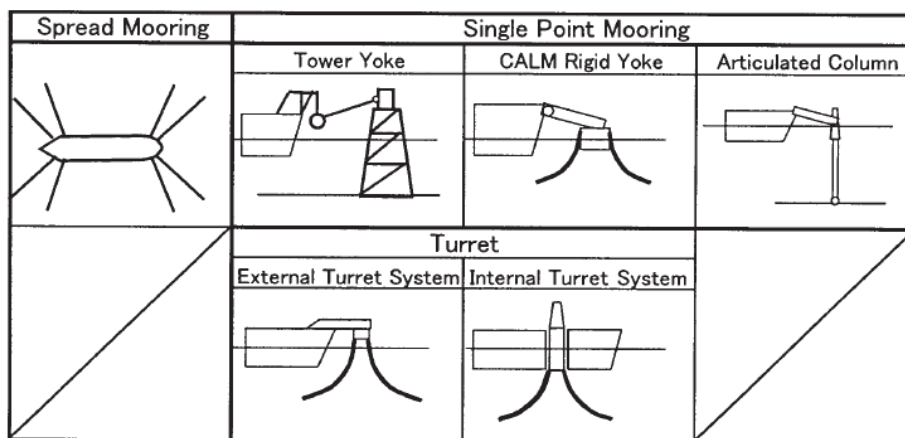
- *Offloading Cost*

Offloading cost adalah biaya yang dibutuhkan untuk peralatan pengiriman/transfer minyak dan gas bumi yang telah di proses yang kemudian akan dipindahkan melalui *shuttle tanker*. Peralatan yang menunjang proses *offloading* terdiri dari *hawsers* yaitu tali yang digunakan untuk menambat kapal tanker yang akan melakukan proses *offloading*, *pipeline* yang digunakan untuk

menyalurkan fluida, dan *hoses* yaitu pipa fleksibel digunakan untuk mentransfer fluida menuju *shuttle tanker*.

- **Mooring Cost**

Mooring cost adalah biaya yang dibutuhkan untuk peralatan sistem tambat pada FPSO. Sistem tambat ini dipengaruhi oleh daerah FPSO akan dioperasikan. Tipe sistem tambat akan disesuaikan berdasarkan kondisi perairan, arus, ombak, angin, dan sebagainya. Dalam sistemnya tersebut, *mooring cost* dipengaruhi oleh jumlah chain, jumlah dan berat *anchor*, *winch*, dan *fairlead*.



Gambar 4. 3 Tipe *mooring* FPSO
Sumber: Shimamura (2002)

- **Installation Cost**

Installation cost adalah biaya yang dibutuhkan untuk proses instalasi FPSO dari galangan menuju lapangan. Dalam hal ini, biaya instalasi akan dipengaruhi oleh biaya penyewaan AHTS (*Anchor Handling Tug Supply*) untuk melakukan kerja jangkar dan *tugboat* untuk menarik FPSO menuju field. Biaya penyewaan AHTS dan *tugboat* akan dipengaruhi oleh jumlah kapal yang digunakan dan *dayrate* dari masing masing *vessel*.

4.2.2 Hull Cost

Hull cost merupakan biaya yang dibutuhkan untuk pembangunan konversi lambung kapal tanker menjadi FPSO. Biaya untuk pembangunan tersebut dipengaruhi oleh biaya-biaya antara lain, *outfitting* yaitu biaya yang dibutuhkan untuk mereparasi dan memodifikasi lambung pada kapal tanker, *corrosion protection and paint* yaitu biaya yang dibutuhkan untuk pengecatan kapal dan pelapisan pelindung untuk menghindari korosi, dan *steel cost* yaitu biaya baja yang dibutuhkan untuk konversi lambung kapal.

4.2.3 Tanker Cost

Tanker Cost merupakan biaya yang dibutuhkan untuk pembelian *secondhand* tanker yang nantinya akan dikonversi. Biaya tersebut dipengaruhi oleh ukuran dan umur dari kapal tanker yang akan dikonversi menjadi FPSO. Pembelian kapal tersebut juga harus sesuai dengan spesifikasi, kapasitas penyimpanan dan kapasitas produksi yang dibutuhkan.

4.2.4 Labour Cost

Labor cost merupakan biaya dibutuhkan dalam proses pengerjaan konversi kapal tanker menjadi FPSO termasuk di dalamnya biaya galangan dan durasi proyek pembangunan. Durasi proyek dipengaruhi oleh kompetensi dari tenaga kerja yang melakukan proyek pengerjaan konversi tersebut. Semakin tinggi kompetensi dari tenaga kerja, maka akan semakin singkat durasi pengerjaan proyeknya, tetapi biaya yang dibutuhkan akan semakin meningkat yang akan berpengaruh pada biaya galangan. Biaya galangan juga dipengaruhi oleh UMR (upah minimum regional) yang berlaku di lokasi galangan tersebut berada dan kompetensi dari galangan.

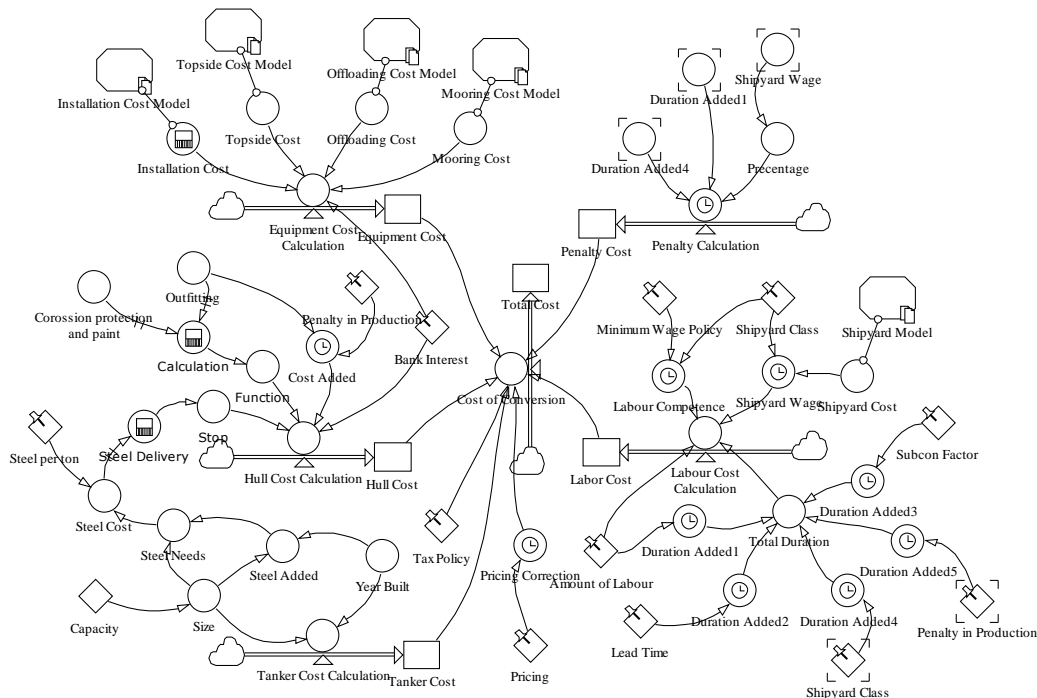
4.2.5 Bank Interest

Pada proses pembangunan sebuah kapal di galangan, bank memiliki peran penting dalam peminjaman dana yang dibutuhkan. Dalam hal ini, bunga yang diberlakukan pada peminjaman bank sangat berpengaruh terhadap pembangunan sebuah kapal. Saat ini, bunga yang berlaku pada pinjaman untuk pembangunan kapal adalah berkisar antara 12-15% dengan tenor selama 5-6 tahun. Pada penelitian ini, bunga bank akan mempengaruhi biaya yang dibutuhkan untuk pemenuhan *equipment cost* dan *hull cost* dimana akan ada penambahan biaya akibat bunga pinjaman dari bank.

4.2.6 Tax Policy

Pemerintah juga turut berperan dalam pembangunan sebuah kapal, dimana pemerintah akan menentukan besarnya pajak masuk yang dikenakan akibat adanya kegiatan impor. Seperti yang diketahui bahwa sebagian besar komponen yang digunakan dalam pembangunan kapal merupakan komponen impor maka akan ada penambahan biaya akibat adanya pajak. Selain itu, dalam proses pengadaan komponen yang digunakan pada pembangunan sebuah kapal terdapat juga PPN (Pajak Pertambahan Nilai) dari biaya pengadaan sebuah barang atau komponen. Maka dari itu, pada penelitian ini semua nilai pajak yang berasal dari kebijakan pemerintah dikelompokkan kedalam tax policy yang akan memberikan penambahan pada biaya pembangunan konversi kapal tanker menjadi FPSO.

4.3 Stock and Flow Diagram



Gambar 4. 4 Stock and flow diagram

Setelah pembuatan *causal loop diagram* dilaksanakan, selanjutnya adalah tahap pembuatan *stock and flow diagram*. *Stock and flow diagram* dilakukan untuk mengakumulasi perhitungan pada pemodelan pembangunan konversi kapal tanker menjadi FPSO. Pada Gambar 4.6 pemodelan dilakukan menggunakan perangkat lunak Powersim.

4.4 Komponen Biaya

Pada tahap ini dikelompokkan biaya-biaya apa saja yang termasuk biaya langsung (*direct cost*) dan biaya tidak langsung (*indirect cost*) yang mempengaruhi biaya pembangunan proyek konversi kapal tanker menjadi FPSO.

4.4.1 Biaya Langsung

Biaya langsung atau *direct cost* adalah biaya yang terjadinya atau manfaatnya dapat diidentifikasi kepada objek atau pusat biaya tertentu. Dengan kata lain, Biaya ini merupakan biaya yang dikeluarkan langsung untuk melakukan konversi kapal tanker menjadi FPSO. Pada Tabel 4.1 menunjukkan biaya apa saja yang termasuk komponen biaya langsung.

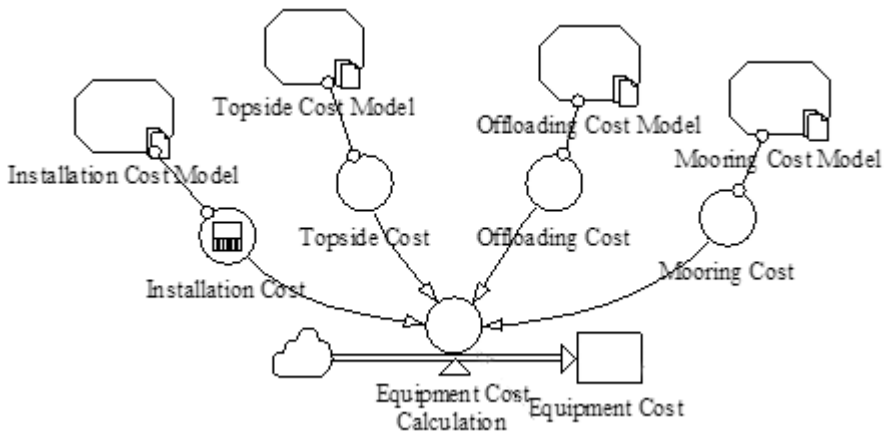
4.4.2 Biaya Tidak Langsung

Biaya tidak langsung atau *indirect cost* adalah biaya yang terjadinya atau manfaatnya tidak langsung dapat diidentifikasi pada obek atau pusat biaya tertentu. Dengan kata lain, biaya ini dampaknya tidak langsung mempengaruhi produksi atau merupakan pendukung biaya konversi kapal tanker menjadi FPSO. Pada Tabel 4.1 menunjukkan biaya apa saja yang termasuk komponen biaya tidak langsung.

Tabel 4. 1 Komponen biaya

Jenis Biaya	
Biaya langsung (<i>direct cost</i>)	Biaya tidak langsung (<i>indirect cost</i>)
1. Steel cost 2. Tanker cost 3. Installation cost 4. Topside cost 5. Mooring cost 6. Offloading cost 7. Outfitting cost 8. Paint and corrosion protection cost	1. Tax policy 2. Bank interest 3. Shipyard wage 4. Labour Cost

4.5 Perhitungan *Equipment Cost*



Gambar 4. 5 *Equipment cost*

Dalam pemodelan menggunakan Powersim, pembiayaan pada masing masing variabel yang terdapat pada equipment cost didapatkan berdasarkan data-data dan

studi literasi yang berasal dari jurnal dan paper yang berkaitan pada pembangunan konversi kapal tanker menjadi FPSO. Variabel-variabel ini termasuk variabel kontrol dan bernilai tetap. Pada tabel berikut merupakan rincian biaya yang terdapat pada perhitungan *equipment cost*.

$$\begin{aligned}
 \text{Equipment Cost} &= \text{Installation Cost} + \text{Topside Cost} \\
 &+ \text{Offloading Cost} + \text{Mooring Cost}
 \end{aligned}
 \tag{4.1}$$

Tabel 4. 2 *Equipment Cost*

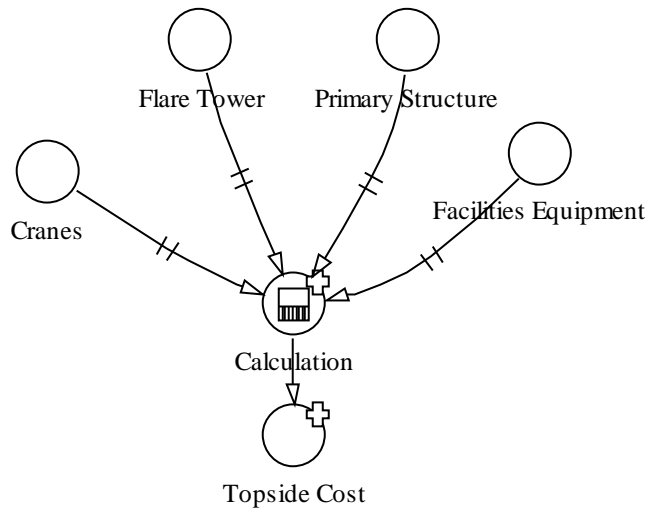
Variabel	Biaya (USD)
Topside Cost	
-Primary Structure	\$86.400.000
-Facilities Equipment	\$22.500.000
-Cranes	\$1.000.000
-Flare Tower	\$35.000
Mooring Cost	
-Chain	\$175.549
-Anchor	\$108.000
-Fairlead	\$1.400.000
-Winch	\$2.000.000
Offloading Cost	
-Hoses	\$200.000
-Pipeline	\$65.000.000
-Hawsers	\$150.000
Installation Cost	
-Tugboat	\$12.000
-AHTS	\$6000

4.4.1 *Topside Cost*

Topside merupakan bagian yang paling penting dari sebuah FPSO. Pada bagian *topside* terjadi proses pengolahan minyak mentah yang selanjutnya akan didistribusikan. FPSO akan mengolah minyak mentah dari dalam perut bumi dengan memisahkan antara hidrokarbon berbentuk gas dan cair. Hidrokarbon dalam bentuk cair yang berbentuk *crude oil* kemudian akan diproses untuk dibersihkan kandungan-kandungan pengotornya seperti air, sulfur dan partikel solid. Hidrokarbon dalam fase gas hasil pemisahan, kemudian juga akan di proses untuk selanjutnya akan di kirimkan ke darat melalui pipa atau di injeksikan kembali ke dalam sumur untuk menjaga tekanan di dalam sumur agar volume pengangkatan minyak mentah dapat dijaga. Produk sampingan yang dihasilkan selama proses seperti limbah air dan air laut kemudian akan diproses untuk selanjutnya dibuang atau diinjeksikan kembali seperti gas ke dalam sumur dengan tujuan yang sama yaitu untuk menjaga tekanan

pada sumur. Maka dari itu, biaya-biaya yang dibutuhkan dalam pembuatan sebuah *topside* adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \textit{Topside Cost} &= \textit{Facilities Equipment} \\ &+ \textit{Primary Stucuture} + \textit{Flare Tower} \\ &+ \textit{Cranes} \end{aligned} \quad (4.2)$$



Gambar 4. 6 *Submodel topside cost*

a. Primary Structure

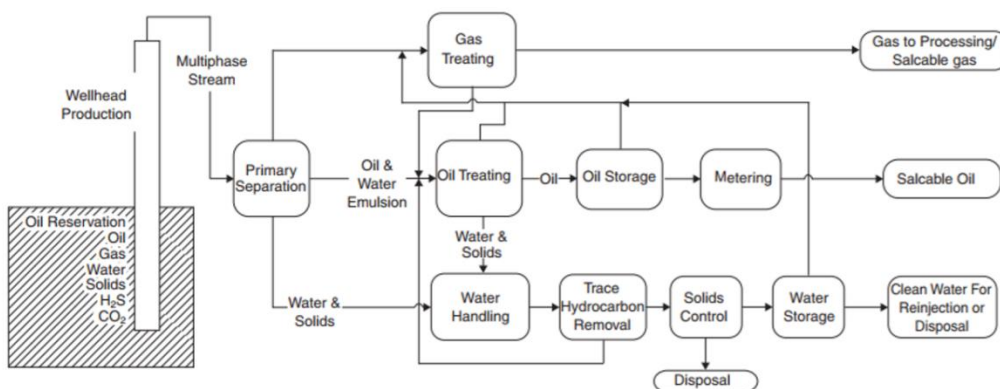
Struktur dari *topside* FPSO memiliki peran penting dalam menopang peralatan-peralatan dari *topside* modul yang digunakan dalam pemrosesan minyak. Selain digunakan untuk menopang fasilitas-fasilitas pemrosesan minyak, struktur tersebut juga digunakan untuk menopang fasilitas yang digunakan sebagai akomodasi dari kru yang bekerja di FPSO termasuk didalamnya kamar-kamar untuk beristirahat, ruangan hiburan dan layanan-layanan lain yang dibutuhkan oleh para kru. Maka dari itu biaya yang termasuk disini adalah biaya yang dibutuhkan untuk pemasangan struktur-struktur baja yang menopang segala fasilitas yang dibutuhkan oleh bagian *topside* dari sebuah FPSO yaitu *framing, flooring, railing*.

b. Facilities Equipment

Topside modul terdiri dari berbagai macam peralatan yang digunakan untuk keperluan proses pengolahan minyak mentah. Secara umum fasilitas tersebut diperlukan untuk memenuhi empat fungsi utama, yaitu:

1. Untuk memisahkan fluida dari sumur menjadi tiga komponen utama dengan tiga fase yang berbeda yaitu gas, cair, dan partikel solid
2. Untuk memisahkan air dari hidrokarbon yang berfase cair
3. Untuk memproses minyak mentah dan menangkap uap gas yang dihasilkan
4. Untuk pengkondisian gas yang dihasilkan

Skema proses pada FPSO dapat dilihat pada Gambar. Namun demikian skema proses akan spesifik tergantung pada masing-masing lapangan minyak tetapi secara umum fungsi pada FPSO akan mengikuti pola seperti yang dijelaskan sebelumnya.



Gambar 4. 7 Skema fasilitas proses pada FPSO

Untuk mendukung fungsi yang telah disebutkan sebelumnya, fasilitas pada *topside* FPSO dapat dibagi menjadi beberapa modul utama dengan penjabaran sebagai berikut:

- Modul Proses Separasi

Pada modul ini berfungsi untuk memisahkan fluida produksi dari sumur sesuai masing-masing fasenya dan menghilangkan kandungan pengotor baik dalam bentuk partikel solid maupun gas dan cair terdiri dari beberapa komponen seperti:

1. *Crude Heater*
2. *Crude Transfer Pump 1*
3. *Crude Transfer Pump 2*
4. *1st Stage Separator 1*
5. *1st Stage Separator 2*
6. *Test Heater*
7. *Production Water Recovery Pump 1*
8. *Production Water Recovery Pump 2*
9. *2nd Stage Separator*
10. *Crude Cooler*
11. *Test Separator Pump*
12. *Electrostatic Coalescer*

13. *Test Separator*
14. *Production Water Hydrocyclone*

- Modul Proses Pengkondisian Gas

Pada modul ini berfungsi untuk mengkondisikan gas sesuai persyaratan tertentu.

Modul ini terdiri dari beberapa komponen seperti:

1. *1st Stage Flash Gas Suct. Cooler*
2. *1st Stage Flash Gas Compressor*
3. *LP Flash Condensate Pump*
4. *LP Flash Condensate Pump*
5. *1st Stage Flash Gas Suct. Scrubber*
6. *2nd Stage Flash Gas Suct Cooler*
7. *2nd Stage Flash gas Compressor*
8. *2nd Stage Gas Suct Scrubber*
9. *2nd Stage Flash Gas Disch. Cooler*
10. *2nd Stage Flash Gas Disch. Scrubber*
11. *Glycol Regeneration Package*
12. *HP Flare Pump*
13. *HP Flare Pump*
14. *HP Flare Drum*
15. *LP Flare Pump*
16. *LP Flare Pump*
17. *LP Flare Drum*

- Modul Proses Kompresi Gas

Pada modul ini berfungsi untuk mengkompresikan gas untuk selanjutnya di injeksikan kedalam sumur dan membuang gas yang berlebih ke *flare*. Modul ini terdiri dari beberapa komponen seperti:

1. *Glycol Contactor*
2. *1st Stage Inlet Suct. Cooler*
3. *1st Stage Inlet Suct. Cooler*
4. *1st Stage Inlet Suct. Cooler*
5. *1st Stage Inlet Compressor*
6. *1st Stage Inlet Scrubber*
7. *1st Stage Inlet Disch. Cooler*
8. *1st Stage Inlet Disch. Cooler*
9. *2nd Stage Inlet Compressor*
10. *2nd Stage Inlet Scrubber*
11. *2nd Stage Inlet Disch. Cooler*
12. *Glycol Inlet Scrubber*
13. *Gas Metering Skid*
14. *CM Surge Drum*
15. *Flare Ignition Package*

- Modul Pembangkit

Modul ini berfungsi sebagai penyuplai energi listrik ke modul lainnya sebagai penunjang operasi. Modul ini terdiri dari beberapa komponen seperti:

1. *Main Generator Package 1*
2. *Main Generator Package 2*
3. *Main Generator Package 3*
4. *Instrument Air Receiver*
5. *Air Compressor Package*
6. *Air Drier Package*

- Modul Utilitas

Modul ini berfungsi sebagai sarana utilitas untuk mendukung kerja sistem pada modul-modul lainnya. Modul ini terdiri dari beberapa komponen seperti:

1. *CM Cooler*
2. *Seawater Booster Pump*
3. *Seawater Booster Pump*
4. *Seawater Booster Pump*
5. *Seawater Fine Filter*
6. *Seawater Injection Pump*
7. *Seawater Injection Pump*
8. *Seawater Injection Pump*
9. *Dearator Vacuum Unit*
10. *Glycol Transfer Pump*
11. *Glycol Storage Tank*
12. *CM Circ Pump*
13. *CM Circ Pump*
14. *CM Circ Pump*
15. *CM Make up Tank*
16. *CM Make up Pump*
17. *HM Heater*
18. *HM Circ Pump*
19. *HM Circ Pump*
20. *HM Circ Pump*
21. *HM Comp Cooler*
22. *Chem Injection Unit (Water)*
23. *Chem Injection Unit (Gas)*
24. *Methanol Storage Drum*
25. *MethanoL Injection Unit*
26. *Seawater Coarse Filter*
27. *Inert Gas Generator*

c. *Cranes*

Crane merupakan peralatan yang menunjang topside yang berfungsi untuk mengangkat dan memindahkan barang-barang untuk menunjang proses pengolahan

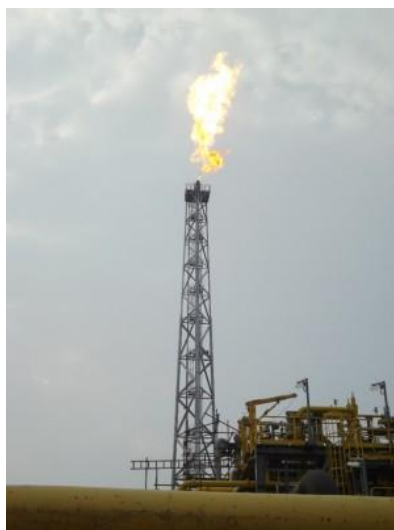
minyak pada FPSO maupun menunjang kebutuhan para kru yang bekerja. Tipe *crane* yang terdapat pada sebuah FPSO antara lain *pedestal crane* atau *ram luffing crane*.



Gambar 4. 8 *Crane* FPSO
Sumber: www.bluewater.com

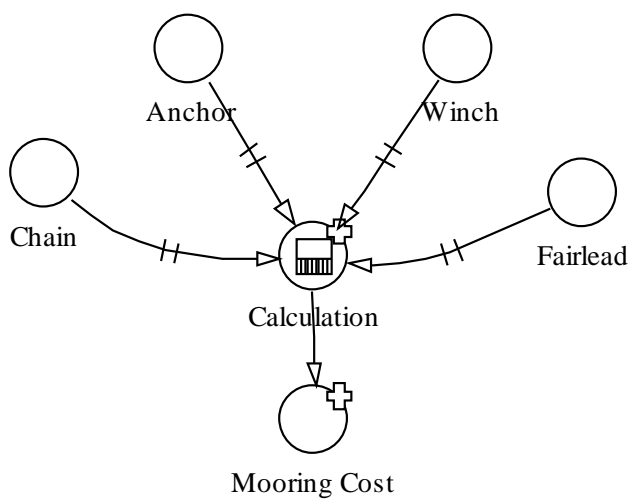
d. Flare Tower

Flare tower memiliki fungsi keselamatan yaitu untuk membakar dan membuang gas sisa dari proses pengolahan minyak atau pembakaran karena alasan lain. *Flare tower* pada sebuah FPSO terhubung dengan sistem *flare* yang mengumpulkan seluruh ventilasi gas dari fasilitas proses. *Flare tower* disusun dari struktur baja yang memiliki tinggi minimal 15 m dari deck.



Gambar 4. 9 Flare tower
 Sumber: www.zenithstructural.com

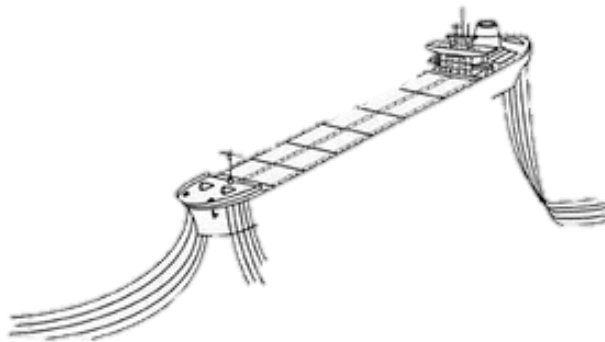
4.4.2 Mooring Cost



Gambar 4. 10 Submodel mooring cost

$$\text{Mooring Cost} = \text{Anchor} + \text{Chain} + \text{Winch} + \text{Fairlead} \quad (4.3)$$

Fungsi *mooring* pada umumnya adalah untuk mengamankan posisi sebuah FPSO agar tetap pada posisi yang diinginkan. Tipe-tipe *mooring* yang digunakan pada FPSO tergantung pada kondisi lapangan FPSO tersebut dioperasikan. Pada skenario tugas akhir ini, dikarenakan letak FPSO yang akan dioperasikan berada di wilayah perairan Indonesia maka tipe *mooring* yang digunakan adalah *spread mooring*. *Spread mooring* merupakan tipe yang paling sederhana dari *mooring*, *mooring* ini digunakan pada wilayah perairan yang tidak terlalu ekstrim. Pada tipe ini satu set *anchor legs* dan *mooring lines* diletakan pada bagian *bow* dan *stern* kapal untuk mencegah pergerakan FPSO dari sejumlah gaya-gaya lingkungan yaitu angin, arus, dan gelombang yang relatif kecil. Untuk sistem tambat tersebut, peralatan yang mempengaruhi *mooring cost* antara lain:



Gambar 4. 11 *Spread mooring* FPSO
Sumber: www.maritimeworld.web.id

a. *Anchor*

Anchor atau jangkar digunakan untuk menahan gaya gesekan atau bantalan dari tanah sekitarnya. *Anchor* berfungsi untuk menahan kapal tetap berada pada posisi yang diinginkan. Tipe jangkar yang digunakan pada FPSO juga berbeda-beda tergantung kedalaman dan kondisi lapangan FPSO tersebut dioperasikan. Tipe jangkar yang umum digunakan pada instalasi *offshore* adalah *drag-embedment anchors* (DEA). DEA dipasang dengan cara menyeret, menggunakan rantai tambatan atau kawat, sarana instalasi yang relatif sederhana ini menjadikan DEA pilihan yang hemat biaya untuk menambatkan struktur lepas pantai. DEA biasanya digunakan untuk tambatan sementara struktur minyak dan gas lepas pantai, mis. unit pengeboran lepas pantai mobile. Pemasangan jangkar pada FPSO biasanya memerlukan bantuan kapal AHT/AHTS (*Anchor Handling Tug Supply*)

b. *Chain*

Rantai pada *mooring* digunakan untuk menghubungkan jangkar dengan FPSO. Panjang dari rantai jangkar harus disesuaikan tergantung kondisi lapangan dan kedalaman laut pada FPSO tersebut dioperasikan

c. *Fairlead*

Fairlead adalah alat untuk memandu dan mengarahkan rantai jangkar agar sesuai dengan jalur yang ditetapkan atau untuk menghentikannya bergerak secara lateral. Biasanya *fairlead* adalah cincin atau pengait. Jumlah *fairlead* yang digunakan pada FPSO disesuaikan dengan jumlah jangkar yang digunakan.



Gambar 4. 12 *Fairlead and chain*
Sumber: phe.com.sg

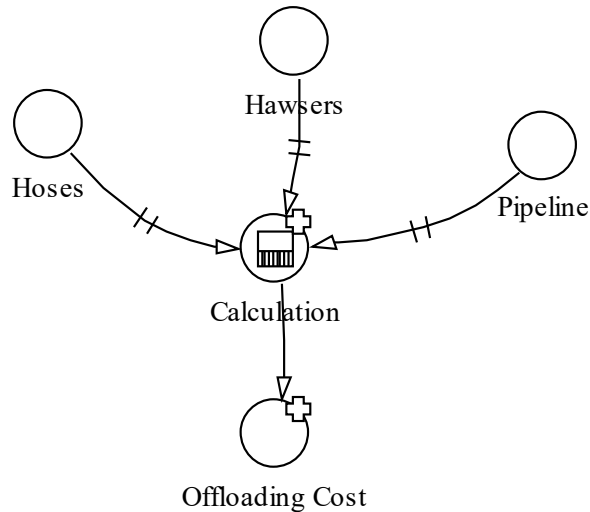
d. *Winch*

Winch pada umumnya digunakan untuk menggulung dan mengulur rantai jangkar pada kapal, begitu pula dengan FPSO, *winch* digunakan untuk menahan beban dari rantai jangkar terhadap kapal. Jumlah *winch* disesuaikan dengan jumlah jangkar dan kapasitas nya pun disesuaikan dengan berat beban yang harus ditahan.



Gambar 4. 13 *Winch*
Sumber: www.royalihc.com

4.4.3 Offloading Cost



Gambar 4. 14 Submodel offloading cost

$$\text{Offloading Cost} = \text{Pipeline} + \text{Hawsers} + \text{Hoses} \quad (4.4)$$

Sistem *offloading* digunakan untuk memindahkan fluida (minyak atau gas) yang telah diproses dari sebuah FPSO yang selanjutnya akan didistribusikan. Sistem *offloading* melakukan peran penting untuk memastikan pemindahan fluida yang aman dan efisien dari produksi lepas pantai atau unit penyimpanan menuju *shuttle tanker*. Peralatan yang menunjang sistem *offloading* dan mempengaruhi *offloading cost* antara lain:

a. *Pipeline*

Pipeline merupakan serangkaian jalur pipa yang digunakan sebagai media pemindahan fluida dari satu tempat ke tempat lainnya. Perancang pipa dari sebuah FPSO harus didesain seefisien mungkin untuk mendapatkan biaya yang minimal.

b. *Hoses*

Hoses memiliki fungsi yang sama dengan pipa pada umumnya yaitu untuk menyalurkan atau mengalirkan fluida yang didorong oleh tekanan yang berasal dari sebuah tempat menuju tempat lain. Namun, *hose* atau selang memiliki tekstur yang lebih fleksibel dan digunakan sebagai pengganti pipa pada kebutuhan tertentu.



Gambar 4. 15 *Hoses*
Sumber: www.y-yokohama.com

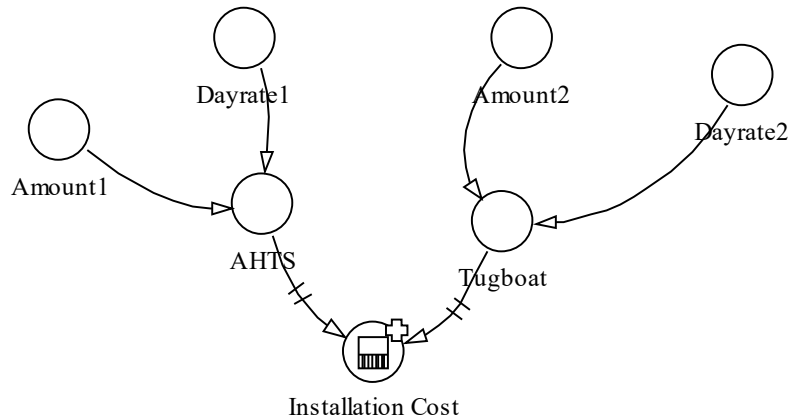
c. *Hawser*

Sistem *offloading* menggunakan *hawser* digunakan untuk mencegah tubrukan antar kapal selama proses pemindahan fluida (*offloading*). *Hawser* menghubungkan kapal dengan *calm buoy* tempat terjadinya proses *offloading* dengan kapal *shuttle tanker*. Panjang *hawser* bervariasi antara 40meter sampai 100meter tergantung kondisi lingkungan setempat. *Hawser* biasanya terletak pada haluan dari sebuah FPSO.



Gambar 4. 16 *Hawser*
Sumber: www.lankhorstoffshore.com

4.4.4 Installation Cost



Gambar 4. 17 Submodel installation cost

$$\text{Installation Cost} = \text{AHTS} + \text{Tugboat} \quad (4.5)$$

$$\text{AHTS} = \text{Amount1} \times \text{Dayrate1} \quad (4.6)$$

$$\text{Tugboat} = \text{Amount2} \times \text{Dayrate2} \quad (4.7)$$

Pada tahap ini dilakukan proses instalasi sebuah FPSO yang telah siap dioperasikan yaitu pemindahan menuju ke lapangan yang telah ditentukan. Instalasi dilakukan dengan menggunakan bantuan kapal AHTS untuk melakukan kerja jangkar (*anchoring*) pada FPSO dan juga kapal *tugboat* untuk menarik FPSO dari galangan menuju ke tempat dioperasikannya FPSO tersebut. Penentuan biaya pada *insallation cost* dipengaruhi oleh jumlah kapal dan *dayrate* dari masing-masing kapal yang digunakan untuk proses instalasi. Dalam scenario ini ditentukan jumlah kapal AHTS yaitu 2 buah dan jumlah kapal *tugboat* yaitu 2 buah.



Gambar 4. 18 *Tugboat*
Sumber: www.marineinsight.com

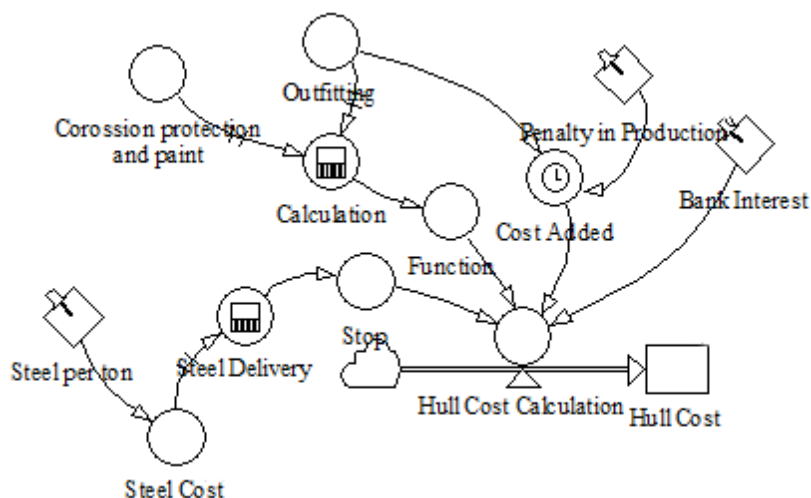


Gambar 4. 19 AHTS (*Anchor Handling Tug Supply*)
Sumber: www.marineinsight.com

4.6 Perhitungan *Hull Cost*

Pemodelan perhitungan pada *hull cost* diperoleh berdasarkan variabel yang mempengaruhi biaya pembangunan lambung untuk konversi kapal tanker menjadi FPSO. Nilai-nilai yang terdapat pada *hull cost* diperoleh berdasarkan jurnal dan paper terkait konversi kapal tanker dan juga studi literasi mengenai kondisi nyata harga yang terdapat di pasar. Berikut variabel-variabel yang mempengaruhi perhitungan pembiayaan pada *hull cost*.

$$\text{Hull Cost} = \text{Outfitting} + \text{Corossion Protection and Paint} + \text{Steel Cost} \quad (4.8)$$



Gambar 4. 20 *Hull Cost*

4.5.1 *Steel Cost*

Pada perhitungan *steel cost* dilakukan perhitungan biaya yang dipengaruhi oleh penambahan baja yang dibutuhkan untuk proses konversi lambung kapal tanker menjadi FPSO. Banyaknya baja yang dibutuhkan dipengaruhi oleh kondisi kapal yang akan di konversi yaitu ukuran kapal dan umur kapal. Selain itu, harga dari baja di pasar juga mempengaruhi seberapa besar biaya yang akan terakumulasi pada *steel cost*.

4.5.2 *Outfitting Cost*

Outfitting cost merupakan perhitungan biaya yang dibutuhkan untuk pemasangan komponen outfitting pada lambung kapal. Komponen-komponen tersebut meliputi hull outfitting, piping, accommodation, sistem propulsi dan machinery outfitting.

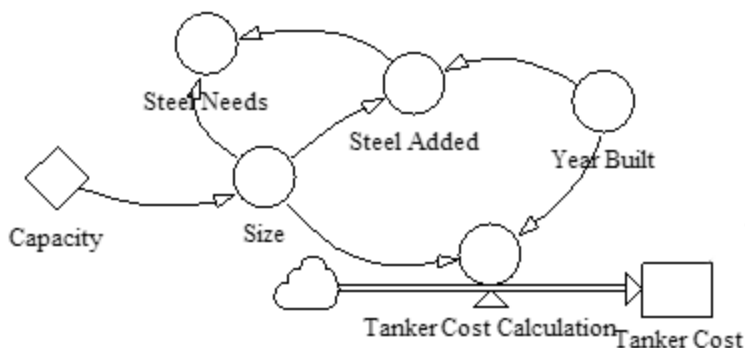
4.5.3 *Corrosion Protection and Paint Cost*

Tahap ini merupakan tahap akhir pada pengerjaan konversi lambung kapal. Pada tahap ini ditentukan biaya yang dibutuhkan untuk pelapisan dan pengecatan kapal untuk mencegah korosi.

4.7 Perhitungan *Tanker Cost*

Pada perhitungan *tanker cost* dipengaruhi oleh harga dari *secondhand tanker*. Kapal tanker yang dipilih untuk dikonversi menjadi FPSO pada penelitian ini hanya mempertimbangkan pada dua aspek yaitu umur kapal dan ukuran kapal.

$$\text{Tanker Cost} = (f(\text{year built}) + f(\text{size}))/2 \quad (4.9)$$



Gambar 4. 21 *Tanker Cost*

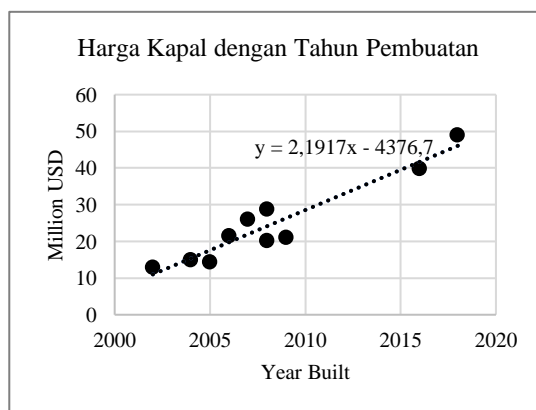
Pada tabel 4.1 merupakan contoh data historis penjualan kapal tanker pada tahun 2018 dan 2019 berdasarkan data dari C. W. Kellock & Co., Ltd. Setelah itu dilakukan

regresi untuk mengetahui hubungan antara umur kapal dengan harga jual serta kapasitas muatan dengan harga jual.

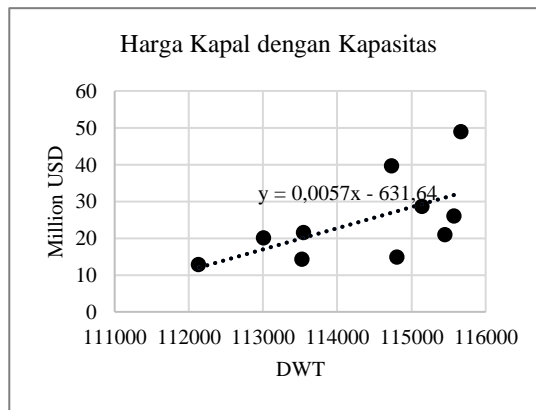
Tabel 4. 3 Data Penjualan Kapal Tanker
Sumber: C. W. Kellock & Co. (2019)

Name	Built	DWT	Dimension (m)	Price (Million USD)
Seaways Portland	2002	112138	250,17 x 44	12,9
Aristodimos	2006	113553	251 x 44	21,5
Mucua	2008	113010	249,96 x 44	20,1
Berica	2008	115145	243,8 x 42,04	28,7
Pytheas	2004	114809	252 x 44	14,9
Brightoil Licky	2009	115459	250 x 44	21
Virgo Sun	2007	115577	244 x 42	26
Sea Pecos	2018	115674	250 x 44	48,9
British Eagle	2005	113533	251 x 44	14,3
Diamond Faith	2016	114737	249,97 x 44	39,7

Pada Gambar 4.2 menunjukkan grafik hubungan antara harga kapal dengan tahun pembuatan, terlihat bahwa semakin rendah usia kapal maka akan semakin tinggi harga jual kapal tersebut. Begitu pula pada Gambar 4.3 yang menunjukkan grafik hubungan antara harga kapal dengan kapasitas kapal, terlihat bahwa semakin besar kapasitas kapal maka akan semakin tinggi pula harga kapal tersebut. Setelah itu didapatkan fungsi dari masing-masing hubungan tersebut dengan cara regresi.



Gambar 4. 22 Grafik hubungan harga kapal dengan tahun pembuatan.



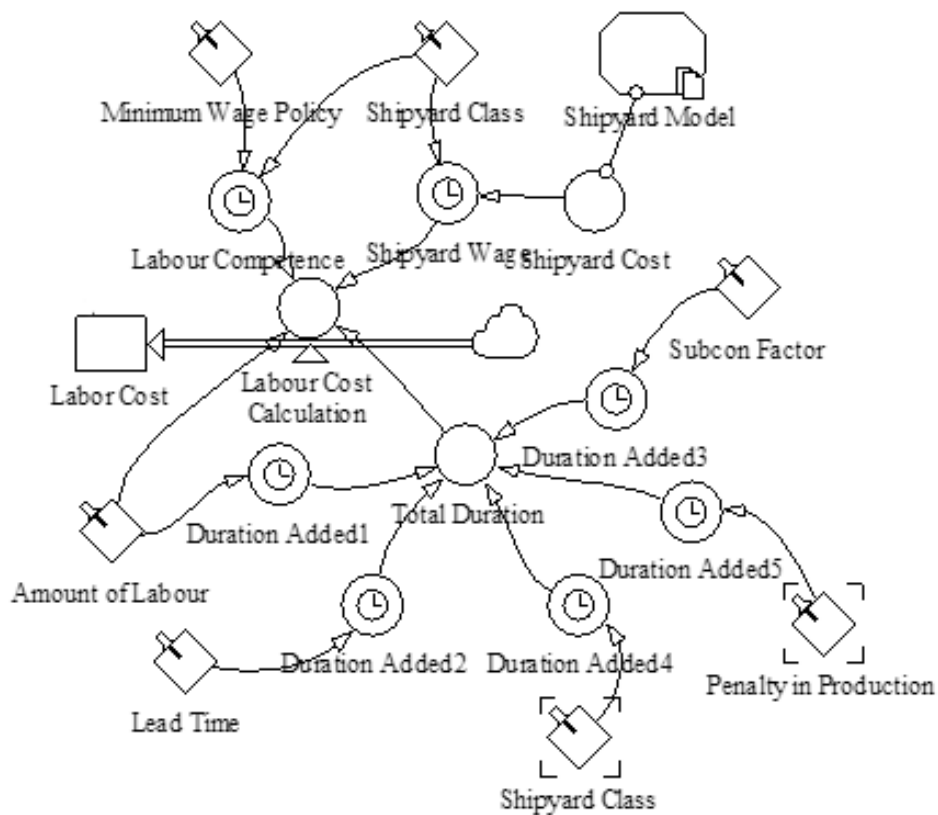
Gambar 4. 23 Grafik hubungan harga kapal dengan kapasitas.

4.8 Perhitungan *Labour Cost*

Pemodelan perhitungan pada labour cost dipengaruhi oleh variabel yang mempengaruhi biaya pembangunan kapal tanker menjadi FPSO dalam hal biaya proses pengerjaan. Biaya ini berkaitan untuk membayar hasil pengerjaan galangan dalam proyek konversi kapal tanker. Besarnya biaya yang dibutuhkan untuk membiayai pengerjaan galangan dipengaruhi fasilitas dan kapabilitas galangan yang dipilih untuk melakukan proyek konversi, hal tersebut juga akan berpengaruh terhadap durasi proyek. Sebagian besar pembiayaan dalam perhitungan *labour cost* adalah hal yang dapat dikontrol oleh galangan untuk meningkatkan kualitas, *delivery*, dan mengurangi biaya pengerjaan proyek konversi kapal tanker menjadi FPSO.

Labour Cost =

$$\text{Shipyard Wage} + (\text{Labour Competence} \times \text{Amount of Labour} \times \text{Total Duration}) \quad (4.10)$$



Gambar 4. 24 Labour Cost

4.9 Penentuan *Shipyard Class*

Penentuan dalam pembagian *shipyard class* didasarkan pada fasilitas yang dimiliki oleh tiap galangan dalam menunjang proyek konversi pembangunan kapal tanker menjadi FPSO. Pada *shipyard class* dibagi kedalam tiga kategori berdasarkan fasilitas yang dimiliki yaitu, *low class shipyard*, *medium class shipyard*, dan *high class shipyard*. Tabel menunjukkan fasilitas apa saja yang menjadi pertimbangan dalam pengkategorian *shipyard class*.

Tabel 4. 4 Kategori *Shipyards Class*

Fasilitas	<i>Shipyards Class</i>		
	<i>Low class</i>	<i>Medium class</i>	<i>High class</i>
Sarana Penggalang			
Graving dock	<50.000 DWT	<150.000 DWT	300.000 DWT>
Length	<200 m	<300 m	500 m>
Width	<20 m	<40 m	60 m>
Waterfront depth	<7 m	<10 m	14 m>
Material Handling			
Gantry crane	<100 ton	<200 ton	>250 ton
Overhead crane	<100 ton	<200 ton	>250 ton
Fasilitas Produksi			
CNC cutting	No	Yes	Yes
Semiautomatic cutting	Yes	Yes	Yes
Sandblasting	Yes	Yes	Yes
Hydraulic bending	No	Yes	Yes
Manajemen Mutu			
ISO 9001 : 2008	Yes	Yes	Yes
OHSAS 18001 : 2007	Yes	Yes	Yes
ISO 14001 : 2004	No	Yes	Yes

4.10 Klasifikasi Variabel

Pada tahap ini variabel diklasifikasikan ke dalam tiga kategori untuk memudahkan mengetahui siapa saja yang berperan dalam pengaturan kebijakan dan pengambilan keputusan yang menentukan nilai suatu variabel tersebut pada dunia nyata. Tabel 4.4 menunjukkan klasifikasi variabel yang mempengaruhi biaya dalam proyek konversi kapal tanker menjadi FPSO.

Tabel 4. 5 Klasifikasi variabel

<i>Owner Scope</i>	<i>Shipyards Scope</i>	<i>Third Party Scope</i>
<ul style="list-style-type: none"> • <i>Tanker size and age</i> • <i>Specification that lead to equipment cost</i> • <i>Shipyards selection</i> 	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Amount of Worker</i> • <i>Penalty During Production</i> • <i>Lead Time</i> • <i>Subcon Factor</i> • <i>Pricing Accuracy</i> 	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Material Cost</i> • <i>Tax Policy</i> • <i>Currency Value</i> • <i>Bank Interest</i>

4.11 Hasil Simulasi

Setelah perumusan *stock and flow diagram* dilakukan dengan benar, maka selanjutnya adalah menjalankan simulasi yang telah dibuat. Pada kondisi awal didapatkan nilai biaya konversi sebesar Rp6.288.835.528.078,00 dengan durasi proyek selama 28 bulan. Kondisi awal yang ditetapkan sebagai nilai dasar adalah sebagai berikut:

Penalty in Production <input type="radio"/> No Penalty <input checked="" type="radio"/> Bad <input type="radio"/> Very Bad	Lead Time <input checked="" type="radio"/> On Time <input type="radio"/> Bad <input type="radio"/> Very Bad	Pricing <input checked="" type="radio"/> 0,10 % <input type="radio"/> 1,00 % <input type="radio"/> 3,00 %
Amount of Labour <input checked="" type="radio"/> 80 <input type="radio"/> 150 <input type="radio"/> 300	Steel per ton <input type="radio"/> Supplier A <input checked="" type="radio"/> Supplier B <input type="radio"/> Supplier C	Tax Policy <input type="radio"/> 0,00 % <input type="radio"/> 5,00 % <input checked="" type="radio"/> 12,00 %
Shipyard Class <input type="radio"/> High <input checked="" type="radio"/> Medium <input type="radio"/> Low	Bank Interest <input type="radio"/> 7,00 % <input type="radio"/> 9,00 % <input checked="" type="radio"/> 13,00 %	Subcon Factor <input checked="" type="radio"/> Low <input type="radio"/> Medium <input type="radio"/> High

Gambar 4. 25 Kondisi awal simulasi.

4.12 Validasi

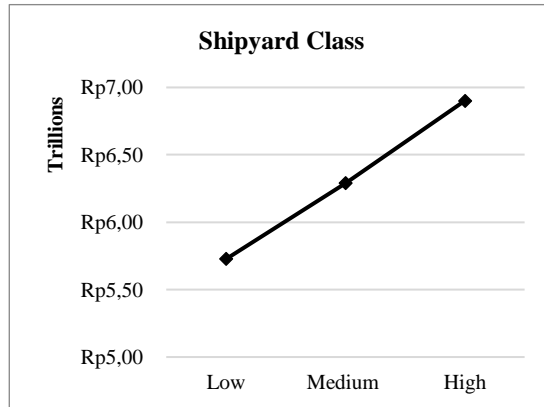
Validasi dari hasil perhitungan simulasi belum dilakukan sepenuhnya dikarenakan kurangnya data historis proyek konversi kapal tanker menjadi FPSO dan hanya baru dilakukan oleh satu *expert judgement*.

4.13 Analisa Sensitivitas

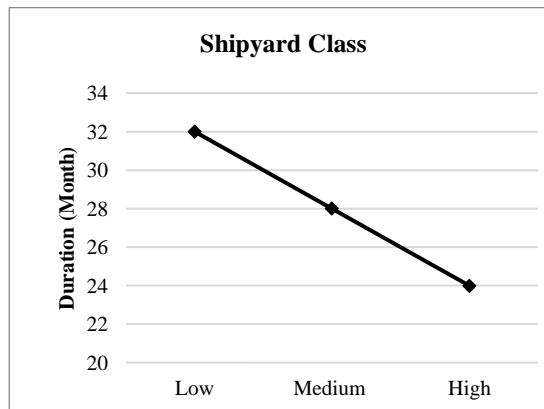
Analisa sensitivitas dilakukan untuk melihat pengaruh yang akan terjadi akibat adanya perubahan dalam suatu nilai variabel. Pada tahap selanjutnya yaitu ditentukan variabel-variabel yang dianggap sensitif dan memberikan pengaruh terhadap pemodelan biaya pembangunan konversi kapal tanker menjadi FPSO. Variabel berikut dianggap sensitif dikarenakan variabel tersebut akan mendukung proyek konversi dan memberikan dampak yang cukup signifikan dalam perubahan biaya konversi, selain itu nilainya yang selalu mengalami perubahan serta dibutuhkan peran sebuah galangan dalam mengatur dan memberikan kebijakan. Berikut merupakan variable-variabel yang dianggap sensitif pada tugas akhir ini:

4.6.1 Shipyard Class

Shipyard class atau kelas dari galangan dapat memberikan pengaruh yang cukup signifikan terhadap biaya konversi kapal tanker menjadi FPSO. Besarnya biaya yang dibutuhkan untuk membiayai suatu galangan tergantung dari reputasi galangan tersebut, sertifikasi, fasilitas dan kapasitas galangan. Pemilihan galangan akan mempengaruhi biaya serta durasi dari proyek konversi kapal tanker menjadi FPSO.



Gambar 4. 26 Pengaruh *shipyard class* pada biaya konversi.



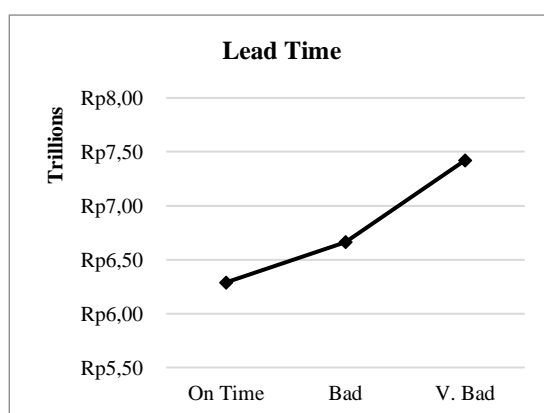
Gambar 4. 27 Pengaruh *shipyard class* pada durasi konversi.

Pada Gambar 4.27 menunjukkan pengaruh perubahan pemilihan *shipyard class* terhadap biaya konversi kapal tanker menjadi FPSO. Dalam skenario pada tugas akhir ini, penentuan *shipyard class* ditentukan berdasarkan fasilitas dan kapabilitas galangan dalam proyek pengerjaan. Pemilihan galangan tersebut juga akan berpengaruh pada biaya konversi kapal dan waktu pengerjaan proyek tersebut.

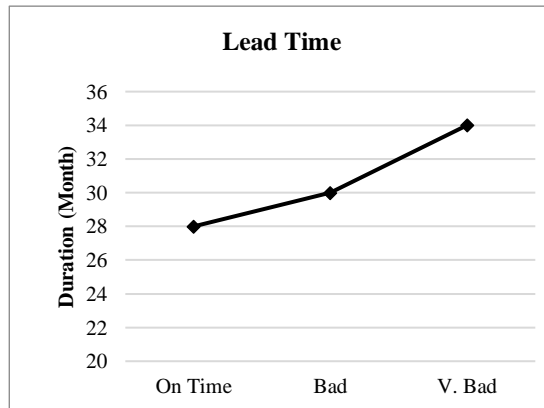
Skenario yang dipilih pada tugas akhir ini dibedakan menjadi tiga kategori *shipyard class*, pada *low class* menghasilkan biaya konversi senilai Rp5.726.650.217.097,00 dengan durasi proyek selama 32 bulan, pada *medium class* menghasilkan biaya konversi senilai Rp6.288.835.528.078,00 dengan durasi proyek selama 28 bulan, pada *high class* menghasilkan biaya konversi senilai Rp6.901.629.643.035,00 dengan durasi proyek selama 24 bulan. Dapat dilihat bahwa perubahan pada *shipyard class* menghasilkan perubahan pada biaya konversi yaitu mencapai sebesar 20,51%. Namun realitanya di Indonesia hanya satu galangan yang mampu menerbitkan proyek konversi ini dengan tipe *medium class shipyard*, sehingga pada *low class shipyard* proyek tidak dapat dikerjakan dan pada *high class shipyard* tidak terdapat di Indonesia.

4.6.2 Lead Time

Lead time merupakan jangka waktu yang dibutuhkan untuk pemesanan suatu barang atau produk dari barang awal dipesan hingga barang tersebut sampai dan siap diproses. Dalam hal ini, *lead time* akan mempengaruhi kinerja galangan untuk mengerjakan proyek konversi dan akan memberikan pengaruh terhadap biaya dan durasi konversi, dimana seperti yang diketahui bahwa hampir 70% dari komponen kapal merupakan barang impor.



Gambar 4. 28 Pengaruh *lead time* pada biaya konversi.

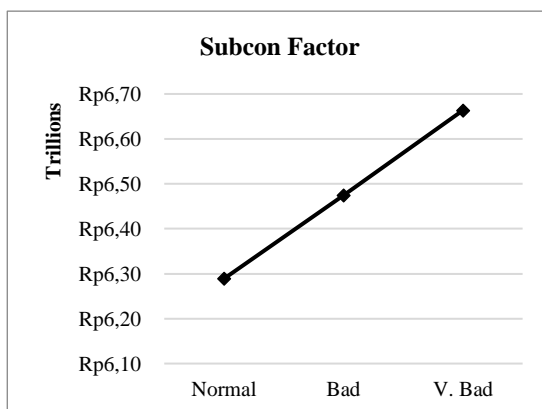


Gambar 4. 29 Pengaruh *lead time* pada durasi konversi.

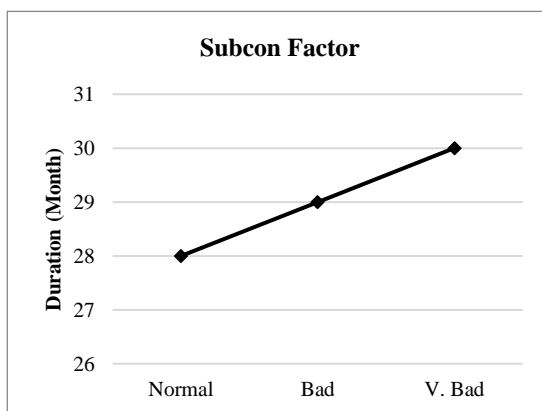
Pada Gambar 4.29 menunjukkan pengaruh perubahan lead time terhadap biaya konversi kapal tanker menjadi FPSO. Dalam skenario pada tugas akhir ini, pengaruh lead time ditentukan berdasarkan lamanya waktu tunggu pada proses pengadaan barang atau impor barang. Skenario yang dipilih pada tugas akhir ini dibedakan menjadi tiga kondisi *lead time*, pada *on time condition* menghasilkan biaya konversi senilai Rp6.288.835.528.078,00 dengan durasi proyek selama 28 bulan, pada *bad condition* menghasilkan biaya konversi senilai Rp6.663.526.601.710,00 dengan durasi proyek selama 30 bulan, pada *very bad condition* menghasilkan biaya konversi senilai Rp7.420.227.559.807,00 dengan durasi proyek selama 34 bulan. Dapat dilihat bahwa perubahan pada lead time menghasilkan perubahan pada biaya konversi yaitu mencapai sebesar 17,99%.

4.6.3 Subcon Factor

Subcon memiliki peran yang cukup penting pada galangan dalam melakukan suatu proyek pembuatan kapal. Sering kali keterampilan dari *subcon* atau para buruh galangan akan mempengaruhi kualitas dari pada sebuah kapal. Kesalahan pengerjaan yang dilakukan oleh *subcon* juga dapat mempengaruhi biaya dan durasi dari proyek konversi kapal tanker menjadi FPSO.



Gambar 4. 30 Pengaruh *subcon factor* pada biaya konversi.

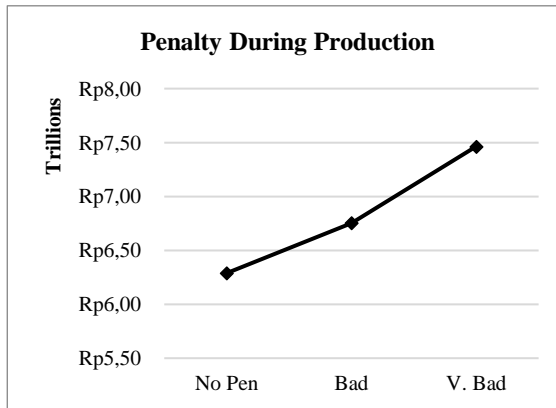


Gambar 4. 31 Pengaruh *subcon factor* pada durasi konversi.

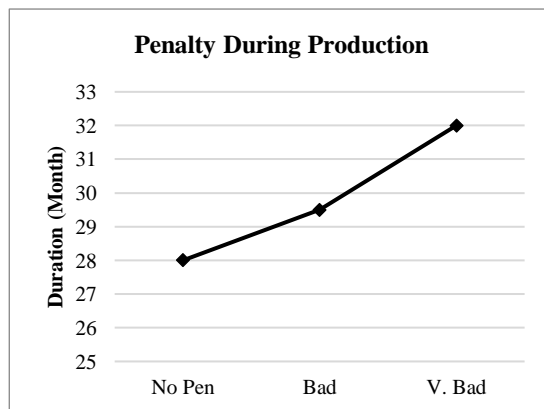
Pada Gambar 4.31 menunjukkan pengaruh perubahan *subcon factor* terhadap biaya konversi kapal tanker menjadi FPSO. Dalam skenario pada tugas akhir ini, penentuan *subcon factor* ditentukan berdasarkan adanya kesalahan dari pihak subcon yang mempengaruhi durasi proyek sehingga juga akan mempengaruhi biaya konversi. Skenario yang dipilih pada tugas akhir ini dibedakan menjadi tiga kondisi, pada *normal condition* menghasilkan biaya konversi senilai Rp6.288.835.528.078,00 dengan durasi proyek selama 28 bulan, pada *bad condition* menghasilkan biaya konversi senilai Rp6.474.491.156.244,00 dengan durasi proyek selama 29 bulan, pada *very bad condition* menghasilkan biaya konversi senilai Rp6.663.526.601.710,00 dengan durasi proyek selama 30 bulan. Dapat dilihat bahwa perubahan pada subcon factor menghasilkan perubahan pada biaya konversi yaitu mencapai sebesar 5,95%.

4.6.4 *Penalty During Production*

Kesalahan selama proses produksi sering kali terjadi pada galangan di Indonesia. Dimana kesalahan tersebut dapat merugikan galangan dan berpengaruh terhadap biaya dan durasi dari proyek konversi yang dilakukan. Sering kali galangan pun terkena penalty akibat dari kesalahan dan akibat dari tidak tepatnya waktu penyelesaian sesuai kontrak yang disetujui sehingga memperparah kerugian yang harus ditanggung oleh sebuah galangan.



Gambar 4. 32 Pengaruh penalti selama produksi pada biaya konversi.



Gambar 4. 33 Pengaruh penalti selama produksi pada durasi konversi.

Pada Gambar 4.33 menunjukkan pengaruh penalti selama produksi terhadap biaya konversi kapal tanker menjadi FPSO. Dalam skenario pada tugas akhir ini, penentuan penalti selama produksi akan memberikan biaya tambahan dan waktu tambahan sehingga mempengaruhi biaya dan durasi konversi. Skenario yang dipilih pada tugas akhir ini dibedakan menjadi tiga kondisi, *no penalty condition*

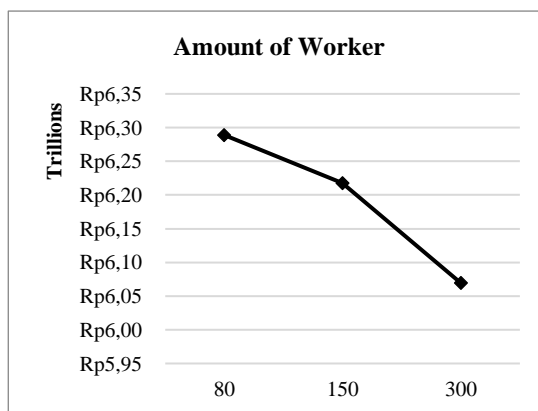
menghasilkan biaya konversi senilai Rp6.288.835.528.078,00 dengan durasi proyek selama 28 bulan, pada *bad condition* menghasilkan biaya konversi senilai Rp6.752.156.043.120,00 dengan durasi proyek selama 29,5 bulan, pada *very bad condition* menghasilkan biaya konversi senilai Rp7.463.951.091.665,00 dengan durasi proyek selama 32 bulan. Dapat dilihat bahwa adanya penalty selama proses produksi menghasilkan perubahan pada biaya konversi yaitu mencapai sebesar 18,68 %.

4.6.5 Amount of Worker

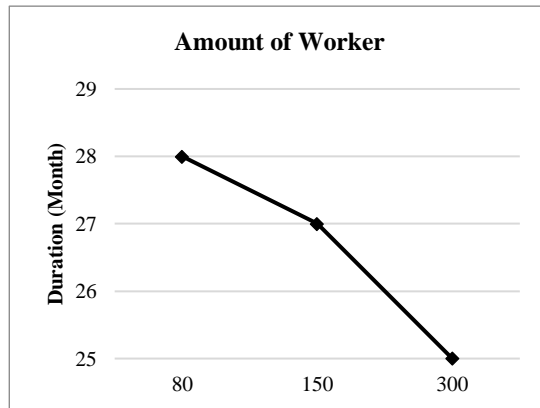
Jumlah pekerja pada suatu galangan akan mempengaruhi proses produksi galangan tersebut dalam mengerjakan suatu proyek pembuatan kapal. Dalam hal ini jumlah pekerja akan mempengaruhi waktu yang dibutuhkan dalam pengerjaan proyek dan biaya yang dibutuhkan untuk membayar upah pekerja yang berpengaruh terhadap *labour cost*.

Tabel 4. 6 Skenario jumlah pekerja

Kondisi	Jumlah Pekerja (orang)
Kondisi 1	80
Kondisi 2	150
Kondisi 3	300



Gambar 4. 34 Pengaruh jumlah pekerja pada biaya konversi.



Gambar 4. 35 Pengaruh jumlah pekerja pada durasi konversi.

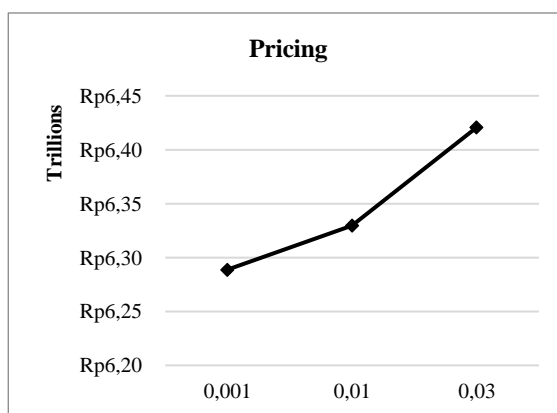
Pada Gambar 4.35 menunjukkan pengaruh jumlah pekerja terhadap biaya konversi kapal tanker menjadi FPSO. Dalam skenario pada tugas akhir ini, penambahan jumlah pekerja akan memberikan biaya tambahan dan pengurangan waktu sehingga mempengaruhi biaya dan durasi konversi. Skenario yang dipilih pada tugas akhir ini dibedakan menjadi tiga jumlah total pekerja, pada jumlah 80 orang menghasilkan biaya konversi senilai Rp6.288.835.528.078,00 dengan durasi proyek selama 28 bulan, pada jumlah 150 orang menghasilkan biaya konversi senilai Rp6.217.463.135.154,00 dengan durasi proyek selama 27 bulan, pada jumlah 300 orang menghasilkan biaya konversi senilai Rp6.069.437.628.749,00 dengan durasi proyek selama 25 bulan. Dapat diketahui bahwa semakin banyak jumlah pekerja maka semakin cepat durasi proyek konversi. Namun penambahan pada perhitungan tersebut belum termasuk biaya penambahan untuk kebutuhan dan fasilitas pekerja yang berada di galangan. Dapat dilihat bahwa adanya perubahan nilai pada jumlah pekerja akan menghasilkan perubahan pada biaya konversi yaitu mencapai sebesar 3,48 %.

4.6.6 Pricing

Salah satu aspek krusial pada sebuah galangan adalah bagaimana strategi yang dilakukan oleh sebuah galangan dalam menetapkan sebuah harga proyek atau *pricing*. Ketepatan dalam penentuan suatu harga proyek akan mempengaruhi keuntungan yang akan diperoleh oleh sebuah galangan. Sering kali galangan melakukan kesalahan dalam proses *pricing* ini sehingga mengurangi keuntungan yang akan diperoleh, bahkan suatu galangan dapat merugi apabila melakukan kesalahan fatal dalam perhitungan pada proses *pricing*.

Tabel 4. 7 Skenario *pricing*

Kondisi	Presentase Error
1	0,1%
2	1%
3	3%



Gambar 4. 36 Pengaruh ketepatan pricing pada biaya konversi

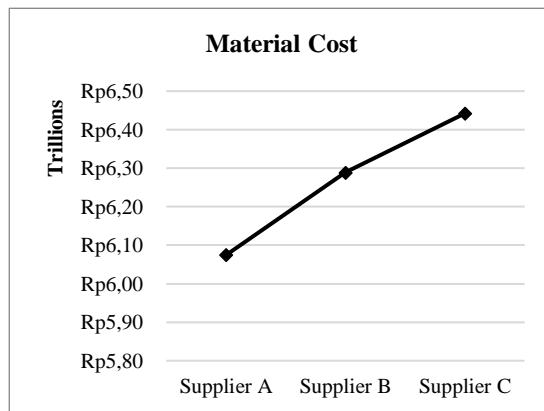
Pada Gambar 4.36 menunjukkan pengaruh ketepatan penentuan biaya konversi kapal tanker menjadi FPSO. Dalam skenario pada tugas akhir ini, perubahan besarnya nilai error dalam penentuan biaya akhir akan mempengaruhi biaya konversi. Skenario yang dipilih pada tugas akhir ini dibedakan menjadi tiga nilai, pada nilai error sebesar 0,1% menghasilkan biaya konversi senilai Rp6.288.835.528.078,00, pada nilai error sebesar 1,00% menghasilkan biaya konversi senilai Rp6.329.749.087.379,00, pada nilai error sebesar 3,00% menghasilkan biaya konversi senilai Rp6.420.668.108.047,00. Dapat diketahui bahwa ketepatan *pricing* dalam sebuah galangan cukup memberikan pengaruh pada biaya konversi yang akan mempengaruhi keuntungan yang didapat oleh sebuah galangan 2,09 %.

4.6.7 *Material Cost*

Harga material utama yaitu baja pada umumnya dihitung dalam satuan per ton. Jenis baja yang digunakan juga akan mempengaruhi kualitas dan harga baja per tonnya. Selain itu, supplier yang terlibat juga akan mempengaruhi harga dimana tiap supplier yang akan memberikan harga baja yang berbeda. Pada pemodelan ini, dikarenakan baja yang digunakan terdiri dari berbagai macam jenis dan ketebalan, maka diambil harga rata rata baja per ton yang terdapat pada Tabel 4.6.

Tabel 4. 8 Harga material berdasarkan supplier

Supplier	Harga/ton
Supplier A	Rp 9.000.000,00
Supplier B	Rp 12.500.000,00
Supplier C	Rp 15.000.000,00



Gambar 4. 37 Pengaruh harga material pada biaya konversi

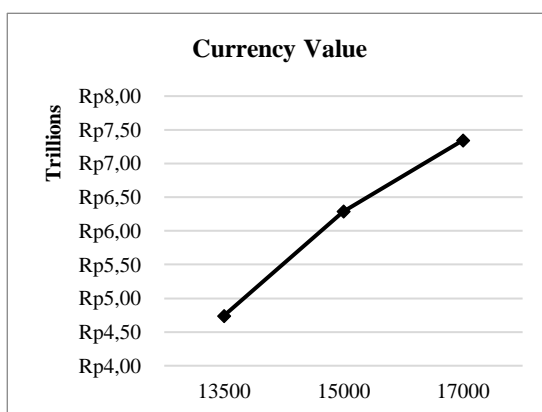
Pada Gambar 4.37 menunjukkan pengaruh perubahan harga material terhadap biaya konversi kapal tanker menjadi FPSO. Skenario yang dipilih pada tugas akhir ini dibedakan menjadi tiga supplier yang memberikan harga berbeda dimana pada Supplier A yang memberikan harga Rp9.000.000,00/ton menghasilkan biaya konversi senilai Rp6.074.224.00, pada Supplier B yang memberikan harga Rp12.500.000,00/ton menghasilkan biaya konversi senilai Rp6.288.835.528.078,00, dan pada Supplier C yang memberikan harga senilai Rp15.000.000,00/ton menghasilkan biaya konversi senilai Rp6.442.129.346.231,00. Dapat dilihat bahwa perubahan nilai harga baja yang diberikan oleh supplier yang berbeda menghasilkan perubahan pada biaya konversi yaitu mencapai sebesar 6,05%.

4.6.8 Currency Value

Pengaruh nilai tukar mata uang yaitu dollar dengan rupiah sangat mempengaruhi harga dari pembuatan sebuah kapal, mengingat dimana 70% komponen kapal merupakan material impor. Pada pemodelan ini, pengaruh nilai tukar mata uang dibuat beberapa variasi kondisi yang terdapat pada Tabel 4.7

Tabel 4. 9 Nilai tukar rupiah terhadap dollar

Kondisi	Nilai Rupiah /USD
Kondisi 1	Rp 13.500,00
Kondisi 2	Rp 15.000,00
Kondisi 3	Rp 17.000,00



Gambar 4. 38 Pengaruh nilai mata uang pada biaya konversi

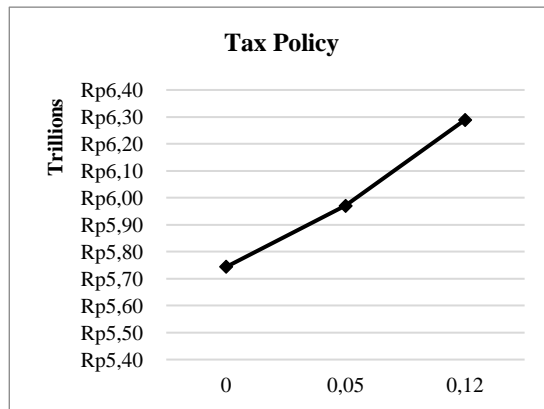
Pada Gambar 4.10 menunjukkan pengaruh perubahan nilai mata uang terhadap biaya konversi kapal tanker menjadi FPSO. Skenario yang dipilih pada tugas akhir ini dibedakan menjadi tiga kondisi yang mungkin dapat terjadi pada perubahan nilai tukar rupiah, pada Kondisi 1 nilai tukar rupiah terhadap dollar memberikan nilai sebesar Rp13.500,0 menghasilkan biaya konversi senilai Rp4.743.096.039.886,00, pada Kondisi 2 nilai tukar rupiah terhadap dollar memberikan nilai sebesar Rp15.000,00 menghasilkan biaya konversi senilai Rp6.288.835.528.078,00, dan pada Kondisi 3 nilai tukar rupiah terhadap dollar memberikan nilai sebesar Rp17.000,00 menghasilkan biaya konversi senilai Rp7.344.885.085.686,00. Dapat dilihat bahwa perubahan pada nilai tukar rupiah terhadap dollar pada kondisi yang diberikan menghasilkan perubahan pada biaya konversi terbesar presentase sebesar 32,58%.

4.6.9 Tax Policy

Pajak pemerintah yang terdapat dalam pembangunan sebuah kapal yaitu pajak pertambahan nilai dan pajak bea masuk. Dalam pemodelan ini, pajak pemerintah tersebut diakumulasi menjadi satu variabel yaitu *tax policy* dan dibuat beberapa variasi sebagai berikut:

Tabel 4. 10 Skenario nilai pajak pemerintah

Kondisi	Nilai Pajak
Kondisi 1	0 %
Kondisi 2	5 %
Kondisi 3	12%



Gambar 4. 39 Pengaruh kebijakan pajak pada biaya konversi

Pada Gambar 4.39 menunjukkan pengaruh pajak pemerintah terhadap biaya konversi kapal tanker menjadi FPSO. Skenario yang dipilih pada tugas akhir ini dibedakan menjadi tiga kondisi tergantung pada presentasi besarnya pajak, pada Kondisi 1 besarnya pajak pemerintah adalah 0% atau tidak dipungut pajak menghasilkan biaya konversi senilai Rp5.743.321.404065,00, pada Kondisi 2 besarnya pajak pemerintah adalah 5% menghasilkan biaya konversi senilai Rp5.970.618.955.737,00, dan pada Kondisi 3 besarnya pajak pemerintah adalah 12% menghasilkan biaya konversi senilai Rp6.288.835.528.078,00. Dapat dilihat bahwa perubahan nilai pajak yang diberikan oleh pemerintah menghasilkan perubahan pada biaya konversi yaitu mencapai sebesar 9,48 %.

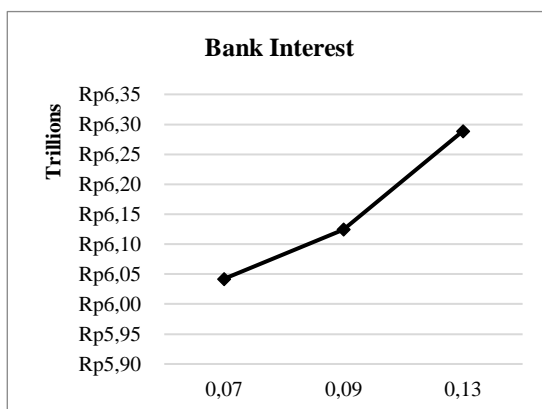
4.6.10 *Bank Interest*

Nilai dari bunga bank atau *bank interest* cukup berpengaruh dalam biaya proyek pembangunan sebuah kapal. Saat ini nilai bunga bank nasional untuk peminjaman galangan di Indonesia adalah berkisar 12-15% dalam tenor 5-7 tahun, nilai tersebut banyak dikeluhkan oleh para pemilik galangan di Indonesia. Dalam skenario pada

tugas akhir, terdapat beberapa variasi dalam penentuan besarnya nilai bank dan jangka waktu tenor yang harus dibayarkan sebagai berikut:

Tabel 4. 11 Skenario bunga bank

Kondisi	Bunga Bank
Kondisi 1	7%
Kondisi 2	9%
Kondisi 3	13%



Gambar 4. 40 Pengaruh bunga bank pada biaya konversi

Pada Gambar 4.41 menunjukkan pengaruh bunga bank terhadap biaya konversi kapal tanker menjadi FPSO. Skenario yang dipilih pada tugas akhir ini dibedakan menjadi tiga kondisi tergantung pada presentasi besarnya bunga bank, pada Kondisi 1 besarnya bunga bank adalah 7% menghasilkan biaya konversi senilai Rp6.042.054.744.621,00, pada Kondisi 2 besarnya bunga bank adalah 9% menghasilkan biaya konversi senilai Rp6.124.315.005.773,00, dan pada Kondisi 3 besarnya bunga bank adalah 13% menghasilkan biaya konversi senilai Rp6.288.835.528.078,00. Dapat dilihat bahwa perubahan nilai bunga yang diberikan oleh bank menghasilkan perubahan pada biaya konversi yaitu mencapai sebesar 4,08 %.

4.13 Analisa Berdasarkan *Fixed Cost* dan *Variable Cost*

Pada tahap ini dilakukan analisa yang dipengaruhi akibatnya adanya perubahan nilai yang diakibatkan oleh variabel yang termasuk ke dalam *fixed cost* (biaya tetap) dan *variable cost* (biaya variabel).

4.14.1 Shipyard class

Biaya yang dikeluarkan untuk galangan tergantung dari besarnya proyek konversi yang dilakukan. Semakin besar proyek konversi, maka biaya yang dibayarkan kepada galangan juga akan meningkat, maka *shipyard class* dalam hal ini masuk ke dalam *variable cost*. Namun, dengan kondisi di Indonesia dimana hanya satu galangan yang dapat mengerjakan proyek konversi, maka biaya konversi hanya dapat diatur oleh galangan tersebut tanpa adanya pesaing dari galangan dalam negeri

4.14.2 Equipment cost

Equipment cost merupakan biaya yang dibayarkan untuk peralatan-peralatan dan instalasi dalam pembangunan konversi kapal tanker menjadi FPSO. Besarnya biaya ini teragantung spesifikasi yang diminta oleh *ship owner*, semakin besar kapasitas dan teknologi yang rumit, maka biaya dibutuhkan untuk *equipment cost* akan meningkat. *Equipment cost* merupakan biaya dengan nilai terbesar sehingga spesifikasi kapal yang dikonversi disesuaikan dengan kondisi lapangan FPSO akan dioperasikan.

4.14.3 Tanker cost

Tanker cost merupakan biaya yang dibayarkan untuk pembelian kapal *second hand tanker* yang nanti akan dikonversi menjadi FPSO. Besarnya biaya untuk *tanker cost* tergantung pada kondisi kapal yaitu umur dan ukuran kapal, selain itu masih banyak pertimbangan yang mempengaruhi besar biaya *tanker cost* yang akan memberikan pengaruh terhadap biaya total konversi.

4.14.4 Material cost

Biaya bahan baku atau *material cost* disini merupakan biaya dari baja yang dibutuhkan untuk proyek konversi kapal tanker menjadi FPSO. Semakin besar ukuran kapal dan semakin tua umur kapal, maka *material cost* akan semakin meningkat, maka dari itu termasuk ke dalam *variable cost*. *Material cost* dapat diminimalisir dengan memilih supplier dengan harga yang paling murah namun berkualitas baik dan menjalin kerja sama dengan supplier baja

4.14.5 Amount of worker

Jumlah pekerja akan berpengaruh terhadap gaji yang harus dibayarkan kepada pekerja tersebut. Kenaikan pada jumlah pekerja akan meningkatkan kapasitas produksi proyek dan mengurangi durasi pengerjaan proyek, namun total biaya yang dibayarkan sebagai gaji pekerja juga akan meningkat, maka dari itu *amount of worker* termasuk ke dalam *variable cost*.

4.14.6 Bank interest

Bank interest merupakan besarnya bunga yang harus ditanggung oleh *ship owner* dalam peminjaman uang yang dilakukan untuk pembangunan konversi kapal

tanker menjadi FPSO. Biaya bunga bank dibayarkan berdasarkan persenan dari pinjaman yang dilakukan, sehingga apabila semakin besar pinjaman maka akan semakin besar bunga yang harus dibayarkan, maka dari itu *bank interest* termasuk ke dalam *variable cost*. Merupakan kebijakan bank dan pemerintah dalam mengatur besar bunga bank yang diberikan terhadap para peminjam khusus untuk sector maritime seperti untuk pembangunan kapal.

4.14.7 Tax policy

Semakin besar ukuran kapal yang dikonversi, semakin besar pajak yang harus dibayarkan, maka dari itu *tax policy* termasuk ke dalam *variable cost*. Pajak yang harus dibayarkan oleh *ship owner* kepada pemerintah antara lain adalah pajak bea, pajak impor, pajak ppn, dan pajak pph. Untuk mengurangi biaya konversi yang disebabkan oleh pajak, pemerintah diharapkan dapat memberikan kebijakan untuk pengurangan pajak khususnya pada industri maritime untuk pembangunan kapal.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB V

KESIMPULAN DAN REKOMENDASI

5.1 Kesimpulan

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan dengan melakukan simulasi dan analisa terhadap pembangunan konversi kapal tanker menjadi FPSO, dapat disimpulkan bahwa:

1. Salah satu upaya pemerintah Indonesia dalam meningkatkan kegunaan produk lokal pada aktivitas hulu minyak dan gas di Indonesia adalah pemerintah akan mewajibkan kontraktor (KKKS) untuk menggunakan FPSO buatan dalam negeri baik dengan cara konversi maupun bangunan baru. Dari hasil simulasi dengan metode sistem dinamik dan analisa sensitivitas yang telah dilakukan untuk perhitungan biaya dan durasi dari proyek pembangunan konversi kapal tanker menjadi FPSO di Indonesia, penulis menyimpulkan:
 - a. Perubahan nilai variabel yang sifatnya dapat dikontrol oleh galangan memiliki dampak paling besar terhadap biaya konversi berturut-turut adalah *shipyard class* (20,51%), *penalty during production* (18,68%), *lead time* (17,99%), *subcon factor* (5,95%), *amount of woker* (3,48%), dan *pricing* (2,09%).
 - b. Perubahan nilai variabel yang sifatnya dapat dikontrol oleh pemerinah memiliki dampak paling besar terhadap biaya konversi berturut-turut adalah *currency value* (32,5%), *tax policy* (9,49%), *steel cost* (6,05%), dan *bank interest* (4,08%).
 - c. Simulasi yang memberikan biaya terendah yaitu Rp5.726.650.217.097 dengan durasi proyek 32 bulan, sedangkan biaya tertinggi yaitu Rp 6.901.629.643.035 dengan durasi proyek 24 bulan pada kondisi normal.
2. Untuk mewujudkan kebijakan pemerintah dimana setiap kontraktor (KKKS) wajib menggunakan FPSO buatan dalam negeri, harus diperhatikan bagaimana kondisi kesiapan galangan di Indonesia. Mulai dari kapasitas galangan, fasilitas, kompetensi pekerja, serta sistem produksi galangan tersebut. Selain itu, infrastruktur dan industri pendukung diharapkan dapat menunjang setiap kebutuhan galangan agar dapat memangkas biaya dan durasi dari proyek. Peran pemerintah dalam menerapkan kebijakan juga berdampak besar dalam usaha mengurangi biaya pembangunan konversi kapal tanker menjadi FPSO.

5.2 Rekomendasi

Berdasarkan hasil penelitian dan analisis data yang telah dilakukan, terdapat beberapa hal yang dapat ditingkatkan untuk mengurangi biaya dan durasi proyek konversi kapal tanker menjadi FPSO. Rekomendasi yang diberikan diantaranya adalah:

1. Peningkatan pada *shipyard class* dimana kondisi di Indonesia hanya terdapat satu galangan yang memiliki kapabilitas untuk melakukan proyek konversi kapal tanker menjadi FPSO. Peningkatan fasilitas dan kapasitas galangan di Indonesia perlu ditingkatkan lebih maju untuk menambah daya saing industry maritime dalam negeri.
2. Koordinasi antar departemen pada bidang *engineering, quality control*, dan produksi harus ditingkatkan untuk meminimalisir kesalahan khususnya penalti selama produksi yang memberikan perubahan yang besar terhadap biaya konversi mencapai 18,68%. Sistem integrasi yang baik antar departemen harus diciptakan untuk mengurai miss komunikasi satu sama lain
3. Upaya peningkatan rantai pasok (*supply chain*) pada internal galangan harus ditingkatkan untuk menanggulangi *lead time* yang dapat mempengaruhi biaya konversi mencapai 17,99%. Dapat dilakukan dengan mekanisme pembelian langsung, menggunakan komponen lokal, serta kerjasama dengan bank untuk melakukan pinjaman pembayaran.
4. *Subcon factor* memberikan dampak yang cukup signifikan dalam perubahan biaya proyek mencapai 5,95%, maka dari itu perlu dilakukan pengawasan ekstra dan pelatihan terhadap kompetensi *subcon* untuk meminimalisir kesalahan yang disebabkan dari kesalahan pengerjaan oleh *subcon*
5. Alternatif percepatan untuk menanggulangi permasalahan dan konsekuensi penalti karena keterlambatan dapat dilakukan dengan penambahan jam kerja dan jumlah tenaga kerja
6. *Currency value* atau nilai tukar mata uang menjadi variabel yang memberikan nilai 32,5%, maka dari itu perekonomian di Indonesia harus diperkuat apabila ingin membangun FPSO yang merupakan proyek dengan dana yang cukup besar
7. *Tax policy* untuk pembuatan kapal di Indonesia masih terbilang cukup besar, dengan besar pajak sekitar 12% memberikan perubahan nilai harga mencapai lebih dari 9% atau Rp500 Miliar dibandingkan tidak ada pajak sama sekali. Diharapkan pemerintah dapat memberikan kebijakan baru terkait pengurangan pajak untuk membuat biaya proyek dapat berkurang
8. Pemerintah diharapkan dapat bekerja sama dengan bank untuk mengurai besar bunga untuk sektor pembangunan kapal yang dapat mempengaruhi biaya konversi sebesar 4,08%. Kondisi saat ini dimana di Indonesia bunga bank sekitar 12-15%, sedangkan untuk bank di negara lain besarnya bunga bank sekitar 7%
9. Peningkatan pada industri-industri lain yang mendukung galangan perlu digencarkan agar dapat mengurai *material cost* yang besarnya mencapai

6,05%, mengingat bahwa 70% komponen merupakan impor sehingga memerlukan banyak biaya dan durasi yang dibutuhkan dalam proses pengadaannya.

5.3 Saran

Terdapat beberapa aspek yang dapat ditingkatkan dalam tugas akhir ini, saran yang diberikan oleh penulis untuk tugas akhir ini antara lain:

1. Karena kurangnya data historis proyek konversi tanker ke FPSO, beberapa variabel yang dapat menyebabkan perubahan pada biaya konversi dapat dibuat lebih detail
2. Tahap validasi dapat dilakukan untuk menunjang aktualitas dalam hasil penelitian lebih lanjut
3. Penelitian ini dapat dikembangkan dengan melakukan perhitungan studi kelayakan untuk menghitung nilai laba bersih, tingkat pengembalian internal, dan periode pengembalian untuk mengukur kelayakan proyek konversi.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

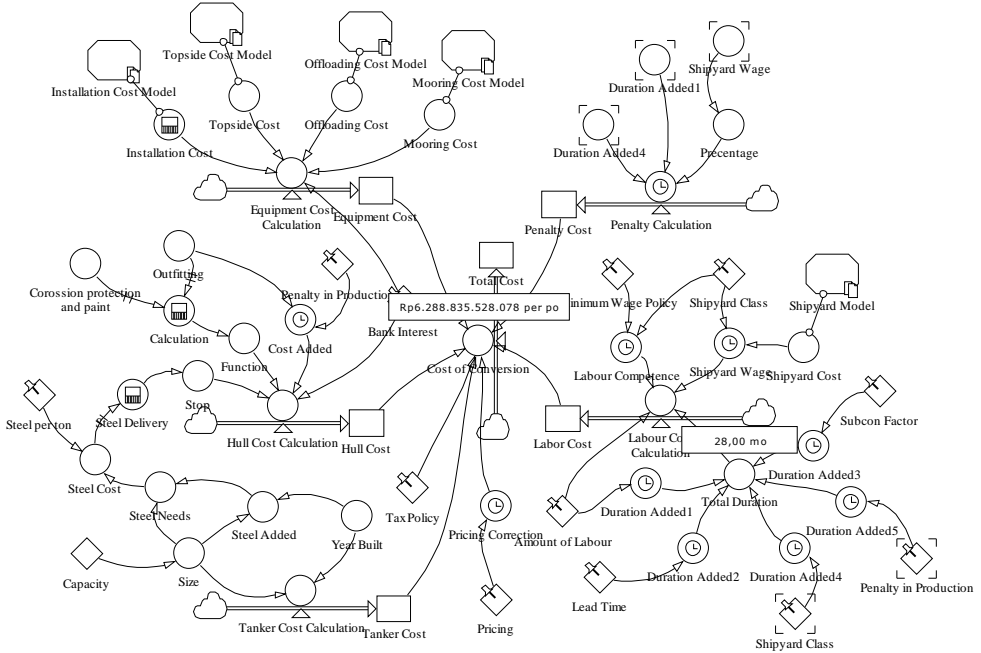
DAFTAR PUSTAKA

- Akbar, Thariq A. 2019. Optimasi Desain Topside pada Konversi Kapal Tanker Menjadi FPSO. Surabaya: ITS
- Barlas, Yaman. 1996. Formal Aspects of Model Validity and Validation in System Dynamics. System Dynamics Review Volume 12, Number 3, 1996.
- Barton, Chirs and Heather Hambling. 2019. 2019 Worldwide Survey of Floating Production Storage and Offloading. Wood & Offshore Magazine, August 2019.
- Biasotto, P., V. Bonniol, and P. Cambos. 2005. Selection of Trading Tankers for FPSO Conversion Projects. Offshore Technology Conference Houston, TX, U.S.A., 2–5 May 2005.
- Breierova, L., & Choudhari, M. (1996, September). An Introduction to Sensitivity Analysis. *September 6, 1996*.
- Chris Barton, H. H. (2019). *Worldwide Survey of Floating Production Storage and Offloading*. Wood & Offshore Magazine.
- David, F.R. (1997). Strategic Management. *Concepts and Cases*. 6th Edition, New Jersey: Prentice-Hall.
- Firmansyah, Andre dan Erma Suryani. 2017. Model Sistem Dinamik Untuk Pengembangan Smart Economy (Studi Kasus: Kota Surabaya). Jurnal Teknik ITS Vol. 6, No. 2 (2017).
- Forrester, J. (1958). Industrial Dynamics: a Major Breakthrough for Decision Makers. *Harvard Business Review*, 36.
- Handani, D. W., & Uchida, M. (2014). Modeling Optimum Operation of Ship Machinery by Using System Dynamics. *Journal of the JIME*, 49(1), 132-141.
- Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral. 2018. *Laporan Tahunan Capaian Pembangunan 2018*.
- Kennedy, J. R. (1993). *Cost Trends in International Petroleum Activities*. 68th Annual Technical Conference and Exhibition of the Society of Petroleum Engineers held in Houston, Texas, 3-6 October 1993.
- Love, Peter E. D., David John Edwards, Zahir Irani, and Nuria Forcada. 2014. "The Latent Causes of Rework in Floating Production Storage

- Offloading Projects." *Journal of Civil Engineering and Management* 20 (3): 315–329.
- Ma'ruf, Buana. 2009. Strategic Analysis of the Indonesian Shipyards to Sustain in New Building Business. *International Journal of Logistics and Transport, Thailand*, Volume 3 Number 1.
- Morecroft, John and J.W. Forrester. 2015. Chapter 2 System Dynamics
- Oil & Gas iQ. 2019. *2019 State of FPSO Nation Report*. Singapore: Oil & Gas iQ.
- Paik, Jeom Kee and Anil Kumar Thayamballi. 2007. Ship-Shaped Offshore Installation: Design, Building, and Operation. Cambridge University Press.
- Prastyasari, Fadilla Indrayuni, Dhimas Widhi Handani, A.A.B. Dinariyana, Miranto A. Prakoso. 2019. Feasibility Study of Diesel Engine Replacement on Passenger Ships: A System Dynamic Approach. *WMU Journal of Maritime Affairs* (2019) 18:281–296
- Shimamura, Yoshihide. 2002. "FPSO/FSO: State of The Art." *J. of Marine Science and Technology* 7: 59-70.
- Sterman J.D. 2000. *Business Dynamics: Systems Thinking and Modeling for a Complex World*. Boston: Irwin McGraw Hill.
- Supriyono. 2011. *Akuntansi Biaya, Perencanaan dan pengendalian biaya, serta pengambilan keputusan*. Yogyakarta. BPFE.
- Tang, V., & Vijay, S. 2001. *System Dynamics Origin Development and Future Prospects of A Method*. Research Seminar in Engineering System. Cambridge: MIT Press.
- Terpstra. T., B. B. d'Hautefeuille, and A.A. MacMillan. 2001. FPSO Design and Conversion: A Designer's Approach. Offshore Technology Conference Houston, TX, U.S.A., 30–3 May 2001.

LAMPIRAN

Simulasi pada kondisi normal



Penalty in Production

No Penalty

Bad

Very Bad

Lead Time

On Time

Bad

Very Bad

Pricing

0,10 %

1,00 %

3,00 %

Amount of Labour

80

150

300

Steel per ton

Supplier A

Supplier B

Supplier C

Tax Policy

0,00 %

5,00 %

12,00 %

Shipyards Class

High

Medium

Low

Bank Interest

7,00 %

9,00 %

13,00 %

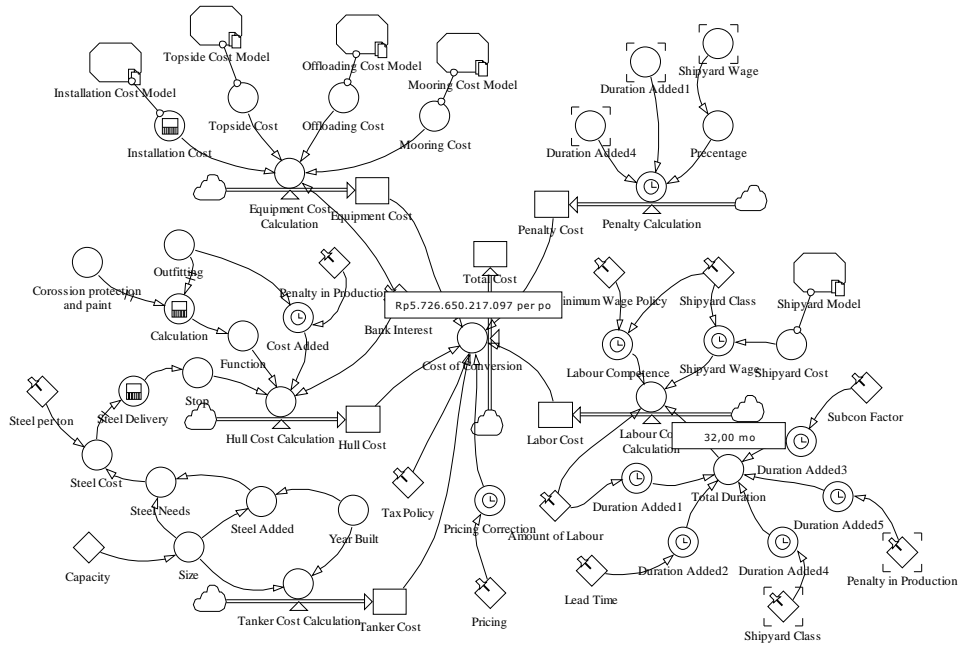
Subcon Factor

Low

Medium

High

Simulasi pada kondisi shipyard = low class



Penalty in Production

No Penalty

Bad

Very Bad

Lead Time

On Time

Bad

Very Bad

Pricing

0,10 %

1,00 %

3,00 %

Amount of Labour

80

150

300

Steel per ton

Supplier A

Supplier B

Supplier C

Tax Policy

0,00 %

5,00 %

12,00 %

Shipyard Class

High

Medium

Low

Bank Interest

7,00 %

9,00 %

13,00 %

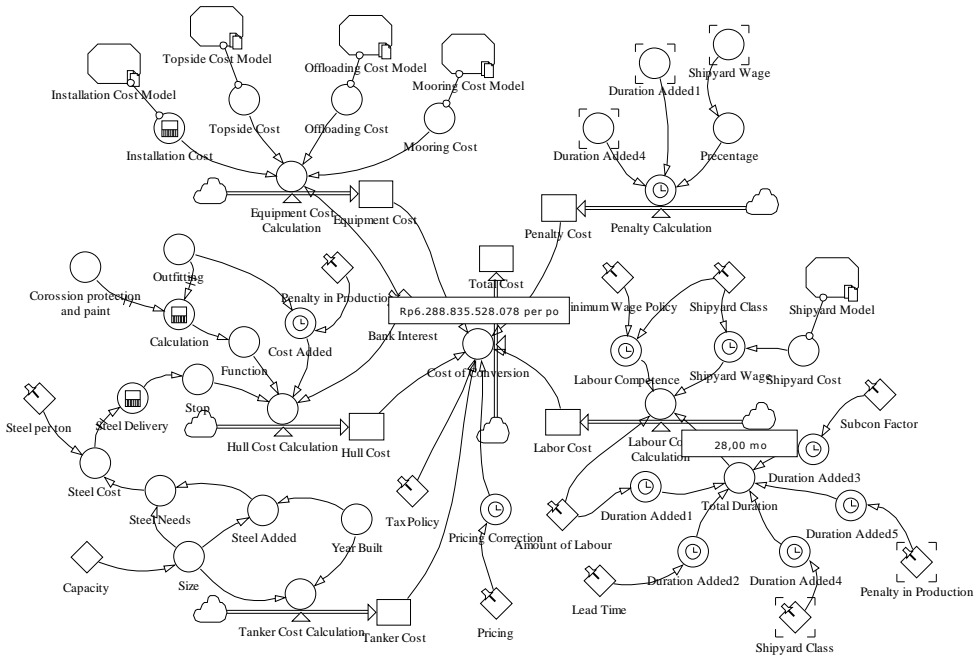
Subcon Factor

Low

Medium

High

Simulasi pada kondisi shipyard = medium class



Penalty in Production

- No Penalty
- Bad
- Very Bad

Lead Time

- On Time
- Bad
- Very Bad

Pricing

- 0,10 %
- 1,00 %
- 3,00 %

Amount of Labour

- 80
- 150
- 300

Steel per ton

- Supplier A
- Supplier B
- Supplier C

Tax Policy

- 0,00 %
- 5,00 %
- 12,00 %

Shipyard Class

- High
- Medium
- Low

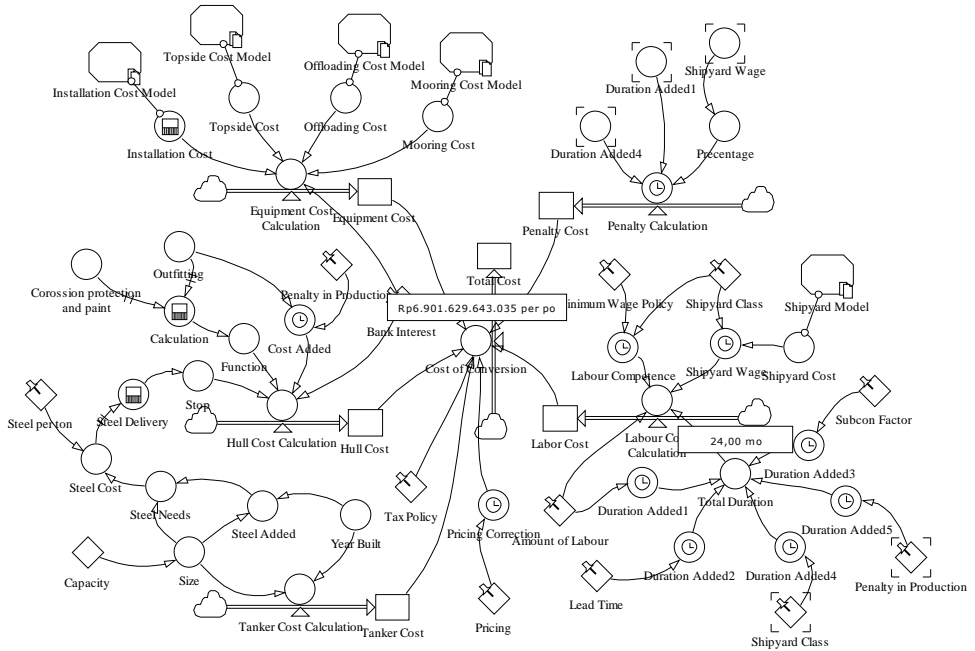
Bank Interest

- 7,00 %
- 9,00 %
- 13,00 %

Subcon Factor

- Low
- Medium
- High

Simulasi pada kondisi shipyard = high class



Penalty in Production

- No Penalty
- Bad
- Very Bad

Lead Time

- On Time
- Bad
- Very Bad

Pricing

- 0,10 %
- 1,00 %
- 3,00 %

Amount of Labour

- 80
- 150
- 300

Steel per ton

- Supplier A
- Supplier B
- Supplier C

Tax Policy

- 0,00 %
- 5,00 %
- 12,00 %

Shipyard Class

- High
- Medium
- Low

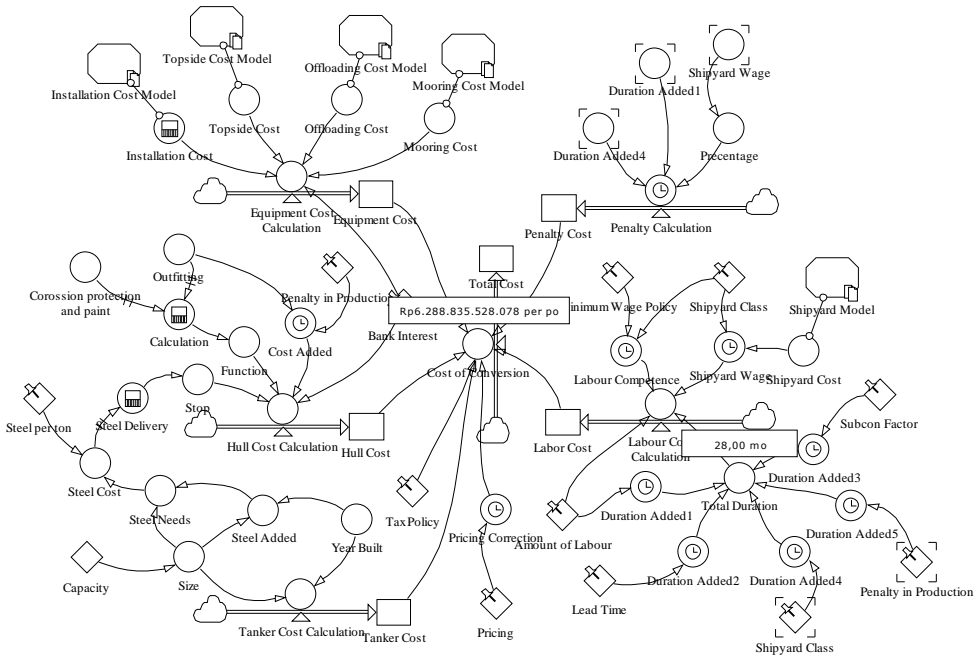
Bank Interest

- 7,00 %
- 9,00 %
- 13,00 %

Subcon Factor

- Low
- Medium
- High

Simulasi pada kondisi lead time = ontime



Penalty in Production

- No Penalty
- Bad
- Very Bad

Lead Time

- On Time
- Bad
- Very Bad

Pricing

- 0,10 %
- 1,00 %
- 3,00 %

Amount of Labour

- 80
- 150
- 300

Steel per ton

- Supplier A
- Supplier B
- Supplier C

Tax Policy

- 0,00 %
- 5,00 %
- 12,00 %

Shipyard Class

- High
- Medium
- Low

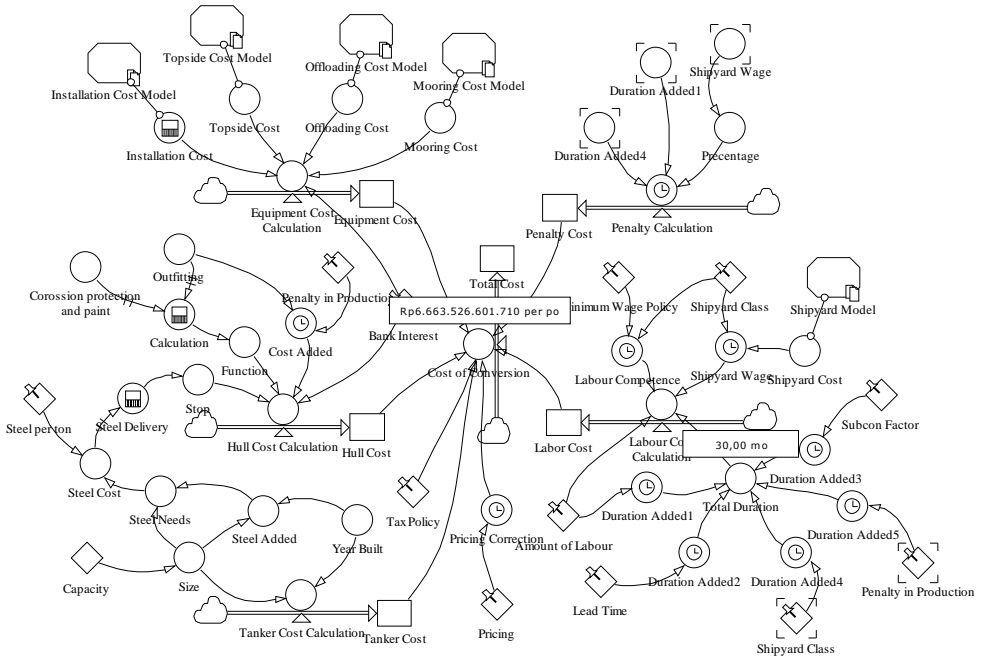
Bank Interest

- 7,00 %
- 9,00 %
- 13,00 %

Subcon Factor

- Low
- Medium
- High

Simulasi pada kondisi lead time = bad



Penalty in Production

No Penalty

Bad

Very Bad

Lead Time

On Time

Bad

Very Bad

Pricing

0,10 %

1,00 %

3,00 %

Amount of Labour

80

150

300

Steel per ton

Supplier A

Supplier B

Supplier C

Tax Policy

0,00 %

5,00 %

12,00 %

Shipyard Class

High

Medium

Low

Bank Interest

7,00 %

9,00 %

13,00 %

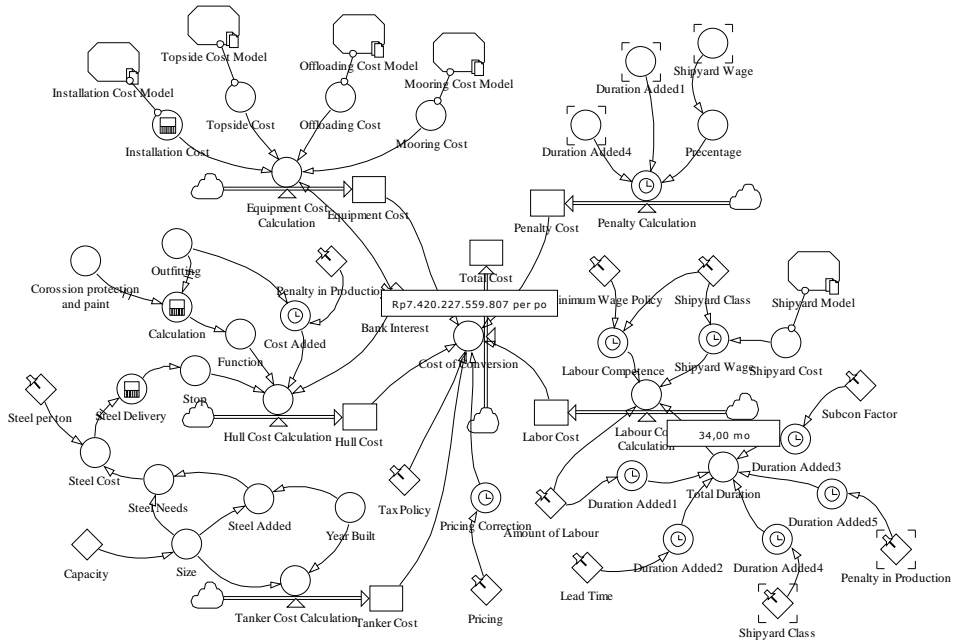
Subcon Factor

Low

Medium

High

Simulasi pada kondisi lead time = very bad



Penalty in Production

- No Penalty
- Bad
- Very Bad

Lead Time

- On Time
- Bad
- Very Bad

Pricing

- 0,10 %
- 1,00 %
- 3,00 %

Amount of Labour

- 80
- 150
- 300

Steel per ton

- Supplier A
- Supplier B
- Supplier C

Tax Policy

- 0,00 %
- 5,00 %
- 12,00 %

Shipyard Class

- High
- Medium
- Low

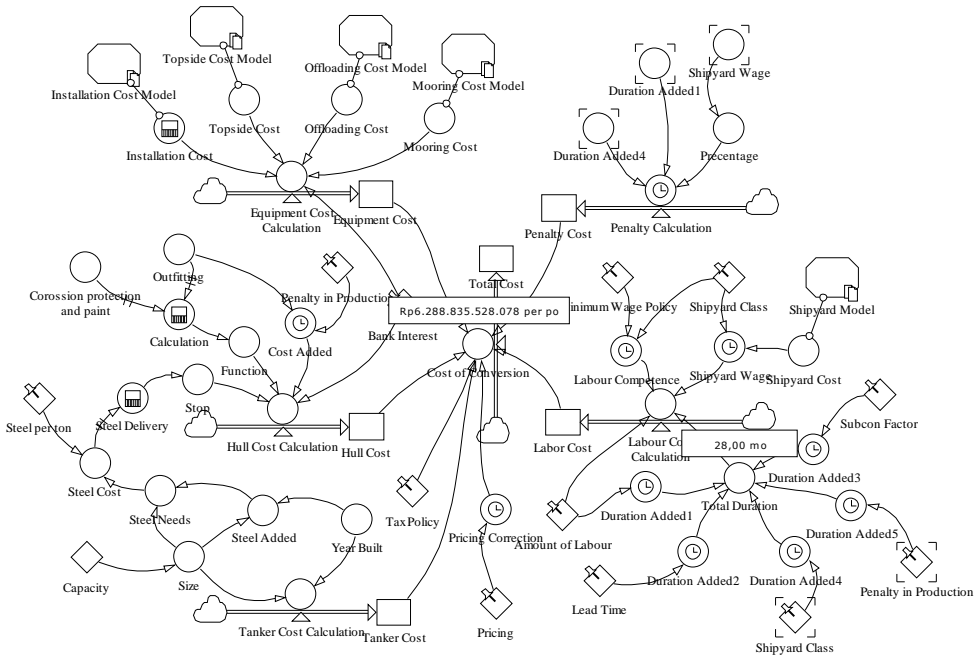
Bank Interest

- 7,00 %
- 9,00 %
- 13,00 %

Subcon Factor

- Low
- Medium
- High

Simulasi pada kondisi subcon factor = normal



Penalty in Production

- No Penalty
- Bad
- Very Bad

Lead Time

- On Time
- Bad
- Very Bad

Pricing

- 0,10 %
- 1,00 %
- 3,00 %

Amount of Labour

- 80
- 150
- 300

Steel per ton

- Supplier A
- Supplier B
- Supplier C

Tax Policy

- 0,00 %
- 5,00 %
- 12,00 %

Shipyards Class

- High
- Medium
- Low

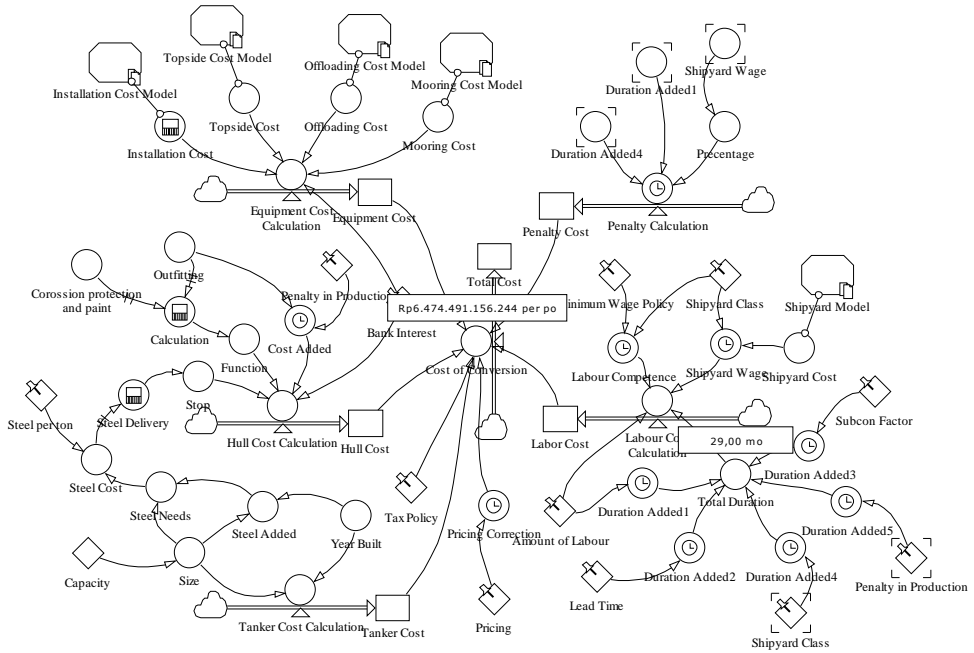
Bank Interest

- 7,00 %
- 9,00 %
- 13,00 %

Subcon Factor

- Low
- Medium
- High

Simulasi pada kondisi subcon factor = bad



Penalty in Production

- No Penalty
- Bad
- Very Bad

Lead Time

- On Time
- Bad
- Very Bad

Pricing

- 0,10 %
- 1,00 %
- 3,00 %

Amount of Labour

- 80
- 150
- 300

Steel per ton

- Supplier A
- Supplier B
- Supplier C

Tax Policy

- 0,00 %
- 5,00 %
- 12,00 %

Shipyards Class

- High
- Medium
- Low

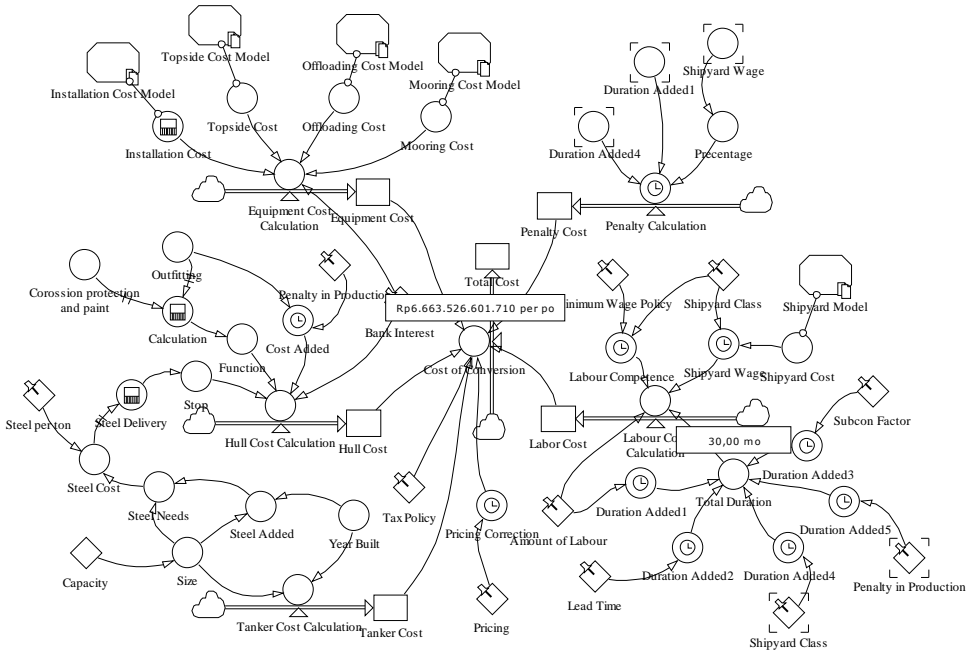
Bank Interest

- 7,00 %
- 9,00 %
- 13,00 %

Subcon Factor

- Low
- Medium
- High

Simulasi pada kondisi subcon factor = very bad



Penalty in Production

- No Penalty
- Bad
- Very Bad

Lead Time

- On Time
- Bad
- Very Bad

Pricing

- 0,10 %
- 1,00 %
- 3,00 %

Amount of Labour

- 80
- 150
- 300

Steel per ton

- Supplier A
- Supplier B
- Supplier C

Tax Policy

- 0,00 %
- 5,00 %
- 12,00 %

Shipyards Class

- High
- Medium
- Low

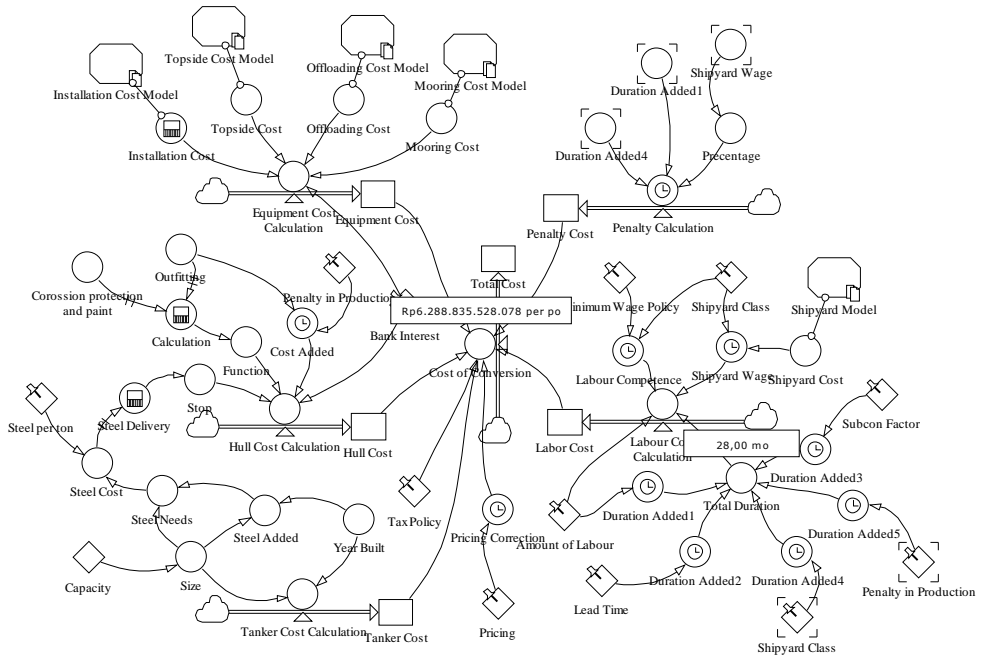
Bank Interest

- 7,00 %
- 9,00 %
- 13,00 %

Subcon Factor

- Low
- Medium
- High

Simulasi pada kondisi penalty during production = no penalty



Penalty in Production

- No Penalty
- Bad
- Very Bad

Lead Time

- On Time
- Bad
- Very Bad

Pricing

- 0,10 %
- 1,00 %
- 3,00 %

Amount of Labour

- 80
- 150
- 300

Steel per ton

- Supplier A
- Supplier B
- Supplier C

Tax Policy

- 0,00 %
- 5,00 %
- 12,00 %

Shipyard Class

- High
- Medium
- Low

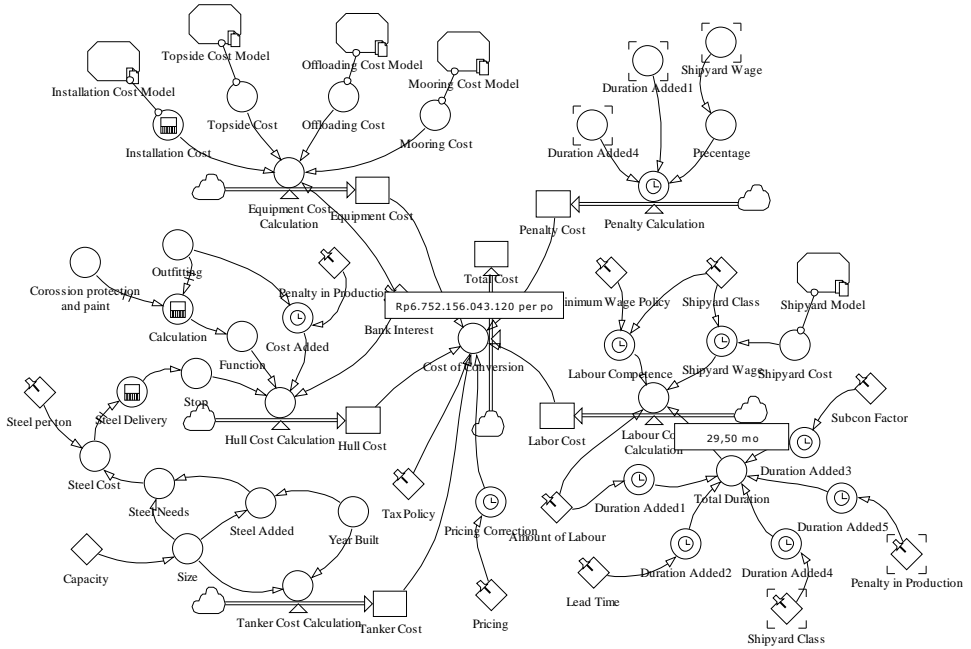
Bank Interest

- 7,00 %
- 9,00 %
- 13,00 %

Subcon Factor

- Low
- Medium
- High

Simulasi pada kondisi penalty during production = bad



Penalty in Production

No Penalty
 Bad
 Very Bad

Lead Time

On Time
 Bad
 Very Bad

Pricing

0,10 %
 1,00 %
 3,00 %

Amount of Labour

80
 150
 300

Steel per ton

Supplier A
 Supplier B
 Supplier C

Tax Policy

0,00 %
 5,00 %
 12,00 %

Shipyard Class

High
 Medium
 Low

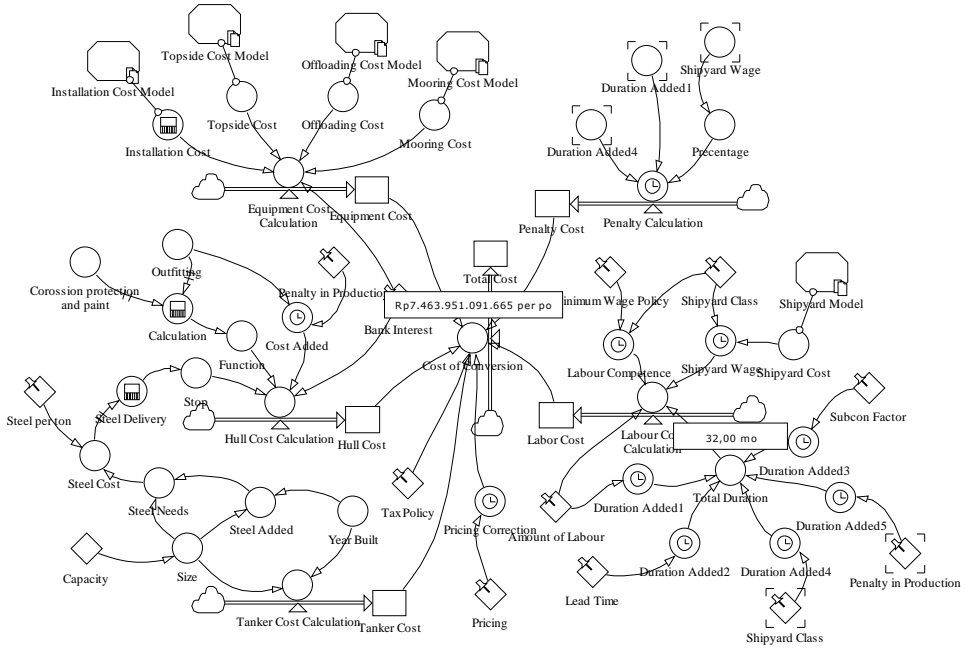
Bank Interest

7,00 %
 9,00 %
 13,00 %

Subcon Factor

Low
 Medium
 High

Simulasi pada kondisi penalty during production = very bad



Penalty in Production

No Penalty

Bad

Very Bad

Lead Time

On Time

Bad

Very Bad

Pricing

0,10 %

1,00 %

3,00 %

Amount of Labour

80

150

300

Steel per ton

Supplier A

Supplier B

Supplier C

Tax Policy

0,00 %

5,00 %

12,00 %

Shipyard Class

High

Medium

Low

Bank Interest

7,00 %

9,00 %

13,00 %

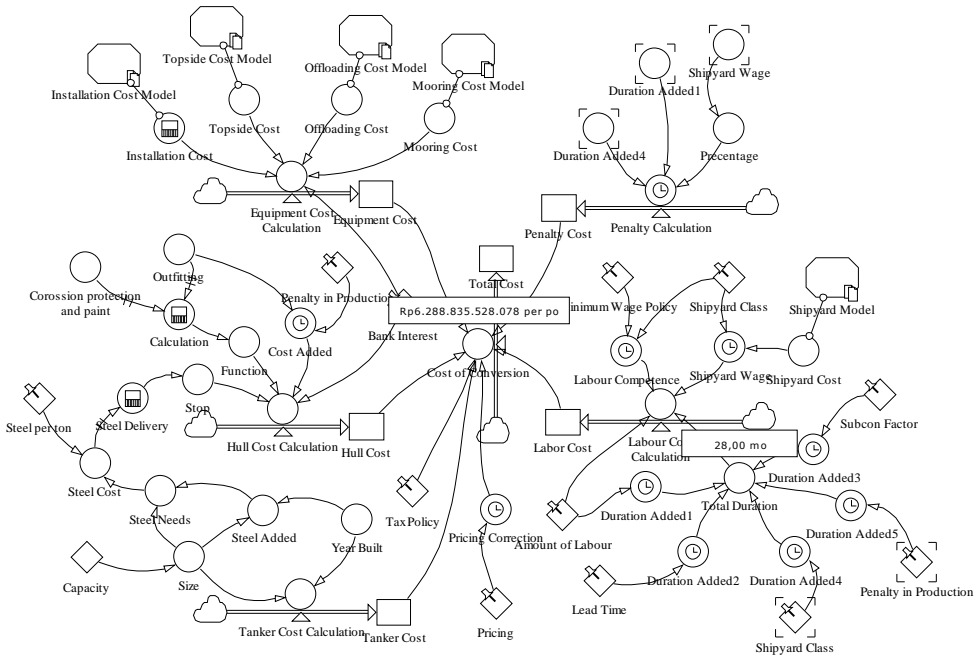
Subcon Factor

Low

Medium

High

Simulasi pada kondisi amount of worker = 80



Penalty in Production

- No Penalty
- Bad
- Very Bad

Lead Time

- On Time
- Bad
- Very Bad

Pricing

- 0,10 %
- 1,00 %
- 3,00 %

Amount of Labour

- 80
- 150
- 300

Steel per ton

- Supplier A
- Supplier B
- Supplier C

Tax Policy

- 0,00 %
- 5,00 %
- 12,00 %

Shipyards Class

- High
- Medium
- Low

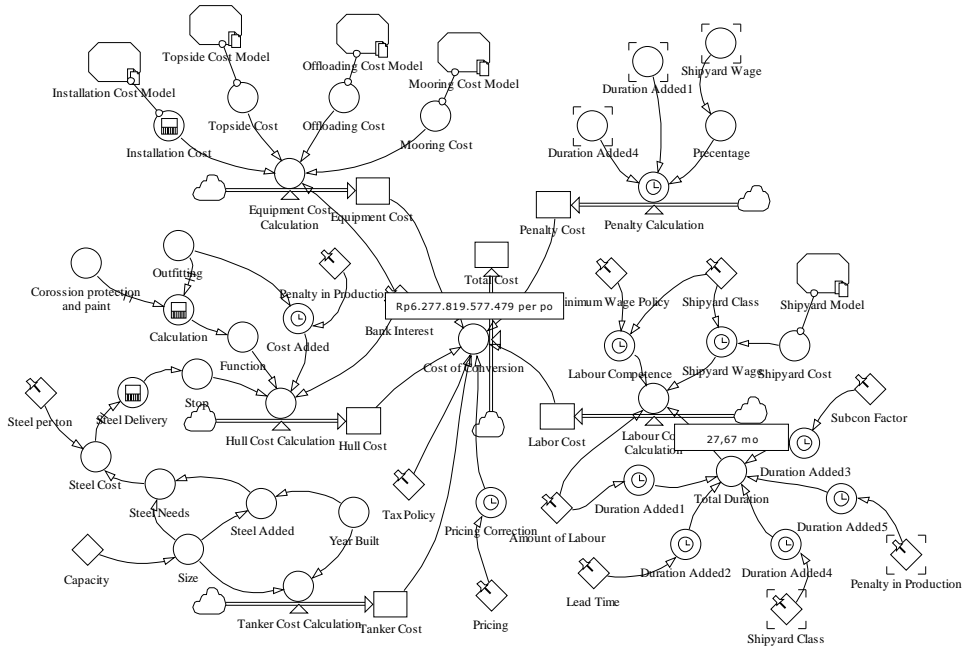
Bank Interest

- 7,00 %
- 9,00 %
- 13,00 %

Subcon Factor

- Low
- Medium
- High

Simulasi pada kondisi amount of worker = 150



Penalty in Production

- No Penalty
- Bad
- Very Bad

Lead Time

- On Time
- Bad
- Very Bad

Pricing

- 0,10 %
- 1,00 %
- 3,00 %

Amount of Labour

- 80
- 150
- 300

Steel per ton

- Supplier A
- Supplier B
- Supplier C

Tax Policy

- 0,00 %
- 5,00 %
- 12,00 %

Shipyard Class

- High
- Medium
- Low

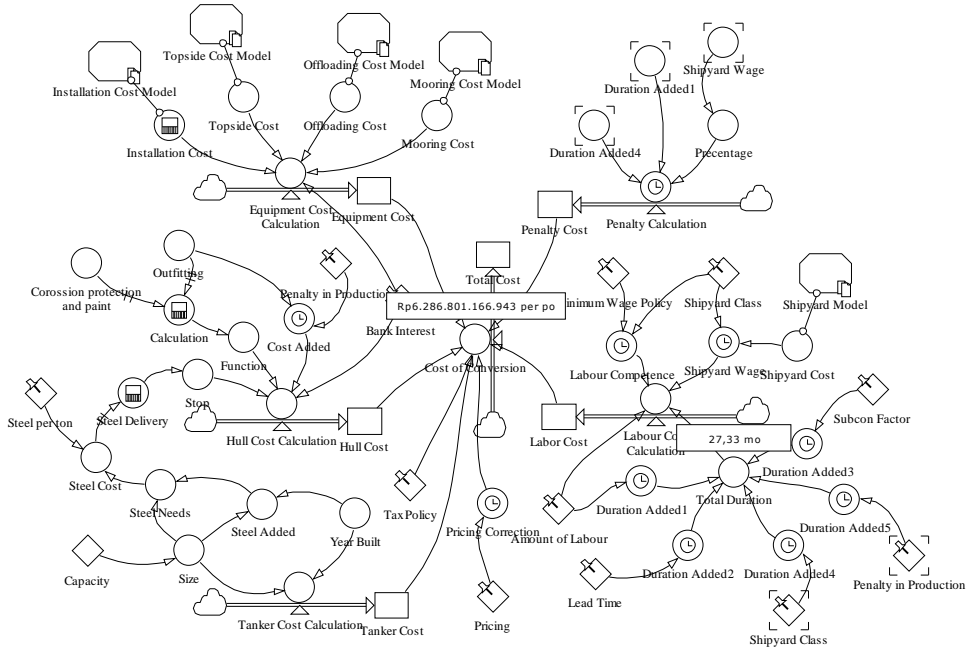
Bank Interest

- 7,00 %
- 9,00 %
- 13,00 %

Subcon Factor

- Low
- Medium
- High

Simulasi pada kondisi amount of worker = 300



Penalty in Production

- No Penalty
- Bad
- Very Bad

Lead Time

- On Time
- Bad
- Very Bad

Pricing

- 0,10 %
- 1,00 %
- 3,00 %

Amount of Labour

- 80
- 150
- 300

Steel per ton

- Supplier A
- Supplier B
- Supplier C

Tax Policy

- 0,00 %
- 5,00 %
- 12,00 %

Shipyards Class

- High
- Medium
- Low

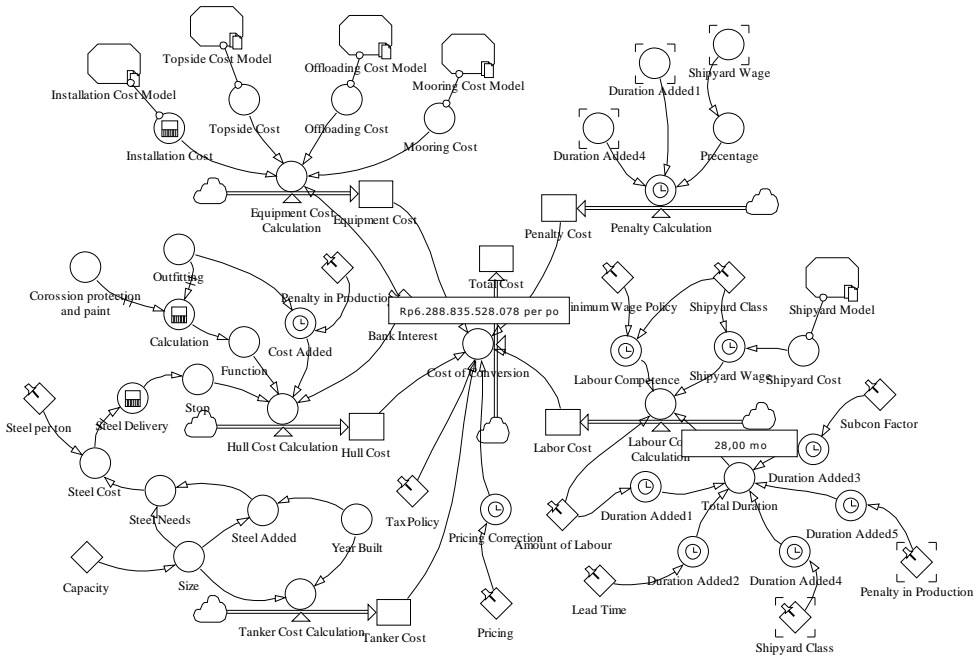
Bank Interest

- 7,00 %
- 9,00 %
- 13,00 %

Subcon Factor

- Low
- Medium
- High

Simulasi pada kondisi pricing = 0,1%



Penalty in Production

- No Penalty
- Bad
- Very Bad

Lead Time

- On Time
- Bad
- Very Bad

Pricing

- 0,10 %
- 1,00 %
- 3,00 %

Amount of Labour

- 80
- 150
- 300

Steel per ton

- Supplier A
- Supplier B
- Supplier C

Tax Policy

- 0,00 %
- 5,00 %
- 12,00 %

Shipyards Class

- High
- Medium
- Low

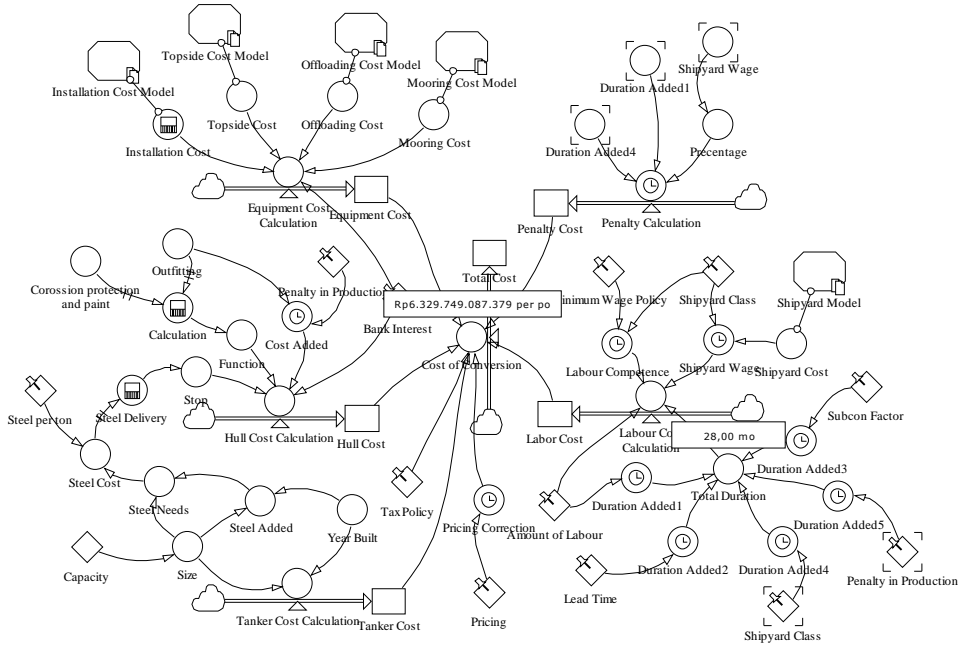
Bank Interest

- 7,00 %
- 9,00 %
- 13,00 %

Subcon Factor

- Low
- Medium
- High

Simulasi pada kondisi pricing = 1,0%



Penalty in Production

No Penalty

Bad

Very Bad

Lead Time

On Time

Bad

Very Bad

Pricing

0,10 %

1,00 %

3,00 %

Amount of Labour

80

150

300

Steel per ton

Supplier A

Supplier B

Supplier C

Tax Policy

0,00 %

5,00 %

12,00 %

Shipyard Class

High

Medium

Low

Bank Interest

7,00 %

9,00 %

13,00 %

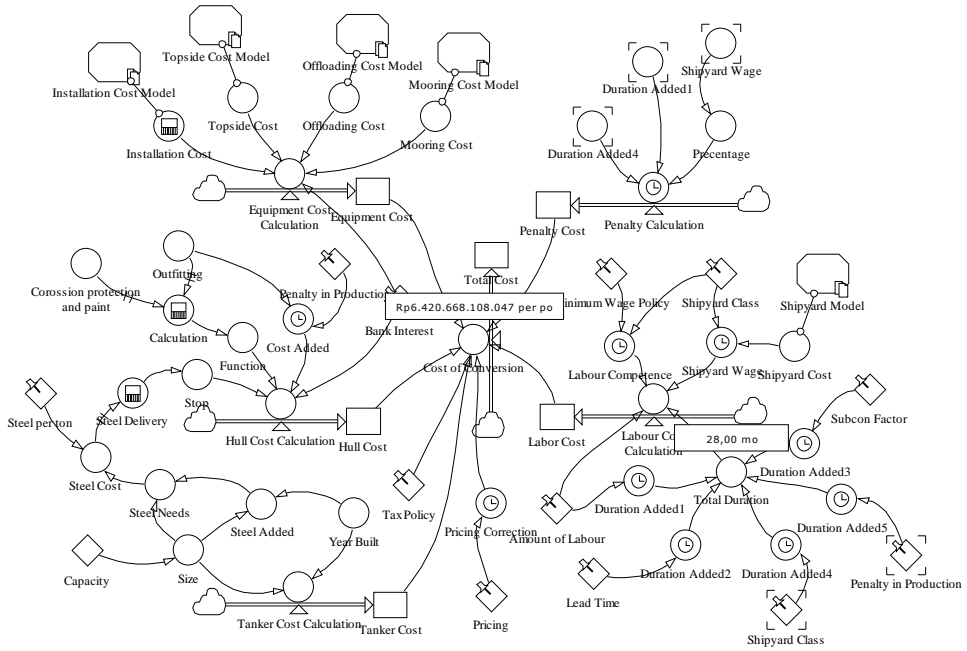
Subcon Factor

Low

Medium

High

Simulasi pada kondisi pricing = 3,0%



Penalty in Production

No Penalty

Bad

Very Bad

Lead Time

On Time

Bad

Very Bad

Pricing

0,10 %

1,00 %

3,00 %

Amount of Labour

80

150

300

Steel per ton

Supplier A

Supplier B

Supplier C

Tax Policy

0,00 %

5,00 %

12,00 %

Shipyard Class

High

Medium

Low

Bank Interest

7,00 %

9,00 %

13,00 %

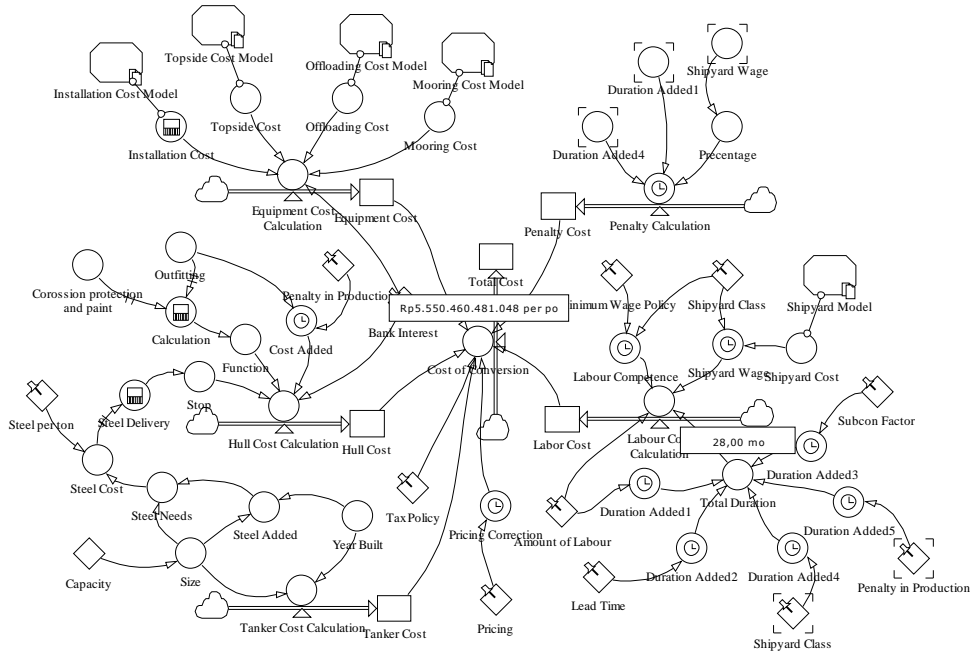
Subcon Factor

Low

Medium

High

Simulasi pada kondisi material cost = low



Penalty in Production

- No Penalty
- Bad
- Very Bad

Lead Time

- On Time
- Bad
- Very Bad

Pricing

- 0,10 %
- 1,00 %
- 3,00 %

Amount of Labour

- 80
- 150
- 300

Steel per ton

- Supplier A
- Supplier B
- Supplier C

Tax Policy

- 0,00 %
- 5,00 %
- 12,00 %

Shipyards Class

- High
- Medium
- Low

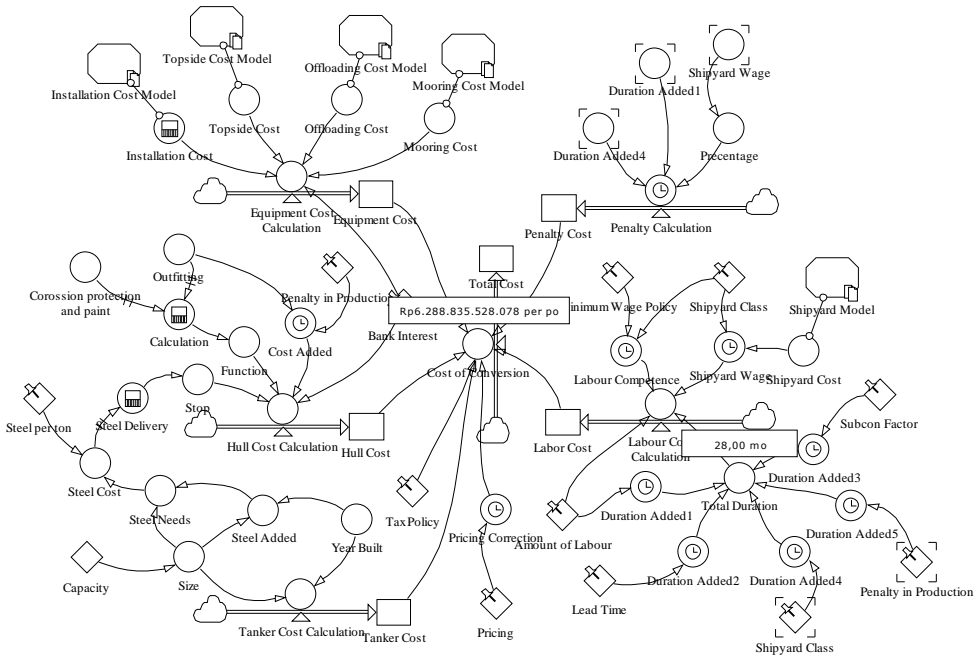
Bank Interest

- 7,00 %
- 9,00 %
- 13,00 %

Subcon Factor

- Low
- Medium
- High

Simulasi pada kondisi material cost = medium



Penalty in Production

- No Penalty
- Bad
- Very Bad

Lead Time

- On Time
- Bad
- Very Bad

Pricing

- 0,10 %
- 1,00 %
- 3,00 %

Amount of Labour

- 80
- 150
- 300

Steel per ton

- Supplier A
- Supplier B
- Supplier C

Tax Policy

- 0,00 %
- 5,00 %
- 12,00 %

Shipyards Class

- High
- Medium
- Low

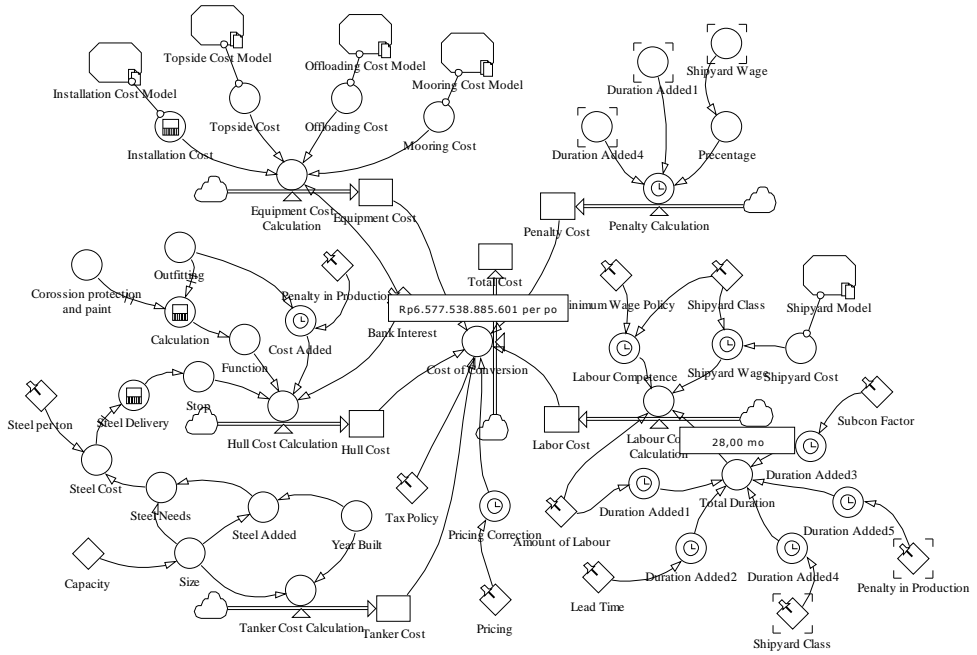
Bank Interest

- 7,00 %
- 9,00 %
- 13,00 %

Subcon Factor

- Low
- Medium
- High

Simulasi pada kondisi material cost = high



Penalty in Production

- No Penalty
- Bad
- Very Bad

Lead Time

- On Time
- Bad
- Very Bad

Pricing

- 0,10 %
- 1,00 %
- 3,00 %

Amount of Labour

- 80
- 150
- 300

Steel per ton

- Supplier A
- Supplier B
- Supplier C

Tax Policy

- 0,00 %
- 5,00 %
- 12,00 %

Shipyard Class

- High
- Medium
- Low

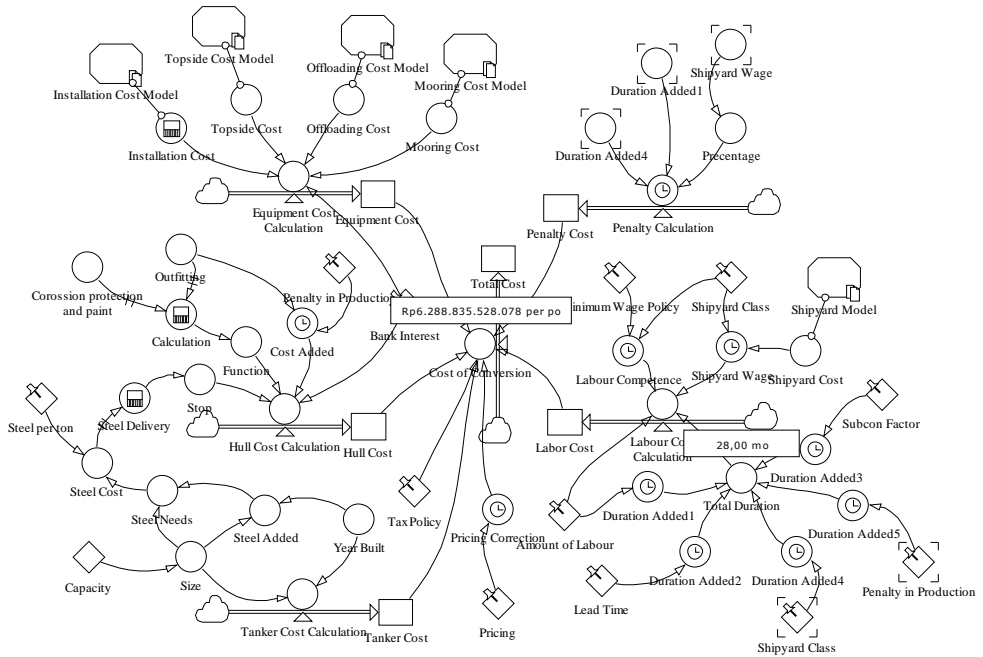
Bank Interest

- 7,00 %
- 9,00 %
- 13,00 %

Subcon Factor

- Low
- Medium
- High

Simulasi pada kondisi currency value = low



Penalty in Production

- No Penalty
- Bad
- Very Bad

Lead Time

- On Time
- Bad
- Very Bad

Pricing

- 0,10 %
- 1,00 %
- 3,00 %

Amount of Labour

- 80
- 150
- 300

Steel per ton

- Supplier A
- Supplier B
- Supplier C

Tax Policy

- 0,00 %
- 5,00 %
- 12,00 %

Shipyards Class

- High
- Medium
- Low

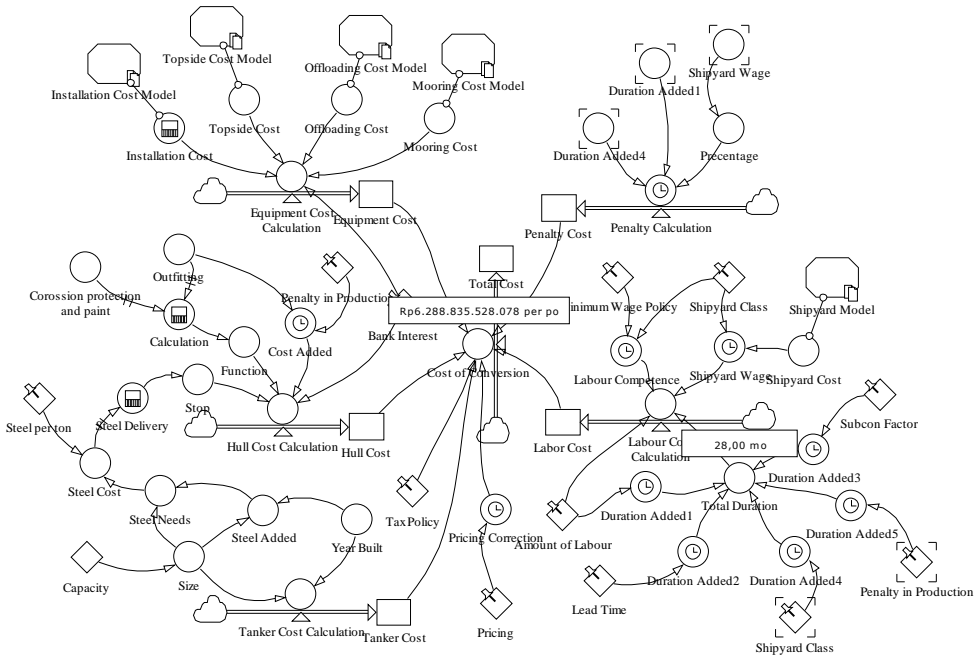
Bank Interest

- 7,00 %
- 9,00 %
- 13,00 %

Subcon Factor

- Low
- Medium
- High

Simulasi pada kondisi currency value = medium



Penalty in Production

- No Penalty
- Bad
- Very Bad

Lead Time

- On Time
- Bad
- Very Bad

Pricing

- 0,10 %
- 1,00 %
- 3,00 %

Amount of Labour

- 80
- 150
- 300

Steel per ton

- Supplier A
- Supplier B
- Supplier C

Tax Policy

- 0,00 %
- 5,00 %
- 12,00 %

Shipyards Class

- High
- Medium
- Low

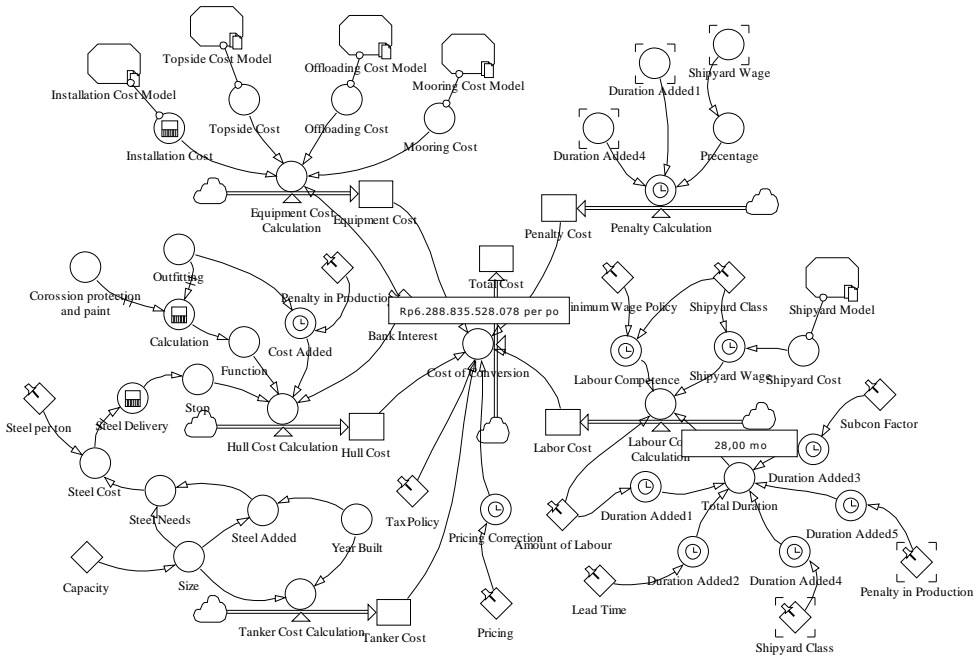
Bank Interest

- 7,00 %
- 9,00 %
- 13,00 %

Subcon Factor

- Low
- Medium
- High

Simulasi pada kondisi currency value = high



Penalty in Production

- No Penalty
- Bad
- Very Bad

Lead Time

- On Time
- Bad
- Very Bad

Pricing

- 0,10 %
- 1,00 %
- 3,00 %

Amount of Labour

- 80
- 150
- 300

Steel per ton

- Supplier A
- Supplier B
- Supplier C

Tax Policy

- 0,00 %
- 5,00 %
- 12,00 %

Shipyard Class

- High
- Medium
- Low

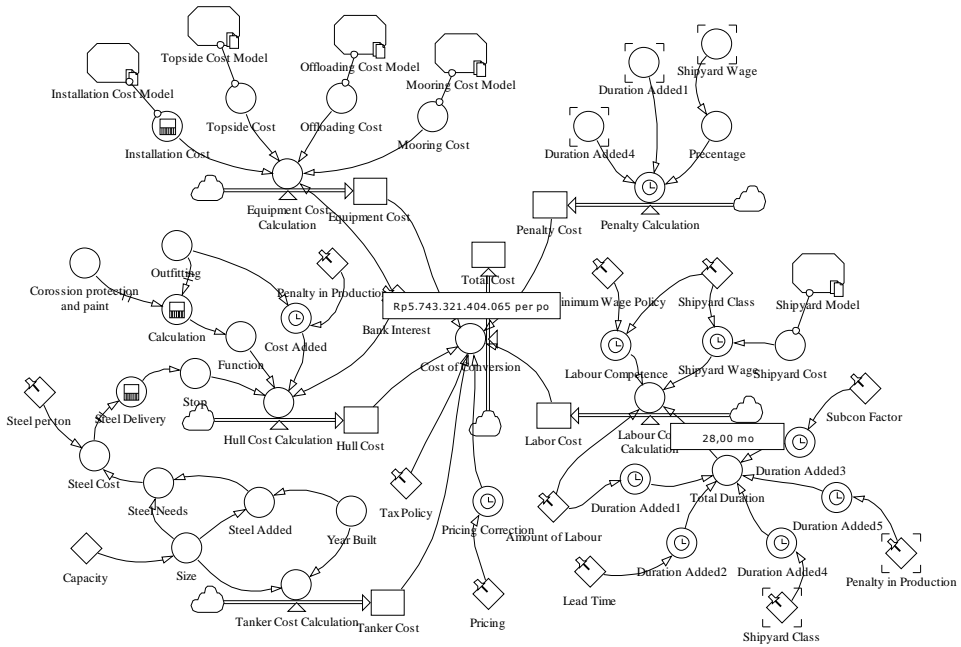
Bank Interest

- 7,00 %
- 9,00 %
- 13,00 %

Subcon Factor

- Low
- Medium
- High

Simulasi pada kondisi tax policy = 0 %



Penalty in Production

No Penalty

Bad

Very Bad

Lead Time

On Time

Bad

Very Bad

Pricing

0,10 %

1,00 %

3,00 %

Amount of Labour

80

150

300

Steel per ton

Supplier A

Supplier B

Supplier C

Tax Policy

0,00 %

5,00 %

12,00 %

Shipyards Class

High

Medium

Low

Bank Interest

7,00 %

9,00 %

13,00 %

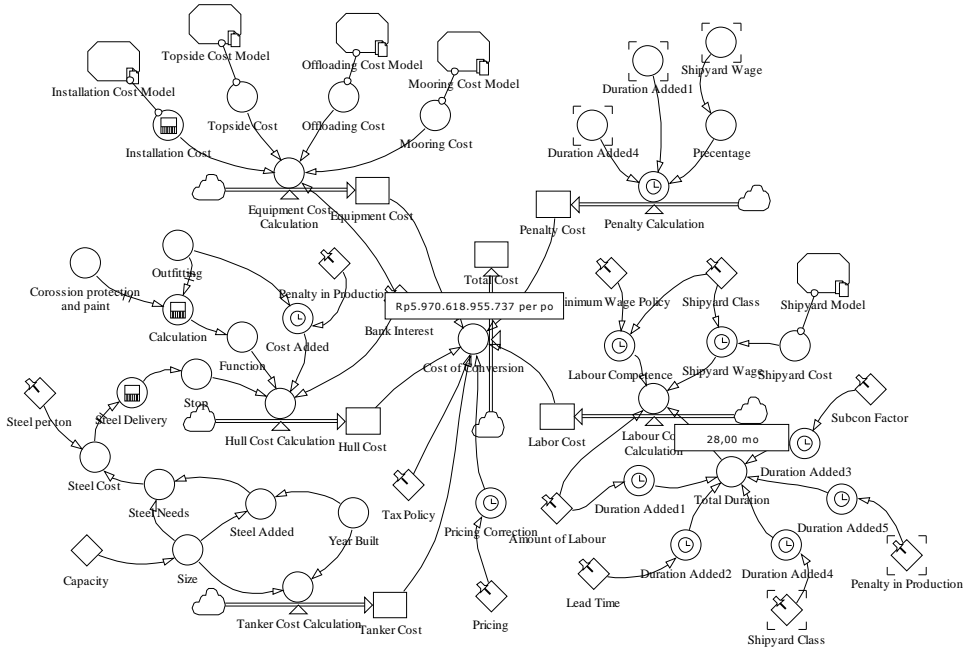
Subcon Factor

Low

Medium

High

Simulasi pada kondisi tax policy = 5 %



Penalty in Production

- No Penalty
- Bad
- Very Bad

Lead Time

- On Time
- Bad
- Very Bad

Pricing

- 0,10 %
- 1,00 %
- 3,00 %

Amount of Labour

- 80
- 150
- 300

Steel per ton

- Supplier A
- Supplier B
- Supplier C

Tax Policy

- 0,00 %
- 5,00 %
- 12,00 %

Shipyard Class

- High
- Medium
- Low

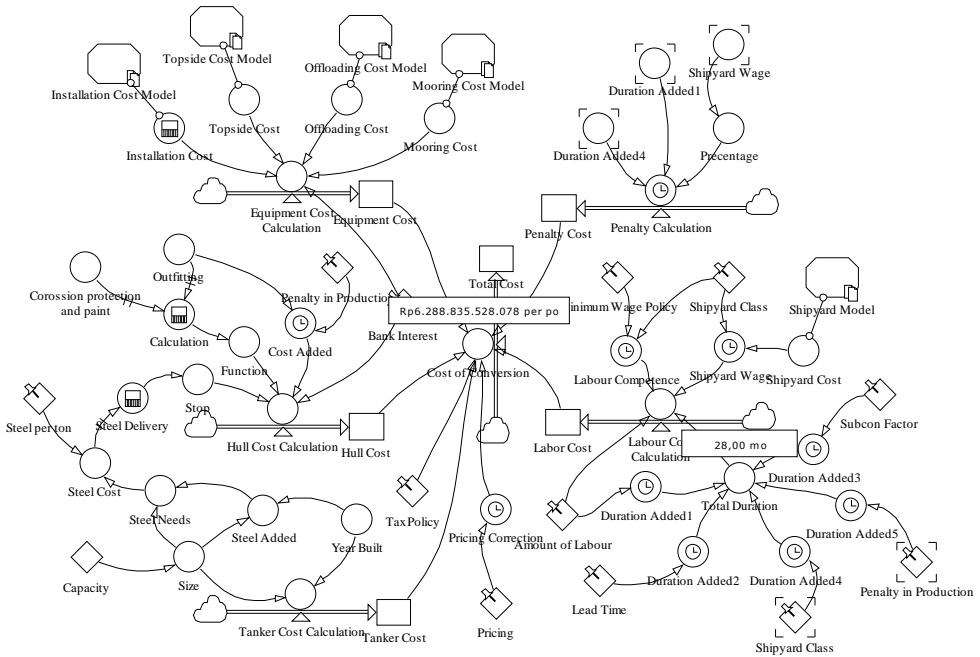
Bank Interest

- 7,00 %
- 9,00 %
- 13,00 %

Subcon Factor

- Low
- Medium
- High

Simulasi pada kondisi tax policy = 12 %



Penalty in Production

- No Penalty
- Bad
- Very Bad

Lead Time

- On Time
- Bad
- Very Bad

Pricing

- 0,10 %
- 1,00 %
- 3,00 %

Amount of Labour

- 80
- 150
- 300

Steel per ton

- Supplier A
- Supplier B
- Supplier C

Tax Policy

- 0,00 %
- 5,00 %
- 12,00 %

Shipyard Class

- High
- Medium
- Low

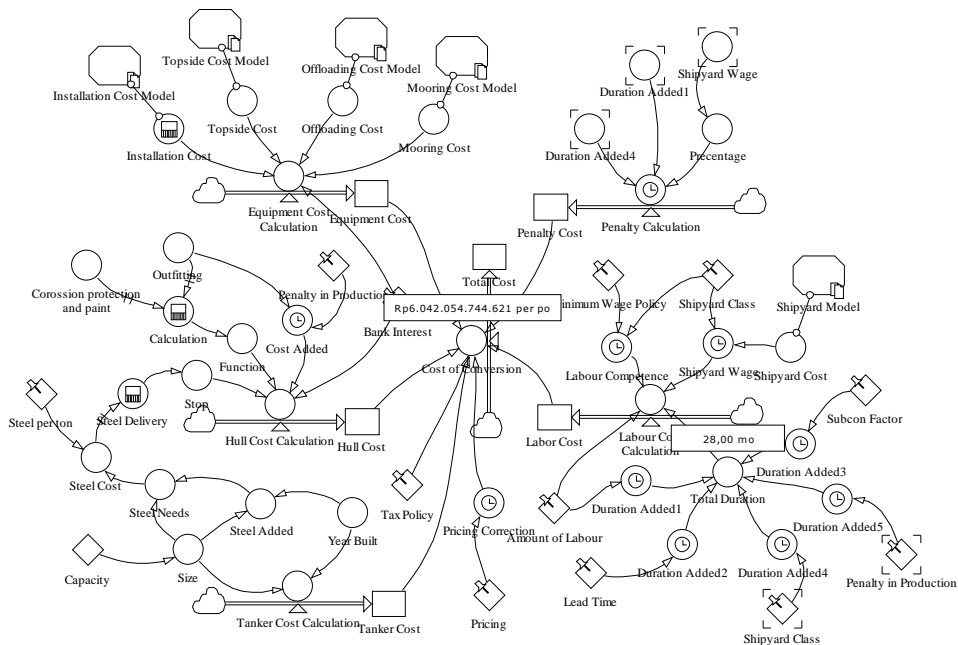
Bank Interest

- 7,00 %
- 9,00 %
- 13,00 %

Subcon Factor

- Low
- Medium
- High

Simulasi pada kondisi bank interest = 7 %



Penalty in Production

No Penalty

Bad

Very Bad

Lead Time

On Time

Bad

Very Bad

Pricing

0,10 %

1,00 %

3,00 %

Amount of Labour

80

150

300

Steel per ton

Supplier A

Supplier B

Supplier C

Tax Policy

0,00 %

5,00 %

12,00 %

Shipyards Class

High

Medium

Low

Bank Interest

7,00 %

9,00 %

13,00 %

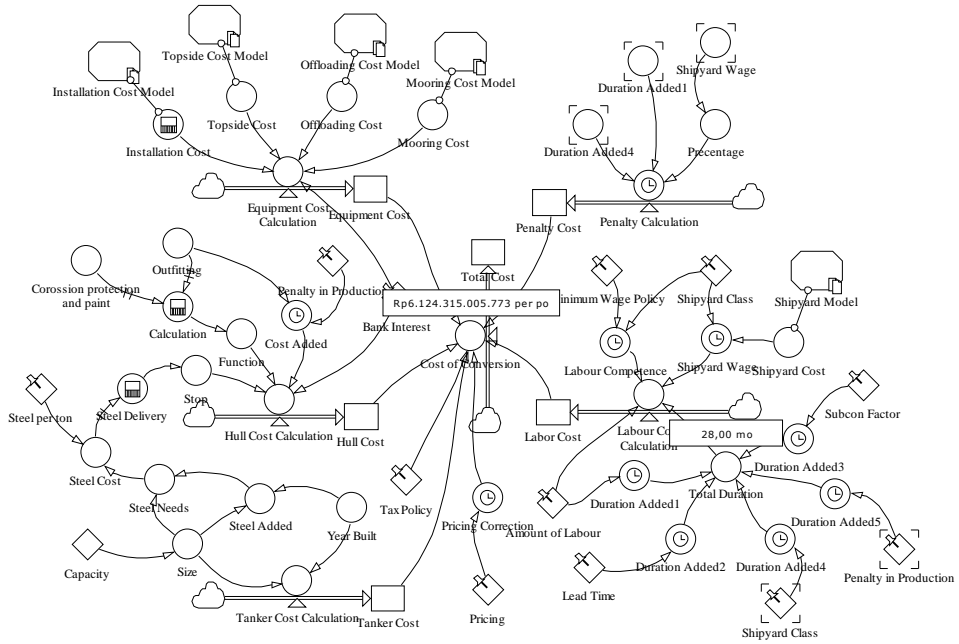
Subcon Factor

Low

Medium

High

Simulasi pada kondisi bank interest = 9 %



Penalty in Production

No Penalty

Bad

Very Bad

Lead Time

On Time

Bad

Very Bad

Pricing

0,10 %

1,00 %

3,00 %

Amount of Labour

80

150

300

Steel per ton

Supplier A

Supplier B

Supplier C

Tax Policy

0,00 %

5,00 %

12,00 %

Shipyard Class

High

Medium

Low

Bank Interest

7,00 %

9,00 %

13,00 %

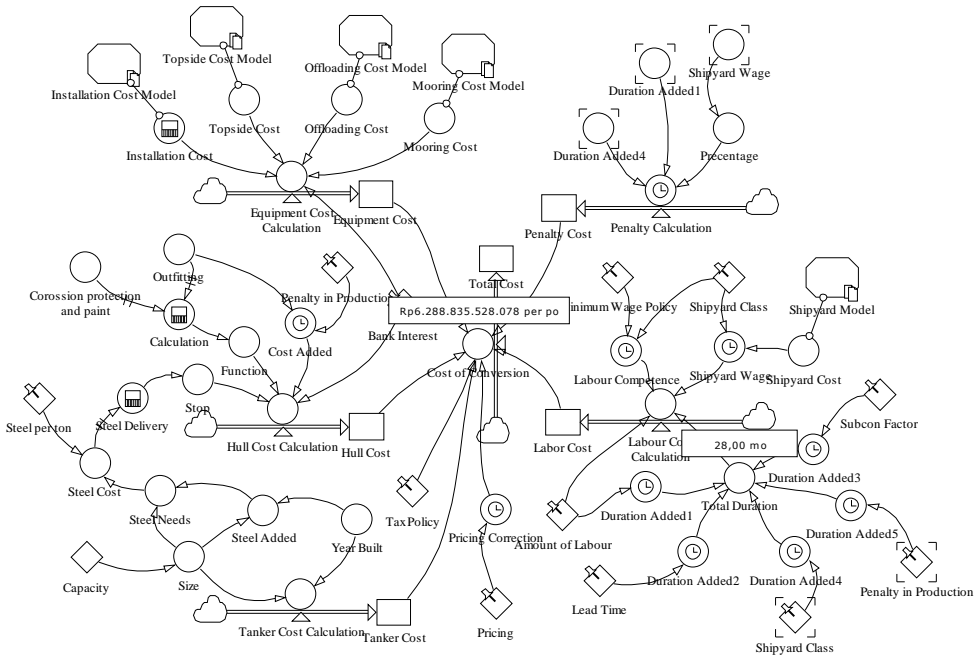
Subcon Factor

Low

Medium

High

Simulasi pada kondisi bank interest = 13 %



Penalty in Production

- No Penalty
- Bad
- Very Bad

Lead Time

- On Time
- Bad
- Very Bad

Pricing

- 0,10 %
- 1,00 %
- 3,00 %

Amount of Labour

- 80
- 150
- 300

Steel per ton

- Supplier A
- Supplier B
- Supplier C

Tax Policy

- 0,00 %
- 5,00 %
- 12,00 %

Shipyards Class

- High
- Medium
- Low

Bank Interest

- 7,00 %
- 9,00 %
- 13,00 %

Subcon Factor

- Low
- Medium
- High

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BIODATA PENULIS



Penulis memiliki nama lengkap Andra Ariestya. Lahir di Jakarta pada tanggal 10 April 1998. Penulis merupakan putra pertama dari dua bersaudara dari pasangan suami istri Bapak Tri Wantoro dan Ibu Sumaryati. Sampai saat ini penulis telah menempuh jenjang pendidikan formal mulai dari SDN RRI Cisalak, SMPN 3 Depok, SMAN 2 Depok dan melanjutkan pendidikan tinggi di Departemen Teknik Sistem Perkapalan, Fakultas Teknologi Kelautan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS) Surabaya dengan bidang *Reliability, Availability, Management and safety* (RAMS). Selama menjalani masa perkuliahan, Penulis pernah menjalankan kerja praktik di beberapa perusahaan yaitu PT. Daya Radar Utama Lamongan dan

PT. Pertamina Hulu Energi Jakarta. Selain menjalankan aktivitas akademik, penulis juga aktif tergabung dalam beberapa aktivitas organisasi seperti, staff METIC HIMASISKAL 2017/2018, Kepala *Membership Management Department Society of Petroleum Engineers (SPE) Student Chapter ITS*, dan sebagai Kepala Divisi Media dan Informasi HIMASISKAL 2019/2020. Penulis juga aktif dalam kegiatan kepantiaan seperti staff logistik Petrolida 2018, *Koordinator Marine Eco Solar Boat Competition Marine Icon* 2019, dan MASTIC (*Maritime Safety International Conference*) 2020. Penulis aktif dalam mengikuti kegiatan dan menjadi ketua dari Laboratorium *Reliability, Availability, Management and Safety* (RAMS).