



SKRIPSI –ME 091329

Pemilihan Lokasi Mini CNG Plant dengan Metode ANP (*Analytical Network Process*) serta Optimasi Rantai Pasok CNG ke Bali, Nusa Tenggara Barat, dan Nusa Tenggara Timur.

Abdul Gafur
NRP. 4210 100 044

Dosen Pembimbing
Raja Oloan Saut Gurning, ST, M.Sc, Ph.D
A.A.B Dinariyana D.P, ST, MES, Ph.D

JURUSAN TEKNIK SISTEM PERKAPALAN
Fakultas Teknologi Kelautan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2014



SKRIPSI –ME 091329

Selection of CNG Plant Location Using (Analytical Network Process) ANP Method CNG and optimization of CNG Supply Chain to Bali, West Nusa Tenggara and East Nusa Tenggara.

ABDUL GAFUR
NRP. 4210 100 044

Supervisor
Raja Oloan Saut Gurning, ST, M.Sc, Ph.D
A.A.B Dinariyana D.P, ST, MES, Ph.D

Department of Marine Engineering
Faculty of marine Technology
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2014

LEMBAR PENGESAHAN

Pemilihan Lokasi Mini CNG Plant dengan Metode ANP
(*Analytical Network Process*) serta Optimasi Rantai Pasok
CNG ke Bali, Nusa Tenggara Barat, dan Nusa Tenggara
Timur.

TUGAS AKHIR

Diajukan untuk Memenuhi Salah Satu Syarat Memperoleh
Gelar Sarjana Teknik pada
Bidang Studi Marine Reliability, Availability, and Safety
(RAMS)
Program Studi S-1 Jurusan Teknik Sistem Perkapalan
Fakultas Teknologi Kelautan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

ABDUL GAFUR
NRP. 4210 100 044

Disertui oleh Dosen Pembimbing Tugas Akhir

1. Raja Olvan Sant Gurning, ST, M.Sc, Ph.D

2. A.A.B Dinariyana D.P, ST, MES, Ph.D

Surabaya
Juli, 2014

LEMBAR PENGESAHAN

**Pemilihan Lokasi Mini CNG Plant dengan Metode ANP
(Analytical Network Process) serta Optimasi Rantai Pasok
CNG ke Bali, Nusa Tenggara Barat, dan Nusa Tenggara
Timur.**

TUGAS AKHIR

**Diajukan untuk Memenuhi Salah Satu Syarat Memperoleh
Gelar Sarjana Teknik pada
Bidang Studi Marine Reliability, Availability, and Safety
(RAMS)
Program Studi S-1 Jurusan Teknik Sistem Perkapalan
Fakultas Teknologi Kelautan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember**

Oleh:

**ABDUL GAFUR
NRP. 4210 100 044**

Disetujui oleh
Ketua Jurusan
Teknik Sistem Perkapalan

**DR. Ir. A.A. Masroeri, M.Eng
NIP 1959 0807 1984 03 1001**

**Surabaya
Juli, 2014**

**Pemilihan Lokasi Mini CNG Plant dengan Metode ANP
(Analytical Network Process) serta Optimasi Rantai Pasok
CNG ke Bali, Nusa Tenggara Barat, dan Nusa Tenggara
Timur.**

Nama Mahasiswa : Abdul Gafur
NRP : 4210100044
Jurusan : Teknik Sistem Perkapalan
Dosen Pembimbing : Raja Oloan Saut Gurning, ST, M.Sc,
Ph.D
A.A.B Dinariyana D.P, ST, MES,
Ph.D

ABSTRAK

Tingginya harga bahan bakar minyak menjadi salah satu penyebab terjadinya krisis listrik di Indonesia, dimana pada saat ini Hight Speed Diesel Oil merupakan bahan bakar utama untuk pembangkit listrik. Pembangkit Jawa Bali (PJB) berencana untuk mengkonversi bahan bakar HSD dengan bahan bakar gas. Pada penelitian ini daerah yang memiliki potensi permintaan gas adalah Bali, Nusa Tenggara Barat, dan Nusa Tenggara Timur. dengan kapasitas 572 MW atau setara dengan 81,72 mmscf/d kebutuhan gas alam. Sumber gas akan diambil dari sumur gas Pagerungan. Pada penelitian ini diadakan pemilihan lokasi pembangunan Mini CNG Plant dengan Metode ANP (Analytical Network Process). Untuk mendistribusikan gas dari loading terminal Pagerungan menuju ke masing-masing demand akan menggunakan kapal CNG teknologi Coselle. Rantai pasok CNG dimodelkan kedalam 3 model gambar alur dan pemodelan matematis untuk kemudian dipecahkan dengan bantuan software optimasi (Excel Solver). Sehingga dari hasil optimasi tersebut, diperoleh kebutuhan kapasitas di masing-masing receiving terminal, jenis kapal, dan total waktu pelayaran dalam 1 tahun. Setelah itu, dilakukan perhitungan analisa kelayakan investasi seluruh komponen rantai pasok CNG terpilih, untuk mendapatkan

margin harga jual CNG yang optimal. Dari hasil penelitian, diperoleh lokasi Mini CNG Plant yang terpilih adalah Desa Pagerungan Kecamatan Sapeken Kepulauan Kangean dan diperoleh model rantai pasok CNG dengan biaya transportasi terendah adalah model 2 yaitu menggunakan 2 kapal Coselle C25 dengan 97 kali trip untuk pelayaran Pagerungan-Bali dan 1 kapal Coselle 30 dengan 87 trip untuk pelayaran Pagerungan-NTB-NTT dengan total biaya sebesar USD 247.210.482,78.

Kata kunci : *Pemilihan Lokasi CNG Plant, ANP (Analytical Network Process), Kapal CNG, Supply Chain, Linear Programming.*

Selection of CNG Plant Location Using (Analytical Network Process) ANP Method CNG and optimization of CNG Supply Chain to Bali, West Nusa Tenggara and East Nusa Tenggara.

Name

: Abdul Gafur

NRP

: 4210100044

Department

: Teknik Sistem Perkapalan

Supervisor

**: Raja Oloan Saut Gurning, ST, M.Sc,
A.A.B Dinariyana D.P, ST, MES, Ph.D**

ABSTRACT

The high cost of fuel oil becomes one of the electricity crisis in Indonesia. Nowadays Hight Speed Diesel (HSD) Oil is the main fuel oil for power plant. Pembangkit Jawa Bali (PJB) has a plan to convert HSD fuel to gas fuel. In this final project, The Provinces which have the potention of gas demand area are Bali, West Nusa Tenggara, and East Nusa Tenggara with the capacity is 572 MW or equal to 81.72 MMSCFD of natural gas. The Natural gas will be Taken from Pagerungan gas wells. Then it will be selected the optimum location to Mini CNG Plant using ANP method. To distribute the gas from Pagerungan loading terminal to each demand, it will be used CNG ship with Coselle technology. There are 3 models of CNG supply chain, which is optimized by Excel Solver. So from that results is got the total demand capacity of each recieving terminal, shipe type and total round trip per year. After that it will be alone the calculation of investment feasibility study from All CNG chain components wich is chosen, to get the optimize CNG selling price margin. The result this final project are PagerunganVillage. Is the choosen as Mini CNG Plant location, and the cheap cost is modelled by second model wich using 2 Ships Coselle 25 to voyage Pagerungan-Bali and 1 Ship Coselle 30 for voyage Pagerungan NTB-NTT and the total cost by second is USD 247.210.482,78.

Keywords: *Selection of CNG Plant Location , ANP (Analytical Network Process), CNG Ship, Supply Chain, Linear Programming.*

KATA PENGANTAR

Alhamdulillah, Puji dan Dan Syukur saya panjatkan kepada Allah SWT. atas segala nikmat yang telah dilimpahkannya sehingga Tugas Akhir dengan judul "Pemilihan Lokasi Mini CNG Plant dengan Metode ANP (*Analytical Network Process*) serta Optimasi Rantai Pasok CNG ke Bali, Nusa Tenggara Barat, dan Nusa Tenggara Timur" ini dapat diselesaikan.

Tugas Akhir ini disusun sebagai salah satu syarat untuk mendapatkan gelar Sarjana Teknik di Jurusan Teknik Sistem Perkapalan Fakultas Teknologi Kelautan Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya

Dalam Proses Penyusunan Tugas Akhir ini, penulis telah mendapatkan dukungan dan bantuan dari berbagai pihak, sehingga penulispun mengucapkan terimakasih khususnya kepada :

1. Keluarga tercinta, Bapak dan Ibu tercinta serta adikku dan semua keluarga besar yang ada di Kangean dan Surabaya yang selalu memberikan dukungan fisik, materi, serta do'a disetiap shalatnya. Dan khusus untuk ibuku tercinta terimakasih atas didikan serta do'amu selama ini yang telah mengantarkanku mendapat gelar Sarjana.
2. Bapak Dr. Ir. A. A. Masroeri, M.Eng selaku Ketua Jurusan Teknik Sistem Perkapalan FTK – ITS
3. Bapak Dr. Eng Trika Pitana, ST, M.Sc. selaku Dosen Wali Penulis selama kuliah dijurusan Teknik Sistem Perkapalan
3. Bapak Raja Oloan Saut Gurning, ST, M.Sc, Ph.D dan Bapak A.A.B Dinariyana D.P, ST, MES, Ph.D selaku Dosen Pembimbing yang telah bersedia untuk selalu membimbing penulisan Tugas Akhir ini dan membeberikan dukungan serta motivasinya dalam penyelesaian Tugas Akhir ini.
4. Bapak Prof. Ketut Buda Artana, ST, M.Sc. dan seluruh Dosen pengajar di Jurusan Teknik Sistem Perkapalan ITS,

terimakasih atas ilmu dan motivasi yang selalu diberikan selama kuliah di Jurusan Teknik Sistem Perkapalan ini.

5. Manajemen Dompet Dhuafa khususnya Beastudi Etos, terima kasih atas pemberian beasiswanya selama kuliah, dan juga atas bimbingannya selama di asrama. Pembinaan karakter yang selalu diterapkan di asrama begitu besar manfaatnya yang telah saya rasakan selama kuliah di ITS.
6. Teman-teman Etoser Nusantara, khususnya etoser Surabaya yang telah banyak memberikan banyak bantuan selama tinggal di asrama selama 3 tahun.
7. Teman-teman LAB RAMS yang telah menjadi keluarga kedua di Surabaya ini. Terimakasih atas motivasi dan bantuan kalian selama pengerjaan Tugas Akhir ini.
8. Teman-teman Pinisi 2010, terimakasih atas kebersamaan kalian selama ini 4 tahun menimba ilmu di SISKAL.
9. Keluarga besar Jema'ah Masjid Manrul Ilmi, khususnya teman-teman KED. Terimakasih atas kebersamaan kalian selama di kepengurusan JMMI. Terimakasih juga atas do'a yang selalu kalian panjatkan untukku disepertiga malam terakhir. Semoga ukhuwah yang telah kita bina akan tetap bertahan hingga nanti.
10. Teman-teman Laskar Pelangi Sumenep (LPS), terimakasih telah bersedia menjadi responden dalam pengerjaan Tugas Akhir ini. Teruntuk Nurva The Fieva, terimakasih atas motivasi dan do'aanya selama pengerjaan Tugas Akhir ini. Terimakasih juga telah menghubungkan dengan teman-teman LPS, sehingga pengerjaan Tugas Akhir ini bisa selesai tepat waktu.
11. Teruntuk sahabat-sahabatku yang selalu mendoa'akan (Sai, Azmil, Tris, Zakila, Muliadi, Firman, dll). Terimakasih atas dukungan dan bantuan kalian. Semoga kalian segera bisa menyusul sidang skripsi di kampus kalian masing-masing.

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	iii
ABSTRAK	v
<i>ABSTRAC</i>	vii
KATA PENGANTAR.....	ix
DAFTAR ISI	xii
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR TABEL	xv
BAB I	1
PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Perumusan Masalah.....	4
1.3. Batasan Masalah.....	4
1.4. Tujuan Skripsi	5
1.5. Manfaat.....	5
BAB II	7
TINJAUAN PUSTAKA.....	7
2.1 CNG (<i>Compressed Natural Gas</i>)	7
2.2 <i>CNG Marine</i>	8
2.2.1. Transportasi kapal CNG	8
2.3 Teknologi CNG <i>Plant</i>	13
2.4 Ladang Gas.....	14
2.5 Lokasi Pembangunan Terminal CNG	15
2.5.1. Kepulauan Kangean (Pagerungan)	15
2.5.2. Pulau Raas	16

2.5.3.	Pulau Sepudi	16
2.5.4.	Pulau Talango	17
2.6	<i>Analytical Network Process (ANP)</i>	18
2.6.1	Pembentukan matriks perbandingan berpasangan 22	
2.6.2	<i>Supermatrix Sistem Dengan Feed Back</i>	24
2.6.3	<i>Super Decision</i>	25
2.7	<i>Linear Programming</i>	26
2.7.1	Bentuk Umum Persamaan <i>Linear Programming</i>	29
2.7.2	Perumusan Persoalan <i>Linear Programming</i>	31
2.8	Teori Ekonomi	32
2.8.1	Net Present Value (NPV)	32
2.8.2	<i>Internal Rate of Return (IRR)</i>	33
2.8.3	<i>Pay Back Period (PBP)</i>	34
BAB III	35
METODOLOGI	35
3.1	Perumusan Masalah.....	36
3.2	Studi Litelatur	36
3.3	Pengumpulan data	36
3.4	Pengolahan dan analisa data	37
BAB IV	39
ANALISA DAN PEMBAHASAN	39
4.1	Penentuan Lokasi Mini CNG Plant	39
4.1.1	Penentuan Alternatif.....	39
4.1.2	Penentuan Kriteria dan Sub-kriteria	43
4.1.3	Penentuan <i>Network ANP</i>	47

4.1.4	Penyebaran kuisioner	49
4.1.5	Pembuatan matriks perbandingan berpasangan...	52
4.1.6	Perhitungan vektor prioritas	53
4.1.7	Perhitungan konsistensi logis	54
4.1.8	Perhitungan Super Matriks dan limit matriks.....	56
4.1.9	Penentuan Alternatif Rangking	57
4.2	Desain Rantai Pasok CNG	58
4.2.1	Identifikasi Ladang Gas Alam, <i>Loading Terminal</i> , <i>Unloading Terminal</i> , dan Kapal	58
4.2.2	Penentuan model optimasi.....	61
4.2.3	Pemodelan Alur Distribusi	67
4.2.4.	Analisa pola distribusi dan optimasi.....	71
4.2.5.	Optimasi penugasan dan penjadwalan model 1 ...	72
4.2.6.	Optimasi penugasan dan penjadwalan model 2 ...	81
4.2.7.	Optimasi Penugasan dan Penjadwalan Model 3 ..	89
4.3	<i>Capital Invesment</i>	96
4.3.1	CAPEX (<i>Capital Expenditure</i>).....	96
4.3.2	OPEX (<i>Operating Expenditure</i>)	98
BAB V		107
KESIMPULAN DAN SARAN		107
5.1	Kesimpulan.....	107
5.2	Saran.....	108
DAFTAR PUSTAKA		111
Lampiran 1		113
Lampiran 2		133
Perhitungan Model 1		133

Perhitungan Model 2	141
Perhitungan pada model 3	150
Lampiran 3.....	158

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1 Potensi pemanfaatan gas untuk PLTD dan PLTG exiting	2
Gambar 1. 2 Perbandingan CNG, LNG, dan pipe line berdasarkan jarak dan kapasitas angkut	3
Gambar 2. 1 Ilustrasi proses marine CNG	8
Gambar 2. 2 Kapal CNG Teknologi Coselle	10
Gambar 2. 3 Kapal CNG Teknologi Votrans	11
Gambar 2. 4 Kapal CNG Teknologi GTM	11
Gambar 2. 5 Kapal CNG menggunakan FRP	12
Gambar 2. 6 Rantai proses produksi CNG	13
Gambar 2. 7 Lokasi Gas di Kangean	14
Gambar 2. 8 Empat lokasi perencanaan pemilihan letak mini CNG Plant	15
Gambar 2. 9 Peta Lokasi Pulau Kangean	16
Gambar 2. 10 Peta lokasi Pulau Raas	16
Gambar 2. 11 Gambar lokasi Pulau Sepudi	17
Gambar 2. 12 Gambar Lokasi pulau Talango	17
Gambar 2. 13 Bentuk Network ANP	19
Gambar 2. 14 Jenis Network ANP	20
Gambar 2. 15 Contoh Super Matriks	25
Gambar 2. 16 Contoh Super Decisions	26
Gambar 2. 17 Diagram model transportasi	31
Gambar 2. 18 Grafik antara Discount Rate dengan NPV	33
Gambar 4. 1 Desa Pagerungan	40
Gambar 4. 2 Desa Karopo	41
Gambar 4. 3 Desa Poteran	42
Gambar 4. 4 Desa Gayam	42
Gambar 4. 5 Network ANP Manual	47
Gambar 4. 6 Network antar subkriteria	48
Gambar 4. 7 Pairwise comparision	53

Gambar 4. 8 Hasil pembobotan alternatif menggunakan software super decisions	57
Gambar 4. 9 Area Blok Kangean	59
Gambar 4. 10 Model 1 Alur distribusi CNG	68
Gambar 4. 11 Model 2 gambar alur distribusi CNG	68
Gambar 4. 12 Model 3 gambar alur distribusi CNG	69
Gambar 4. 13 exel solver model 1	77
Gambar 4. 14 Exel Solver Model 2	86
Gambar 4. 15 Excel Solver Model 3	94
Gambar 4. 16 Grafik Harga sewa Kapal Coselle	99

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 <i>Kandungan Unsur Pada CNG</i>	7
Tabel 2. 2 <i>Jenis kapal Coselle</i>	9
Tabel 2. 3 <i>Perbandingan masing-masing Teknologi</i>	12
Tabel 2. 4 <i>Pedoman pemberian nilai perbandingan berpasangan</i>	22
Tabel 2. 5 <i>Contoh matriks perbandingan berpasangan</i>	24
Tabel 4. 1 <i>Penilaian Subyektif Ds. Pagerungan</i>	40
Tabel 4. 2 <i>Penilaian Subyektif Ds. Karopo</i>	41
Tabel 4. 3 <i>Penilaian Subyektif Ds. Poteran</i>	41
Tabel 4. 4 <i>Penilaian Subyektif Ds. Gayam</i>	42
Tabel 4. 5 <i>Kriteria dan Subkriteria</i>	43
Tabel 4. 6 <i>Skala pairwise comparision</i>	49
Tabel 4. 7 <i>Kuisisioner perbandingan berpasangan kriteria</i>	50
Tabel 4. 8 <i>Kuisisioner perbandingan berpasangan subkriteria</i>	51
Tabel 4. 9 <i>Kuisisioner perbandingan subkriteria dengan alternatif</i>	51
Tabel 4. 10 <i>Matriks perbandingan berpasangan</i>	52
Tabel 4. 11 <i>Matriks perbandingan berpasangan kriteria water front</i>	54
Tabel 4. 12 <i>Bobot alternatif dan ranking alternatif</i>	57
Tabel 4. 13 <i>Identifikasi gas well</i>	59
Tabel 4. 14 <i>Identifikasi lokasi loading terminal</i>	60
Tabel 4. 15 <i>Identifikasi lokasi receiving terminal</i>	60
Tabel 4. 16 <i>Tipe kapal CNG Coselle</i>	61
Tabel 4. 17 <i>Variabel tutunan dari variabel utama</i>	62
Tabel 4. 18 <i>Kombinasi jarak transportasi kapal pada model 1</i> ..	64
Tabel 4. 19 <i>Kombinasi jarak transportasi kapal pada model 2</i> ..	64
Tabel 4. 20 <i>Kombinasi jarak transportasi kapal pada model 3</i> ..	65
Tabel 4. 21 <i>Harga Bahan bakar pe meric ton</i>	66
Tabel 4. 22 <i>Round Trip per Year model 1</i>	74
Tabel 4. 23 <i>Constrain model 1</i>	76
Tabel 4. 24 <i>Output Model 1</i>	77

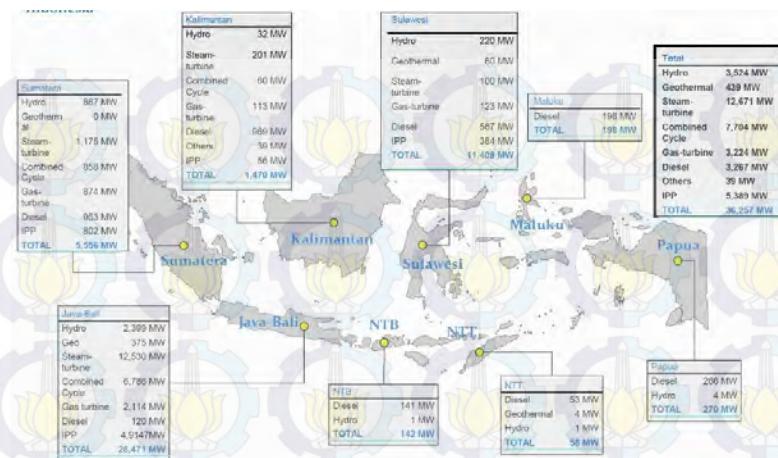
Tabel 4. 25 <i>Tabel Objective function</i>	79
Tabel 4. 26 <i>Biaya Pengiriman CNG Per tahun</i>	80
Tabel 4. 27 <i>Round Trip per Year Model 2</i>	83
Tabel 4. 28 <i>Constraint Model 2</i>	85
Tabel 4. 29 <i>Luaran Model 2</i>	87
Tabel 4. 30 <i>Objective Function Model 2</i>	88
Tabel 4. 31 <i>Biaya pengiriman CNG per tahun</i>	89
Tabel 4. 32 <i>Round Trip Per Year Model 3</i>	91
Tabel 4. 33 <i>Constrain Model 3</i>	93
Tabel 4. 34 <i>Luaran Model 3</i>	94
Tabel 4. 35 <i>Objective Function Model 3</i>	95
Tabel 4. 36 <i>Biaya Pengiriman CNG Per tahun</i>	95
Tabel 4. 37 <i>Compressor yang dibutuhkan pada masing-masing terminal</i>	97
Tabel 4. 38 <i>Biaya Listrik yang dibutuhkan untuk teknologi Coselle</i>	98
Tabel 4. 39 Harga sewa kapal Coselle	100
Tabel 4. 40 <i>Biaya investasi total (CAPEX) rantai pasok CNG</i>	100
Tabel 4. 41 <i>Biaya Oprasional (OPEX) rantai pasok CNG</i>	101
Tabel 4. 42 <i>Total Pendapatan dari beberapa variasi margin</i>	102
Tabel 4. 43 <i>Variable-variabel dalam analisa investasi</i>	103
Tabel 4. 44 <i>perhitungan bunga dari pinjaman</i>	104
Tabel 4. 45 <i>Rangkuman hasil analisa invetasni</i>	106

BAB I PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Seiring dengan meningkatnya kebutuhan energi di Indonesia, pemanfaatan gas sebagai sumber energi alternatif pengganti minyak bumi berkembang pesat. Akhir-akhir ini pemerintah juga berencana untuk mengkonversi pembangkit listrik yang berbahan bakar HSD dengan bahan bakar gas (BBG). Hal ini dikarenakan semakin sulitnya mendapatkan bahan bakar HSD, selain itu juga adanya kebijakan pemerintah untuk mengurangi emisi CO₂. Untuk menunjang itu semua, pemerintah mulai membangun fasilitas-fasilitas guna memaksimalkan energi alternatif berupa gas mengingat cadangan minyak bumi sebagai peran utama sumber energi semakin menipis.

Kangean adalah salah satu daerah penghasil gas di Jawa Timur. Selama ini pendistribusian gas dari kangean masih terpusat ke daerah Surabaya dan sekitarnya dengan menggunakan pipa bawah laut. Sedangkan daerah lain yang terletak di sekitar Kangean seperti Bali, Nusa Tenggara Timur, dan Nusa Tenggara Barat masih belum tersentuh pendistribusian gas secara optimal. Padahal dengan adanya rencana pemerintah untuk mengkonversi pembangkit listrik berbahan bakar HSD menjadi BBG, daerah seperti Bali, NTT, dan NTB akan menjadi pasar yang potensial untuk penjualan gas. Di bawah ini data dari PJB yang menunjukkan beberapa pembangkit yang akan dikonversi dari HSD ke BBG atau berencana menggunakan bahan bakar gas.



Gambar 1. 1 Potensi pemanfaatan gas untuk PLTD dan PLTG exiting

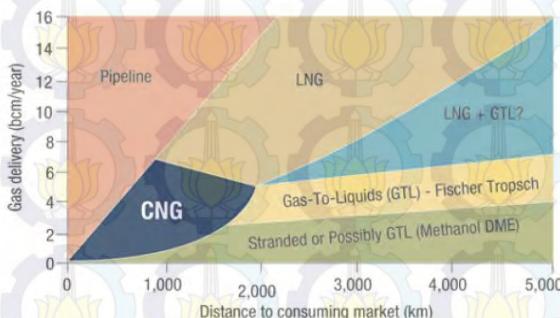
Sumber : Jannah, 2013

Dari **gambar 1.1** di atas dapat diketahui untuk daerah Bali, NTB, dan NTT pembangkit listrik yang berpotensi menggunakan BBG sebesar 228,471 MW.

Selama ini pendistribusian gas dari Kangean menuju Surabaya dan Gresik dengan menggunakan pipa bawah laut. Untuk pipa bawah laut, bisa digunakan secara optimal jika struktur dasar laut yang dilaluinya tidak terdapat palung laut yang dalam. Sedangkan untuk jalur pendistribusian gas dari Kangean ke Bali, NTT, dan NTB jika menggunakan pipa bawah laut kemungkinannya kecil, karena kondisi dasar lautnya yang banyak terdapat palung laut. Selain itu juga tentu dengan alasan pertimbangan ekonomis dimana untuk pembangunan jalur pipa bawah laut tergolong mahal. Selain menggunakan pipa, ada 2 sistem transportasi yang bisa dipakai untuk mendistribusikan gas tersebut, yakni dengan menggunakan kapal LNG atau CNG. Pada skripsi ini akan membahas kapal CNG sebagai sarana ditribusi Gas dari Kangean ke Bali, NTB, dan NTT. Hal ini dengan

berbagai pertimbangan keunggulan Kapal CNG dari pada Kapal LNG diantaranya adalah :

- ✓ kapal LNG membutuhkan investasi yang tergolong mahal untuk menyediakan fasilitas tangki *cryogenic* untuk menjaga suhu agar tetap berada pada kisaran -160° c dan fasilitas regasifikasi. Sedangkan untuk teknologi kapal CNG tergolong lebih murah karena terdapat pengurangan fasilitas *cryogenic* yang dibutuhkan dalam proses LNG, tidak dibutuhkan kondensasi, tidak dibutuhkan fasilitas regasifikasi, energi yang dibutuhkan dalam proses produksinya lebih rendah hingga setengahnya proses LNG. Yang dibutuhkan hanyalah tangki bertekanan untuk menampung gas tergolong lebih murah dari yang lainnya.
- ✓ CNG merupakan alternatif yang terbaik apabila jarak yang ditempuh untuk transportasi gas kurang dari 2000 km (Xiuli,2008) . Sedangkan untuk rencana pendistribusian gas jarak terdekat (Kangean-Bali, Kangean-NTT, Kangean-NTB) kurang dari 2000 km. Oleh karenanya teknologi yang cocok untuk pendistribusian dari Kangean-Bali, Kangean-NTB, dan Kangean-NTT adalah teknologi CNG. Pada **gambar 1.2** di bawah menunjukkan grafik perbandingan CNG, LNG, dan *pipe line* berdasarkan jarak tempuh.



Gambar 1. 2 Perbandingan CNG, LNG, dan pipe line berdasarkan jarak dan kapasitas angkut

Sumber : Xiuli,2008

Untuk itu perlu dibangun fasilitas penunjang berupa *CNG Plant* di Kepulauan Kangean sebagai daerah penghasil gas. Nantinya diharapkan Kepulauan Kangean akan menjadi *supplier* gas ke daerah-daerah yang menjadi target pasar (Bali, NTB, dan NTT). Agar hal tersebut bisa terwujud, maka perlu dilakukan studi kasus yang bertujuan untuk memilih lokasi pembangunan fasilitas *CNG Plant* tersebut, serta menjelaskan proses transportasi dari Kangean menuju ke daerah-daerah yang akan menjadi pemasaran gas. Dalam hal ini metode yang akan digunakan adalah metode ANP (*Analytical Network Process*) dalam proses pemilihan lokasi pembangunan *CNG plant* serta menggunakan metode optimasi *linear programming* untuk menghitung jumlah kapal yang dibutuhkan untuk mendistribusikan gas dari terminal terpilih ke masing-masing terminal penerima.

1.2. Perumusan Masalah

Permasalahan yang muncul ialah :

1. Bagaimana cara memilih lokasi *CNG Plant* di Kepulauan Kangean berdasarkan metode ANP (*Analytical Network Process*) ?
2. Bagaimana desain model pendistribusian CNG yang paling optimal, meliputi kapasitas kapal CNG , jenis kapal CNG, serta jumlah tangki pada terminal pengirim?
3. Bagaimana analisa biaya modal (*capital cost*) pembangunan terminal CNG dan proses distribusi CNG dari lokasi terpilih ke Bali, NTB, dan NTT.

1.3. Batasan Masalah

Batasan masalah dari skripsi ini adalah

1. Penentuan pemilihan lokasi *CNG Plant* hanya di tiga lokasi, yaitu Pulau Pagerungan, Pulau Sepudi, Pulau Raas dan Pulau Talango.

2. Jumlah gas yang akan di suplai sebesar 80 mmscf.d.
3. Pendistribusian gas hanya ke daerah Bali, NTB, dan NTT.

1.4. Tujuan Skripsi

Tujuan yang ingin dicapai dalam penulisan skripsi ini antara lain :

1. Mendapatkan lokasi *CNG Plant* di empat alternatif lokasi yang terpilih yaitu di Pulau, Pulau Raas, Pulau Sepudi, dan Pulau Talango.
2. Merancang sistem distribusi Gas yang paling optimal dari *CNG plant* di lokasi yang terpilih ke konsumen yaitu Bali, Nusa Tenggara Barat, Nusa Tenggara Timur, yang meliputi kapasitas terminal CNG, ukuran kapal, jumlah kapal, serta jumlah trip.
3. Mendapatkan analisa biaya modal (*capital cost*) pembangunan terminal CNG dan proses distribusi CNG dari lokasi terpilih ke Bali, NTB, dan NTT.

1.5. Manfaat

Manfaat dari penulisan skripsi ini adalah :

1. Memberi gambaran penerapan metode ANP dalam menentukan letak *CNG Plant* dan teknologi yang digunakan.
2. Mendapatkan desain pendistribusian gas dari lokasi terpilih menuju daerah pemasaran gas (Bali, Nusa Tenggara Barat, dan Nusa Tenggara Timur).
3. Memberi gambaran mengenai analisa biaya modal (*capital cost*) dari pembangunan terminal CNG dan proses distribusi CNG dari lokasi terpilih ke Bali, NTB, dan NTT.

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

5.2 CNG (*Compressed Natural Gas*)

(CNG) *Compressed Natural Gas* adalah gas bumi yang dikompresi pada tekanan tinggi. Volume gas bumi akan menjadi 1/133 kali ketika dikompres menjadi 1400 psig dengan temperatur 0°C dan 1/280 kali ketika ditekan menjadi 2850 psig dengan temperatur 0°C. Tujuan kompresi ini adalah agar diperoleh volume gas bumi yang lebih kecil untuk dibawa dibandingkan tanpa adanya proses kompresi. Komposisi gas bumi yang akan dikirim ke konsumen melalui CNG harus sudah memenuhi spesifikasi gas komersial seperti batasan maksimum kandungan air, CO₂, dan hidrokarbon berat. Selain itu, penyimpanan gas pada tekanan yang sangat tinggi mensyaratkan batasan yang ketat terhadap kandungan air dan hidrokarbon berat untuk mencegah terjadinya kondensasi dan pembentukan hidrat. Komposisi utama CNG adalah metana minimal sebanyak 88% kemudian ethane dan sebagainya. Tipikal komposisi gas CNG dapat dilihat pada **tabel 2.1** di bawah ini

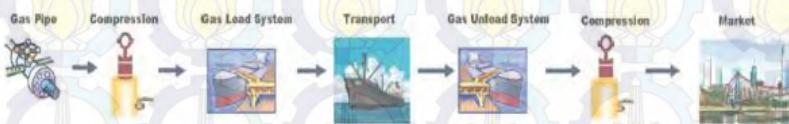
Tabel 2. 1 Kandungan Unsur Pada CNG

Komponen	Batas
Metana	min 88%
Etana	maks 6%
C3	maks 3%
Oksigen	maks 1%
C02 + N2	range 1.5-4.5% (CO ₂ maks 3%)
Sulfur	maks 16 ppm (H ₂ S maks 4 ppm)
Air	maks 65112 mg/m ³ (4-7 b/mm ³ c)
Wobbe Index	45-56 MJ/m

Sumber : Saputra 2008

5.3 CNG Marine

Tahapan proses dari CNG *Marine Transport* dimulai dari proses kompresi gas dari sumber gas ke tekanan yang diinginkan. Lalu kemudian gas tersebut disalurkan ke kapal CNG menggunakan *loading arm*. Dari sini gas dibawa menggunakan kapal CNG menuju ke tempat tujuan pemakaian gas. Ketika sampai di tempat tujuan, gas didekompresi dan disalurkan menggunakan *offloading arm*. Apabila tekanan gas dirasa kurang maka diperlukan kompresi kembali sebelum disalurkan ke pengguna. Pada **gambar 2.1**, dapat dilihat ilustrasi dari proses *marine CNG*



Gambar 2.1 Ilustrasi proses marine CNG

Sumber : Hadiwarsito 2012

Seperti halnya pengangkutan gas bumi dalam bentuk LNG, pengangkutan dalam bentuk CNG juga membutuhkan fasilitas pengiriman dan penerimaan. Secara umum ada dua jenis pengangkutan CNG, yaitu menggunakan tanker CNG untuk kapasitas besar dan jarak angkut yang jauh, serta menggunakan trailer untuk kapasitas kecil dan jarak angkut yang tidak terlalu jauh.

2.2.1. Transportasi kapal CNG

Kapal CNG berbeda dengan kapal LNG dimana bobotnya yang lebih berat disebabkan oleh material wadah penampung CNG yang harus sanggup menahan tekanan tinggi sehingga materialnya harus tebal. Hal inilah yang berdampak pada berat kapal secara keseluruhan.

Beberapa perusahaan telah mengembangkan teknologi transportasi CNG. Dengan berkembangnya beberapa teknologi

CNG ini, diharapkan akan membuat investasi CNG menjadi semakin menarik ditinjau dari segi ekonomisnya. Di bawah ini akan diuraikan mengenai beberapa teknologi kapal CNG yaitu :

a) Teknologi Coselle

Teknologi ini memiliki konsep gas alam yang dikompresi dalam gulungan pipa 6 inc yang besar di dalam sebuah tempat penyimpanan berbentuk silinder. Sebuah Coselle memiliki panjang yang bervariasi dari 15-20 meter dan tinggi 2,5-4,5 meter dengan berat sekitar 550 ton.

Tergantung dari dimensinya, sebuah Coselle dapat mengangkut sampai dengan 531 *million scf* gas alam. Masing-masing coselle dihubungkan dengan manifold dan sistem kontrol untuk mengatur gas.

Besarnya kapal CNG coselle menentukan banyaknya coselle yang dapat diangkut. Telah dikembangkan beberapa desain kapal yang dapat mengangkut coselle mulai dari tipe 16 sampai dengan 128 seperti yang ada pada **tabel 2.2** di bawah ini.

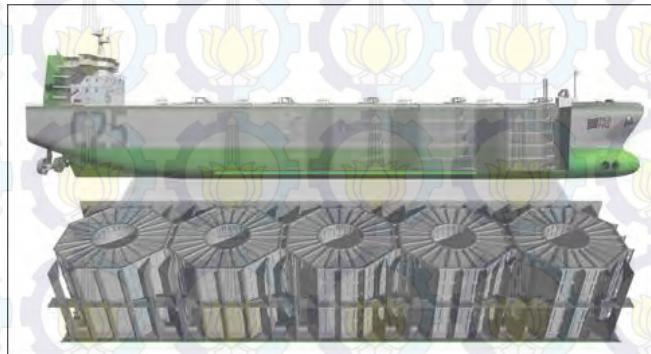
Tabel 2. 2 Jenis kapal Coselle

Ship	C16	C20	C25	C30	C36	C42	C84	C112	C128
Coselles	16	20	25	30	36	42	84	112	128
Net Capacity*									
(million scf)	66	83	104	125	149	174	349	465	531
(million scm)	1.8	2.3	2.8	3.4	4.1	4.8	9.9	13.2	15
Length OA (m)	137	137	156	158	180	201	234	257	279
Breadth (m)	23.5	23.5	23.5	28.0	28.5	29.0	46.0	46.0	48.0
Loaded Draft (m)	7.25	7.5	8.0	7.9	8.15	8.35	8.7	10.5	10.5

* Net Capacity is net of heel gas and assumes lean gas at 27 °C

Sumber : European Mediterranean Oil & Gas E&P Summit 2012

Adapun gambar kapal CNG dengan teknologi Coselle seperti yang ada pada gambar berikut ini :



Gambar 2. 2 Kapal CNG Teknologi Coselle

Sumber : [https://www.google.com/
KAPAL+CNG+TEKNOLOGI+COSELLE&client](https://www.google.com/search?q=KAPAL+CNG+TEKNOLOGI+COSELLE&client)

b) VOTRANS (*Volume Optimized Transport Storage*).

Kapal CNG dengan teknologi VOTRANS ini merupakan gabungan dari banyak pipa-pipa CNG dengan diameter yang besar. Dimana dibentuk dengan cara menyatukan beberapa pipa ini sekaligus. Teknologi ini dapat mengoptimalkan tekanan dan temperatur sehingga diklaim dapat meningkatkan efisiensi sampai 60-100% lebih tinggi dibandingkan dengan kapal CNG dengan teknologi yang lain. selain itu ketebalan kapal dengan teknologi VOTRANS ini dapat dikurangi, karena teknologi ini memiliki tekanan oprasi yang lebih rendah yaitu 120 bar dan temperature -30°C . Adapun gambar kapal CNG dengan teknologi VOTRANS seperti pada **gambar 2.3** berikut ini.



Gambar 2.3 Kapal CNG Teknologi Votrans

Sumber : Hadiwarsito 2012

c) GTM (*Gas Transport Module*)

GTM (*Gas Transport Module*) merupakan bejana tekan dari komposit yang dapat menahan kompresi gas alam sampai dengan 3600 psi pada temperatur *ambient*. Tabung GMT ini memiliki diameter 42 inchi (1067 mm) dan panjang sampai dengan 80 ft (24,4 m). Tabung GMT ini nantinya dapat diangkut dengan kapal Trans Canada dengan daya angkut 18 GMT dengan kapasitas 25 mmscf. Pada **gambar 2.4** bawah ini adalah gambar kapal *Gas Transport Module*



Gambar 2.4 Kapal CNG Teknologi GTM

Sumber : presentation ABS 2007

d) FRP (*Fiber Reinforced Plastic*)

FRP merupakan serat dari plastik yang dapat menampung gas pada tekanan 3600 psia (240 bar) dan -40 °C. Keuntungan yang dimiliki FRP adalah bobotnya yang ringan, anti korosif, dan tahan terhadap suhu ultra rendah, serta harganya yang relatif murah.

Kapasitas dari kapal *Trans Ocean* bergantung dari banyaknya tabung FRP yang digunakan. Total kapasitas dari kapal CNG *Trans Ocean* adalah berkisar antara 150 MMSCF sampai dengan 1,7 BCF. Adapun gambar kapal CNG dengan teknologi FRP seperti yang ada pada **gambar 2.5** di bawah ini



Gambar 2. 5 Kapal CNG menggunakan FRP

Sumber : Hadiwarsito 2012

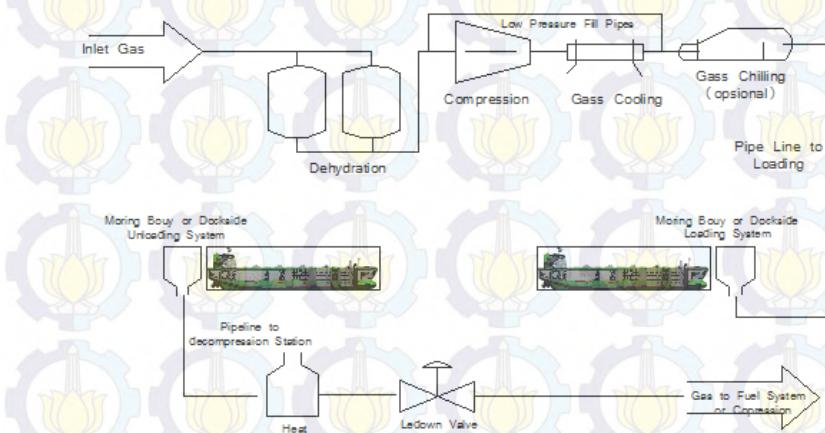
Dari pembahasan mengenai berbagai teknologi kapal pengangkut CNG dapat disimpulkan perbandingan dari masing-masing teknologi pada **tabel 2.3** berikut :

Tabel 2. 3 Perbandingan masing-masing Teknologi

Parameter	Teknologi Marine CNG			
	Coselle	Votrans	FRP	GTM
Rasio Kapasitas	263	204	264	248
Material	Carbon Steel	Carbon Steel	Fiber Reinforced Plastic	Carbon Steel
Temperature	10	-20	5	Ambient
Tekanan	3600	2600	3600	3640
Sertifikasi	ABS, DNV	ABS, DNV	ABS	ABS

5.4 Teknologi CNG Plant

proses produksi CNG hingga sampai ke tangan konsumen tentu ada beberapa tahapan yang harus dilakukan, mulai tahapan yang ada pada fasilitas *loading* dan tahapan yang ada pada fasilitas *unloading*. Untuk lebih jelasnya bisa dilihat pada **Gambar 2.6** berikut.



Gambar 2.6 Rantai proses produksi CNG

Sumber : Handiko 2012

Pada fasilitas pengiriman CNG di bagian *upstream*, terdiri dari :

- Fasilitas produksi dan pengumpul gas bumi fasilitas produksi dan stasiun pengumpul gas berfungsi memproduksi gas dari sumur-sumur produksi serta mengalirkan gas tersebut dalam satu sistem perpipaan (*header*) melalui manifold.
- Gas treatment facility* berfungsi memisahkan pengotor dalam CNG seperti air, hidrokarbon berat, CO₂, dan H₂S. *Gas treatment facilities* umumnya terdiri dari separator yang berfungsi untuk memisahkan cairan (air dan hidrokarbon berat) yang terbawa oleh gas bumi, dan unit

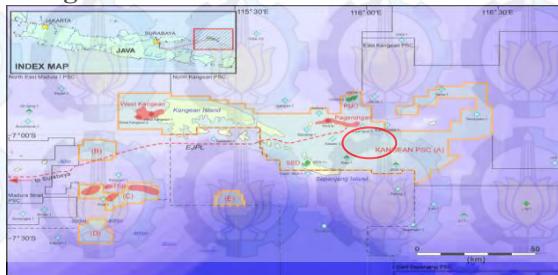
pemurnian gas yang berfungsi mengurangi kadar pengotor pada gas bumi.

- c) *Kompressor* diperlukan untuk mengompresi gas bumi hingga tekanan yang diinginkan.
- d) *Storage Gas* atau *vessel* merupakan fasilitas penyimpanan gas berupa vessel digunakan untuk menjamin kontinuitas produksi gas selama masa tunggu moda transportasinya. Bentuk *storage* ini mirip dengan *vessel CNG* yang ada di kapal hanya dengan kondisi operasi yang berbeda.
- e) Fasilitas *loading* berfungsi menyalurkan CNG dari tempat penyimpanan ke angkutan yang digunakan. Fasilitas ini terdiri dari sistem *piping* dan *connector*.

Sedangkan pada fasilitas penerimaan CNG di bagian *downstream*, terdiri dari :

- a) Dekompresi merupakan fasilitas yang berfungsi untuk mengalirkan CNG dari kapal atau trailer CNG ke pipa atau *vessel* di darat. Fasilitas ini terdiri dari peralatan penurunan tekanan seperti *valve* dan *reducer*.
- b) *Gas Storage* atau *vessel* di bagian *downstream* untuk tempat penyimpanan CNG dan juga sebagai *buffer* untuk menjaga kontinuitas *supply* CNG.
- c) *Metering* dan stasiun pengatur tekanan diperlukan untuk mengatur laju alir CNG ke konsumen, terutama yang tingkat konsumsinya berfluktuasi.

5.5 Ladang Gas



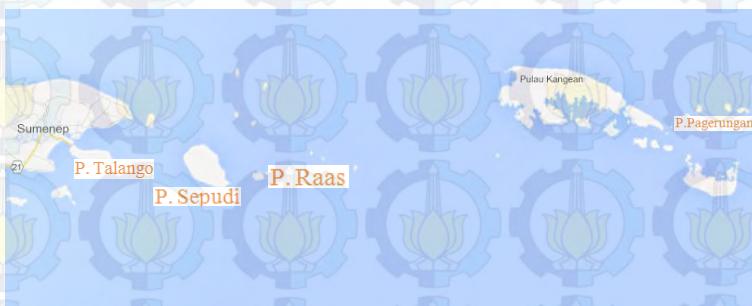
Gambar 2. 7 Lokasi Gas di Kangean

Sumber: Google Maps 2014

Lokasi ladang gas yang direncanakan terletak di Kepulauan Kangean seperti yang terlihat pada **gambar 2.7**. Ladang gas ini dikelola oleh PT. Kangean Energy Indonesia (KEI). Produksi gas di kepulauan kangean sekitar 530 mmscfd. Selama ini gas tersebut di suplai ke Surabaya dan Gersik untuk kebutuhan pembangkit listrik petrokimia dan perusahaan lainnya.

5.6 Lokasi Pembangunan Terminal CNG

Lokasi pembangunan terminal CNG yang akan dikaji pada penelitian ini direncanakan berada di tempat berbeda di kepulauan yang ada di Kabupaten Sumenep yang dapat dilihat pada **gambar 2.8** berikut :



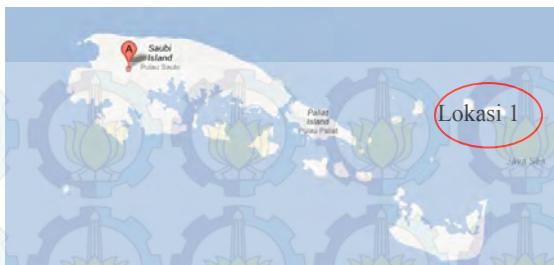
Gambar 2.8 Empat lokasi perencanaan pemilihan letak mini CNG Plant

Sumber: Google Maps 2014

2.5.1. Kepulauan Kangean (Pagerungan)

Data geografis dari Pulau Pagerungan adalah sebagai berikut :

- $6^{\circ} 9' 57''$ LS dan $115^{\circ} 9' 17''$ BT
- Gambar peta lokasi Pulau Pagerungan adalah seperti **gambar 2.9** berikut.

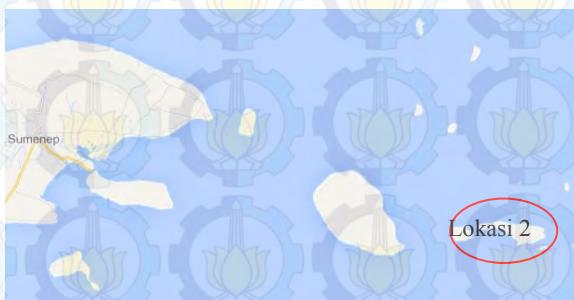


Gambar 2. 9 Peta Lokasi Pulau Kangean
Sumber: Google Maps 2014

2.5.2. Pulau Raas

Data geografis dari Pulau Raas adalah sebagai berikut :

- $7^{\circ} 1' 62''$ LS dan $114^{\circ} 5' 95''$ BT
- Gambar peta lokasi Pulau Raas adalah seperti **gambar 2.10** di bawah ini



Gambar 2. 10 Peta lokasi Pulau Raas
Sumber: Google Maps 2014

2.5.3. Pulau Sepudi

Data geografis dari Pulau Sepudi adalah sebagai berikut :

- $7^{\circ} 1' 65''$ LS dan $114^{\circ} 3' 67''$ BT
- Gambar peta lokasi Pulau Sepudi adalah seperti **gambar 2.11** berikut ini.



Gambar 2. 11 Gambar lokasi Pulau Sepudi
Sumber: Google Maps 2014

2.5.4. Pulau Talango

Data geografis dari Pulau Talango adalah sebagai berikut :

- $7^{\circ} 1' 65''$ LS dan $114^{\circ} 3' 67''$ BT
- Gambar peta lokasi Pulau Talango adalah seperti **gambar 2.12** di bawah ini



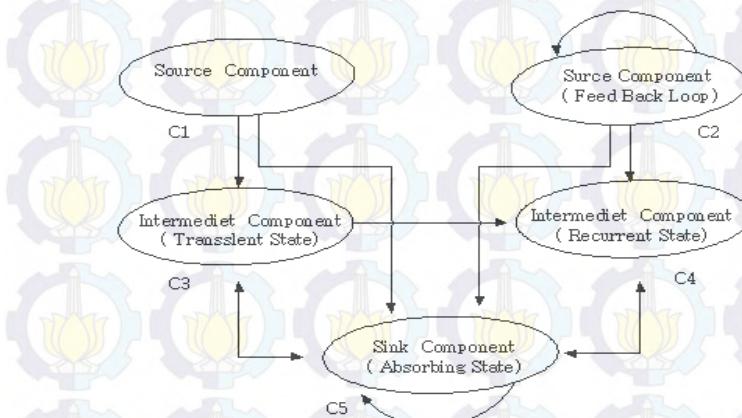
Gambar 2. 12 Gambar Lokasi pulau Talango
Sumber: Google Maps 2014

5.7 Analytical Network Process (ANP)

ANP adalah bentuk umum dari *analytic hierarchy process* (AHP) yang dikembangkan oleh Saaty (2005). Menurut Saaty “ANP merupakan teori pengukuran relatif yang digunakan untuk mendapatkan skala rasio yang menggambarkan tingkat pengaruh dari tiap-tiap elemen pengambilan keputusan terhadap kriteria kontrolnya”. Adapun perbedaan ANP dengan AHP, pada ANP diperbolehkan adanya *dependensi* dan *interpendensi* diantara elemennya atau bisa disebut juga AHP merupakan kasus khusus dari ANP. Konsep ANP dapat digunakan untuk pemecahan masalah yang mempunyai *dependensi* dalam satu set *elemen* atau *cluster* yang sama (*inner dependence*), atau *dependensi* antar set *elemen* atau *cluster* yang berbeda (*outer dependence*). Beberapa keuntungan ANP (YAZGAN, 2010) :

1. ANP adalah teknik komprehensif yang memungkinkan untuk memasukkan semua kriteria yang relevan nyata serta tak berwujud, yang memiliki dasar terhadap proses pengambilan keputusan.
2. ANP memungkinkan untuk hubungan yang lebih kompleks antara level keputusan dan atribut karena tidak memerlukan struktur hirarki yang ketat.
3. Dalam pengambilan keputusan suatu masalah, sangat penting untuk mempertimbangkan hubungan saling ketergantungan antara kriteria karena karakteristik saling ketergantungan yang ada dalam masalah kehidupan nyata. Metodologi ANP memungkinkan untuk mempertimbangkan tingkat saling ketergantungan diantara kriteria.
4. ANP sangat cocok dalam mempertimbangkan karakteristik baik *kulitatif* maupun *kuantitatif*.
5. Proses perhitungan untuk ANP lebih memakan waktu. Namun ANP lebih mendekati kebenaran dengan mempertimbangkan umpan balik dan saling ketergantungan antara kriteria. oleh karenanya, memberikan fleksibilitas lebih untuk membangun model keputusan.

ANP terdiri dari dua bagian yang terdiri dari hierarki atau jaringan kontrol yang mengendalikan interaksi antar kriteria dan subkriteria dan *network* yang memperlihatkan hubungan saling mempengaruhi antar elemen-elemen dan *cluster*. *Network* tersebut berbeda untuk tiap-tiap kriteria dan untuk setiap kriteria kontrol dihitung pengaruhnya dengan menggunakan *supermatrix*. Setiap *supermatrix* diberi bobot sesuai dengan prioritasnya terhadap kriteria kontrol, lalu hasilnya digabungkan dengan seluruh kriteria kontrol yang lain. Secara umum bentuk *network* dari ANP bisa dilihat dari **gambar 2.13** di bawah ini



Gambar 2.13 Bentuk Network ANP

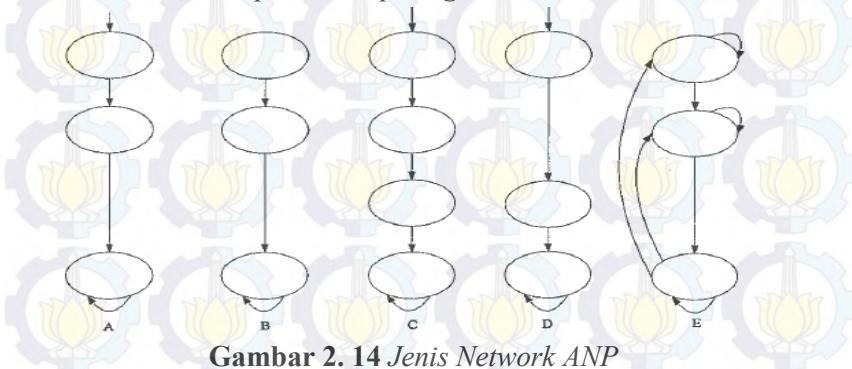
Sumber : Saaty 2005

Pada **gambar 2.13** terdapat 5 cluster yaitu C1, C2, C3, C4, C5. C1 dan C2 tidak ada panah yang menuju ke arahnya maka disebut komponen sumber. Pada C3 dan C4 ada anak panah yang keluar dan menuju ke arahnya maka disebut komponen *transien*. Selain itu antara C3 dan C4 terdapat panah bolak balik maka dikatakan terdapat siklus anatara C3 dan C4. Pada C2 dan C5 terdapat panah yang menghubungkan dengan dirinya sendiri, hal tersebut dinamakan *inner dependence loop*. Hubungan lain bisa dilihat

antara C1 dan C3, C2 dan C5, atau C4 dan C5 disebut *outer dependence*.

Struktur *network* pada ANP memiliki hubungan-hubungan pada elemen-elemen yang ada. Terdapat beberapa terminologi seperti *source node*, *sink node*, *intermediate node*, *outer dependence*, dan *inner dependence*. *Source node* adalah elemen yang merupakan titik awal berasalnya panah hubungan. *Sink node* adalah elemen yang merupakan tujuan dari panah yang berasal dari *source node*. *Intermediate node* adalah elemen yang berperan sebagai *source node* dan *sink node*. *Outer dependence* adalah kondisi ketika terjadi hubungan antara elemen pada satu *cluster* dengan elemen pada *cluster* yang berbeda. *Inner dependence* adalah kondisi ketika hubungan tersebut terjadi pada *cluster* yang sama.

Melalui metode ANP akan diprediksi dan dipresentasikan *competitor-competitor* disertai dengan dugaan akan adanya interaksi diantara *competitor-competitor* tersebut dan juga termasuk kekuatan relatif dari interaksi-interaksi tersebut dalam usaha saling mempengaruhi untuk mengambil keputusan. Dalam pembuatan *network* pada ANP ada beberapa *feedback* yang digunakan dengan kebutuhan tiap-tiap *network* memiliki kelebihan dan kekurangan masing-masing. Beberapa contoh jenis *network* tersebut dapat dilihat pada **gambar 2.14** di bawah ini



Gambar 2. 14 Jenis Network ANP

Sumber : Saaty 2005

A. Hierarchy

Sebuah struktur *network* sederhana dengan tujuan berbeda pada bagian paling atas

B. Suparchy

Adalah struktur yang hampir sama dengan *hierarchy* tapi pada *suparchy* tidak memiliki tujuan, sebagai penggantinya *suparchy* memiliki *feedback* pada level 2 teratas (*top levelnya*)

C. Inttarchy

Sebuah *network* dengan gabungan antara *hierarchy* dan *suparchy* dimana dia memiliki tujuan dan juga memiliki *feedback*, tetapi *feedbacknya* terjadi pada level menengah (*Intermediate Level*)

D. Sinarchy

Sebuah *network hierarchy* dengan *feedback* yang terjadi pada 2 level terbawah

E. Hiernet

Network yang dibuat secara vertikal untuk memfasilitasi *feedback* dari level di bawahnya, *network* model ini memungkinkan sebuah sistem untuk memiliki interaksi antar tiap komponen

Berikut ini adalah langkah-langkah pengolahan yang umum dilaksanakan dengan metode ANP :

1. Menentukan suatu kontrol hierarki yang mencakup krieteria-krieteria dan subkrieteria-subkrieteria untuk membandingkan komponen-komponen dari sistem.
2. Menentukan *cluster* dari sistem dengan elemen-lemennya untuk setiap kriteria kontrol atau subkriteria kontrol.
3. Menetapkan hubungan keterpengaruhannya untuk setiap *cluster*, *cluster* mana yang mempengaruhi *cluster* yang lain dan mempengaruhi elemen untuk setiap satu kriteria.
4. Melakukan perbandingan berpasangan untuk tiap *cluster* yang mempengaruhi *cluster* yang lain. hal ini dilakukan

untuk memperoleh bobot kepentingan pada elemen untuk kolom pada *supermatrix*.

5. Melakukan perbandingan berpasangan tiap elemen dengan *cluster* sesuai dengan pengaruhnya terhadap tiap elemen pada *cluster* yang lain yang terhubung dengan elemen-elemen dalam *cluster* itu sendiri. Perbandingan dilakukan untuk tiap kriteria dan subkriteria dari kontrol hierarki.
6. Buatlah sebuah *supermatrix* dengan meletakkan *cluster* dan *element* yang ada dalam *cluster* tersebut secara berurutan vertical di bagian kiri dan horizontal di bagian atas.
7. Hitunglah *limiting prioritas* dari *supermatrix* dengan dirinya sendiri sampai didapatkan angka yang sama pada baris matriks serta memperhatikan sifatnya apakah ia termasuk *irreducible* atau *reducible*, dengan akar sederhana atau akar majemuk dan apakah *cyclic* dan *noncyclic*.
8. Mensintesis *limiting prioritas* dengan member bobot pada *limiting supermatrix* dari kriteria kontrol.

2.6.1 Pembentukan matriks perbandingan berpasangan

Melalui pendekanan ANP untuk pengambilan keputusan untuk mendapatkan prioritas seperti metode AHP. Saaty menjelaskan mengenai skala kuantitatif 1 sampai 9 untuk menilai perbandingan tingkat kepentingan element terhadap element lainnya.

Tabel 2. 4 Pedoman pemberian nilai perbandingan berpasangan

Intensitas pentingnya	Definisi	Penjelasan
1	Kedua elemen sama penting	dua elemen mempunyai pengaruh yang sama terhadap suatu tujuan

Lanjutan Tabel 2.4

Intensitas pentingnya	Definisi	Penjelasan
3	elemen yang sedikit lebih penting dari pada elemen yang lainnya	pengalaman penilaian sedikit lebih condong ke salah satu elemen
5	satu element jelas lebih penting daripada element yang lainnya	pengalaman dan penilaian lebih kuat pada satu element yang lain
7	pentingnya sangat kuat	aktivitas yang kuat disukai dan dominan terlihat dalam praktek
9	pentingnya ekstrem	bukti pentingnya satu terhadap elemen terhadap yang lain ditegaskan pada urutan tertinggi

Sumber : Saaty 2005

Untuk matriks perbandingan berpasangan dapat diuraikan seperti di bawah ini :

- a. Membandingkan seluruh elemen untuk setiap level dalam bentuk berpasangan. Kemudian ditransformasikan ke dalam bentuk matriks.
- b. Perbandingan dilakukan berdasarkan “judgement” dari para pakar atau pihak-pihak yang berkepentingan terhadap pengambilan keputusan.
- c. Dapat dilakukan dengan menggunakan kuisioner ataupun wawancara.

Tabel 2. 5 Contoh matriks perbandingan berpasangan

C	A ₁	A ₂	--	A _n
A ₁	a ₁₁	a ₁₂	--	a ₁₄
A ₂	a ₁₁	a ₂₂	--	a ₂₄
--	--	--	--	--
A _n	--	--	--	a _{n4}

Matriks tersebut dapat dihasilkan dari perbandingan berpasangan antar elemen terhadap kriteria tertentu (dalam hal ini c) nilai a_{ij} adalah nilai perbandingan A_i terhadap A_j yang menyatakan hubungan :

1. Seberapa jauh kepentingan A_i bila dibandingkan dengan A_j atau,
2. Seberapa banyak kontribusi A_i terhadap kriteria c dibandingkan A_j atau
3. Seberapa banyak sifat kriteria c terhadap A_i dibandingkan A_j atau
4. Seberapa jauh dominasi A_i dibandingkan A_j

2.6.2 Supermatrix Sistem Dengan Feed Back

Supermatrix pada umumnya tiap kolom terdiri dari beberapa *eigenvector* yang mana jika dijumlahkan sama dengan satu sehingga seluruh kolom dari matriks jika dijumlahkan hasilnya merupakan bilangan bulat yang lebih dari satu. Hal-hal umum yang sering dilakukan dilapangan adalah menentukan pengaruh dari *cluster* berdasarkan pada kriteria kontrol. Prioritas dari sebuah komponen dari *eigenvector* semacam itu digunakan untuk membobotkan keseluruhan *element* dalam *block* di *supermatrix* yang sesuai dengan elemen-elemen dan *cluster* yang mempengaruhi maupun yang dipengaruhi.

Tiap vektor prioritas kemudian dibentuk pada posisi yang sesuai sehingga vektor kolom dalam sebuah supermatriks dari pengaruh yang ada, sebagai berikut :

$$\begin{array}{c}
 C_1 & & C_k & & C_n \\
 e_{11} & e_{12} & \dots & e_{1m_1} & \dots & e_{k1} & e_{k2} & \dots & e_{km_k} & \dots & e_{n1} & e_{n2} & \dots & e_{nm_n} \\
 \vdots & & \vdots \\
 C_1 & e_{11} & e_{12} & \dots & e_{1m_1} & \dots & e_{k1} & e_{k2} & \dots & e_{km_k} & \dots & e_{n1} & e_{n2} & \dots & e_{nm_n} \\
 \vdots & \vdots & \vdots & & \vdots \\
 W = C_k & & & & & & & & & & & & & & & \\
 \vdots & & & & & & & & & & & & & & & \\
 C_n & e_{n1} & e_{n2} & \dots & e_{nm_n} & & & & & & & & & & & \\
 \vdots & & & & & & & & & & & & & & & \\
 \end{array}
 \left[\begin{array}{cccc}
 W_{11} & \dots & W_{1k} & \dots & W_{1n} \\
 \vdots & & \vdots & & \vdots \\
 W_{k1} & \dots & W_{kk} & \dots & W_{kn} \\
 \vdots & & \vdots & & \vdots \\
 W_{n1} & \dots & W_{nk} & \dots & W_{nn}
 \end{array} \right]$$

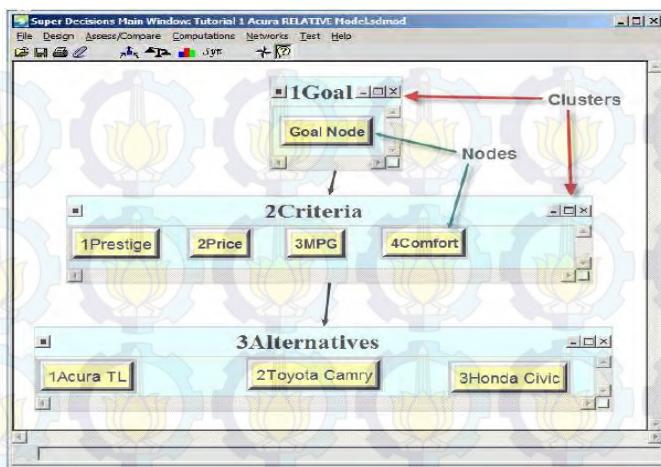
Gambar 2. 15 Contoh Super Matriks

Sumber : Saaty 2005

Dimana tiap kolom merupakan *eigen vector* yang mempresentasikan pengaruh dari seluruh elemen dari elemen ke-I pada tiap-tiap elemen dari komponen ke-j. *Supermatrix* terlebih dahulu harus direduksi ke dalam suatu matriks, yang tiap kolomnya dijumlahkan jadi satu menghasilkan kolom yang stokhastik atau stoastik matrik. Jika matriks adalah *stokhastik*, maka limiting prioritas tergantung pada *reducibility*, *primitivity*, *cyclicity*, dari matriks tersebut.

2.6.3 Super Decision

Super Decision mengimplementasikan *Analytical Network Process* yang dikembangkan oleh Thomas Saaty. Program ini ditulis oleh Tim ANP, bekerja untuk Yayasan Keputusan Kreatif. Berikut adalah gambaran menjalankan perangkat lunak *Super Decision* seperti pada **gambar 2.16** berikut ini.



Gambar 2. 16 Contoh Super Decisions

Super Decision yang digunakan untuk pengambilan keputusan dengan ketergantungan dan umpan balik itu mengimplementasikan *Analytic Network Process*, ANP, dengan banyak tambahan. Masalah seperti itu sering terjadi dalam kehidupan nyata. *Super Decision* memperluas *Analytic Hierarchy Process* (AHP) yang menggunakan dasar yang sama proses prioritas berdasarkan prioritas yang berasal melalui penilaian pada unsur pasang atau dari pengukuran langsung. Dalam AHP unsur-unsur tersebut diatur dalam struktur keputusan hierarki sementara ANP menggunakan satu atau lebih jaringan datar *cluster* yang mengandung unsur-unsur. ANP tidak membatasi pemahaman dan pengalaman manusia untuk pengambilan keputusan menjadi model yang sangat teknis yang tidak wajar dan dibuat-buat.

5.8 Linear Programming

Linear programming adalah bidang optimasi yang cukup besar untuk beberapa alasan. Banyak masalah praktis dalam penelitian operasi dapat dinyatakan sebagai masalah program

linear. Sejumlah algoritma untuk jenis lain masalah optimasi bekerja dengan memecahkan masalah *linear programming* sebagai sub masalah. Secara historis, ide dari *linear programming* telah mengilhami banyak konsep utama teori optimasi. Demikian juga *linear programming* sering digunakan dengan ekonomi mikro dan manajemen perusahaan, seperti: perencanaan produksi, teknologi transportasi dan masalah-masalah lainnya. Meskipun isu-isu manajemen modern yang selalu berubah, sebagian besar perusahaan ingin memaksimalkan keuntungan atau meminimalkan biaya dengan sumber daya terbatas (Flystra, 1998).

Karakteristik yang biasa digunakan dalam persoalan *linear programming* adalah sebagai berikut:

1. Sifat linearitas suatu kasus dapat ditentukan dengan menggunakan beberapa cara. Sebagai statistik, dapat memeriksa kelinieran menggunakan grafik (diagram pencar) ataupun menggunakan uji hipotesa. Secara teknis, linearitas ditunjukkan oleh adanya sifat *proporsionalitas*, *additivitas*, *divibilitas* dan kepastian fungsi tujuan dan pembatas.
2. Sifat proporsional dipenuhi jika kontribusi setiap variabel pada fungsi tujuan atau penggunaan sumber daya yang membatasi proporsional terhadap level nilai variabel. Jika harga perunit produk misalnya adalah sama berapapun jumlah yang dibeli, maka sifat proporsional dipenuhi. Atau dengan kata lain, jika pembelian dalam jumlah besar mendapatkan diskon, maka sifat proporsional tidak dipenuhi. Jika penggunaan sumber daya per unitnya tergantung dari jumlah yang diproduksi, maka sifat proporsionalitas tidak dipenuhi.
3. Sifat *additivitas* mengansumsikan bahwa tidak ada bentuk perkalian silang diantara berbagai aktivitas, sehingga tidak akan ditemukan bentuk perkalian silang pada model. Sifat *additivitas* berlaku baik bagi fungsi tujuan maupun

pembatas (kendala). Sifat *additivitas* dipenuhi jika fungsi tujuan merupakan penambahan langsung kontribusi masing-masing variabel keputusan. Untuk fungsi kendala, sifat *additivitas* dipenuhi jika nilai kanan merupakan total penggunaan masing-masing variabel keputusan. Jika dua variabel keputusan misalnya merepresentasikan volume penjualan salah satu produk akan mengurangi volume penjualan produk lainnya dalam pasar yang sama, maka sifat *additivitas* tidak terpenuhi.

4. Sifat *divisibilitas* berarti unit aktivitas dapat dibagi ke dalam sembarang level *fraksional*, sehingga nilai variabel keputusan *non integer* dimungkinkan.
5. Sifat kepastian menunjukkan bahwa semua parameter model berupa konstanta. Artinya koefisien fungsi tujuan maupun fungsi pembatas merupakan suatu nilai pasti, bukan merupakan nilai dengan peluang tertentu.

Masalah keputusan yang biasa dihadapi para analis adalah alokasi optimum sumber daya yang langka. Sumber daya dapat berupa modal, tenaga kerja, bahan mentah, kapasitas mesin, waktu, ruangan atau teknologi. Penugasan analisa disini adalah mencapai hasil terbaik yang mungkin dengan keterbatasan sumber daya ini. Hasil yang diinginkan mungkin ditunjukkan sebagai maksimasi dari beberapa ukuran seperti profit, penjualan dan kesejahteraan, atau minimasi seperti biaya, waktu dan jarak. Setelah masalah diidentifikasi, tujuan diterapkan, langkah selanjutnya adalah formulasi model matematik yang meliputi tiga tahap :

- Menentukan variabel yang tak diketahui (variabel keputusan) dan menyatakan dalam simbol matematik.
- Membentuk fungsi tujuan yang ditunjukkan sebagai suatu hubungan *linear* (bukan perkalian) dari variabel keputusan.
- Menentukan semua kendala masalah tersebut dan mengekspresikan dalam persamaan dan pertidaksamaan

yang juga merupakan hubungan *linear* dari variabel keputusan yang mencerminkan keterbatasan sumberdaya masalah itu

Linear Programming (LP) merupakan teknik riset operasional (*operation research technique*) yang telah dipergunakan secara luas dalam berbagai jenis masalah manajemen. Sebelumnya pada tahun 1940, (hitcok, 2013) Hitchcock dan Koopman mempelajari *transportation* tipe problem yang tujuannya antara lain untuk memperoleh jumlah biaya transportasi yang minimum dengan memperhatikan pembatasan yaitu :

- Jumlah barang yang diangkut tidak boleh melebihi *supply* yang ada.
- Jumlah permintaan harus dipenuhi.
- Jumlah permintaan harus sama dengan jumlah penawaran

2.7.1 Bentuk Umum Persamaan *Linear Programming*

Pada tahun 1939, L.V. Kantorovitch mempelajari beberapa permasalahan yang berhubungan dengan model transportasi. Kemudian pada tahun 1941 F.L. Hitchcock merumuskan model matematik persoalan yang baku.

Ciri-ciri khusus persoalan transprotasi adalah sebagai berikut:

1. Terdapat sejumlah sumber dan sejumlah tujuan tertentu
2. Jumlah komoditi yang didistribusikan besarnya tertentu
3. Jumlah barang yang dikirim besarnya sesuai dengan kapasitas sumber
4. Biaya pengangkutan besarnya tertentu

Adapun model tranportasi dapat dirumuskan sebagai berikut:

Fungsi tujuan :

$$Z_{\min} = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n C_{ij} X_{ij}$$

Batasan

$$\sum_{i=1}^m X_{ij} \leq S_i; i = 1, 2, \dots, m$$

$$\sum_{i=1}^m X_{ij} \leq D_j; i = 1, 2, \dots, n$$

Dimana :

S_i = kapasitas penawaran unit (S) dari sumber i

D_j = kapasitas permintaan unit (D) dari tujuan j

X_{ij} = unit yang dikirim dari sumber i ke tujuan j

C_{ij} = biaya angkut per unit dari sumber i ke tujuan j

Apabila jumlah barang yang dikirimkan dari tempat asal i sama dengan jumlah barang yang diminta oleh tempat tujuan j , maka persamaannya ;

$$\sum_{i=1}^m X_{ij} \leq S_i; i = 1, 2, \dots, m$$

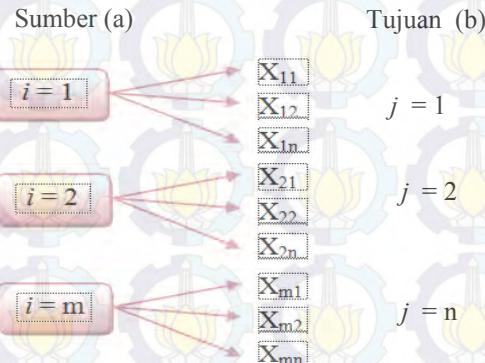
$$\sum_{i=1}^m X_{ij} \leq D_j; i = 1, 2, \dots, n$$

Keadaan ini disebut model transportasi seimbang.

Sebuah model transportasi dengan m sumber dan n tujuan, dapat diwakili dengan sebuah *node*. Busur yang menghubungkan sumber dan tujuan mewakili rute pengiriman barang tersebut. jumlah penawaran di sumber i adalah a_i dan permintaan di tujuan j adalah b_j . Biaya unit transportasi dari sumber i dan tujuan j

adalah C_{ij} . anggaplah X_{ij} mewakili jumlah barang yang dikirim dari sumber i ke tujuan j .

Secara diagramatik, model transportasi dapat disajikan pada **gambar 2.17** di bawah ini. Misalkan ada m buah sumber dengan n jumlah tujuan.



Gambar 2. 17 Diagram model transportasi

Masing-masing sumber mempunyai kapasitas a_i , $i = 1, 2, 3, \dots, m$.

1. Masing-masing tujuan membutuhkan komoditas sebanyak b_j , $j = 1, 2, 3, \dots, n$.
2. Jumlah satuan (unit) yang dikirimkan dari sumber i ke tujuan j adalah sebanyak X_{ij}
3. Ongkos pengiriman per unit dari sumber i ke tujuan C_{ij}

2.7.2 Perumusan Persoalan *Linear Programming*

Diatas telah dijelaskan bahwa persoalan *linear programming* harus memiliki syarat-syarat yang harus dipenuhi. Syarat-syarat itu akan dibahas secara lengkap, yaitu sebagai berikut:

- Fungsi objektif harus didefinisikan secara jelas dan dinyatakan sebagai fungsi objektif yang *linear*. Misalnya jumlah biaya transport harus minimum.

- Harus ada alternatif pemecahan untuk dipilih salah satu yang terbaik.
- Sumber-sumber dan aktifitas mempunyai sifat dapat ditambahkan (*additivity*).
- Fungsi objektif dan ketidaksamaan untuk menunjukkan adanya pembatasan harus *linear*.
- Variabel keputusan harus positif, tidak boleh negatif ($x_j \geq 0$, untuk semua j).
- Sumber-sumber dan aktivitas mempunyai jumlah yang terbatas (*finiteness*).
- Aktivitas atau proses harus proporsional terhadap sumber-sumber.
- Model *programming deterministic*, artinya sumber dan aktivitas diketahui secara pasti.

5.9 Teori Ekonomi

Kajian keekonomian dalam studi ini akan menggunakan beberapa parameter sebagai berikut :

2.8.1 Net Present Value (NPV)

Net Present Value (NPV) adalah nilai benefit atau keuntungan yang diperoleh selama umur ekonomis proyek yang ditinjau pada kondisi saat ini (*discounted*). NPV menunjukkan nilai absolut keuntungan (*earning power*) dari modal yang diinvestasikan pada proyek, yaitu total pendapatan (*discounted*) dikurangi total biaya (*discounted*) selama proyek. Bentuk umum persamaan NPV adalah :

$$NPV = \sum_{t=0}^{\infty} \frac{X_t}{(1+i)^t} \quad (1)$$

$$NPV = X_0 + \frac{X_1}{(1+i)} + \frac{X_2}{(1+i)^2} + \dots + \frac{X_n}{(1+i)^n} \quad (2)$$

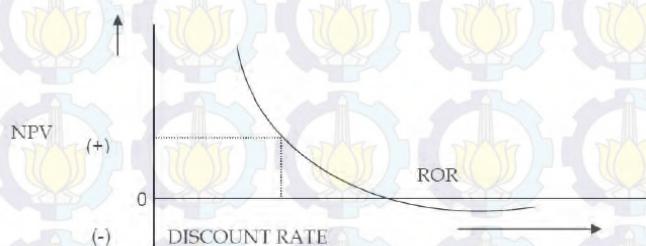
Dimana :

X_t : cashflow di tahun ke – t

i : suku bunga (discount rate)

Penyelesaiannya bukan secara *trial and error*, tetapi dengan memperhitungkan nilai waktu dan uang, serta dapat pula mempertimbangkan resiko. NPV dihitung dengan menggunakan *discount rate* sama dengan *Marginal Average Rate of Return*.

Suatu proyek dinyatakan layak apabila NPV adalah positif dan semakin besar *discount rate* yang dipakai, makin kecil NPV yang diperoleh. Grafik berikut menggambarkan hubungan antara besarnya nilai NPV dan *discount rate*.



Gambar 2. 18 Grafik antara Discount Rate dengan NPV

Suatu proyek dikatakan dikatakan untung, jika NPV nya bernilai positif. Sedangkan jika NPV nya bernilai negatif, maka suatu proyek secara finansial tidak menguntungkan sehingga tidak perlu dilanjutkan. NPV merupakan salah satu parameter evaluasi keuangan yang paling sehat dan kuat untuk mengistimasi nilai investasi.

2.8.2 Internal Rate of Return (IRR)

Internal Rate of Return adalah suatu tingkat bunga yang bila dipakai mengkonversikan semua penghasilan dan pengeluaran dan kemudian menjumlahkannya maka akan didapat nilai nol. Persamaan di bawah ini merupakan perhitungan IRR dalam suatu investasi, dimana kurva memotong sumbu *discount rate* pada *Net Present Value = 0*. *Discount Rate* dimana NPV sama dengan nol

disebut *Rate or Return* (ROR atau IRR). IRR menunjukkan nilai relatif *earning power* dari modal yang diinvestasikan di proyek, yaitu *discount rate* yang menyebabkan NPV sama dengan nol. Harga IRR dapat dihitung secara *trial and error* dengan persamaan sebagai berikut :

$$\sum_{t=0}^T \frac{X_t}{(1+IRR)^t} = 0$$

Suatu proyek dianggap layak apabila IRR lebih besar daripada *cost of capital* (bunga bank) ditambah *risk premium* yang mencerminkan tingkat resiko dari proyek tersebut serta ditambah tingkat keuntungan yang diharapkan kontraktor. Perbedaan NPV dan IRR adalah NPV menunjukkan besar keuntungan secara *absolute*, sedangkan IRR menunjukkan keuntungan secara relatif (terhadap skala investasi proyek).

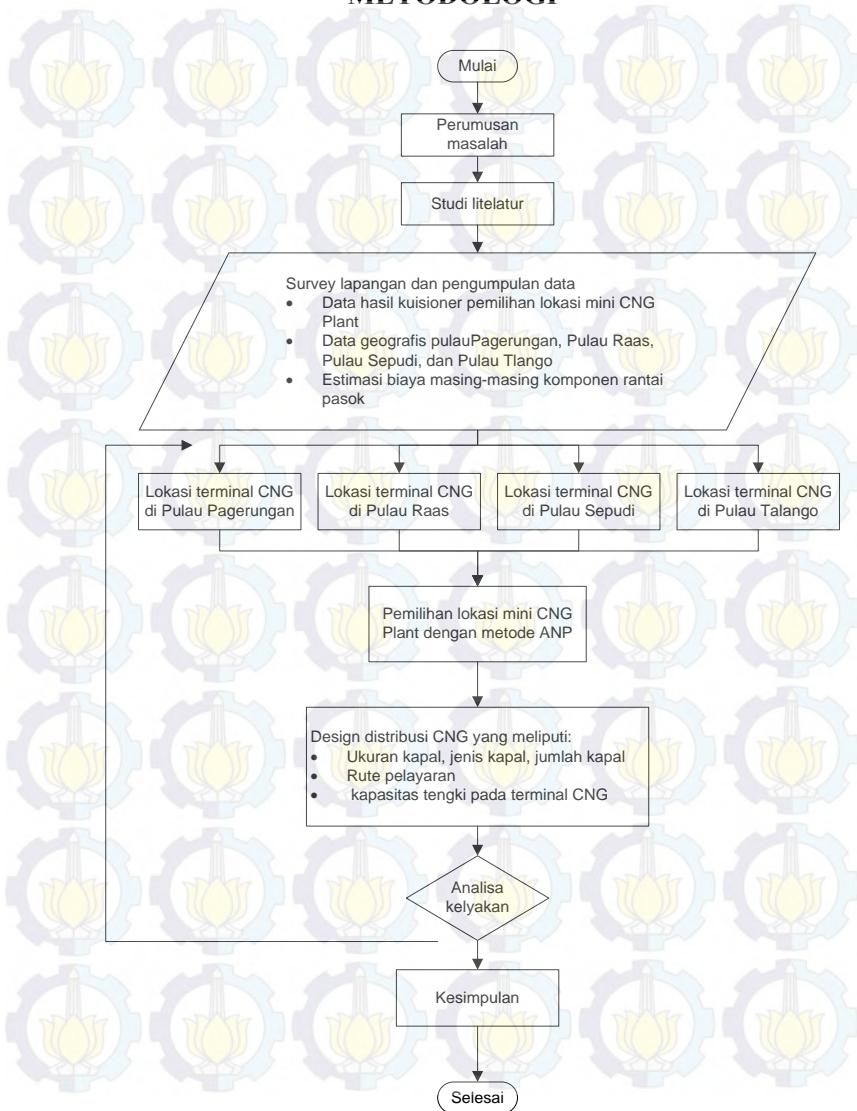
2.8.3 Pay Back Period (PBP)

Periode pengembalian atau *pay out time* atau *payback period* adalah waktu yang diperlukan untuk memperoleh kembali modal yang ditanam. Parameter ini merupakan ukuran mengenai kecepatan penerimaan modal investasi kembali. POT harus memenuhi persamaan berikut:

$$\sum_{t=0}^{PBP} X_t = 0 \quad (3)$$

Proyek yang mempunyai harga PBP berarti layak, tetapi PBP juga menunjukkan resiko proyek. Makin panjang PBP makin besar resiko yang dihadapi proyek. Untuk situasi dimana ketidakpastiannya tinggi, seperti misalnya negara yang pemerintahannya tidak stabil, investor akan memilih proyek-proyek yang mempunyai PBP pendek (*quick yielding*).

BAB III METODOLOGI



3.1 Perumusan Masalah

Tahapan pertama yang dilakukan ialah merumuskan masalah. Pada tugas akhir ini masalah yang diambil ialah memilih lokasi peletakan terminal CNG dengan menggunakan metode ANP (*Analytical Network Process*), sehingga akan mendapatkan lokasi peletakan terminal CNG dari pilihan yang ada. Kemudian setelah didapatkan lokasi dan teknologi mini CNG plant, dilanjutkan dengan mendesain sistem pendistribusian CNG (kapasitas CNG plant, jumlah kapal, kapasitas kapal, jumlah trip dalam setahun, serta *unit storage*). Setelah didapatkan sistem pendistribusian yang paling optimal, maka dilakukan perhitungan *capital investment* untuk mengetahui berapa biaya yang dibutuhkan untuk proses distribusi ini.

5.2 Studi Litelatur

Studi literatur merupakan tahap pembelajaran mengenai teori-teori dasar yang akan dibahas pada penulisan skripsi ini. Studi literatur didapatkan dari pencarian pada sumber referensi yang dapat berupa buku, *paper*, *journal*, modul ajar, dan lain-lain yang mendukung bahasan skripsi ini. Kemudian juga mempelajari *software* untuk membantu penggerjaan skripsi ini karena *software* tersebut merupakan *software* pembantu yang digunakan dalam skripsi ini.

5.3 Pengumpulan data

Pengumpulan data dilakukan untuk mendapatkan lokasi di empat altenatif yang akan dipilih, meliputi keadaan perairan, karakter masyarakat, letak geografis daerah, serta untuk proses distribusi CNG yang meliputi data dimensi kapal, kebutuhan gas di terminal penerima, produksi gas terminal pengirim, biaya pelabuhan, biaya sewa kapal, dan biaya bahan bakar. Pengambilan data dilakukan dengan survey lapangan dan pengambilan data pada beberapa litelatur.

5.4 Pengolahan dan analisa data

Dari hasil data-data yang telah didapat, maka dapat dilakukan pemilihan lokasi dan teknologi yang akan dirancang tersebut, dengan penerapan metode ANP (*analytical network process*), sehingga dapat diketahui lokasi mana yang paling cocok untuk dibangun terminal CNG. Setelah didapatkan lokasi, dilanjutkan dengan mendesain sistem pendistribusian CNG (kapasitas CNG plant, jumlah kapal, kapasitas kapal, jumlah trip dalam setahun ke masing-masing *demand*, biaya pelabuhan, biaya sewa kapal). Langkah terakhir, dilakukan perhitungan *capital investment*.

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB IV ANALISA DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini akan dilakukan analisa data dan pembahasan. Pada bab II telah dipaparkan mengenai masalah apa saja yang akan dibahas pada skripsi ini. Ada 3 permasalahan yang akan dikerjakan yaitu :

1. memilih lokasi *CNG Plant* di empat alternatif yang akan dipilih berdasarkan metode ANP (*Analytical Network Process*) ?
2. mendesain model pendistribusian CNG yang paling optimal, meliputi kapasitas kapal CNG , jenis kapal CNG, jumlah kapal serta *round trip* dalam 1 tahun?
3. menghitung biaya modal (*capital cost*) dalam rantai pasok CNG dari Kangean- (Bali, NT, dan NTB)

4.1 Penentuan Lokasi Mini CNG Plant

Dalam menentukan lokasi mini CNG Plant di kepulauan di sebelah timur Madura, penulis menggunakan metode ANP. Dalam metode ANP ini ada beberapa langkah yang harus dilaksanakan untuk mendapatkan hasil yang diinginkan seperti yang dijelaskan pada bab II di tinjauan pustaka.

4.1.1 Penentuan Alternatif

Langkah pertama yang dilakukan penulis untuk menentukan lokasi adalah memilih beberapa alternatif lokasi di 4 lokasi yaitu:

1. Ds. Pegerungan Kecamatan Sapeken
2. Ds. Karopo Kecamatan Raas
3. Ds. Poteran Kecamatan Talango
4. Ds. Gayam Kecamatan Gayam

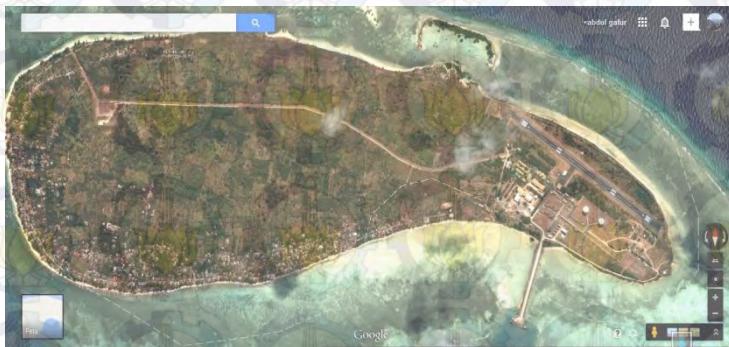
Pada Tabel 4.1, Tabel 4.2, Tabel 4.3, dan Tabel 4.4 serta gambar 4.1, gambar 4.2, gambar 4.3, dan gambar 4.4 di bawah ini menunjukkan penilaian subyektif atas preferensi masing-masing kriteria dan subkriteria terhadap empat lokasi mini CNG

plant serta gambar masing-masing lokasi yang akan dipilih untuk dijadikan tempat pembangunan mini CNG plant. Penilaian ini didasarkan pada pengamatan dan diskusi langsung dengan penduduk sekitar, serta informasi dari beberapa literatur, dengan rangkuman sebagai berikut :

1. Ds. Pagerungan (Kecamatan Arjasa)

Tabel 4. 1 Penilaian Subyektif Ds. Pagerungan

Ds. Pagerungan	
Keuntungan	Kelemahan
lama pembangunan	fasilitas umum
kemudahan akses	komunikasi
biaya pipa	biaya untuk mengeruk
keamanan	kedalaman laut



Gambar 4. 1 Desa Pagerungan

Sumber : Google Maps 2014

2. Ds. Karopo Kec. Raas

Tabel 4. 2 Penilaian Subyektif Ds. Karopo

Ds. Karopo	
Keuntungan	Kelemahan
keamanan	biaya pipa
kemudahan akses	fasilitas umum
kedalaman laut	
biaya untuk mengeruk	
komunikasi	



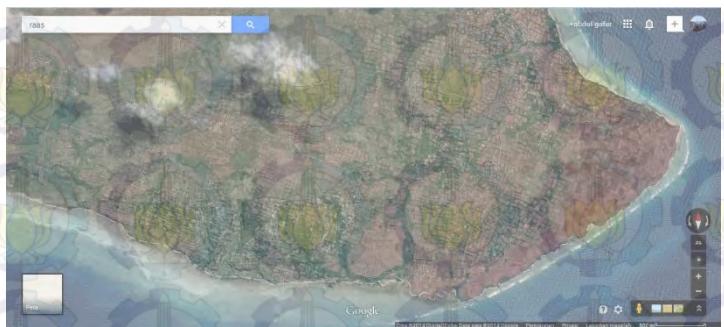
Gambar 4. 2 Desa Karopo

Sumber : Google Maps 2014

3. Ds. Poteran Kecamata Talango

Tabel 4. 3 Penilaian Subyektif Ds. Poteran

Ds. Poteran	
Keuntungan	kelemahan
keamanan	biaya pipa
kemudahan akses	kedalaman laut
fasilitas umum	biaya untuk mengeruk
komunikasi	
lama pembangunan	

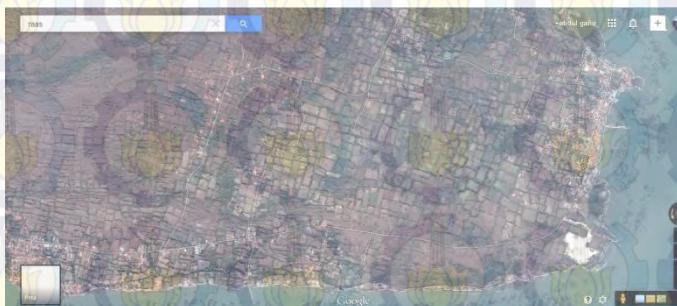


Gambar 4. 3 Desa Poteran
Sumber : Google Maps 2014

4. Ds. Gayam Kecamatan Gayam

Tabel 4. 4 Penilaian Subyektif Ds. Gayam

Ds. Gayam	
Keuntungan	Kelemahan
keamanan	biaya pipa
kemudahan akses	fasilitas umum
komunikasi	



Gambar 4. 4 Desa Gayam
Sumber : Google Maps 2014

Dari beberapa alternatif lokasi yang ada tersebut, nantinya akan diberikan penilaian sesuai dengan atribut yang telah diberikan.

4.1.2 Penentuan Kriteria dan Sub-kriteria

Langkah selanjutnya adalah menentukan kriteria dan subkriteria. Penentuan kriteria ini berdasarkan pertimbangan subjektif dari **tabel 4.1**, **tabel 4.2**, **tabel 4.3**, dan **tabel 4.4** di atas. Pada penelitian ini ada beberapa kriteria yang akan dimasukkan dalam hitungan yaitu *Water Front*, *Cost*, *Environment*, dan *Construction*. Semua kriteria tersebut memberikan penilaian terhadap lokasi yang akan dipilih, yang akan digunakan sebagai dasar pemilihan lokasi. Kriteria yang digunakan sebagai pemilihan lokasi dapat dilihat pada **Tabel 4.5** di bawah ini.

Tabel 4. 5 Kriteria dan Subkriteria

1	<i>Water Front</i> (C1)	<i>Sustainability for Acces (SC-01)</i>
		<i>Water Dept (SC-02)</i>
		<i>Tide (SC-03)</i>
		<i>Wave (SC-04)</i>
2	<i>Cost (C2)</i>	<i>land & preparation cost (SC-05)</i>
		<i>Pipe Line to Loading Terminal (SC-06)</i>
		<i>Berthing Facility (SC-07)</i>
		<i>Dredging (SC-08)</i>
3	<i>Environment</i> (C3)	<i>Safety & Security (SC-09)</i>
		<i>Community Accessibility (SC-10)</i>
		<i>Public Facilities (SC-11)</i>

Lanjutan Tabel 4.5

4	<i>Construction (C4)</i>	<i>Periode & Construction (SC-12)</i>
		<i>Acces For Land & Distribution (SC-13)</i>
		<i>Future Busines Development (SC-14)</i>

Di bawah ini adalah penjelasan tentang kriteria dan subkriteria yang digunakan dalam pemilihan lokasi CNG Plant.

1. Kriteria *Water Front*

Kriteria *Water Front* merupakan kriteria yang harus diperhatikan dalam pembangunan CNG plant. *Water Front* erat kaitannya dengan alur pelayaran kapal CNG yang akan mengangkut gas dari terminal terpilih ke konsumen. Pada kriteria ini dibagi menjadi empat subkriteria, yaitu:

- Sustainability for Access* adalah akses yang dibutuhkan oleh suatu perusahaan untuk kelancaran mobilitas pegawai, bahan baku untuk pembangunan, dan lain-lain.
- Water Dept* adalah kedalaman air laut di daerah yang akan dibangun fasilitas Mini CNG Palnt. *Water dept* dipilih menjadi kriteria dengan pertimbangan akan sangat berpengaruh terhadap alur pelayaran kapal CNG plant.
- Tide* adalah pasang surut yang terjadi di daerah tersebut. pasang surut akan sangat berpengaruh pada gelombang. Gelombang sendiri akan berpengaruh terhadap kemanan kapal yang akan berlayar di daerah tersebut. semakin tinggi gelombang maka kemungkinan rusak dan tenggelamnya kapal akibat ombak besar.
- Wave* adalah besarnya gelombang di perairan yang akan dibangun fasilitas *CNG plant*. Besarnya gelombang ini nantinya akan berpengaruh pada kapal CNG yang akan mengangkut Gas seperti yang telah dijelaskan pada penjelasan sebelumnya.

2. Kriteria Cost

Kriteria *cost* merupakan faktor utama yang harus benar-benar diperhitungkan untuk menunjang kelancaran jalannya pembangunan Mini CNG Plant. *Cost* dipilih menjadi kriteria karena untuk pembangunan suatu fasilitas tidak akan pernah lepas dari biaya, misalnya biaya lahan, biaya pipa, biaya untuk pembangunan fasilitas dan lain-lain. Pada kriteria ini dibagi menjadi 3 subkriteria, yaitu:

- a. *land & preparation cost* adalah biaya untuk pembebasan lahan dan biaya persiapan yang lainnya. Tiap daerah tentu mempunyai harga tanah yang berbeda, tergantung letak geografisnya terhadap fasilitas pendukung lainnya. Semakin strategis letak suatu lahan, maka akan semakin mahal pula biaya pembebaskannya. Pada penelitian ini lahan pada Ds. Pagerungan tentu akan berbeda dengan lahan pada Ds. Poteran, Ds. Gayam, dan Ds. Karopo.
- b. *Pipe Line to Loading Terminal* adalah pipa yang akan digunakan untuk menyalurkan gas dari sumur gas ke terminal CNG kemudian ke kapal CNG. Karena lokasi yang akan digunakan untuk mebangun fasilitas masih mempunyai jarak yang bervariasi dengan sumur gas, maka perlu memasukkan *Pipe Line to Loading Terminal* sebagai bahan pertimbangan untuk menentukan lokasi.
- c. *Berthing Facility* adalah tempat bersandar kapal yang dibutuhkan untuk membangun CNG Plant. Adanya *berthing facility* akan memudahkan proses distribusi bahan baku untuk pembangunan CN Plant.
- d. *Dredging* adalah pengeringan yang akan dilakukan pada pembangunan CNG plant. Pengeringan dipilih karena erat kaitannya dengan kedalaman dan tentunya tida lepas dari kapal yang akan mengangkut gas tersebut. Jika kedalaman pada lokasi yang menjadi alternatif dangkal, maka harus dilakukan pengeringan agar kapal bisa bersandar pada terminal CNG Plant.

3. Kriteria *Environment*

Kriteria *Environment* merupakan kriteria yang akan berpengaruh pada pembangunan Mini *CNG Plant*. Pada kriteria ini dibagi menjadi 3 sukriteria, yaitu:

- a. *Safety & Security* adalah seberapa besar tingkat keamanan di daerah yang akan dibangun mini *CNG Plant*. Keamanan akan sangat berpengaruh pada kenyamanan karyawan saat mini *CNG Plant* beroprasi dan pada para pekerja pada saat pelaksanaan proyek. Keamanan di empat lokasi ini tergantung tentu tidak sama satu sama lain.
- b. *Community Accessibility* adalah akses masyarakat terhadap pembangunan mini *CNG Plant*. Hal ini menjadi kriteria karena berhubungan dengan kemanan para pegawai yang akan bertugas disini dan para pekerja yang akan mengerjakan proyek ini.
- c. *Public Facilities* adalah apa saja fasilitas yang tersedia di tempat pembangunan mini *CNG Plant* tersebut. hal ini akan berpengaruh pada kenyamanan karyawan ataupun petugas yang akan ditugaskan di tempat tersebut.

4. Kriteria *construction*

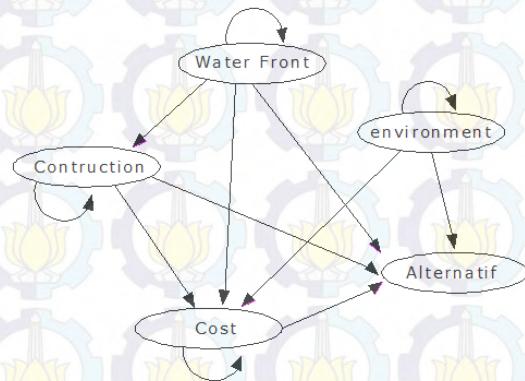
Ada 4 subkriteria pada kriteria ini yaitu :

- a. *Periode & Construction* lama pembangunan mini *CNG plant* di daerah tersebut. hal ini tetu dipengaruhi oleh kondisi lingkungan serta struktur tanah yang ada. Lama pembangunan akan mempengaruhi *cost* yang dikeluarkan, dan waktu pelaksanaan proyek.
- b. *Acces For Land & Distribution* adalah ketersedian lahan dan jalan utama untuk proses distribusi bahan baku untuk pembangunan.
- c. *Future Busines Development* perlu menjadi pertimbangan untuk dijadikan sebagai subkriteria. Tiap-tiap daerah tentu mempunyai potensi bisnis yang berbeda satu sama lain. pada penelitian ini akan memprioritaskan daerah mana yang mempunyai potensi bisnis yang paling

optimum dimasa yang akan datang agar lokasi yang dipilih nantinya adalah yang terbaik.

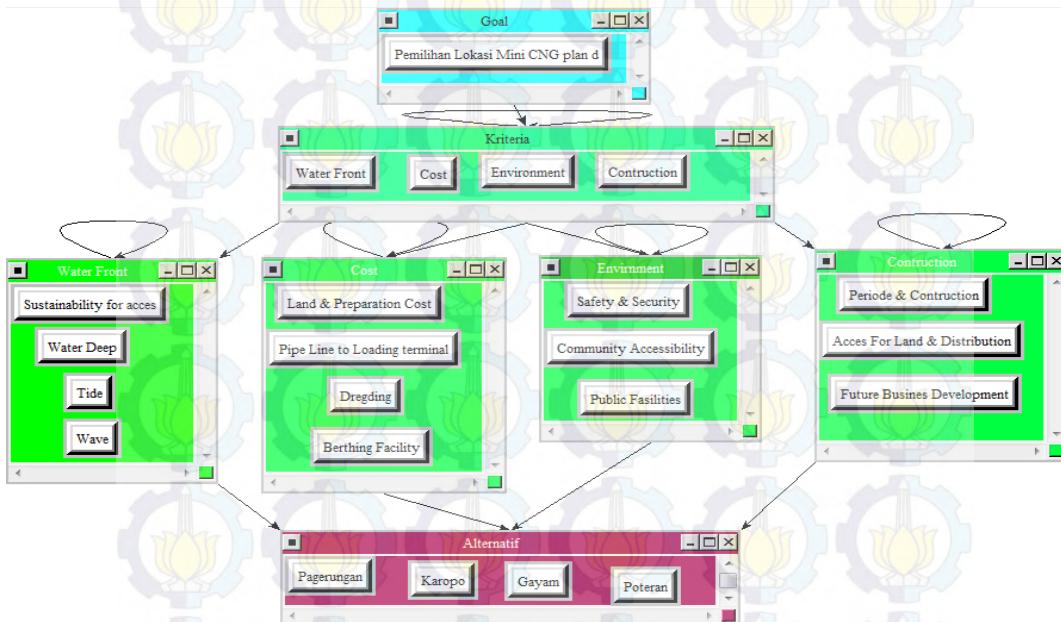
4.1.3 Penentuan Network ANP

Dari kriteria dan sub kriteria yang telah ditentukan di atas, maka selanjutnya akan dibuat *network* untuk mengidentifikasi adanya saling mempengaruhi seperti yang ada pada **gambar 4.5.** di bawah ini.



Gambar 4. 5 Network ANP Manual

Tanda panah dengan garis lurus pada gambar di atas menunjukkan adanya pengaruh. Pangkal anak panah adalah kriteria yang mempengaruhi sedangkan ujung dari anak panah merupakan kriteria yang dipengaruhi. Dan untuk tanda panah melengkung yang berada pada kriteria *Cost*, *contruction*, *water front*, dan *environment* menunjukkan bahwa subkriteria-subkriteria yang dalam kriteria tersebut memiliki keterhubungan. Sedangkan hubungan antar tiap-tiap subkriterianya dapat dilihat pada **gambar 4.6.** berikut ini.



Gambar 4.6 Network antar subkriteria

Pada **Gambar 4.6** adalah hasil pembuatan *network* dengan software *super desicion*. Gambar tersebut membentuk hirarki dari atas ke bawah. Dimana yang paling atas adalah *goal* atau tujuan yang diinginkan. Sedangkan kolom selanjutnya adalah kriteria dan sub kriteria yang dijadikan dasar untuk perhitungan pada software *super desicion*. Adapun untuk kolom yang paling bawah adalah alternatif pilihan lokasi dimana ada empat lokasi yang akan dipilih yaitu Pagerungan, Karopo, Gayam, dan Poteran.

4.1.4 Penyebaran kuisioner

Pembuatan kuisioner ini berdasarkan pada *network ANP* yang ada pada **gambar 4.6**. Kuisioner ini menggambarkan pengaruh antar kriteria, antar subkriteria, baik *inner dependence* ataupun *outer dependence* serta hubungan antar kriteria dan alternatif. Kuisioner ini bertujuan untuk mengetahui seberapa besar hubungan ketergantungan tersebut berdasarkan penilaian dari responden.

4.1.4.1 Kuisiner Perbandingan Kriteria

Kuisiner perbandingan kriteria digunakan untuk mendapatkan tingkat kepentingan tiap kriteria terhadap (*with respect to*) tujuan (*Goal*). Berikut skala perbandingan beserta contoh kuisioner perbandingan kriteria pada **tabel 4.6** dan **tabel 4.7** di bawah ini

Tabel 4.6 Skala pairwise comparision

Niai	Tingkat prioritas
9	kriteria disisi yang anda pilih amat sangat penting dibandingkan dengan kriteria di sisi yang lain
7	kriteria disisi yang anda pilih sangat penting dibandingkan dengan kriteria di sisi yang lain
5	kriteria disisi yang anda pilih lebih penting dibandingkan dengan kriteria di sisi yang lain

Lanjutan Tabel 4.6

Niai	Tingkat prioritas
3	kriteria disisi yang anda pilih sedikit lebih penting dibandingkan dengan kriteria di sisi yang lain
1	kriteria disisi yg anda pilih di sisi yang anda pilih sama penting dibandingkan dengan kriteria di sisi yang lain

Tabel 4.7 Kuisioner perbandingan berpasangan kriteria

Water Front	9	7	5	3	1	3	5	7	9	Cost
Water Front	9	7	5	3	1	3	5	7	9	Environment
Water Front	9	7	5	3	1	3	5	7	9	Contruction
Cost	9	7	5	3	1	3	5	7	9	Environment
Cost	9	7	5	3	1	3	5	7	9	Contruction
environment	9	7	5	3	1	3	5	7	9	Contruction

Pada tabel di atas adalah contoh subkriteria-subkriteria yang akan diberi penilaian oleh responden dengan skor penilaian 1, 3, 5, 7, dan 9. Dengan makna seperti yang telah dijelaskan pada tabel sebelumnya.

4.2.2.3 Kuisioner Perbandingan Subkriteria

Kuisioner perbandingan subkriteria dirancang berdasarkan hubungan keterkaitan yang teradapat antar subkriteria. Berikut adalah contoh kuisioner hubungan keterkaitan antar subkriteria pada **tabel 4.8** berikut ini

Tabel 4. 8 Kuisisioner perbandingan berpasangan subkriteria

<i>Sustainability for Access</i>	9	7	5	3	1	3	5	7	9	<i>Water Dept</i>
<i>Sustainability for Access</i>	9	7	5	3	1	3	5	7	9	<i>Tide</i>
<i>Sustainability for Access</i>	9	7	5	3	1	3	5	7	9	<i>Wave</i>
<i>Water Dept</i>	9	7	5	3	1	3	5	7	9	<i>Tide</i>
<i>Water Dept</i>	9	7	5	3	1	3	5	7	9	<i>Wave</i>
<i>Tide</i>	9	7	5	3	1	3	5	7	9	<i>Wave</i>

4.2.2.4 Kuisisioner Perbandingan Alternatif

Kuisisioner perbandingan subkriteria dengan alternatif akan menilai kelayakan tiap-tiap desa berdasarkan subkriteria yang ditetapkan. Berikut contoh kuisisioner hubungan keterkaitan antar subkriteria dengan alternatif pada **tabel 4.9**

Tabel 4. 9 Kuisisioner perbandingan subkriteria dengan alternatif

Ds. Gayam (Sepudi)	9	7	5	3	1	3	5	7	9	Ds. Karopo (Raas)
Ds. Gayam (Sepudi)	9	7	5	3	1	3	5	7	9	Ds. Pagerungan(Kan gean)
Ds. Gayam (Sepudi)	9	7	5	3	1	3	5	7	9	Ds. Poteran (Talango)
Ds. Karopo (Raas)	9	7	5	3	1	3	5	7	9	Ds. Pagerungan(Kan gean)
Ds. Karopo (Raas)	9	7	5	3	1	3	5	7	9	Ds. Poteran (Talango)
Ds. Pagerungan(Kan gean)	9	7	5	3	1	3	5	7	9	Ds. Poteran (Talango)

4.1.5 Pembuatan matriks perbandingan berpasangan

Hasil kuisisioner yang telah disebarluaskan ke responden, selanjutnya dijadikan matriks perbandingan berpasangan. Di bawah ini pada **Tabel 4.10** adalah contoh matriks perbandingan berpasangan.

Tabel 4. 10 Matriks perbandingan berpasangan

Water Front	SC-01	SC-02	SC-03	SC-04
SC-01	1	2	1	3
SC-02	0,5	1	5	0,25
SC-03	0,333	0,2	1	4
SC-04	3	4	0,25	1

Nilai yang terdapat pada tabel di atas bertujuan untuk mengetahui seberapa penting sub-kriteria *Sustainability for Access* (SC-01) terhadap *Water Dept* (SC-02). Nilai 0,5 pada **tabel 4.10** mempunyai arti bahwa sub-kriteria *Sustainability for Access* (SC-01) 0,5 kali lebih penting dari pada sub-kriteria *Water Dept* (SC-02). Sehingga sub-kriteria *Water Dept* (SC-02) 2 kali lebih penting dibandingkan dengan sub-kriteria *Sustainability for Access* (SC-01).

4.1.5.1 Matriks Pendapat Gabungan

Matriks pendapat gabungan merupakan matriks baru yang elemen-elemennya (g_{ij}) berasal dari rata-rata geometriks elemen matriks pendapat individu yang nilai rasio konsistensinya (CR) memenuhi syarat. Tujuan dari penyusunan matriks pendapat gabungan ini adalah untuk membentuk suatu matriks yang mewakili matriks-matriks pendapat individu yang ada. Berikut *pairwise comparison* yang ada berdasarkan rata-rata geometrik :

$$a_w = (a_1 \times a_2 \times \dots \times a_n)^{1/n}$$

keterangan :

a_i = penilaian responden ke-i

a_w = penilian gabungan

n = banyaknya responden

Hasil perhitungan matriks gabungan tersebut selanjutnya diinputkan pada *pairwise comparision super decision* seperti pada **gambar 4.7** berikut :

Comparisons wrt "Acces For Land & Distribution" node in "Alternatif" cluster			
Inconsistency	Karopo ~	Pagerungan~	Potera ~
Gayam ~	↑ 1.6666	↑ 2.2000	↑ 4.6000
Karopo ~	← 2.2	↑ 4.8000	
Pagerungan~		↑ 4	

Gambar 4.7 Pairwise comparision

4.1.6 Perhitungan vektor prioritas

Langkah selanjutnya adalah menghitung vektor prioritas untuk dapat mengetahui konsistensi logis dari kuisioner. Ada dua cara yang bisa dipakai untuk mengetahui konsistensi logis yaitu dengan mengikuti langkah-langkah yang akan dijabarkan di bawah ini atau dengan menggunakan software *super decision*. Jika menggunakan software *super decision* maka cukup dengan memasukkan nilai yang ada pada matriks perbandingan saja maka akan secara otomatis dapat mengetahui hasil dari konsistensi logis dari tiap kuisioner. Selain itu perhitungan vektor prioritas ini bertujuan untuk mendapatkan bobot dari tiap sub-kriteria yang akan digunakan pada perhitungan selanjutnya. Contoh perhitungan vektor prioritas adalah pada **tabel 4.11** berikut.

Tabel 4. 11 Matriks perbandingan berpasangan kriteria water front

Maatriks Perbandingan Berpasangan						
Water Front	SC-01	SC-02	SC-03	SC-04	m	Vp
SC-01	1	2	1	3	1,565	0,348
SC-02	0,5	1	5	0,25	0,889	0,198
SC-03	0,333	0,2	1	4	0,718	0,160
SC-04	3	4	0,25	1	1,316	0,293
Jumlah					4,488	1

$$m = \sqrt[4]{1 \times 2 \times 1 \times 3} = 1,565$$

$$Vp = \frac{mi}{\sum m}$$

$$Vp = \frac{1,565}{4,488} = 0,348$$

Nilai m yang dihitung adalah nilai rata-rata geometris yang didapat dengan mengalikan nilai-nilai yang ada pada matriks perbandingan berpasangan yang kemudian diakar pangkat sesuai dengan jumlah sub-kriteria. Hasil dari nilai m ini yang nantinya akan digunakan untuk perhitungan vektor prioritas. Sedangkan nilai Vp adalah nilai vektor prioritas yang didapat dari hasil pembagian nilai rata-rata geometris (m) untuk subkriteria tiap barisnya dengan total rata-rata geometris ($\sum m$).

4.1.7 Perhitungan konsistensi logis

Langkah selanjutnya yang dilakukan setelah mendapatkan vektor prioritas adalah melakukan perhitungan konsistensi logis atau uji konsistensi. Perhitungan ini bertujuan untuk mengetahui konsistensi dari jawaban kuisioner yang telah diisi oleh responden, yang akan berpengaruh terhadap kestabilan hasil. contoh perhitungan konsistensi logis adalah sebagai berikut :

a) Perhitungan nilai VA

$$\begin{bmatrix} 1 & 2 & 1 & 3 \\ 0,1 & 1 & 5 & 0,25 \\ 0,33 & 0,2 & 1 & 4 \\ 3 & 4 & 0,25 & 1 \end{bmatrix} x = \begin{bmatrix} 0,8846 \\ 0,0464 \\ 1,4868 \\ 2,169 \end{bmatrix}$$

Perhitungan VA adalah hasil perkalian matriks perbandingan dengan vektor prioritas

b) Perhitungan nilai VB

$$\begin{bmatrix} 0,348 \\ 0,198 \\ 0,160 \\ 0,293 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0,8846 \\ 0,0464 \\ 1,4868 \\ 2,169 \end{bmatrix} : \begin{bmatrix} 0,348 \\ 0,198 \\ 0,160 \\ 0,293 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 2,542 \\ 0,234 \\ 9,290 \\ 7,402 \end{bmatrix}$$

Perhitungan nilai VB merupakan nilai VA dibagi vektor prioritas. Total dari VB ($\sum VB$) inilah yang akan digunakan untuk menghitung nilai *eigen maksimum* (λ_{max}).

c) Perhitungan nilai *Eigen* maksimum (λ_{max})

$$(\lambda_{maxs}) = \frac{(\sum VB)}{n}$$

n = ukuran matriks

$$(\lambda_{maxs}) = \frac{\sum VB}{4} = \frac{19,469}{4} = 4,867$$

Perhitungan nilai *eigen* (λ_{max}) maksimum dilakukan dengan menjumlahkan VB ($\sum VB$) kemudian dibagi dengan ukuran matriks yang ada. Niai *eigen* maksimum ini nantinya yang akan digunakan untuk menghitung nilai indeks konsistensi (CI).

d) Perhitungan indeks konsistensi (CI)

$$CI = \frac{\lambda_{\max} - n}{n - 1}$$

$$CI = \frac{4,867 - 4}{4 - 1}$$

$$CI = \frac{0,867}{3}$$

$$CI = 0,289$$

Nilai indeks konsistensi ini digunakan untuk perhitungan nilai rasio konsistensi yang akan menentukan apakah matriks perbandingan berpasangan yang didapat dari hasil kuisioner memiliki hasil yang konsisten atau tidak.

e) Penentuan indeks konsistensi acak (RI)

Niali indeks konsistensi acak (RI)

Orde matriks	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
RI	0	0	0.58	0.9	1.12	1.24	1.32	1.41	1.45	1.49

Nilai RI = 0,9

f) Perhitungan rasio konsistensi (CR)

$$CR = CI/RI$$

$$CR = \frac{0,289}{0,9}$$

CR = 0,321 > dari 0,1 sehingga perlu ada peninjauan ulang terhadap kuisioner

4.1.8 Perhitungan Super Matriks dan limit matriks

Super matriks dihasilkan berdasarkan interaksi dan hubungan yang terdapat antar kriteria, antar subkriteria dan antara subkriteria dan alterntif lokasi. Hubungan dilihat dari adanya ketergantungan antar kriteria, subkriteria, maupun subkriteria dengan alterntif lokasi.

Untuk lebih memudahkan perhitungan maka penulis menggunakan software *super decision*, sehingga perhitungan bisa

lebih mudah dikerjakan. Hasil perhitungan *unweighted supermatriks*, *wighted supermatriks*, *limiting supermatriks* dengan menggunakan software *super decisions* seperti yang tercantum pada lampiran 1.

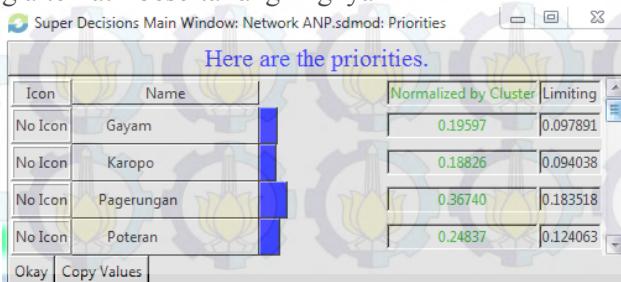
4.1.9 Penentuan Alternatif Rangking

Dari hasil *limiting supermatriks* akan didapatkan nilai limit dari masing-masing alternatif. Berdasarkan nilai limit di atas, maka kita bisa menentukan alternatif mana yang akan dipilih. Berikut ini pada **Tabel 4.12** adalah nilai limit dari masing-masing alternatif beserta rangkingnya.

Tabel 4. 12 Bobot alternatif dan ranking alternatif

Alternatif	nilai limit	Ranking
Ds. Pagerungan	0,3674	1
Ds. Poteran	0,24837	2
Ds. Gayam	0,19597	3
Ds. Karopo	0,18826	4

Sedangkan jika menggunakan software *super decisions*, maka hasilnya akan langsung di dapat setelah kita memasukkan nilai pada *pairwise comparasion* pada software *super decisions*. Berikut ini pada **Gambar 4.8** adalah nilai limit dari masing-masing alternatif beserta rangkingnya



Gambar 4. 8 Hasil pembobotan alternatif menggunakan software super decisions

Dari **gambar 4.8** dapat dilihat terdapat 4 lokasi yang menjadi alternatif pilihan, yaitu: Desa Gayam yang ada di Pulau Sepudi, Desa Karopo yang terletak di Pulau Raas, desa Pagerungan yang ada di Pulau Kangean, dan desa Poteran yang ada di Pulau Talango. Dari hasil pengolahan software *super decision* seperti yang ada pada gambar di atas, maka lokasi yang terpilih dengan bobot tertinggi adalah Desa Pagerungan dengan bobot 0.36740, ranking keduanya adalah Desa Poteran dengan bobot 0.12406, ranking ketiga adalah Desa Gayam dengan bobot 0.1959, dan rangking terakhir adalah Desa Karopo dengan bobot 0.18826.

4.2 Desain Rantai Pasok CNG

Komponen-komponen yang perlu diperhatikan dalam desain rantai pasok CNG adalah data ladang gas, mini CNG plant yang ada di pagerungan kepulauan Kangean, *receiving terminal* yang dalam hal ini ada 3 *receiving terminal* yaitu di Bali, NTB, dan NTT, serta kapal yang beroprasi. Pada tugas akhir ini menggunakan kapal CNG teknologi *Coselle* sebagai pengangkut dari terminal CNG Pagerungan menuju 3 lokasi yang menjadi tujuan *supply* gas.

4.2.1 Identifikasi Ladang Gas Alam, *Loading Terminal*, *Unloading Terminal*, dan Kapal

Pada penelitian ini ada 3 aspek yang perlu diperhatikan, antara lain *loading terminal* yang merupakan hasil pemilihan lokasi dengan metode ANP yaitu mini *CNG Plant* yang ada di Pagerungan; kemudian *unloading terminal* yang ada di Bali (Celukan Bawang), NTB (Mataram), dan NTT; dan yang terakhir adalah kapal pengangkut CNG yang dalam hal ini akan dipilih pada pembahasan berikutnya.

4.2.1.1 Identifikasi Ladang Gas Alam

Indonesia memiliki beberapa kilang gas yang tersebar di beberapa wilayah di Indonesia. Pada pembahasan kali ini akan diambil Blok Kangean yang akan dijadikan pemasok gas untuk

memenuhi kebutuhan pembangkit listrik yang ada di Bali, Nusa Tenggara Barat, dan Nusa Tenggara Timur. Untuk identifikasi kilang gas Pagerungan, ada beberapa hal yang perlu diketahui antara lain :

1. posisi dan lokasi kilang gas
2. kapasitas produksi harian kilang gas
3. harga gas pada ladang gas

Tabel 4. 13 Identifikasi gas well

no	sumber gas dan pengelola	lokasi	produksi harian (MMSCFD)	harga gas well
1	Terang-Sirasun	kangean	300	6,5
2	Pagerungan	kangean	80	4,5
3	Santos Maleo-EJGP	kangean	150	4,5

Pada penelitian ini gas yang akan menjadi suplaier pada pembangkit listrik di Bali, NTT, dan NTB adalah gas yang dikelola oleh Pagerungan dengan kapasitas produksinya sebesar 80 MMSCFD dan gas yang dikelola oleh Terang-Sirasun sebesar 300 MMSCFD.

Dari **gambar 4.9** di bawah ini dapat dilihat bahwa Blok Kangean terdapat beberapa sumur gas yang telah dieksplorasi.



Gambar 4. 9 Area Blok Kangean
Sumber : Kangean-Energy.com

4.2.1.2 Identifikasi Loading terminal

Dari hasil pemilihan pada analisa data sebelumnya, didapatkan bahwa lokasi mini *CNG plant* beserta *loading terminal* berada di Ds. Pagerungan Kepulauan Kangean, seperti yang terlihat pada **tabel 4.14** berikut ini.

Tabel 4. 14 Identifikasi lokasi loading terminal

No	Jenis	lokasi	kecamatan	kabupaten
1	Mini CNG plant	Kepulauan Kangean	Sapeken	Sumenep

4.2.1.3 Identifikasi Recieving terminal

Pada penelitian ini, ada beberapa *receiving terminal* yang akan dijadikan tujuan distribusi CNG, yaitu pembangkit listrik di NTT, pembangkit listrik di NTB, dan pembangkit listrik di Bali.

Ada beberapa hal yang perlu diketahui dari masing-masing *receiving terminal* di atas, diantaranya :

1. lokasi pembangkit
2. daya yang diperlukan
3. jarak masing-masing *receiving terminal* terhadap sumber gas

Tabel 4. 15 Identifikasi lokasi receiving terminal

No	Lokasi	Daya harian (MW)	jarak dari kilang gas (nm)
1	Bali	372	123,11
2	Mataram	142	94,49
3	NTT	58	109,6

Pada **Tabel 4.15** di atas, ada 3 daerah yang akan dijadikan *demand*, yaitu Bali dengan kebutuhan daya listrik sebesar 372 MW, Nusa Tenggara Barat dengan kebutuhan daya listrik 142

MW, dan Nusa Tengara Timur dengan kebutuhan daya sebesar 58 MW.

4.2.1.4 Identifikasi kapal CNG

Pada tugas akhir ini kapal yang akan dipilih adalah kapal CNG dengan teknologi Coselle. Teknologi Coselle dipilih karena teknologi ini adalah salah satu teknologi *marine CNG* yang sudah mendapatkan sertifikasi dari ABS dan DNV, sehingga teknologi tersebut layak digunakan.

Tabel 4.16 Tipe kapal CNG Coselle

Ship	C16	C20	C25	C30	C36	C42	C84	C112	C128
Capacity (MMscf)	65	80	100	120	145	170	350	465	331
Capacity (Mscm)	1,8	2,3	2,8	3,4	4,1	4,8	9,9	13,2	15
Coselles	16	20	25	30	36	42	84	112	128
Length OA (m)	136,5	136,5	155,6	158	179	201	233,5	257	278
Breadth (m)	23,5	23,5	23,5	28	28,5	29	46	46	48
Load Draft (m)	7,25	8	8	8	8,15	8,35	8,7	10,5	10,5

Pada tabel 4.16 di atas menunjukkan tipe kapal teknologi coselle beserta dengan dimensinya. Yang akan dipilih untuk penelitian ini adalah kapal CNG Coselle C16 dengan kapasitas 65 mm scfd, kapal CNG Coselle C20 dengan kapasitas 80 mm scfd, kapal CNG Coselle C25 dengan kapasitas 100 mm scfd, dan kapal CNG Coselle C30 dengan kapasitas 120 mm scfd.

4.2.2 Penentuan model optimasi

Untuk memudahkan dalam penentuan formula optimasi, hal yang perlu dilakukan adalah pemetaan terhadap aspek-aspek yang berpengaruh dalam proses optimasi penjadwalan *trip* kapal serta biaya minimum dari kapal yang terpilih dalam optimasi yang dilakukan. Dalam kajian penelitian ini tujuan utamanya adalah

menentukan kebutuhan kapal dalam setiap *trip* nya dan kapasitasnya.

Tabel 4. 17 Variabel tutunan dari variabel utama

Variabel utama	Data identifikasi	Variabel turunan	Hasil
Kilang Gas dan terminal pengirim	kapasitas produksi harian CNG	Jarak kilang gas dengan terminal penerima	OPTIMASI (Fungsi Tujuan minimum "total investment + annual Operation" cost)
Terminal Penerima	jumlah tangki pada <i>loading Arm</i>	<i>Voyage Data</i>	
	Daya harian pembangkit di Bali, NTB, dan NTT		Kapal terpilih, <i>Round Trip per year</i>
Kapal	Tipe Kapal (Kapasitas muat tanki)	<i>Port Charge</i>	Investasi Rantai Suplai CNG
	Kecepatan kapal		
	Waktu Bongkar Muat	<i>Economic Data</i>	
Harga Kapal Main Engine Power			Harga jual CNG

Lanjutan Tabel 4.17

Variabel utama	Data identifikasi	Variabel turunan	Hasil
	Data oprasional kapal(Konsumsi MFO dan MDO)	<i>Constraint</i>	

Dari bagan yang telah dibuat tersebut nantinya akan dianalisa sekaligus ditentukan aspek apa saja yang mempengaruhi timbulnya total biaya oprasi pelayaran. Berikut akan dijelaskan lebih terperinci mengenai masing-masing variabel berupa tata nama simbol matematis dan perumusan masing-masing varibel.

4.2.2.1 Tata nama matematis

Pada perhitungan dari masing-masing variabel, akan menggunakan beberapa simbol matematis yang akan dijelaskan terlebih dahulu sebagai berikut.

- C_{ij} = charter kapal dari suplai i ke terminal j
- D_{eff} = ship effective day
- S_{ij} = jarak dari i ke terminal j
- V_k = kecepatan kapal k saat membawa muatan
- CS_{ijk} = cargo ship capacity yang dibawa dari i ke j oleh kapal k
- L_k = loading & unloading kapal k
- RTD_{ijk} = akumulasi waktu round trip kapal k dalam setahun dari i ke j
- RTY_{ijk} = akumulasi waktu round trip kapal k dalam setahun dari i ke j
- V_{ijk} = trip yang dilakukan kapal k untuk memenuhi demand selama 1 tahun dari i ke j
- Dm_j = kebutuhan di terminal j
- SS_j = safety stock di terminal j

P_{port}	= Charge port
N_{MFO}	= konsumsi MFO kapal
N_{MDO}	= konsumsi MDO kapal
P_{MFO}	= harga HFO
P_{MDO}	= harga MDO
M_j	= kapasitas maksimal tangki terminal j

4.2.2.2 Jarak terminal CNG dengan daerah konsumen

Penentuan jarak dari terminal CNG plant yang akan dibangun menuju masing-masing terminal penerima erat kaitannya dengan penentuan *trip* suatu kapal. *Round Trip Day* (RTD) merupakan waktu yang diperlukan oleh kapal untuk melakukan satu kali perjalanan dari terminal CNG menuju ke masing-masing terminal penerima. Dalam penelitian ini *loading terminal* CNG terletak di Desa Pagerungan Kepulauan Kangean dan *receiving terminal* pada Pesanggaran (Bali), Mataram (NTB), dan NTT.

Pada **tabel 4.18**, **tabel 4.19**, dan **tabel 4.20** berikut akan dijelaskan mengenai kombinasi jarak berdasarkan pemodelan distribusi CNG dari terminal CNG Kangean menuju terminal penerima di Bali, NTB, dan NTT.

Tabel 4. 18 Kombinasi jarak transportasi kapal pada model 1

Model 1		
No	Kombinasi Jarak	Jarak (Nm)
1	Pagerungan -Bali	123,11
2	Pagerungan -NTB	94,49
3	Pagerungan -NTT	109,6

Tabel 4. 19 Kombinasi jarak transportasi kapal pada model 2

Model 2		
No	Kombinasi Jarak	Jarak (Nm)
1	Pagerungan -Bali	123,11

Lanjutan Tabel 4.19

Model 2		
No	Kombinasi Jarak	Jarak (Nm)
2	Bali-NTB	51,8
3	NTB-NTT	65,87

Tabel 4. 20 Kombinasi jarak transportasi kapal pada model 3

Model 3		
No	Kombinasi Jarak	Jarak(Nm)
1	Pagerungan -Bali	123,11
2	Pagerungan -NTB	94,49
3	NTB-NTT	65,87

4.2.2.3 Voyage Data

Voyage data atau yang disebut juga dengan *Round Trip Day* (RTD) adalah waktu yang diperlukan oleh suatu kapal untuk melakukan satu kali perjalanan. Dalam penelitian ini perjalannya dari *loading terminal* CNG di Kangean menuju ke tiga *receiving terminal* yaitu, Celukan Bawang (Bali), Mataram (NTB), dan NTT.

Dalam perhitungan RTD ada beberapa aspek yang perlu diperhatikan, yaitu *time at sea per round trip*, dan *loading unloading time*. Sehingga bila dimasukkan ke dalam model matematis menjadi

$$RTD_{ijk} = seatime_{ijk} + port\ time_{ijk}$$

Seatime yang dimaksud adalah waktu yang diperlukan untuk menempuh jarak S_{ij} dengan kecepatan V_k . Berikut penjelasan dalam pemodelan matematis

$$Seatime_{ijk} = \frac{S_{ij}}{V_k}$$

Sedangkan *port time* yang dimaksud adalah waktu yang diperlukan untuk melakukan bongkar muat *storage tank* CNG pada *loading terminal* dan *receiving terminal*. Aspek yang mempengaruhi dalam perhitungan bongkar muat adalah kapasitas *storage tank* yang dibawa oleh kapal CNG sebesar CS_{ijk} dan waktu bongkar muat *storage tank* sebesar L_k . Berikut penjelasan matematis dari *port time*.

$$\text{Port time}_{ijk} = 2 * \left[\frac{CS_{ijk}}{L_k} \right]$$

4.2.2.4 Harga Bunker

Sebelum menentukan harga bunker atau bahan bakar pada kapal, hal yang sangat berpengaruh adalah daya mesin yang digunakan dan *spesifik fuel oil consumtion* (SFOC) yang biasanya disertakan dalam katalog spesifikasi *engine*.

Setelah mengetahui daya mesin yang digunakan beserta SFOC, langkah selanjutnya adalah menghitung harga total bahan bakar yang dalam hal ini terdapat 2 jenis bahan bakar yang digunakan yaitu *Heavy Fuel Oil* (*HFO*) dan *Marine Diesel Oil* (*MDO*). Untuk lebih jelasnya akan dijelaskan melalui model matematis berikut.

$$\text{Bunkering cost } MFO_{ijk} = N_{MFOijk} * RTY_{ijk} * P_{MFO}$$

$$\text{Bunkering cost } MDO_{ijk} = N_{MDOijk} * RTY_{ijk} * P_{MDO}$$

Dalam hal ini *bunkering cost* yang dimaksud adalah harga total bahan bakar yang digunakan pada satu kapal untuk waktu trip selama satu tahun. P_{MFO} dan P_{MDO} harganya telah ditetapkan oleh pertamina.

Tabel 4. 21 Harga Bahan bakar per metric ton

HARGA BUNKER (per MT)	Mata Uang	MFO	MDO
Bendera Indonesia	IDR Rp	5,613,464	7,196,262
	US \$	623.72	904
Bendera Asing	IDR Rp	5,528,7087	7,087,950
	US \$	614.33	904

4.2.2.5 *constraint*

Constraint adalah batasan masalah untuk mendapatkan nilai yang maksimal. *Constraint* dibuat dengan tujuan agar kombinasi kapal yang terpilih nantinya akan *feasible* atau layak digunakan dalam pemodelan ini. Dalam penelitian ini terdapat *constraint* yang perlu ditambahkan dalam perhitungan, diantaranya adalah

1. Kapasitas muatan yang diangkut \geq kapasitas *demand*. Jumlah akumulasi muatan yang diangkut dalam satu tahun harus lebih besar dibandingkan dengan kebutuhan pembangkit listrik. Hal ini dilakukan untuk menghindari kekosongan persediaan gas untuk kebutuhan pembangkit dalam beberapa waktu. Hal ini erat kaitannya dengan *Daily of take* dari *loading terminal* serta waktu *trip* kapal untuk mencapai terminal penerima (*round trip day*).
2. Total *Round Trip* \leq waktu total oprasi kapal dalam satu tahun.

Total *Round Trip* yang dimaksud adalah jumlah akumulasi waktu yang diperlukan suatu kapal untuk mendistribusikan gas dalam 1 tahun. Kapal yang memiliki waktu total *Round Trip* melebihi dari total waktu oprasi kapal tidak akan terpilih. Waktu total oprasi kapal disini tidak termasuk *maintenance day* dan *docking day*.

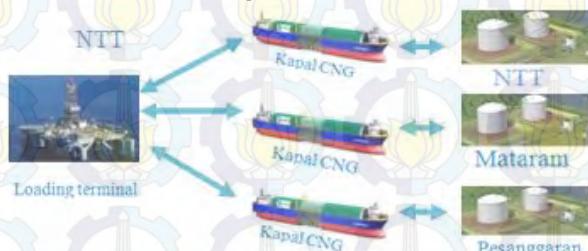
4.2.3 Pemodelan Alur Distribusi

Pada tahap ini akan dilakukan pemodelan untuk mengetahui bagaimana alur distribusi CNG dari *loading terminal* hingga *receiving terminal*. Pada penelitian ini akan menggunakan tiga model dengan alur distribusi yang berbeda. Dengan menggunakan tiga model yang berbeda, nantinya akan didapatkan *cost function* yang berbeda untuk tiap modelnya.

Pemodelan alur distribusi ini dibagi menjadi dua, yaitu pemodelan gambar alur dan pemodelan matematis. Untuk lebih jelasnya mengenai model gambar alur dan model matematis, akan dijelaskan sebagai berikut.

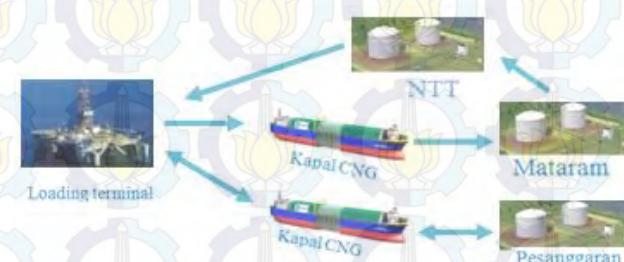
4.2.3.1 Pemodelan Gambar alur

Penggunaan gambar alur akan memudahkan kita memahami dengan jelas bagaimana alur distribusi CNG dari terminal pengirim Pagerungan menuju ketiga *receiving terminal* yaitu Pesanggaran (Bali), Mataram (NTB), dan NTT. Seperti dijelaskan sebelumnya bahwa penelitian ini menggunakan tiga model distribusi yang berbeda. Untuk lebih jelasnya akan dijelaskan ketiga model tersebut sebagai berikut.



Gambar 4. 10 Model 1 Alur distribusi CNG

Pada **gambar 4.10** dapat dijelaskan untuk model 1 akan menggunakan 3 unit kapal CNG untuk melayani 3 *receiving terminal* yang ada di Bali, NTT, dan NTB. Dengan kata lain bahwa 1 kapal CNG akan melayani masing-masing 1 *receiving terminal* yaitu Celukan Bawang (Bali), Mataram (NTB), dan NTT.



Gambar 4. 11 Model 2 gambar alur distribusi CNG

Pada **gambar 4.11** diatas menggunakan 2 kapal CNG yang akan melayani 3 *receiving terminal* yang ada di Celukan Bawang

(Bali) , Mataram (NTB), dan NTT. Dengan kata lain 1 kapal CNG akan melayani 1 *receiving terminal* yaitu Celukan Bawang (Bali) , dan 1 kapal CNG lagi akan melayani 2 *receiving terminal* yaitu Mataram (NTB) dan NTT.



Gambar 4. 12 Model 3 gambar alur distribusi CNG

Pada **Gambar 4.12** menggunakan 1 kapal CNG yang akan melayani 3 *receiving terminal* yang ada di Celukan Bawang (Bali), Mataram (NTB), dan Nusa Tenggara Timur.

Tiga model alur distribusi di atas merupakan gambaran bagaimana CNG akan didistribusikan dari *loading terminal* Pagerungan menuju masing-masing pembangkit listrik yang akan disuplai gas, yaitu Celukan Bawang, Mataram, dan NTT. Langkah berikutnya adalah membuat pemodelan matematis yang nantinya akan digunakan untuk melakukan perhitungan optimasi. Dalam perhitungan ini nantinya akan terpilih 1 dari tiga kombinasi kapal untuk setiap modelnya bersdasarkan *cost function*. *Cost function* ini didapat berdasarkan *fixed cost* dan *variable cost* untuk masing-masing kombinasi kapal yang tersedia.

4.2.3.2 Pemodelan matematis

Seperti yang dijelaskan sebelumnya, model matematis digunakan dalam perhitungan optimasi berdasarkan model gambar alur yang telah dibuat sebelumnya. Dalam model matematis ada beberapa aspek yang diperlukan dalam perhitungan optimasi ketiga model di atas. Berikut akan

dijelaskan mengenai pemodelan matematis yang akan digunakan dalam perhitungan optimasi.

$$\begin{aligned} \text{Total freight cost} = & (\text{Charter cost per year}) \\ & + (2 * \text{Port Charge}) \\ & + \text{Bunker Consumption Cost} \\ & + \text{Crew cost} + \text{Insurance cost} \end{aligned}$$

- 1. Charter cost per year = ship operating day*Charter Cost**

➤ Charter cost per year = $D_{eff} * C_{ijk}$(1)

- $$2. \text{Port Charge} = 2 * \text{Port cost } ij * \text{Cargo Ship capacity}_{ijk} \\ * \text{Voyage}_{ijk}$$

$$\triangleright \text{Port Charge} = 2 * (P_{port} * CS_{ijk} * V_{ijk}) \dots \dots \dots (2)$$

3. *Bunker consumption cost = bunker consumption * Round trip per year * bunker cost*

$$RTDijk = Sea\ time_{ijk} + port\ time_{ijk} + Slack_{ijk}$$

$$- Sea\ time_{ijk} = \frac{Sij}{V_k}$$

$$- Port\ time_{ijk} = \left[2 * \frac{CS_{ijk}}{L_k} \right] + Slack\ time\ ijk$$

$$\triangleright \quad RTY_{ijk} = Voyage_{ijk} * RTD_{ijk}$$

$$V_{ijk} = \frac{Dmj}{CSijk - SSj}$$

➤ Bunkering MFO_{ijk} = N_{MFO_{ijk}}*RTY_{ijk}* PMFO

➤ Bunkering MDO_{ijk} = NMDO_{ijk}*RTY_{ijk}*P_{MDO}

- $$4. \text{ Insurance Cost} = \text{Cargo ship capacity}_{ijk} * \text{Ins. Cost}_{ij} * \text{RTY}_{ijk}$$

➤ Insurance cost = $CS_{ijk} * Pins_{ii} * RTY_{ijk}$

Fungsi di atas digunakan untuk mencari total biaya yang terjadi dalam satu kali pengapalan yang nantinya diperlukan untuk

menghitung total *cost* untuk model yang telah dibuat sebelumnya. Sedangkan untuk mencari biaya minimum adalah melalui kombinasi yang terjadi dengan memilih hasil pengapalan yang mempunyai nilai terkecil.

$$\text{jumlah kombinasi} = \sum_{i=1}^{N_i} \sum_{j=1}^{N_j} [X_{ij}]$$

Dari model matematis yang telah disusun di atas, lalu ditulis dalam bentuk linear yang nantinya akan ditentukan fungsi tujuan (*objective function*) dan batasan masalahnya (*constraint*). Berikut adalah bentuk algoritma dari total *freight cost* *total freight cost*

$$\begin{aligned} &= [C_{ij} * D_{eff}] + 2 * \left[P_{port} * C_{sijk} \left[\frac{D_{mj}}{C_{sijk} - ss_j} \right] \right] + \\ &\quad \left[\left[\left[\frac{S_{ij}}{V_k} \right] + 2 * \frac{C_{sijk}}{L_k} \right] * \left[\frac{D_{mj}}{C_{sijk} - SS_j} \right] \right] [[NMFO_{ijk} * PMFO] + \\ &\quad [NMDO_{ijk} * PMDO]] + [C_{sijk} * P_{insijk} * RTY_{ijk}] \end{aligned}$$

4.2.4. Analisa pola distribusi dan optimasi

Pada penelitian kali ini akan dibuat tiga model distribusi dari Terminal gas di Pagerungan menuju ketiga tempat yang akan disuplai yaitu Celukan Bawang di Bali, Nusa Tenggara Barat, dan Nusa Tenggara Timur yang memiliki rute distribusi yang berbeda dengan menggunakan kapal CNG. Sebagai bahan pertimbangan akan digunakan 4 tipe kapal CNG Coselle dengan berbagai dimensi kapal , kecepatan, lama bongkar muat, dan konsumsi bahan bakar. Hal ini akan mempengaruhi optimasi yang paling optimum dikarenakan perbedaan variabel yang dimiliki masing-masing kapal.

Pada optimasi yang pertama kita akan melakukan analisa distribusi CNG dari terminal CNG di Pegerungan menuju ketiga tempat yang akan disuplai dengan gas dengan menggunakan tiga kapal yang berbeda yang artinya 1 kapal akan beroperasi melayani satu daerah tujuan. Dalam perhitungan ini menggunakan empat

kombinasi kapal yang nantinya akan terpilih satu kapal yang mempunyai nilai *cost function* berupa biaya tetap dan biaya variabel yang paling minimum.

Pada optimasi model yang kedua akan dilakukan analisa distribusi CNG dari mini CNG Plant di Pagerungan dengan menggunakan dua kapal, dimana satu kapal akan melayani distribusi CNG ke Bali dan 1 kapal lagi akan melayani dua daerah sekaligus yakni NTB dan NTT.

Pada model yang ketiga akan menggunakan satu kapal yang akan mendistribusikan CNG dari terminal CNG di Pagerungan menuju *receiveing terminal* di Celukan Bawang (Bali). Selanjutnya gas akan di distribusikan menuju ke *receiving terminal* yang ada di NTB, dan yang terakhir akan CNG akan didistribusikan menuju ke *receiving terminal* yang ada di NTT.

4.2.5. Optimasi penugasan dan penjadwalan model 1

Hasil optimasi penugasan dan penjadwalan untuk model 1 adalah untuk memenuhi permintaan gas pada ketiga *receiving terminal* yang ada di Celukan Bawang (Bali), di Nusa Tenggara Barat, dan di Nusa Tenggara Timur. Seperti yang jelaskan sebelumnya, kapal yang akan digunakan untuk mengangkut gas adalah kapal CNG dengan teknologi Coselle. Pada perhitungan ini menggunakan dua kombinasi kapal dan tiga rute *demand* yang nantinya akan didapatkan 1 unit kapal yang akan melayani satu *demand* berdasarkan *cost function*.

4.2.5.1 Menentukan model optimasi

Sebelum melakukan perhitungan optimasi, ada beberapa data yang menjadi acuan untuk melakukan perhitungan optimasi, beberapa diantaranya adalah:

❖ *Production terminal*

- Pagerungan

❖ *Receiving terminal*

- Celukan Bawang (Bali)
- Nusa Tenggara Barat
- Nusa Tenggara Timur

❖ Kapal CNG

- Coselle 16
- Coselle 20
- Coselle 25
- Coselle 30

Dengan memasukkan data berdasarkan jenis kapal, *charter cost*, konsumsi bahan bakar, kombinasi jarak rute kapal, harga jenis bunker serta biaya *port charge*, maka dapat dihitung besarnya biaya tetap(*fixed cost*) dan *variable cost* untuk setiap kapal. Berikut akan dijelaskan langkah-langkah untuk menyelesaikan tiap tahap untuk beberapa kapal yang tersedia

Round Trip per Year

❖ $RTD_{ijk} = \text{sea time}_{ijk} + \text{port time}_{ijk} + \text{slack time}_{ijk}$

- Sea time_{ijk} = $\frac{Sij}{V_k}$

- Port time_{ijk} = $\left[2 * \frac{CS_{ijk}}{Lk} \right] + \text{Slack time}_{ijk}$

❖ $RTY_{ijk} = Voyage_{ijk} * RTD_{ijk}$

$$V_{ijk} = \frac{Dmj}{C_{ijk} - SS_j}$$

Tabel 4. 22 Round Trip per Year model I

Equation				
Time Per Year				
Coselle C16	Bali	NTB	NTT	Unit
Operating day per year	325	325	325	days
Time at sea per round trip	18,94	14,54	16,86	hours
Total time taken for one round trip	30,94	26,54	28,86	hours
Coselle C20	Bali	NTB	NTT	Unit
Operating day per year	325	325	325	days
Time at sea per round trip	18,94	14,54	16,86	hours
Total time taken for one round trip	30,94	26,54	28,86	hours
Coselle C25	Bali	NTB	NTT	Unit
Operating day per year	325	325	325	days
Time at sea per round trip	17,59	13,50	15,66	hours
Total time taken for one round trip	29,59	25,50	27,66	hours
Coselle C30	Bali	NTB	NTT	Unit
Operating day per year	325	325	325	days
Time at sea per round trip	17,59	13,50	15,66	hours

Lanjutan Tabel 4.22

Equation				
Time Per Year				
Coselle C30	Bali	NTB	NTT	Unit
Total time taken for one round trip	29,59	25,50	27,66	hours

Pada tabel di atas terlihat bahwa terdapat perbedaan nilai total *round trip* untuk masing-masing kapal. Hal ini disebabkan oleh beberapa faktor antara lain, kecepatan kapal, jarak tempuh, waktu bongkar muat kapal yang berbeda antara satu dengan yang lainnya serta *safety stock* dari tiap-tiap *storage tank* dari masing-masing *receiving terminal*. Terlihat pada tabel di atas, untuk kapal jenis Coselle 30 memiliki total *round trip* yang paling minimum untuk melayani *demand* CNG yang di Celukan Bawang (Bali), Nusa Tenggara Barat, dan Nusa Tenggara Timur. Hal ini disebabkan kapasitas ruang muat *storage tank* pada kapal ini paling besar bila dibandingkan dengan yang lain. Pada perhitungan ini diasumsikan besarnya tangki storage pada masing-masing *demand* sama dengan kapasitas muat CNG pada kapal ditambah *safety stock* agar mencegah terjadinya waktu tunggu bila persediaan CNG pada terminal penerima mulai menipis. Namun data ini masih belum bisa menunjukkan bahwa kapal jenis ini yang akan memberikan nilai *cost function* paling rendah. Ada beberapa faktor yang mempengaruhi pada *operating cost* antara lain

- Biaya konsumsi bahan bakar (MFO dan MDO)
- Biaya sewa kapal (*charter cost*)
- Biaya pelabuhan (*port charge*)
- Biaya asuransi (*insurance cost*)

4.2.5.2 Batasan dan Luaran Model 1

Batasan masalah dibuat bertujuan agar kapal yang dipilih nantinya *feasible* atau layak digunakan dalam pemodelan ini. Adapun batasan yang dibuat pada model 1 adalah mengenai

besaran muatan yang akan diangkut oleh kapal, dan total waktu yang ditempuh oleh kapal dalam satu tahun. Dari batasan masalah ini nantinya akan terpilih satu jenis kapal pembanding yang *feasible* untuk melayani permintaan gas di Celukan Bawang (Bali), Nusat Tenggara Barat, dan Nusa Tenggara Timur. Berikut adalah batasan serta luaran dari model 1.

Tabel 4. 23 Constrain model 1

Constraint				
SHIP CARRYING	Min Value	g(x)	max value	unit
Ship Carrying Capacity Bali	384451, 37	385300, 80	768902, 74	Ton/ year
Ship Carrying Capacity NTB	146752, 94	148650, 00	293505, 89	Ton/ year
Ship Carrying Capacity NTT	59941,3 4	61838,4 0	119882, 69	Ton/ year
Operating day	Min Value	g(x)	max value	unit
Ship Round Trip Day To Bali	0	4.793,12	7.800,00	hour
Ship Round Trip Day To NTB	0	1.912,39	7.800,00	hour
Ship Round Trip Day To NTT	0	719,09	7.800,00	hour

Setelah batasan tersebut dibuat, maka selanjutnya adalah melakukan perhitungan pemilihan jenis kapal yang akan melayani *demand* yang telah ditentukan dengan menggunakan *excel solver*. Dari sini akan terpilih kapal mana yang *feasible* untuk tiap rute yang kemudian dapatkan biaya transportasi pendistribusian

CNG dari Pagerungan menuju ketiga *demand* yang telah ditentukan.



Gambar 4. 13 exel solver model I

Dari perhitungan *excel solver* didapatkan hasil 1 jenis kapal yang *feasible* untuk rute Pagerungan ke masing-masing *demand* yaitu *receiving terminal* di Celukan Bawang, *receiving terminal* di Nusa Tenggara Barat, dan *receiving terminal* di Nusa Tenggara Timur.

Tabel 4. 24 Output Model I

Output				
Bali	Min Value	g(x)	max value	unit
Coselle C16	0	0	100	unit
Coselle C20	0	0	100	unit
Coselle C25	0	0	100	unit
Coselle C30	0	1	100	unit

Lanjutan Tabel 4.24

NTB	Min Value	$g(x)$	max value	unit
Coselle C16	0	0	100	unit
Coselle C20	0	0	100	unit
Coselle C25	0	1	100	unit
Coselle C30	0	0	100	unit
NTT	Min Value	$g(x)$	1	unit
Coselle C16	0	0	100	unit
Coselle C20	0	0	100	unit
Coselle C25	0	0	100	unit
Coselle C30	0	1	100	unit
Round Trip				
Bali	Min Value	$g(x)$	max value	unit
Coselle C16	0	0	1000	Times/year
Coselle C20	0	0	1000	Times/year
Coselle C25	0	0	1000	Times/year
Coselle C30	0	162	1000	Times/year
NTB	Min Value	$g(x)$	max value	unit
Coselle C16	0	0	1000	Times/year
Coselle C20	0	0	1000	Times/year
Coselle C25	0	75	1000	Times/year
Coselle C30	0	0	1000	Times/year

Lanjutan tabel 4.24

NTT	Min Value	g(x)	max value	unit
Coselle C16	0	0	1000	Times/year
Coselle C20	0	0	1000	Times/year
Coselle C25	0	0	1000	Times/year
Coselle C30	0	26	1000	Times/year

Tabel 4. 25 Tabel Objective function

Objective Function	
Total Investasi + Annual Operation	\$ 293.804.184,44

Dari data tersebut dapat diketahui bahwa kapal yang paling feasible digunakan untuk distribusi gas dari Pagerungan menuju ketiga *demand* yang telah ditentukan adalah kapal Coselle C30 dan Coselle 25 dengan uraian sebagai berikut:

- Untuk memenuhi kebutuhan gas di Celukan Bawang (Bali) dibutuhkan kapal CNG Coselle C30 dengan kapasitas 2378,4 ton. Untuk mengangkut CNG dari terminal CNG Pagerungan menuju Celukan Bawang dengan jarak tempuh 123,11 Nm dengan kecepatan kapal 14 knot serta waktu bongkar muat 6 jam, maka untuk 1 kali trip dibutuhkan 29,59 jam. Sehingga total kebutuhan CNG di Celukan Bawang dalam 1 tahun sebesar 384451,37 TPY dapat dipenuhi oleh 1 kapal jenis Coselle C30 dengan akumulasi perjalanan selama 1 tahun sebanyak 162 Trip atau 4793,12 jam. Muatan yang dibawa selama 1 tahun proses distribusi oleh kapal CNG Coselle C30 adalah sebanyak 385800,80 TPY.
- Untuk memenuhi kebutuhan gas di Nusa Tenggara Barat dibutuhkan 1 unit kapal CNG tipe Coselle C25 dengan kapasitas 1982 ton . untuk mengangkut CNG dari

terminal Pagerungan menuju ke Nusa Tenggara Barat dengan jarak tempuh sejauh 94,49 Nm dengan kecepatan kapal 14 knot serta waktu bongkar muat 12 jam, maka untuk 1 kali *round trip* dibutuhkan 25,50 jam. Dengan demikian total jumlah kebutuhan CNG Nusa Tenggara barat dalam 1 tahun sebesar 146752,94 TPY dapat dipenuhi oleh 1 unit kapal CNG Coselle C25 dengan perjalanan selama 1 tahun sebanyak 75 kali trip atau 1912,39 jam. Muatan yang dibawa selama 1 tahun oleh kapal Coselle C25 adalah sebanyak 148,650 TPY.

3. Untuk memenuhi kebutuhan gas di Nusa Tenggara Timur dibutuhkan 1 unit kapal CNG tipe Coselle C25 dengan kapasitas 1982 ton. Untuk mengangkut CNG dari terminal Pagerungan menuju ke Nusa Tenggara Timur dengan jarak tempuh sejauh 109,6 Nm dengan kecepatan kapal 14 knot serta waktu bongkar muat 12 jam, maka untuk 1 kali *round trip* dibutuhkan 27,66 jam. Dengan demikian total jumlah kebutuhan CNG Nusa Tenggara barat dalam 1 tahun sebesar 146752,94 TPY dapat dipenuhi oleh 1 unit kapal CNG Coselle C25 dengan perjalanan selama 1 tahun sebanyak 26 kali trip atau 719,09 jam. Muatan yang dibawa selama 1 tahun oleh kapal Coselle C25 adalah sebanyak 61,838 TPY.

Dengan distribusi CNG menggunakan model ini, akan menghasilkan biaya transportasi minimum yang akan dijelaskan sebagai berikut

Tabel 4. 26 Biaya Pengiriman CNG Per tahun

no	jenis kapal	total operating cost	fixed cost	total ship cost
	Coselle C30 (Bali)	50.477.876,46	79.227.997,67	129.705.874,14
	Coselle C30 (NTB)	17.427.957,16	66.087.997,67	83.515.954,83

Lanjutan Tabel 4.26

no	jenis kapal	total operating cost	fixed cost	total ship cost
	Coselle C30 (NTT)	7.924.357,80	72.657.997,67	80.582.355,47
				293.804.184,44

Pada tabel di atas dapat dilihat *total operating cost* dan *fixed cost*. *Fixed cost* adalah biaya tetap yang tidak tergantung dengan biaya oprasional kapal, biaya ini terdiri dari biaya kepemilikan kapal. Sedangkan *total operating cost* adalah biaya penggunaan HFO dan MDO, biaya pelabuhan, dan biaya asuransi.

Pada penelitian ini menggunakan kapal CNG dengan teknologi Coselle yang digunakan untuk mengangkut CNG selama pendistribusian dari Pagerungan menuju ke Bali, Nusa Tenggara Barat, dan Nusa Tenggara Timur.

4.2.6. Optimasi penugasan dan penjadwalan model 2

Hasil penugasan dan penjadwalan pada model 2 adalah untuk memenuhi permintaan pada 3 *receiving terminal* yaitu yang ada di Bali, Nusa Tenggara Barat, dan Nusa Tenggara Timur. Sedangkan gas yang akan disuplai oleh terminal CNG yang ada di Pagerungan dengan kapasitas sebesar 100 MMSCFD. Pada model ini perhitungannya akan berbeda dengan model sebelumnya namun secara konsep masih ada kesamaan. Pada model 2 akan digunakan empat kapal yang berbeda untuk melayani ditribusi CNG dari Pagerungan ke masing-masing terminal gas yang akan disuplai. Kapal yang pertama akan melayani distribusi gas ke Celukan Bawang (Bali) sedangkan kapal yang kedua akan melayani dua *receiving terminal* skaligus yaitu *receiving terminal* yang ada di Nusa Tenggara Barat dan Nusa Tenggara Timur. Tidak jauh berbeda dengan perhitungan pada model yang pertama, pada perhitungan ini menggunakan

empat kombinasi kapal CNG dan tiga rute kapal yang nantinya akan didapatkan satu unit kapal yang akan melayani *demand* yang dituju.

4.2.6.1 Menentukan Model Optimasi

Sebelum melakukan perhitungan optimasi, ada beberapa data yang menjadi acuan untuk melakukan perhitungan optimasi yaitu:

- ❖ *Production Terminal*
 - Pagerungan
- ❖ *Receiving Terminal*
 - Celukan Bawang (Bali)
 - Nusa Tenggara Barat
 - Nusa Tenggara Timur
- ❖ Kapal CNG
 - Coselle 16
 - Coselle 20
 - Coselle 25
 - Coselle 30

Dengan memasukkan data berdasarkan jenis kapal, *charter cost*, konsumsi bahan bakar, serta biaya *port charge*, maka dapat dihitung besarnya biaya tetap (*fixed cost*) dan *variable cost* untuk setiap kapal.

Berdasarkan data kapal sebelunya, akan didapatkan nilai *Total Round Trip* untuk masing-masing unit kapal. Berikut akan dijelaskan langkah-langkah untuk menyelesaikan tiap tahap untuk beberapa kapal yang tersedia.

Round Trip Per Year

- ❖ $RTD_{ijk} = sea\ time_{ijk} + port\ time_{ijk} + slack\ time_{ijk}$
 - Sea time $ijk = \frac{Sij}{V_k}$
 - Port time $ijk = \left[2 * \frac{CSijk}{Lk} \right] + Slack\ time\ ijk$
- ❖ $RTY_{ijk} = Voyage_{ijk} * RTD_{ijk}$

$$Vijk = \frac{Dmj}{Cijk - SSj}$$

Tabel 4. 27 Round Trip per Year Model 2

Equation			
Time Per Year			
Coselle C16	Bali	NTB & NTT	Unit
Operating day per year	325	325	days
Time at sea per round trip	18,94	31,40	hours
Total time taken for one round trip	30,94	43,40	hours
Number of Voyage per year (round trip)	380,61	287,03	times
Number of Voyage per Mount (round trip)	31,72	23,92	times
Coselle C20	Bali	NTB & NTT	Unit
Operating day per year	325	325	days
Time at sea per round trip	18,94	31,40	hours
Total time taken for one round trip	30,94	43,40	hours
Number of Voyage per year (round trip)	309,25	233,21	times
Number of Voyage per Mount (round trip)	25,77	19,43	times
Coselle C25	Bali	NTB & NTT	Unit
Operating day per year	325	325	days
Time at sea per round trip	17,59	29,16	hours

Lanjutan Tabel 4.27

Equation			
Time Per Year			
Coselle C25	Bali	NTB & NTT	Unit
Total time taken for one round trip	29,59	41,16	hours
Number of Voyage per year (round trip)	236,58	176,93	times
Number of Voyage per Mount (round trip)	19,71	14,74	times
Coselle C30	Bali	NTB & NTT	Unit
Operating day per year	325	325	days
Time at sea per round trip	17,59	29,16	hours
Total time taken for one round trip	29,59	41,16	hours
Number of Voyage per year (round trip)	197,15	147,44	times
Number of Voyage per Mount (round trip)	16,43	12,29	times

Pada tabel di atas terlihat bahwa terdapat perbedaan nilai total *round trip* untuk masing-masing kapal. Hal ini disebabkan oleh beberapa faktor antara lain, kecepatan kapal, jarak tempuh, waktu bongkar muat kapal yang berbeda antara satu dengan yang lainnya serta *safety stock* dari tiap-tiap *storage tank* pada *receiving terminal*. Terlihat pada tabel di atas, untuk kapal jenis Coselle 30 memiliki *total round trip* yang paling minimum untuk melayani *receiving terminal* yang ada di Celukan Bawang, Nusa Tenggara Barat, dan Nusa Tenggara Timur. Hal ini disebabkan beberapa faktor yang telah disebutkan sebelumnya seperti

kapasitas ruang muat *storage tank* pada kapal lebih besar dibandingkan kapal yang lainnya. Pada perhitungan ini diasumsikan besar storage tank pada masing-masing *receiving terminal* sama dengan kpasitas muat CNG pada kapal ditambah *safety sock* agar dapat mencegah adanya waktu tunggu bila persediaan gas pada terminal penerima mulai menipis. Namun data ini belum bisa menunjukkan kapal mana yang akan memberikan biaya paling rendah. Ada beberapa faktor yang mempengaruhi pada biaya oprasi antara lain

- ❖ Biaya konsumsi bahan bakar (MFO & MDO)
- ❖ Biaya sewa kapal (*charter cost*)
- ❖ Biaya pelabuhan (*port charge*)
- ❖ Biaya asuransi (*insurance cost*)

4.2.6.2 Batasan dan luaran pada model 2

Batasan masalah dibuat bertujuan agar kombinasi kapal yang terpilih nantinya akan *feasible* atau layak digunakan dalam pemodelan ini. Adapun batasan yang dibuat pada model 2 ini adalah mengenai besaran muatan yang akan diangkut oleh kapal, waktu tempuh kapal untuk memenuhi permintaan sebelum batas *urgensi storage*, *storage tank* yang dibutuhkan, dan yang terakhir adalah total waktu yang ditempuh oleh kapal dalam satu tahun. Dari batasan masalah ini nantinya akan terpilih satu jenis kapal pembanding yang *feasible* untuk melayani permintaan gas di Bali, Nusa Tenggara Barat, dan Nusa Tenggara Timur. Berikut adalah batasan serta luaran dari model 2 .

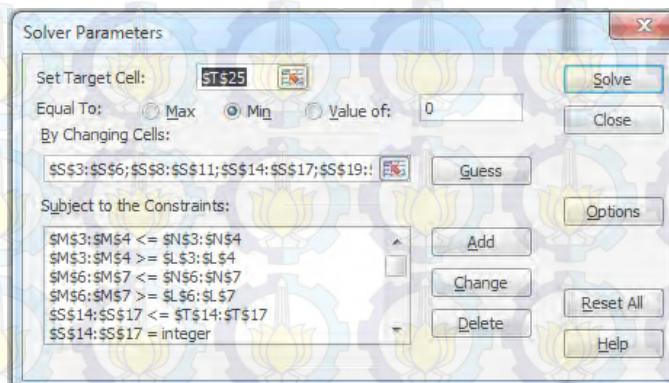
Tabel 4. 28 Constraint Model 2

Constraint				
SHIP CARRYING	Min Value	g(x)	max value	unit
Ship Carrying Capacity Bali	384451,37	384508	768902 ,743	Ton/year

Lanjutan Tabel 4.28

Constraint				
SHIP CARRYING	Min Value	g(x)	max value	unit
Ship Carrying Capacity NTB & NTT	206694,29	206920, 8	413388 ,571	Ton/year
Round Trip Day	Min Value	g(x)	max value	unit
Ship Round Trip Day To Bali	0	2869,95 2857	7800	jam
Ship Round Trip Day To NTB & NTT	0	3580,54 7143	7800	jam

Setelah batasan masalah tersebut dibuat, maka tahap selanjutnya adalah melakukan perhitungan pemilihan jenis kapal yang akan melayani *demand* yang telah ditentukan dengan menggunakan *excel solver*. Dari sini kita akan terpilih kapal mana yang *feasible* untuk tiap rute yang kemudian didapatkan biaya transportasi pendistribusian CNG dari Pagerungan menuju ketiga *receiving terminal gas* yang menjadi *demand*.



Gambar 4. 14 Exel Solver Model 2

Dari perhitungan excel solver didapatkan hasil unit kapal yang *feasible* untuk rute Pagerungan menuju ke Bali dan Pagerungan menuju ke NTB-NTT.

Tabel 4. 29 Luaran Model 2

Output				
Bali	Min Value	$g(x)$	max value	unit
Coselle C16	0	0	100	unit
Coselle C20	0	0	100	unit
Coselle C25	0	2	100	unit
Coselle C30	0	0	100	unit
NTB-NTT	Min Value	$g(x)$	max value	unit
Coselle C16	0	0	100	unit
Coselle C20	0	0	100	unit
Coselle C25	0	0	100	unit
Coselle C30	0	1	100	unit
Round Trip				
Bali	Min Value	$g(x)$	max value	unit
Coselle C16	0	0	100	time/year
Coselle C20	0	0	100	time/year
Coselle C25	0	97	100	time/year
Coselle C30	0	0	100	time/year
NTB-NTT	Min Value	$g(x)$	max value	unit
Coselle C16	0	0	100	time/year
Coselle C20	0	0	100	time/year
Coselle C25	0	0	100	time/year
Coselle C30	0	87	100	time/year

Tabel 4. 30 Objective Function Model 2

Objective Function	
Total Investasi + Annual Operation	245.719.678,32

Dari data tersebut dapat diketahui bahwa kapal yang *feasible* digunakan untuk mendistribusikan CNG dari Pagerungan menuju ketiga *demand* adalah kapal CNG teknologi Coselle 30 dengan uraian sebagai berikut

1. Untuk memenuhi kebutuhan gas di Celukan Bawang (Bali) dibutuhkan kapal CNG Coselle C25 dengan kapasitas 1982 ton. Untuk mengangkut CNG dari terminal CNG Pagerungan menuju Celukan Bawang dengan jarak tempuh 123,11 Nm dengan kecepatan kapal 14 knot serta waktu bongkar muat 12 jam, maka untuk 1 kali trip dibutuhkan 29,59 jam. Sehingga total kebutuhan CNG di Celukan Bawang dalam 1 tahun sebesar 384451,37 TPY dapat dipenuhi oleh 2 kapal jenis Coselle C25 dengan 97 trip serta akumulasi perjalanan selama 1 tahun sebanyak 2869,96 jam. Muatan yang dibawa selama 1 tahun proses distribusi oleh kapal CNG Coselle C25 adalah sebanyak 384508 TPY.
2. Untuk memenuhi kebutuhan gas di Nusa Tenggara Barat dan Nusa Tenggara Timur dibutuhkan 2 unit kapal CNG tipe Coselle C30 dengan kapasitas 2378,2 ton dengan 87 kali *round trip* tiap kapalnya. Untuk mengangkut CNG dari terminal Pagerungan menuju ke Nusa Tenggara Barat kemudian menuju ke Nusa Tenggara Timur dengan jarak tempuh sejauh 204,09 Nm dengan kecepatan kapal 14 knot serta waktu bongkar muat 12 jam, maka untuk 1 kali *round trip* dibutuhkan 30,94 jam. Dengan demikian total jumlah kebutuhan CNG Nusa Tenggara barat dalam 1 tahun sebesar 146752,94 TPY dapat dipenuhi oleh 1

unit kapal CNG Coselle C30 dengan perjalanan selama 1 tahun sebanyak 87 trip atau 3580, 54 jam . Muatan yang dibawa selama 1 tahun proses distribusi oleh kapal CNG Coselle C30 adalah sebanyak 206920,8 TPY.

Dengan demikian distribusi muatan CNG dengan model ini membutuhkan biaya transportasi minimum yang akan dijelaskan pada tabel di bawah ini

Tabel 4. 31 Biaya pengiriman CNG per tahun

no	jenis kapal	total operating cost	fixed cost	total ship cost
	Coselle C30 (Bali)	17.740.415,83	138.700.000,00	156.440.415,83
	Coselle C30 (NTB + NTT)	18.500.066,95	72.270.000,00	90.770.066,95
	total			247.210.482,78

Pada tabel di atas dapat dilihat *total operating cost* dan *fixed cost*. *Fixed cost* adalah biaya tetap yang tidak tergantung dengan biaya oprasional kapal, biaya ini terdiri dari biaya kepemilikan kapal. Sedangkan *total operating cost* adalah biaya penggunaan HFO dan MDO, biaya pelabuhan, dan biaya asuransi.

Pada penelitian ini menggunakan kapal CNG dengan teknologi Coselle yang digunakan untuk mengangkut CNG selama pendistribusian dari Pagerungan menuju ke Bali, Nusa Tenggara Barat, dan Nusa Tenggara Timur.

4.2.7. Optimasi Penugasan dan Penjadwalan Model 3

Untuk model 3 ini penetuan model optimasinya sedikit berbeda dengan dua model optimasi yang sebelumnya. Pada model ini akan menggunakan satu kapal CNG yang akan

melayani distribusi CNG dari terminal Pagerungan ke masing-masing terminal penerima yang ada di Bali, Nusa Tenggara Barat, dan Nusa Tenggara Timur. Pada model ini juga menggunakan kombinasi empat tipe kapal CNG yang berbeda yang nantinya akan terpilih satu unit kapal yang memiliki *cost function* paling minimum untuk melayani *receiving terminal* yang ada di Bali, Nusa Tenggara Barat, dan Nusa Tenggara Timur.

4.2.7.1 Menentukan Model Optimasi

Sebelum melakukan perhitungan optimasi, ada beberapa data yang menjadi acuan untuk melakukan perhitungan optimasi, diantaranya adalah:

- ❖ *Production Terminal*
 - Pagerungan
- ❖ *Receiving terminal*
 - Celukan Bawang (Bali)
 - Nusa Tenggara Barat
 - Nusa Tenggara Timur
- ❖ Kapal CNG
 - Coselle 16
 - Coselle 20
 - Coselle 25
 - Coselle 30

Dengan memasukkan data berdasarkan jenis kapal, *charter cost*, konsumsi bahan bakar, kombinasi jarak rute kapal, harga jenis bunker, serta biaya *port charge*, maka dapat dihitung biaya tetap (*fixed cost*) dan *variable cost* untuk setiap kapal berdasarkan data kapal sebelumnya, akan didapatkan nilai total dari *round trip* untuk masing-masing unit kapal. Berikut akan dijelaskan langkah-langkah untuk menyelesaikan tiap tahap untuk beberapa kapal yang tersedia

Round Trip per Year

$$\diamond \quad RTD_{ijk} = sea\ time_{ijk} + port\ time_{ijk} + slack\ time_{ijk}$$

- $Sea\ time_{ijk} = \frac{Sij}{V_k}$

$$\text{Port time}_{ijk} = \left[2 * \frac{CS_{ijk}}{Lk} \right] + \text{Slack time}_{ijk}$$

❖ $RTY_{ijk} = Voyage_{ijk} * RTD_{ijk}$

$$V_{ijk} = \frac{Dmj}{C_{ijk} - SS_j}$$

Tabel 4. 32 Round Trip Per Year Model 3

Equation		
Time Per Year		
Coselle C16	Bali -NTB-NTT	Unit
Operating day per year	325	days
Time at sea per round trip	50,34	hours
Total time taken for one round trip	62,34	hours
Number of Voyage per year (round trip)	1.179,15	times
Number of Voyage per Mount (round trip)	98,26	times
Coselle C20	Bali-NTB-NTT	Unit
Operating day per year	325	days
Time at sea per round trip	50,34	hours
Total time taken for one round trip	62,34	hours
Number of Voyage per year (round trip)	368,85	times
Number of Voyage per Mount (round trip)	30,74	times

Lanjutan Table 4.32

Equation		
Time Per Year		
Coselle C20	Bali-NTB-NTT	Unit
Time at sea per round trip	50,34	hours
Total time taken for one round trip	62,34	hours
Number of Voyage per year (round trip)	368,85	times
Number of Voyage per Mount (round trip)	30,74	times
Coselle C25	Bali -NTB-NTT	Unit
Operating day per year	325	days
Time at sea per round trip	46,74	hours
Total time taken for one round trip	58,74	hours
Number of Voyage per year (round trip)	295,08	times
Number of Voyage per Mount (round trip)	24,59	times
Coselle C30	Bali -NTB-NTT	Unit
Operating day per year	325	days
Time at sea per round trip	46,74	hours
Total time taken for one round trip	58,74	hours
Number of Voyage per year (round trip)	245,90	times

4.2.7.2 Batasan dan Luaran Model 3

Batasan masalah dibuat bertujuan agar kombinasi kapal yang terpilih nantinya akan *feasible* atau layak digunakan dalam pemodelan ini. Adapun batasan yang dibuat pada model 3 adalah mengenai besaran muatan yang akan diangkut dan total waktu tempuh kapal CNG coselle yang akan melayani pendistribusian gas dari terminal CNG di Pagerungan menuju ke masing-masing *demand* dalam satu tahun. Dari batasan masalah ini nantinya akan terpilih satu jenis kapal pembanding yang *feasible* untuk melayani permintaan gas di Bali, NTB, dan NTT. Berikut adalah batasan serta luaran dari model 3

Tabel 4. 33 Constrain Model 3

Constraint				
SHIP CARRYING	Min Value	$g(x)$	max value	unit
Ship Carrying Capacity Bali	591145,66	592221,6	709374,8	Ton/year
Round Trip Day	Min Value	$g(x)$	max value	unit
Ship Round Trip Day To Bali	0	4.875,66	7800	jam

Setelah batasan tersebut dibuat, maka tahap selanjutnya adalah melakukan pemilihan jenis kapal yang akan melayani *demand* yang telah ditentukan dengan menggunakan *software excel solver*. Dari sini akan terpilih kapal mana yang *feasible* untuk tiap rute yang kemudian didapatkan biaya transportasi pendistribusian CNG dari Pagerungan menuju masing-masing *demand*.

**Gambar 4. 15 Excel Solver Model 3**

Dari perhitungan excel solver didapatkan hasil unit kapal yang feasible untuk rute Pagerungan menuju ke Bali-NTB-NTT.

Tabel 4. 34 Luaran Model 3

Output				
Bali-NTB-NTT	Min Value	g(x)	max value	unit
Coselle C16	0	0	100	unit
Coselle C20	0	0	100	unit
Coselle C25	0	0	100	unit
Coselle C30	0	3	100	unit
Round Trip				
Bali-NTB-NTT	Min Value	g(x)	max value	unit
Coselle C16	0	0	100	time/year
Coselle C20	0	0	100	time/year
Coselle C25	0	0	100	time/year
Coselle C30	0	83	100	time/year

Tabel 4. 35 Objective Function Model 3

OBJECTIVE FUNCTION	
Total investasi + Annual Operation	352.913.015,17

Dari data tersebut dapat diketahui bahwa kapal yang paling feasible digunakan untuk mendistribusikan CNG dari Pagerungan menuju ketiga *demand* adalah kapal CNG teknologi Coselle dengan tipe Coselle 30 dengan uraian sebagai berikut.

- Untuk memenuhi kebutuhan gas di Bali, Nusa Tenggara Barat dan Nusa Tenggara Timur dibutuhkan 3 unit kapal CNG tipe Coselle C30 dengan kapasitas 2378,40 ton dengan 83 kali *round trip* tiap kapalnya. Untuk mengangkut CNG dari terminal Pagerungan menuju ke Bali, Nusa Tenggara Barat kemudian menuju ke Nusa Tenggara Timur dengan jarak tempuh sejauh 327,2 Nm dengan kecepatan kapal 14 knot serta waktu bongkar muat 12 jam, maka untuk 1 kali *round trip* dibutuhkan 52,74 jam. Dengan demikian total jumlah kebutuhan CNG Nusa Tenggara barat dalam 1 tahun sebesar 591145,66 TPY dapat dipenuhi oleh 3 unit kapal CNG Coselle C25 dengan perjalanan selama 1 tahun sebanyak 4875,66 jam. Muatan yang dibawa selama 1 tahun proses distribusi oleh kapal CNG Coselle C30 adalah sebanyak 592221,6 TPY.

Tabel 4. 36 Biaya Pengiriman CNG Per tahun

jenis kapal	total operating cost	fixed cost	total ship cost
Coselle C30 (Bali+NTB+NTT)	36.389.022,15	316.523.993,0 2	352.913.015,17

Dari hasil perhitungan berdasarkan pemodelan matematik yang telah dijelaskan di atas, maka diperoleh pemodelan rantai pasok CNG dengan *cost* paling minimum adalah pada pemodelan yang ke 2.

5.3 *Capital Invesment*

Pada tahap sebelumnya telah telah ditentukan pemilihan lokasi mini CNG Plant yaitu di Pagerungan dengan kapasitas Produksi 100 MMSCFD. Gas akan ditransportasikan menuju tiga *demand*, yaitu Bali, Nusa Tenggara Barat, dan Nusa Tenggara Timur.

Pada tahap ini akan dilakukan analisa ekonomi terhadap model yang telah terpilih, dimana model yang terpilih adalah model 2. Analisa ekonomi ini terdiri dari biaya *CAPEX* dan Biaya *OPEX*. Untuk lebih jelasnya akan dijelaskan berikut ini

4.3.1 *CAPEX (Capital Expenditure)*

CAPEX (Capital Expenditure) dapat diartikan sebagai alokasi dana yang direncanakan dalam perhitungan untuk melakukan pembelian/penggantian sesuatu yang dikategorikan sebagai aset perusahaan. Adapun yang termasuk kedalam biaya *CAPEX* adalah:

- Terminal *offloading* Gas (*Jetty, Offloading Arm, Transfer Metering*).
- Terminal *loading* Gas (*Jetty, Offloading Arm, storage tank, Transfer Metering*).

4.3.1.1 Perhitungan Fasilitas Loading Terminal

Untuk menghitung besarnya daya yang dibutuhkan untuk mengompresi gas ke tekanan yang diinginkan digunakan persamaan

- a) Gas Compression

Besarnya daya kompresi pada masing-masing *receiving terminal* berdasarkan teknologi yang digunakan adalah seperti yang tertera pada tabel di bawah ini.

Tabel 4. 37 Compressor yang dibutuhkan pada masing-masing terminal

Pembangkit tujuan	daya compressor (hp)	Capex Copmressor
Bali	1350	810000
pagerungan	1350	810000
NTB	1350	810000
NTT	1350	810000
total		\$ 3.240.000,00

Dari tabel di atas dapat diketahui untuk kompresor di masing-masing terminal sama, yaitu dengan daya compressor 1350 Bhp. Untuk biaya per compresor adalah 810.000 USD . Hal ini dikarenakan kapal yang akan mensuplai gas ke masing-masing terminal mempunyai kapasitas yang sama.

- b) *Jetty, Loading Platform, dan Loading Arm*
Untuk *loading terminal* termasuk didalamnya *loading arm*, *loading platform*, dan *jetty* diperkirakan sekitar USD 30-40 juta dollar

4.3.1.2 Perhitungan Terminal of Loading

Terminal CNG , termasuk didalamnya *offshore jetty*, *loading arm* , *transfer metering* diperkirakan sekitar 16-20 juta dollar

4.3.2 OPEX (*Operating Expenditure*)

OPEX (*Operating Expenditure*) adalah alokasi dana yang direncanakan untuk melakukan oprasi dari aset perusahaan tersebut secara normal. Komponen-komponen yang terdapat pada opex adalah sebagai berikut:

- Biaya listrik untuk gas compressor
- Biaya sewa kapal
- Biaya upah pekerja
- *Maintenance* pekerja

4.3.2.1 Perhitungan biaya listrik untuk Compressor

Untuk mengetahui biaya listrik yang dibutuhkan oleh compressor pada masing-masing receiving terminal adalah dengan menggunakan rumus

$$\text{Biaya listrik} = \text{Daya BHP} \times 0,746 \text{ KW/BHP} \times 8760 \times \text{Rp } 890 \times 1 \\ \text{USD /Rp } 11.500$$

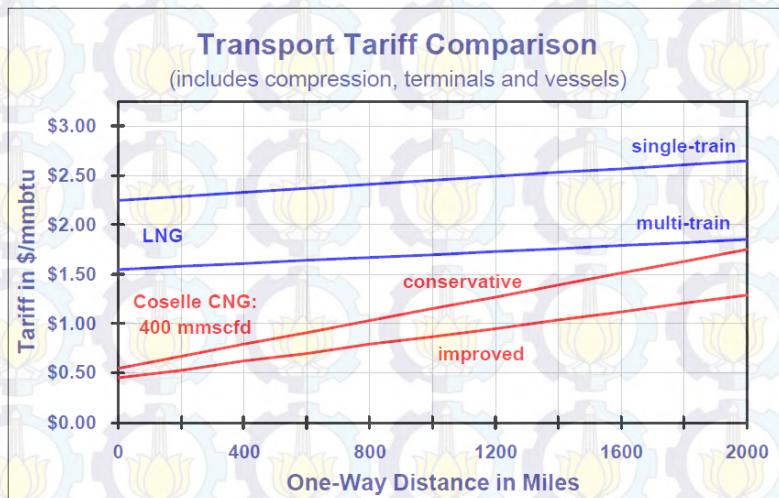
Diperoleh dari dari hasil perhitungan , besarnya daya untuk mengompresi gas ke masing-masing *receiving terminal* sama besar, dikarenakan kapal yang digunakan untuk mensuplai ke masing-masing terminal mempunyai kapasitas yang sama besar. Berikut pada **tabel 4.38** di bawah ini adalah harga listrik pada masing-masing receiving terminal

Tabel 4.38 Biaya Listrik yang dibutuhkan untuk teknologi Coselle

Pembangkit tujuan	daya compressor (hp)	biaya listrik
Bali	1350	\$ 713.795,86
pagerungan	1350	\$ 713.795,86
NTB	1350	\$ 713.795,86
NTT	1350	\$ 713.795,86
total	5400	\$ 2.141.387,57

4.3.2.2 Perhitungan biaya sewa kapal

Harga sewa kapal untuk teknologi Coselle bervariasi, tergantung besarnya kapasitas yang digunakan serta jarak tempuh, berikut pada **gambar 4.16** ini adalah grafik yang menunjukkan harga sewa kapal harian dari kapal coselle



Gambar 4. 16 Grafik Harga sewa Kapal Coselle

Sumber : Stenning 2000

Pada grafik di atas menunjukkan bahwa harga kapal coselle bervariasi, tergantung pada kapasitas kapal dan jarak yang akan ditempuh. Berdasarkan perhitungan yang telah dilakukan, maka untuk harga sewa kapal coselle pada penelitian ini dapat di lihat pada tabel 4. di bawah ini

Tabel 4. 39 Harga sewa kapal Coselle

Tipe Kapal	Harga kapal (USD/Day)	Jumlah kapal	Harga total kapal per Trip	Harga total kapal selama 15 tahun
Coselle 25	\$ 190.000,00	2	\$ 380.000,00	\$ 552.900.000,00
Coselle 30	\$ 240.000,00	1	\$ 240.000,00	\$ 349.200.000,00
Total				\$ 902.100.000,00

Dari tabel di atas diketahui untuk biaya sewa kapal secara keseluruhan adalah USD 902.100.00,00 dengan rincian untuk sewa kapal jenis Coselle 25 sejumlah USD 552.900,00 dan untuk biaya sewa kapal coselle C30 sebesar USD 349.200,00.

Sehingga total kebutuhan investasi (CAPEX) untuk distribusi CNG dari Pagerungan menuju Bali, Nusa Tenggara Barat, dan Nusa Tenggara Timur adalah seperti yang terdapat pada tabel berikut ini

Tabel 4. 40 Biaya investasi total (CAPEX) rantai pasok CNG

INVESTATION	Unit	Value
Mini CNG Plant (including storage tank)	US\$	100.000.000
Loading terminal (jetty facilities)	US\$	90.000.000
CNG Coselle	US\$	902.100.000

Lanjutan Tabel 4.40

INVESTATION	Unit	Value
Receiving terminal (jetty facilities)	US\$	6.006.195
Compressor facilities	US\$	3.240.000
TOTAL INVESTASI	US\$	1.101.346.195

Sedangkan biaya yang terdapat pada OPEX adalah dapat dilihat pada **Tabel 4.41** di bawah ini

Tabel 4. 41 Biaya Oprasional (OPEX) rantai pasok CNG

OPERATIONAL	unit	Value
Operasional Kapal		
MFO cost per year	US\$-year	1.490.804
LO cost per year	US\$-year	330.856
Ship crew cost per year	US\$-year	387.998
Port charges	US\$-year	16.205.739
Insurance Cost	US\$-year	84.669
Total Ship Operating Cost	US\$/year	18.500.067
Operasional Plant		
Power Requirement at Loading terminal	KW	1.007
Power Requirement at receiving terminal	KW	3.021
Total power requirement	KW	4.028
Electricity rate	US\$/KWH	0,77

Lanjutan Tabel 4.41

OPERATIONAL	unit	Value
Operasional Plant		
Annual electricity cost	US\$/year	27.169.666
Annual maintenance cost	US\$/year	5.506.731
Crew Cost	US\$/year	387.998
Total Operational Cost Plant	US\$/year	33.064.394
Total operasional		51.564.461

4.3.2.3 Revenue

Revenue Adalah istilah yang digunakan untuk menunjukkan jumlah pendapatan yang diterima oleh perusahaan. Pada penelitian ini *revenue* akan didapatkan dari hasil penjualan gas dengan beberapa variasi margin harga jual (US\$ 4.00, US\$ 4.25, US\$ 4.50, US\$ 4.75, US\$ 5.00, dan US\$ 5.50). Sehingga tingkat pendapatan akan berbeda sesuai dengan variasi margin harga jual yang telah ditetapkan.

Tabel 4.42 Total Pendapatan dari beberapa variasi margin

Revenue	unit	Value
Amount of processed gas	mmscfd	82
Amount of processed gas	Bbtud	95
Amount of processed gas	mmbtud	95.204
Amount of processed gas	mmbtu-year	34.749.387

Lanjutan Tabel 4.42

		SKENARIO 5 margin jual US\$ 5,00	SKENARIO 6 margin jual US\$ 5,50
Feed gas price	US\$	7,00	7,00
Processing-CNG-transportation cost	US\$	3,00	3,00
margin	US\$	5,00	5,50
Selling price to power plant	US\$	15,00	15,50
Annual revenue	US\$	173.746.935,00	191.121.628,50

Pada tabel di atas menunjukkan margin harga jual dengan berbagai skenario. Pada penelitian ini direncanakan ada 6 skenario harga penjualan gas dipasaran seperti yang telah dijelaskan sebelumnya. Dari variabel-variabel di atas kemudian disatukan sseperti yang terlihat pada tabel di bawah ini

Tabel 4.43 Variable-variabel dalam analisa investasi

		Units	Value
CAPEX (Capital Expenditure)	Total Investation Cost	US\$	1.101.346.195
OPEX (Operational Expenditure)	Total Operational Cost	US\$/year	33.064.394
	Tax	%/year	35
	Depresiation	US\$/year	55.067.310
Revenue	Annual Revenue	US\$	173.746.935
Inflation		%	5%

Untuk tabel 4.43 dapat dijelaskan sebagai berikut :

- Pada tahun 2015 diasumsikan hanya terjadi proses kontrak, sehingga pembayarannya hanya 20% dari total CAPEX.
- Pada tahun 2016 pembayaran sebesar 80% dari total CAPEX dilakukan dengan pinjaman, sehingga sudah mulai ada bunga untuk tahun ini hingga seterusnya

Untuk proses peminjamannya, menggunakan perhitungan seperti pada tabel di bawah ini

Tabel 4. 44 perhitungan bunga dari pinjaman

	Units	Value
Total Investation Cost	US\$	1.101.346.195
Portion of Loans	%	80%
Period of Loans	year	20

Total of Loans	US\$	881.076.956
Interest	%	9,00%

No	Tahun	Pembayaran Cicilan	Pinjaman Pokok	Bunga	Saldo Pinjaman Pokok	Bunga
1	2015	\$96.518.875	\$17.221.949	\$79.296.926	\$863.855.007	9%
2	2016	\$96.518.875	\$18.771.924	\$77.746.951	\$845.083.083	9%
3	2017	\$96.518.875	\$20.461.397	\$76.057.477	\$824.621.686	9%
4	2018	\$96.518.875	\$22.302.923	\$74.215.952	\$802.318.763	9%
5	2019	\$96.518.875	\$24.310.186	\$72.208.689	\$778.008.577	9%
6	2020	\$96.518.875	\$26.498.103	\$70.020.772	\$751.510.474	9%
7	2021	\$96.518.875	\$28.882.932	\$67.635.943	\$722.627.542	9%

Lanjutan Tabel 4.44

No	Tahun	Pembayaran Cicilan	Pinjaman Pokok	Bunga	Saldo Pinjaman Pokok	Bunga
8	2022	\$96.518.875	\$31.482.396	\$65.036.479	\$691.145.146	9%
9	2023	\$96.518.875	\$34.315.812	\$62.203.063	\$656.829.334	9%
10	2024	\$96.518.875	\$37.404.235	\$59.114.640	\$619.425.100	9%
11	2025	\$96.518.875	\$40.770.616	\$55.748.259	\$578.654.484	9%
12	2026	\$96.518.875	\$44.439.971	\$52.078.904	\$534.214.513	9%
13	2027	\$96.518.875	\$48.439.569	\$48.079.306	\$485.774.944	9%
14	2028	\$96.518.875	\$52.799.130	\$43.719.745	\$432.975.815	9%
15	2029	\$96.518.875	\$57.551.051	\$38.967.823	\$375.424.763	9%
16	2030	\$96.518.875	\$62.730.646	\$33.788.229	\$312.694.117	9%
17	2031	\$96.518.875	\$68.376.404	\$28.142.471	\$244.317.713	9%
18	2032	\$96.518.875	\$74.530.281	\$21.988.594	\$169.787.432	9%
19	2033	\$96.518.875	\$81.238.006	\$15.280.869	\$88.549.426	9%
20	2034	\$96.518.875	\$88.549.426	\$7.969.448	\$0	9%
21	2035	\$0	\$0	\$0	\$0	9%
22	2036	\$0	\$0	\$0	\$0	9%
23	2037	\$0	\$0	\$0	\$0	9%
24	2038	\$0	\$0	\$0	\$0	9%

Dari variabel-variabel di atas, didapatkan rangkuman analisa investasi yang dapat dilihat pada tabel berikut ini

Tabel 4. 45 Rangkuman hasil analisa invetasi

	Margin					
	4.00	4.25	4.50	4.75	5.00	5.50
Pay Back Period (Year)	> 20 th	> 20 th	> 20 th	15 th	12 th	9 th
IRR (%)	0,87	4,1	6,97	9,23	11,46	15,44
NPV (Million US\$)	-	-24,34	54,4	123,06	189,95	323,71
PI (Index)	0,55	0,9	1,22	1,51	1,78	2,33

Pada tabel di atas dapat dilihat bahwa dengan margin harga jual US\$ 4.00 , 4.25, 4.50 maka investasi akan kembali setelah lebih dari 20 tahun oprasi, artinya tidak *feasible* karna umur proyek direncanakan selama 20 tahun. Sedangkan dengan margin harga jual CNG US\$ 4.75, maka investasi akan kembali setelah 15 tahun. Untuk margin sebesar US\$ 5.00, maka investasi akan kembali setelah 12 tahun oprasi. Untuk margin sebesar US\$ 5.50, maka invetsasi akan kembali setelah 9 tahun oprasi.

Sehingga dapat disimpulkan bahwa, harga jual yang optimal dari CNG adalah sebesar US\$ 4.75-5.50 karena memberikan waktu pengembalian investasi yang tidak terlalu lama.

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan pembahasan pada penelitian ini, maka dapat ditarik kesimpulan untuk hasil penelitian yang dilakukan adalah sebagai berikut

1. Dalam pemilihan lokasi pembangunan mini CNG plant, maka lokasi yang paling optimal berdasarkan perhitungan dengan menggunakan software *super desicion* adalah di Ds. Pagerungan Kecamatan Sapeken Kepulauan Kangean Sumenep.
2. Dalam pendistribusian CNG dari terminal gas Pagerungan ke tiga lokasi yang akan disuplai yaitu Celukan Bawang (Bali), Nusa Tenggara Barat, dan Nusa Tenggara Timur, model distribusi yang efektif dengan total *cost* yang paling minimum adalah model 2, dengan rincian penjelasan model sebagai berikut:
 - a. Untuk memenuhi kebutuhan gas di Celukan Bawang (Bali) dibutuhkan 2 unit kapal CNG teknologi Coselle tipe C25 dengan kapasitas 1982 ton . untuk mengangkut CNG dari terminal Pagerungan menuju ke Celukan Bawang dengan jarak tempuh 123 nautical mile dan dengan kecepatan kapal 14 knot serta waktu bongkar muat 12 jam, maka untuk satu kali *round trip* diperlukan waktu 29,59 jam. Dengan demikian total kebutuhan gas di Bali dalam 1 tahun sebesar 384451,37 TPY dapat dipenuhi oleh 1 unit kapal Coselle C25 dengan akumulasi perjalanan sebanyak 2869,95 jam atau 119,58 hari. Muatan yang dibawa selama 1 tahun proses ditribusi CNG oleh kapal Coselle C25 adalah sebanyak 384508 TYP.
 - b. Untuk memenuhi kebutuhan gas di Nusa tenggara barat dan Nusa Tenggara Timur dibutuhkan 1 unit

kapal CNG Coselle C30 dengan kapasitas 2378,4 ton Kapal CNG akan mendistribusikan gas terlebih dahulu dari Pagerungan ke Nusa Tenggara Barat dengan jarak pelayaran sejauh 94,49 Nautical mile. Kemudian kapal akan berlayar menuju Nusa Tenggara Timur dengan jarak pelayaran sejauh 109,6 Nautical mile. Kecepatan kapal Coselle 14 knot serta waktu bongkar muat 12 jam sehingga untuk satu kali *round trip* dibutuhkan waktu 30,94 jam. Dengan demikian total kebutuhan CNG di NTB dan NTT dalam 1 tahun sebesar 206694,8 TPY dapat dipenuhi oleh 1 unit jenis kapal Coselle C30 dengan akumulasi perjalanan selama 1 tahun sebanyak 83 Trip atau 3580,54 jam. Muatan yang dibawa selama 1 tahun proses distribusi CNG sebesar 206920,8 TPY.

- c. Total biaya transportasi yang dibutuhkan untuk 1 tahun pada model 2 didapatkan sebesar \$ 247.210.482,78 . Untuk mendapatkan laba, maka margin penjualan gas berkisar antara 4.75-5.50 USD.
3. Dari hasil perhitungan analisa kelayakan investasi, didapatkan margin harga jual yang optimal adalah 5,50 dengan waktu pengembalian 8 tahun setelah oprasi.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil analisa dan kesimpulan yang dihasilkan, ada beberapa hal yang perlu diupayakan dalam rangka mendapatkan pola rute pendistribusian CNG yang efektif dan ekonomis yaitu :

1. Pada penelitian ini, kapal CNG yang digunakan masih dalam tahap penelitian. Sehingga banyak data estimasi yang digunakan untuk perhitungan *Supply Chain* karena terbatasnya data kapal CNG. Untuk kedepannya perlu

menggunakan data yang lebih valid, agar mendapatkan hasilnya mendekati yang benar.

2. Konsep CNG adalah suatu konsep baru, sehingga minim referensi terutama untuk biaya investasi. Pada kali ini penulis menggunakan data estimasi dari penelitian sebelumnya. Sehingga untuk selanjutnya diperlukan referensi biaya investasi yang aktual untuk menunjang hasil yang mendekati kebenaran.
3. Untuk penelitian selanjutnya perlu dilakukan kajian pendistribusian CNG ke Bali, NTB, dan NTT dengan menggunakan kapal Tongkang atau Barge yang dimodifikasi. Hal ini bertujuan untuk membandingkan mana yang lebih ekonomis antara kapal CNG konvensional atau kapal CNG hasil modifikasi.

"Halaman ini sengaja dikosongkan"

DAFTAR PUSTAKA

- Ebru Yazgan. 2011. *Aplication of Analytic Network Process: Weighting of Selection Creteria for Civil Pilot : Journal of Aeronatics and Space Technologys*
- Hadiwarsito Dhani. 2012. *Kajian marine CNG Sebagai Alternatif Transportasi Gas Bumi Untuk Memenuhi kebutuhan pembangkit listrik di Pulau Bali*, Jakarta : UI Jakarta
- Handiko Gunard. 2012. *Pemanfaatan Gas Suar Bakar untuk Indutri Sekitar di Tiga Lokasi*. Depok : UI Depok.
- Jannah Mifathul. 2013. *Pembangunan PTMG Hybrid Bawean dengan bahan bakar CNG sebagai model penyediaan listrik untuk kepulauan kecil*: PT PJB
- Matteo Marongiu-Porcu, SPE, Economides Consultants; Xiuli Wang, SPE, XGAS; and Michael J. Economides, SPE, University of Houston. “*The Economics of Compressed Natural Gas Sea Transport*” SPE 115310 2008.
- Michael J Economides, Kai Sun, Gloria Subero. “*Compressed Natural Gas (CNG) : An alternative to Liquefied Natural Gas (LNG)*”. Society of Petroleum Engineers. May 2006
- Saaty, T. L. (2005). *Theory and Applications of the Analytic Network Process*. Pittsburgh, PA: RWS Publications, 4922 Ellsworth Avenue, Pittsburgh, PA 15213.
- Trandranegara Abdul Q. 2012. *Gas Bumi Sebagai Subtitusi Bahan Bakar Minyak : Optimasi Investasi Infrastruktur dan Analisi Dampaknya terhadap Perekonomian Nasional*. Depok : UI Depok

Wang, Xiuli.2008. *The Potensial of Compressed Natural Gas Trasnport in Asia*. Malaysia. Publicatin International petroleum Technology Conference held in Kuala Lumpur,

Identitas Responden

Nama :

Alamat :

Pekerjaan:

1. *Dosen mata kuliah*

.....
.....
.....

universitas

2. *Mahasiswa jurusan*

.....
.....
.....

universitas

3. *Lain2
(diisi)*

.....
.....
.....

Kuisisioner bagian 1

- 1) antar 2 alternatif lokasi yang dibandingkan, manakah yang lebih memenuhi terhadap subkriteria ***kemudahan akses (SC-01)*** & berapa nilainya?

Ds. Gayam (Sepudi)	9	7	5	3	1	3	5	7	9	Ds. Karopo (Raas)
Ds. Gayam (Sepudi)	9	7	5	3	1	3	5	7	9	Ds. Pagerungan(Kangean)
Ds. Gayam (Sepudi)	9	7	5	3	1	3	5	7	9	Ds. Poteran (Talango)
Ds. Karopo (Raas)	9	7	5	3	1	3	5	7	9	Ds. Pagerungan(Kangean)
Ds. Karopo (Raas)	9	7	5	3	1	3	5	7	9	Ds. Poteran (Talango)
Ds. Pagerungan(Kangean)	9	7	5	3	1	3	5	7	9	Ds. Poteran (Talango)

- 2) antar 2 alternatif yang dibandingkan, manakah yang lebih memenuhi terhadap subkriteria ***kedalaman perairan sekitar (SC-02)*** & berapa nilainya?

Ds. Gayam (Sepudi)	9	7	5	3	1	3	5	7	9	Ds. Karopo (Raas)
Ds. Gayam (Sepudi)	9	7	5	3	1	3	5	7	9	Ds. Pagerungan(Kangean)
Ds. Gayam (Sepudi)	9	7	5	3	1	3	5	7	9	Ds. Poteran (Talango)
Ds. Karopo (Raas)	9	7	5	3	1	3	5	7	9	Ds. Pagerungan(Kangean)
Ds. Karopo (Raas)	9	7	5	3	1	3	5	7	9	Ds. Poteran (Talango)
Ds. Pagerungan(Kangean)	9	7	5	3	1	3	5	7	9	Ds. Poteran (Talango)

- 3) antar 2 alternatif yang dibandingkan, manakah yang lebih memenuhi terhadap subkriteria
Pasang surut (SC-03) & berapa nilainya?

Ds. Gayam (Sepudi)	9	7	5	3	1	3	5	7	9	Ds. Karopo (Raas)
Ds. Gayam (Sepudi)	9	7	5	3	1	3	5	7	9	Ds. Pagerungan(Kangean)
Ds. Gayam (Sepudi)	9	7	5	3	1	3	5	7	9	Ds. Poteran (Talango)
Ds. Karopo (Raas)	9	7	5	3	1	3	5	7	9	Ds. Pagerungan(Kangean)
Ds. Karopo (Raas)	9	7	5	3	1	3	5	7	9	Ds. Poteran (Talango)
Ds. Pagerungan(Kangean)	9	7	5	3	1	3	5	7	9	Ds. Poteran (Talango)

- 4) antar 2 alternatif yang dibandingkan, manakah yang lebih memenuhi terhadap subkriteria
Gelombang (SC-04) & berapa nilainya?

Ds. Gayam (Sepudi)	9	7	5	3	1	3	5	7	9	Ds. Karopo (Raas)
Ds. Gayam (Sepudi)	9	7	5	3	1	3	5	7	9	Ds. Pagerungan(Kangean)
Ds. Gayam (Sepudi)	9	7	5	3	1	3	5	7	9	Ds. Poteran (Talango)
Ds. Karopo (Raas)	9	7	5	3	1	3	5	7	9	Ds. Pagerungan(Kangean)
Ds. Karopo (Raas)	9	7	5	3	1	3	5	7	9	Ds. Poteran (Talango)
Ds. Pagerungan(Kangean)	9	7	5	3	1	3	5	7	9	Ds. Poteran (Talango)

- 5) antar 2 alternatif yang dibandingkan, manakah yang lebih memenuhi terhadap subkriteria ***Biaya Lahan dan Persiapan*** (SC-05) & berapa nilainya?

Ds. Gayam (Sepudi)	9	7	5	3	1	3	5	7	9	Ds. Karopo (Raas)
Ds. Gayam (Sepudi)	9	7	5	3	1	3	5	7	9	Ds. Pagerungan(Kangean)
Ds. Gayam (Sepudi)	9	7	5	3	1	3	5	7	9	Ds. Poteran (Talango)
Ds. Karopo (Raas)	9	7	5	3	1	3	5	7	9	Ds. Pagerungan(Kangean)
Ds. Karopo (Raas)	9	7	5	3	1	3	5	7	9	Ds. Poteran (Talango)
Ds. Pagerungan(Kangean)	9	7	5	3	1	3	5	7	9	Ds. Poteran (Talango)

- 6) antar 2 alternatif yang dibandingkan, manakah yang lebih memenuhi terhadap subkriteria ***penyediaan pipa untuk loading terminal*** (SC-06) & berapa nilainya?

Ds. Gayam (Sepudi)	9	7	5	3	1	3	5	7	9	Ds. Karopo (Raas)
Ds. Gayam (Sepudi)	9	7	5	3	1	3	5	7	9	Ds. Pagerungan(Kangean)
Ds. Gayam (Sepudi)	9	7	5	3	1	3	5	7	9	Ds. Poteran (Talango)
Ds. Karopo (Raas)	9	7	5	3	1	3	5	7	9	Ds. Pagerungan(Kangean)
Ds. Karopo (Raas)	9	7	5	3	1	3	5	7	9	Ds. Poteran (Talango)
Ds. Pagerungan(Kangean)	9	7	5	3	1	3	5	7	9	Ds. Poteran (Talango)

- 7) antar 2 alternatif yang dibandingkan, manakah yang lebih memenuhi terhadap subkriteria **Fasilitas Bersandar** (SC-07) & berapa nilainya?

Ds. Gayam (Sepudi)	9	7	5	3	1	3	5	7	9	Ds. Karopo (Raas)
Ds. Gayam (Sepudi)	9	7	5	3	1	3	5	7	9	Ds. Pagerungan(Kangean)
Ds. Gayam (Sepudi)	9	7	5	3	1	3	5	7	9	Ds. Poteran (Talango)
Ds. Karopo (Raas)	9	7	5	3	1	3	5	7	9	Ds. Pagerungan(Kangean)
Ds. Karopo (Raas)	9	7	5	3	1	3	5	7	9	Ds. Poteran (Talango)
Ds. Pagerungan(Kangean)	9	7	5	3	1	3	5	7	9	Ds. Poteran (Talango)

- 8) antar 2 alternatif yang dibandingkan, manakah yang lebih memenuhi terhadap subkriteria **Pengerukan** (SC-08) & berapa nilainya?

Ds. Gayam (Sepudi)	9	7	5	3	1	3	5	7	9	Ds. Karopo (Raas)
Ds. Gayam (Sepudi)	9	7	5	3	1	3	5	7	9	Ds. Pagerungan(Kangean)
Ds. Gayam (Sepudi)	9	7	5	3	1	3	5	7	9	Ds. Poteran (Talango)
Ds. Karopo (Raas)	9	7	5	3	1	3	5	7	9	Ds. Pagerungan(Kangean)
Ds. Karopo (Raas)	9	7	5	3	1	3	5	7	9	Ds. Poteran (Talango)
Ds. Pagerungan(Kangean)	9	7	5	3	1	3	5	7	9	Ds. Poteran (Talango)

9) antar 2 alternatif yang dibandingkan, manakah yang lebih memenuhi terhadap subkriteria ***keamanan*** (SC-09) & berapa nilainya?

Ds. Gayam (Sepudi)	9	7	5	3	1	3	5	7	9	Ds. Karopo (Raas)
Ds. Gayam (Sepudi)	9	7	5	3	1	3	5	7	9	Ds. Pagerungan(Kangean)
Ds. Gayam (Sepudi)	9	7	5	3	1	3	5	7	9	Ds. Poteran (Talango)
Ds. Karopo (Raas)	9	7	5	3	1	3	5	7	9	Ds. Pagerungan(Kangean)
Ds. Karopo (Raas)	9	7	5	3	1	3	5	7	9	Ds. Poteran (Talango)
Ds. Pagerungan(Kangean)	9	7	5	3	1	3	5	7	9	Ds. Poteran (Talango)

10) antar 2 alternatif yang dibandingkan, manakah yang lebih memenuhi terhadap subkriteria subkriteria ***karakter masyarakatnya*** (SC-10) & berapa nilainya?

Ds. Gayam (Sepudi)	9	7	5	3	1	3	5	7	9	Ds. Karopo (Raas)
Ds. Gayam (Sepudi)	9	7	5	3	1	3	5	7	9	Ds. Pagerungan(Kangean)
Ds. Gayam (Sepudi)	9	7	5	3	1	3	5	7	9	Ds. Poteran (Talango)
Ds. Karopo (Raas)	9	7	5	3	1	3	5	7	9	Ds. Pagerungan(Kangean)
Ds. Karopo (Raas)	9	7	5	3	1	3	5	7	9	Ds. Poteran (Talango)
Ds. Pagerungan(Kangean)	9	7	5	3	1	3	5	7	9	Ds. Poteran (Talango)

11) antar 2 alternatif yang dibandingkan, manakah yang lebih memenuhi terhadap subkriteria subkriteria ***Fasilitas Publik*** (SC-11) & berapa nilainya?

Ds. Gayam (Sepudi)	9	7	5	3	1	3	5	7	9	Ds. Karopo (Raas)
Ds. Gayam (Sepudi)	9	7	5	3	1	3	5	7	9	Ds. Pagerungan(Kangean)
Ds. Gayam (Sepudi)	9	7	5	3	1	3	5	7	9	Ds. Poteran (Talango)
Ds. Karopo (Raas)	9	7	5	3	1	3	5	7	9	Ds. Pagerungan(Kangean)
Ds. Karopo (Raas)	9	7	5	3	1	3	5	7	9	Ds. Poteran (Talango)
Ds. Pagerungan(Kangean)	9	7	5	3	1	3	5	7	9	Ds. Poteran (Talango)

12) antar 2 alternatif yang dibandingkan, manakah yang lebih memenuhi terhadap subkriteria subkriteria ***lama pembangunan dan kontruksi*** (SC-12) & berapa nilainya?

Ds. Gayam (Sepudi)	9	7	5	3	1	3	5	7	9	Ds. Karopo (Raas)
Ds. Gayam (Sepudi)	9	7	5	3	1	3	5	7	9	Ds. Pagerungan(Kangean)
Ds. Gayam (Sepudi)	9	7	5	3	1	3	5	7	9	Ds. Poteran (Talango)
Ds. Karopo (Raas)	9	7	5	3	1	3	5	7	9	Ds. Pagerungan(Kangean)
Ds. Karopo (Raas)	9	7	5	3	1	3	5	7	9	Ds. Poteran (Talango)
Ds. Pagerungan(Kangean)	9	7	5	3	1	3	5	7	9	Ds. Poteran (Talango)

13) antar 2 alternatif yang dibandingkan, manakah yg lebih memenuhi terhadap subkriteria *akses jalan dan distribusi* (SC-13) & berapa nilainya?

Ds. Gayam (Sepudi)	9	7	5	3	1	3	5	7	9	Ds. Karopo (Raas)
Ds. Gayam (Sepudi)	9	7	5	3	1	3	5	7	9	Ds. Pagerungan(Kangean)
Ds. Gayam (Sepudi)	9	7	5	3	1	3	5	7	9	Ds. Poteran (Talango)
Ds. Karopo (Raas)	9	7	5	3	1	3	5	7	9	Ds. Pagerungan(Kangean)
Ds. Karopo (Raas)	9	7	5	3	1	3	5	7	9	Ds. Poteran (Talango)
Ds. Pagerungan(Kangean)	9	7	5	3	1	3	5	7	9	Ds. Poteran (Talango)

14) antar 2 alternatif yang dibandingkan, manakah yg lebih memenuhi terhadp subkriteria subkriteria *peluang bisnis masa depan* (SC-14) & berapa nilainya?

Ds. Gayam (Sepudi)	9	7	5	3	1	3	5	7	9	Ds. Karopo (Raas)
Ds. Gayam (Sepudi)	9	7	5	3	1	3	5	7	9	Ds. Pagerungan(Kangean)
Ds. Gayam (Sepudi)	9	7	5	3	1	3	5	7	9	Ds. Poteran (Talango)
Ds. Karopo (Raas)	9	7	5	3	1	3	5	7	9	Ds. Pagerungan(Kangean)
Ds. Karopo (Raas)	9	7	5	3	1	3	5	7	9	Ds. Poteran (Talango)
Ds. Pagerungan(Kangean)	9	7	5	3	1	3	5	7	9	Ds. Poteran (Talango)

Kuisisioner bagian 2

antara 2 kriteria yang dibandingkan, manakah yang lebih dipentingkan terhadap pemilihan lokasi mini CNG Plant di kepulauan kangean & berapa nilainya?

Kondisi perairan	9	7	5	3	1	3	5	7	9	Biaya
Kondisi perairan	9	7	5	3	1	3	5	7	9	Lingkungan
Kondisi perairan	9	7	5	3	1	3	5	7	9	Kontruksi
Biaya	9	7	5	3	1	3	5	7	9	Lingkungan
Biaya	9	7	5	3	1	3	5	7	9	Kontruksi
Lingkungan	9	7	5	3	1	3	5	7	9	Kontruksi

Kuisisioner bagian 3

- 1) antara 2 subkriteria yang dibandingkan, manakah yang lebih yang lebih dipentingkan dalam kriteria kondisi perairan sekitar dan berapa nilainya?

Kemudahan akses	9	7	5	3	1	3	5	7	9	Kedalaman air
Kemudahan akses	9	7	5	3	1	3	5	7	9	Pasang surut
Kemudahan akses	9	7	5	3	1	3	5	7	9	Gelombang
Kedalaman air	9	7	5	3	1	3	5	7	9	Pasang surut
Kedalaman air	9	7	5	3	1	3	5	7	9	Gelombang
Pang surut	9	7	5	3	1	3	5	7	9	Gelombang

- 2) antara 2 sub kriteria yang dibandingkan, manakah yang lebih dipentingkan dalam kriteria biaya dan berapa nilainya?

Biaya lahan dan persiapan	9	7	5	3	1	3	5	7	9	Pipa untuk loading terminal
Biaya lahan dan persiapan	9	7	5	3	1	3	5	7	9	Fasilitas bersandar
Biaya lahan dan persiapan	9	7	5	3	1	3	5	7	9	Pengerukan
Pipa untuk loading terminal	9	7	5	3	1	3	5	7	9	Fasilitas bersandar
Pipa untuk loading terminal	9	7	5	3	1	3	5	7	9	Pengerukan
Fasilitas bersandar	9	7	5	3	1	3	5	7	9	Pengerukan

- 3) antara 2 subkriteria yang dibandingkan, manakah yang lebih dipentingkan dalam kriteria Environment dan berapa nilainya?

Keamanan	9	7	5	3	1	3	5	7	9	Karakter masyarakatnya
Keamanan	9	7	5	3	1	3	5	7	9	Fasilitas publik
Karakter masyarakatnya	9	7	5	3	1	3	5	7	9	Fasilitas publik

- 4) antara 2 subkriteria yang dibandingkan , manakah yang lebih dipentingkan dalam kriteria construction dan berpa nilainya?

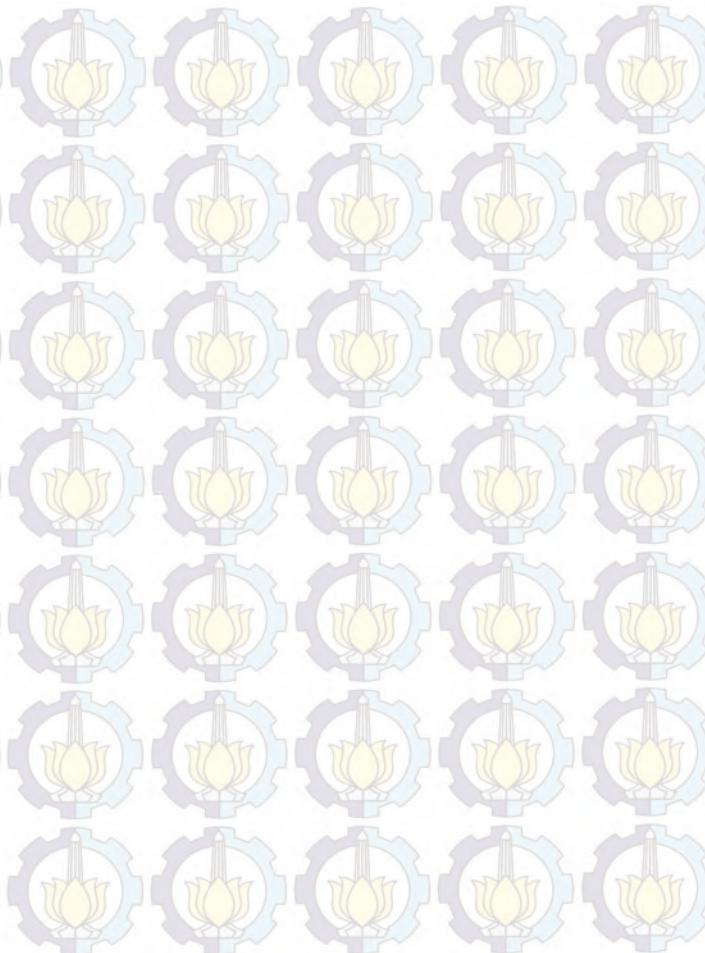
Lama pembangunan dan kontruksi	9	7	5	3	1	3	5	7	9	Akses jalan dan distribusi
Lama pembangunan dan kontruksi	9	7	5	3	1	3	5	7	9	Peluang bisnis masa depan
Akses jalan dan distribusi	9	7	5	3	1	3	5	7	9	Peluang bisnis masa depan

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

Unweighted Super matriks

Lanjutan Unweighted Super Matriks

Environment			Water Front			
Community Accesability	Public Falities	Safety & Security	Sustainability For Acces	Tide	Water Deep	Wave
0,095742	0,180083	0,167724	0,272585	0,387571	0,405779	0,081704
0,234925	0,114736	0,175330	0,131039	0,369741	0,396882	0,128279
0,469836	0,329422	0,334655	0,053899	0,098189	0,108118	0,562546
0,199497	0,375759	0,322290	0,542476	0,144499	0,144499	0,227471
0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
0,000000	0,500000	0,500000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
0,500000	0,000000	0,500000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
0,500000	0,500000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,333333	0,333333	0,333333
0,000000	0,000000	0,000000	0,333333	0,000000	0,333333	0,333333
0,000000	0,000000	0,000000	0,333333	0,333333	0,000000	0,333333
0,000000	0,000000	0,000000	0,333333	0,333333	0,333333	3,000000



Weighted Super matriks

Lanjutan Wighted Super matriks

Environment			Water Front			
Community Accesability	Public Falities	Safety & Security	Sustainability For Acces	Tide	Water Deep	Wave
0,047871	0,090041	0,083862	0,136293	0,193786	0,202890	0,040852
0,117463	0,057368	0,087665	0,065520	0,184870	0,198441	0,064139
0,234918	0,164711	0,167328	0,026950	0,049095	0,054059	0,281273
0,099748	0,187880	0,161145	0,271238	0,072250	0,044610	0,113736
0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
0,000000	0,250000	0,250000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
0,250000	0,000000	0,250000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
0,250000	0,250000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	1,666667	1,666667	1,666667
0,000000	0,000000	0,000000	1,666667	0,000000	1,666667	1,666667
0,000000	0,000000	0,000000	1,666667	1,666667	0,000000	1,666667
0,000000	0,000000	0,000000	1,666667	1,666667	1,666667	0,000000

Limiting Super matriks

Lanjutan limiting Super matriks

Environment			Water Front			
Community Accesability	Public Falities	Safety & Security	Sustainability For Acces	Tide	Water Deep	Wave
0,073925	0,073925	0,073925	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
0,087499	0,087499	0,087499	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
0,188985	0,188985	0,188985	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
0,149591	0,149591	0,149591	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
0,166667	0,166667	0,166667	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
0,166667	0,166667	0,166667	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
0,166667	0,166667	0,166667	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
0,000000	0,000000	0,000000	0,125000	0,125000	0,125000	0,125000
0,000000	0,000000	0,000000	0,125000	0,125000	0,125000	0,125000
0,000000	0,000000	0,000000	0,125000	0,125000	0,125000	0,125000
0,000000	0,000000	0,000000	0,125000	0,125000	0,125000	0,125000



Lampiran 2

Perhitungan Model 1

Input data		
SHIP DATA		
SHIP ZISE		
Coselle C16		
LPP	136,5	meter
B	23	
H	9	
T	7	
Coselle C20		
LPP	136,5	meter
B	23,5	
H	9,45	
T	8	
Coselle C25		
LPP	155,6	meter
B	23,5	
H	9,45	
T	8	
Coselle C30		
LPP	158	meter
B	28	
H	9,45	
T	8	
CNG Capacity (ton)		
Coselle C16	1288,30	ton
Coselle C20	1585,60	
Coselle C25	1982,00	
Coselle C30	2378,40	

CNG Capacity (m3)		
Coselle C16	1700,833	m3
Coselle C20	1256000,00	
Coselle C25	4719,48	
Coselle C30	4719,48	
Ship Loading/Unloading data		
Coselle C16	6	hour
Coselle C20	8	
Coselle C25	10	
Coselle C30	12	
Ship Speed		
Coselle C16	13	Knot
Coselle C20	13	
Coselle C25	14	
Coselle C30	14	
Ship crew		
Coselle C16	19	person
Coselle C20	19	
Coselle C25	19	
Coselle C30	19	
Ship main engine Power		
Coselle C16	2594,92	kw
Coselle C20	2606,76	
Coselle C25	2531,01	
Coselle C30	4180,87	
Ship main engine MFO		
Coselle C16	17,41	ton/day
Coselle C20	17,49	
Coselle C25	16,98	
Coselle C30	28,05	

Ship main engine MDO		
Coselle C16	2,61	ton/day
Coselle C20	2,62	
Coselle C25	2,55	
Coselle C30	4,21	
MFO & MDO Price		
MFO Price	611	US\$/Ton
MDO	904	
Voyage Data		
annual Docking	20	Day
emergency maintenance	15	
distance trip		
pagerungan-Bali	123,11	Nmiles
Pagerungan-NTB	94,49	
Pagerungan-NTT	109,6	
Production Capacity		
	80	MMSCFD
DEMAN CAPACITY		
Bali		
	372	MW
	53,1428571	MMSCFD
	384451,371	TPY
	1053,29143	TPD
NTB		
	142	MW
	20,2857143	MMSCFD
	146752,943	TPY
	402,062857	TPD

DEMAN CAPACITY		
NTT		
	58	MW
	8,28571429	MMSCFD
	59941,3429	TPY
	164,222857	TPD
Economic Data		
Averange crew cost	26847,00	US\$/mont
insurance cost	5,00	US\$/Ton
loan payment method	15	year
unit port charge	5,5	US\$/Ton
Konversi satuan		
100 MMSCFD	700	MW
100 MMSCFD	1982	TPD
1 MMSCF	19,82	ton
1MMSCFD gas	15700	m3 Gas
1 M3 LNG	600	M3 Gas

Equation

Equation				
Time Per Year				
Coselle C16	Bali	NTB	NTT	Unit
Operating day per year	325	325	325	days
Time at sea per round trip	18,94	14,54	16,86	hours
Total time taken for one round trip	24,94	20,54	22,86	hours
Coselle C20	Bali	NTB	NTT	Unit
Operating day per year	325	325	325	days
Time at sea per round trip	18,94	14,54	16,86	hours

Time Per Year				
Coselle C20	Bali	NTB	NTT	Unit
Total time taken for one round trip	26,94	22,54	24,86	hours
Coselle C25	Bali	NTB	NTT	Unit
Operating day per year	325	325	325	days
Time at sea per round trip	17,59	13,50	15,66	hours
Total time taken for one round trip	27,59	23,50	25,66	hours
Coselle C30	Bali	NTB	NTT	Unit
Operating day per year	325	325	325	days
Time at sea per round trip	17,59	13,50	15,66	hours
Total time taken for one round trip	29,59	25,50	27,66	hours
Operating Cost				
MFO Cost Per year	Bali	NTB	NTT	Unit
Coselle C16	-	-	-	US\$/Year
Coselle C20	-	-	-	US\$/Year
Coselle C25	-	778.018, 70	-	US\$/Year
Coselle C30	2.775.98 0,70	-	445.527, 77	US\$/Year
DO Cost Per year	Bali	NTB	NTT	Unit
Coselle C16	-	-	-	US\$/Year
Coselle C20	-	-	-	US\$/Year
Coselle C25	-	172.666, 67	-	US\$/Year
Coselle C30	616.076, 90	-	98.876,5 4	US\$/Year

Operating Cost				
Crew Cost Per Year	Bali	NTB	NTT	Unit
Coselle C16	-	-	-	US\$/Year
Coselle C20	-	-	-	US\$/Year
Coselle C25	-	387.997, 67	-	US\$/Year
Coselle C30	387.997, 67	-	387.997, 67	US\$/Year
Port Charge	Bali	NTB	NTT	Unit
Coselle C16	-	-	-	US\$/Year
Coselle C20	-	-	-	US\$/Year
Coselle C25	-	11.111.3 13,20	-	US\$/Year
Coselle C30	30.176.2 04,08	-	4.843.09 4,48	US\$/Year
Insurance Cost	Bali	NTB	NTT	Unit
Coselle C16	-	-	-	US\$/Year
Coselle C20	-	-	-	US\$/Year
Coselle C25	-	5.365.95 8,59	-	US\$/Year
Coselle C30	16.909.6 14,79	-	2.536.85 9,01	US\$/Year
Ship Charter Rate	Bali	NTB	NTT	Unit
Coselle C16	-	-	-	US\$/Year
Coselle C20	-	-	-	US\$/Year
Coselle C25	-	65.700.0 00,00	-	US\$/Year
Coselle C30	78.840.0 00,00	-	72.270.0 00,00	US\$/Year

Operating Cost				
Total Operating Cost	Bali	NTB	NTT	Unit
Coselle C16	-	-	-	US\$/Year
Coselle C20	-	-	-	US\$/Year
Coselle C25	-	83.515,9 54,83	-	US\$/Year
Coselle C30	129.705. 874,14	-	80.582,3 55,47	US\$/Year
Tota Ship Cost	129.705. 874,14	83.515,9 54,83	80.582,3 55,47	US\$/Year

Constraint dan luaran Model 1

Constraint				
SHIP CARRYING	Min Value	g(x)	max value	unit
Ship Carrying Capacityt Bali	384451,37	385300,80	768902,74	Ton/ year
Ship Carrying Capacityt NTB	146752,94	148650,00	293505,89	Ton/ year
Ship Carrying Capacityt NTT	59941,34	61838,40	119882,69	Ton/ year
Operating day	Min Value	g(x)	max value	unit
Ship Round Trip Day To Bali	0	4.793,12	7.800,00	hour
Ship Round Trip Day To NTB	0	1.762,39	7.800,00	hour
Ship Round Trip Day To NTT	0	719,09	7.800,00	hour

Output				
Bali	Min Value	g(x)	max value	unit
Coselle C16	0	0	100	unit
Coselle C20	0	0	100	unit
Coselle C25	0	0	100	unit
Coselle C30	0	1	100	unit
NTB	Min Value	g(x)	max value	unit
Coselle C16	0	0	100	unit
Coselle C20	0	0	100	unit
Coselle C25	0	1	100	unit
Coselle C30	0	0	100	unit
NTT	Min Value	g(x)	1	unit
Coselle C16	0	0	100	unit
Coselle C20	0	0	100	unit
Coselle C25	0	0	100	unit
Coselle C30	0	1	100	unit
Round Trip				
Bali	Min Value	g(x)	max value	unit
Coselle C16	0	0	1000	Times/year
Coselle C20	0	0	1000	Times/year
Coselle C25	0	0	1000	Times/year
Coselle C30	0	162	1000	Times/year
NTB	Min Value	g(x)	max value	unit
Coselle C16	0	0	1000	Times/year
Coselle C20	0	0	1000	Times/year
Coselle C25	0	75	1000	Times/year
Coselle C30	0	0	1000	Times/year

Round Trip				
NTT	Min Value	g(x)	max value	unit
Coselle C16	0	0	1000	Times/year
Coselle C20	0	0	1000	Times/year
Coselle C25	0	0	1000	Times/year
Coselle C30	0	26	1000	Times/year
Objective Function				
Total Investasi + Annual Operation			\$	293.804.184,44

Perhitungan Model 2

Input data

SHIP DATA		
SHIP ZIZE		
Coselle C16		
LPP	136,5	Meter
B	23	
H	9	
T	7	
Coselle C20		
LPP	136,5	Meter
B	23,5	
H	9,45	
Coselle C25		
LPP	155,6	Meter
B	23,5	
H	9,45	
T	8	

SHIP DATA		
SHIP ZIZE		
Coselle C30		
LPP	158	Meter
B	28	
H	9,35	
T	8	
CNG Capacity (ton)		
Coselle C16	1288,30	Ton
Coselle C20	1585,60	
Coselle C25	1982,00	
Coselle C30	2378,40	
CNG Capacity (m3)		
Coselle C16	1840595,25	m3
Coselle C20	2265348,00	
Coselle C25	2831685,00	
Coselle C30	3398022,00	
Ship Loading/Unloading data		
Coselle C16	6	Hour
Coselle C20	8	
Coselle C25	10	
Coselle C30	12	
Ship Speed		
Coselle C16	13	Knot
Coselle C20	13	
Coselle C25	14	
Coselle C30	14	

SHIP DATA		
Ship crew		
Coselle C16	19	person
Coselle C20	19	
Coselle C25	19	
Coselle C30	19	
Ship main engine Power		
Coselle C16	2594,92	kw
Coselle C20	2606,76	
Coselle C25	2531,01	
Coselle C30	4180,87	
Ship main engine MFO		
Coselle C16	17,41	ton/day
Coselle C20	17,49	
Coselle C25	16,98	
Coselle C30	28,05	
Ship main engine MDO		
Coselle C16	2,61	ton/day
Coselle C20	2,62	
Coselle C25	2,55	
Coselle C30	4,21	
MFO & MDO Price		
MFO Price	611	US\$/Ton
MDO	904	
Voyage Data		
annual Docking	20	Day
emergency maintenance	15	

SHIP DATA		
Voyage Data		
distance trip		
pagerungan-Bali	123,11	Nmiles
Pagerungan-NTB	204,09	
Production Capacity		
	80	MMSCFD
DEMAN CAPACITY		
Bali		
	372	MW
	53,14285714	MMSCFD
	384451,3714	TPY
	1053,291429	TPD
NTB & NTT		
	200	MW
	28,57142857	MMSCFD
	206694,2857	TPY
	566,2857143	TPD
Economic Data		
Average crew cost	26847,00	US\$/mont
insurance cost	5,00	US\$/Ton
loan payment method	15	year
unit port charge	5,5	US\$/Ton
Konversi satuan		
100 MMSCFD	700	MW
100 MMSCFD	1982	TPD
1 MMSCF	19,82	ton
1 MMSCFD	1000	mmbtu
1MMSCFD gas	15700	m3 Gas

Equation

Equation			
Time Per Year			
Coselle C16	Bali	NTB & NTT	Unit
Operating day per year	325	325	days
Time at sea per round trip	18,94	31,40	hours
Total time taken for one round trip	24,94	37,40	hours
Number of Voyage per year (round trip)	306,80	247,34	times
Number of Voyage per Mount (round trip)	25,57	20,61	times
Total Round Trip			days
Coselle C20	Bali	NTB & NTT	Unit
Operating day per year	325	325	days
Time at sea per round trip	18,94	31,40	hours
Total time taken for one round trip	26,94	39,40	hours
Number of Voyage per year (round trip)	269,27	211,71	times
Number of Voyage per Mount (round trip)	22,44	17,64	times
Total Round Trip			days
Coselle C25	Bali	NTB & NTT	Unit
Operating day per year	325	325	days
Time at sea per round trip	17,59	29,16	hours
Total time taken for one round trip	27,59	39,16	hours
Number of Voyage per year (round trip)	220,59	168,33	times

Equation			
Time Per Year			
Coselle C30	Bali	NTB & NTT	Unit
Operating day per year	325	325	days
Time at sea per round trip	17,59	29,16	hours
Total time taken for one round trip	29,59	41,16	hours
Number of Voyage per year (round trip)	197,15	147,44	times
Number of Voyage per Mount (round trip)	16,43	12,29	times
Operating Cost			
MFO Cost Per year	Bali	NTB & NTT	Unit
Coselle C16	-	-	US\$/Year
Coselle C20	-	-	US\$/Year
Coselle C25	2.012.475,04	-	US\$/Year
Coselle C30	-	1.490.804,45	US\$/Year
DO Cost Per year	Bali	NTB & NTT	Unit
Coselle C16	-	-	US\$/Year
Coselle C20	-	-	US\$/Year
Coselle C25	446.631,12	-	US\$/Year
Coselle C30	-	330.856,11	US\$/Year
Crew Cost Per Year	Bali	NTB & NTT	Unit
Coselle C16	-	-	US\$/Year
Coselle C20	-	-	US\$/Year

Operating Cost			
Crew Cost Per Year	Bali	NTB & NTT	Unit
Coselle C25	775.995,35	-	US\$/Year
Coselle C30	-	387.997,67	US\$/Year
Port Charge	Bali	NTB & NTT	Unit
Coselle C16	-	-	US\$/Year
Coselle C20	-	-	US\$/Year
Coselle C25	14.370.631,74	-	US\$/Year
Coselle C30	-	16.205.739,23	US\$/Year
Insurance Cost	Bali	NTB & NTT	Unit
Coselle C16	-	-	US\$/Year
Coselle C20	-	-	US\$/Year
Coselle C25	134.682,58	-	US\$/Year
Coselle C30	-	84.669,48	US\$/Year
Ship Charte Rate	Bali	NTB & NTT	Unit
Coselle C16	-	-	US\$/Year
Coselle C20	-	-	US\$/Year
Coselle C25	138.700.000,00	-	US\$/Year
Coselle C30	-	72.270.000,00	US\$/Year
Total Operating Cost	Bali	NTB & NTT	Unit
Coselle C16	-	-	US\$/Year

Operating Cost			
Total Operating Cost	Bali	NTB & NTT	Unit
Coselle C20	-	-	US\$/Year
Coselle C25	156.440.415,83	-	US\$/Year
Coselle C30	-	90.770.066,95	US\$/Year
Tota Ship Cost	156.440.415,83	90.770.066,95	

Constrain dan Luaran Model 2

Constraint				
SHIP CARRYING	Min Value	g(x)	max value	unit
Ship Carrying Capacety Bali	384451, 37	384508	768902, 7429	Ton/year
Ship Carrying Capacety NTB & NTT	206694, 29	206920, 8	413388, 5714	Ton/year
Round Trip Day	Min Value	g(x)	max value	unit
Ship Round Trip Day To Bali	0	2675,95 2857	7800	jam
Ship Round Trip Day To NTB & NTT	0	3580,54 7143	7800	jam

Output				
Bali	Min Value	g(x)	max value	unit
Coselle C16	0	0	100	unit
Coselle C20	0	0	100	unit
Coselle C25	0	2	100	unit
Coselle C30	0	0	100	unit
NTB-NTT	Min Value	g(x)	max value	unit
Coselle C16	0	0	100	unit

Output				
NTB-NTT	Min Value	g(x)	max value	unit
Coselle C20	0	0	100	unit
Coselle C25	0	0	100	unit
Coselle C30	0	1	100	unit
Round Trip				
Bali	Min Value	g(x)	max value	unit
Coselle C16	0	0	100	time/year
Coselle C20	0	0	100	time/year
Coselle C25	0	97	100	time/year
Coselle C30	0	0	100	time/year
NTB-NTT	Min Value	g(x)	max value	unit
Coselle C16	0	0	100	time/year
Coselle C20	0	0	100	time/year
Coselle C25	0	0	100	time/year
Coselle C30	0	87	100	time/year
Objective Function				
Total Investasi + Annual Operation			247.210.482,78	

Perhitungan pada model 3

Input data

SHIP DATA		
SHIP SIZE		
Coselle C16		
LPP	136,5	meter
B	23	
H	9	
T	9,45	
Coselle C20		
LPP	136,5	meter
B	23,5	
H	9,45	
T	8	
Coselle C25		
LPP	155,6	meter
B	23,5	
H	9,45	
T	8	
Coselle C30		
LPP	158	meter
B	28	
H		
T	8	
CNG Capacity (ton)		
Coselle C16	1288,30	ton
Coselle C20	1585,60	
Coselle C25	1982,00	
Coselle C30	2378,40	

SHIP DATA		
CNG Capacity (m3)		
Coselle C16	1840595,028	
Coselle C20	2265347,727	
Coselle C25	2831684,659	m3
Coselle C30	3398021,591	
Ship Loading/Unloading data		
Coselle C16	6	
Coselle C20	8	
Coselle C25	10	
Coselle C30	12	hour
Ship Speed		
Coselle C16	13	
Coselle C20	13	
Coselle C25	14	
Coselle C30	14	Knot
Ship crew		
Coselle C16	19	
Coselle C20	19	
Coselle C25	19	
Coselle C30	19	person
Ship main engine Power		
Coselle C16	2594,92	
Coselle C20	2606,76	
Coselle C25	2531,01	
Coselle C30	4180,87	kw

SHIP DATA		
Ship main engine MFO		
Coselle C16	17,41	ton/day
Coselle C20	17,49	
Coselle C25	16,98	
Coselle C30	28,05	
Ship main engine MDO		
Coselle C16	2,61	ton/day
Coselle C20	2,62	
Coselle C25	2,55	
Coselle C30	4,21	
MFO & MDO Price		
MFO Price	611	US\$/Ton
MDO	904	
Voyage Data		
annual Docking	20	Day
emergency maintenance	15	
distance trip		
pagerungan-Bali-NTB-NTT	327,2	Nmiles
Production Capacity		
	80	MMSCFD
DEMAN CAPACITY		
Bali-NTB-NTT		
	572	MW
	81,71428571	MMSCFD
	591145,6571	TPY
	1619,577143	TPD

SHIP DATA		
DEMAN CAPACITY		
Bali-NTB-NTT		
	572	MW
	81,71428571	MMSCFD
	591145,6571	TPY
	1619,577143	TPD
Economic Data		
Average crew cost	26847,00	US\$/mont
insurance cost	5,00	US\$/Ton
loan payment method	15	year
unit port charge	5,5	US\$/Ton
Konversi satuan		
100 MMSCFD	700	MW
100 MMSCFD	1982	TPD
1 MMSCF	19,82	ton
1 MMSCFD	1000	mmbtu
1MMSCFD gas	15700	m3 Gas

Equation		
Equation		
Time Per Year		
Coselle C16	Bali -NTB-NTT	Unit
Operating day per year	325	days
Time at sea per round trip	50,34	hours
Total time taken for one round trip	56,34	hours
Number of Voyage per year (round trip)	1.065,66	times
Number of Voyage per Mount (round trip)	88,81	times

Equation		
Time Per Year		
Coselle C20	Bali -NTB-NTT	Unit
Operating day per year	325	days
Time at sea per round trip	50,34	hours
Total time taken for one round trip	58,34	hours
Number of Voyage per year (round trip)	368,85	times
Number of Voyage per Mount (round trip)	30,74	times
Coselle C25	Bali -NTB-NTT	Unit
Operating day per year	325	days
Time at sea per round trip	46,74	hours
Total time taken for one round trip	56,74	hours
Number of Voyage per year (round trip)	295,08	times
Number of Voyage per Mount (round trip)	24,59	times
Coselle C30	Bali -NTB-NTT	Unit
Operating day per year	325	days
Time at sea per round trip	46,74	hours
Total time taken for one round trip	58,74	hours
Number of Voyage per year (round trip)	245,90	times
Number of Voyage per Mount (round trip)	20,49	times
Operating Cost		
MFO Cost Per year	Bali -NTB-NTT	Unit
Coselle C16	-	US\$/Year
Coselle C20	-	US\$/Year
Coselle C25	-	US\$/Year
Coselle C30	4.266.785,16	US\$/Year

Equation		
Operating Cost		
Coselle C16	-	US\$/Year
Coselle C20	-	US\$/Year
Coselle C25	-	US\$/Year
Coselle C30	4.266.785,16	US\$/Year
DO Cost Per year	Bali -NTB-NTT	Unit
Coselle C16	-	US\$/Year
Coselle C20	-	US\$/Year
Coselle C25	-	US\$/Year
Coselle C30	946.933,01	US\$/Year
Crew Cost Per Year	Bali -NTB-NTT	Unit
Coselle C16	-	US\$/Year
Coselle C20	-	US\$/Year
Coselle C25	-	US\$/Year
Coselle C30	1.163.993,02	US\$/Year
Port Charge	Bali -NTB-NTT	Unit
Coselle C16	-	US\$/Year
Coselle C20	-	US\$/Year
Coselle C25	-	US\$/Year
Coselle C30	30.921.295,53	US\$/Year

Equation		
Operating Cost		
Insurance Cost	Bali -NTB-NTT	Unit
Coselle C16	-	US\$/Year
Coselle C20	-	US\$/Year
Coselle C25	-	US\$/Year
Coselle C30	254.008,45	US\$/Year
Ship Charte Rate	Bali -NTB-NTT	Unit
Coselle C16	-	US\$/Year
Coselle C20	-	US\$/Year
Coselle C25	-	US\$/Year
Coselle C30	315.360.000,00	US\$/Year
Total Operating Cost	Bali -NTB-NTT	Unit
Coselle C16	-	US\$/Year
Coselle C20	-	US\$/Year
Coselle C25	-	US\$/Year
Coselle C30	352.913.015,17	US\$/Year
Tota Ship Cost	352.913.015,17	US\$/Year

Constrain dan luaran model 3

Constraint				
SHIP CARRYING	Min Value	g(x)	max value	unit
Ship Carrying Capacityt Bali	591145,66	592221,6	709374,8	Ton/year
Roun Trip Day	Min Value	g(x)	max value	unit
Ship Round Trip Day To Bali	0	4.875,66	7800	jam

Output				
Bali-NTB-NTT	Min Value	g(x)	max value	unit
Coselle C16	0	0	100	unit
Coselle C20	0	0	100	unit
Coselle C25	0	0	100	unit
Coselle C30	0	3	100	unit

Round Trip				
Bali-NTB-NTT	Min Value	g(x)	max value	unit
Coselle C16	0	0	100	time/year
Coselle C20	0	0	100	time/year
Coselle C25	0	0	100	time/year
Coselle C30	0	83	100	time/year

Objective Function		352.913.015,17
Total investasi + Annual Operation		

Lampiran 3

**Perhitungan Capital Investment
Biaya CAPEX dan OPEX**

INVESTATION	Unit	Value
Mini CNG Plant (including storage tank)	US\$	100.000.000
Loading terminal (jetty facilities)	US\$	90.000.000
CNG Coselle	US\$	902.100.000
Receiving terminal (jetty facilities)	US\$	6.006.195
Compressor facilities	US\$	3.240.000
TOTAL I NVESTASI	US\$	1.101.346.195
OPERATIONAL	unit	Value
Operasional Kapal		
MFO cost per year	US\$-year	1.490.804
LO cost per year	US\$-year	330.856
Ship crew cost per year	US\$-year	387.998
Port charges	US\$-year	16.205.739
Insurance Cost	US\$-year	84.669
Total Ship Operating Cost	US\$/year	18.500.067
Operasional Plant		
Power Requirement at Loading terminal	KW	1.007
Power Requirement at receiving terminal	KW	3.021
Total power requirement	KW	4.028
Electricity rate	US\$/KWH	0,77
Annual electricity cost	US\$/year	27.169.666

INVESTATION	Unit	Value
Operasional Plant		
Power Requirement at Loading terminal	KW	1.007
Power Requirement at receiving terminal	KW	3.021
Total power requirement	KW	4.028
Electricity rate	US\$/KWH	0,77
Annual electricity cost	US\$/year	27.169.666
Annual maintenance cost	US\$/year	5.506.731
Crew Cost	US\$/year	387.998
Total Operational Cost Plant	US\$/year	33.064.394
Total oprasional		51.564.461

Revenue		
Revenue	unit	Value
Amount of processed gas	mmscf/d	82
Amount of processed gas	Bbtud	95
Amount of processed gas	mmbtud	95.204
Amount of processed gas	mmbtu-year	34.749.387

		SKENARIO 1 margin jual US\$ 4,00	SKENARIO 2 margin jual US\$ 4,25
Feed gas price	US\$	7,00	7,00
Processing-CNG-transportation cost	US\$	3,00	3,00
margin	US\$	4,00	4,25
Selling price to power plant	US\$	14,00	14,25
Annual revenue	US\$	138.997.548,00	147.684.894,75

		SKENARIO 3 margin jual US\$ 4.50	SKENARIO 4 margin jual US\$ 4.75
Feed gas price	US\$	7,00	7,00
Processing-CNG-transportation cost	US\$	3,00	3,00
margin	US\$	4,50	4,75
Selling price to power plant	US\$	14,50	14,75
Annual revenue	US\$	156.372.241,50	165.059.588,25

		SKENARIO 5 margin jual US\$ 5,00	SKENARIO 6 margin jual US\$ 5.50
Feed gas price	US\$	7,00	7,00

		SKENARIO 5 margin jual US\$ 5,00	SKENARIO 6 margin jual US\$ 5.50
Processing-CNG-transportation cost	US\$	3,00	3,00
margin	US\$	5,00	5,50
Selling price to power plant	US\$	15,00	15,50
Annual revenue	US\$	173.746.935,00	191.121.628,50

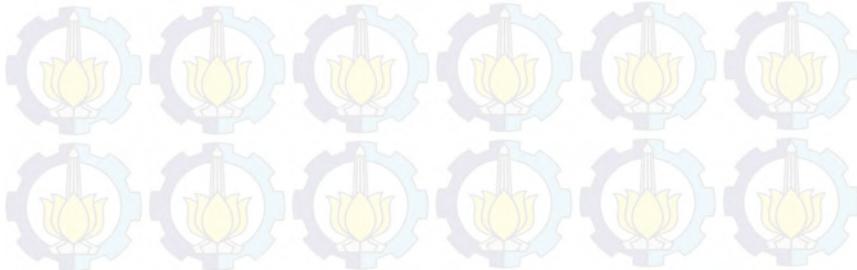
Loan

	Units	Value
Total Investation Cost	US\$	1.101.346.195
Portion of Loans	%	80%
Period of Loans	year	20

Total of Loans	US\$	881.076.956
Interest	%	9,00%

No	Tahun	Pembayaran Cicilan	Pinjaman Pokok	Bunga	Saldo Pinjaman Pokok	Bunga
1	2015	\$96.518.875	\$17.221.949	\$79.296.926	\$863.855.007	9%
2	2016	\$96.518.875	\$18.771.924	\$77.746.951	\$845.083.083	9%
3	2017	\$96.518.875	\$20.461.397	\$76.057.477	\$824.621.686	9%
4	2018	\$96.518.875	\$22.302.923	\$74.215.952	\$802.318.763	9%
5	2019	\$96.518.875	\$24.310.186	\$72.208.689	\$778.008.577	9%
6	2020	\$96.518.875	\$26.498.103	\$70.020.772	\$751.510.474	9%

No	Tahun	Pembayaran Cicilan	Pinjaman Pokok	Bunga	Saldo Pinjaman Pokok	Bunga
7	2021	\$96.518.875	\$28.882.932	\$67.635.943	\$722.627.542	9%
8	2022	\$96.518.875	\$31.482.396	\$65.036.479	\$691.145.146	9%
9	2023	\$96.518.875	\$34.315.812	\$62.203.063	\$656.829.334	9%
10	2024	\$96.518.875	\$37.404.235	\$59.114.640	\$619.425.100	9%
11	2025	\$96.518.875	\$40.770.616	\$55.748.259	\$578.654.484	9%
12	2026	\$96.518.875	\$44.439.971	\$52.078.904	\$534.214.513	9%
13	2027	\$96.518.875	\$48.439.569	\$48.079.306	\$485.774.944	9%
14	2028	\$96.518.875	\$52.799.130	\$43.719.745	\$432.975.815	9%
15	2029	\$96.518.875	\$57.551.051	\$38.967.823	\$375.424.763	9%
16	2030	\$96.518.875	\$62.730.646	\$33.788.229	\$312.694.117	9%
17	2031	\$96.518.875	\$68.376.404	\$28.142.471	\$244.317.713	9%
18	2032	\$96.518.875	\$74.530.281	\$21.988.594	\$169.787.432	9%
19	2033	\$96.518.875	\$81.238.006	\$15.280.869	\$88.549.426	9%
20	2034	\$96.518.875	\$88.549.426	\$7.969.448	\$0	9%
21	2035	\$0	\$0	\$0	\$0	9%
22	2036	\$0	\$0	\$0	\$0	9%
23	2037	\$0	\$0	\$0	\$0	9%
24	2038	\$0	\$0	\$0	\$0	9%



ECONOMIC FEASIBILITY STUDY (MARGIN US\$ 5.50)

		Units	Value
CAPEX (Capital Expenditure)	Total Investation Cost	US\$	1.101.346.195
OPEX (Operational Expenditure)	Total Operational Cost	US\$/year	33.064.394
	Tax	%/year	35
	Depreciation	US\$/year	55.067.310
Revenue	Annual Revenue	US\$	191.121.629
Inflation		%	5%

No.	Year	CAPEX	Revenue	Operational Cost	Interest	Depreciation	Earning Before Tax	Tax
1	2014	\$220.269.239			\$79.296.926			
2	2015				\$77.746.951			
3	2016		\$191.121.629	\$33.064.394	\$76.057.477	\$27.533.655	\$54.466.102	\$19.063.136

No.	Year	CAPEX	Revenue	Operational Cost	Interest	Depreciation	Earning Before Tax	Tax
5	2018		\$194,944.061	\$34,400.196	\$72,208.689	\$55,067.310	\$33,267.867	\$11,643.753
6	2019		\$194,944.061	\$35,088.200	\$70,020.772	\$55,067.310	\$34,767.780	\$12,168.723
7	2020		\$194,944.061	\$35,789.964	\$67,635.943	\$55,067.310	\$36,450.845	\$12,757.796
8	2021		\$194,944.061	\$36,505.763	\$65,036.479	\$55,067.310	\$38,334.510	\$13,417.078
9	2022		\$194,944.061	\$37,235.878	\$62,203.063	\$55,067.310	\$40,437.810	\$14,153.233
10	2023		\$194,944.061	\$37,980.596	\$59,114.640	\$55,067.310	\$42,781.515	\$14,973.530
11	2024		\$194,944.061	\$38,740.208	\$55,748.259	\$55,067.310	\$45,388.285	\$15,885.900
12	2025		\$194,944.061	\$39,515.012	\$52,078.904	\$55,067.310	\$48,282.836	\$16,898.993
13	2026		\$194,944.061	\$40,305.312	\$48,079.306	\$55,067.310	\$51,492.133	\$18,022.247
14	2027		\$194,944.061	\$41,111.418	\$43,719.745	\$55,067.310	\$55,045.588	\$19,265.956
15	2028		\$194,944.061	\$41,933.647	\$38,967.823	\$55,067.310	\$58,975.281	\$20,641.348
16	2029		\$194,944.061	\$42,772.320	\$33,788.229	\$55,067.310	\$63,316.203	\$22,160.671
17	2030		\$194,944.061	\$43,627.766	\$28,142.471	\$55,067.310	\$68,106.515	\$23,837.280
18	2031		\$194,944.061	\$44,500.321	\$21,988.594	\$55,067.310	\$73,387.836	\$25,685.743
19	2032		\$194,944.061	\$45,390.328	\$15,280.869	\$55,067.310	\$79,205.555	\$27,721.944

No.	Year	CAPEX	Revenue	Operational Cost	Interest	Depreciation	Earning Before Tax	Tax
19	2032		\$194,944.061	\$45,390.328	\$15,280.869	\$55,067.310	\$79,205.555	\$27,721.944
20	2033		\$194,944.061	\$46,298.134	\$7,969.448	\$55,067.310	\$85,609.169	\$29,963.209
21	2034		\$194,944.061	\$47,224.097	\$0	\$55,067.310	\$92,652.654	\$32,428.429
22	2035		\$194,944.061	\$48,168.579	\$0	\$55,067.310	\$91,708.172	\$32,097.860
23	2036		\$194,944.061	\$48,168.579	\$0	\$27,533.655	\$119,241.827	\$41,734.640

No.	Year	Earning After Tax	Installment Loans	Cash Flow	Discount Factor	Cash Flow Discounted	Cummulative Cash Flow Discounted	PP (Payback Period)
1	2014		\$17,221.949	\$237,491.188	0,9524	\$226,182,084	-\$226,182,084	0 0,000
2	2015		\$18,771.924	-\$18,771.924	0,9070	-\$17,026,689	-\$243,208,772	0 0,000
3	2016	\$62,936.621	\$20,461.397	\$42,475.224	0,8638	\$36,691,695	-\$206,517,077	0 0,000
4	2017	\$75,825.136	\$22,302.923	\$53,522,213	0,8227	\$44,032,857	-\$162,484,220	0 0,000
5	2018	\$76,691.423	\$24,310.186	\$52,381.237	0,7835	\$41,042,070	-\$121,442,150	0 0,000
6	2019	\$77,666.367	\$26,498.103	\$51,168,264	0,7462	\$38,182,546	-\$83,259,603	0 0,000

No.	Year	Earning After Tax	Installment Loans	Cash Flow	Discount Factor	Cash Flow Discounted	Cummulative Cash Flow Discounted	PP (Payback Period)
7	2020	\$78,760.359	\$28,882,932	\$49,877,427	0,7107	\$35,446,956	-\$47,812,647	0 0,000
8	2021	\$79,984,741	\$31,482,396	\$48,502,345	0,6768	\$32,828,296	-\$14,984,351	0 0,000
9	2022	\$81,351,886	\$34,315,812	\$47,036,075	0,6446	\$30,319,873	\$15,335,522	1 5,994
10	2023	\$82,875,295	\$37,404,235	\$45,471,060	0,6139	\$27,915,286	\$43,250,809	2 0,000
11	2024	\$84,569,695	\$40,770,616	\$43,799,079	0,5847	\$25,608,414	\$68,859,223	3 0,000
12	2025	\$86,451,153	\$44,439,971	\$42,011,182	0,5568	\$23,393,398	\$92,252,621	4 0,000
13	2026	\$88,537,196	\$48,439,569	\$40,097,628	0,5303	\$21,264,628	\$113,517,249	5 0,000
14	2027	\$90,846,942	\$52,799,130	\$38,047,812	0,5051	\$19,216,731	\$132,733,980	6 0,000
15	2028	\$93,401,243	\$57,551,051	\$35,850,191	0,4810	\$17,244,555	\$149,978,535	7 0,000
16	2029	\$96,222,842	\$62,730,646	\$33,492,196	0,4581	\$15,343,161	\$165,321,695	8 0,000
17	2030	\$99,336,544	\$68,376,404	\$30,960,140	0,4363	\$13,507,807	\$178,829,502	9 0,000
18	2031	\$102,769,403	\$74,530,281	\$28,239,122	0,4155	\$11,733,939	\$190,563,441	10 0,000
19	2032	\$106,550,920	\$81,238,006	\$25,312,914	0,3957	\$10,017,180	\$200,580,620	11 0,000
20	2033	\$110,713,269	\$88,549,426	\$22,163,843	0,3769	\$8,353,319	\$208,933,940	12 0,000
21	2034	\$115,291,535	\$0	\$115,291,535	0,3589	\$41,383,016	\$250,316,956	13 0,000

No.	Year	Earning After Tax	Installment Loans	Cash Flow	Discount Factor	Cash Flow Discounted	Cummulative Cash Flow Discounted	PP (Payback Period)	
22	2035	\$114.677,622	\$0	\$114.677,622	0,3418	\$39.202,530	\$289.519,486	14	0,000
23	2036	\$105.040,843	\$0	\$105.040,843	0,3256	\$34.198,284	\$323.717,770	15	0,000

Result

	Objective	Units	Value
NPV (Net Present Value)	NPV > 0	\$	323.717,770
IRR (Interest Rate Return)	IRR > Inflation	%	15,44%
PP (Payback Period)	PP < life time	year	5,99
PI (Profitability Index)	PI > 1		2,33

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BIODATA PENULIS



Penulis merupakan anak pertama dari dua bersaudara dari pasangan Mistawi dan Jatim Fatimah yang dilahirkan pada 03 Juni 1991 di Kepulauan Kangean Kabupaten Sumenep- Jawa Timur. Penulis telah menyelesaikan pendidikan formal yaitu di SDN Kalinganyar, SMPN 1 Arjasa Sumenep, SMAN 1 Arjasa Sumenep. Setelah lulus SMA, penulis melanjutkan studinya di Jurusan Teknik Sistem Perkapalan, FTK-ITS melalui jalur PMDK Reguler pada tahun 2010. Selama masa perkuliahan, penulis mendapatkan Beasiswa dari Beastudi Etos Surabaya selama 3 tahun dengan fasilitas uang saku dan asrama mahasiswa. Penulis pernah aktif di beberapa organisasi kemahasiswaan, utamanya yang berbau kerohanian islam, diantaranya pernah diamanahi sebagai KaDept Syi'ar LDJ Al mi'raj Teknik sistem Perkapalan, sebagai KaDept Kaderisasi LDJ Al mi'raj Teknik sistem Perkapalan, sebagai KaDiv pembinaan Kaderisasi Lembaga Dakwah Kampus JMMI ITS, dan sebagai Bendahara Umum Lembaga Dakwah Kampus JMMI ITS. Selain itu penulis juga aktif di berbagai kegiatan sosial diantaranya pernah menjadi pengurus Sekolah Desa Produktif (SDP) Kedung Cowek Surabaya, dan juga pernah menjadi relawan pengajar untuk anak-anak SD Kejawen Surabaya. Penulis pernah mengikuti *On The Job Training* (OJT) di PT. Meratus Line pada Divisi Armada dan di PT. Biro Klasifikasi Indonesia cabang Surabaya di bagian Surveyor.

Email : abdulgafur84@yahoo.com /
abdul.gafur10@mhs.ne.its.ac.id