



**TUGAS AKHIR – ME 184834**

**METODE FUZZY ANALYTICAL HIERARCHY PROCESS UNTUK  
PEMILIHAN TIPE TERMINAL LNG: STUDI KASUS WILAYAH AMBON**

Putu Widhi Aprilia

NRP 04211540000017

Dosen Pembimbing

Prof. Dr. Ketut Buda Artana, ST., M.Sc

A.A. Bagus Dinariyana Dwi P., ST., MES., Ph.D

DEPARTEMEN TEKNIK SISTEM PERKAPALAN

Fakultas Teknologi Kelautan

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Surabaya

2019





**TUGAS AKHIR – ME 184834**

**METODE FUZZY ANALYTICAL HIERARCHY PROCESS UNTUK  
PEMILIHAN TIPE TERMINAL LNG: STUDI KASUS WILAYAH AMBON**

Putu Widhi Aprilia  
NRP 04211540000017

Dosen Pembimbing  
Prof. Dr. Ketut Buda Artana, S.T., M.Sc.  
A.A. Bagus Dinariyana Dwi P., S.T., MES., Ph.D

**DEPARTEMEN TEKNIK SISTEM PERKAPALAN  
FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA  
2019**





**BACHELOR THESIS – ME 184834**

**METHOD OF FUZZY ANALYTICAL HIERARCHY PROCESS FOR  
SELECTION OF TERMINAL LNG TYPE: CASE STUDY OF AMBON**

Putu Widhi Aprilia  
NRP. 04211540000017

Supervisors

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

A.A. Bagus Dinariyana Dwi P., S.T., MES., Ph.D

**DEPARTMENT OF MARINE ENGINEERING  
FACULTY OF MARINE TECHNOLOGY  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA  
2019**



**LEMBAR PENGESAHAN**

**METODE FUZZY ANALYTICAL HIERARCHY PROCESS UNTUK  
PEMILIHAN TIPE TERMINAL LNG: STUDI KASUS WILAYAH AMBON**

**TUGAS AKHIR**

Diajukan untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar Sarjana Teknik  
pada

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

Program Studi S-1 Departemen Teknik Sistem Perkapalan

Fakultas Teknologi Kelautan

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

**PUTU WIDHI APRILIA**

NRP. 0421154000017

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir:

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



A.A. Bagus Dinariyana Dwi P., S.T., MES., Ph.D







## LEMBAR PENGESAHAN

### **METODE *FUZZY* ANALYTICAL HIERARCHY PROCESS UNTUK PEMILIHAN TIPE TERMINAL LNG: STUDI KASUS WILAYAH AMBON**

#### **TUGAS AKHIR**

Diajukan untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar Sarjana Teknik  
pada

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

Program Studi S-1 Departemen Teknik Sistem Perkapalan

Fakultas Teknologi Kelautan

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

**PUTU WIDHI APRILIA**

NRP. 0421154000017

Disetujui oleh Kepala Departemen Teknik Sistem Perkapalan:





# Metode Fuzzy Analytical Hierarchy Process Untuk Pemilihan Tipe Terminal LNG: Studi Kasus Wilayah Ambon

Nama Mahasiswa : Putu Widhi Aprilia  
NRP : 0421154000017  
Dosen Pembimbing 1 : Prof. Dr. Ketut Buda Artana, ST., M.Sc  
Dosen Pembimbing 2 : A.A. Bagus Dinariyana Dwi P., ST., MES., Ph.D

## Abstrak

Seiring dengan pertumbuhan ekonomi dan penduduk, kebutuhan listrik di Indonesia semakin bertambah setiap tahunnya. Salah satu wilayah di Indonesia Timur yang mengalami kekurangan pasokan listrik yaitu wilayah Maluku. Mengacu pada RUPTL PLN 2018 terjadi kekurangan cadangan listrik sebesar 30% di sistem kelistrikan Ambon. Untuk mengatasi kurangnya pasokan listrik tersebut, PLN mencanangkan pembangunan pembangkit berjenis PLTG/MG/GU di wilayah Maluku dengan LNG sebagai bahan bakarnya. Pemanfaatan LNG sebagai sumber energi untuk pembangkit listrik di wilayah Maluku tentu harus ditunjang dengan tersedianya fasilitas terminal penerima LNG. Pada studi ini terdapat dua lingkup penelitian yang menjadi pembahasan, yaitu menentukan kapasitas terminal hub LNG berdasarkan skenario distribusi LNG di Maluku dan memilih tipe terminal hub yang nantinya akan diletakkan di Ambon. Penentuan skenario distribusi LNG dilakukan dengan mengklusterkan seluruh pembangkit listrik bertenaga gas di wilayah Maluku dengan metode *K-Means Clustering*. Kemudian menentukan kapal LNG yang sesuai sehingga diketahui *round trip time* dan kapasitas tangki penyimpanan. Proses pemilihan tipe terminal hub LNG dilakukan dengan menggunakan metode *Fuzzy Analytical Hierarchy Process*. *Fuzzy-AHP* merupakan pengembangan dari metode AHP dengan pendekatan konsep *fuzzy*. Terdapat lima pertimbangan dalam pemilihan tipe terminal LNG diantaranya yaitu aspek teknis, aspek finansial, aspek *safety & security*, aspek lingkungan dan aspek sosial ekonomi. Sedangkan alternatif pemilihan tipe terminal yang digunakan diantaranya yaitu *onshore receiving terminal* dengan *flat bottom tank*, *onshore receiving terminal* dengan *vertical tank*, FSU dengan *floating regasification*, dan FSRU. Konsep terminal yang terpilih dengan menggunakan metode *Fuzzy AHP* yaitu FSRU dengan kebutuhan LNG sebesar 24182,85 m<sup>3</sup> pada skenario 1 dan skenario 2, sedangkan untuk skenario 3 sebesar 52,848.57 m<sup>3</sup>.

**Kata kunci:** Distribusi LNG, *Fuzzy AHP*, *K-Means Clustering*, Terminal LNG

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

## Method of Fuzzy Analytical Hierarchy Process for Selection of Terminal LNG Type: Case Study of Ambon

**Student's Name** : Putu Widhi Aprilia  
**NRP** : 0421154000017  
**Supervisor 1** : Prof. Dr. Ketut Buda Artana, ST., M.Sc  
**Supervisor 2** : A.A. Bagus Dinariyana Dwi P.,ST., MES., Ph.D

### Abstract

As the economic and population growth, the electricity needs in Indonesia are increasing every year. One of the regions in eastern Indonesia that has a shortage of electricity supply is Maluku region. According to the RUPTL PLN 2018 there is a shortage of electricity reserves with the number of 30% in the electrical system of Ambon. To overcome this shortage, State Electricity Enterprise or known as PLN launched the development of gas power plant in the region of Maluku with LNG as its fuel. The utilization of LNG as an energy source for power plants in the Maluku region must to be supported by the availability of LNG receiver terminals. In this study, there are two scopes of research, first determining the capacity of the LNG terminal hub based on the LNG distribution in Maluku and choosing the type of hub terminal that will be located in Ambon. The LNG distribution skenario is determined by the transfer of all gas-powered power plants in the Maluku region with the K-Means *Clustering* method. Then, the determination of the suitable LNG vessel is proceeded so that the *round trip time* and storage tank capacity can be identified. The LNG Hub Terminal type selection process is performed by using *Fuzzy* Analytical Hierarchy Process method. The *Fuzzy*-AHP is a development of the AHP method with a *fuzzy* concept approach. There are five considerations in choosing the LNG terminal type which are technical aspects, financial aspects, safety & security aspects, environmental aspects and socio-economic aspects. The alternative terminal types in the process of selection are onshore receiving terminal with flat bottom tank, onshore receiving terminal with vertical tank, FSU with floating regasification, and FSRU. The concept of terminal is chosen by using *Fuzzy* AHP method, the result is FSRU terminal with the LNG capacity of 24,182.85 m<sup>3</sup> for skenario 1 and skenario 2 and for skenario 3 is 52,848.57 m<sup>3</sup>.

**Keywords**— *Fuzzy* AHP, LNG Terminal, LNG Distribution, K-Means *Clustering*

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

## KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa, karena atas rahmat dan berkah-Nya penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir dengan judul **Metode Fuzzy Analytical Hierarchy Process Untuk Pemilihan Tipe Terminal LNG: Studi Kasus Wilayah Ambon**. Tugas Akhir ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat kelulusan program studi sarjana Departemen Teknik Sistem Perkapalan, Fakultas Teknologi Kelautan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.

Dalam proses penyusunan ini penulis mendapat dukungan dari berbagai pihak, sehingga penulis mengucapkan terima kasih khususnya kepada:

1. Ida Sang Hyang Widhi atas berkah-Nya penulis dapat menyelesaikan tugas akhir dengan baik.
2. Orang Tua beserta adik yang telah memberikan dukungan moral dan doa untuk kelancaran selama menyelesaikan tugas akhir.
3. Bapak Dr. Dhimas Widhi Handani, ST., M.Sc selaku dosen wali dan dosen pembimbing yang telah meluangkan waktu untuk membimbing dan memberi dorongan semangat selama kuliah.
4. Bapak Prof. Dr. Ketut Buda Artana, ST., M.Sc. selaku dosen pembimbing pertama yang telah membimbing penulis dalam menyelesaikan tugas akhir.
5. Bapak A.A. Bagus Dinariyana Dwi P., ST., MES., Ph.D, selaku dosen pembimbing kedua yang telah meluangkan waktu untuk membimbing penulis dalam menyelesaikan tugas akhir
6. Bapak Dr. Eng. M. Badrus Zaman., ST., MT. selaku kepala Departemen Teknik Sistem Perkapalan dan seluruh staff Departemen Teknik Sistem Perkapalan
7. Bapak Dr. I Made Ariana, ST., MT dan Raja Oloan Saut Gurning, ST., M.Sc., Ph.D selaku dosen Lab RAMS yang telah memberikan masukan serta masukan kepada penulis
8. Seluruh dosen Departemen Teknik Sistem Perkapalan yang telah memberikan ilmu kepada penulis dan membimbing penulis selama belajar di Departemen Teknik Sistem Perkapalan.
9. Kisserah, Yassar, Ferdy, Anggita, Alfa, Christian, Shasa selaku teman dekat penulis yang telah mendukung, memberi semangat penulis selama kuliah.
10. Nindio selaku kapten lab yang selalu mengingatkan member-member untuk ke lab
11. Dhanang, Tyas, Satrio, Dian, Nindio yang senantiasa mendengar keluh kesah penulis
12. Semua teman-teman member Lab RAMS yang mengambil tugas akhir di periode 2018/2019 yang telah membuat Lab selalu ceria

13. Kepada mba Uci, mba Emmy, mba Putri, Mas Thariq, dan Mas Otto yang telah memberi masukan kepada penulis
14. Seluruh responden yang telah meluangkan waktu untuk mengisi kuesioner tugas akhir penulis
15. Mba Riri, Mas Cakra, Mas Paundra, Mas Yandi, Mas Yafi, Kak Manik, Mba Halimah, Kak ngurah, Mas Abrori serta kakak-kakak alumni yang telah meluangkan waktunya untuk mendengar keluh kesah serta membantu memberi masukan kepada penulis
16. Intan Nastiti selaku teman SMA penulis yang selalu setia hingga saat ini menemani penulis
17. Seluruh teman-teman SALVAGE 2015, MERCUSUAR 2014, VOYAGE 2016 dan BADRIKARA 2017.
18. Serta terima kasih kepada teman-teman yang tidak dapat saya sebutkan namanya satu persatu.

Penulis menyadari bahwa penelitian ini belumlah sempurna, oleh karena itu masukkan dari pembaca untuk perbaikan penelitian ini akan sangat dihargai. Semoga penelitian ini bermanfaat bagi para pembaca dan penulis



## DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
LEMBAR PENGESAHAN.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
KATA PENGANTAR.....	xiii
BAB I PENDAHULUAN .....	1
1.1    Latar Belakang .....	1
1.2    Perumusan Masalah.....	3
1.3    Batasan Masalah.....	3
1.4    Tujuan Penelitian.....	3
1.5    Manfaat Penelitian.....	3
BAB II DASAR TEORI.....	5
2.1    Gas Alam di Indonesia .....	5
2.2 <i>Liquified Natural Gas (LNG)</i> .....	6
2.3    Rantai Pasok LNG.....	7
2.3.1    Eksplorasi dan Produksi .....	8
2.3.2    Pencairan .....	8
2.3.3    Shipment.....	8
2.3.4    Penyimpanan dan Regasifikasi.....	8
2.3.5 <i>End User</i> .....	8
2.4    Pembangkit di Wilayah Maluku.....	8
2.4.1    Kebutuhan Listrik.....	9
2.5    Tipe Terminal Penerima LNG.....	11
2.5.1 <i>Offshore Receiving Terminal</i> .....	12
2.5.2    Onshore Receiving Terminal.....	14
2.6    Kelebihan dan Kekurangan Terminal LNG .....	15
2.7 <i>K-Means Clustering</i> .....	17
2.8 <i>Analytic Hierarchy Process</i> .....	18
2.9    Uji Validitas dan Reliabilitas Kuesioner .....	20
2.10    FAHP / <i>Fuzzy Analytic Hierarchy Process</i> .....	20

BAB III METODOLOGI PENELITIAN .....	25
3.1 Studi Literatur.....	26
3.2 Penentuan Kapasitas Tangki Terminal LNG.....	26
3.2.1 Identifikasi lokasi terminal LNG.....	26
3.2.2 Pengelompokkan terminal LNG dengan metode <i>K-Means Clustering</i> ..	26
3.2.3 Identifikasi Kapal LNG .....	27
3.3 Pemilihan Tipe Terminal LNG.....	27
3.3.1 Menentukan Alternatif Terminal LNG.....	27
3.3.2 Menentukan kriteria dan sub-kriteria serta alternatif pemilihan.....	27
3.4 Merancang kuisisioner .....	27
3.5 Pengolahan data dengan metode <i>Fuzzy AHP</i> .....	27
3.5.1 Membuat matriks pairwise comparison untuk setiap kriteria.....	28
3.5.2 Pengujian Konsistensi Kriteria .....	28
3.5.3 Menentukan Nilai <i>Fuzzy Geometric Mean</i> .....	29
3.5.4 Menentukan Bobot .....	29
3.5.5 Menentukan BNP .....	29
3.5.6 Normalisasi BNP.....	29
3.5.7 Perangkingan Alternatif.....	29
BAB IV DISTRIBUSI LNG DI MALUKU.....	31
1.1 Umum.....	31
1.2 Penentuan Skenario Distribusi LNG .....	31
1.2.1 Identifikasi Pembangkit Wilayah Maluku .....	31
1.2.2 Data Lokasi Terminal Penerima Wilayah Maluku .....	34
1.2.3 Data Matriks Jarak Terminal Penerima .....	35
1.2.4 <i>Clustering</i> Terminal Penerima .....	36
1.2.5 Identifikasi Kapal LNG .....	40
1.2.6 Skenario Distribusi LNG Wilayah Maluku .....	41
BAB V PEMILIHAN TIPE TERMINAL LNG.....	49
5.1 Penentuan Kriteria dan Sub Kriteria Pemilihan Terminal LNG.....	49
5.2 Penentuan Alternatif Pemilihan Tipe Terminal.....	51

5.3	Penyusunan Hierarki .....	55
5.4	Uji Validitas dan Reliabilitas Kuesioner .....	55
5.4.1	Uji Validitas .....	55
5.4.2	Uji Reliabilitas.....	56
5.5	Proses Pembobotan dengan <i>Fuzzy AHP</i> .....	57
5.5.1	Membuat matriks perbandingan kriteria .....	57
5.5.2	Menghitung Nilai Vektor Prioritas .....	58
5.5.3	Perhitungan Consistency Ratio.....	58
5.6	Hasil Pembobotan Sub Kriteria .....	63
5.7	Pembobotan Alternatif .....	66
5.8	Pembobotan Alternatif dengan Pertimbangan Kapasitas Tangki .....	67
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN.....		73
5.1	Kesimpulan.....	73
5.2	Saran.....	73
DAFTAR PUSTAKA.....		75
LAMPIRAN I KUESIONER PEMILIHAN TIPE TERMINAL LNG .....		79
LAMPIRAN II PERHITUNGAN <i>CLUSTERING</i> TERMINAL PENERIMA .....		93
LAMPIRAN III PERHITUNGAN KONSISTENSI RESPONDEN.....		103
LAMPIRAN IV PEMBOBOTAN DENGAN <i>FUZZY AHP</i> .....		111
LAMPIRAN V UJI VALIDITAS DAN RELIABILITAS.....		123
BIODATA PENULIS.....		137

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Proyeksi Peningkatan Konsumsi Listrik 2016-2050 .....	1
Gambar 2. 2 Proyeksi Bauran Energi Regional Maluku - Papua 2018-2027.....	2
Gambar 2. 3 Peta Cadangan Gas Indonesia.....	5
Gambar 2. 4 Pemenuhan Gas Bumi Domestik dan Ekspor.....	6
Gambar 2. 5 Rantai Pasok LNG.....	7
Gambar 2. 6 Kapal LNG .....	8
Gambar 2. 7 Proyeksi Kebutuhan Beban Listrik 2018-2027 Pada Wilayah Ambon .....	9
Gambar 2. 8 Sistem Kelistrikan Wilayah Ambon dan Seram.....	10
Gambar 2. 9 Sistem Kelistrikan Wilayah Ternate dan Halmahera.....	11
Gambar 2. 10 Terminal Penerima LNG .....	11
Gambar 2. 11 FSRU .....	13
Gambar 2. 12 Konfigurasi FSRU .....	13
Gambar 2. 13 Konfigurasi FSU.....	14
Gambar 2. 14 Konfigurasi Onshore Terminal.....	15
Gambar 2. 15 Ilustrasi K-Means <i>Clustering</i> .....	17
Gambar 2. 16 Struktur Hierarki.....	18
Gambar 2. 17 Fungsi Keanggotaan Bilangan <i>Fuzzy Triangular</i> .....	21
Gambar 2. 18 Struktur Hierarki AHP.....	21
Gambar 3. 1 Diagram Alir Penelitian.....	25
Gambar 3. 2 Alur Pengerjaan FAHP.....	28
Gambar 4. 1 Ilustrasi <i>Clustering</i> Terminal Penerima LNG di Maluku .....	40
Gambar 4. 2 Ilustrasi Perhitungan <i>Round trip time</i> .....	43
Gambar 5. 1 Susunan Hierarki .....	55
Gambar 5. 2 Hasil Validasi menggunakan SPSS .....	56
Gambar 5. 3 Hasil Pengujian Reliabilitas Kuesioner .....	57
Gambar 5. 4 Pembobotan Kriteria.....	63
Gambar 5. 5 Pembobotan Sub Kriteria Teknis.....	64
Gambar 5. 6 Hasil Pembobotan Sub Kriteria Community Safety dan Security .....	64
Gambar 5. 7 Hasil Pembobotan Sub Kriteria Lingkungan.....	65
Gambar 5. 8 Hasil Pembobotan Sub Kriteria Socioeconomic.....	65
Gambar 5. 9 Hasil Pembobotan Sub Kriteria Finansial .....	66
Gambar 5. 10 Hasil Pembobotan Alternatif .....	67
Gambar 5. 11 Representasi <i>Fuzzy Segitiga</i> .....	68
Gambar 5. 12 Hasil Pembobotan Alternatif Berdasarkan Kapasitas Tangki .....	70

## DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Sifat Termo-Fisik LNG .....	7
Tabel 2. 2 Klasifikasi LNG berdasarkan density (Sedlaczek, 2008).....	7
Tabel 2. 3 Rincian Rencana Pembangunan Pembangkit Listrik .....	9
Tabel 2. 4 Kekurangan dan Kelebihan Tipe Terminal LNG .....	15
Tabel 2. 5 Perbandingan Lama Proyek .....	16
Tabel 2. 6 Perbandingan Kapasitas .....	16
Tabel 2. 7 Faktor Pertimbangan Pemilihan Tipe Terminal LNG .....	16
Tabel 2. 8 Tabel Perbandingan Berpasangan .....	19
Tabel 2. 9 Random Index .....	20
Tabel 2. 10 Variabel Linguistik Penilaian .....	22
Tabel 4. 1 Rincian Pembangkit Listrik Maluku - Maluku Utara.....	31
Tabel 4. 2 Rincian Kapasitas Kebutuhan LNG Pembangkit Maluku.....	33
Tabel 4. 3 Rincian Kapasitas Kebutuhan LNG Pembangkit Maluku Utara.....	33
Tabel 4. 4 Lokasi Terminal Penerima LNG .....	34
Tabel 4. 5 Data Matriks Jarak Penerima Antar Terminal Penerima.....	35
Tabel 4. 6 Iterasi 0 Pada <i>Cluster</i> 4 .....	36
Tabel 4. 7 Nilai <i>Centroids</i> Pada <i>Cluster</i> 4.....	37
Tabel 4. 8 Distance Distribution dan Penentuan <i>Cluster</i> .....	37
Tabel 4. 9 <i>Centroids</i> pada Iterasi 1.....	38
Tabel 4. 10 Perhitungan Euclian Distance pada Iterasi 1 .....	38
Tabel 4. 11 <i>Centroids</i> pada Iterasi 2.....	39
Tabel 4. 12 Perhitungan Euclian Distance pada Iterasi 2 .....	39
Tabel 4. 13 Pengelompokan Terminal Penerima Berdasarkan Perhitungan .....	39
Tabel 4. 14 Data Kapal LNG.....	41
Tabel 4. 15 Skenario 1 Distribusi LNG di Maluku .....	42
Tabel 4. 16 Skenario 2 Distribusi LNG di Maluku .....	42
Tabel 4. 17 Skenario 3 Distribusi LNG di Maluku .....	43
Tabel 4. 18 Kebutuhan gas pada <i>Cluster</i> A.....	44
Tabel 4. 19 Perhitungan <i>Round trip time</i> dan Kapasitas Tangki .....	45
Tabel 4. 20 Perhitungan <i>Round trip time</i> dan Kapasitas Tangki Terminal Hub (1).....	46
Tabel 4. 21 Perhitungan <i>Round trip time</i> dan Kapasitas Tangki Terminal Hub (2).....	47
Tabel 5. 1 Pugh Matrix Screening .....	51
Tabel 5. 2 Pembobotan Terhadap Alternatif .....	53
Tabel 5. 3 Perbandingan Berpasangan Kriteria.....	57

Tabel 5. 4 Hasil Pembagian Setiap Elemen.....	58
Tabel 5. 5 Perbandingan Berpasangan Kriteria.....	58
Tabel 5. 6 Nilai Konsistensi .....	60
Tabel 5. 7 Konversi Skala Triangular <i>Fuzzy</i> Number Kriteria.....	60
Tabel 5. 8 Hasil Perhitungan Nilai Rata-Rata Geometris.....	61
Tabel 5. 9 Perhitungan Bobot Prioritas .....	61
Tabel 5. 10 Hasil Perhitungan Nilai BNP .....	62
Tabel 5. 11 Perhitungan normalisasi BNP .....	62
Tabel 5. 12 Pembobotan Sub Kriteria .....	63
Tabel 5. 13 Pembobotan Alternatif .....	66
Tabel 5. 14 Range Kapasitas Terminal LNG .....	67
Tabel 5. 15 Tabel Pendukung Keputusan Alternatif .....	67
Tabel 5. 16 Kisaran Data Kapasitas Penyimpanan.....	68
Tabel 5. 17 Pembobotan Sub Kriteria .....	69
Tabel 5. 18 Hasil Akhir Pembobotan Alternatif.....	70
Tabel 5. 19 Pembobotan Alternatif dengan Pertimbangan Kapasitas Tangki .....	71

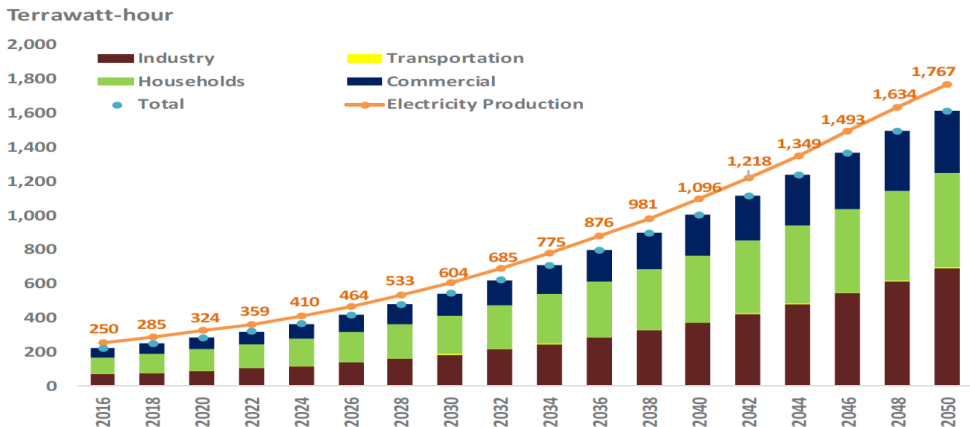
*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*



# BAB I PENDAHULUAN

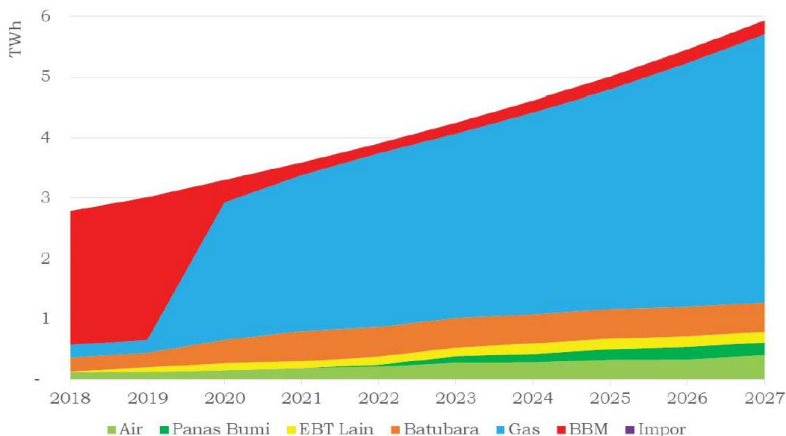
## 1.1 Latar Belakang

Seiring dengan pertumbuhan ekonomi dan penduduk, kebutuhan listrik di Indonesia semakin bertambah setiap tahunnya. Menurut (BPPT, 2018) tahun 2016 – 2050 terjadi peningkatan konsumsi listrik setiap tahunnya. Energi listrik memiliki peranan yang penting dalam sektor industri, sektor rumah tangga maupun sektor transportasi.



Gambar 2. 1 Proyeksi Peningkatan Konsumsi Listrik 2016-2050  
Sumber : (BPPT, 2018)

Permasalahan pada sistem kelistrikan di Ambon saat ini yaitu kurangnya cadangan listrik sebesar 30% serta pembangkit yang ada di wilayah Ambon masih menggunakan bahan bakar minyak. Minyak, gas bumi dan batubara merupakan sumber energi yang paling sering digunakan dalam pembangkit listrik. Kedepannya pemerintah mencanangkan pembangkit berjenis PLTG/MG/GU. Pembangkit listrik jenis PLTU tidak menjadi pilihan dalam perencanaan jangka panjang untuk sistem Ambon, karena sumber energi batubara tidak tersedia di wilayah Maluku, serta adanya kendala disisi transportasi dan isu ketersediaan batubara untuk operasi pembangkit. Disisi lain, penggunaan sumber energi minyak juga dirasa kurang tepat karena menurunnya cadangan minyak bumi, terjadinya kenaikan harga bahan bakar minyak, serta bahan bakar minyak tidak ramah lingkungan. Sedangkan *Liquidified Natural Gas* (LNG) dirasa tepat untuk menjadi sumber energi pembangkit listrik karena lebih ramah lingkungan dibanding dengan penggunaan batubara maupun minyak serta lebih unggul dari segi transportasi. Disisi lain penggunaan gas alam juga diprediksi akan mengalami peningkatan setiap tahunnya. Berdasarkan RUPTL PLN 2018 komposisi produksi listrik di Wilayah Maluku dan Papua dengan energi gas alam termasuk LNG didalamnya akan meningkat hingga 75% di tahun 2027.



Gambar 2. 2 Proyeksi Bauran Energi Regional Maluku - Papua 2018-2027  
Sumber : (PT PLN (Persero), 2018)

LNG adalah gas alam yang didinginkan hingga mencapai suhu minus 160 derajat celsius sehingga fase gas berubah menjadi fase cair dan memiliki pengurangan volume 1/600 kali volume asalnya. Terdapat 4 segmen pada rantai pasok LNG antara lain produksi, pencairan, transportasi LNG menuju terminal penerima dan penyimpanan, dan regasifikasi. Penggunaan LNG untuk bahan pembangkit listrik tentu harus didukung dengan tersedianya fasilitas – fasilitas penunjang. Salah satu fasilitas penunjang yang penting dalam rantai pasok LNG adalah terminal LNG. Proses yang terjadi pada terminal LNG yaitu menerima gas alam cair dari LNG *carrier* lalu disimpan di dalam tangki penyimpanan khusus, kemudian dilakukan proses vaporizer LNG dan menyalurkan gas alam ke pipa distribusi. Pemilihan tipe terminal LNG harus memenuhi kriteria yang telah ditetapkan, salah satu pertimbangan dalam menentukan tipe terminal LNG adalah kapasitas tangki penyimpanan LNG yang dipengaruhi oleh kapasitas pembangkit dan pola distribusi LNG di wilayah tersebut.

F-AHP adalah salah satu metode perankingan dan merupakan pengembangan metode AHP dengan pendekatan konsep *fuzzy*. *Konsep fuzzy* didefinisikan sebagai sistem kabur, sistem *fuzzy* pada dasarnya merupakan sebuah logika yang memiliki nilai kekaburan antara benar dan salah. Sebuah nilai dapat bernilai benar atau salah secara bersamaan didalam logika *fuzzy*, hal ini bergantung pada bobot keanggotaan yang dimiliki oleh logika *fuzzy*. Derajat keanggotaan pada sistem *fuzzy* bernilai 0 hingga 1. F-AHP mengatasi kelemahan AHP yang memiliki sifat subjektif lebih banyak pada setiap kriteria. Ketidakpastian bilangan digambarkan dengan urutan skala. Digunakan aturan fungsi dalam bentuk bilangan *fuzzy* segitiga atau *Triangular Fuzzy Number* (TFN) yang disusun berdasarkan himpunan linguistik untuk menentukan derajat keanggotaan pada F-AHP. Sehingga, bilangan pada pembobotan AHP diubah ke dalam himpunan skala TFN. FAHP merupakan salah satu metode yang dapat menyelesaikan permasalahan dalam pemilihan tipe terminal penerima LNG untuk wilayah Ambon, dengan beberapa skenario yang memiliki kapasitas LNG yang berbeda – beda.

## 1.2 Perumusan Masalah

Rumusan masalah yang akan dibahas dalam penelitian ini yaitu bagaimana memilih tipe terminal LNG yang tepat di wilayah Ambon?

## 1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah dibuat agar lingkup penelitian ini lebih fokus, berikut beberapa batasan masalah pada studi ini:

1. Pasokan LNG hanya untuk pembangkit berjenis PLTG/MG/GU
2. Data kapasitas pembangkit yang digunakan mengacu pada RUPTL PLN 2018 – 2027

## 1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Menentukan kapasitas tangki terminal LNG dengan mempertimbangkan skenario pola distribusi LNG di wilayah Maluku
2. Memilih tipe terminal hub yang sesuai di wilayah Ambon menggunakan metode *Fuzzy* AHP dengan pertimbangan kapasitas tangki terminal LNG dan penilaian responden terhadap kriteria dan sub kriteria yang telah ditentukan

## 1.5 Manfaat Penelitian

- 1) Memberikan gambaran mengenai proses pemilihan terminal penerima LNG dengan menggunakan metode *Fuzzy* AHP
- 2) Memberikan usulan dan bahan pertimbangan dalam pemilihan tipe terminal LNG di wilayah Ambon

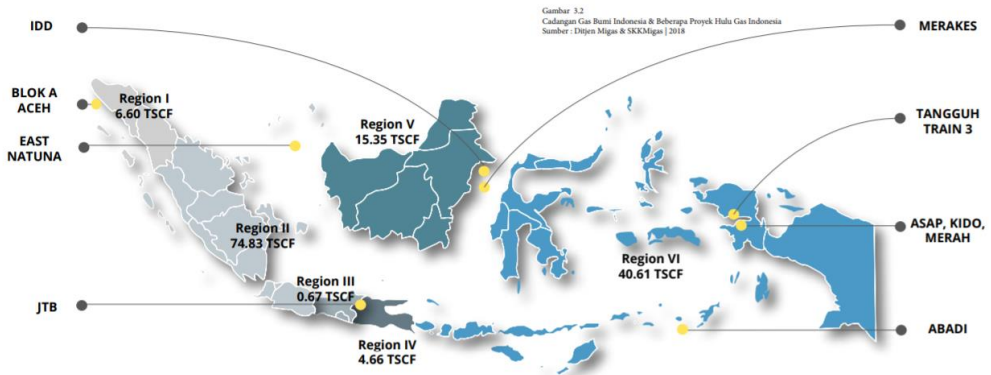
*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

## BAB II DASAR TEORI

### 2.1 Gas Alam di Indonesia

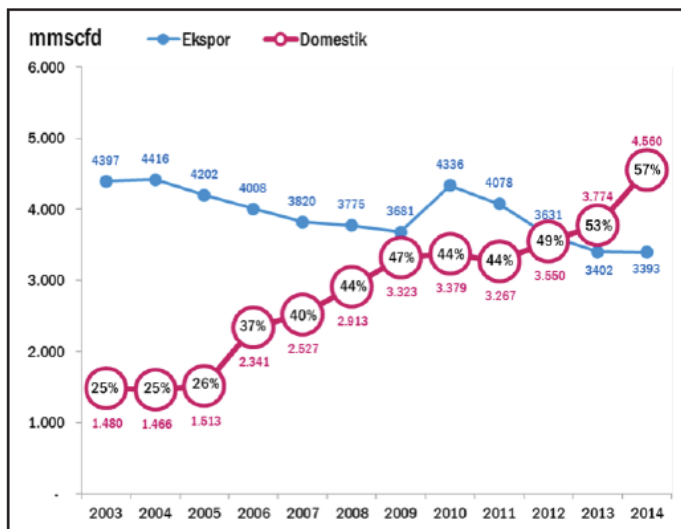
Produksi gas bumi di Indonesia relatif mengalami peningkatan mulai tahun 1970-an. Pada tahun 2014 produksi gas bumi sebesar 8.177 mmscfd, sedangkan *lifting* gas bumi pada tahun 2014 sebesar 6.838 mmscfd. Istilah “produksi” merujuk kepada volume gas yang tercatat di *wellhead* dikurangi dengan pemakaian sendiri yaitu untuk gas reinjeksi dan gas *lift*. Sementara istilah “*lifting* gas” merujuk kepada produksi dikurangi *losses* (*flare*) dan merupakan sejumlah volume gas yang terjual.

Cadangan gas di Indonesia pada tahun 2017 mencapai 142.72 TSCF, dengan cadangan terbukti sebesar 100.36 TSCF dan 42.36 TSCF cadangan potensial. Di Indonesia cadangan gas bumi terbesar berada di region II dengan 74.83 TSCF dan sudah termasuk *East Natuna* sebesar 46 TSCF, kemudian cadangan terbesar kedua berada di region VI dengan 40.61 TSCF dan cadangan terbesar ketiga berada di Region V sebesar 15.35 TSCF.



Gambar 2. 3 Peta Cadangan Gas Indonesia  
Sumber : (ESDM Direktorat Jendral Minyak dan Gas Bumi, 2018)

Pemerintah Indonesia mengutamakan pemanfaatan gas untuk kepentingan domestik dengan tetap memperhatikan keekonomian lapangan dan *contract sancity*, hal ini didukung dengan terbitnya kebijakan Permen ESDM No. 3/2010 tentang Alokasi dan Pemanfaatan Gas Bumi untuk Kebutuhan Dalam Negeri.



Gambar 2. 4 Pemenuhan Gas Bumi Domestik dan Ekspor  
 Sumber : (ESDM Direktorat Jendral Minyak dan Gas Bumi, 2015)

Pada tahun 1977 Indonesia pertama kali melakukan kegiatan ekspor gas melalui LNG. Kilang LNG Arun di Nanggroe Aceh Darussalam, Bontang di Kalimantan Timur dan Tangguh di Papua merupakan penopang kegiatan ekspor gas Indonesia. Berdasarkan gambar 2 terjadi kenaikan tiap tahun dalam pemenuhan gas domestik, pada tahun 2003 porsi gas untuk dalam negeri sebesar 25% lalu semakin meningkat hingga tahun 2014 mencapai 57%. Untuk meningkatkan pemanfaatan gas dalam negeri, pemerintah membangun infrastruktur gas secara massif. Infrastruktur yang dibangun oleh pemerintah diantaranya adalah *Floating Storage Regasification Unit (FSRU)*, *LNG Receiving Terminal*, dan pipa transmisi gas. Pada tahun 2010 hingga 2014 infrastruktur yang telah dibangun antara lain:

- 1) *Floating Storage Regasification Unit (FSRU)* Jawa Barat 3 MTPA
- 2) FSRU Lampung 3 MTPA
- 3) *LNG Regasification Unit Arun* 3 MTPA dan pipa transmisi gas Arun – Belawan
- 4) Peresmian pembangunan ruas pipa gas bumi Kalija I (Kepondang – Semarang)

## 2.2 *Liquified Natural Gas (LNG)*

LNG merupakan gas alam yang didinginkan hingga mencapai suhu minus 162 derajat celsius sehingga fase gas berubah menjadi fase cair dan memiliki pengurangan volume 1/600 kali volume asalnya. LNG yang berupa cairan ini sangat memungkinkan diangkut menggunakan transportasi laut berupa kapal pengangkut LNG / LNG tanker (Soegiono, 2006). Penggunaan kapal dilakukan karena pembangunan saluran pipa tidak dapat dilakukan di beberapa wilayah yang akan dilalui oleh pipa. Salah satu faktor yang mempengaruhi yaitu keadaan geografis wilayah yang akan dilalui pipa.

LNG merupakan salah satu energi bersih, serta suhu nyala spontan yang dimiliki LNG lebih tinggi dari bensin membuat LNG sebagai energi yang relatif aman (Soegiono,

2006). Kualitas gas alam bergantung terhadap komposisi kimia didalamnya. Rata – rata komposisi kimia yang terkandung adalah: Metana CH<sub>4</sub> (99,5 – 66,8%), Propana (0,4 – 9,1%), Butana (0,1 – 3,5%), Pentana (0,1 - 1,2%), Etana (0,1 – 19,4%), Nitrogen (0,1 – 1,3%), Karbon dioksida (1%). Sifat lain dari LNG adalah tidak berwarna, tidak berbau, tidak korosif dan tidak beracun serta lebih ringan dari air. Sifat termo-fisik LNG dapat dilihat pada tabel 2.1

Tabel 2. 1 Sifat Termo-Fisik LNG

<i>Parameter</i>	<i>Value</i>
<i>Boiling Point</i>	-160 <sup>0</sup> C – 162 <sup>0</sup> C
<i>Molecular weight</i>	16 – 19 g/mol
<i>Density</i>	425 – 485 kg/m <sup>3</sup>
<i>Specific heat capacity</i>	2,2 – 3,7 kJ/kg/ <sup>0</sup> C
<i>Viscosity</i>	0,11 – 0,18 mPas
<i>Higher heat value</i>	38 – 44 MJ/m <sup>3</sup>

Sumber : (Dobrota, 2013)

LNG dapat diklasifikasikan kedalam beberapa kriteria seperti kepadatan, *heat value*, *Wobbe Index*, jumlah metana atau nitrogen dan sebagainya. Parameter yang paling umum digunakan adalah *density*/kepadatan. Tabel 2.2 menjelaskan mengenai klasifikasi antara LNG *light*, *medium* dan *heavy*.

Tabel 2. 2 Klasifikasi LNG berdasarkan *density* (Sedlaczek, 2008)

<i>Composition (%)</i>	<i>LNG Light</i>	<i>LNG Medium</i>	<i>LNG Heavy</i>
<i>Methane</i>	98.00	92.00	87.00
<i>Propane</i>	1.40	6.00	9.50
<i>Butane</i>	0.1	0.00	0.500
<i>Nitrogen</i>	0.1	1.00	0.50
<i>Density (kg/m<sup>3</sup>)</i>	427.74	445.69	464.83

Sumber : (Dobrota, 2013)

## 2.3 Rantai Pasok LNG

Rantai pasok LNG berawal dari *field development* atau sumur-sumur produksi kemudian berlanjut ke tahap *liquefaction*. Setelah proses pencairan gas alam, gas alam cair akan didistribusikan menuju *receiving terminal* dengan menggunakan kapal. Pada LNG terminal, LNG dapat disimpan dan akan diubah menjadi gas kembali yang selanjutnya akan dikirim menuju end user dengan menggunakan pipa.



Gambar 2. 5 Rantai Pasok LNG  
Sumber: EIA Study Brief ESB-126/2005

### 2.3.1 Eksplorasi dan Produksi

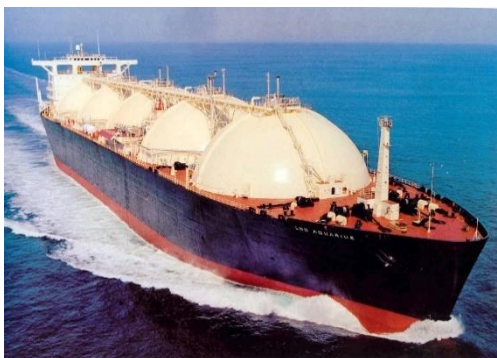
Pada proses eksplorasi dan produksi bertujuan untuk menemukan gas alam pada lapisan kerak bumi. Setelah gas alam ditemukan dan diambil maka gas alam tersebut di bersihkan dari pengotor-pengotornya sesuai dengan spesifikasi gas yang diinginkan.

### 2.3.2 Pencairan

Gas yang telah dibersihkan kemudian memasuki tahap *liquefaction* untuk mengubah wujud yang semula gas menjadi cair. Sehingga gas alam dapat ditransportasikan dengan menggunakan kapal LNG

### 2.3.3 Shipment

Untuk sampai ke *end user*, LNG diangkut dengan menggunakan kapal khusus yaitu kapal pengangkut LNG. Pertimbangan utama dalam pengiriman LNG adalah perlindungan terhadap kapal LNG selama kapal berlayar, dan ketika *loading-unloading*. Risiko tinggi juga ditemui dalam tahap transfer LNG, maka dibutuhkan spesifikasi khusus untuk melindungi kepentingan umum maupun pekerja yang berada di terminal.



Gambar 2. 6 Kapal LNG

### 2.3.4 Penyimpanan dan Regasifikasi

Setelah kapal sampai ke *receiving terminal*, LNG kemudian ditempatkan pada tangki penyimpanan khusus. Lalu LNG diregasifikasi dari fase cair ke fase gas, sehingga bias ditransportasikan melalui pipa penyalur.

### 2.3.5 End User

Setelah regasifikasi, kemudian gas disalurkan melalui pipa ke berbagai konsumen.

## 2.4 Pembangkit di Wilayah Maluku

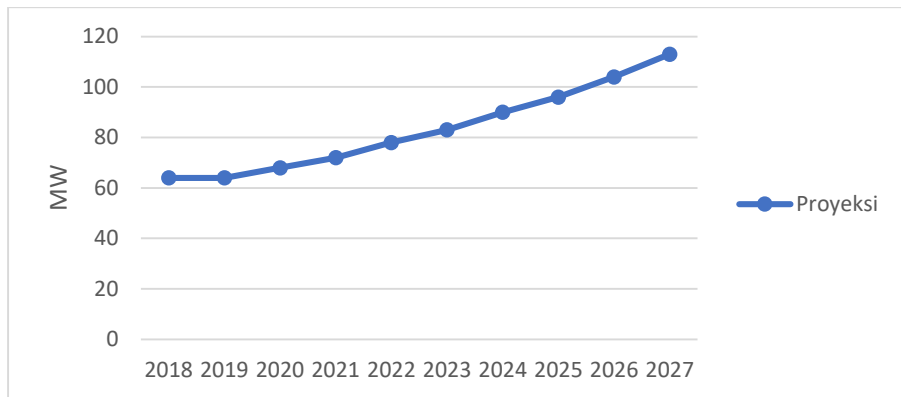
Berdasarkan RUPTL PLN 2018, pada regional Maluku dan Papua terdapat beberapa sistem kecil yang melayani provinsi, kabupaten dan kota menggunakan transmisi tegangan sebesar 70 kV dan 150 kV. Saat ini Provinsi Maluku memiliki 8 sistem tenaga listrik. Beban sistem tenaga listrik yang berada diatas 2 MW yaitu sistem Ambon, Masohi – Waipia – Liang, Kairatu-Piru, Namlea-Mako, Saparua, Tual, Dobo, dan Saumlaki dan masih terdapat 44 pusat pembangkit kecil lainnya yang lokasinya tersebar. Sistem Ambon merupakan sistem tenaga listrik terbesar di Provinsi Maluku. Sistem Ambon



memiliki jumlah pasokan pembangkit sebesar 115,3 MW, termasuk PLTD sewa dengan daya 80,9 MW dan beban puncak 57 MW.

#### 2.4.1 Kebutuhan Listrik

Pertumbuhan ekonomi, pertumbuhan penduduk, program elektrifikasi serta program pemerintah Kawasan Ekonomi Khusus (KEK), Kawasan Industri (KI), Kawasan Strategis Pariwisata Nasional dan lainnya merupakan faktor yang mendorong kebutuhan tenaga listrik pada suatu daerah. Pada tahun 2018 pertumbuhan penduduk di wilayah Maluku dan Papua sebesar 1,85%, pertumbuhan PDRB sebesar 6,1% dan terus terjadi peningkatan hingga tahun 2027. Menurut RUPTL PLN pada tahun 2027, pertumbuhan penduduk di wilayah Maluku dan Papua sebesar 8,4%, pertumbuhan PDRB sebesar 8,2%. Berikut proyeksi kebutuhan beban sistem Ambon tahun 2018 hingga 2027



Gambar 2. 7 Proyeksi Kebutuhan Beban Listrik 2018-2027 Pada Wilayah Ambon

Untuk memastikan kebutuhan listrik masyarakat di Pulau Ambon dan sekitarnya terpenuhi maka perlu dilakukan pembangunan pembangkit tenaga listrik. Di sistem Ambon kedepannya, pemerintah akan lebih banyak mengembangkan PLTMG dibandingkan PLTU. Rincian rencana pembangunan pembangkit listrik di wilayah Maluku sebagai berikut:

Tabel 2. 3 Rincian Rencana Pembangunan Pembangkit Listrik

No	Sistem	Jenis	Lokasi>Nama Pembangkit	Kapasitas (MW)	Target COD
1	Ambon	PLTMG	Ambon Peaker	30	2018
2	Tual	PLTMG	Langgur	20	2018
3	Bula	PLTMG	Bula	10	2018
4	Buru	PLTMG	Namlea	10	2018
5	Saumlaki	PLTMG	Saumlaki	10	2018
6	Dobo	PLTMG	Dobo	10	2018
7	Seram	PLTMG	Seram	10	2018
8	Ambon	PLTU	Ambon/Waai (FTP1)	2x15	2019
9	Tual	PLTMG	Langgur	10	2020

Lanjutan Tabel 2.3 Rincian Rencana Pembangunan Pembangkit Listrik

10	Seram	PLTMG	Seram 2	20	2020
11	Seram	PLTM	Nua (Masohi)	2x4,4	2020
12	Saparua	PLTMG	Saparua	5	2020
13	Ambon	PLTP	Tulehu (FTP2)	2x10	2020
14	Buru	PLTMG	Namlea 2	10	2020
15	Buru	PLTMG	Namrole	10	2021
16	Masela	PLTMG	Masela	20	2021
17	Saumlaki	PLTMG	Saumlaki 2	10	2022
18	Dobo	PLTMG	Dobo 2	10	2022
19	Seram Utara	PLTMG	Seram Utara	20	2021
20	Ambon	PLTG/MG/GU	Ambon 2	50	2022
21	Seram	PLTM	Sapalewa	2x3,9	2022
22	Tual	PLTMG	Langgur 3	10	2024
23	Ambon	PLTMG	Ambon	40	2024/25
24	Seram	PLTA	Wai Tala	54	2027
25	Seram	PLTBm	Piru	6	2022
26	Buru	PLTA	Wai Tina	4x3	2025
Jumlah				463,6	

Sumber : (PT PLN (Persero), 2018)

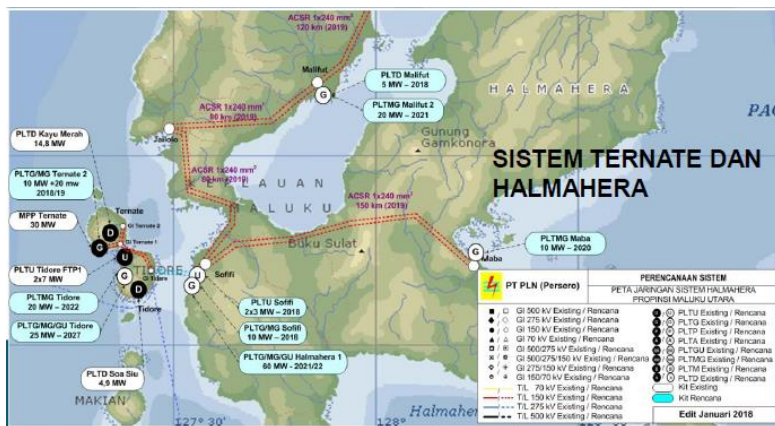


Gambar 2. 8 Sistem Kelistrikan Wilayah Ambon dan Seram

Sumber : (PT PLN (Persero), 2018)

Pada sistem tenaga listrik di Ambon menggunakan sistem interkoneksi 70 kV yang disuplai dari 2 gardu induk 70 kV eksisting GI Sirimau dan GI Passo. Saat ini sebagian beban masih disuplai dari pembangkit jaringan 20 kV dan kedepannya transmisi yang akan dikembangkan yaitu 150 kV. Permasalahan yang terjadi di kota Ambon saat

ini adalah cadangan pasokan daya listrik yang masih kurang 30% dan pembangkit yang ada masih menggunakan bahan bakar minyak. Pemerintah kedepannya merencanakan pembangkit berjenis PLTG/MG/GU, pembangkit listrik PLTU tidak dijadikan pilihan perencanaan jangka panjang untuk sistem Ambon. Hal ini dikarenakan berbagai pertimbangan diantaranya, sumber energi batubara yang tidak tersedia di wilayah Maluku, terdapat kendala disisi transportasi dan isu ketersediaan batubara untuk operasi pembangkit.



Gambar 2. 9 Sistem Kelistrikan Wilayah Ternate dan Halmahera  
Sumber : (PT PLN (Persero), 2018)

## 2.5 Tipe Terminal Penerima LNG

LNG *Receiving Terminal* atau terminal penerima LNG merupakan tempat yang berfungsi sebagai penerima LNG yang dikirim oleh kapal, tempat penyimpanan, regasifikasi, serta sebagai pemasok pasokan gas alam ke jaringan distribusi LNG. Terdapat beberapa tipe teknologi terminal penerima LNG, diantaranya:

1. *Onshore LNG terminal*
2. *Offshore LNG Terminal*



Gambar 2. 10 Terminal Penerima LNG

Umumnya terdapat beberapa sistem pada terminal penerima, diantaranya sebagai berikut (Setyorini, 2018):

1. Sistem labuh dan tambat kapal LNG
2. Sistem *loading – unloading*
3. Sistem penyimpanan LNG
4. Sistem Regasifikasi

### **2.5.1 Offshore Receiving Terminal**

Terminal Penerima LNG merupakan komponen penting dalam rantai pasok LNG, lokasi pemilihan terminal penerima harus memenuhi persyaratan-persyaratan yang berlaku. Terdapat beberapa kriteria dalam pemilihan lokasi terminal penerima LNG, yakni dari segi keselamatan, keamanan, akses terhadap laut, luas area yang memadai untuk menjaga jarak aman dari aktivitas penduduk disekitarnya, serta kedekatan lokasi terminal dengan jaringan distribusi gas. Jika ditinjau dari kriteria – kriteria diatas, dibutuhkan area lahan yang cukup luas untuk terminal penerima LNG. Di tengah semakin sulitnya pembebasan lahan, konsep *offshore receiving terminal* dapat menjadi solusi alternatif. Untuk membangun terminal penerima LNG lepas pantai perlu diperhatikan beberapa hal dalam memilih lokasi, yakni sebagai berikut:

1. Kedalaman laut
2. Kedekatan dengan lalu lintas laut
3. Kondisi laut dan angin
4. Arus dan gelombang
5. Kedekatan dengan infrastruktur pipa gas

Hal – hal diatas juga berpengaruh terhadap jenis substruktur terminal yang akan digunakan.

#### **a. Floating Storage Regasification Unit**

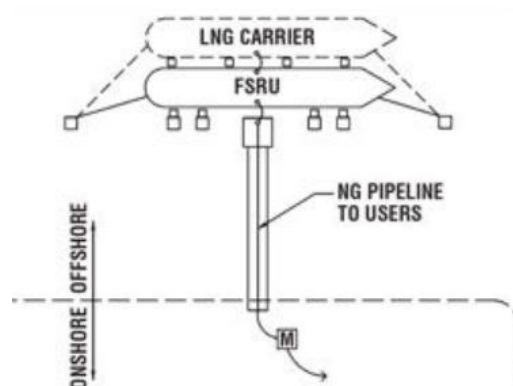
FSRU adalah struktur terapung dan semi permanen untuk menyimpan dan meregasifikasi gas di laut lepas, sehingga memungkinkan proses pemindahan LNG dari kapal LNG ke FSRU. FSRU terdiri dari *on-deck loading arms*, pipa, dan sistem shutdown untuk mencegah terjadinya kejadian yang tidak diinginkan saat proses transfer LNG berlangsung. Pada umumnya FSRU memiliki lebih dari satu tangki penyimpanan dan tangki – tangki penyimpanan tersebut saling terhubung (Puspitasari, 2009).



Gambar 2. 11 FSRU

Untuk melakukan proses pemindahan LNG dari satu tangki ke tangki lain menggunakan pompa. Komponen-komponen yang dibutuhkan untuk mendukung proses di FSRU sebagai berikut (Dwipayana, 2018):

- 1) *Flexible hose* atau LNG loading arm yang berfungsi sebagai penghubung antara kapal dengan FSRU
- 2) *LNG Storage Tank*, tangki penyimpanan LNG berfungsi untuk menyimpan LNG
- 3) *Power Generator*, memiliki fungsi sebagai pembangkit listrik pada FSRU
- 4) *Regasification Skid*, alat ini berfungsi untuk mengubah wujud LNG yang awalnya berbentuk liquid menjadi gas
- 5) *Nitrogen Plan*, berfungsi sebagai pendingin dan pembersih udara yang berada pada pipa – pipa sebelum dialirkan LNG.
- 6) *Accommodation Area*
- 7) *Mooring sistem*, untuk proses tambat FSRU

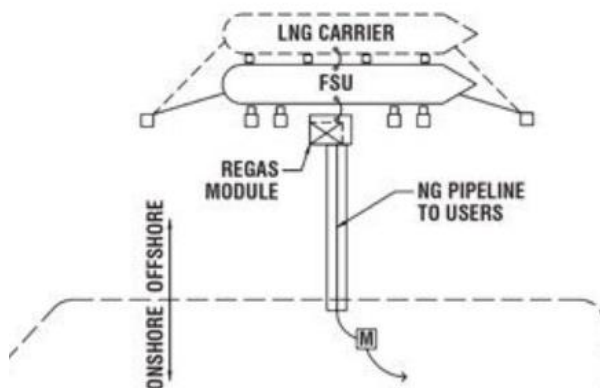


Gambar 2. 12 Konfigurasi FSRU

Sumber : (Barnes, 2017)

### b. *Floating Storage Unit / FSU*

*Floating Storage Unit* merupakan unit yang hanya berfungsi untuk menyimpan LNG. Sedangkan sistem regasifikasi berada terpisah dari FSU. Sistem regasifikasi dapat dipasang pada FSRB (*floating storage regasification barge*) atau di darat.



Gambar 2. 13 Konfigurasi FSU  
Sumber : (Barnes, 2017)

### 2.5.2 Onshore Receiving Terminal

Semua fasilitas onshore receiving terminal berada di daratan kecuali fasilitas jetty, Onshore Receiving Terminal memiliki beberapa komponen yang harus tersedia seperti dibawah ini (Magdalena, 2012):

1. Jetty dan *unloading arm*
2. LNG *storage tanks*
3. Area proses
4. Sistem pompa bertekanan rendah dan tinggi
5. Area regasifikasi
6. *Vents*
7. *Maintenance workshop*
8. *Administration building*
9. *Guard house*
10. *Control room*

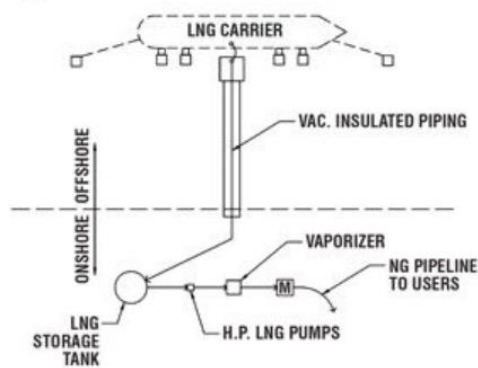
Pada LNG storage tank terdapat beberapa tipe tank untuk menyimpan LNG. Dalam tugas akhir ini *storage tank* yang akan dibahas adalah *vertical tank* dan *flat bottom tank*

#### a. *Vertical Tank*

*Vertical Tank* merupakan tangki penyimpanan LNG yang berbentuk silinder dan dapat diposisikan secara vertical. Umumnya *vertical storage tank* memiliki kapasitas LNG yang tidak terlalu besar

#### b. *Flat Bottom Tank*

*Flat bottom tank* merupakan tangki penyimpanan LNG yang mampu menampung kapasitas LNG hingga 160.000 m<sup>3</sup>. Kapasitas penampung yang besar mengakibatkan *flat bottom tank* memerlukan luas tanah yang lebih luas dari pada *vertical tank*.



Gambar 2. 14 Konfigurasi *Onshore* Terminal  
Sumber : (Barnes, 2017)

## 2.6 Kelebihan dan Kekurangan Terminal LNG

Setiap tipe terminal memiliki kelebihan dan kekurangannya masing – masing. Tabel 2.4 berisi penjelasan mengenai kekurangan dan kelebihan tipe terminal yang akan menjadi alternatif dalam studi ini.

Tabel 2. 4 Kekurangan dan Kelebihan Tipe Terminal LNG

Tipe Terminal LNG	Kelebihan	Kekurangan
FSRU	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Tidak menimbulkan dampak terhadap lingkungan darat</li> <li>2. Memiliki tingkat keamanan yang tinggi</li> <li>3. FSRU dapat dibangun di galangan</li> <li>4. Tidak membutuhkan banyak biaya</li> <li>5. Tidak memerlukan biaya untuk menyewa lahan</li> <li>6. <i>Movability</i>/ memungkinkan untuk dapat dipindah</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Kapasitas regasifikasi yg kecil, ukuran kapal maksimal yaitu 170.000 m<sup>3</sup>.</li> </ol>
FSU	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Tidak membutuhkan lahan yang luas</li> <li>2. <i>Movability</i></li> <li>3. Tidak membutuhkan waktu yang lama dalam pembangunan</li> <li>4. Tidak membutuhkan banyak biaya</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Kapasitas FSU yang terbatas</li> </ol>
Onshore Terminal	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Memiliki kapasitas penyimpanan LNG yang besar</li> <li>2. <i>Strategic storage</i></li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Membutuhkan lahan yang luas</li> <li>2. Membutuhkan biaya yang cukup besar</li> </ol>

Lanjutan Tabel 2.4

<b>Tipe Terminal LNG</b>	<b>Kelebihan</b>	<b>Kekurangan</b>
	3. <i>Peak shaving ability</i>	3. Membutuhkan waktu yang cukup lama untuk implementasinya

### Perbandingan Lama Proyek

Durasi jadwal proyek pada tabel di atas menunjukkan waktu dari awal pembangunan sampai dengan siap untuk digunakan. Selama durasi yang tercantum pada tabel, aktivitas yang dilakukan yaitu perancangan komponen proyek, pembangunan, pemasangan dan *commission*. FSU terminal memiliki durasi proyek lebih singkat dibanding dengan FSRU terminal dan *Onshore* terminal, karena FSU terminal meminimalkan pekerjaan konstruksi dengan menggunakan LNG *carrier* yang ada untuk difungsikan sebagai fasilitas penyimpanan dan FSU terhindar dari pekerjaan konstruksi yang dilakukan di galangan.

Tabel 2. 5 Perbandingan Lama Proyek

	<b>FSRU Terminal</b>	<b>Onshore Terminal</b>	<b>FSU/Offshore Terminal</b>
<b>Lama Proyek (Bulan)</b>	26-28 (konversi LNG carrier ke FSRU) atau 30-32 (FSRU baru)	36 - 38	20 - 22

Sumber : (Barnes, 2017)

### Perbandingan Kapasitas

Setiap tipe terminal memiliki kapasitas maksimal masing – masing. Tabel 2.6 menunjukkan perbandingan kapasitas pada setiap tipe terminal

Tabel 2. 6 Perbandingan Kapasitas

<b>Kapasitas</b>	<b>FSRU Terminal</b>	<b>Flat Bottom</b>	<b>FSU/Offshore Terminal</b>	<b>Vertical Tank</b>
	125.000 – 263.000 m <sup>3</sup>	7500 – 160.000 m <sup>3</sup>	130.000 – 220.000 m <sup>3</sup>	Sampai 300 m <sup>3</sup>

### Pertimbangan Pemilihan Tipe Terminal LNG

Dalam menentukan tipe terminal dibutuhkan pertimbangan – pertimbangan dalam pemilihan terminal LNG. Tabel 2.7 menunjukkan faktor – faktor yang menjadi pertimbangan dalam pemilihan tipe *offshore* dan *onshore*.

Tabel 2. 7 Faktor Pertimbangan Pemilihan Tipe Terminal LNG

<b>Variabel Keputusan</b>	<b>Offshore</b>	<b>Onshore</b>	<b>Keterangan</b>
<b>Ketersediaan Lahan</b>	Tidak membutuhkan lahan yang luas	Membutuhkan lahan yang luas	Perluasan lahan dapat dilakukan dengan reklamasi tetapi membutuhkan biaya yang besar.



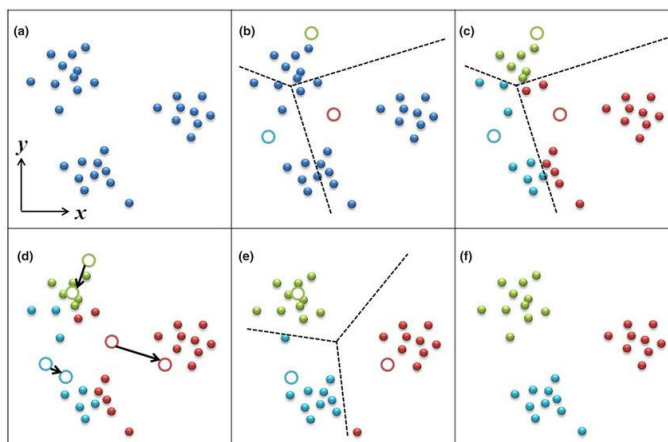
Lanjutan Tabel 2.7

Variabel Keputusan	Offshore	Onshore	Keterangan
Penambahan Kapasitas dan penyimpanan di masa mendatang	Kapasitas terbatas	Memiliki kapasitas lebih besar dan dapat ditambah	Memperluas kapasitas FSRU tidak realistis, ruang di darat memungkinkan untuk menambah vaporiser
Ketersediaan Pelabuhan	Tidak membutuhkan pelabuhan	Membutuhkan pelabuhan	Jika tidak tersedia lahan untuk pelabuhan, Offshore FSU/FSRU dengan pipa merupakan pilihan terbaik
Kecepatan dalam pembangunan	Dapat dilakukan dalam waktu singkat	Membutuhkan waktu yang lama	-
Kebutuhan gas jangka pendek	FSRU dinilai lebih cocok untuk kebutuhan gas jangka pendek	Onshore terminal lebih cocok untuk penggunaan jangka panjang	FSRU bersifat <i>movability</i> , sehingga lebih fleksible dibanding <i>onshore terminal</i>

Sumber : (Songhurst, 2017)

## 2.7 K-Means Clustering

*K-means clustering* adalah metode yang digunakan untuk mengelompokkan data menjadi satu atau lebih *cluster*/kelompok. Data yang memiliki pola yang sama akan dikelompokkan menjadi satu *cluster* sedangkan data yang memiliki pola yang berbeda akan dikelompokkan dengan *cluster* yang lain. Hal ini menyebabkan data yang berada di dalam satu *cluster* yang sama memiliki tingkat variasi yang kecil.



Gambar 2. 15 Ilustrasi K-Means Clustering

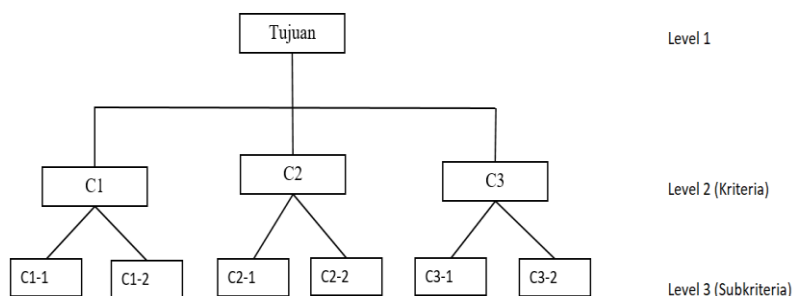
## 2.8 Analytic Hierarchy Process

AHP atau *Analytic Hierarchy Process* merupakan metode yang digunakan untuk meranking alternatif keputusan dan memilih satu alternatif keputusan yang terbaik ketika pembuat keputusan memiliki berbagai kriteria (Puspitasari, 2009). Metode AHP dikembangkan oleh Thomas L. Saaty, metode AHP menyusun beberapa kriteria kompleks menjadi suatu hierarki yang sistematis dan terstruktur. Kecenderungan diantara beberapa alternatif di dalam AHP dijabarkan dengan membuat perbandingan berpasangan. Di dalam metode AHP pembuat keputusan membandingkan dua alternatif dengan mempertimbangkan satu kriteria dan menunjukkan kecenderungan. Pembuatan perbandingan ini dengan menggunakan skala kecenderungan dengan menggunakan nilai numerik untuk level yang berbeda kecenderungannya. Dalam metode AHP, standar skala kecenderungan yang digunakan dalam AHP adalah skala 1-9, antara “*equal importance*” atau pengaruh yang sama penting hingga “*extreme importance*” dimana terkadang perbedaan skala evaluasi dapat digunakan seperti 1 sampai 5. Nilai 9 dalam matriks perbandingan berpasangan menandakan bahwa satu faktor mutlak sangat lebih penting dibanding lainnya, sedangkan nilai 1/9 menandakan bahwa satu faktor mutlak sangat tidak lebih penting dibanding lainnya (Puspitasari, 2009). Untuk menyusun sebuah prioritas terdapat 3 tahapan dalam AHP secara garis besar, yaitu: dekomposisi Masalah, *comparative judgement*, dan sintesis prioritas (Lestari, 2018).

Prinsip dasar AHP yaitu memecah – mecah suatu situasi yang kompleks, tidak terstruktur, menjadi bagian – bagian komponennya; menata bagian atau variabel ke dalam suatu susunan hierarki; memberi nilai numerik pada pertimbangan subyektif tentang relatif pentingnya setiap variable; dan mensintesis berbagai pertimbangan untuk menetapkan variabel mana yang memiliki prioritas paling tinggi dan bertindak untuk mempengaruhi hasil situasi tersebut. Berikut tahapan dalam proses pengerjaan AHP (Dewi, 2017) :

### 1. Pembuatan Struktur Hierarki

Hierarki adalah representasi sebuah permasalahan yang kompleks yang terdapat dalam suatu struktur dengan banyak level. Dimana level pertama dalam suatu struktur adalah tujuan, kemudian berlanjut dengan level kriteria, subkriteria dan seterusnya hingga level terakhir adalah alternatif.



Gambar 2. 16 Struktur Hierarki

### 2. Perbandingan Berpasangan

Penggunaan perbandingan berpasangan untuk menggambarkan pengaruh suatu elemen terhadap tujuan atau kriteria yang berada satu tingkat di atasnya.

Perbandingan berpasangan berdasarkan penilaian dari pengambil keputusan dengan cara menilai tingkat kepentingan suatu elemen terhadap elemen lainnya.

Tabel 2. 8 Tabel Perbandingan Berpasangan

Intensitas Kepentingan	Keterangan	Penjelasan
1	Kedua elemen yang sama pentingnya	Dua elemen mempunyai pengaruh yang sama besar terhadap tujuan
3	Elemen yang satu sedikit lebih penting daripada elemen lainnya	Pengalaman dan penilaian sedikit mendukung satu elemen dibandingkan elemen lainnya
5	Elemen yang satu lebih penting daripada elemen yang lainnya	Pengalaman dan penilaian sangat kuat mendukung satu elemen dibandingkan elemen lainnya
7	Satu elemen jelas lebih mutlak penting daripada elemen lainnya	Satu elemen yang kuat didukung dan dominan dalam praktek
9	Satu elemen mutlak penting daripada elemen lainnya	Bukti yang mendukung elemen yang satu terhadap elemen lainnya memiliki tingkat penegasan tertinggi yang mungkin menguatkan
2,4,6,8	Nilai – nilai antara dua nilai pertimbangan yang berdekatan	Nilai ini diberikan bila ada dua kompromi diantara dua pilihan

### 3. Sintesis Prioritas

Proses sintesis prioritas dilakukan dengan *eigen vektor method*, hal ini bertujuan untuk mendapatkan bobot relatif disetiap elemen pada suatu matrik perbandingan berpasangan.

### 4. Uji Konsistensi

Proses uji konsistensi dilakukan pada setiap *pairwise comparison* atau matriks berpasangan. Uji konsistensi dilakukan untuk memeriksa konsistensi dari *judgment* yang telah diberikan dan uji konsistensi didasarkan pada *eigen value maximum*. Berikut persamaan untuk memperoleh indeks konsistensi dari matriks ber-ordo n:

$$CI = \frac{(\lambda_{\max} - n)}{(n-1)} \quad (2.1)$$

Dimana:

$CI$  = Rasio penyimpangan konsistensi

$\lambda_{\max}$  = Nilai *eigen* terbesar dari matriks berordo n

$n$  = Ordo matriks

Ketika Rasio penyimpangan konsistensi (CI) bernilai 0 maka matriks berpasangan tersebut dapat dikatakan konsisten, sedangkan batas ketidakkonsistensian/ *inconsistency* ditetapkan dengan rasio konsistensi (CR).

*Consistency Ratio* (CR) adalah perbandingan antara nilai indeks konsistensi (CI) dengan nilai random indeks (RI). Berikut persamaan rasio konsistensi (CR):

$$CR = \frac{CI}{RI} \quad (2.2)$$

Dimana:

*CI* = *Consistency Index*

*RI* = *Random Index*

Nilai *Random Index* bergantung terhadap ordo matriks n dan dapat dilihat pada tabel 2.9

Tabel 2. 9 Random Index

n	1	2	3	4	5	6	7	8
RI	0,0	0,0	0,58	0,9	1,12	1,24	1,32	1,41

Lanjutan Tabel 2.9

n	9	10	11	12	13	14	15
RI	1,45	1,49	1,51	1,48	1,56	1,57	1,59

Jika nilai matriks berpasangan memiliki nilai CR lebih kecil sama dengan 0,1 maka *inconsistency* dapat diterima, dan apabila melebihi nilai 0,1 maka penilaian perlu diulang.

### Keunggulan AHP

Metode *Analytic Hierarchy Process* memiliki beberapa keunggulan, diantaranya sebagai berikut:

1. *Unity*: metode AHP memberikan kemudahan dalam memahami suatu permasalahan yang luas dan tidak terstruktur
2. *Complexity*: AHP dapat digunakan untuk memecahkan permasalahan yang kompleks menggunakan pendekatan sistem dan integrase secara deduktif
3. *Interdependence*: AHP dapat digunakan dalam menangani elemen – elemen yang saling berketergantungan dalam suatu sistem dan tidak memaksakan pemikiran linear.
4. *Measurement*: AHP memberi skala pengukuran dan metode untuk mendapatkan prioritas
5. *Consistency*: AHP memberikan pertimbangan konsistensi logis dalam mengambil keputusan untuk menentukan prioritas

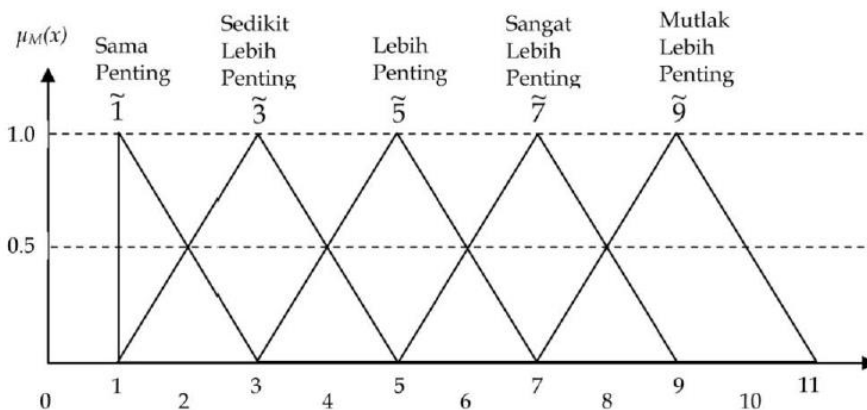
## 2.9 Uji Validitas dan Reliabilitas Kuesioner

Uji validitas bertujuan untuk menentukan apakah kuesioner tersebut valid atau tidak. Sedangkan uji reliabilitas digunakan untuk mengetahui apakah kuesioner dapat diandalkan atau tidak. Pengujian validitas dan reliabilitas pada studi ini menggunakan *software* SPSS.

### 2.10 FAHP / *Fuzzy Analytic Hierarchy Process*

Metode AHP telah banyak digunakan sebagai metode dalam pengambilan keputusan dengan banyak kriteria, namun didalam metode AHP masih terdapat unsur subjektif dalam pemberian skala penilaian perbandingan berpasangan. Untuk mengatasi kekurangan dari metode AHP maka dikembangkan metode *Fuzzy-AHP* (Dewi, 2017).

Metode *Fuzzy Analytical Hierarchy Process* (FAHP) pertama kali dicetuskan oleh seorang peneliti bernama Chang dan merupakan pengembangan dari metode AHP yang diciptakan oleh Saaty (Ahmad Faisol, 2014). Rasio *fuzzy* yang digunakan dalam metode FAHP adalah *Triangular Fuzzy Number* (TFN) dan digunakan dalam proses fuzzifikasi. Salah satu fungsi keanggotaan logika *fuzzy* adalah TFN yang keanggotaannya terdiri dari tiga fungsi, yaitu nilai terendah (l), nilai tengah (m), dan nilai tertinggi (u).

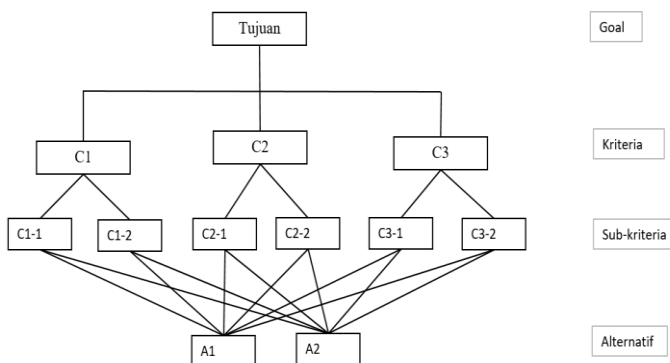


Gambar 2. 17 Fungsi Keanggotaan Bilangan *Fuzzy* Triangular  
 Sumber : (Prof. Dr. Ir. Marimin, 2013)

Gambar 2.17 menunjukkan fungsi keanggotaan *fuzzy*, bilangan *fuzzy* triangular  $\tilde{1}$  -  $\tilde{9}$  merupakan pengembangan dari skala 9 pada AHP konvensional. 5 bilangan *fuzzy* triangular ditetapkan dengan fungsi keanggotaan (dapat dilihat pada Gambar 2.11) untuk mempertimbangkan penilaian kualitatif para pakar yang dinilai kurang tegas (Prof. Dr. Ir. Marimin, 2013).

Langkah-langkah metode FAHP adalah sebagai berikut:

1. Menyusun hierarki dan membuat matriks perbandingan berpasangan. Terdapat 4 tingkatan dalam menyusun struktur hierarki, tingkatan pertama yaitu tujuan, tingkatan kedua yaitu kriteria, tingkatan ketiga yaitu sub kriteria dan tingkatan keempat adalah alternatif.



Gambar 2. 18 Struktur Hierarki AHP

Matriks perbandingan berpasangan mendefinisikan distribusi relative setiap elemen terhadap masing-masing tujuan dan matriks perbandingan berpasangan dibuat pada setiap kriteria berdasarkan skala AHP.

2. Menghitung nilai CR dari hasil perhitungan matriks perbandingan dengan syarat  $CR \leq 0,1$ . Apabila tidak memenuhi nilai  $CR \leq 0,1$ , maka penilaian harus diulang dengan perbaikan perbandingan berpasangan.
3. Jika uji rasio konsistensi telah memenuhi syarat ( $CR \leq 0,1$ ) maka langkah selanjutnya yaitu mengubah hasil pembobotan kedalam bilangan *fuzzy* menggunakan skala TFN

Tabel 2. 10 Variabel Linguistik Penilaian

Skala AHP	Skala Linguistik	Skala TFN (l;m;u)
1	Sama penting	(1;1;1)
3	Sedikit Lebih Penting	(1;3;5)
5	Lebih Penting	(3;5;7)
7	Sangat Penting	(5;7;9)
9	Paling Penting	(7;9;9)

#### 4. Menentukan *Fuzzy Geometric Means*

Untuk menentukan *fuzzy geometric means* dengan menggunakan persamaan berikut:

$$\tilde{r} = (\prod_{j=1}^n \tilde{d}_{ij})^{1/n}, i = 1, 2, \dots, n \quad (2.3)$$

Dimana:

$\tilde{r}$  = rata-rata *fuzzy* geometric

$\tilde{d}_{ij}$  = preferensi responden dari kriteria i terhadap kriteria j

Pada tahap ini  $\tilde{r}$  masih merepresentasikan nilai *triangular fuzzy*. Langkah selanjutnya menjumlahkan masing – masing nilai  $\tilde{r}$ , kemudian nilai jumlah vektor  $\tilde{r}$  dipangkatkan (-1).

#### 5. Menghitung Bobot Prioritas

Untuk menghitung bobot kriteria *fuzzy*, maka masing – masing nilai  $\tilde{r}$  dikalikan dengan *reverse vektor*nya.

$$\begin{aligned} \tilde{w} &= \tilde{r} \otimes (\tilde{r}1 \oplus \tilde{r}2 \oplus \dots \oplus \tilde{r}n)^{-1} \\ &= (lw_i, mw_i, uw_i) \end{aligned} \quad (2.4)$$

$\tilde{w}$  adalah bobot *fuzzy* dari kriteria ke i, dan diindikasikan dengan Triangular *Fuzzy Number* (TFN)  $\tilde{w} = (Lw_i, Mw_i, Uw_i)$ .  $Lw_i$  merupakan nilai bawah,  $Mw_i$  merupakan nilai tengah dan  $Uw_i$  merupakan nilai atas dari bobot *fuzzy* kriteria ke i.

#### 6. Defuzzifikasi

Nilai  $\tilde{w}$  masih merupakan bilangan *fuzzy* segitiga, sehingga perlu defuzzifikasi. Salah satu cara defuzzifikasi yaitu dengan metode Center of Area.

$$M_i = \frac{lw_i + mw_i + uw_i}{3} \quad (2.5)$$

Dimana:

$M_i$  = Defuzzifikasi dari nilai  $\tilde{w}$

$Lw_i$  = Nilai bawah dari bobot *fuzzy* kriteria ke  $i$

$Mw_i$  = Nilai tengah dari bobot *fuzzy* kriteria ke  $i$

$Uw_i$  = Nilai atas dari bobot *fuzzy* kriteria ke  $i$

$M_i$  merupakan bukan bilangan *fuzzy*, tetapi  $M_i$  perlu dinormalisasi dengan persamaan berikut:

$$N_i = \frac{M_i}{\sum_{i=1}^n M_i} \quad (2.6)$$

Dimana:

$N_i$  = Normalisasi nilai  $M_i$

$M_i$  = Defuzzifikasi dari nilai  $\tilde{w}$

## 7. Penentuan Alternatif

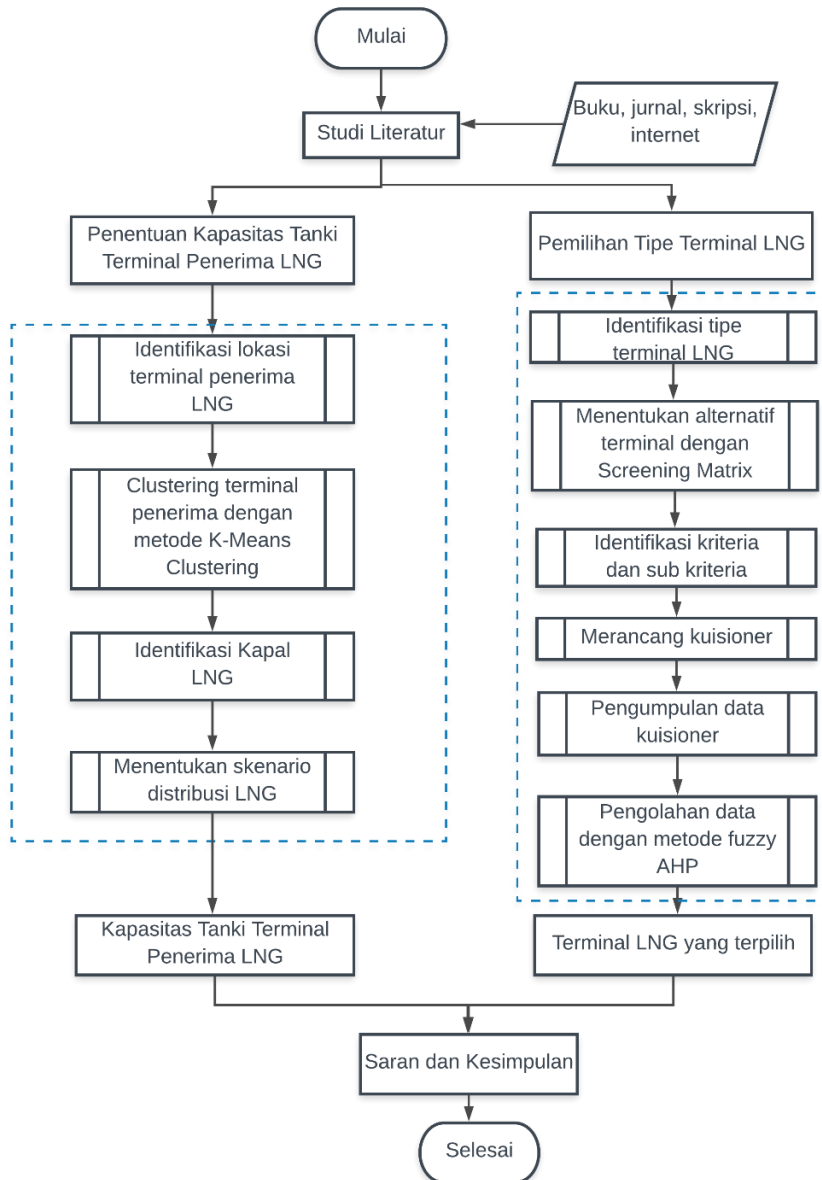
Perankingan alternatif dapat diselesaikan dengan cara bobot vektor kriteria dikali dengan nilai bobot vektor alternatif. Nilai tertinggi dari hasil perkalian tersebut menjadi hasil keputusan.

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*



### BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Dalam tugas akhir ini tentu memerlukan proses yang terstruktur agar proses pengerjaan lebih terarah. Dalam bab metodologi penelitian ini akan dibahas tahap demi tahap proses pengerjaan tugas akhir. Berikut tahapan – tahapan yang dilakukan didalam tugas akhir ini :



Gambar 3. 1 Diagram Alir Penelitian

Dari diagram alir yang dapat dilihat pada Gambar 3.1 terdapat dua lingkup pekerjaan pada studi ini, yaitu :

- 1) Menentukan kapasitas tangki penyimpanan pada terminal penerima LNG
- 2) Melakukan pemilihan tipe terminal yang nantinya akan menjadi terminal hub LNG di Ambon

Untuk lebih jelasnya berikut uraian mengenai tahapan dari lingkup pengerjaan :

### 3.1 Studi Literatur

Dalam tugas akhir ini, permasalahan yang akan dipecahkan adalah mengenai pemilihan tipe terminal LNG untuk wilayah Ambon. Setelah permasalahan ditemukan, maka langkah selanjutnya adalah studi literatur. Pada tahap ini dilakukan pencarian referensi – referensi yang menunjang untuk menyelesaikan permasalahan. Studi literatur dapat berasal dari journal, paper, internet, skripsi maupun buku yang berhubungan dengan permasalahan yang akan diselesaikan.

### 3.2 Penentuan Kapasitas Tangki Terminal LNG

Dalam studi ini kapasitas tangki terminal LNG digunakan untuk bahan pertimbangan dalam memilih tipe terminal LNG yang sesuai untuk dijadikan Hub di Maluku. Untuk menentukan kapasitas tangki diperlukan beberapa tahapan proses pengerjaan. Berikut tahapan dalam menentukan kapasitas tangki terminal LNG:

#### 3.2.1 Identifikasi lokasi terminal LNG

Untuk mengidentifikasi lokasi terminal penerima LNG diperlukan data pembangkit serta data kebutuhan gas setiap pembangkit. Dalam studi ini data yang digunakan yaitu data dari RUPTL PLN 2018-2027. Setelah data pembangkit serta kebutuhan gas nya diketahui, kemudian mengelompokkan pembangkit yang berdekatan. Pembangkit yang terletak di wilayah yang sama nantinya akan dilayani oleh satu terminal saja. Selanjutnya menentukan titik koordinat dari semua terminal penerima yang berada di Maluku.

#### 3.2.2 Pengelompokkan terminal LNG dengan metode K-Means Clustering

Setelah titik koordinat masing – masing terminal penerima LNG diketahui, kemudian dilakukan pengelompokkan. Hal ini bertujuan untuk mempermudah proses pendistribusian LNG di Maluku dengan menggunakan kapal LNG. Metode yang digunakan untuk mengelompokkan terminal LNG di Maluku adalah *K-Means Clustering*. Langkah – langkah dalam pengelompokan terminal LNG dengan metode *K-Means Clustering* sebagai berikut:

- a) Menentukan jumlah kluster  $k$
- b) Menentukan titik *centroids* secara acak
- c) Menentukan jarak setiap elemen yang ada terhadap setiap titik *centroids*. Dengan menggunakan teori Euclidian Distance yang dirumuskan sebagai berikut:

$$D(i,j) = \sqrt{(x_{1i} - x_{1j})^2 + (x_{2i} - x_{2j})^2 + \dots + (x_{ki} - x_{kj})^2} \quad (3.1)$$

Dimana:

$D(I,j)$  = jarak data  $i$  ke pusat *cluster*  $j$

$X_{ki}$  = Data urutan ke-  $i$  pada atribut data ke-  $k$ .

$X_{kj}$  = Titik pusat urutan ke- $j$  pada atribut ke  $k$ .

Jarak dengan nilai minum akan menjadi patokan dalam menentukan *cluster*.

- d) Jika pusat *cluster* berubah maka perlu dilakukan iterasi, dengan cara menugaskan kembali setiap objek dengan memakai pusat *cluster* yang baru.

### 3.2.3 Identifikasi Kapal LNG

Data kapal yang diperlukan dalam skenario distribusi ini yaitu data kecepatan kapal, kapasitas tangki muat kapal, dan kapasitas pompa bongkar muat kapal. Data kapal LNG tersebut nantinya akan digunakan untuk menentukan proses distribusi LNG di Maluku

### 3.3 Pemilihan Tipe Terminal LNG

Metode yang digunakan dalam memilih tipe terminal LNG di Maluku adalah metode *Fuzzy AHP*. Berikut tahapan yang dilakukan dalam memilih tipe terminal LNG:

#### 3.3.1 Menentukan Alternatif Terminal LNG

Terdapat banyak tipe terminal LNG, untuk memfokuskan penelitian ini maka perlu dilakukan screening untuk memilih tipe terminal yang nantinya akan menjadi kandidat alternatif. Pada studi ini, nantinya akan terdapat 4 tipe terminal LNG yang akan menjadi alternatif. Penilaian kualitatif yang digunakan yaitu Pugh Matrix Screening dan penilaian menggunakan pembobotan.

#### 3.3.2 Menentukan kriteria dan sub-kriteria serta alternatif pemilihan

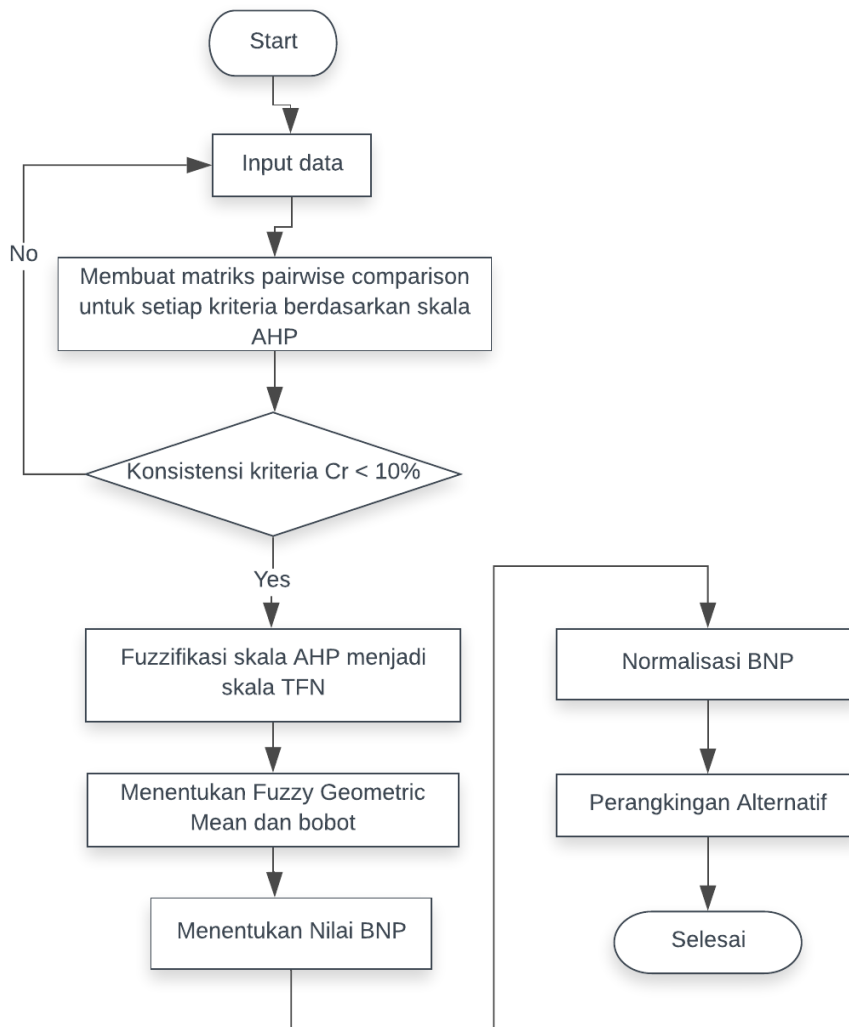
Dalam tugas akhir ini penentuan kriteria dan sub kriteria berdasarkan jurnal mengenai terminal LNG. Kriteria yang ditentukan sebagai dasar pemilihan tipe terminal LNG dalam studi ini yaitu: aspek teknis, aspek community safety dan security, aspek lingkungan, aspek socioeconomy dan aspek finansial. Kemudian dari kriteria tadi diturunkan menjadi beberapa sub kriteria. Sub kriteria yang dibahas pada tugas akhir ini adalah peralatan teknis, kapasitas penyimpanan, kapasitas send out, kegagalan operasi, maritime accidents, regulasi dan perijinan, ekosistem laut, kualitas udara, *terrestrial*, dampak terhadap populasi, property value, dampak terhadap perekonomian, biaya operasional, biaya perawatan, dan biaya investasi.

### 3.4 Merancang kuisisioner

Setelah menentukan alternatif, kriteria serta sub kriteria, langkah selanjutnya yaitu menyusun kuisisioner yang nantinya kuisisioner ini akan disebar. Kuisisioner berisi pertanyaan – pertanyaan yang berhubungan dengan kriteria, sub kriteria yang telah ditentukan. Pertanyaan – pertanyaan pada kuisisioner mengacu pada konsep *pairwise comparison*.

### 3.5 Pengolahan data dengan metode *Fuzzy AHP*

Dalam mengaplikasikan metode *Fuzzy AHP* untuk memilih tipe terminal LNG yang sesuai di Wilayah Ambon membutuhkan tahapan – tahapan seperti yang terlihat pada Gambar 3.2



Gambar 3. 2 Alur Pengerjaan FAHP

### 3.5.1 Membuat matriks pairwise comparison untuk setiap kriteria

Membuat matriks pairwise comparison untuk setiap kriteria berdasarkan skala AHP. Pairwise Comparison menyatakan distribusi relatif pada setiap elemen terhadap masing – masing tujuan

### 3.5.2 Pengujian Konsistensi Kriteria

Syarat konsistensi pada penilaian saat membuat matriks pairwise comparison terhadap setiap kriteria yaitu memenuhi nilai  $CR \leq 0,1$ . Apabila nilai lebih dari 10% maka penilaian harus diulang.

### 3.5.3 Menentukan Nilai *Fuzzy Geometric Mean*

Untuk menentukan *fuzzy geometric means* dengan menggunakan persamaan 2.3

### 3.5.4 Menentukan Bobot

Menentukan nilai bobot pada setiap kriteria dengan menggunakan persamaan 2.4. Nilai bobot direpresentasikan dengan  $\tilde{w} = (Lw_i, Mw_i, Uw_i)$ .

### 3.5.5 Menentukan BNP

Nilai  $\tilde{w}$  (bobot) masih merupakan bilangan *fuzzy* segitiga, sehingga perlu didefuzzifikasi untuk mendapatkan nilai BNP. Salah satu cara defuzzifikasi yaitu dengan metode Center of Area. Penyelesaian dengan metode Center of Area dapat diselesaikan dengan menggunakan persamaan 2.5

### 3.5.6 Normalisasi BNP

Cara untuk menormalisasi bobot vektor yaitu dengan membagi faktor BNP dengan nilai total faktor-faktor BNP.

### 3.5.7 Perangkingan Alternatif

Perankingan alternatif dapat diselesaikan dengan cara bobot vektor lokal dikali dengan nilai bobot vektor alternatif. Nilai tertinggi dari hasil perkalian tersebut menjadi hasil keputusan.

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

## BAB IV DISTRIBUSI LNG DI MALUKU

### 1.1 Umum

Salah satu pemanfaatan gas alam yaitu pemanfaatan LNG sebagai bahan bakar pembangkit listrik. Kapasitas pembangkit listrik terbesar di wilayah Maluku yaitu sistem Ambon dan Halmahera dengan masing - masing kapasitas pembangkit sebesar 120 MW. Pembangkit – pembangkit yang ada di wilayah Maluku kemudian dikelompokkan menjadi 4 *cluster* untuk mempermudah proses pendistribusian LNG sebagai bahan bakar pembangkit. *Cluster A* terdiri dari 5 terminal penerima, *cluster 2* terdiri dari 4 terminal penerima, *cluster 3* terdiri dari 4 terminal penerima dan *cluster 4* terdiri dari 2 terminal penerima. Kemudian menentukan skenario pendistribusian LNG untuk tiap *cluster* pembangkit, dari hasil skenario pendistribusian maka dapat ditentukan kapasitas tangki penyimpanan pada terminal hub yang berada di Ambon. Untuk memilih terminal yang sesuai di Ambon digunakan metode *Fuzzy Analytical Hierarchy Process*.

### 1.2 Penentuan Skenario Distribusi LNG

Sebelum menentukan skenario distribusi LNG, perlu untuk mengidentifikasi pembangkit yang berada di Wilayah Maluku kemudian melakukan proses *clustering* terhadap terminal penerima serta mengidentifikasi kapal yang sesuai dengan skenario distribusi dan *demand* yang dibutuhkan setiap terminal penerima dan akan dibahas pada bab ini.

#### 1.2.1 Identifikasi Pembangkit Wilayah Maluku

Sistem pembangkit di wilayah Maluku terbagi menjadi dua yaitu sistem pembangkit Provinsi Maluku dan sistem pembangkit Provinsi Maluku Utara. Dalam tugas akhir ini pembangkit yang diidentifikasi adalah pembangkit berjenis PLTG/MG/GU. Data pembangkit yang digunakan berdasarkan RUPTL PLN 2018 – 2027. Berikut rincian pembangkit yang akan dibangun di Provinsi Maluku dan Maluku Utara.

Tabel 4. 1 Rincian Pembangkit Listrik Maluku - Maluku Utara

<b>Provinsi Maluku</b>					
No	Sistem	Jenis	Lokasi>Nama Pembangkit	Kapasitas (MW)	Target COD
1	Ambon	PLTMG	Ambon Peaker	30	2018
2	Tual	PLTMG	Langgur	20	2018
3	Bula	PLTMG	Bula	10	2018
4	Buru	PLTMG	Namlea	10	2018
5	Saumlaki	PLTMG	Saumlaki	10	2018
6	Dobo	PLTMG	Dobo	10	2018
7	Seram	PLTMG	Seram	10	2018

Lanjutan Tabel 4. 1 Rincian Pembangkit Listrik Maluku - Maluku Utara

8	Tual	PLTMG	Langgur 2	10	2020
9	Seram	PLTMG	Seram 2	20	2020
10	Saparua	PLTMG	Saparua	5	2020
11	Buru	PLTMG	Namlea 2	10	2020
12	Buru	PLTMG	Namrole	10	2021
13	Masela	PLTMG	Masela	20	2021
14	Saumlaki	PLTMG	Saumlaki 2	10	2022
15	Dobo	PLTMG	Dobo 2	10	2022
16	Seram Utara	PLTMG	Seram Utara	20	2021
17	Ambon	PLTG/MG/GU	Ambon 2	50	2022
18	Tual	PLTMG	Langgur 3	10	2024
19	Ambon	PLTMG	Ambon	40	2024/25
<b>Provinsi Maluku Utara</b>					
No	Sistem	Jenis	Lokasi>Nama Pembangkit	Kapasitas (MW)	Target COD
1	Halmahera	PLTG/MG	Sofifi	10	2018
2	Ternate - Tidore	PLTG/MG	Ternate 2	10	2018
3	Halmahera	PLTG/MG	Tobelo	10	2018
4	Bacan	PLTMG	Bacan	10	2018
5	Sanana	PLTMG	Sanana	10	2018
6	Ternate - Tidore	PLTG/MG	Ternate 2	20	2019
7	Morotai	PLTMG	Morotai	10	2019
8	Maba	PLTMG	Maba	10	2020
9	Halmahera	PLTMG	Tobelo 2	20	2020
10	Halmahera	PLTMG	Malifut 2	20	2021
11	Ternate - Tidore	PLTMG	Tidore	20	2022
12	Bacan	PLTMG	Bacan 2	10	2024
13	Sanana	PLTMG	Sanana 2	5	2027
14	Halmahera	PLTG/MG/GU	Halmahera 1	60	2021/22
15	Ternate - Tidore	PLTG/MG/GU	Tidore	25	2027

Dalam tugas akhir ini, LNG akan didistribusikan ke setiap terminal penerima dengan menggunakan kapal LNG dan Ambon sebagai terminal Hub. Pembangkit listrik yang terletak di wilayah yang sama hanya akan dilayani oleh satu terminal penerima. Selanjutnya menghitung kapasitas LNG yang dibutuhkan oleh setiap pembangkit, dalam hal ini dibutuhkan standar konversi. Berikut standar konversi yang digunakan:

1. 1 MW yang dibutuhkan pembangkit setara dengan 0,143 MMSCFD
2. 1 MMSCFD setara dengan 46 m<sup>3</sup> LNG
3. 1 MMSCFD setara dengan 1000 MMBTU



Berikut pengelompokan pembangkit berdasarkan terminal penerima dan kalkulasi kebutuhan LNG setiap pembangkit:

Tabel 4. 2 Rincian Kapasitas Kebutuhan LNG Pembangkit Maluku

No	Pembangkit	Terminal Penerima	Kapasitas (MW)	Kapasitas (MMSCFD)	Kapasitas (m <sup>3</sup> /day)	Kapasitas LNG /tahun (m <sup>3</sup> )
1	Ambon Peaker	Ambon	120	17,14	788,57	287828,57
	Ambon 2					
	Ambon					
2	Langgur	Tual	40	5,71	262,86	95942,86
	Langgur 2					
	Langgur 3					
3	Bula	Bula	10	1,43	65,71	23985,71
4	Namlea	Buru	30	4,29	197,14	71957,14
	Namlea 2					
	Namrole					
5	Saumlaki	Saumlaki	20	2,86	131,43	47971,43
	Saumlaki 2					
6	Dobo	Dobo	20	2,86	131,43	47971,43
	Dobo 2					
7	Seram	Seram	50	7,14	328,57	119928,57
	Seram 2					
	Seram Utara					
8	Saparua	Saparua	5	0,71	32,86	11992,86
9	Masela	Masela	20	2,86	131,43	47971,43
<b>Total</b>			295	42,143	1281,43	467721,43

Tabel 4.2 merupakan rincian pembangkit di wilayah Maluku meliputi sistem Ambon, Seram, Buru, Langgur, Dobo, Masela, dan Saumlaki. Sedangkan Tabel 4.3 merupakan rincian pembangkit di Wilayah Maluku Utara yang meliputi sistem Ternate – Tidore, Halmahera, Morotai, Bacan dan Sanana.

Tabel 4. 3 Rincian Kapasitas Kebutuhan LNG Pembangkit Maluku Utara

No	Pembangkit	Terminal Penerima	Kapasitas (MW)	Kapasitas (MMSCFD)	Kapasitas (m <sup>3</sup> /day)	LNG konsumsi pertahun (m <sup>3</sup> )
1	Sofifi	Halmahera	120	17,14	788,57	287828,57
	Tobelo					
	Tobelo 2					
	Malifut 2					
	Halmahera 1					
2	Ternate			10,714	492,86	179892,86

Lanjutan Tabel 4.3

No	Pembangkit	Terminal Penerima	Kapasitas (MW)	Kapasitas (MMSCFD)	Kapasitas (m <sup>3</sup> /day)	LNG konsumsi pertahun (m <sup>3</sup> )
	Tidore	Ternate-Tidore				
3	Bacan	Bacan	20	2,86	131,43	47971,43
	Bacan 2					
4	Sanana	Sanana	15	2,143	98,57	35978,57
	Sanana 2					
5	Morotai	Morotai	10	1,429	65,71	23985,71
6	Maba	Maba	10	1,429	65,71	23985,71
	<b>Total</b>		250	18,571	854,29	311814,29

Berdasarkan tabel diatas total kapasitas LNG yang dibutuhkan per hari oleh pembangkit di Provinsi Maluku sebesar 1281,43 m<sup>3</sup>, sedangkan kapasitas LNG yang dibutuhkan dalam satu hari pada pembangkit di Provinsi Maluku Utara yaitu 854,29 m<sup>3</sup>. Setiap terminal penerima yang telah terpilih kemudian ditentukan lokasinya.

### 1.2.2 Data Lokasi Terminal Penerima Wilayah Maluku

Setelah mengelompokkan pembangkit yang terletak di wilayah yang sama, selanjutnya menentukan lokasi terminal penerima tersebut. Terdapat 15 terminal penerima untuk wilayah Maluku.

Tabel 4. 4 Lokasi Terminal Penerima LNG

No	Lokasi Terminal Penerima	Longitude	Latitude	Koordinat
1	Ambon	128,308	-3,500	3°29'58.9"S 128°18'28.8"E
2	Tual	132,739	-5,668	5°40'04.2"S 132°44'19.1"E
3	Bula	130,452	-3,063	3°03'46.1"S 130°27'08.2"E
4	Buru	127,089	-3,3	3°16'12.2"S 127°05'22.0"E
5	Saumlaki	131,215	-8,051	8°03'02.4"S 131°12'55.7"E
6	Dobo	134,251	-5,817	5°48'60.0"S 134°15'04.7"E
7	Seram	128,944	-3,306	3°18'22.7"S 128°56'39.3"E
8	Saparua	128,687	-3,521	3°31'15.5"S 128°41'13.5"E
9	Halmahera	127,551	0,699	0°41'56.8"N 127°33'03.0"E
10	Ternate-Tidore	127,305	0,766	0°45'58.2"N 127°18'19.8"E
11	Bacan	127,477	-0,663	0°39'47.0"S 127°28'36.3"E
12	Sanana	125,949	-1,987	1°59'14.7"S 125°56'55.2"E
13	Morotai	128,290	2,041	2°02'26.4"N 128°17'22.8"E
14	Maba	128,286	0,706	0°42'21.6"N 128°17'10.6"E
15	Masela	129,827	-8,189	8°11'22.2"S 129°49'37.1"E

### 1.2.3 Data Matriks Jarak Terminal Penerima

Dari 15 terminal penerima yang sebelumnya telah ditentukan lokasinya, maka jarak antar terminal penerima dapat diketahui. Berikut data matriks jarak antar terminal penerima:

Tabel 4. 5 Data Matriks Jarak Penerima Antar Terminal Penerima

Terminal Penerima	Ambon	Tual	Bula	Buru	Saumlaki	Dobo	Seram	Saparua	Masela	Halmahera	Ternate-Tidore	Bacan	Sanana	Morotai	Maba
Ambon	-														
Tual	345	-													
Bula	384	589	-												
Buru	92	380	306	-											
Saumlaki	378	221	738	440	-										
Dobo	450	142	730	564	271	-									
Seram	48	281	473	143	381	429	-								
Saparua	27	286	408	120	381	430	26	-							
Masela	348	279	690	407	102	356	348	345	-						
Halmahera	375	528	17,48	299	763	678	477	417	692	-					
Ternate-Tidore	367	582	14,65	297	779	731	469	403	719	20	-				
Bacan	266	483	175	190	623	603	345	294	580	156	161	-			
Sanana	213	556	245	137	560	665	254	240	523	239	236	148	-		
Morotai	541	619	178	488	810	697	554	539	798	180	177	368	447	-	
Maba	442	581	374	377	730	628	522	438	783	333	341	297	437	146	-

### 1.2.4 Clustering Terminal Penerima

Salah satu metode untuk melakukan pengelompokan adalah *K-means Clustering*. Metode k-means mengelompokkan data ke dalam beberapa kelompok, dimana data dalam satu kelompok yang sama memiliki karakteristik yang sama antara satu dengan lainnya. Dengan kata lain, metode ini berfungsi untuk meminimalkan variasi antar data yang ada di dalam suatu *cluster* dan memaksimalkan variasi dengan data yang ada di *cluster* lainnya.

Sebelum melakukan pengelompokan dengan *K-Means Clustering* terlebih dahulu menentukan data longitude dan latitude pada setiap terminal penerima yang dapat dilihat pada Tabel 4.6. Terminal penerima yang berada di wilayah Maluku nantinya akan dibagi menjadi ke 4 bagian kelompok. Adapun langkah – langkah dalam mengelompokkan terminal penerima sebagai berikut:

#### 1. Menentukan titik centroid secara acak

Sebelum menentukan centroid, terlebih dahulu membuat penugasan awal dari elemen data ke *cluster*. Karena terdapat 4 *cluster*, maka dapat dimulai dengan menugaskan elemen pertama ke *cluster* 4 kemudian secara berurutan hingga elemen terakhir, dapat dilihat pada kolom 5 Tabel 4.6.

Tabel 4. 6 Iterasi 0 Pada *Cluster* 4

<b>Iterasi 0</b>				
No	Receiving Terminal	x (longitude)	y (latitude)	<i>Cluster</i>
1	Ambon	128,308	-3,500	1
2	Tual	132,739	-5,668	2
3	Bula	130,452	-3,063	3
4	Buru	127,089	-3,270	4
5	Saumlaki	131,215	-8,051	1
6	Dobo	134,251	-5,817	2
7	Seram	128,944	-3,306	3
8	Saparua	128,687	-3,521	4
9	Halmahera	127,551	0,699	1
10	Ternate-Tidore	127,305	0,766	2
11	Bacan	127,477	-0,663	3
12	Sanana	125,949	-1,987	4
13	Morotai	128,290	2,041	1
14	Maba	128,286	0,706	2
15	Masela	129,827	-8,189	3

Setelah menentukan penugasan pada setiap elemen, masing – masing dari setiap *cluster* dicari nilai rata – rata x (longitude) dan y (latitude). Contoh, dalam *cluster* 4 terdapat elemen Ambon, Saumlaki, Halmahera, dan Morotai kemudian untuk mencari nilai rata – rata longitude dari ke 4 elemen tersebut dengan cara menjumlahkan dan membaginya sebanyak  $n$ . Untuk mencari nilai rata – rata latitude dilakukan dengan cara yang sama, nilai *centroids* pada *cluster* 4 dapat dilihat pada Tabel 4.7

Tabel 4. 7 Nilai *Centroids* Pada *Cluster* 4

No		<i>Centroids 1</i>	<i>Centroids 2</i>	<i>Centroids 3</i>	<i>Centroids 4</i>
1	x (longitude)	128,841	130,645	129,175	127,242
2	y (latitude)	-2,203	-2,503	-3,805	-2,926

2. Langkah kedua, mentukan jarak setiap elemen yang ada terhadap setiap titik *centroids*. Dengan menggunakan teorema *euclid*:

$$D(i, j) = \sqrt{(x_{1i} - x_{1j})^2 + (x_{2i} - x_{2j})^2 + \dots + (x_{ki} - x_{kj})^2} \quad (3.1)$$

Dimana:

$D(I, j)$  = jarak data  $i$  ke pusat *cluster*  $j$

$X_{ki}$  = Data urutan ke-  $i$  pada atribut data ke-  $k$ .

$X_{kj}$  = Titik pusat urutan ke- $j$  pada atribut ke  $k$ .

Contoh:

Menentukan jarak pada elemen pertama (Ambon) dengan *centroids* pertama

$$\begin{aligned} \text{Jarak 1.1} &= \sqrt{(-3,5 - (-2,203))^2 + (128,308 - 128,841)^2} \\ &= 1,402 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Jarak 1.2} &= \sqrt{(-3,5 - (-2,503))^2 + (128,308 - 130,645)^2} \\ &= 2,541 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Jarak 1.3} &= \sqrt{(-3,5 - (-3,805))^2 + (128,308 - 129,175)^2} \\ &= 0,919 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Jarak 1.4} &= \sqrt{(-3,5 - (-2,926))^2 + (128,30 - 127,242)^2} \\ &= 1,211 \end{aligned}$$

Kemudian setelah diketahui jarak pada setiap elemen, jarak dengan nilai minimum akan ditentukan sebagai *cluster*. Dapat dilihat pada Tabel 4.8, jarak pada titik *centroids* 3 memiliki nilai minimum diantara nilai jarak yang lain. Sehingga pada elemen 1 akan terinput sebagai *cluster* 3.

Tabel 4. 8 *Distance Distribution* dan Penentuan *Cluster*

Minimal	<i>Euclidean Distance</i>				<i>Cluster</i>
	1	2	3	4	
<b>0,919</b>	1,402	2,541	0,919	1,211	3
<b>3,794</b>	5,215	3,794	4,021	6,143	2
<b>0,592</b>	1,826	0,592	1,477	3,213	2
<b>0,376</b>	2,051	3,638	2,153	0,376	4
<b>4,710</b>	6,312	5,577	4,710	6,485	3
<b>4,897</b>	6,506	4,897	5,460	7,582	2
<b>0,550</b>	1,108	1,881	0,550	1,744	3
<b>0,565</b>	1,327	2,207	0,565	1,563	3
<b>3,176</b>	3,176	4,453	4,788	3,638	1

Lanjutan Tabel 4.8

Minimal	Euclidean Distance				Cluster
	1	2	3	4	
<b>3,342</b>	3.342	4.674	4.939	3,693	1
<b>2,057</b>	Lanjutan Tabel 4.8			,275	1
<b>1,598</b>	2,900	4,725	3,703	1,598	4
<b>4,279</b>	4,279	5,118	5,913	5,076	1
<b>2,961</b>	2,961	3,983	4,598	3,779	1
<b>4,432</b>	6,067	5,745	4,432	5,864	3

Karena susunan *cluster* awal dengan susunan *cluster* yang telah ditentukan berdasarkan nilai minimum jarak berbeda maka perlu dilakukan iterasi hingga susunan *cluster* bernilai sama. Dari hasil perhitungan diatas didapat titik *centroids* baru untuk melakukan iterasi, berikut nilai *centroids* baru:

Tabel 4. 9 *Centroids* pada Iterasi 1

No		<i>Centroids 1</i>	<i>Centroids 2</i>	<i>Centroids 3</i>	<i>Centroids 4</i>
<b>1</b>	x (longitude)	127,782	132,164	128,942	126,519
<b>2</b>	y (latitude)	0,710	-5,649	-4,629	-2,629

Perhitungan jarak selanjutnya menggunakan nilai *centroids* baru yang ada pada Tabel 4.9. Perhitungan jarak untuk iterasi 1 dapat dilihat pada Tabel 4.10

Tabel 4. 10 Perhitungan Euclian Distance pada Iterasi 1

Minimal	Euclidean Distance				Cluster
	1	2	3	4	
<b>1,295</b>	4,242	4,415	1,295	1,990	3
<b>0,575</b>	8,077	0,575	3,937	6,922	2
<b>2,176</b>	4,622	3,102	2,176	3,957	3
<b>0,858</b>	4,040	5,605	2,297	0,858	4
<b>2,582</b>	9,409	2,582	4,108	7,173	2
<b>2,094</b>	9,190	2,094	5,441	8,364	2
<b>1,323</b>	4,181	3,982	1,323	2,518	3
<b>1,137</b>	4,327	4,077	1,137	2,344	3
<b>0,231</b>	0,231	7,848	5,507	3,484	1
<b>0,480</b>	0,480	8,048	5,638	3,485	1
<b>1,406</b>	1,406	6,844	4,228	2,187	1
<b>0,858</b>	3,261	7,214	3,992	0,858	4
<b>1,424</b>	1,424	8,611	6,702	4,994	1
<b>0,504</b>	0,504	7,445	5,375	3,774	1
<b>3,452</b>	9,131	3,452	3,669	6,470	2

Susunan *cluster* pada iterasi 1 masih berbeda dengan susunan *cluster* sebelumnya sehingga perlu dilakukan iterasi kembali. Dari hasil perhitungan iterasi 1 didapat titik *centroids* baru untuk melakukan iterasi 2, berikut nilai *centroids* baru:

Tabel 4. 11 *Centroids* pada Iterasi 2

No	Keterangan	<i>Centroids 1</i>	<i>Centroids 2</i>	<i>Centroids 3</i>	<i>Centroids 4</i>
1	x (longitude)	127,782	132,008	129,098	126,519
2	y (latitude)	0,710	-6,931	-3,347	-2,629

Selanjutnya, hasil dari perhitungan jarak pada iterasi 2 dapat dilihat pada Tabel 4.12

Tabel 4. 12 Perhitungan Euclian Distance pada Iterasi 2

Minimal	Euclidean Distance				Cluster
	1	2	3	4	
1,295	4,242	4,415	1,295	1,990	3
0,575	8,077	0,575	3,937	6,922	2
2,176	4,622	3,102	2,176	3,957	3
0,858	4,040	5,605	2,297	0,858	4
2,582	9,409	2,582	4,108	7,173	2
2,094	9,190	2,094	5,441	8,364	2
1,323	4,181	3,982	1,323	2,518	3
1,137	4,327	4,077	1,137	2,344	3
0,231	0,231	7,848	5,507	3,484	1
0,480	0,480	8,048	5,638	3,485	1
1,406	1,406	6,844	4,228	2,187	1
0,858	3,261	7,214	3,992	0,858	4
1,424	1,424	8,611	6,702	4,994	1
0,504	0,504	7,445	5,375	3,774	1
3,452	9,131	3,452	3,669	6,470	2

Susunan *cluster* pada iterasi 2 bernilai sama dengan susunan iterasi 1 sehingga tidak perlu dilakukan iterasi kembali. Dari hasil perhitungan pada iterasi 2 didapat susunan *cluster* terminal penerima dan dapat dilihat pada Tabel 4.13

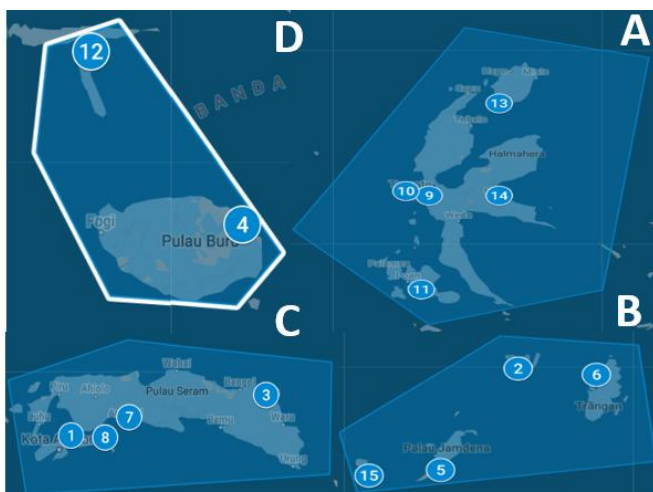
Tabel 4. 13 Pengelompokan Terminal Penerima Berdasarkan Perhitungan

Cluster	Nama Terminal
A	9. Halmahera
	10. Ternate-Tidore
	11. Bacan
	13. Morotai
	14. Maba
B	2. Tual
	5. Saumlaki
	6. Dobo

Lanjutan Tabel 4.13

<i>Cluster</i>	<b>Nama Terminal</b>
<b>C</b>	15.Masela
	1.Ambon
	7.Seram
	3.Bula
<b>D</b>	8.Saparua
	4.Buru Sanana

Dapat dilihat pada Tabel 4.13, *cluster* A terdiri dari 5 terminal penerima, *cluster* B terdiri dari 4 terminal penerima, *cluster* C terdiri dari 4 terminal penerima dan *cluster* D terdiri dari 2 terminal penerima.

Gambar 4. 1 Ilustrasi *Clustering* Terminal Penerima LNG di Maluku

### 1.2.5 Identifikasi Kapal LNG

Untuk mendistribusikan LNG dari terminal hub menuju ke setiap terminal penerima dibutuhkan kapal LNG dengan berbagai ukuran sesuai dengan skenario pola distribusi dan demand setiap terminal penerima. Berikut kapal LNG yang digunakan sebagai pembandingan:

1. Shinju Maru 2500 m<sup>3</sup>
2. Coral Energy 15600 m<sup>3</sup>
3. Coral Methane 7500 m<sup>3</sup>
4. Surya Aki 19500 m<sup>3</sup>
5. Norgas 10000 m<sup>3</sup>
6. Portovenere 65000 m<sup>3</sup>
7. Sestao Knutsen 138000 m<sup>3</sup>
8. Barcelona Knutsen 173400 m<sup>3</sup>

Dari kapal di atas data yang diperlukan untuk mengetahui kapasitas tangki penyimpanan pada terminal penerima yaitu:

- a. Kapasitas tangki muatan kapal



Kapasitas tangki berkaitan erat dengan *demand* LNG pada setiap terminal penerima yang harus dilayani. Semakin banyak terminal penerima yang dilayani, semakin besar kapasitas tangki muatan kapal yang diperlukan.

b. Kapasitas pompa

Untuk mendistribusikan LNG dari kapal menuju tangki penyimpanan terminal penerima dibutuhkan pompa. Kapasitas pompa mempengaruhi waktu *unloading* dari kapal ke terminal penerima.

c. Kecepatan Kapal

Setiap kapal memiliki kecepatan yang berbeda – beda. Kecepatan kapal berpengaruh terhadap waktu *round trip time* kapal. Semakin tinggi kecepatan kapal maka waktu yang diperlukan kapal untuk satu kali *round trip time* akan semakin pendek.

Kapasitas kapal yang digunakan bervariasi dari kapasitas 2,500 m<sup>3</sup> hingga kapasitas 173,400 m<sup>3</sup>. Berikut data kapal yang digunakan dalam tugas akhir ini:

Tabel 4. 14 Data Kapal LNG

Parameter	Unit	Shinju Maru	Coral Energy	Coral Methane	Surya Aki	Norgas	Portovenere	Sestao Knutsen	Barcelona Knutsen
<b>Kapasitas Kapal</b>	m <sup>3</sup>	2,500	15,600	7,500	19,500	10,000	65,000	138,000	173,400
<b>Kapasitas Kapal</b>	ton	1,150	7,176	3,450	8,970	4,600	29,900	63,480	79,764
<b>Kapasitas Aktual Kapal</b>	m <sup>3</sup>	2,250	14,040	6,750	17,550	9,000	58,500	124,200	156,060
<b>Kecepatan Kapal</b>	Knot	15	13,5	12	10,8	17	8,6	12,7	14
<b>Kapasitas Pompa</b>	m <sup>3</sup> /h	370	1620	450	750	480	800	13,600	15,200
<b>Waktu Unloading</b>	Hours	7	8,67	17	26	21	12	11	11

### 1.2.6 Skenario Distribusi LNG Wilayah Maluku

Setelah menentukan *clustering* terminal penerima, maka ditentukan skenario pendistribusian LNG di wilayah Maluku. Dalam tugas akhir ini Ambon menjadi hub terminal yang nantinya akan menyuplai kebutuhan LNG di setiap terminal penerima yang berada di wilayah Maluku. Berikut beberapa skenario yang telah ditentukan:

1. Skenario pertama: masing – masing *cluster* akan disuplai oleh satu kapal LNG dari terminal hub Ambon.
2. Skenario kedua: dua *cluster* yang terletak berdekatan akan disuplai satu kapal LNG dari terminal hub Ambon.
3. Skenario ketiga: semua *cluster*/semua pembangkit yang berada di wilayah Maluku akan di suplai oleh satu kapal dengan Ambon sebagai Hub Terminal.

Pada skenario 1, kapal yang melayani *cluster A* memulai perjalanan dengan *loading* LNG di Kota Ambon kemudian menuju Bacan, Halmahera, (Ternate-Tidore), Morotai, Maba dan kembali menuju hub terminal Ambon. Total jarak tempuh yang dilalui oleh kapal LNG untuk rute pada *cluster A* adalah 1208 Nm dengan total kebutuhan LNG pada setiap terminal penerima yang dilayani pada *cluster A* adalah 1544 m<sup>3</sup>. Destinasi pada *cluster B, C, dan D* dapat dilihat pada Tabel 4.15.

Tabel 4. 15 Skenario 1 Distribusi LNG di Maluku

<i>Cluster</i>	<b>Skenario</b>
<b><i>Cluster A</i></b>	Ambon - Bacan - Halmahera - (Ternate-Tidore) - Morotai - Maba - Ambon
<b><i>Cluster B</i></b>	Ambon - Masela - Saumlaki - Tual - Dobo - Ambon
<b><i>Cluster C</i></b>	Ambon - Saparua - Seram- Bula - Ambon
<b><i>Cluster D</i></b>	Ambon - Buru - Sanana - Ambon

Tabel berlanjut kebawah

Lanjutan Tabel 4.15

<i>Cluster</i>	<b>Total Rute (Nm)</b>	<b>Demand Pembangkit (m3)</b>
<b><i>Cluster A</i></b>	1208	1544
<b><i>Cluster B</i></b>	1263	657,142
<b><i>Cluster C</i></b>	910	427,142
<b><i>Cluster D</i></b>	442	296

Pada Tabel 4.15, *cluster B* memiliki total rute terbanyak yaitu 1263 Nm dan kebutuhan gas yang terbesar berada pada *cluster A* dibanding dengan *cluster B, cluster C* dan *cluster D*, total kebutuhan gas pada *cluster A* yaitu 1544 m<sup>3</sup>. Skenario 2 didapatkan dengan melakukan proses yang sama. Hasil perhitungan untuk Skenario 2 ditunjukkan pada Tabel 4.16

Tabel 4. 16 Skenario 2 Distribusi LNG di Maluku

<i>Cluster</i>	<b>Skenario 2</b>
<b><i>Cluster A &amp; D</i></b>	Ambon - Buru - Sanana - Bacan - Halmahera - (Ternate-Tidore) - Morotai - Maba - Ambon
<b><i>Cluster B &amp; C</i></b>	Ambon - Saparua - Seram - Masela - Saumlaki - Tual - Dobo - Ambon

Tabel berlanjut kebawah

Lanjutan Tabel 4.16

<i>Cluster</i>	<b>Total Rute (Nm)</b>	<b>Demand LNG (m3)</b>
<b><i>Cluster A &amp; D</i></b>	1319	1840
<b><i>Cluster B &amp; C</i></b>	1316	1084,28

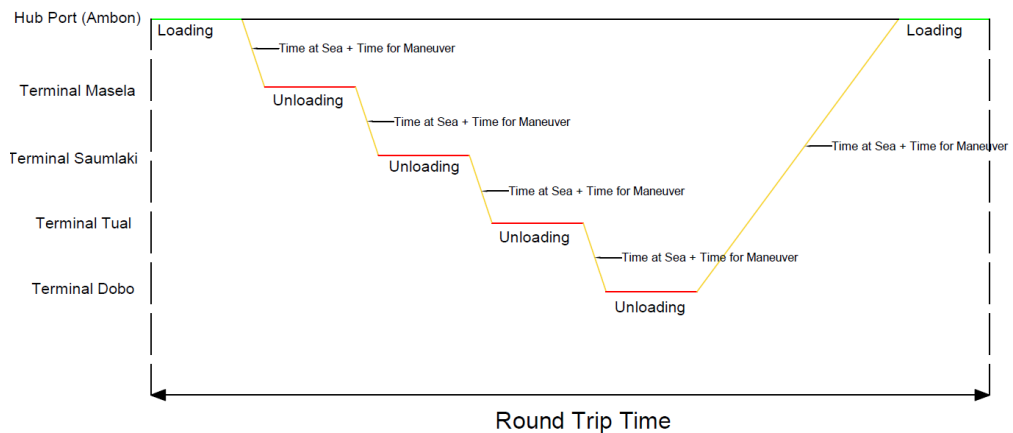
Tabel 4.16 menunjukkan proses distribusi LNG di Maluku dengan skenario 2. Pada skenario 2, *cluster A* dan *D* menjadi 1 *cluster* karena letaknya yang berdekatan.

Karena penggabungan 2 cluster menjadi 1 maka jarak tempuh kapal juga akan semakin besar dan kebutuhan LNG berdasarkan *round trip time* juga akan bertambah. Proses yang sama dilakukan untuk mendapatkan hasil perhitungan kapasitas tangki pada skenario 3. Hasil perhitungan skenario 3 dapat dilihat pada Tabel 4.17

Tabel 4. 17 Skenario 3 Distribusi LNG di Maluku

<i>Cluster</i>	<b>Skenario 3</b>	
<b>Semua Cluster</b>	Ambon - Buru - Sanana - Bacan - Halmahera - (Ternate-Tidore) - Morotai - Maba - Saparua - Seram - Masela - Saumlaki - Tual - Dobo – Ambon	
	Tabel berlanjut kebawah	
	Lanjutan Tabel 4.17	
<i>Cluster</i>	<b>Total Rute (Nm)</b>	<b>Demand LNG (m<sup>3</sup>)</b>
<b>Semua Cluster</b>	2603	2924

Tabel 4.17 menunjukkan proses distribusi LNG di Maluku dengan skenario 3. Pada skenario 3, seluruh *cluster* akan dilayani oleh satu kapal. Sehingga pada skenario 3 jarak yang ditempuh menjadi lebih panjang dan kebutuhan gas juga menjadi lebih banyak dibanding dengan skenario 1 maupun skenario 3. Setelah menentukan skenario 1, 2 dan 3, langkah selanjutnya yaitu menentukan tipe kapal yang sesuai dan *round trip time* yang dibutuhkan oleh kapal LNG untuk mendistribusikan LNG ke setiap terminal penerima di *cluster* yang berbeda.



Gambar 4. 2 Ilustrasi Perhitungan *Round trip time*

Gambar 4.2 Menunjukkan *round trip time* pada *cluster 2*, dimana *cluster 2* terdiri dari 4 terminal. Distribusi LNG pada *cluster 2* dimulai dari terminal Hub Ambon menuju terminal Masela, Saumlaki, Tual dan Dobo dan nantinya akan dilayani oleh satu kapal. Dalam satu kali *round trip time*, kapal membutuhkan beberapa proses yang membutuhkan waktu. Berikut proses yang dilalui oleh kapal untuk satu kali *round trip time*:

- Waktu *loading* muatan di terminal Hub
- Waktu yang dibutuhkan kapal untuk berlayar (*time at sea*)
- Waktu yang dibutuhkan kapal untuk bermanuver
- *Slack time*
- *Berthing cycle*

Perhitungan kapasitas tangki terminal LNG pada *cluster* A skenario 1:  
 Pada skenario 1 terdapat 4 *cluster*, dan masing – masing *cluster* dilayani oleh 1 kapal.  
 Rute pada *Cluster* A yaitu: Ambon - Bacan - Halmahera - (Ternate-Tidore) - Morotai - Maba – Ambon.

A. Menghitung waktu *loading* dan *unloading* pada skenario 1 *cluster* A:

$$\text{Dengan menggunakan rumus waktu } loading = \frac{\text{demand (m3)}}{\text{flowrate pompa } (\frac{m3}{h})}$$

Kapal shinjumaru dengan kapasitas pompa = 370 m<sup>3</sup>/h

Dengan total jarak: 1208 nm

Total *demand*: 1544,29 m<sup>3</sup>/day

*Demand* pada masing – masing terminal penerima pada skenario 1 *cluster* A:

Tabel 4. 18 Kebutuhan gas pada *Cluster* A

<i>Demand</i> (m <sup>3</sup> )	Bacan	Halmahera	Ternate-Tidore	Morotai	Maba
	131,43	788,57	492,86	65,71	65,71

Sehingga didapat waktu *loading* dan *unloading* pada setiap terminal penerima:

1. *Loading* pada terminal Hub Ambon  $= \frac{2250 \text{ m3}}{370 \text{ m3/h}} = 7 \text{ h}$
  2. *Unloading* pada terminal Bacan  $= \frac{131,43 \text{ m3}}{370 \text{ m3/h}} = 0,35 \text{ h}$
  3. *Unloading* pada terminal Halmahera  $= \frac{788,57 \text{ m3}}{370 \text{ m3/h}} = 2,13 \text{ h}$
  4. *Unloading* pada terminal Ternate-Tidore  $= \frac{492,86 \text{ m3}}{370 \text{ m3/h}} = 1,33 \text{ h}$
  5. *Unloading* pada terminal Morotai  $= \frac{65,71 \text{ m3}}{370 \text{ m3/h}} = 0,18 \text{ h}$
  6. *Unloading* pada terminal Maba  $= \frac{65,71 \text{ m3}}{370 \text{ m3/h}} = 0,18 \text{ h}$
- Total waktu *loading* dan *unloading* = 10,95 h

B. Menghitung estimasi waktu berlayar

$$\begin{aligned}
 \text{Time at sea} &= \frac{\text{jarak (nm)}}{\text{kecepatan kapal (knot)}} \\
 &= \frac{1208 \text{ (nm)}}{13,5 \text{ (knot)}} \\
 &= 89,48 \text{ h}
 \end{aligned}$$

C. Menghitung estimasi waktu manuver

Dalam studi ini diestimasi bahwa waktu manuver kapal di pelabuhan adalah 4 jam, dan terdapat 7 terminal yang akan ditempuh. Sehingga didapatkan total waktu manuver pada skenario 1 *cluster A*:

$$\begin{aligned}
 \text{Total waktu manuver} &= \text{Waktu manuver} \times n \text{ terminal} \\
 &= 4 \text{ h} \times 7 \\
 &= 28 \text{ h}
 \end{aligned}$$

D. Menghitung *slack time*

Estimasi *slack time* yaitu 10% dari total *round trip time*. Total *round trip time* yang ditempuh kapal:

$$\begin{aligned}
 \text{Round trip time yang ditempuh kapal} &= 10,95 + 89,48 + 28 \\
 &= 135,43 \text{ h}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Slack time} &= 10\% \times 135,43 \text{ h} \\
 &= 13,54 \text{ h}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Maka total round trip time keseluruhan} &= 148,98 \text{ h} \\
 &= 6,21 \text{ days} = 7 \text{ days}
 \end{aligned}$$

E. Kapasitas Tangki Terminal

Setelah diketahui *round trip time* yang dibutuhkan kapal, langkah selanjutnya yaitu menghitung kapasitas pada masing – masing terminal. Pada point D, *round trip time* yang dibutuhkan kapal untuk berlayar dari terminal hub Ambon hingga kembali ke terminal hub membutuhkan waktu 7 hari. Sehingga kapasitas tangki yang diperlukan pada skenario 1 harus cukup untuk pasokan 7 hari kedepan karena kapal hanya akan menyuplai setiap 7 hari sekali. Berikut perhitungan kapasitas tangki untuk 7 hari kedepan:

$$\begin{aligned}
 \text{Kapasitas tangki} &= (1544,29 \text{ m}^3/\text{day} \times 7 \text{ days}) + 1544,29 \text{ m}^3 \\
 &= 12354,286 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

Hasil perhitungan untuk semua skenario dapat dilihat pada Tabel 4.19. Tabel 4.19 merupakan tabel perhitungan *round trip time* dan kapasitas tangki untuk terminal penerima pada skenario 1, skenario 2 dan skenario 3. Dapat dilihat pada Tabel 4.19, skenario 3 memiliki kapasitas tangki lebih besar dibanding dengan skenario 1 dan skenario 2.

Tabel 4. 19 Perhitungan *Round trip time* dan Kapasitas Tangki

Skenario	Cluster	Rute (nm)	Kapasitas (m <sup>3</sup> /day)	Total Waktu Unloading (h)	Estimasi T Manuver (h)	Time at Sea (h)
Skenario 1	Cluster A	1208	1544,29	10,953	28	89,48
	Cluster B	1263	657,14286	18,460	24	105,25
	Cluster C	910	427,14286	8,154	20	60,67
	Cluster D	442	296	7,799	16	29,47

Lanjutan Tabel 4.19

<b>Skenario</b>	<b>Cluster</b>	<b>Rute (nm)</b>	<b>Kapasitas (m3/day)</b>	<b>Total Waktu Unloading (h)</b>	<b>Estimasi T Manuver (h)</b>	<b>Time at Sea (h)</b>
Skenario 2	Cluster A & D	1319	1840	28,453	36	122,13
	Cluster B & C	1316	1084,2857	23,259	32	77,41
Skenario 3	Cluster A, B, C, D	2603	2924	30,440	60	302,67

Tabel berlanjut ke tabel dibawah

Lanjutan dari tabel 4.19

<b>Skenario</b>	<b>Total Round trip time (h)</b>	<b>Round trip time + Slack time</b>	<b>Total Round trip time (days)</b>	<b>Demand based on Round trip time (m3)</b>	<b>Kapal</b>
Skenario 1	128,43	141,28	5,89	12354,286	Coral Energy
	147,71	162,48	6,77	5257,142	Coral Methane
	88,82	97,70	4,07	3417,142	Coral methane
	53,27	58,59	2,44	2365,7143	Shinju Maru
Skenario 2	186,58	205,24	8,55	14720	Surya Aki
	132,67	145,94	6,08	8674,285	Norgas
Skenario 3	393,11	423,43	18,02	52060	Porto

Tabel 4.20 merupakan *round trip time* kapal dari terminal *plant* yang berada di Tangguh menuju terminal hub di Ambon dan terminal hub Ambon disuplai setiap 14 hari sekali dari Tangguh.

Tabel 4. 20 Perhitungan *Round trip time* dan Kapasitas Tangki Terminal Hub (1)

<b>Ambon - Tangguh - Ambon</b>	<b>Rute (nm)</b>	<b>Kapasitas (m3/day)</b>	<b>Waktu Unloading (h)</b>	<b>Estimasi Manuver (h)</b>	<b>Time at Sea (h)</b>
Skenario 1	394,05	24182,857	22	14	31,03
Skenario 2	394,05	24183	22	14	31,03
Skenario 3	394,05	52849	22	1	28,15

Lanjutan dari Tabel 4.20

<b>Ambon - Tangguh - Ambon</b>	<b>Berthing cycle (h)</b>	<b>Total Round trip time (h)</b>	<b>Round trip time + Slack time (h)</b>	<b>Total Round trip time (hari)</b>	<b>Demand based on RT (m<sup>3</sup>)</b>
Skenario 1	36	103,03	113,33	4,72	193462,85
Skenario 2	36	103,03	113,33	4,72	193462,85
Skenario 3	36	100,15	110,16	4,59	211394,28

Tabel 4.21 merupakan *round trip time* kapal dari terminal *plant*/sumber yang berada di Tangguh menuju terminal hub di Ambon dan terminal hub Ambon disuplai setiap 7 hari sekali dari Tangguh

Tabel 4. 21 Perhitungan *Round trip time* dan Kapasitas Tangki Terminal Hub (2)

<b>Ambon - Tangguh - Ambon</b>	<b>Rute (nm)</b>	<b>Kapasitas (m<sup>3</sup>/day)</b>	<b>Total Waktu Unloading (h)</b>	<b>Estimasi T Manuver (h)</b>	<b>Time at Sea (h)</b>
Skenario 1	394,05	24182,857	22	14	31,03
Skenario 2	394,05	24183	22	14	31,03
Skenario 3	394,05	52848,571	22	14	28,15

Tabel berlanjut kebawah

Lanjutan dari tabel 4.21

<b>Ambon - Tangguh - Ambon</b>	<b>Berthing cycle (h)</b>	<b>Total Round trip time (h)</b>	<b>Round trip time + Slack time</b>	<b>Total Round trip time (hari)</b>	<b>Demand based on RT (m<sup>3</sup>)</b>
Skenario 1	36	103,03	113,33	4,72	24182,85714
Skenario 2	36	103,03	113,33	4,72	24182,85714
Skenario 3	36	100,15	110,16	4,59	52848,57143

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*



## **BAB V**

### **PEMILIHAN TIPE TERMINAL LNG**

Pada Bab ini akan dilakukan analisa dan pembahasan mengenai pemilihan tipe terminal LNG di Ambon dengan menggunakan metode *Fuzzy AHP*. Dalam studi ini, direncanakan rantai pasok LNG ke pembangkit listrik di Maluku akan dilayani oleh terminal hub Ambon.

#### **5.1 Penentuan Kriteria dan Sub Kriteria Pemilihan Terminal LNG**

##### *A. Technical Aspect*

###### 1. Peralatan Teknis

Beberapa peralatan teknis yang dibutuhkan oleh terminal LNG yaitu, peralatan *cargo handling*, peralatan *vapour handling*, *cold recovery*. Setiap tipe terminal LNG memiliki kompleksitas yang berbeda – beda.

###### 2. Kapasitas Penyimpanan

Terminal LNG berfungsi sebagai penghubung dalam rantai pasok LNG. Berdasarkan pada aktivitas dan fungsi, terminal juga menyediakan fasilitas penyimpanan LNG yang dibutuhkan untuk pendistribusian LNG dari terminal ke pengguna akhir

###### 3. Ketersediaan Lahan

Untuk membangun terminal LNG diperlukan beberapa pertimbangan yaitu ketersediaan lahan yang memadai, pertimbangan lokasi terminal LNG, serta pertimbangan penambahan kapasitas untuk jangka panjang.

##### *B. Community Safety dan Keamanan / Security*

*Community Safety* menjelaskan mengenai skenario kecelakaan pada terminal LNG dan dampak potensial dari berbagai jenis kecelakaan. Setiap jenis fasilitas memiliki kelebihan dan kekurangan yang berasal dari perbedaan desain, lokasi, dan operasional. Sedangkan aspek keamanan terdiri dari regulasi yang mengatur tentang terminal penerima LNG serta perijinan pembangunan terminal LNG disuatu daerah.

###### 1. Kegagalan Operasi

Kegagalan operasional meliputi kegagalan saat proses bongkar muat, proses penyimpanan LNG, atau proses regasifikasi LNG. Setiap terminal LNG memiliki beberapa peralatan keselamatan yang dirancang untuk mendeteksi dan mencegah kegagalan operasional.

###### 2. Kecelakaan Laut / *Maritime Accidents*

Kecelakaan maritim dibagi menjadi tiga kategori: *grounding*, *collision* dan *allision*.

###### 3. Regulasi dan Perijinan

Saat merencanakan pembangunan terminal LNG dan kegiatan terkait, sejumlah aturan dan regulasi perlu dipertimbangkan untuk memperoleh persetujuan izin. Izin yang diperlukan adalah: izin mendirikan bangunan, izin lingkungan dan izin untuk penanganan dan penyimpanan barang berbahaya.

### C. Aspek Lingkungan

Terminal LNG yang akan dibangun harus mempertimbangkan dampak terhadap lingkungan, baik lingkungan laut, udara, maupun darat. Berikut penjelasan mengenai sub kriteria aspek lingkungan:

#### 1. Ekosistem Laut

Masing-masing tipe terminal LNG yang diusulkan, memiliki potensi untuk pencemaran laut di sekitar terminal. Terdapat dua jenis komunitas laut yaitu *Benthic Community* dan *Pelagic Communities*. *Benthic Community* adalah komunitas yang ada pada *sea bed* dan mencakup area seperti pantai, daerah pesisir atau intertidal, terumbu karang, dan dasar laut dalam. Komunitas ini terdiri dari berbagai macam tanaman, hewan, dan bakteri dari semua tingkat rantai makanan. *Pelagic Communities* adalah komunitas yang ditemukan di *water column*, dari permukaan air hingga dasar air. Komunitas pelagis terdiri dari dua jenis organisme: Plankton dan nexton.

#### 2. Kualitas Udara

Dampak Kualitas Udara ditentukan berdasarkan sumber emisi, kondisi meteorologi, dan kualitas udara pada tempat tersebut.

#### 3. *Terrestrial*

Pembangunan terminal LNG di suatu wilayah, dapat berdampak pada *terrestrial* atau permukaan tanah.

### D. *Socioeconomic*

Membangun terminal penerima LNG memiliki efek sosial ekonomi yang menguntungkan dan merugikan. Sosial ekonomi merupakan kombinasi faktor sosial dan ekonomi. Kategori sosial ekonomi meliputi: dampak terhadap populasi, perekonomian, dan *property value*.

#### 1. Dampak Terhadap Populasi

Populasi lokal dapat terpengaruh jika terminal penerima LNG dibangun dalam jarak dekat terhadap populasi sekitar.

#### 2. *Property Value*

Fokus *property value* dalam hal ini yaitu terhadap penggunaan lahan yang ada dan yang diusulkan serta konsistensi dengan rencana, kebijakan, dan peraturan penggunaan lahan lokal dan regional.

#### 3. Perekonomian dan Ketenagakerjaan

Membangun terminal penerima LNG dapat memengaruhi sektor ekonomi lokal, pendapatan per kapita, dan ketenagakerjaan terhadap penduduk sekitar.

### E. Aspek Finansial

#### 1. Biaya Investasi

Karakteristik umum biaya modal/biaya investasi dari setiap terminal regasifikasi dapat diklasifikasikan sebagai berikut:

- *Onshore LNG Receiving Terminal: LNG carrier, pipeline, dan land-based regasification unit.*
- *Floating LNG Receiving Terminal: LNG carrier, Floating Storage dan unit regasifikasi*

#### 2. Biaya Operasional

Terdapat dua kegiatan operasional utama di dalam terminal penerima LNG yaitu pengiriman LNG dan pengoperasian terminal regasifikasi.

### 3. Biaya Perawatan

Perawatan pada terminal LNG dilakukan secara berkala sehingga perlu direncanakan anggaran biaya untuk perawatan terminal. Setiap tipe terminal memiliki anggaran perawatan yang berbeda-beda

## 5.2 Penentuan Alternatif Pemilihan Tipe Terminal

Untuk menentukan alternatif pemilihan tipe terminal perlu dilakukan proses seleksi. Dalam studi ini, metode untuk menyeleksi tipe terminal LNG yang akan dijadikan sebagai alternatif pemilihan adalah *Qualitative Matrix Screening*. Salah satu metode qualitative matrix screening adalah pugh matrix screening. Pugh Matrix (PM) adalah jenis Matrix Diagram yang memungkinkan untuk membandingkan sejumlah kandidat kriteria untuk mendapatkan hasil akhir yang sesuai. Hasil akhir dari penilaian kualitatif dengan menggunakan pugh matrix dapat dilihat pada Tabel 5.1

Tabel 5. 1 Pugh Matrix Screening

Kriteria		DATUM	1	2	3	4	5
		<i>Concept 0</i>	<i>Concept 1</i>	<i>Concept 2</i>	<i>Concept 3</i>	<i>Concept 4</i>	<i>Concept 5</i>
<b>Aspek Teknik</b>	Technical Equipment	0	0	-1	-1	-1	-1
	Kapasitas Penyimpanan	0	-1	0	0	0	0
	Send Out Capacity	0	-1	-1	-1	-1	-1
<b>Community Safety &amp; Security</b>	Kegagalan Operasi	0	0	1	1	1	1
	Kecelakaan Laut	0	0	0	0	0	-1
	Regulasi dan Perijinan	0	1	1	1	1	0
<b>Aspek Lingkungan</b>	Ekosistem Laut	0	0	-1	-1	-1	-1
	Kualitas Udara	0	0	0	0	0	0
	<i>Terrestrial</i>	0	0	0	0	-1	0
	Kualitas air laut	0	0	-1	-1	-1	-1
<b>Socioeconomic</b>	Dampak terhadap populasi	0	0	1	1	1	1
	Property value	0	1	1	1	0	0
	Perekonomian dan ketenagakerjaan	0	0	0	0	0	1
<b>Aspek Finansial</b>	Biaya Investasi	0	1	1	1	1	0
	Biaya Operasional	0	1	1	1	0	-1
	Biaya Perawatan	0	1	1	1	0	-1
	S+	+0	+5	+7	+7	+4	+3
	S-	-0	-2	-4	-4	-5	-7
	Net Score	0	3	3	3	-1	-4

## Keterangan:

<i>Concept 0</i>	: <i>Onshore</i> dengan <i>flat bottom tank</i>
<i>Concept 1</i>	: <i>Onshore</i> dengan <i>vertical tank</i>
<i>Concept 2</i>	: FSRU
<i>Concept 3</i>	: FSU dengan FRU
<i>Concept 4</i>	: FSU dengan <i>onshore regasifikasi</i>
<i>Concept 5</i>	: <i>Gravity based structure</i>

Langkah pertama dalam pugh matrix adalah menentukan datum/baseline, kemudian memberikan nilai untuk setiap kriteria terhadap seluruh kandidat alternatif. Nilai 0 pada Tabel 5.1 menunjukkan bahwa memiliki nilai yang sama dengan baseline, nilai -1 menunjukkan bahwa alternatif tersebut memiliki nilai yang lebih buruk dibandingkan dengan baseline/datum dan nilai +1 menunjukkan bahwa alternatif tersebut lebih baik dibandingkan dengan *datum/baseline*. Berdasarkan hasil dari penilaian kualitatif dengan menggunakan pugh matrix, alternatif yang terpilih adalah FSRU, FSU, *Onshore flat bottom tank* dan *onshore vertical tank*. Kemudian dilakukan pembobotan pada masing – masing kriteria terhadap semua alternatif. Pembobotan dilakukan dengan memberikan nilai pada masing – masing kriteria. Pada Tabel 5.2 menunjukkan bahwa 4 alternatif yang terpilih berdasarkan total jumlah terbanyak yaitu, FSRU dengan bobot 90, FSU dengan bobot 89, *Onshore flat bottom tank* dengan 87 dan *onshore vertical tank* dengan bobot 86.

Tabel 5. 2 Pembobotan Terhadap Alternatif

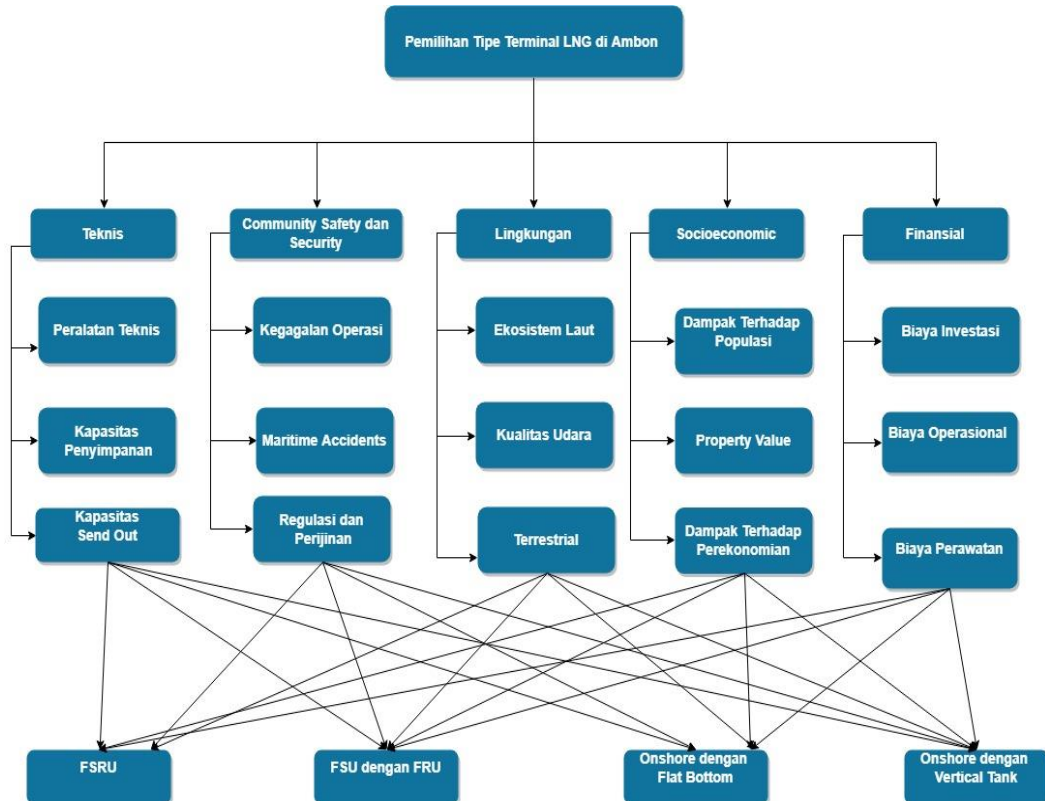
Kriteria	Sub Kriteria	Sub-Sub Kriteria	<i>Onshore dengan flat bottom tank</i>	<i>Onshore dengan vertical tank</i>	FSRU	FSU + FRU	FSU + <i>Onshore</i> regas	<i>Gravity Based Structure</i>
			Datum	Concept 1	Concept 2	Concept 3	Concept 4	Concept 5
<b>Aspek Teknik</b>	<i>Technical Equipment</i>	<i>BOG handling</i>	4	4	3	3	3	4
		<i>Cryogenic Pipeline</i>	2	2	3	3	2	2
		<i>Loading/unloading arms/hoses</i>	3	3	2	2	3	2
	Kapasitas Penyimpanan	-	4	3	3	4	4	3
	Ketersediaan Lahan	-	4	3	2	2	2	2
<b>Community Safety dan Keamanan/Security</b>	Kegagalan Operasi	Kerusakan sistem bongkar muat	4	4	3	3	3	2
		kerusakan sistem penyimpanan	4	4	3	3	3	2
		Kerusakan sistem <i>vaporizer</i> LNG	3	3	3	3	3	3
	Kecelakaan Laut	<i>Grounding</i>	3	3	4	4	4	3
		<i>Collision</i>	4	4	4	3	4	3
		<i>Allision</i>	4	4	3	2	4	2

Lanjutan Tabel 5.2

	Regulasi dan Perijinan	<i>Building permit</i>	3	3	4	4	3	3
		<i>Permit for handling and storage of dangerous goods</i>	3	3	3	3	3	3
		<i>Environmental permit</i>	3	3	4	4	3	3
<b>Aspek Lingkungan</b>	Ekosistem Laut	<i>Benthic Community</i>	4	4	3	3	3	2
		<i>Pelagic Communities</i>	3	3	2	2	2	2
		Kualitas Udara	NO <sub>2</sub>	2	2	3	3	3
		CO	2	2	4	4	3	4
		SO <sub>2</sub>	2	2	4	4	3	4
		PM <sub>10</sub>	3	3	4	4	3	4
		<i>Terrestrial</i>	-	2	2	3	3	3
	Kualitas air laut	-	3	3	2	2	2	2
<b>Socioeconomic</b>	Dampak terhadap populasi	-	2	3	4	4	4	4
	<i>Property value</i>	-	2	2	3	3	3	3
	Perekonomian	-	4	4	3	3	3	4
<b>Aspek Finansial</b>	Biaya Investasi	<i>pipeline</i>	3	3	4	4	3	4
		<i>Land base</i>	3	3	4	4	3	3
	Biaya Operasional	-	4	4	3	3	3	2
	Biaya Perawatan	-	4	4	3	3	3	2
<b>Total</b>			91	90	93	92	88	82
<b>Rank</b>			3	4	1	2	5	6

### 5.3 Penyusunan Hierarki

Hierarki adalah representasi sebuah permasalahan yang kompleks yang terdapat dalam suatu struktur dengan banyak level. Dimana level pertama dalam suatu struktur adalah tujuan, kemudian berlanjut dengan level kriteria, subkriteria dan seterusnya hingga level terakhir adalah alternatif.



Gambar 5. 1 Susunan Hierarki

### 5.4 Uji Validitas dan Reliabilitas Kuesioner

#### 5.4.1 Uji Validitas

Hasil penyebaran kuesioner selanjutnya divalidasi menggunakan *software* SPSS. Berikut hasil validasi 26 responden dapat dilihat pada Gambar 5.2. Kuesioner dikatakan valid ketika nilai  $r$  hitung  $>$   $r$  tabel. Hasil validasi kuesioner kriteria dengan menggunakan *software* SPSS, nilai  $r$  hitung lebih besar dari  $r$  tabel sehingga dapat dikatakan bahwa kuesioner yang telah disebar bersifat valid. Nilai  $r$  tabel untuk  $n=26$  adalah 0,3739 untuk signifikansi 0,05.

Correlations												
		Item_1	Item_2	Item_3	Item_4	Item_5	Item_6	Item_7	Item_8	Item_9	Item_10	Total
Item_1	Pearson Correlation	1	.525**	.567**	.127	.234	.238	.233	.088	-.018	.234	.532**
	Sig. (2-tailed)		.006	.003	.537	.250	.242	.252	.669	.931	.250	.005
	N	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26
Item_2	Pearson Correlation	.525**	1	.638**	.507**	.243	.376	.544**	.358	.365	.438*	.795**
	Sig. (2-tailed)	.006		.000	.008	.232	.058	.004	.073	.075	.025	.000
	N	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26
Item_3	Pearson Correlation	.567**	.638**	1	.302	.503**	.425**	.314	.318	.396*	.503**	.797**
	Sig. (2-tailed)	.003	.000		.134	.009	.031	.118	.113	.045	.009	.000
	N	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26
Item_4	Pearson Correlation	.127	.507**	.302	1	-.211	.448*	.388	.090	.227	.110	.470*
	Sig. (2-tailed)	.537	.008	.134		.302	.022	.050	.660	.264	.592	.015
	N	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26
Item_5	Pearson Correlation	.234	.243	.503**	-.211	1	.009	.051	-.062	.242	.405*	.394*
	Sig. (2-tailed)	.250	.232	.009	.302		.966	.805	.765	.233	.040	.046
	N	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26
Item_6	Pearson Correlation	.238	.376	.425**	.448*	.009	1	.475*	.487*	.254	.262	.648**
	Sig. (2-tailed)	.242	.058	.031	.022	.966		.014	.012	.211	.195	.000
	N	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26
Item_7	Pearson Correlation	.233	.544**	.314	.388	.051	.475*	1	.357	.326	.491*	.690**
	Sig. (2-tailed)	.252	.004	.118	.050	.805	.014		.073	.104	.011	.000
	N	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26
Item_8	Pearson Correlation	.088	.358	.318	.090	-.062	.487*	.357	1	.315	.510**	.547**
	Sig. (2-tailed)	.669	.073	.113	.660	.765	.012	.073		.117	.008	.004
	N	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26
Item_9	Pearson Correlation	-.018	.355	.396*	.227	.242	.254	.326	.315	1	.618**	.585**
	Sig. (2-tailed)	.931	.075	.045	.264	.233	.211	.104	.117		.001	.002
	N	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26
Item_10	Pearson Correlation	.234	.438*	.503**	.110	.405*	.262	.491*	.510**	.618**	1	.740**
	Sig. (2-tailed)	.250	.025	.009	.592	.040	.195	.011	.008	.001		.000
	N	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26
Total	Pearson Correlation	.532**	.795**	.797**	.470*	.394*	.648**	.690**	.547**	.585**	.740**	1
	Sig. (2-tailed)	.005	.000	.000	.015	.046	.000	.000	.004	.002	.000	
	N	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26

\*\* . Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

\*. Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).

Gambar 5. 2 Hasil Validasi menggunakan SPSS

Proses yang sama dilakukan untuk memvalidasi kuesioner sub kriteria dan alternatif yang telah diisi oleh responden. Nilai r hitung pada hasil pengujian validitas terhadap kuesioner sub kriteria dan alternatif pemilihan tipe terminal LNG bernilai lebih besar dari r tabel sehingga kuesioner dianggap valid. Hasil pengujian validitas kuesioner sub kriteria dan kuesioner alternatif dapat dilihat pada lampiran.

#### 5.4.2 Uji Reliabilitas

Setelah menentukan validitas kuesioner, selanjutnya yaitu menentukan reliabilitas dari kuesioner. Uji reliabilitas menggunakan *software* SPSS. Hasil pengujian realibilitas kuesioner dapat dilihat pada Gambar 5.3.



**Scale: ALL VARIABLES**

**Case Processing Summary**

		N	%
Cases	Valid	26	100.0
	Excluded <sup>a</sup>	0	.0
	Total	26	100.0

a. Listwise deletion based on all variables in the procedure.

**Reliability Statistics**

Cronbach's Alpha	N of Items
.753	11

**Item-Total Statistics**

	Scale Mean if Item Deleted	Scale Variance if Item Deleted	Corrected Item-Total Correlation	Cronbach's Alpha if Item Deleted
Item_1	91.1154	764.186	.466	.738
Item_2	92.2308	742.025	.766	.724
Item_3	92.4615	733.218	.765	.721
Item_4	93.1923	782.962	.413	.744
Item_5	90.8846	787.226	.325	.748
Item_6	92.1538	742.215	.590	.728
Item_7	92.0000	732.560	.635	.724
Item_8	94.0385	776.998	.498	.741
Item_9	92.8077	769.122	.535	.738
Item_10	92.8077	729.202	.695	.721
Total	48.6154	208.486	1.000	.822

Gambar 5. 3 Hasil Pengujian Reliabilitas Kuesioner

Berdasarkan hasil pengujian reliabilitas kuesioner pada SPSS diperoleh nilai alpha sebesar 0,753. Dimana nilai 0,753 lebih besar dari nilai r tabel, sehingga dapat dikatakan bahwa kuesioner konsisten.

## 5.5 Proses Pembobotan dengan *Fuzzy* AHP

Metode yang digunakan untuk pembobotan kriteria yaitu metode *Fuzzy* AHP, data yang diperoleh dengan menyebarkan kuisisioner kepada responden. Adapun langkah – langkah dalam proses pembobotan dengan metode *Fuzzy* AHP sebagai berikut:

### 5.5.1 Membuat matriks perbandingan kriteria

Nilai matriks perbandingan berpasangan antar kriteria didapatkan dengan membandingkan bobot dari masing – masing kriteria yang diperoleh dari hasil kuisisioner. Nilai matriks perbandingan berpasangan terhadap kriteria dapat dilihat pada Tabel 5.3

Tabel 5. 3 Perbandingan Berpasangan Kriteria

	<b>Kriteria</b>				
	1	2	3	4	5
<b>Kriteria 1</b>	1,00	0,14	0,20	1,00	0,33
<b>Kriteria 2</b>	7,00	1,00	7,00	7,00	9,00
<b>Kriteria 3</b>	5,00	0,14	1,00	3,00	3,00
<b>Kriteria 4</b>	1,00	0,14	0,33	1,00	1,00
<b>Kriteria 5</b>	3,00	0,11	0,33	1,00	1,00
<b>Total</b>	17,00	1,54	8,87	13,00	14,33

Keterangan:

Kriteria 1: Teknis

Kriteria 2: *Community Safety dan Security*

Kriteria 3: Lingkungan

Kriteria 4: *Socioeconomic*

Kriteria 5: Finansial

Kemudian setiap elemen pada Tabel 5.3 dan yang terletak dalam satu kolom dijumlahkan untuk menghitung nilai vektor prioritas.

### 5.5.2 Menghitung Nilai Vektor Prioritas

Untuk menghitung nilai vektor prioritas langkah pertama yang harus dilakukan yaitu dengan membagi elemen dengan jumlahan di masing – masing kolom kriteria yang sebelumnya telah dihitung. Nilai pada kolom 1 baris 1 adalah 1, nilai ini kemudian dibagi dengan total pada kolom 1, sehingga bernilai  $\frac{1}{17} = 0,06$ . Hasil pembagian setiap elemen dapat dilihat pada Tabel 5.4

Tabel 5. 4 Hasil Pembagian Setiap Elemen

	Kriteria				
	1	2	3	4	5
Kriteria 1	0,06	0,09	0,02	0,08	0,02
Kriteria 2	0,41	0,65	0,79	0,54	0,63
Kriteria 3	0,29	0,09	0,11	0,23	0,21
Kriteria 4	0,06	0,09	0,04	0,08	0,07
Kriteria 5	0,18	0,07	0,04	0,08	0,07
Total	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00

Kemudian mencari nilai rata-rata setiap baris. Elemen yang terletak dalam satu baris dijumlahkan dan dibagi dengan banyaknya kriteria yang digunakan. Dalam kasus ini jumlah kriteria yang digunakan yaitu berjumlah 5. Hasil perhitungan nilai vektor prioritas kriteria dapat dilihat pada Tabel 5.5

Tabel 5. 5 Perbandingan Berpasangan Kriteria

	Kriteria					Vektor Prioritas
	1	2	3	4	5	
Kriteria 1	0,06	0,09	0,02	0,08	0,02	0,055
Kriteria 2	0,41	0,65	0,79	0,54	0,63	0,603
Kriteria 3	0,29	0,09	0,11	0,23	0,21	0,188
Kriteria 4	0,06	0,09	0,04	0,08	0,07	0,067
Kriteria 5	0,18	0,07	0,04	0,08	0,07	0,087

### 5.5.3 Perhitungan Consistency Ratio

Syarat konsistensi pada penilaian saat membuat matriks pairwise comparison terhadap setiap kriteria yaitu memenuhi nilai  $CR \leq 0,1$ . Apabila nilai lebih dari 10% maka penilaian harus diulang.

- Menghitung bobot prioritas

Langkah pertama untuk menentukan *consistency ratio* yaitu dengan mengalikan matriks perbandingan berpasangan dengan nilai vektor prioritas

$$\begin{bmatrix} 1,00 & 0,14 & 0,20 & 1,00 & 0,33 \\ 7,00 & 1,00 & 7,00 & 7,00 & 9,00 \\ 5,00 & 0,14 & 1,00 & 3,00 & 3,00 \\ 1,00 & 0,14 & 0,33 & 1,00 & 1,00 \\ 3,00 & 0,11 & 0,33 & 1,00 & 1,00 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} 0,055 \\ 0,603 \\ 0,188 \\ 0,067 \\ 0,087 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0,274 \\ 3,552 \\ 1,009 \\ 0,357 \\ 0,448 \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} 0,274 \\ 3,552 \\ 1,009 \\ 0,357 \\ 0,448 \end{bmatrix} : \begin{bmatrix} 0,055 \\ 0,603 \\ 0,188 \\ 0,067 \\ 0,087 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0,274/0,055 \\ 3,552/0,603 \\ 1,009/0,188 \\ 0,357/0,067 \\ 0,448/0,087 \end{bmatrix}$$

$$\text{Bobot Prioritas} = \begin{bmatrix} 5,006 \\ 5,887 \\ 5,372 \\ 5,321 \\ 5,174 \end{bmatrix}$$

- Menghitung nilai eigen maksimum

$$\lambda_{max} = \frac{5,006+5,887+5,372+5,321+5,174}{5}$$

$$\lambda_{max} = 5,35$$

- Menghitung nilai CI

Selanjutnya menghitung nilai CI (*Consistency Index*) dengan persamaan 2.1

$$CI = \frac{(\lambda_{max} - n)}{(n-1)} \quad (2.1)$$

Dimana:

$CI$  = Rasio penyimpangan konsistensi

$\lambda_{max}$  = Nilai *eigen* terbesar dari matriks berordo  $n$

$n$  = Ordo matriks

sehingga diperoleh hasil sebagai berikut:

$$CI = \frac{\lambda_{max} - n}{n-1} = \frac{5,35-5}{5-1} = 0,088$$

- Menghitung Nilai CR

Langkah terakhir untuk mendapatkan nilai konsistensi adalah menghitung nilai CR. Menghitung nilai CR dengan menggunakan persamaan 2.2

$$CR = \frac{CI}{RI} \quad (2.2)$$

Dimana:

$CI$  = *Consistency Index*

$RI$  = *Random Index*

Berdasarkan tabel 2.9 untuk  $n=5$  maka  $RI = 1,12$

$$CR = \frac{CI}{RI} = \frac{0,088}{1,12} = 0,078$$

Nilai CR berdasarkan hasil hitungan diatas adalah 0,078 dan nilai  $0,078 \leq 0,1$ , sehingga dapat dikatakan bahwa penilaian dari responden konsisten. Hasil dari perhitungan *consistency ratio* terhadap kriteria dan sub kriteria dapat dilihat pada tabel 5.6

Tabel 5. 6 Nilai Konsistensi

Kriteria	Nilai Konsistensi	Sub Kriteria	Nilai Konsistensi
	0,078	Teknis	0,01
		<i>Community Safety &amp; Security</i>	0,056
		Lingkungan	0,01
		<i>Socioeconomic</i>	0,01
		Finansial	0,06

Dapat dilihat pada Tabel 5.6, nilai konsistensi pada kriteria dan sub kriteria memiliki nilai dibawah 0,1. Sehingga dapat dikatakan bahwa penilaian dari responden dianggap konsisten.

#### 5.5.4 Perbandingan *Triangular Fuzzy Number* Kriteria

Skala likert pada matriks perbandingan berpasangan yang sebelumnya telah dihitung nilai konsistensinya diubah menjadi skala TFN dengan menggunakan Tabel 2.10, kemudian menjumlahkan baris pada setiap kolom. Hasil dari pengubahan skala likert menjadi skala TFN pada perbandingan berpasangan dapat dilihat pada Tabel 5.7

Tabel 5. 7 Konversi Skala *Triangular Fuzzy Number* Kriteria

Kriteria	Kriteria 1			Kriteria 2			Kriteria 3		
	l	m	u	l	m	u	l	m	u
1	1,00	1,00	1,00	0,11	0,14	0,20	0,14	0,20	0,33
2	5,00	7,00	9,00	1,00	1,00	1,00	5,00	7,00	9,00
3	3,00	5,00	7,00	0,11	0,14	0,20	1,00	1,00	1,00
4	1,00	1,00	1,00	0,11	0,14	0,20	0,20	0,33	1,00
5	1,00	3,00	5,00	0,11	0,11	0,14	0,20	0,33	1,00

Tabel berlanjut ke bawah

Lanjutan Tabel 5.7 Konversi Skala *Triangular Fuzzy Number*

Kriteria	Kriteria 4			Kriteria 5		
	l	m	u	l	m	u
1	1,00	1,00	1,00	0,20	0,33	1,00
2	5,00	7,00	9,00	7,00	9,00	9,00
3	1,00	3,00	5,00	1,00	3,00	5,00
4	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
5	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00

Pada Tabel 5.7, dapat dilihat baris kriteria 2 dan kolom kriteria 1 nilai l, m, u bernilai 5, 7, 9 dikarenakan skala likert sebelumnya bernilai 7 dan diubah menjadi skala TFN yaitu 5,7,9. Setelah semua nilai diubah menjadi skala TFN, kemudian menghitung nilai rata – rata geometris.

#### 5.5.5 Menghitung Nilai *Geometric Mean*

Berdasarkan Buckley, nilai rata-rata geometris dari nilai perbanding *fuzzy* dari setiap kriteria dihitung dengan menggunakan persamaan:

$$\tilde{r} = (\prod_{j=1}^n \tilde{d}_{ij})^{1/n}, i = 1, 2, \dots, n \quad (2.3)$$

Dimana:

$\tilde{r}$  = rata-rata *fuzzy* geometris

$\tilde{d}_{ij}$  = preferensi responden dari kriteria i terhadap kriteria j

Hasil perhitungan nilai rata-rata *fuzzy* geometrik pada elemen kriteria dapat dilihat pada Tabel 5.8.

Tabel 5. 8 Hasil Perhitungan Nilai Rata-Rata Geometris

Kriteria	l	m	u
<b>Kriteria 1</b>	0,32	0,39	0,58
<b>Kriteria 2</b>	3,88	4,99	5,80
<b>Kriteria 3</b>	0,80	1,45	2,04
<b>Kriteria 4</b>	0,47	0,54	0,72
<b>Kriteria 5</b>	0,47	0,64	0,93
<b>Total</b>	5,93	8,02	10,08

Sedangkan nilai bobot  $\tilde{w}$  menggunakan persamaan 2.4

$$\tilde{w} = \tilde{r} \otimes (\tilde{r}_1 \oplus \tilde{r}_2 \oplus \dots \oplus \tilde{r}_n)^{-1} \quad (2.4)$$

Dimana:

$\tilde{r}$  = rata-rata *fuzzy* geometris

$\tilde{w}$  = nilai bobot

Hasil perhitungan bobot untuk kriteria dapat dilihat pada Tabel 5.9. Nilai  $\tilde{w}$  diindikasikan dengan Triangular *Fuzzy* Number (TFN) yaitu ( $Lw_i$ ,  $Mw_i$ ,  $Uw_i$ ).  $Lw_i$  merupakan nilai bawah,  $Mw_i$  merupakan nilai tengah dan  $Uw_i$  merupakan nilai atas dari bobot *fuzzy* kriteria ke i.

Tabel 5. 9 Perhitungan Bobot Prioritas

Kriteria	l	m	u
<b>Kriteria 1</b>	0,03	0,05	0,10
<b>Kriteria 2</b>	0,38	0,62	0,98
<b>Kriteria 3</b>	0,08	0,18	0,34
<b>Kriteria 4</b>	0,05	0,07	0,12
<b>Kriteria 5</b>	0,05	0,08	0,16

### 5.5.6 Menghitung Nilai BNP dengan Metode COA

Nilai  $\tilde{w}$  masih merupakan bilangan segitiga *fuzzy*, sehingga perlu dilakukan defuzzifikasi dengan metode center of area yang diusulkan oleh Chou dan Chang. Metode COA dapat dihitung dengan menggunakan persamaan 2.5. Hasil perhitungan nilai BNP dapat dilihat pada Tabel 5.10 dan Tabel 5.11

$$M_i = \frac{lwi+mwi+uwi}{3} \quad (2.5)$$

Dimana:

$M_i$  = Defuzzifikasi dari nilai  $\tilde{w}$

$Lw_i$  = Nilai bawah dari bobot *fuzzy* kriteria ke i

$Mw_i$  = Nilai tengah dari bobot *fuzzy* kriteria ke i

$Uw_i$  = Nilai atas dari bobot *fuzzy* kriteria ke i

Nilai BNP atau *Best Nonfuzzy Number* didapatkan dengan menggunakan persamaan 2.5 dan hasil perhitungan dapat dilihat pada Tabel 5.10

Tabel 5. 10 Hasil Perhitungan Nilai BNP

<b>Kriteria</b>	<b>BNP</b>
<b>Kriteria 1</b>	0,06
<b>Kriteria 2</b>	0,662
<b>Kriteria 3</b>	0,201
<b>Kriteria 4</b>	0,079
<b>Kriteria 5</b>	0,095

Mi merupakan bukan bilangan *fuzzy*, tetapi perlu dilakukan normalisasi dengan menggunakan persamaan 2.6

$$Ni = \frac{Mi}{\sum_{i=1}^n Mi} \quad (2.6)$$

Dimana:

$Ni$  = Normalisasi nilai  $Mi$

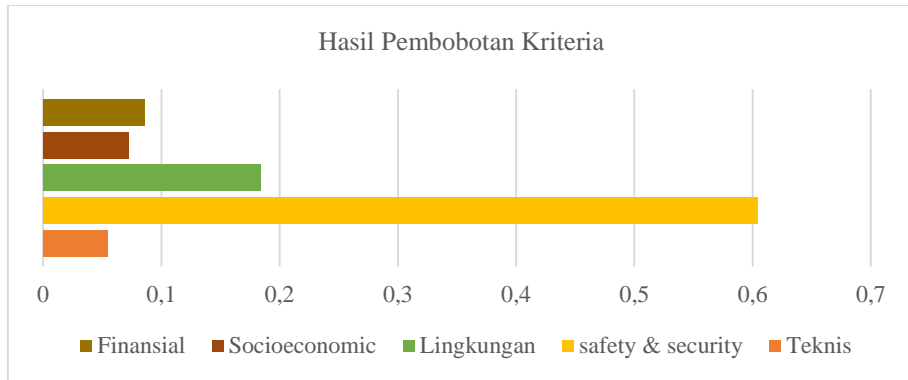
$Mi$  = Defuzzifikasi dari nilai  $\tilde{w}$

Hasil perhitungan nilai  $Ni$  dapat dilihat pada Tabel 5.11

Tabel 5. 11 Perhitungan normalisasi BNP

<b>Kriteria</b>	<b>BNP</b>
<b>Kriteria 1</b>	0,054
<b>Kriteria 2</b>	0,604
<b>Kriteria 3</b>	0,184
<b>Kriteria 4</b>	0,072
<b>Kriteria 5</b>	0,086

Hasil dari pembobotan dengan menggunakan *Fuzzy AHP*, aspek *safety & security* dianggap lebih penting dari keempat aspek lainnya. Aspek *safety & security* memiliki nilai bobot tertinggi yaitu sebesar 0,604. Sedangkan aspek lingkungan memiliki bobot 0,184, finansial sebesar 0,086, aspek *Socioeconomic* sebesar 0,072 dan bobot terendah terdapat pada aspek teknis yaitu sebesar 0,054. Untuk lebih jelasnya, hasil pembobotan dapat dilihat pada Gambar 5.4



Gambar 5. 4 Pembobotan Kriteria

Pada Gambar 5.4 menunjukkan grafik pembobotan kriteria. Kriteria *safety & security* memiliki nilai tertinggi dibanding dengan kriteria-kriteria lainnya.

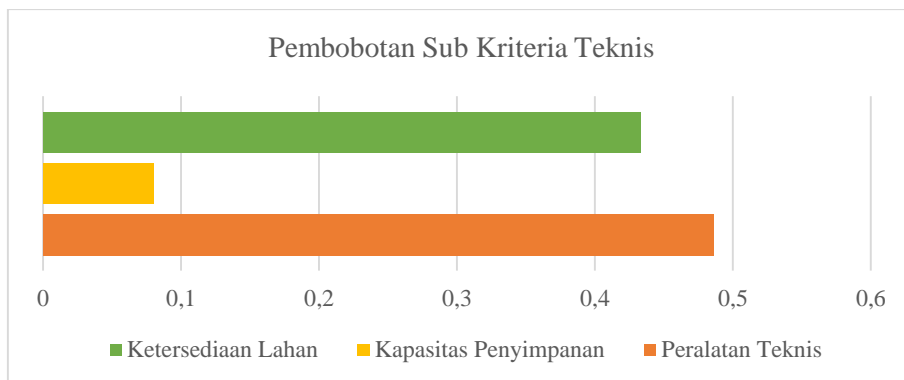
### 5.6 Hasil Pembobotan Sub Kriteria

Dengan langkah yang sama, hasil pembobotan Sub Kriteria dapat dilihat pada Tabel 5.12

Tabel 5. 12 Pembobotan Sub Kriteria

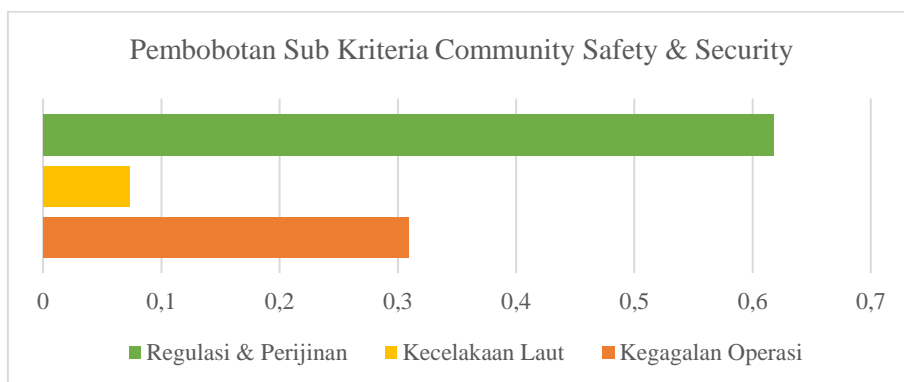
Kriteria	Sub Kriteria	Bobot
<b>Teknis</b>	Peralatan teknis	0,486
	Kapasitas penyimpanan	0,08
	Ketersediaan Lahan	0,433
<b>Community Safety &amp; Security</b>	Kegagalan Operasi	0,309
	Kecelakaan Laut	0,073
	Regulasi dan Perijinan	0,618
<b>Lingkungan</b>	Ekosistem Laut	0,756
	Kualitas udara	0,120
	<i>Terrestrial</i>	0,124
<b>Socioeconomic</b>	Dampak terhadap populasi	0,432
	Dampak terhadap Perekonomian	0,485
	<i>Property Value</i>	0,083
<b>Finansial</b>	Biaya Investasi	0,098
	Biaya Operasional	0,631
	Biaya Perawatan	0,271

Hasil pembobotan kriteria teknis dapat dilihat pada Gambar 5.5, sub peralatan teknis/*technical equipment* memiliki bobot paling besar yaitu 0,486 sehingga sub kriteria peralatan teknis lebih penting dibanding kedua kriteria lainnya. Sedangkan ketersediaan lahan memiliki bobot sebesar 0,433 dan bobot terendah yaitu sub kriteria kapasitas penyimpanan dengan bobot sebesar 0,08.



Gambar 5. 5 Pembobotan Sub Kriteria Teknis

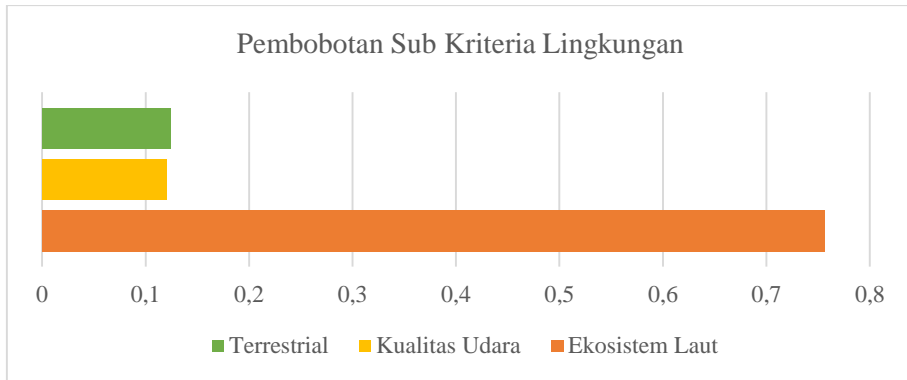
Hasil pembobotan kriteria *community safety & security* dapat dilihat pada Gambar 5.6, sub regulasi dan perijinan memiliki bobot paling besar yaitu 0,618 sehingga sub kriteria regulasi dan perijinan lebih penting dibanding kedua kriteria lainnya. Sedangkan kegagalan operasi memiliki bobot sebesar 0,309 dan bobot terendah yaitu sub kriteria kecelakaan laut dengan bobot sebesar 0,073.



Gambar 5. 6 Hasil Pembobotan Sub Kriteria Community Safety dan Security

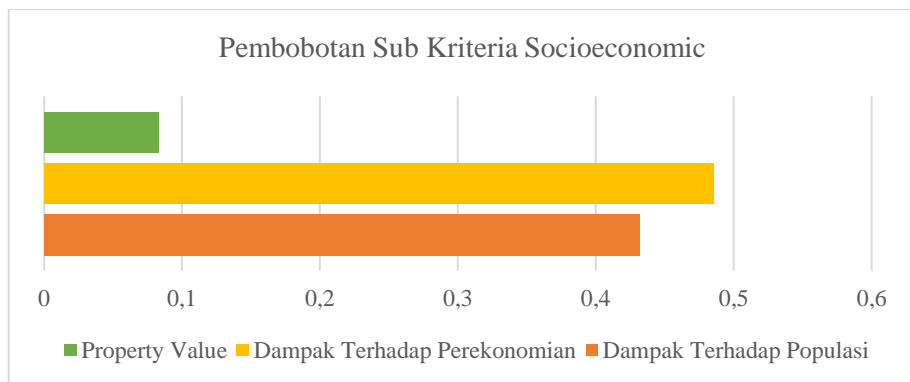
Hasil pembobotan kriteria lingkungan dapat dilihat pada Gambar 5.7, sub ekosistem laut memiliki bobot paling besar yaitu 0,756 sehingga sub kriteria ekosistem laut lebih penting dibanding kedua kriteria lainnya. Sedangkan *terrestrial* memiliki bobot sebesar 0,124 dan bobot terendah yaitu sub kriteria kualitas udara dengan bobot sebesar 0,120.





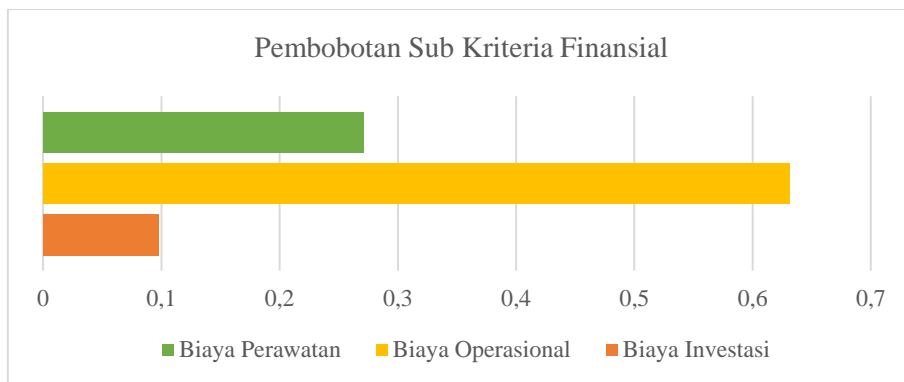
Gambar 5. 7 Hasil Pembobotan Sub Kriteria Lingkungan

Hasil pembobotan kriteria *Socioeconomic* dapat dilihat pada Gambar 5.8, sub kriteria dampak terhadap perekonomian memiliki bobot paling besar yaitu 0,485 sehingga sub kriteria dampak terhadap perekonomian lebih penting dibanding kedua kriteria lainnya. Sedangkan dampak terhadap populasi memiliki bobot sebesar 0,432 dan bobot terendah yaitu sub kriteria *property value* dengan bobot sebesar 0,083.



Gambar 5. 8 Hasil Pembobotan Sub Kriteria Socioeconomic

Hasil pembobotan kriteria finansial dapat dilihat pada Gambar 5.9, sub kriteria biaya operasional memiliki bobot paling besar yaitu 0,631 sehingga sub kriteria biaya operasional lebih penting dibanding kedua kriteria lainnya. Sedangkan biaya perawatan memiliki bobot sebesar 0,271 dan bobot terendah yaitu sub kriteria biaya investasi dengan bobot sebesar 0,098.



Gambar 5. 9 Hasil Pembobotan Sub Kriteria Finansial

### 5.7 Pembobotan Alternatif

Penilaian responden pada setiap sub kriteria untuk masing-masing alternatif diolah menjadi nilai pembobotan alternatif. Perankingan alternatif dapat diselesaikan dengan cara bobot vektor kriteria dikali dengan nilai bobot vektor alternatif. Nilai tertinggi dari hasil perkalian tersebut menjadi hasil keputusan. Hasil pembobotan alternatif dapat dilihat pada Tabel 5.13

Tabel 5. 13 Pembobotan Alternatif

Kriteria	Weights	Alternatif	Alternatif	Alternatif	Alternatif
		1	2	3	4
<b>Teknis</b>	0,054	0,511	0,249	0,080	0,159
<b>Community Safety &amp; Security</b>	0,604	0,398	0,146	0,159	0,297
<b>Lingkungan</b>	0,184	0,118	0,133	0,294	0,455
<b>Socioeconomic</b>	0,072	0,508	0,315	0,083	0,095
<b>Finansial</b>	0,086	0,188	0,171	0,219	0,422
<b>Total</b>		0,341	0,163	0,18	0,316

Keterangan:

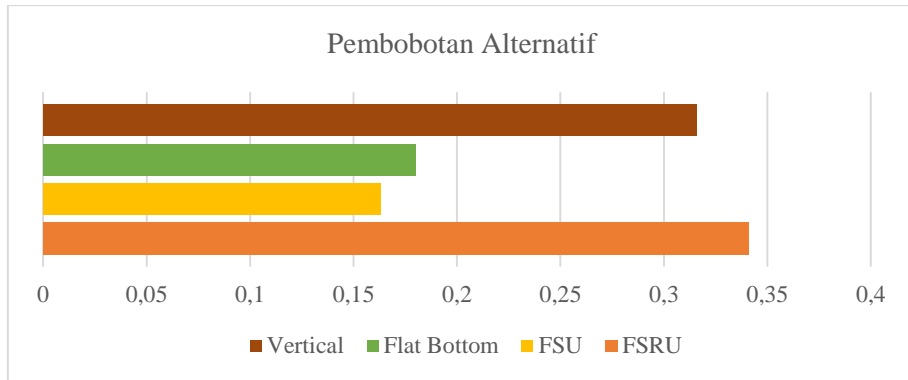
Alternatif 1 : FSRU

Alternatif 2 : FSU dengan regasifikasi terapung

Alternatif 3 : *Offshore terminal* dengan *vertical tank*

Alternatif 4 : *Offshore terminal* dengan *flat bottom tank*

Hasil pembobotan alternatif dapat dilihat pada Gambar 5.10, FSRU memiliki bobot paling besar yaitu 0,341 sehingga alternatif yang terpilih sebagai hub terminal Ambon yaitu tipe terminal FSRU. Sedangkan *offshore terminal* dengan *vertical tank* memiliki bobot sebesar 0,316 dan bobot terendah yaitu FSU dengan bobot sebesar 0,163.



Gambar 5. 10 Hasil Pembobotan Alternatif

## 5.8 Pembobotan Alternatif dengan Pertimbangan Kapasitas Tangki

### a. Skenario 1 dan Skenario 2

Dengan mempertimbangkan kapasitas tangki yang telah dihitung sebelumnya maka penilaian terhadap kapasitas tangki dapat ditentukan dengan menggunakan *Fuzzy AHP*. Pembobotan terhadap sub kriteria kapasitas dihitung dengan *Fuzzy AHP*, nilai pembobotan ini akan menggantikan nilai pembobotan pada sub kriteria kapasitas penyimpanan pada sub bab 5.6 dimana bobot pada sub kriteria kapasitas penyimpanan pada sub bab 5.6 diperoleh dari penilaian responden. Tabel 5.14 menunjukkan jarak/*range* kapasitas tangki pada masing-masing tipe terminal.

Tabel 5. 14 *Range* Kapasitas Terminal LNG

Alternatif	Kapasitas Penyimpanan	
1	12,000 - 170,000	m <sup>3</sup>
2	12,000 - 220,000	m <sup>3</sup>
3	7,500 - 160,000	m <sup>3</sup>
4	100-20,000	m <sup>3</sup>

Berdasarkan *range* kapasitas pada Tabel 5.14, maka nilai pendukung keputusan dapat ditentukan. Penentuan ini berdasarkan nilai minimum pada *range* kapasitas penyimpanan. Nilai pendukung keputusan untuk setiap alternatif dapat dilihat pada Tabel 5.15

Tabel 5. 15 Tabel Pendukung Keputusan Alternatif

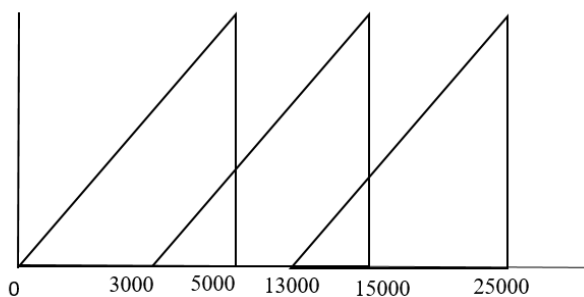
Alternatif	Kapasitas Penyimpanan	
1	12.000	m <sup>3</sup>
2	12.000	m <sup>3</sup>
3	7.500	m <sup>3</sup>
4	100	m <sup>3</sup>

Langkah pertama untuk menghitung bobot sub kriteria kapasitas penyimpanan dengan mempertimbangkan kebutuhan kapasitas tangki terminal yang sebelumnya telah dihitung yaitu dengan mempresentasikan *fuzzy* segitiga. Kapasitas tangki untuk skenario 1 dan 2 adalah 24182,857 m<sup>3</sup>, sehingga kisaran data yang digunakan berkisar 0 m<sup>3</sup> hingga 25000 m<sup>3</sup>. Kisaran data tersebut dibagi kedalam tiga kelompok yaitu *low*, *medium* dan *high* dan dapat dilihat pada Tabel 5.16.

Tabel 5. 16 Kisaran Data Kapasitas Penyimpanan

Variabel	Kisaran Data Kapasitas Penyimpanan	Satuan
low	0 - 5000	m <sup>3</sup>
medium	3000 - 15000	m <sup>3</sup>
high	13000 - 25000	m <sup>3</sup>

Langkah selanjutnya yaitu melakukan representasi menggunakan *fuzzy* segitiga untuk penilaian terhadap sub kriteria kapasitas penyimpanan. Representasi *fuzzy* segitiga untuk skenario 1 dan 2 dapat dilihat pada Gambar 5.11.

Gambar 5. 11 Representasi *Fuzzy* Segitiga

Gambar 5.11 merupakan representasi *fuzzy* segitiga berdasarkan kisaran data kapasitas penyimpanan yang tertera pada Tabel 5.16. *Range* kapasitas minimal masing-masing terminal yaitu 0 m<sup>3</sup> hingga 25000 m<sup>3</sup>. Fungsi Keanggotaan pada setiap himpunan pada sub kriteria kapasitas penyimpanan dapat dinyatakan sebagai berikut:

$$\text{Rendah} = \begin{cases} 0; & x \leq 0 \\ 0 < x \leq 5000 \\ 1; & x = 5000 \end{cases}$$

$$\text{Sedang} = \begin{cases} 0; & x \leq 3000 \\ \frac{x-b}{c-b}; & 3000 < x \leq 15000 \\ 1; & x = 15000 \end{cases}$$

$$\text{Tinggi} = \begin{cases} 0; & x \leq 13000 \\ \frac{x-b}{c-b}; & 13000 < x \leq 25000 \\ 1; & x = 25000 \end{cases}$$

Berdasarkan (Cheng, 1999) representasi *fuzzy* segitiga dengan parameter  $u_i$ ,  $a_i$ ,  $b_i$  dapat dikategorikan sebagai berikut:

$$\text{High} = (0,75; 0,6; 0,9)$$

$$\text{Medium} = (0,5; 0,3; 0,7)$$

$$\text{Low} = (0,25; 0,05; 0,45)$$

Kemudian nilai pada tabel keputusan untuk setiap alternatif, direpresentasikan terhadap *fuzzy* segitiga. Pada Tabel 5.15 untuk alternatif 1 nilai pendukung keputusannya adalah 12000 m<sup>3</sup>, nilai ini termasuk kategori sedang pada fungsi keanggotaan *fuzzy* segitiga. Karena nilai 12000 m<sup>3</sup> berada pada *range* 3000 dan 15000 maka untuk

mendapatkan hasil representasi *fuzzy* segitiga dengan menggunakan persamaan  $\frac{x-b}{c-b}$ . Hasil representasi *fuzzy* segitiga untuk setiap alternatif adalah sebagai berikut:

Alternatif 1

$$\begin{aligned} \text{Hasil Representasi Fuzzy Segitiga} &= \frac{(12000-3000)}{(15000-3000)} \\ &= 0,75 \end{aligned}$$

Variabel Medium (0,375; 0,225; 0,525)

Alternatif 2

$$\begin{aligned} \text{Hasil Representasi Fuzzy Segitiga} &= \frac{(12000-3000)}{(15000-3000)} \\ &= 0,75 \end{aligned}$$

Variabel Medium (0,375; 0,225; 0,525)

Alternatif 3

$$\begin{aligned} \text{Hasil Representasi Fuzzy Segitiga} &= \frac{(7000-3000)}{(15000-3000)} \\ &= 0,375 \end{aligned}$$

Variabel Medium (0,1875; 0,1125; 0,2625)

Alternatif 4

$$\text{Hasil Representasi Fuzzy Segitiga} = 0$$

Sehingga membentuk keputusan alternatif sebagai berikut = (0,75; 0,75; 0,375;0) Nilai tersebut akan dikalikan dengan vektor bobot yang diperoleh dari penilaian responden yang diolah menggunakan metode *fuzzy* AHP. Hasil pembobotan sub kriteria dengan mempertimbangkan kapasitas tangki dapat dilihat pada Tabel 5.17

Tabel 5. 17 Pembobotan Sub Kriteria

No	Sub Kriteria	Weight	Alternatif			
			1	2	3	4
1	Peralatan teknis	0,486	0,607	0,228	0,070	0,095
	Kapasitas penyimpanan	0,080	0,375	0,375	0,188	0,000
	Ketersediaan Lahan	0,433	0,487	0,272	0,052	0,188
	<b>Bobot</b>		0,536	0,259	0,072	0,128
2	Kegagalan Operasi	0,309	0,043	0,100	0,297	0,559
	Kecelakaan Laut	0,073	0,053	0,127	0,393	0,427
	Regulasi dan Perijinan	0,618	0,616	0,172	0,062	0,151
	<b>Bobot</b>		0,398	0,146	0,159	0,297
3	Ekosistem Laut	0,756	0,060	0,103	0,312	0,525
	Kualitas udara	0,120	0,074	0,116	0,405	0,405
	<i>Terrestrial</i>	0,124	0,511	0,329	0,080	0,080
	<b>Bobot</b>		0,118	0,133	0,294	0,455
4	Dampak terhadap populasi	0,309	0,502	0,323	0,107	0,069
	Property Value	0,618	0,588	0,213	0,100	0,100

Lanjutan Tabel 5.17

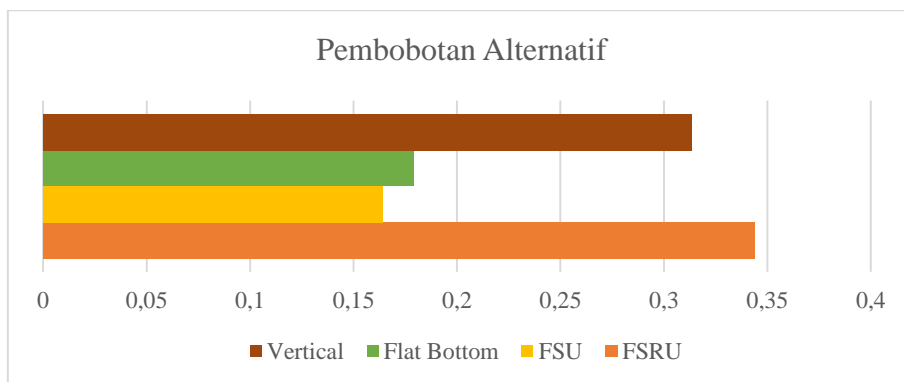
	Dampak terhadap Perekonomian	0,073	0,502	0,323	0,069	0,107
	<b>Bobot</b>		0,555	0,255	0,100	0,091
<b>5</b>	Biaya Investasi	0,073	0,119	0,086	0,257	0,539
	Biaya Operasional	0,618	0,047	0,127	0,272	0,554
	Biaya Perawatan	0,309	0,486	0,280	0,104	0,130
	<b>Bobot</b>		0,188	0,171	0,219	0,422

Selanjutnya masing-masing bobot sub kriteria pada Tabel 5.17 dikalikan dengan bobot vektor kriteria. Hasil akhir dari pembobotan alternatif dapat dilihat pada Tabel 5.18

Tabel 5. 18 Hasil Akhir Pembobotan Alternatif

Kriteria	Weights	Alternatif	Alternatif	Alternatif	Alternatif
		1	2	3	4
<b>Teknis</b>	0,054	0,536	0,259	0,072	0,128
<b>Community Safety &amp; Security</b>	0,604	0,398	0,146	0,159	0,297
<b>Lingkungan</b>	0,184	0,118	0,133	0,294	0,455
<b>Socioeconomic</b>	0,072	0,555	0,255	0,100	0,091
<b>Finansial</b>	0,086	0,188	0,171	0,219	0,422
	<b>Bobot</b>	0,347	0,159	0,179	0,313

Hasil pembobotan alternatif dengan pertimbangan kapasitas tangki dapat dilihat pada Gambar 5.12, FSRU memiliki bobot paling besar yaitu 0,347 sehingga alternatif yang terpilih sebagai hub terminal Ambon yaitu tipe terminal FSRU. Sedangkan *offshore terminal* dengan *vertical tank* memiliki bobot sebesar 0,313 dan bobot terendah yaitu FSU dengan bobot sebesar 0,159.



Gambar 5. 12 Hasil Pembobotan Alternatif Berdasarkan Kapasitas Tangki

### b. Pembobotan Alternatif dengan Pertimbangan Kapasitas Tangki Skenario 3

Skenario 3 distribusi LNG memiliki kapasitas tangki yang lebih besar dibanding dengan skenario 1 dan skenario 2. Kapasitas tangki pada skenario 3 sebesar 52848,57. Dengan langkah yang sama, maka hasil pembobotan alternatif dapat dilihat pada Tabel 5.19

Tabel 5. 19 Pembobotan Alternatif dengan Pertimbangan Kapasitas Tangki

<b>Kriteria</b>	<b>Weights</b>	<b>FSRU</b>	<b>FSU</b>	<b>Flat Bottom</b>	<b>Vertical</b>
<b>Teknis</b>	0,054	0,513	0,236	0,057	0,128
<b>Community Safety &amp; Security</b>	0,604	0,398	0,146	0,159	0,297
<b>Lingkungan</b>	0,184	0,118	0,133	0,294	0,455
<b>Socioeconomic</b>	0,072	0,509	0,314	0,088	0,090
<b>Finansial</b>	0,086	0,173	0,164	0,225	0,438
<b>Bobot</b>		0,341	0,162	0,225	0,314

Hasil pembobotan alternatif dengan pertimbangan kapasitas tangki skenario 3 dapat dilihat pada Gambar 5.8, FSRU memiliki bobot paling besar yaitu 0,341 sehingga alternatif yang terpilih sebagai hub terminal Ambon yaitu tipe terminal FSRU. Sedangkan *offshore terminal* dengan *vertical tank* memiliki bobot sebesar 0,314 dan bobot terendah yaitu FSU dengan bobot sebesar 0,162.

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*



## BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN

### 5.1 Kesimpulan

Pada penelitian ini terdapat dua bahasan, yaitu menghitung kapasitas tangki terminal LNG dan memilih tipe terminal LNG yang sesuai berdasarkan pertimbangan kapasitas tangki terminal LNG dan penilaian responden terhadap kriteria dan sub kriteria. Dari hasil analisa yang telah dilakukan, dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Perhitungan kapasitas tangki terminal LNG dilakukan dengan mengelompokkan terminal penerima LNG dengan metode *K-Means Clustering*. Terdapat 4 *cluster* untuk pendistribusian LNG di wilayah Maluku dan Ambon. Selanjutnya dilakukan membentuk 3 skenario pendistribusian LNG, skenario pertama yaitu masing – masing *cluster* hanya dilayani oleh satu kapal. Skenario kedua *cluster* yang terletak berdekatan akan dilayani oleh kapal yang sama. Skenario 3, seluruh *cluster* hanya dilayani oleh satu kapal saja. Setelah menentukan skenario pendistribusian selanjutnya menghitung *round trip time* dengan mempertimbangkan waktu *loading* kapal di terminal asal, lama waktu kapal berlayar, estimasi waktu manuver kapal, waktu *unloading* di terminal penerima, *slack time*, dan *berthing cycle*. Hasil perhitungan kapasitas tangki terminal hub untuk skenario 1 dan skenario 2 hub LNG untuk wilayah Ambon adalah sebesar 24182,85 m<sup>3</sup> sedangkan untuk skenario 3 adalah sebesar 52848,57 m<sup>3</sup>
2. Dengan menggunakan metode *Fuzzy Analytical Hierarchy Process*, tipe terminal yang terpilih berdasarkan pertimbangan 5 kriteria yaitu teknis, *safety & security*, lingkungan, *Socioeconomic* dan finansial serta pertimbangan kapasitas tangki yang telah dihitung sebelumnya adalah tipe terminal FSRU. Kriteria *safety & security* dianggap lebih penting dari keempat kriteria lainnya karena memiliki bobot tertinggi dengan nilai 0,604.

### 5.2 Saran

Saran yang dapat diberikan oleh penulis mengenai tugas akhir ini adalah:

1. Kuesioner sebaiknya dibagikan kepada responden yang memiliki *expert* dibidang terminal LNG. Karena hasil dari penilaian responden sangat berpengaruh terhadap hasil penelitian.
2. Penelitian ini dapat dikembangkan dengan menggunakan metode baru, sehingga dapat diketahui perbedaan antara metode satu dan metode yang lainnya
3. Data untuk kapasitas pembangkit mengacu pada RUPTL PLN yang setiap tahunnya berubah, sebaiknya menggunakan data terbaru agar menghasilkan hasil yang optimal.

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

## DAFTAR PUSTAKA

- Ahmad Faisol, M. A. M. H. S., 2014. Komparasi *Fuzzy AHP* Dengan *AHP* Pada Sistem Pendukung Keputusan Investasi Properti. *Jurnal EECCIS*, 8(2).
- Armita, I. P. Y., 2011. Optimasi Rantai Pasok LNG: Studi Kasus Kebutuhan LNG Di Bali. *Jurnal Teknik ITS*.
- Artana, K. B., 2008. *Pengambilan Keputusan Kriteria Jamak (MCDM) Untuk Pemilihan Lokasi Floating Storage And Regasification Unit (FSRU): Studi Kasus Suplai LNG Dari Ladang Tangguh Ke Bali*. S.L.:S.N.
- Ayhan, M. B., 2013. A *Fuzzy Ahp* Approach For Supplier Selection Problem: A Case Study In A Gearmotor Company. *International Journal Of Managing Value And Supply Chains*, 4(3).
- Barnes, J. E., 2017. *Review Of LNG Terminal Options Shows Advantages Of FSU Facilities* .[Online] Available At: <https://www.offshore-mag.com> [Accessed 21 January 2019].
- BPPT, 2018. *Indonesia Energy Outlook 2018*. Jakarta: Pusat Pengkajian Industri Proses Dan Energi BPPT.
- Dewangga, C., 2016. *Optimasi Distribusi Lng Untuk Pembangkit Di Kepulauan Maluku*. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Dewi, Y. P., 2017. *Pemilihan Metode Pemotongan Kaki Jacket Pada Proses Pembongkaran (Decommissioning) : Studi Kasus Attaka H Platform Di Selat Makassar*. Surabaya : Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Dobrota, E. A., 2013. *Problem Of Boil - Off In LNG Supply Chain*. S.L.:University Of Split, Faculty Of Maritime Studies.
- Dwipayana, K., 2018. *Desain Konseptual Mini FSRU Sebagai Terminal Penerimaan LNG Untuk PLTG Jayapura*, Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- ESDM Direktorat Jendral Minyak Dan Gas Bumi, 2015. *Rencana Strategis 2015-2019*. Jakarta: S.N.
- ESDM Direktorat Jendral Minyak Dan Gas Bumi, 2018. *Neraca Gas Bumi Indonesia 2018-2027*, Jakarta: S.N.

- Hardi, R., 2014. *Pemodelan Sistem Pendukung Keputusan Dengan Fuzzy Ahp Dalam Penentuan Penerimaan Beasiswa*. Yogyakarta, Simposium Nasional RAPI XII.
- Kuntjoro, Y. D., 2008. *Pengembangan Metoda Fuzzy AHP Kong Liu Dalam Pemilihan Konsep Manajemen Perawatan Kapal -Kapal Angkatan Laut*. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Lestari, I. C., 2018. *Pemilihan Tipe Terminal LNG Di Makassar Dengan Metode Analytical Hierarchy Process*, Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Made Arya Satya Dharma Putra, K. B. A. D. W. H., 2016. Desain Rantai Pasok Gas Alam Cair (LNG) Untuk Kebutuhan Pembangkit Listrik Di Indonesia Bagian Timur. *Jurnal Teknik ITS*, 5(2), Pp. 2301-9271.
- Magdalina, M., 2012. *Studi Pemilihan Teknologi LNG Receiving Terminal Untuk Pulau Bali (Studi Kasus Suplai LNG Dari LNG Plant Tangguh Ke Bali)*. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Norggard, J., 2018. [Online] Available At: <https://www.wartsila.com/twentyfour7/in-detail/lng-terminals-land-based-vs-floating-storage-and-regasification-technology> [Accessed 21 January 2019].
- Prof. Dr. Ir. Marimin, M. E. A., 2013. *Teknik Dan Analisis Pengambilan Keputusan Fuzzy Dalam Manajemen Rantai Pasok*. Bogor: PT Penerbit IPB Press.
- PT PLN (Persero), 2018. *Pengesahan Rencana Usaha Penyediaan Tenaga Listrik 2018-2027*. Jakarta: PT Perusahaan Listrik Negara (Persero).
- Puspitasari, D., 2009. *Penerapan Metode Fuzzy Analytical Hierarchy Process Dalam Penentuan Kriteria Penilaian Performa Vendor (Studi Kasus PT.X)*, Jakarta: Universitas Indonesia.
- Setiyoko, A. S., 2015. *Pendekatan Fuzzy Ahp Dan Fuzzy Mcdm Untuk Pengalokasian Fasilitas*. Surabaya, Prosiding Seminar Nasional Manajemen Teknologi I.
- Setyorini, P. D., 2018. *Kombinasi AHP-PROMETHEE Untuk Pemilihan Terminal LNG Dan Optimasi Distribusi LNG Dengan Metode Set Partitioning Problem*. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Soegiono, K. B. A., 2006. *Transportasi LNG Indonesia*. Surabaya: Airlangga University Press.
- Songhurst, B., 2017. *The Outlook For Floating Storage And Regasification Units (FSRU)*. S.L.:Oxford Institute For Energy Studies.

- Tarlowski, J. A. J. S., 2005. *LNG Import Terminals - Recent Developments*. Houston, Texas: S.N.
- Wardhani, A. K., 2016. Implementasi Algoritma K-Means Untuk Pengelompokan Penyakit Pasien Pada Puskesmas Kajen Pekalongan. *Jurnal Transformatika*, 14(1).
- Wartsila, 2018. *Small And Medium Scale LNG Terminal*. S.L.:Wartsila.
- Zefanya, I., 2019. *Penilaian Risiko Berbasis Business Continuity Management Di Pt. X Pada Perusahaan Pelayaran Harbour Tug*. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

**LAMPIRAN I**  
**KUESIONER PEMILIHAN TIPE TERMINAL LNG**

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*



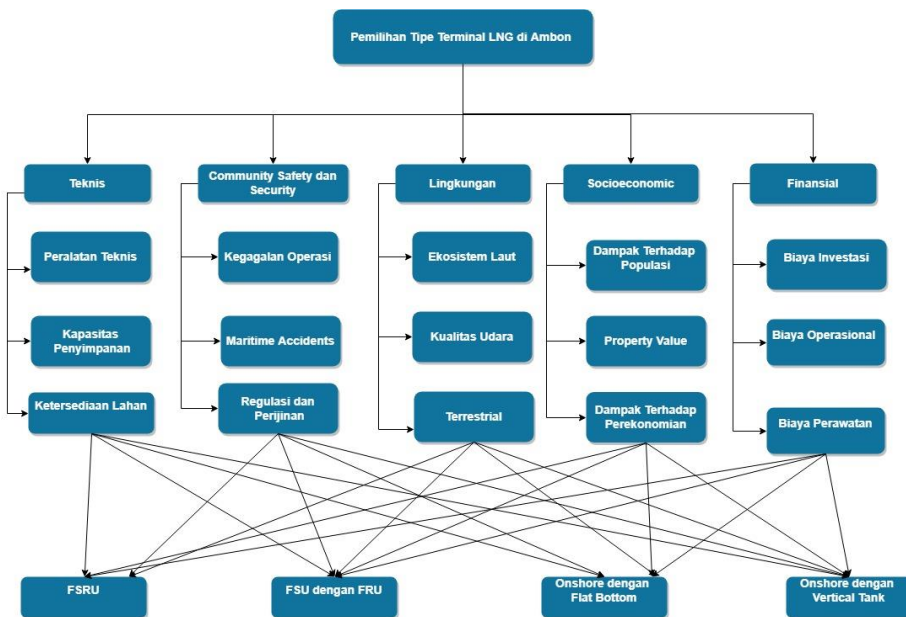
## KUISIONER PEMILIHAN TIPE TERMINAL LNG DI WILAYAH AMBON

Nama : .....

Jabatan : .....

Dalam pola distribusi LNG ke pembangkit yang berada di wilayah Maluku direncanakan Ambon akan menjadi hub terminal LNG yang nantinya akan menyuplai LNG ke pembangkit yang berada di wilayah Maluku. Suplai LNG dari hub menuju terminal tujuan akan diangkut menggunakan mini LNG *carrier*. Untuk memilih tipe hub terminal yang sesuai di Ambon maka digunakan metode *Fuzzy AHP*. Kuisisioner ini bertujuan untuk menentukan pembobotan pada kriteria dan sub-kriteria yang telah ditentukan. Berikut beberapa alternatif yang digunakan:

1. FSRU
2. FSU dengan regasifikasi menggunakan *floating regasification unit*
3. Onshore terminal dengan Flat Bottom Tank
4. Onshore dengan Vertical Tank



Pembobotan pada tahap ini bertujuan untuk mengetahui nilai bobot pada setiap kriteria dan sub-kriteria. Pengisian kuisisioner dilakukan dengan cara memberi tanda ● pada angka

yang tertera di dalam kuisioner. Angka tersebut mempresentasikan tingkat kepentingan dari setia kriteria dibanding kriteria lain maupun sub kriteria yang terdapat di dalam kuisioner.

Contoh Pengisian Kuisioner:

Kriteria 1 / Sub kriteria 1	9	7	5	3	1	3	5	7	9	Kriteria 2 / Sub kriteria 2
		●								

Berdasarkan contoh diatas kriteria/sub kriteria 1 sangat penting dibanding dengan kriteria/sub kriteria 2

Keterangan:

Nilai 1 menunjukkan sama penting atau perbandingan elemen/kriteria yang sama

Nilai 3 menunjukkan elemen/kriteria/sub kriteria satu sedikit lebih penting dari lainnya

Nilai 5 menunjukkan elemen satu lebih penting dari elemen lainnya

Nilai 7 menunjukkan elemen satu sangat penting dari elemen lainnya

Nilai 9 menunjukkan elemen satu paling penting atau mutlak lebih penting dari yang lainnya

## 1. Pembobotan untuk Kriteria

### a. Teknis

Aspek teknis dalam pembangunan terminal LNG yaitu kesiapan teknologi terhadap terminal penerima. Pada umumnya terminal LNG didesain dengan umur peralatan yang dirancang untuk jangka waktu yang lama.

### b. *Community Safety dan Security*

Aspek *Community Safety* menjelaskan skenario kecelakaan spesifik dan dampak potensial dari berbagai jenis kecelakaan. Hal ini memungkinkan untuk membandingkan terminal lebih terperinci dengan membandingkan dampak yang dihasilkan dari berbagai peristiwa kecelakaan. Setiap jenis fasilitas memiliki kekuatan dan kelemahan yang melekat yang berasal dari perbedaan desain, lokasi, dan operasional. Setiap terminal memiliki *crew* yang memiliki risiko cedera lebih tinggi karena kedekatannya dengan pusat dampak kecelakaan. Keamanan terminal penerima LNG menyiratkan langkah-langkah untuk melindungi fasilitas terminal penerima. Aspek keamanan terdiri dari regulasi yang mengatur tentang terminal penerima LNG serta perijinan.

### c. Lingkungan

Setiap tipe terminal mempunyai dampak yang berbeda – beda terhadap lingkungan sekitarnya. Terminal offshore memiliki dampak yang lebih besar terhadap ekosistem laut sedangkan terminal onshore memiliki dampak yang lebih besar terhadap ekosistem darat.

### d. *Socioeconomic*



<i>Socioeconomic</i>	9	7	5	3	1	3	5	7	9	<b>Finansial</b>

### 1.1 Pembobotan Sub Kriteria pada kriteria Teknis

#### a. Technical Equipment

Beberapa peralatan teknis yang dibutuhkan oleh terminal LNG yaitu, peralatan *cargo handling*, peralatan *vapour handling*, *cold recovery*. Setiap tipe terminal LNG memiliki kompleksitas yang berbeda – beda dan kehandalan peralatan yang berbeda – beda.

#### b. Kapasitas Penyimpanan

Terminal LNG berfungsi sebagai penghubung dalam rantai pasok LNG. Berdasarkan pada aktivitas dan fungsi, terminal juga menyediakan fasilitas penyimpanan untuk volume yang dibutuhkan dan sistem distribusi dari terminal ke pengguna akhir

#### c. Ketersediaan Lahan

<b>Technical Equipment</b>	9	7	5	3	1	3	5	7	9	<b>Kapasitas Penyimpanan</b>

<b>Technical Equipment</b>	9	7	5	3	1	3	5	7	9	<b>Ketersediaan Lahan</b>

<b>Kapasitas Penyimpanan</b>	9	7	5	3	1	3	5	7	9	<b>Ketersediaan Lahan</b>

### 1.2 Pembobotan Sub Kriteria pada kriteria Community Safety dan Security

#### a. Kegagalan Operasiv

Kegagalan operasional peralatan mesin dari waktu ke waktu adalah kenyataan dan termasuk kegagalan fungsi sistem yang membongkar, menyimpan, atau menguapkan LNG. Kegagalan sesekali diperkirakan, membuat peralatan pemantauan, sistem deteksi kebocoran, dan katup pengaman bagian integral dari desain fasilitas. Desain yang baik meminimalkan potensi tumpahan dan dampak selanjutnya. Terminal LNG memiliki beberapa fitur keselamatan yang dirancang untuk mendeteksi dan mencegah kegagalan operasional yang mengakibatkan terminal LNG.

#### b. Kecelakaan Laut

Kecelakaan maritim dibagi menjadi tiga kategori: grounding, collision dan allision.

#### c. Regulasi dan Perijinan

Saat merencanakan terminal LNG dan kegiatan terkait, sejumlah aturan dan regulasi perlu dipertimbangkan untuk mendapatkan persetujuan izin. Setelah tata letak terminal dan berbagai kegiatan telah diputuskan, proses perizinan / hukum dapat dimulai dan pertimbangan harus diambil untuk





<b>Biaya Operasional</b>	9	7	5	3	1	3	5	7	9	<b>Biaya Perawatan</b>

## 2. Pembobotan untuk Alternatif Tipe Terminal LNG di Ambon

Pada bagian ini terdapat 4 alternatif yang dipilih, yaitu:

1. FSRU
2. FSU dengan FRU
3. Onshore dengan Flat Bottom Tank
4. Onshore dengan Vertical Tank

Berilah penilaian dari masing – masing kriteria pada setiap alternatif yang tersedia:

Perbandingan masing – masing alternatif dengan pertimbangan sub kriteria technical equipment

Alternatif	FSRU	FSU dengan FRU	Onshore dengan Flat Bottom Tank	Onshore dengan Vertical Tank
FSRU				
FSU dengan FRU				
Onshore dengan Flat Bottom Tank				
Onshore dengan Vertical Tank				

Perbandingan masing – masing alternatif dengan pertimbangan sub kriteria Kapasitas penyimpanan

Alternatif	FSRU	FSU dengan FRU	Onshore dengan Flat Bottom Tank	Onshore dengan Vertical Tank
FSRU				
FSU dengan FRU				
Onshore dengan Flat Bottom Tank				
Onshore dengan Vertical Tank				

Perbandingan masing – masing alternatif dengan pertimbangan sub kriteria Ketersediaan Lahan

Alternatif	FSRU	FSU dengan FRU	Onshore dengan Flat Bottom Tank	Onshore dengan Vertical Tank
FSRU				
FSU dengan FRU				
Onshore dengan Flat Bottom Tank				
Onshore dengan Vertical Tank				

Perbandingan masing – masing alternatif dengan pertimbangan sub kriteria Kegagalan Operasi

Alternatif	FSRU	FSU dengan FRU	Onshore dengan Flat Bottom Tank	Onshore dengan Vertical Tank
FSRU				
FSU dengan FRU				
Onshore dengan Flat Bottom Tank				
Onshore dengan Vertical Tank				

Perbandingan masing – masing alternatif dengan pertimbangan sub kriteria Kecelakaan Laut

Alternatif	FSRU	FSU dengan FRU	Onshore dengan Flat Bottom Tank	Onshore dengan Vertical Tank
FSRU				
FSU dengan FRU				
Onshore dengan Flat Bottom Tank				
Onshore dengan Vertical Tank				



Perbandingan masing – masing alternatif dengan pertimbangan sub kriteria regulasi dan perijinan

Alternatif	FSRU	FSU dengan FRU	Onshore dengan Flat Bottom Tank	Onshore dengan Vertical Tank
FSRU				
FSU dengan FRU				
Onshore dengan Flat Bottom Tank				
Onshore dengan Vertical Tank				

Perbandingan masing – masing alternatif dengan pertimbangan sub kriteria ekosistem laut

Alternatif	FSRU	FSU dengan FRU	Onshore dengan Flat Bottom Tank	Onshore dengan Vertical Tank
FSRU				
FSU dengan FRU				
Onshore dengan Flat Bottom Tank				
Onshore dengan Vertical Tank				

Perbandingan masing – masing alternatif dengan pertimbangan sub kriteria Kualitas udara

Alternatif	FSRU	FSU dengan FRU	Onshore dengan Flat Bottom Tank	Onshore dengan Vertical Tank
FSRU				
FSU dengan FRU				
Onshore dengan Flat Bottom Tank				
Onshore dengan Vertical Tank				

Perbandingan masing – masing alternatif dengan pertimbangan sub kriteria *terrestrial*

Alternatif	FSRU	FSU dengan FRU	Onshore dengan Flat Bottom Tank	Onshore dengan Vertical Tank
FSRU				
FSU dengan FRU				
Onshore dengan Flat Bottom Tank				
Onshore dengan Vertical Tank				

Perbandingan masing – masing alternatif dengan pertimbangan sub kriteria dampak terhadap populasi

Alternatif	FSRU	FSU dengan FRU	Onshore dengan Flat Bottom Tank	Onshore dengan Vertical Tank
FSRU				
FSU dengan FRU				
Onshore dengan Flat Bottom Tank				
Onshore dengan Vertical Tank				

Perbandingan masing – masing alternatif dengan pertimbangan sub kriteria property value

Alternatif	FSRU	FSU dengan FRU	Onshore dengan Flat Bottom Tank	Onshore dengan Vertical Tank
FSRU				
FSU dengan FRU				
Onshore dengan Flat Bottom Tank				
Onshore dengan Vertical Tank				

Perbandingan masing – masing alternatif dengan pertimbangan sub kriteria perekonomian dan ketenagakerjaan

Alternatif	FSRU	FSU dengan FRU	Onshore dengan Flat Bottom Tank	Onshore dengan Vertical Tank
FSRU				
FSU dengan FRU				
Onshore dengan Flat Bottom Tank				
Onshore dengan Vertical Tank				

Perbandingan masing – masing alternatif dengan pertimbangan sub kriteria biaya investasi

Alternatif	FSRU	FSU dengan FRU	Onshore dengan Flat Bottom Tank	Onshore dengan Vertical Tank
FSRU				
FSU dengan FRU				
Onshore dengan Flat Bottom Tank				
Onshore dengan Vertical Tank				

Perbandingan masing – masing alternatif dengan pertimbangan sub kriteria biaya operasional

Alternatif	FSRU	FSU dengan FRU	Onshore dengan Flat Bottom Tank	Onshore dengan Vertical Tank
FSRU				
FSU dengan FRU				
Onshore dengan Flat Bottom Tank				
Onshore dengan Vertical Tank				

Perbandingan masing – masing alternatif dengan pertimbangan sub kriteria biaya perawatan

Alternatif	FSRU	FSU dengan FRU	Onshore dengan Flat Bottom Tank	Onshore dengan Vertical Tank
FSRU				
FSU dengan FRU				
Onshore dengan Flat Bottom Tank				
Onshore dengan Vertical Tank				

**LAMPIRAN II**  
**PERHITUNGAN *CLUSTERING* TERMINAL PENERIMA**

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

## Clustering dengan n = 3

## Iterasi 0

No	Receiving Terminal	x (longitude)	y (latitude)	Cluster
1	Ambon	128,308	-3,500	1
2	Tual	132,739	-5,668	2
3	Bula	130,452	-3,063	3
4	Buru	127,089	-3,270	1
5	Saumlaki	131,215	-8,051	2
6	Dobo	134,251	-5,817	3
7	Seram	128,944	-3,306	1
8	Saparua	128,687	-3,521	2
9	Halmahera	127,551	0,699	3
10	Ternate-Tidore	127,305	0,766	1
11	Bacan	127,477	-0,663	2
12	Sanana	125,949	-1,987	3
13	Morotai	128,290	2,041	1
14	Maba	128,286	0,706	2
15	Masela	129,827	-8,189	3

## Menentukan Centroids

No	Keterangan	Centroids 1	Centroids 2	Centroids 3
1	x (longitude)	127,99	129,68	129,61
2	y (latitude)	-1,45	-3,44	-3,67

Euclidean Distance	Euclidean Distance			Cluster
	1	2	3	
1,309	2,071	1,374	1,309	3
3,715	6,351	3,784	3,715	2
0,858	2,944	0,858	1,042	2
2,026	2,026	2,597	2,548	3
4,666	7,344	4,860	4,666	2
5,117	7,634	5,152	5,117	2
0,749	2,085	0,749	0,756	3
0,931	2,182	0,997	0,931	3
2,197	2,197	4,654	4,830	1
2,322	2,322	4,830	4,998	1
0,941	0,941	3,545	3,686	1
2,107	2,107	4,005	4,026	1

<b>3,508</b>	3,508	5,654	5,862	1
<b>2,180</b>	2,180	4,374	4,572	1
<b>4,523</b>	6,982	4,752	4,523	2
<b>SSE = 37,149</b>				

**Iterasi 1**

No	Receiving Terminal	x (longitude)	y (latitude)	Cluster
1	Ambon	128,308	-3,500	3
2	Tual	132,739	-5,668	2
3	Bula	130,452	-3,063	2
4	Buru	127,089	-3,270	3
5	Saumlaki	131,215	-8,051	2
6	Dobo	134,251	-5,817	2
7	Seram	128,944	-3,306	3
8	Saparua	128,687	-3,521	3
9	Halmahera	127,551	0,699	1
10	Ternate-Tidore	127,305	0,766	1
11	Bacan	127,477	-0,663	1
12	Sanana	125,949	-1,987	1
13	Morotai	128,290	2,041	1
14	Maba	128,286	0,706	1
15	Masela	129,827	-8,189	2

No		Centroids 1	Centroids 2	Centroids 3
1	x (longitude)	127,48	131,70	128,26
2	y (latitude)	0,26	-6,16	-3,40

Euclidean Distance	Euclidean Distance			Cluster
	1	2	3	
<b>0,113</b>	3,851	4,307	0,113	3
<b>1,151</b>	7,927	1,151	5,023	2
<b>2,221</b>	4,461	3,336	2,221	3
<b>1,175</b>	3,551	5,437	1,175	3
<b>1,953</b>	9,113	1,953	5,512	2
<b>2,577</b>	9,101	2,577	6,463	2
<b>0,693</b>	3,857	3,963	0,693	3



<b>0,447</b>	3,970	4,001	0,447	3
<b>0,445</b>	0,445	8,013	4,159	1
<b>0,534</b>	0,534	8,199	4,273	1
<b>0,923</b>	0,923	6,928	2,845	1
<b>2,706</b>	2,718	7,102	2,706	3
<b>1,957</b>	1,957	8,878	5,440	1
<b>0,925</b>	0,925	7,664	4,105	1
<b>2,761</b>	8,771	2,761	5,041	2
<b>SSE = 20,58</b>				

### Iterasi 2

No	Receiving Terminal	x (longitude)	y (latitude)	Cluster
1	Ambon	128,308	-3,500	3
2	Tual	132,739	-5,668	2
3	Bula	130,452	-3,063	3
4	Buru	127,089	-3,270	3
5	Saumlaki	131,215	-8,051	2
6	Dobo	134,251	-5,817	2
7	Seram	128,944	-3,306	3
8	Saparua	128,687	-3,521	3
9	Halmahera	127,551	0,699	1
10	Ternate-Tidore	127,305	0,766	1
11	Bacan	127,477	-0,663	1
12	Sanana	125,949	-1,987	3
13	Morotai	128,290	2,041	1
14	Maba	128,286	0,706	1
15	Masela	129,827	-8,189	2

No		Centroids 1	Centroids 2	Centroids 3
1	x (longitude)	127,78	132,01	128,24
2	y (latitude)	0,71	-6,93	-3,11

Euclidean Distance	Euclidean Distance			Cluster
	1	2	3	
<b>0,113</b>	3,851	4,307	0,113	3
<b>1,151</b>	7,927	1,151	5,023	2

<b>2,221</b>	4,461	3,336	2,221	3
<b>1,175</b>	3,551	5,437	1,175	3
<b>1,953</b>	9,113	1,953	5,512	2
<b>2,577</b>	9,101	2,577	6,463	2
<b>0,693</b>	3,857	3,963	0,693	3
<b>0,447</b>	3,970	4,001	0,447	3
<b>0,445</b>	0,445	8,013	4,159	1
<b>0,534</b>	0,534	8,199	4,273	1
<b>0,923</b>	0,923	6,928	2,845	1
<b>2,706</b>	2,718	7,102	2,706	3
<b>1,957</b>	1,957	8,878	5,440	1
<b>0,925</b>	0,925	7,664	4,105	1
<b>2,761</b>	8,771	2,761	5,041	2
<b>SSE = 20,58</b>				

**Clustering dengan n = 4**

**Iterasi 0**

<b>Iterasi 0</b>				
No	Receiving Terminal	x (longitude)	y (latitude)	Cluster
1	Ambon	128,308	-3,500	1
2	Tual	132,739	-5,668	2
3	Bula	130,452	-3,063	3
4	Buru	127,089	-3,270	4
5	Saumlaki	131,215	-8,051	1
6	Dobo	134,251	-5,817	2
7	Seram	128,944	-3,306	3
8	Saparua	128,687	-3,521	4
9	Halmahera	127,551	0,699	1
10	Ternate-Tidore	127,305	0,766	2
11	Bacan	127,477	-0,663	3
12	Sanana	125,949	-1,987	4
13	Morotai	128,290	2,041	1
14	Maba	128,286	0,706	2
15	Masela	129,827	-8,189	3

**Menentukan Centroids**

No		Centroids 1	Centroids 2	Centroids 3	Centroids 4
1	x (longitude)	128,841	130,645	129,175	127,242
2	y (latitude)	-2,203	-2,503	-3,805	-2,926

Minimal	Euclidean Distance				Cluster
	1	2	3	4	
<b>0,919</b>	1,402	2,541	0,919	1,211	3
<b>3,794</b>	5,215	3,794	4,021	6,143	2
<b>0,592</b>	1,826	0,592	1,477	3,213	2
<b>0,376</b>	2,051	3,638	2,153	0,376	4
<b>4,710</b>	6,312	5,577	4,710	6,485	3
<b>4,897</b>	6,506	4,897	5,460	7,582	2
<b>0,550</b>	1,108	1,881	0,550	1,744	3
<b>0,565</b>	1,327	2,207	0,565	1,563	3
<b>3,176</b>	3,176	4,453	4,788	3,638	1

<b>3,342</b>	3,342	4,674	4,939	3,693	1
<b>2,057</b>	2,057	3,664	3,572	2,275	1
<b>1,598</b>	2,900	4,725	3,703	1,598	4
<b>4,279</b>	4,279	5,118	5,913	5,076	1
<b>2,961</b>	2,961	3,983	4,598	3,779	1
<b>4,432</b>	6,067	5,745	4,432	5,864	3
<b>SSE = 38,24</b>					

### Iterasi 1

No	Receiving Terminal	x (longitude)	y (latitude)	Cluster
1	Ambon	128,308004	-3,499684	3
2	Tual	132,738649	-5,66783	2
3	Bula	130,452268	-3,062806	2
4	Buru	127,089444	-3,270056	4
5	Saumlaki	131,21548	-8,050672	2
6	Dobo	134,251306	-5,816667	2
7	Seram	128,944251	-3,306298	3
8	Saparua	128,687083	-3,520964	3
9	Halmahera	127,55082	0,699103	1
10	Ternate-Tidore	127,30549	0,76617	1
11	Bacan	127,476755	-0,663062	1
12	Sanana	125,948673	-1,987417	4
13	Morotai	128,289673	2,040655	1
14	Maba	128,28628	0,705987	1
15	Masela	129,82698	-8,189495	3

No		Centroids 1	Centroids 2	Centroids 3	Centroids 4
1	x (longitude)	127,782	132,164	128,942	126,519
2	y (latitude)	0,710	-5,649	-4,629	-2,629

Minimal	Euclidean Distance				Cluster
	1	2	3	4	
<b>1,295</b>	4,242	4,415	1,295	1,990	3
<b>0,575</b>	8,077	0,575	3,937	6,922	2
<b>2,176</b>	4,622	3,102	2,176	3,957	3

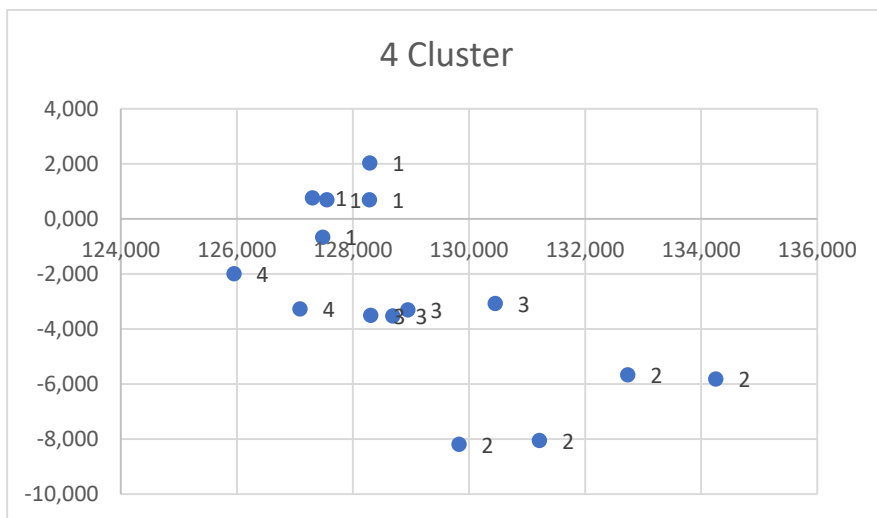
<b>0,858</b>	4,040	5,605	2,297	0,858	4
<b>2,582</b>	9,409	2,582	4,108	7,173	2
<b>2,094</b>	9,190	2,094	5,441	8,364	2
<b>1,323</b>	4,181	3,982	1,323	2,518	3
<b>1,137</b>	4,327	4,077	1,137	2,344	3
<b>0,231</b>	0,231	7,848	5,507	3,484	1
<b>0,480</b>	0,480	8,048	5,638	3,485	1
<b>1,406</b>	1,406	6,844	4,228	2,187	1
<b>0,858</b>	3,261	7,214	3,992	0,858	4
<b>1,424</b>	1,424	8,611	6,702	4,994	1
<b>0,504</b>	0,504	7,445	5,375	3,774	1
<b>3,452</b>	9,131	3,452	3,669	6,470	2
<b>SSE = 20,39</b>					

## Iterasi 2

No	Receiving Terminal	x (longitude)	y (latitude)	Cluster
1	Ambon	128,308	-3,500	3
2	Tual	132,739	-5,668	2
3	Bula	130,452	-3,063	3
4	Buru	127,089	-3,270	4
5	Saumlaki	131,215	-8,051	2
6	Dobo	134,251	-5,817	2
7	Seram	128,944	-3,306	3
8	Saparua	128,687	-3,521	3
9	Halmahera	127,551	0,699	1
10	Ternate-Tidore	127,305	0,766	1
11	Bacan	127,477	-0,663	1
12	Sanana	125,949	-1,987	4
13	Morotai	128,290	2,041	1
14	Maba	128,286	0,706	1
15	Masela	129,827	-8,189	2

No	Keterangan	Centroids 1	Centroids 2	Centroids 3	Centroids 4
1	x (longitude)	127,782	132,008	129,098	126,519
2	y (latitude)	0,710	-6,931	-3,347	-2,629

Minimal	Euclidean Distance				Cluster
	1	2	3	4	
<b>1,295</b>	4,242	4,415	1,295	1,990	3
<b>0,575</b>	8,077	0,575	3,937	6,922	2
<b>2,176</b>	4,622	3,102	2,176	3,957	3
<b>0,858</b>	4,040	5,605	2,297	0,858	4
<b>2,582</b>	9,409	2,582	4,108	7,173	2
<b>2,094</b>	9,190	2,094	5,441	8,364	2
<b>1,323</b>	4,181	3,982	1,323	2,518	3
<b>1,137</b>	4,327	4,077	1,137	2,344	3
<b>0,231</b>	0,231	7,848	5,507	3,484	1
<b>0,480</b>	0,480	8,048	5,638	3,485	1
<b>1,406</b>	1,406	6,844	4,228	2,187	1
<b>0,858</b>	3,261	7,214	3,992	0,858	4
<b>1,424</b>	1,424	8,611	6,702	4,994	1
<b>0,504</b>	0,504	7,445	5,375	3,774	1
<b>3,452</b>	9,131	3,452	3,669	6,470	2



**LAMPIRAN III**  
**PERHITUNGAN KONSISTENSI RESPONDEN**

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*



Menyusun Matriks Perbandingan Berpasangan

	Kriteria				
	1	2	3	4	5
Kriteria 1	1,00	0,14	0,20	1,00	0,33
Kriteria 2	7,00	1,00	7,00	7,00	9,00
Kriteria 3	5,00	0,14	1,00	3,00	3,00
Kriteria 4	1,00	0,14	0,33	1,00	1,00
Kriteria 5	3,00	0,11	0,33	1,00	1,00
Total	17,00	1,54	8,87	13,00	14,33

- Note**
- Kriteria 1 : Teknis
  - Kriteria 2 : safety & security
  - Kriteria 3 : Lingkungan
  - Kriteria 4 : Socioeconomic
  - Kriteria 5 : Finansial

Membagi setiap entri matriks dengan total per kolom

	Kriteria				
	1	2	3	4	5
Kriteria 1	0,06	0,09	0,02	0,08	0,02
Kriteria 2	0,41	0,65	0,79	0,54	0,63
Kriteria 3	0,29	0,09	0,11	0,23	0,21
Kriteria 4	0,06	0,09	0,04	0,08	0,07
Kriteria 5	0,18	0,07	0,04	0,08	0,07
Total	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00

	Kriteria					Total	Vektor Prioritas
	1	2	3	4	5		
Kriteria 1	0,06	0,09	0,02	0,08	0,02	0,274	0,055
Kriteria 2	0,41	0,65	0,79	0,54	0,63	3,017	0,603
Kriteria 3	0,29	0,09	0,11	0,23	0,21	0,940	0,188
Kriteria 4	0,06	0,09	0,04	0,08	0,07	0,336	0,067
Kriteria 5	0,18	0,07	0,04	0,08	0,07	0,433	0,087
Total	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00		

Perkalian matriks

$$\begin{bmatrix} 1,00 & 0,14 & 0,20 & 1,00 & 0,33 \\ 7,00 & 1,00 & 7,00 & 7,00 & 9,00 \\ 5,00 & 0,14 & 1,00 & 3,00 & 3,00 \\ 1,00 & 0,14 & 0,33 & 1,00 & 1,00 \\ 3,00 & 0,11 & 0,33 & 1,00 & 1,00 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} 0,055 \\ 0,603 \\ 0,188 \\ 0,067 \\ 0,087 \end{bmatrix} = \begin{matrix} 0,27470 \\ 3,55265 \\ 1,00978 \\ 0,35748 \\ 0,44806 \end{matrix}$$

Bobot Prioritas

Bobot Prioritas = 

5,006535	5,887555	5,372587	5,321416	5,174911
----------	----------	----------	----------	----------

- $\lambda$  max 5,352601
- CI 0,08815
- CR 0,078706

## Menyusun Matriks Perbandingan Berpasangan

	Subkriteria		
	1	2	3
Subkriteria 1	1,00	7,00	1,00
Subkriteria 2	0,14	1,00	0,20
Subkriteria 3	1,00	5,00	1,00
Total	2,14	13,00	2,20

**Note**

Subkriteria 1 : Peralatan Teknis  
 Subkriteria 2 : Storage Capacity  
 Subkriteria 3 : Ketersediaan Lahan

Membagi setiap entri matriks dengan total per kolom

	Subkriteria		
	1	2	3
Subkriteria 1	0,47	0,54	0,45
Subkriteria 2	0,07	0,08	0,09
Subkriteria 3	0,47	0,38	0,45
Total	1,00	1,00	1,00

	Subkriteria			Total	Vektor Prioritas
	1	2	3		
Subkriteria 1	0,47	0,54	0,45	1,460	0,028
Subkriteria 2	0,07	0,08	0,09	0,234	0,004
Subkriteria 3	0,47	0,38	0,45	1,306	0,025
Total	1,00	1,00	1,00		

Perkalian matriks

$$\begin{bmatrix} 1,00 & 7,00 & 1,00 \\ 0,14 & 1,00 & 0,20 \\ 1,00 & 5,00 & 1,00 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} 0,028 \\ 0,004 \\ 0,025 \end{bmatrix} = \begin{matrix} 0,083151 \\ 0,013287 \\ 0,074302 \end{matrix}$$

Bobot Prioritas

Bobot Prioritas = 

3,019163	3,002954	3,015709
----------	----------	----------

$\lambda$  max    3,012609  
 CI            0,006304  
 CR            0,010869

## Menyusun Matriks Perbandingan Berpasangan

	Subkriteria		
	1	2	3
Subkriteria 1	1,00	5,00	0,33
Subkriteria 2	0,20	1,00	0,14
Subkriteria 3	3,00	7,00	1,00
Total	4,20	13,00	1,48

**Note**

- Subkriteria 1 : Kegagalan operasi  
 Subkriteria 2 : kecelakaan laut  
 Subkriteria 3 : regulasi & perijinan

Membagi setiap entri matriks dengan total per kolom

	Subkriteria		
	1	2	3
Subkriteria 1	0,24	0,38	0,23
Subkriteria 2	0,05	0,08	0,10
Subkriteria 3	0,71	0,54	0,68
Total	1,00	1,00	1,00

	Subkriteria			Total	Vektor Prioritas
	1	2	3		
Subkriteria 1	0,24	0,38	0,23	0,849	0,283
Subkriteria 2	0,05	0,08	0,10	0,221	0,074
Subkriteria 3	0,71	0,54	0,68	1,930	0,643
Total	1,00	1,00	1,00		

Perkalian matriks

$$\begin{bmatrix} 1,00 & 5,00 & 0,33 \\ 0,20 & 1,00 & 0,14 \\ 3,00 & 7,00 & 1,00 \end{bmatrix} \times \begin{matrix} 0,283 \\ 0,074 \\ 0,643 \end{matrix} = \begin{matrix} 0,866163 \\ 0,222253 \\ 2,008311 \end{matrix}$$

Bobot Prioritas

Bobot Prioritas = 

3,062387	3,012692	3,121457
----------	----------	----------

$\lambda$  max 3,065512  
 CI 0,032756  
 CR 0,056476

## Menyusun Matriks Perbandingan Berpasangan

	Subkriteria		
	1	2	3
Subkriteria 1	1,00	7,00	5,00
Subkriteria 2	0,14	1,00	1,00
Subkriteria 3	0,20	1,00	1,00
Total	1,34	9,00	7,00

**Note**

Subkriteria 1 : ekosistem laut  
 Subkriteria 2 : kualitas udara  
 Subkriteria 3 : terestrial

## Membagi setiap entri matriks dengan total per kolom

	Subkriteria		
	1	2	3
Subkriteria 1	0,74	0,78	0,71
Subkriteria 2	0,11	0,11	0,14
Subkriteria 3	0,15	0,11	0,14
Total	1,00	1,00	1,00

	Subkriteria			Total	Vektor Prioritas
	1	2	3		
Subkriteria 1	0,74	0,78	0,71	2,237	0,746
Subkriteria 2	0,11	0,11	0,14	0,360	0,120
Subkriteria 3	0,15	0,11	0,14	0,403	0,134
Total	1,00	1,00	1,00		

## Perkalian matriks

$$\begin{array}{ccc}
 1,00 & 7,00 & 5,00 \\
 0,14 & 1,00 & 1,00 \\
 0,20 & 1,00 & 1,00
 \end{array}
 \times
 \begin{array}{c}
 0,746 \\
 0,120 \\
 0,134
 \end{array}
 =
 \begin{array}{c}
 2,25790 \\
 0,3609 \\
 0,40353
 \end{array}$$

## Bobot Prioritas

$$\text{Bobot Prioritas} = \begin{array}{|c|c|c|} \hline 3,028386 & 3,00482 & 3,004694 \\ \hline \end{array}$$

$\lambda \max$  3,012633  
 CI 0,006317  
 CR 0,010891

## Menyusun Matriks Perbandingan Berpasangan

	Subkriteria		
	1	2	3
Subkriteria 1	1,00	1,00	5,00
Subkriteria 2	1,00	1,00	7,00
Subkriteria 3	0,20	0,14	1,00
Total	2,20	2,14	13,00

**Note**

- Subkriteria 1 : dampak thdp populas  
 Subkriteria 2 : perekonomian  
 Subkriteria 3 : property value

## Membagi setiap entri matriks dengan total per kolom

	Subkriteria		
	1	2	3
Subkriteria 1	0,45	0,47	0,38
Subkriteria 2	0,45	0,47	0,54
Subkriteria 3	0,09	0,07	0,08
Total	1,00	1,00	1,00

	Subkriteria			Total	Vektor Prioritas
	1	2	3		
Subkriteria 1	0,45	0,47	0,38	1,306	0,025
Subkriteria 2	0,45	0,47	0,54	1,460	0,028
Subkriteria 3	0,09	0,07	0,08	0,234	0,004
Total	1,00	1,00	1,00		

## Perkalian matriks

$$\begin{bmatrix} 1,00 & 1,00 & 5,00 \\ 1,00 & 1,00 & 7,00 \\ 0,20 & 0,14 & 1,00 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} 0,025 \\ 0,028 \\ 0,004 \end{bmatrix} = \begin{matrix} 0,074302 \\ 0,083151 \\ 0,013287 \end{matrix}$$

## Bobot Prioritas

$$\text{Bobot Prioritas} = \begin{bmatrix} 3,015709 & 3,019163 & 3,002954 \end{bmatrix}$$

$$\lambda \text{ max} \quad 3,012609$$

$$\text{CI} \quad 0,006304$$

$$\text{CR} \quad 0,010869$$

Menyusun Matriks Perbandingan Berpasangan

	Subkriteria		
	1	2	3
Subkriteria 1	1,00	0,14	0,33
Subkriteria 2	7,00	1,00	3,00
Subkriteria 3	3,00	0,33	1,00
Total	11,00	1,48	4,33

**Note**

- Subkriteria 1 : biaya investasi
- Subkriteria 2 : biaya operasional
- Subkriteria 3 : biaya perawatan

awalnya 5 ke 3

Membagi setiap entri matriks dengan total per kolom

	Subkriteria		
	1	2	3
Subkriteria 1	0,09	0,10	0,08
Subkriteria 2	0,64	0,68	0,69
Subkriteria 3	0,27	0,23	0,23
Total	1,00	1,00	1,00

	Subkriteria			Total	Vektor Prioritas
	1	2	3		
Subkriteria 1	0,09	0,10	0,08	0,265	0,088
Subkriteria 2	0,64	0,68	0,69	2,006	0,669
Subkriteria 3	0,27	0,23	0,23	0,729	0,243
Total	1,00	1,00	1,00		

Perkalian matriks

$$\begin{matrix}
 1,00 & 0,14 & 0,33 & & 0,088 & & 0,264764 \\
 7,00 & 1,00 & 3,00 & \times & 0,669 & = & 2,015415 \\
 3,00 & 0,33 & 1,00 & & 0,243 & & 0,730606
 \end{matrix}$$

Bobot Prioritas

Bobot Prioritas =

3,001786	3,013944	3,005361
$\lambda$ max	3,00703	
CI	0,003515	
CR	0,006061	

**LAMPIRAN IV**  
**PEMBOBOTAN DENGAN *FUZZY* AHP**

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*



## Sub Kriteria Teknis

Menghitung Fuzzy Geometric Mean

Kriteria	Kriteria 1			Kriteria 2			Kriteria 3					
	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u
1	1,00	1,00	1,00	5,00	7,00	9,00	1,00	1,00	1,00	1,71	1,91	2,08
2	0,11	0,14	0,20	1,00	1,00	1,00	0,14	0,14	0,33	0,25	0,27	0,41
3	1,00	1,00	1,00	3,00	5,00	7,00	1,00	1,00	1,00	1,44	1,71	1,91
Total										3,40	3,90	4,40

Menghitung Bobot

	l	m	u		l	m	u
k1	1,71	1,91	2,08		0,39	0,49	0,61
k2	0,25	0,27	0,41		0,06	0,07	0,12
k3	1,44	1,71	1,91		0,33	0,44	0,56
Total	3,40	3,90	4,40				

Hasil BNP dengan COA

Kriteria	BNP	Normalisasi
1	0,50	0,486
2	0,08	0,080
3	0,44	0,433
Total	1,02	1

## Sub Kriteria Community Safety and Security

Menghitung Fuzzy Geometric Mean

Kriteria	Kriteria 1			Kriteria 2			Kriteria 3			Jumlah		
	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u
1	1,00	1,00	1,00	3,00	5,00	7,00	0,20	0,33	1,00	0,84	1,19	1,91
2	0,14	0,20	0,33	1,00	1,00	1,00	0,11	0,14	0,20	0,25	0,31	0,41
3	1,00	3,00	5,00	5,00	7,00	9,00	1,00	1,00	1,00	1,71	2,76	3,56
Total										2,80	4,25	5,88

Menghitung Bobot

	l	m	u		l	m	u
k1	0,84	1,19	1,91		0,14	0,28	0,68
k2	0,25	0,31	0,41		0,04	0,07	0,14
k3	1,71	2,76	3,56		0,29	0,65	1,27
Total	2,80	4,25	5,88				

Menentukan BNP

Kriteria	BNP	Normalisasi
1	0,368	0,309
2	0,086	0,073
3	0,736	0,618
Total	1,191	1

## Sub Kriteria Lingkungan

Menghitung Fuzzy Geometric Mean

Kriteria	Kriteria 1			Kriteria 2			Kriteria 3			Jumlah		
	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u
1	1,00	1,00	1,00	5,00	7,00	9,00	3,00	5,00	7,00	9,00	13,00	17,00
2	0,11	0,14	0,20	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	2,11	2,14	2,20
3	0,14	0,20	0,33	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	2,14	2,20	2,33
Total										13,25	17,34	21,53

Menghitung Bobot

	l	m	u
k1	9,00	13,00	17,00
k2	2,11	2,14	2,20
k3	2,14	2,20	2,33
Total	13,25	17,34	21,53

	l	m	u
1	0,42	0,75	1,28
2	0,10	0,12	0,17
3	0,10	0,13	0,18

Menentukan BNP

Kriteria	BNP	Normalisasi
1	0,817	0,756
2	0,129	0,120
3	0,134	0,124
Total	1,08	1

## Sub Kriteria Socioeconomic

Menghitung Fuzzy Geometric Mean

Kriteria	Kriteria 1			Kriteria 2			Kriteria 3			Jumlah		
	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u
1	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	3,00	5,00	7,00	1,44	1,71	1,91
2	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	5,00	7,00	9,00	1,71	1,91	2,08
3	0,14	0,20	0,33	0,11	0,14	0,20	1,00	1,00	1,00	0,25	0,31	0,41
Total										3,40	3,93	4,40

Menghitung Bobot

	l	m	u
k1	1,44	1,71	1,91
k2	1,71	1,91	2,08
k3	0,25	0,31	0,41
Total	3,40	3,93	4,40

	l	m	u
1	0,33	0,44	0,56
2	0,39	0,49	0,61
3	0,06	0,08	0,12

Menentukan BNP

Kriteria	BNP	Normalisasi
1	0,442	0,432
2	0,496	0,485
3	0,085	0,083
Total	1,022	1

## Sub Kriteria Finansial

Menghitung Fuzzy Geometric Mean

Kriteria	Kriteria 1			Kriteria 2			Kriteria 3			Jumlah		
	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u
1	1,00	1,00	1,00	0,11	0,14	0,20	0,20	0,33	1,00	0,28	0,36	0,58
2	5,00	7,00	9,00	1,00	1,00	1,00	1,00	3,00	5,00	1,71	2,76	3,56
3	1,00	3,00	5,00	0,20	0,33	1,00	1,00	1,00	1,00	0,58	1,00	1,71
Total										2,58	4,12	5,85

Menghitung Bobot

	l	m	u
k1	0,28	0,36	0,58
k2	1,71	2,76	3,56
k3	0,58	1,00	1,71
Total	2,58	4,12	5,85

	l	m	u
	0,05	0,09	0,23
	0,29	0,67	1,38
	0,10	0,24	0,66

Menentukan BNP

Kriteria	BNP	Normalisasi
1	0,121	0,098
2	0,781	0,631
3	0,335	0,271
Total	1,237	1

## Alternatif Sub Kriteria Teknis 1

Menghitung Fuzzy Geometric Mean

Alternatif	Alternatif 1			Alternatif 2			Alternatif 3			Alternatif 4			Jumlah		
	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u
1	1,00	1,00	1,00	3,00	5,00	7,00	5,00	7,00	9,00	3,00	5,00	7,00	2,59	3,64	4,58
2	0,14	0,20	0,33	1,00	1,00	1,00	3,00	5,00	7,00	1,00	3,00	5,00	0,81	1,32	1,85
3	0,11	0,14	0,20	0,14	0,20	0,33	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,35	0,41	0,51
4	0,14	0,20	0,33	0,20	0,33	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,41	0,51	0,76
Total													4,17	5,87	7,70

Menghitung Bobot

	l	m	u
k1	2,59	3,64	4,58
k2	0,81	1,32	1,85
k3	0,35	0,41	0,51
k4	0,41	0,51	0,76
Total	4,17	5,87	7,70

	l	m	u
1	0,34	0,62	1,10
2	0,11	0,22	0,44
3	0,05	0,07	0,12
4	0,05	0,09	0,18

Menentukan BNP

Alternatif	BNP	Normalisasi
1	0,685	0,607
2	0,258	0,228
3	0,079	0,070
4	0,107	0,095
Total	1,13	1

## Alternatif Sub Kriteria Teknis 2

Menghitung Fuzzy Geometric Mean

Alternatif	Alternatif 1			Alternatif 2			Alternatif 3			Alternatif 4			Jumlah		
	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u
1	1,00	1,00	1,00	0,14	0,20	0,33	0,14	0,20	0,33	0,14	0,20	0,33	0,23	0,30	0,44
2	3,00	5,00	7,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,20	0,33	1,00	0,88	1,14	1,63
3	3,00	5,00	7,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,32	1,50	1,63
4	3,00	5,00	7,00	1,00	3,00	5,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,32	1,97	2,43
Total												3,74	4,90	6,12	

Menghitung Bobot

	l	m	u
k1	0,23	0,30	0,44
k2	0,88	1,14	1,63
k3	1,32	1,50	1,63
k4	1,32	1,97	2,43
Total	3,74	4,90	6,12

	l	m	u
1	0,04	0,06	0,12
2	0,14	0,23	0,43
3	0,21	0,31	0,43
4	0,21	0,40	0,65

Menentukan Nilai BNP

Alternatif	BNP	Normalisasi
1	0,072	0,067
2	0,27	0,249
3	0,318	0,294
4	0,422	0,390
Total	1,082	1

## Alternatif Sub Kriteria Teknis 3

Menghitung Fuzzy Geometric Mean

Alternatif	Alternatif 1			Alternatif 2			Alternatif 3			Alternatif 4			Jumlah		
	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u
1	1,00	1,00	1,00	1,00	3,00	5,00	5,00	7,00	9,00	5,00	7,00	9,00	2,24	3,48	4,49
2	0,20	0,33	1,00	1,00	1,00	1,00	3,00	5,00	7,00	3,00	5,00	7,00	1,16	1,70	2,65
3	0,11	0,14	0,20	0,14	0,20	0,33	1,00	1,00	1,00	0,20	0,33	1,00	0,24	0,31	0,51
4	0,11	0,14	0,20	0,14	0,20	0,33	1,00	3,00	5,00	1,00	1,00	1,00	0,35	4,34	0,76
Total												3,99	9,84	8,40	

Menghitung Bobot

	l	m	u
k1	2,24	3,48	4,49
k2	1,16	1,70	2,65
k3	0,24	0,31	0,51
k4	0,35	4,34	0,76
Total	3,99	9,84	8,40

	l	m	u
1	0,27	0,35	1,13
2	0,14	0,17	0,66
3	0,03	0,03	0,13
4	0,04	0,44	0,19

Menentukan Nilai BNP

Alternatif	BNP	Normalisasi
1	0,582	0,487
2	0,325	0,272
3	0,062	0,052
4	0,225	0,188
Total	1,194	1

## Alternatif Sub Kriteria Community Safety and Security 1

Menghitung Nilai Fuzzy Geometric Mean

Alternatif	Alternatif 1			Alternatif 2			Alternatif 3			Alternatif 4			Jumlah		
	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u
1	1,00	1,00	1,00	0,14	0,20	0,33	0,14	0,20	0,33	0,11	0,11	0,14	0,22	0,26	0,35
2	3,00	5,00	7,00	1,00	1,00	1,00	0,14	0,20	0,33	0,11	0,14	0,20	0,47	0,61	0,83
3	3,00	5,00	7,00	3,00	5,00	7,00	1,00	1,00	1,00	0,20	0,33	1,00	1,16	1,70	2,65
4	7,00	9,00	9,00	5,00	7,00	9,00	1,00	3,00	5,00	1,00	1,00	1,00	2,43	3,71	4,49
Total												4,28	6,28	8,31	

Menghitung Bobot

	l	m	u
k1	0,22	0,26	0,35
k2	0,47	0,61	0,83
k3	1,16	1,70	2,65
k4	2,43	3,71	4,49
Total	4,28	6,28	8,31

	l	m	u
1	0,03	0,04	0,08
2	0,06	0,10	0,19
3	0,14	0,27	0,62
4	0,29	0,59	1,05

Menentukan Nilai BNP

Alternatif	BNP	Normalisasi
1	0,05	0,043479387
2	0,116	0,100442621
3	0,343	0,297419551
4	0,644	0,558658441
Total	1,153	1

## Alternatif Sub Kriteria Community Safety and Security 2

Menghitung Nilai Fuzzy Geometric Mean

Alternatif	Alternatif 1			Alternatif 2			Alternatif 3			Alternatif 4			Jumlah		
	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u
1	1,00	1,00	1,00	0,14	0,20	0,33	0,14	0,20	0,33	0,11	0,14	0,20	0,22	0,27	0,39
2	3,00	5,00	7,00	1,00	1,00	1,00	0,14	0,20	0,33	0,14	0,20	0,33	0,50	0,67	0,94
3	3,00	5,00	7,00	3,00	5,00	7,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,73	2,24	2,65
4	5,00	7,00	9,00	3,00	5,00	7,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,97	2,43	2,82
Total												4,42	5,61	6,79	

Menghitung Bobot

	l	m	u
k1	0,22	0,27	0,39
k2	0,50	0,67	0,94
k3	1,73	2,24	2,65
k4	1,97	2,43	2,82
Total	4,42	5,61	6,79

	l	m	u
1	0,03	0,05	0,09
2	0,07	0,12	0,21
3	0,26	0,40	0,60
4	0,29	0,43	0,64

Menghitung Nilai BNP

Alternatif	BNP	Normalisasi
1	0,056	0,053
2	0,135	0,127
3	0,418	0,393
4	0,454	0,427
Total	1,063	1

### Alternatif Sub Kriteria Community Safety and Security 3

Menghitung Nilai Fuzzy Geometric Mean

Alternatif	Alternatif 1			Alternatif 2			Alternatif 3			Alternatif 4			Jumlah		
	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u
1	1,00	1,00	1,00	3,00	5,00	7,00	5,00	7,00	9,00	3,00	5,00	7,00	2,59	3,64	4,58
2	0,14	0,20	0,33	1,00	1,00	1,00	3,00	5,00	7,00	1,00	1,00	1,00	0,81	1,00	1,24
3	0,11	0,14	0,20	0,14	0,20	0,33	1,00	1,00	1,00	0,20	0,33	1,00	0,24	0,31	0,51
4	0,14	0,20	0,33	1,00	1,00	1,00	3,00	5,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,61	0,88	1,14
Total												4,25	5,83	7,46	

Menghitung Bobot

	l	m	u
k1	2,59	3,64	4,58
k2	0,81	1,00	1,24
k3	0,24	0,31	0,51
k4	0,61	0,88	1,14
Total	4,25	5,83	7,46

	l	m	u
1	0,35	0,62	1,08
2	0,11	0,17	0,29
3	0,03	0,05	0,12
4	0,08	0,15	0,27

Menentukan Nilai BNP

Alternatif	BNP	Normalisasi
1	0,68	0,616
2	0,19	0,172
3	0,07	0,062
4	0,17	0,151
Total	1,11	1

### Alternatif Sub Kriteria Lingkungan 1

Menghitung Fuzzy Geometric Mean

Alternatif	Alternatif 1			Alternatif 2			Alternatif 3			Alternatif 4			Jumlah		
	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u
1	1,00	1,00	1,00	0,20	0,33	1,00	0,14	0,20	0,33	0,11	0,14	0,20	0,24	0,31	0,51
2	1,00	3,00	5,00	1,00	1,00	1,00	0,14	0,20	0,33	0,14	0,20	0,33	0,38	0,59	0,86
3	3,00	5,00	7,00	3,00	5,00	7,00	1,00	1,00	1,00	0,20	0,33	1,00	1,16	1,70	2,65
4	5,00	7,00	9,00	3,00	5,00	7,00	1,00	3,00	5,00	1,00	1,00	1,00	1,97	3,20	4,21
Total												3,74	5,80	8,23	

Menentukan Bobot

	l	m	u
k1	0,24	0,31	0,51
k2	0,38	0,59	0,86
k3	1,16	1,70	2,65
k4	1,97	3,20	4,21
Total	3,74	5,80	8,23

	l	m	u
1	0,03	0,05	0,14
2	0,05	0,10	0,23
3	0,14	0,29	0,71
4	0,24	0,55	1,13

Menentukan Nilai BNP

Alternatif	BNP	Normalisasi
1	0,073	0,060
2	0,126	0,103
3	0,38	0,312
4	0,639	0,525
Total	1,218	1

## Alternatif Sub Kriteria Lingkungan 2

Menghitung Fuzzy Geometric Mean

Alternatif	Alternatif 1			Alternatif 2			Alternatif 3			Alternatif 4			Jumlah		
	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u
1	1,00	1,00	1,00	0,20	0,33	1,00	0,14	0,20	0,33	0,14	0,20	0,33	0,25	0,34	0,58
2	1,00	3,00	5,00	1,00	1,00	1,00	0,14	0,20	0,33	0,14	0,20	0,33	0,38	0,59	0,86
3	3,00	5,00	7,00	3,00	5,00	7,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,73	2,24	2,65
4	3,00	5,00	7,00	3,00	5,00	7,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,73	2,24	2,65
Total												4,09	5,40	6,73	

Menghitung Bobot

	l	m	u
k1	0,25	0,34	0,58
k2	0,38	0,59	0,86
k3	1,73	2,24	2,65
k4	1,73	2,24	2,65
Total	4,09	5,40	6,73

	l	m	u
1	0,04	0,06	0,14
2	0,06	0,11	0,21
3	0,26	0,41	0,65
4	0,26	0,41	0,65

Menentukan Nilai BNP

Alternatif	BNP	Normalisasi
1	0,08	0,074
2	0,125	0,116
3	0,439	0,405
4	0,439	0,405
Total	1,084	1

## Alternatif Sub Kriteria Lingkungan 3

Menghitung Fuzzy Geometric Mean

Alternatif	Alternatif 1			Alternatif 2			Alternatif 3			Alternatif 4			Jumlah		
	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u
1	1,00	1,00	1,00	1,00	3,00	5,00	3,00	5,00	7,00	3,00	5,00	7,00	1,73	2,94	3,96
2	0,20	0,33	1,00	1,00	1,00	1,00	3,00	5,00	7,00	3,00	5,00	7,00	1,16	1,70	2,65
3	0,14	0,20	0,33	0,14	0,20	0,33	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,38	0,45	0,58
4	0,14	0,20	0,33	0,14	0,20	0,33	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,38	0,45	0,58
Total												3,65	5,54	7,76	

Menghitung Bobot

	l	m	u
k1	1,73	2,94	3,96
k2	1,16	1,70	2,65
k3	0,38	0,45	0,58
k4	0,38	0,45	0,58
Total	3,65	5,54	7,76

	l	m	u
1	0,22	0,53	1,09
2	0,15	0,31	0,73
3	0,05	0,08	0,16
4	0,05	0,08	0,16

Menentukan Nilai BNP

Alternatif	BNP	Normalisasi
1	0,613	0,511447963
2	0,394	0,328522048
3	0,096	0,080014995
4	0,096	0,080014995
Total	1,199	1

## Alternatif Sub Kriteria *Socioeconomic* 1

Menghitung Fuzzy Geometric Mean

Alternatif	Alternatif 1			Alternatif 2			Alternatif 3			Alternatif 4			Jumlah		
	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u
1	1,00	1,00	1,00	1,00	3,00	5,00	3,00	5,00	7,00	3,00	5,00	7,00	1,73	2,94	3,96
2	0,20	0,33	1,00	1,00	1,00	1,00	3,00	5,00	7,00	3,00	5,00	7,00	1,16	1,70	2,65
3	0,14	0,20	0,33	0,14	0,20	0,33	1,00	1,00	1,00	1,00	3,00	5,00	0,38	0,59	0,86
4	0,14	0,20	0,33	0,14	0,20	0,33	0,20	0,33	1,00	1,00	1,00	1,00	0,25	0,34	0,58
Total												3,52	5,57	8,04	

Menghitung Bobot

	l	m	u
k1	1,73	2,94	3,96
k2	1,16	1,70	2,65
k3	0,38	0,59	0,86
k4	0,25	0,34	0,58
Total	3,52	5,57	8,04

	l	m	u
	0,22	0,53	1,12
	0,14	0,31	0,75
	0,05	0,11	0,25
	0,03	0,06	0,16

Menentukan BNP

Alternatif	BNP	Normalisasi
1	0,622	0,502
2	0,4	0,323
3	0,133	0,107
4	0,085	0,069
Total	1,241	1

## Alternatif Sub Kriteria *Socioeconomic* 2

Menghitung Fuzzy Geometric Mean

Alternatif	Alternatif 1			Alternatif 2			Alternatif 3			Alternatif 4			Jumlah		
	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u
1	1,00	1,00	1,00	3,00	5,00	7,00	3,00	5,00	7,00	3,00	5,00	7,00	2,28	3,34	4,30
2	0,14	0,20	0,33	1,00	1,00	1,00	1,00	3,00	5,00	1,00	3,00	5,00	0,61	1,16	1,70
3	0,14	0,20	0,33	0,20	0,33	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,41	0,51	0,76
4	0,14	0,20	0,33	0,20	0,33	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,41	0,51	0,76
Total												3,72	5,52	7,52	

Menghitung Bobot

	l	m	u
k1	2,28	3,34	4,30
k2	0,61	1,16	1,70
k3	0,41	0,51	0,76
k4	0,41	0,51	0,76
Total	3,72	5,52	7,52

	l	m	u
	0,30	0,61	1,16
	0,08	0,21	0,46
	0,05	0,09	0,20
	0,05	0,09	0,20

Menentukan BNP

Alternatif	BNP	Normalisasi
1	0,689	0,588
2	0,25	0,213
3	0,117	0,100
4	0,117	0,100
Total	1,173	1



### Alternatif Sub Kriteria Socioeconomic 3

Menghitung Fuzzy Geometric Mean

Alternatif	Alternatif 1			Alternatif 2			Alternatif 3			Alternatif 4			Jumlah		
	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u
1	1,00	1,00	1,00	1,00	3,00	5,00	3,00	5,00	7,00	3,00	5,00	7,00	1,73	2,94	3,96
2	0,20	0,33	1,00	1,00	1,00	1,00	3,00	5,00	7,00	3,00	5,00	7,00	1,16	1,70	2,65
3	0,14	0,20	0,33	0,14	0,20	0,33	1,00	1,00	1,00	0,20	0,33	1,00	0,25	0,34	0,58
4	0,14	0,20	0,33	0,14	0,20	0,33	1,00	3,00	5,00	1,00	1,00	1,00	0,38	0,59	0,86
Total												3,52	5,57	8,04	

Menghitung Bobot

	l	m	u
k1	1,73	2,94	3,96
k2	1,16	1,70	2,65
k3	0,25	0,34	0,58
k4	0,38	0,59	0,86
Total	3,52	5,57	8,04

	l	m	u
1	0,22	0,53	1,12
2	0,14	0,31	0,75
3	0,03	0,06	0,16
4	0,05	0,11	0,25

Menentukan Nilai BNP

Alternatif	BNP	Normalisasi
1	0,622	0,501690845
2	0,4	0,322528623
3	0,085	0,068888534
4	0,133	0,106891998
Total	1,241	1

### Alternatif Sub Kriteria Finansial 1

Menghitung Fuzzy Geometric Mean

Alternatif	Alternatif 1			Alternatif 2			Alternatif 3			Alternatif 4			Jumlah		
	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u
1	1,00	1,00	1,00	1,00	3,00	5,00	0,20	0,33	1,00	0,11	0,14	0,20	0,39	0,61	1,00
2	0,20	0,33	1,00	1,00	1,00	1,00	0,20	0,33	1,00	0,14	0,20	0,33	0,27	0,39	0,76
3	1,00	3,00	5,00	1,00	3,00	5,00	1,00	1,00	1,00	0,20	0,33	1,00	0,67	1,32	2,24
4	5,00	7,00	9,00	3,00	5,00	7,00	1,00	3,00	5,00	1,00	1,00	1,00	1,97	3,20	4,21
Total												3,30	5,52	8,21	

Menghitung Bobot

	l	m	u
k1	0,39	0,61	1,00
k2	0,27	0,39	0,76
k3	0,67	1,32	2,24
k4	1,97	3,20	4,21
Total	3,30	5,52	8,21

	l	m	u
1	0,05	0,11	0,30
2	0,03	0,07	0,23
3	0,08	0,24	0,68
4	0,24	0,58	1,28

Menghitung Nilai BNP

Alternatif	BNP	Normalisasi
1	0,154	0,119
2	0,111	0,086
3	0,333	0,257
4	0,699	0,539
Total	1,297	1

## Alternatif Sub Kriteria Finansial 2

Menghitung Fuzzy Geometric Mean

Alternatif	Alternatif 1			Alternatif 2			Alternatif 3			Alternatif 4			Jumlah		
	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u
1	1,00	1,00	1,00	0,14	0,20	0,33	0,14	0,20	0,33	0,11	0,14	0,20	0,22	0,27	0,39
2	3,00	5,00	7,00	1,00	1,00	1,00	0,20	0,33	1,00	0,11	0,14	0,20	0,51	0,70	1,09
3	3,00	5,00	7,00	1,00	3,00	5,00	1,00	1,00	1,00	0,20	0,33	1,00	0,88	1,50	2,43
4	5,00	7,00	9,00	5,00	7,00	9,00	1,00	3,00	5,00	1,00	1,00	1,00	2,24	3,48	4,49
Total												3,84	5,95	8,39	

Menghitung Bobot

	l	m	u
k1	0,22	0,27	0,39
k2	0,51	0,70	1,09
k3	0,88	1,50	2,43
k4	2,24	3,48	4,49
Total	3,84	5,95	8,39

	l	m	u
1	0,03	0,05	0,10
2	0,06	0,12	0,28
3	0,10	0,25	0,63
4	0,27	0,59	1,17

Menentukan Nilai BNP

Alternatif	BNP	Normalisasi
1	0,058	0,047
2	0,154	0,127
3	0,33	0,272
4	0,673	0,554
Total	1,214	1

## Alternatif Sub Kriteria Finansial 3

Menghitung Fuzzy Geometric Mean

Alternatif	Alternatif 1			Alternatif 2			Alternatif 3			Alternatif 4			Jumlah		
	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u
1	1,00	1,00	1,00	1,00	3,00	5,00	3,00	5,00	7,00	1,00	3,00	5,00	1,32	2,59	3,64
2	0,20	0,33	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	3,00	5,00	1,00	3,00	5,00	0,67	1,32	2,24
3	0,14	0,20	0,33	0,20	0,33	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,41	0,51	0,76
4	0,20	0,33	1,00	0,20	0,33	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,45	0,58	1,00
Total												2,84	4,99	7,63	

Menghitung Bobot

	l	m	u
k1	1,32	2,59	3,64
k2	0,67	1,32	2,24
k3	0,41	0,51	0,76
k4	0,45	0,58	1,00
Total	2,84	4,99	7,63

	l	m	u
1	0,17	0,52	1,28
2	0,09	0,26	0,79
3	0,05	0,10	0,27
4	0,06	0,12	0,35

Menentukan Nilai BNP

Alternatif	BNP	Normalisasi
1	0,657	0,486
2	0,379	0,280
3	0,141	0,104
4	0,175	0,130
Total	1,352	1

**LAMPIRAN V**  
**UJI VALIDITAS DAN RELIABILITAS**

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

## Uji Validasi dan Relibilitas Kuesioner Sub Kriteria

Correlations

		Item_1	Item_2	Item_3	Item_4	Item_5	Item_6	Item_7	Item_8	Item_9	Item_10	Item_11	Item_12	Item_13	Item_14	Item_15	Total
Item_1	Pearson Correlation	1	.455*	.219	.335	.417*	.042	.324	.255	.479*	.395*	.354	.347	.355	.482*	.403	.684**
	Sig. (2-tailed)		.020	.282	.094	.034	.839	.106	.208	.013	.046	.076	.083	.075	.013	.041	.000
	N	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26
Item_2	Pearson Correlation	.455*	1	.438*	.392*	.240	.108	.089	.294	.035	.309	.184	.247	.237	.337	.430*	.600**
	Sig. (2-tailed)	.020		.025	.047	.237	.599	.664	.144	.865	.125	.367	.224	.244	.092	.028	.001
	N	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26
Item_3	Pearson Correlation	.219	.438*	1	.249	.098	.404*	.362	.375	.322	.207	.197	.022	.334	.230	.450**	.601**
	Sig. (2-tailed)	.282	.025		.219	.633	.041	.069	.059	.108	.310	.334	.914	.096	.258	.021	.001
	N	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26
Item_4	Pearson Correlation	.335	.392*	.249	1	.425*	.095	-.002	.234	.305	.368	.408*	.233	.259	.313	.295	.584**
	Sig. (2-tailed)	.094	.047	.219		.031	.644	.992	.250	.130	.064	.038	.253	.201	.119	.143	.002
	N	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26
Item_5	Pearson Correlation	.417*	.240	.098	.425*	1	.006	.333	.121	.149	.164	.419*	-.072	.081	.221	.128	.418*
	Sig. (2-tailed)	.034	.237	.633	.031		.978	.097	.555	.467	.423	.033	.727	.695	.278	.534	.034
	N	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26
Item_6	Pearson Correlation	.042	.108	.404*	.095	.006	1	.475*	.160	.413*	.506**	.215	.252	.238	.291	.167	.496*
	Sig. (2-tailed)	.839	.599	.041	.644	.978		.014	.434	.036	.008	.292	.215	.242	.150	.415	.010
	N	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26
Item_7	Pearson Correlation	.324	.089	.362	-.002	.333	.475*	1	.303	.284	.141	.000	.086	.277	.367	.085	.450*
	Sig. (2-tailed)	.106	.664	.069	.992	.097	.014		.133	.160	.493	1.000	.678	.171	.065	.678	.021
	N	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26
Item_8	Pearson Correlation	.255	.294	.375	.234	.121	.160	.303	1	.349	-.006	.315	.064	.241	.235	.094	.467*
	Sig. (2-tailed)	.208	.144	.059	.250	.565	.434	.133		.081	.976	.117	.757	.235	.249	.647	.016
	N	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26
Item_9	Pearson Correlation	.479*	.035	.322	.305	.149	.413*	.284	.349	1	.509**	.458*	.237	.380	.437*	.267	.645**
	Sig. (2-tailed)	.013	.865	.108	.130	.467	.036	.160	.081		.008	.019	.244	.055	.026	.188	.000
	N	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26
Item_10	Pearson Correlation	.395*	.309	.207	.368	.164	.506**	.141	-.006	.509**	1	.434*	.229	.206	.413*	.404*	.618**
	Sig. (2-tailed)	.046	.125	.310	.064	.423	.008	.493	.976	.008		.027	.260	.313	.036	.041	.001
	N	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26
Item_11	Pearson Correlation	.354	.184	.197	.408*	.419*	.215	.000	.315	.458*	.434*	1	-.118	.152	.374	.241	.524**
	Sig. (2-tailed)	.076	.367	.334	.038	.033	.292	1.000	.117	.019	.027		.565	.459	.060	.236	.006
	N	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26
Item_12	Pearson Correlation	.347	.247	.022	.233	-.072	.252	.086	.064	.237	.229	-.118	1	.575**	.578**	.069	.442*
	Sig. (2-tailed)	.083	.224	.914	.253	.727	.215	.678	.757	.244	.260	.565		.002	.002	.739	.024
	N	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26
Item_13	Pearson Correlation	.355	.237	.334	.259	.081	.238	.277	.241	.380	.206	.152	.575**	1	.852**	.280	.648**
	Sig. (2-tailed)	.075	.244	.096	.201	.695	.242	.171	.235	.055	.313	.459	.002		.000	.166	.000
	N	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26
Item_14	Pearson Correlation	.482*	.337	.230	.313	.221	.291	.367	.235	.437*	.413*	.374	.578**	.852**	1	.293	.746**
	Sig. (2-tailed)	.013	.092	.258	.119	.278	.150	.065	.249	.026	.036	.060	.002	.000		.146	.000
	N	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26
Item_15	Pearson Correlation	.403*	.430*	.450*	.295	.128	.167	.085	.094	.267	.404*	.241	.069	.280	.293	1	.571**
	Sig. (2-tailed)	.041	.028	.021	.143	.534	.415	.678	.647	.188	.041	.236	.739	.166	.146		.002
	N	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26
Total	Pearson Correlation	.684**	.600**	.601**	.584**	.418*	.496*	.450*	.467*	.645**	.618**	.524**	.442*	.648**	.746**	.571**	1
	Sig. (2-tailed)	.000	.001	.001	.002	.034	.010	.021	.016	.000	.001	.006	.024	.000	.000	.002	
	N	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26

\*. Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).

\*\* . Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

## Scale: ALL VARIABLES

### Case Processing Summary

		N	%
Cases	Valid	26	100.0
	Excluded <sup>a</sup>	0	.0
	Total	26	100.0

a. Listwise deletion based on all variables in the procedure.

### Reliability Statistics

Cronbach's Alpha	N of Items
.848	15

### Item-Total Statistics

	Scale Mean if Item Deleted	Scale Variance if Item Deleted	Corrected Item-Total Correlation	Cronbach's Alpha if Item Deleted
Item_1	74.3846	214.486	.616	.831
Item_2	74.8462	210.135	.489	.839
Item_3	74.4615	212.338	.498	.838
Item_4	73.8846	219.066	.498	.838
Item_5	73.8462	229.255	.317	.848
Item_6	73.1154	225.386	.404	.843
Item_7	73.6538	235.115	.390	.844
Item_8	74.7692	226.505	.371	.845
Item_9	74.1538	214.215	.565	.834
Item_10	74.1538	216.535	.535	.836
Item_11	74.4615	230.578	.462	.841
Item_12	73.8846	230.106	.355	.845
Item_13	74.0000	211.600	.561	.834
Item_14	74.0000	209.520	.687	.827
Item_15	74.8462	216.455	.471	.840

## Uji Validitas dan Reliabilitas Kuesioner Alternatif I

**Correlations**

		Item_1	Item_2	Item_3	Item_4	Item_5	Item_6	Total
Item_1	Pearson Correlation	1	.467*	.414*	.351	.519**	.519**	.697**
	Sig. (2-tailed)		.016	.035	.079	.007	.007	.000
	N	26	26	26	26	26	26	26
Item_2	Pearson Correlation	.467*	1	.728**	.538**	.525**	.511**	.831**
	Sig. (2-tailed)	.016		.000	.005	.006	.008	.000
	N	26	26	26	26	26	26	26
Item_3	Pearson Correlation	.414*	.728**	1	.441*	.470*	.559**	.788**
	Sig. (2-tailed)	.035	.000		.024	.015	.003	.000
	N	26	26	26	26	26	26	26
Item_4	Pearson Correlation	.351	.538**	.441*	1	.579**	.265	.703**
	Sig. (2-tailed)	.079	.005	.024		.002	.191	.000
	N	26	26	26	26	26	26	26
Item_5	Pearson Correlation	.519**	.525**	.470*	.579**	1	.588**	.803**
	Sig. (2-tailed)	.007	.006	.015	.002		.002	.000
	N	26	26	26	26	26	26	26
Item_6	Pearson Correlation	.519**	.511**	.559**	.265	.588**	1	.754**
	Sig. (2-tailed)	.007	.008	.003	.191	.002		.000
	N	26	26	26	26	26	26	26
Total	Pearson Correlation	.697**	.831**	.788**	.703**	.803**	.754**	1
	Sig. (2-tailed)	.000	.000	.000	.000	.000	.000	
	N	26	26	26	26	26	26	26

\*. Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).

\*\* . Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

**Case Processing Summary**

		N	%
Cases	Valid	26	100.0
	Excluded <sup>a</sup>	0	.0
	Total	26	100.0

a. Listwise deletion based on all variables in the procedure.

**Reliability Statistics**

Cronbach's Alpha	N of Items
.854	6

**Item-Total Statistics**

	Scale Mean if Item Deleted	Scale Variance if Item Deleted	Corrected Item-Total Correlation	Cronbach's Alpha if Item Deleted
Item_1	24.5769	55.214	.579	.841
Item_2	24.3462	47.115	.729	.812
Item_3	24.6538	51.675	.689	.822
Item_4	24.6154	51.766	.549	.849
Item_5	25.4615	50.578	.705	.819
Item_6	25.7692	50.105	.619	.835



## Uji Validitas dan Reliabilitas Alternatif II

Correlations

		Item_1	Item_2	Item_3	Item_4	Item_5	Item_6	Total
Item_1	Pearson Correlation	1	.710**	.264	.409*	.462*	.427*	.703**
	Sig. (2-tailed)		.000	.193	.038	.018	.030	.000
	N	26	26	26	26	26	26	26
Item_2	Pearson Correlation	.710**	1	.368	.412*	.635**	.473*	.794**
	Sig. (2-tailed)	.000		.064	.036	.000	.015	.000
	N	26	26	26	26	26	26	26
Item_3	Pearson Correlation	.264	.368	1	.537**	.452*	.189	.654**
	Sig. (2-tailed)	.193	.064		.005	.021	.355	.000
	N	26	26	26	26	26	26	26
Item_4	Pearson Correlation	.409*	.412*	.537**	1	.620**	.544**	.773**
	Sig. (2-tailed)	.038	.036	.005		.001	.004	.000
	N	26	26	26	26	26	26	26
Item_5	Pearson Correlation	.462*	.635**	.452*	.620**	1	.555**	.831**
	Sig. (2-tailed)	.018	.000	.021	.001		.003	.000
	N	26	26	26	26	26	26	26
Item_6	Pearson Correlation	.427*	.473*	.189	.544**	.555**	1	.721**
	Sig. (2-tailed)	.030	.015	.355	.004	.003		.000
	N	26	26	26	26	26	26	26
Total	Pearson Correlation	.703**	.794**	.654**	.773**	.831**	.721**	1
	Sig. (2-tailed)	.000	.000	.000	.000	.000	.000	
	N	26	26	26	26	26	26	26

\*\* . Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

\* . Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).

**Scale: ALL VARIABLES****Case Processing Summary**

		N	%
Cases	Valid	26	100.0
	Excluded <sup>a</sup>	0	.0
	Total	26	100.0

a. Listwise deletion based on all variables in the procedure.

**Reliability Statistics**

Cronbach's Alpha	N of Items
.825	6

**Item-Total Statistics**

	Scale Mean if Item Deleted	Scale Variance if Item Deleted	Corrected Item-Total Correlation	Cronbach's Alpha if Item Deleted
Item_1	25.4231	50.254	.588	.800
Item_2	25.5000	45.540	.687	.777
Item_3	23.6923	46.222	.443	.839
Item_4	25.3846	49.766	.688	.787
Item_5	25.6154	43.846	.737	.766
Item_6	26.1154	44.506	.548	.811

### Uji Validitas dan Reliabilitas Alternatif III

Correlations

		Item_1	Item_2	Item_3	Item_4	Item_5	Item_6	Total
Item_1	Pearson Correlation	1	.655**	.426*	.406*	.387	.526**	.745**
	Sig. (2-tailed)		.000	.030	.039	.051	.006	.000
	N	26	26	26	26	26	26	26
Item_2	Pearson Correlation	.655**	1	.670**	.521**	.415*	.426*	.745**
	Sig. (2-tailed)	.000		.000	.006	.035	.030	.000
	N	26	26	26	26	26	26	26
Item_3	Pearson Correlation	.426*	.670**	1	.770**	.739**	.444*	.824**
	Sig. (2-tailed)	.030	.000		.000	.000	.023	.000
	N	26	26	26	26	26	26	26
Item_4	Pearson Correlation	.406*	.521**	.770**	1	.688**	.500**	.807**
	Sig. (2-tailed)	.039	.006	.000		.000	.009	.000
	N	26	26	26	26	26	26	26
Item_5	Pearson Correlation	.387	.415*	.739**	.688**	1	.659**	.826**
	Sig. (2-tailed)	.051	.035	.000	.000		.000	.000
	N	26	26	26	26	26	26	26
Item_6	Pearson Correlation	.526**	.426*	.444*	.500**	.659**	1	.778**
	Sig. (2-tailed)	.006	.030	.023	.009	.000		.000
	N	26	26	26	26	26	26	26
Total	Pearson Correlation	.745**	.745**	.824**	.807**	.826**	.778**	1
	Sig. (2-tailed)	.000	.000	.000	.000	.000	.000	
	N	26	26	26	26	26	26	26

\*\* . Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

\* . Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).

**Scale: ALL VARIABLES****Case Processing Summary**

		N	%
Cases	Valid	26	100.0
	Excluded <sup>a</sup>	0	.0
	Total	26	100.0

a. Listwise deletion based on all variables in the procedure.

**Reliability Statistics**

Cronbach's Alpha	N of Items
.862	6

**Item-Total Statistics**

	Scale Mean if Item Deleted	Scale Variance if Item Deleted	Corrected Item-Total Correlation	Cronbach's Alpha if Item Deleted
Item_1	23.7308	44.685	.571	.866
Item_2	23.4615	54.978	.673	.847
Item_3	23.5385	49.938	.752	.827
Item_4	23.4615	47.938	.712	.829
Item_5	23.4231	45.454	.727	.825
Item_6	23.7308	46.285	.652	.841

## Uji Validitas dan Reliabilitas Alternatif IV

Correlations

		Item_1	Item_2	Item_3	Item_4	Item_5	Item_6	Total
Item_1	Pearson Correlation	1	.458*	.483*	.393*	.400*	.748**	.739**
	Sig. (2-tailed)		.019	.013	.047	.043	.000	.000
	N	26	26	26	26	26	26	26
Item_2	Pearson Correlation	.458*	1	.878**	.757**	.649**	.419*	.831**
	Sig. (2-tailed)	.019		.000	.000	.000	.033	.000
	N	26	26	26	26	26	26	26
Item_3	Pearson Correlation	.483*	.878**	1	.782**	.661**	.578**	.879**
	Sig. (2-tailed)	.013	.000		.000	.000	.002	.000
	N	26	26	26	26	26	26	26
Item_4	Pearson Correlation	.393*	.757**	.782**	1	.821**	.486*	.841**
	Sig. (2-tailed)	.047	.000	.000		.000	.012	.000
	N	26	26	26	26	26	26	26
Item_5	Pearson Correlation	.400*	.649**	.661**	.821**	1	.622**	.829**
	Sig. (2-tailed)	.043	.000	.000	.000		.001	.000
	N	26	26	26	26	26	26	26
Item_6	Pearson Correlation	.748**	.419*	.578**	.486*	.622**	1	.802**
	Sig. (2-tailed)	.000	.033	.002	.012	.001		.000
	N	26	26	26	26	26	26	26
Total	Pearson Correlation	.739**	.831**	.879**	.841**	.829**	.802**	1
	Sig. (2-tailed)	.000	.000	.000	.000	.000	.000	
	N	26	26	26	26	26	26	26

\*. Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).

\*\*.. Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

**Scale: ALL VARIABLES****Case Processing Summary**

		N	%
Cases	Valid	26	100.0
	Excluded <sup>a</sup>	0	.0
	Total	26	100.0

a. Listwise deletion based on all variables in the procedure.

**Reliability Statistics**

Cronbach's Alpha	N of Items
.896	6

**Item-Total Statistics**

	Scale Mean if Item Deleted	Scale Variance if Item Deleted	Corrected Item-Total Correlation	Cronbach's Alpha if Item Deleted
Item_1	24.1538	50.295	.588	.906
Item_2	23.5385	52.418	.757	.874
Item_3	23.3846	49.446	.817	.863
Item_4	23.1923	52.802	.774	.872
Item_5	23.1538	51.895	.751	.874
Item_6	23.7308	51.165	.703	.881

**Correlations**

		Item_1	Item_2	Item_3	Item_4	Item_5	Item_6	Total
Item_1	Pearson Correlation	1	.801**	.699**	.663**	.518**	.456*	.840**
	Sig. (2-tailed)		.000	.000	.000	.007	.019	.000
	N	26	26	26	25	26	26	26
Item_2	Pearson Correlation	.801**	1	.883**	.791**	.486*	.309	.866**
	Sig. (2-tailed)	.000		.000	.000	.012	.124	.000
	N	26	26	26	25	26	26	26
Item_3	Pearson Correlation	.699**	.883**	1	.915**	.686**	.440*	.918**
	Sig. (2-tailed)	.000	.000		.000	.000	.024	.000
	N	26	26	26	25	26	26	26
Item_4	Pearson Correlation	.663**	.791**	.915**	1	.745**	.492*	.921**
	Sig. (2-tailed)	.000	.000	.000		.000	.012	.000
	N	25	25	25	25	25	25	25
Item_5	Pearson Correlation	.518**	.486*	.686**	.745**	1	.739**	.811**
	Sig. (2-tailed)	.007	.012	.000	.000		.000	.000
	N	26	26	26	25	26	26	26
Item_6	Pearson Correlation	.456*	.309	.440*	.492*	.739**	1	.667**
	Sig. (2-tailed)	.019	.124	.024	.012	.000		.000
	N	26	26	26	25	26	26	26
Total	Pearson Correlation	.840**	.866**	.918**	.921**	.811**	.667**	1
	Sig. (2-tailed)	.000	.000	.000	.000	.000	.000	
	N	26	26	26	25	26	26	26

\*\* . Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

\* . Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).

**Scale: ALL VARIABLES****Case Processing Summary**

		N	%
Cases	Valid	25	96.2
	Excluded <sup>a</sup>	1	3.8
	Total	26	100.0

a. Listwise deletion based on all variables in the procedure.

**Reliability Statistics**

Cronbach's Alpha	N of Items
.908	6

**Item-Total Statistics**

	Scale Mean if Item Deleted	Scale Variance if Item Deleted	Corrected Item-Total Correlation	Cronbach's Alpha if Item Deleted
Item_1	25.0800	51.993	.736	.895
Item_2	25.0000	52.833	.781	.886
Item_3	25.3200	52.060	.875	.871
Item_4	25.5200	56.177	.887	.875
Item_5	25.3200	57.727	.714	.895
Item_6	25.3600	63.657	.520	.919



## BIODATA PENULIS



Penulis memiliki nama lengkap Putu Widhi Aprilia, lahir di Denpasar pada tanggal 15 April 1997. Penulis merupakan putri pertama dari tiga bersaudara dari pasangan suami istri Bapak I Wayan Suasnawa dan Ibu Ani Agustin. Penulis telah menyelesaikan jenjang pendidikan formal dasar di SD Kepatihan Banyuwangi, jenjang menengah pertama di SMP Negeri 1 Banyuwangi, jenjang menengah atas di SMA 1 Glagah Banyuwangi, dan melanjutkan pendidikan tinggi di Departemen Teknik Sistem Perkapalan Program Reguler, Fakultas Teknologi Kelautan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS) Surabaya di bidang *Reliability, Availability, Management, and Safety* (RAMS). Penulis pernah menjalankan *on the job training* di beberapa perusahaan yaitu PT. Yasa Wahana Tirta Samudera dan Marine Region IV PT. Pertamina di Cilacap. Selain aktivitas akademik, penulis berpengalaman dan aktif tergabung dalam beberapa aktivitas organisasi dan unit kegiatan mahasiswa. Penulis pernah bergabung dalam Panitia Marine Icon 2016, 2017, dan 2018 serta menjadi pengurus BUMF BEM FTK. Selain itu, penulis aktif dalam mengikuti kegiatan pengembangan *softskills* dan lomba keilmiah seperti Latihan Keterampilan Manajemen Mahasiswa Pra Tingkat Dasar, Finalis National Marine Paper Competition 2016, Finalis Competition of National Economic Reaearch and Innovation Paper 2017, Juara 3 Youth Science Paper Competition 2016, Juara 1 Paper Competition Indonesia Science Student Conference UGM.

Putu Widhi Aprilia  
Marine Engineering, Faculty of Marine Technology  
[vidiaprilia@gmail.com](mailto:vidiaprilia@gmail.com)