



SKRIPSI - ME141501

**RANCANGAN OCEAN ELECTRIC POWER STATION UNTUK NELAYAN
DI LAUT NATUNA**

Muhammad Galih Ghafara

NRP 04211440000081

Dosen Pembimbing

Juniarko Prananda, ST, M.T.

Dr. Eddy Setyo K,ST.,M.Sc

DEPARTEMEN TEKNIK SISTEM PERKAPALAN

FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN



SKRIPSI - ME 141501

**RANCANGAN OCEAN ELECTRIC POWER STATION UNTUK NELAYAN DI LAUT
NATUNA**

Muhammad Galih Ghafara
NRP 0421144000081

Dosen Pembimbing
Juniarko Prananda, ST, M.T.
Dr. Eddy Setyo K, ST., M.Sc

DEPARTEMEN TEKNIK SISTEM PERKAPALAN
FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
2018

“Halaman ini sengaja dikosongkan”



SKRIPSI - ME 141501

**RANCANGAN OCEAN ELECTRIC POWER STATION UNTUK NELAYAN DI LAUT
NATUNA**

Muhammad Galih Ghafara
NRP 0421144000081

Dosen Pembimbing
Juniarko Prananda, ST, M.T.
Dr. Eddy Setyo K, ST., M.Sc

DEPARTEMEN TEKNIK SISTEM PERKAPALAN
FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

LEMBAR PENGESAHAN

***RANCANGAN OCEAN ELECTRIC POWER STATION UNTUK NELAYAN DI
LAUT NATUNA***

TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
Pada
Program Studi S-1 Departemen Teknik Sistem Perkapalan
Fakultas Teknologi Kelautan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :
Muhammad Galih Ghafara
NRP. 0421144000081

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir :

Juniarko Prananda, ST, M.T.

()

Dr. Eddy Setyo K, ST., M.Sc

()

Surabaya,
Juli 2018

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

LEMBAR PENGESAHAN

RANCANGAN OCEAN ELECTRIC POWER STATION UNTUK NELAYAN DI LAUT NATUNA

TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
Pada
Program Studi S-1 Departemen Teknik Sistem Perkapalan
Fakultas Teknologi Kelautan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :

Muhammad Galih Ghafara

NRP. 0421144000081

Disetujui oleh Kepala Departemen Teknik Sistem Perkapalan :



Dr. Eng. M. Badrus Zaman, S.T., M.T.

NIP. 1977 0802 2008 01 1007

Surabaya,
Juli 2018

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

Rancangan *Ocean Electric Power Station* untuk Nelayan di Laut Natuna

Nama Mahasiswa : Muhammad Galih Ghafara

NRP : 0421144000081

Departemen : Teknik Sistem Perkapalan ITS

Dosen Pembimbing 1 : Juniarko Prananda, ST, M.T.

Dosen Pembimbing 2 : Dr. Eddy Setyo K,ST.,M.Sc

Abstrak

Natuna adalah salah satu tempat di Indonesia yang memiliki potensi Ikan yang besar. Potensi penangkapan ikan di Laut Natuna hampir menyentuh angka satu juta per tahun. Laut Natuna dikelilingi oleh pulau pulau yang mayoritas penduduknya bekerja sebagai nelayan. Kehidupan nelayan sangat bergantung dengan harga dan ketersediaan bahan bakar karena bahan bakar merupakan kebutuhan utama untuk kapal kapal ikan disana. Sekarang harga untuk bahan bakar sudah tidak lagi di subsidi oleh pemerintah dan kedepannya bahan bakar akan menjadi semakin langka karena bahan bakar fosil bukanlah energy yang bisa diperbarui. Dalam riset sebelumnya telah membahas mengenai kebutuhan baterai yang akan digunakan untuk kapal propulsi elektrik di laut natuna yang hasilnya memerlukan sebuah home base terapung di tengah laut untuk mengurangi kebutuhan baterai kapal. Home base tersebut perlu untuk sumber listrik alternatif sehingga tidak perlu supply listrik dari darat untuk bisa memenuhi kebutuhan charging kapal ikan propulsi elektrik yang beroperasi. Dalam tugas akhir ini akan dibahas mengenai potensi energy alternatif yang tersedia di Laut Natuna agar dapat memenuhi kebutuhan Kapal ikan yang akan beroperasi. Setelah dilakukan pengambilan dan pengolahan data didapatkan bahwa energi terbarukan yang cocok digunakan adalah energi matahari dan energi gelombang. Energi matahari dapat dikonversi menjadi listrik dengan menggunakan solar panel. Energi gelombang di konversi dengan menggunakan sistem connected bouy dan turbin pelton. Total energi yang dihasilkan dari Ocean electric power station adalah 354.175 kW. Ocean Electric Power Station dirancang dengan ukuran 29x29 m. Ocean Electric Power Station memiliki 2 sisi untuk loading unloading baterai. Masing masing sisi dapat menampung 2 kapal. dalam 1 hari operasional Ocean Electric Power Station mampu memenuhi kebutuhan 20 kapal.

Kata kunci : *Alternative Energy*, Solar Energy, Floating Design, Natuna

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

Rancangan *Ocean Electric Power Station* untuk Nelayan di Laut Natuna

Student's Name : Muhammad Galih Ghafara
NRP : 0421144000081
Department : Teknik Sistem Perkapalan ITS
Supervisor 1 : Juniarko Prananda, ST, M.T.
Supervisor 2 : Dr. Eddy Setyo K,ST.,M.Sc

Abstract

Natuna is one of the most potential fishing Area in Indonesia. Natuna sea fish potential almost reach one million in a year. Natuna Sea is rounded by islands that most of the people lived there work as fisherman. Fisherman life is depend on the price and availability of diesel fuel. That's because diesel fuel is the main resource for the fishing vessel there. Nowadays diesel fuel's price is not subsidized by the government and in the future diesel fuel getting rarer than before. That's because Fossil fuels not reanewable energy. In previous research have been discuss about battery needs for electric fishing vessel that need further research in floating home base for the fishing vessel. That home base needs alternative energy so the needs from the floating base and the fishing vessel can be provided by its on energy. In this research will discuss about potential alternative energy and it's converter in Natuna sea. Solar energy and Wave Energy is the most effective alternative energy source that concluded After collect and processing environtmetal data in Natuna sea Solar energy is converted by using X21-335-BLK. Wave energy is converted by using connected bouy system and pelton turbime. Total energy that generates by the Ocean Electric Power Station is 354,175 kW. Ocean Electric Power Station has 2 side for battery loading and unloading. Each side can handle two electric fishing vessels. Ocean Electeri Power Station can supply upto 20 boats everyday.

Keywords : *Alternative Energy*, Solar Energy, Floating Design, Natuna

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadirat Allah SWT, Tuhan Yang Maha Esa, yang telah memberikan rahmat, anugrah serta tuntunannya-Nya, sehingga penulis mampu menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul “**RANCANGAN OCEAN ELECTRIC POWER STATION UNTUK NELAYAN DI LAUT NATUNA**” dengan baik dan tepat waktu. Dimana tugas akhir ini diajukan sebagai salah satu syarat kelulusan program studi sarjana di Departemen Teknik Sistem Perkapalan FTK-ITS.

Penulis menyadari, terselesaikannya Tugas Akhir ini tidak lepas dari bantuan dan dukungan dari banyak pihak. Oleh karena itu penulis menyampaikan rasa terimakasih yang mendalam kepada pihak-pihak di bawah ini :

1. Kedua orang tua penulis, Ibu Indrastuti dan Bapak Imam Bachroni yang terus memberikan dukungan dan menjadi penyemangat dalam penulis melakukan aktifitas selama perkuliahan dan penulisan tugas akhir ini.
2. Bapak Dr. Eng. Badrus Zaman, ST., MT selaku kepala Departemen Teknik Sistem Perkapalan yang sudah memberikan ilmu baik materi kuliah maupun diluar perkuliahan yang dapat menjadi pembelajaran bagi penulis.
3. Bapak Juniarko Prananda, ST, M.T. selaku dosen pembimbing pertama penulis sekaligus dosen wali yang senantiasa memberikan bimbingan pada saat proses penelitian dan pembelajaran baik di perkuliahan maupun diluar perkuliahan yang berkaitan dengan sikap, pengembangan diri serta paska kampus bagi penulis.
4. Bapak Dr. Eddy Setyo K, ST., M.Sc selaku dosen pembimbing kedua penulis yang turut membimbing penulis dalam menyelesaikan penelitian, yang juga senantiasa memberikan motivasi, arahan serta pengawalan layaknya orang tua selama penulis berada di kampus.
5. Seluruh dosen, tenaga kependidikan serta manajemen Departemen Teknik Sistem Perkapalan FTK – ITS.
6. Seluruh team Barunastra ITS sebagai tempat mengembangkan diri bagi penulis pertama kalinya di ITS serta atas pengalaman dan warna warni kehidupan selama di kampus.
7. Seluruh kawan-kawan pejuang akhir bidang MEAS
8. Kawan seperjuangan angkatan MERCUSUAR '14
9. Kepada pihak yang tidak bisa disebutkan satu per satu, terima kasih atas segala bantuan dan dukungan yang telah diberikan kepada penulis.

Penulis menyadari bahwa penelitian yang dilakukan dalam tugas akhir ini jauh dari sebuah kesempurnaan, oleh karenanya kritik dan saran sangat terbuka untuk membangun dan kebaikan bersama kedepannya.

Akhir kata, penulis berharap semoga apa yang tertulis dalam tugas akhir ini dapat memberikan manfaat bagi penulis khususnya maupun pembaca pada umumnya.

Surabaya, Januari 2018

Penulis

DAFTAR ISI

i

SKRIPSI - ME141501	i
LEMBAR PENGESAHAN	v
LEMBAR PENGESAHAN	vii
KATA PENGANTAR.....	xiii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Perumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah.....	2
1.4 Tujuan Penelitian.....	2
1.5 Manfaat.....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Geografi Laut Natuna.....	5
2.2 Potensi Energi alternatif di laut natuna	5
2.3 Peralatan Konversi Energi alternatif	7
BAB III METODE PENELITIAN	11
3.1 Tahap Pelaksanaan Tugas Akhir.....	12
BAB IV ANALISA DAN PEMBAHASAN	13
4.1 Data Lingkungan.....	13
4.2 Data Kapal	16
4.3 Perhitungan Potensi	17
4.4 Simulasi	18
4.5 Implementasi pada Alat Konversi Energi.....	21
4.6 Perhitungan Kebutuhan Baterai Stasiun Energi Terapung.....	29
4.7 Filosofi Desain	31
4.8 Distribusi Listrik	38
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	41
5.1 Kesimpulan	41
5.2 Saran	41
DAFTAR PUSTAKA.....	43
LAMPIRAN	45
LAMPIRAN 1	
LAMPIRAN 2	
BIODATA PENULIS	

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

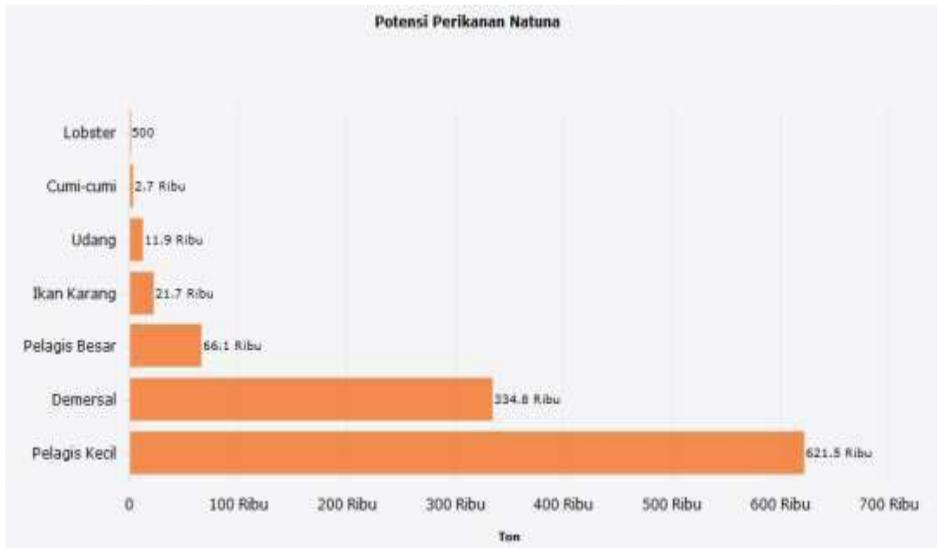
Daftar Gambar

Gambar 1.1 Potensi Ikan di Laut Natuna	1
Gambar 2.1 Lokasi Ocean Electric Power Station yang di rencanakan	5
Gambar 2.2 Gambar OWC	10
Gambar 3.1 Flow Chart Penelitian	11
Gambar 4.1 Tampak Samping Desain Turbin	18
Gambar 4.2 Tampak Desain Turbin	19
Gambar 4.3 Hasil simulasi Turbin Savonius angin	19
Gambar 4.4 Hasil Simulasi Turbin Savonius arus laut.....	20
Gambar 4.5 Objek simulasi Connected bouy	20
Gambar 4.6 Hasil Simulasi Connected bouy	21
Gambar 4.7 Hasil Simulasi pada kecepatan 6.8 m/s.....	23
Gambar 4.8 Hasil SIMulasi Arus laut pada kecepatan 0.75 m/s.....	26
Gambar 4.9 Spesifikasi Turbin Pelton	27
Gambar 4.10 Spesifikasi Solar panel	28
Gambar 4.11 DIMensi Solar Panel	29
Gambar 4.12 Tampang samping sisi Kapal bersandar	32
Gambar 4.13 Tampang samping sisi Connected Bouy.....	32
Gambar 4.14 tampak atas Main deck	34
Gambar 4.15 Tampak Atas Ruang Turbin Pelton	35
Gambar 4.16 Tampak atas Deck Radio dan Akomodasi.....	36
Gambar 4.17 Tampak Atas Penempatan Solar Cell	38
Gambar 4.18 Distribusi dari Sumber alternatif ke baterai.....	39
Gambar 4.19 Distribusi dari Baterai ke kebutuhan Ocean Power Station.....	40

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Natuna adalah salah satu tempat di Indonesia yang memiliki potensi Ikan yang besar. Potensi penangkapan ikan di Laut Natuna hampir menyentuh angka satu juta per tahun. Ikan Pelagis kecil dengan potensi 621500 ton per tahun, ikan demersal dengan potensi 334800 per tahun dan ikan Plagis Besar dengan potensi 66100 ton per tahun.



Gambar 1.1 Potensi Ikan di Laut Natuna

Sumber : Databoks, Katadata Indonesia, 2016

Kondisi cuaca dari Laut Natuna berdasarkan BMKG dikategorikan sebagai “Slight Sea” dimana tinggi gelombang tidak lebih tinggi dari 1,25 meter. Rata rata dari tinggi gelombang di Laut Natuna adalah 0.5 meter dan rentang kecepatan angin adalah 6 sampai 20 knots. Ini merupakan kondisi dimana Laut natuna adalah tempat yang aman untuk kegiatan penangkapan ikan.

Laut Natuna dikelilingi oleh pulau pulau yang mayoritas penduduknya bekerja sebagai nelayan. Kepulauan Natuna adalah kepulauan yang terletak di utara Laut Natuna. Di tahun 2015 ada 7066 keluarga nelayan dari total 20401 keluarga di Natuna berarti 35 % Penduduk Natuna mengandalkan Ikan sebagai penopang hidupnya.

Kehidupan nelayan sangat bergantung dengan harga dan ketersediaan bahan bakar karena bahan bakar merupakan kebutuhan utama untuk kapal kapal ikan disana. Sekarang harga untuk bahan bakar sudah tidak lagi di subsidi oleh pemerintah dan

kedepannya bahan bakar akan menjadi semakin langka karena bahan bakar fosil bukanlah energy yang bisa diperbarui. Keuntungan dari nelayan makin lama juga makin kecil seiring dengan naiknya harga kebutuhan untuk bisa melaut. Oleh sebab itu dibutuhkan solusi untuk mengurangi ketergantungan kapal nelayan terhadap bahan bakar yaitu dengan energi terbarukan.

Dalam riset yang telah dibuat oleh saudara Rivaldi Tjoa yang berjudul “*Design of Optimum Battery Electric Fishing Vessel for Natuna Sea*” Telah membahas mengenai kebutuhan baterai yang akan digunakan untuk kapal propulsi elektrik di laut natuna yang hasilnya memerlukan sebuah home base terapung di tengah laut untuk mengurangi kebutuhan baterai kapal. Home base tersebut perlu untuk sumber listrik alternatif sehingga tidak perlu supply listrik dari darat untuk bisa memenuhi kebutuhan charging kapal ikan propulsi elektrik yang beroperasi. Dalam tugas akhir ini akan dibahas mengenai potensi energy alternatif yang tersedia di Laut Natuna agar dapat memenuhi kebutuhan Kapal ikan yang akan beroperasi.

1.2 Perumusan Masalah

Dari deskripsi diatas rumusan masalah dari tugas akhir ini adalah :

1. Bagaimana Potensi Energi terbarukan yang ada di Laut Natuna untuk memenuhi kebutuhan Energy di Power Station?
2. Bagaimana perancangan alat konversi energi untuk potensi energi terbarukan di Laut Natuna?

1.3 Batasan Masalah

Agar lingkup penelitian ini menjadi lebih terfokus dan mencapai tujuan yang diinginkan, maka diperlukan adanya pembatasan masalah, diantaranya adalah :

1. Tugas akhir ini akan berfokus pada analisa Potensi Energy terbarukan yang ada di Laut Natuna untuk memenuhi kebutuhan Energy di Power Station dan rancangan power station sebagai tempat konversi energi.
2. Tidak membahas stabilitas dan perhitungan struktur barge.

1.4 Tujuan Penelitian

Dari perumusan masalah diatas maka dapat ditentukan tujuan dari Tugas Akhir ini, yaitu :

1. Mengumpulkan data potensi energi dari sumber energi alternatif yang ada di Laut Natuna
2. Merencanakan sistem konversi energi alternatif berdasarkan data potensi yang ada di Laut Natuna

3. Merancang power station yang optimal untuk kebutuhan nelayan di Laut Natuna.

1.5 Manfaat

Manfaat yang didapatkan dari dilakukannya penelitian ini adalah :

1. Sebagai saran untuk Kementrian Kelautan dan Perikanan untuk mengembangkan kapal ikan tenaga listrik di Laut Natuna
2. Meningkatkan kesejahteraan Nelayan Natuna
3. Meningkatkan ekspor Indonesia di bidang perikanan

“

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Geografi Laut Natuna

Laut Natuna adalah laut yang terkanal dengan kondisi alam yang berpotensi dikonversi menjadi energi. Laut Natuna terletak diantara semenanjung malaka dan pulau Kalimantan. Laut ini memiliki gelombang , angin, dan lama penyinaran matahari yang berpotensi menjadi energi terarukan.

Ocean Electric Power Station akan berada di Laut Natuna tepatnya di koordinat 2.343430, 107.422793



Gambar 2.1 Lokasi Ocean Electric Power Station yang di rencanakan

Sumber : Google maps

2.2 Potensi Energi alternatif di laut natuna

2.2.1 Matahari

Energi surya atau matahari telah dimanfaatkan di banyak belahan dunia dan jika dieksplotasi dengan tepat, energi ini berpotensi mampu menyediakan kebutuhan konsumsi energi dunia saat ini dalam waktu yang lebih lama. Matahari dapat digunakan secara langsung untuk memproduksi listrik atau untuk memanaskan bahkan untuk mendinginkan. Potensi masa depan energi surya hanya dibatasi oleh keinginan kita untuk menangkap kesempatan. Ada

banyak cara untuk memanfaatkan energi dari matahari. Tumbuhan mengubah sinar matahari menjadi energi kimia dengan menggunakan fotosintesis. Kita memanfaatkan energi ini dengan memakan dan membakar kayu. Bagaimanapun, istilah “tenaga surya” mempunyai arti mengubah sinar matahari secara langsung menjadi panas atau energi listrik untuk kegunaan kita. dua tipe dasar tenaga matahari adalah “sinar matahari” dan “photovoltaic” (photo-cahaya, voltaic=tegangan) Photovoltaic tenaga matahari: melibatkan pembangkit listrik dari cahaya. Rahasia dari proses ini adalah penggunaan bahan semi konduktor yang dapat disesuaikan untuk melepas elektron, pertikel bermuatan negative yang membentuk dasar listrik.

2.2.2 Angin

Angin adalah udara yang bergerak karena adanya perbedaan tekanan yang terjadi antara satu tempat dengan tempat lainnya (Yusman, 2005). Penyebab dari perbedaan tekanan udara ini adalah akibat intensitas cahaya matahari yang mengenai suatu tempat tersebut. Fenomena ini dapat dijelaskan dengan menggunakan rumus gas mulia dimana $P V = n R T$. Udara yang terkena panas matahari akan mengembang yang menyebabkan volumenya meningkat sehingga berdampak pada tekanannya yang semakin kecil (rendah), sedangkan daerah yang terkenan intensitas cahaya rendah menyebabkan tekanan di tempat tersebut tinggi.

Angin memiliki energi yang dapat dimanfaatkan. Energi angin tersebut dapat dikonversikan menjadi bentuk energi lain yaitu energi mekanik yang menggerakkan turbin angin yang kemudian akan menggerakkan generator untuk menghasilkan listrik. Pemanfaatan energi angin ini telah banyak dilakukan di negara – negara eropa yang memiliki kecepatan angin yang tinggi. Sedangkan di Indonesia sumber energi ini belum terlalu dimanfaatkan karena kecepatan anginnya yang relatif rendah.

Indonesia merupakan negara yang terletak di kawasan garis khatulistiwa sehingga Indonesia memiliki iklim tropis. Karakteristik angin di Indonesia tentu berbeda dengan karakteristik angin di negara – negara Eropa yang memiliki iklim sub – tropis. Karakteristik angin di Indonesia antara lain sebagai berikut:

a. Kecepatan angin yang relatif rendah

Karena kecepatan angin di Indonesia yang relatif rendah, maka lebih efisien apabila menggunakan turbin angin jenis vertikal (VAWT) karena dapat bekerja dengan kecepatan yang rendah (2 m/s), jauh lebih rendah dari kecepatan minimum yang dibutuhkan untuk menggerakkan turbin angin jenis horizontal (HAWT).

b. Arah angin yang sering berubah – ubah

Turbin angin jenis horizontal (HAWT) harus selalu menghadap ke arah datangnya angin agar dapat beroperasi dengan maksimal. Sedangkan turbin angin jenis vertikal (VAWT) dapat beroperasi darimanapun arah datangnya angin. Karena karakteristik angin di Indonesia yang selalu berubah-ubah, maka lebih efisien apabila menggunakan turbin angin jenis vertikal (VAWT) dibandingkan dengan turbin angin jenis horizontal (HAWT) yang

membutuhkan peralatan tambahan yaitu yaw controller yang cukup rumit untuk mengubah – ubah arah turbin angin.

c. Sering terjadi turbulensi

Untuk daerah dengan karakteristik angin yang sering terjadi turbulensi seperti Indonesia, penggunaan turbin angin jenis vertikal (VAWT) lebih diuntungkan karena tidak akan mengganggu kinerjanya saat terjadi turbulensi. Sedangkan pada turbin angin jenis horizontal (HAWT), turbulensi dapat menyebabkan terjadinya kerusakan (fatigue) pada bilah turbin angin.

2.2.3 Gelombang

Energi gelombang adalah energi yang dihasilkan oleh gerakan kinetic dari gelombang air laut yang dikonversi menjadi energi listrik. Energy dari gerakan gelombang laut hampir tidak terbatas karena gerakan dari airlaut memang sumber energy yang tidak terbatas.

Energy gelombang dapat dihitung dengan satuan daya per panjang dari gelombang dengan rumus

$$P_L = (\rho g a^2 \lambda) / 4T \dots\dots\dots(2.1)$$

P = power per panjang

ρ = Massa jenis air

g = Gravitasi

a = Amplitudo gelombang

λ = panjang gelombang

T = Periode Gelombang

2.2.4 Arus Laut

Energy arus bisa diperoleh jika ada teluk dan dibuat bendungan sehingga air akan mengalir mengakibatkan turbin berputar dan menghasilkan energy listrik. Dalam menghitung energy tidal yang dibutuhkan data mengenai besesaran turbin dan kecepatan aliran air dengan rumus

$$P_{max} = \frac{1}{2} \eta \rho A v^3 \dots\dots\dots(2.2)$$

P = daya

η = Efisiensi

ρ = Massa jenis air

A = Luasan Blade turbin

v = kecepatan aliran air

2.3 Peralatan Konversi Energi alternatif

2.3.1 Matahari

Panel surya adalah alat yang dapat mengubah energi matahari menjadi energi listrik. Panel surya memiliki photovoltaic yang dapat menghasilkan listrik dari radiasi matahari yang memapar panel surya. Dalam panel surya terdapat solar cell, solar cell sendiri merupakan bahan semi konduktor yang memiliki kutub positif dan negative

Cara kerja dari panel surya adalah menggunakan prinsip photovoltaic. Prinsip photovoltaic sendiri adalah efek yang timbul pada bahan bahan semikonduktor yang berkonduktivitas menengah. Hal ini bisa terjadi karena bahan bahan yang

memiliki konduktivitas menengah elektronnya terpisah pisah dalam pita pita energy tertentu disebut pita konduksi dan pita valensi.

Pada panel surya terdapat semikonduktor yang memiliki 2 kutub positif dan negative. Semi konduktor jenis negative memiliki kelebihan electron yang menyebabkan semikonduktor ini bermuatan negative dan semikonduktor P memiliki kelebihan hole sehingga semikonduktor ini bermuatan positif,

Ketika semikonduktor bermuatan negatif dan semikonduktor positif belum dihubungkan oleh positive negative junction, semikonduktor jenis negative akan tetap kelebihan electron dan semikonduktor positif akan tetap kekurangan electron. Tetapi saat kedua jenis semikonduktor ini dihubungkan oleh positive negative junction maka akan terjadi perpindahan electron antar kedua semikonduktor. Semikonduktor negative akan memindahkan elektronnya ke semi konduktor positif.

Proses perpindahan electron dari semikonduktor jenis negative yang memenuhi electron untuk semikonduktor jenis positif sehingga semikonduktor positif yang awalnya positif akan menjadi negative karena perpindahan electron. Hal yang berkebalikan juga terjadi di semikonduktor negative yang tadinya kelebihan electron sekarang kurang electron dan menyebabkan semikonduktor negative ini menjadi positif.

Karena ada daerah dari semikonduktor yang terjadi perpindahan electron atau biasa disebut daerah deplesi maka akan menimbulkan perbedaan muatan positif dan negatif, hal ini akan menyebabkan munculnya medan listrik dari sisi positif ke negative karena mencoba untuk menarik electron dari semikonduktor negative. Akibat munculnya arus di positif negative junction maka akan muncul arus drift. Namu arus drif ini akan terimbangi oleh arus difusi itu sendiri maka tidak akan ada medan listrik yang akan dihasilkan dari proses tersebut.

Ketika sambungan positif-negatif pada semikonduktor terkena cahaya matahari maka energy matahari ini akan mempengaruhi pergerakan electron itu sendiri untuk melepaskan dirinya sendiri. Hal ini akan menjadikan munculnya aliran listrik karena perpindahan eltron ini sendiri dihasilkan dari energi yang dihasilkan oleh matahari. Fenomena ini disebut dengan fotogenerasi electron hole.

2.3.2 Angin

Turbin angin adalah alat untuk mengkonversi energi energi kinetik yang di hasilkan oleh angin menjadi energi listrik. Turbin bekerja dengan cara membuat angin memutar bilah yang akan dihubukan dengan generator dan akan menghasilkan energi listrik karena putarannya. Ada beberapa jenis turbin angin.

a. Turbin Angin Sumbu Horizontal (HAWT)

Turbin angin ini bergerak dengan arah sumbu horizontal, yang mana memiliki sudu yang berputar dalam bidang vertikal layaknya propeler pesawat terbang. Turbin angin biasanya memiliki sudu dengan bentuk irisan melintang khusus dimana aliran udara pada salah satu sisinya dapat bergerak lebih cepat dari aliran udara disisi lain ketika angin melewatinya. Hal ini akan

menimbulkan daerah tekanan rendah pada belakang sudu dan daerah tekanan tinggi di depan sudu. Perbedaan tekanan ini membentuk gaya yang menyebabkan sudu berputar.

b. Turbin Angin Sumbu Vertikal (VAWT)

Turbin angin dengan sumbu vertikal bekerja dengan prinsip yang sama halnya kelompok horizontal, namun yang membedakannya ialah sudunya berputar dalam bidang paralel dengan tanah. Setiap jenis turbin angin memiliki ukuran dan efisiensi yang berbeda. Untuk memilih jenis turbin angin yang tepat untuk suatu kegunaan diperlukan tidak hanya sekedar pengetahuan tetapi juga analisis yang tepat. Tipe – tipe turbin angin sumbu vertikal yang biasa digunakan adalah sebagai berikut:

Darrieus Savonius Giromill

Pada umumnya turbin angin memiliki jumlah sudu dengan soliditas yang tinggi yang mengakibatkan memiliki torsi yang besar. Sedangkan turbin angin digunakan pada daerah dengan energi angin rendah ialah turbin angin dengan jumlah sudu terbanyak. Sedangkan turbin angin dengan sudu sedikit tidak akan beroperasi secara efisien pada daerah dengan kecepatan angin yang kurang. Dengan melihat keadaan indonesia dengan potensi energi angin yang rendah, yaitu kecepatan angin rata rata kurang dari 4m/s, maka akan lebih cocok untuk dikembangkan turbin angin seperti savonius.

2.3.3 Gelombang

. Oscillating Float System

Cara termudah untuk mengkonversi energy dari gelombang laut adalah dengan membuat pelampung berbentuk silinder yang akan bergerak naik turun berdasarkan gelombang yang akan melewatinya. Pelampung ini akan tersambung ke sistem hydraulic yang akan membuat generator bergerak sehingga berubah menjadi energi Listrik

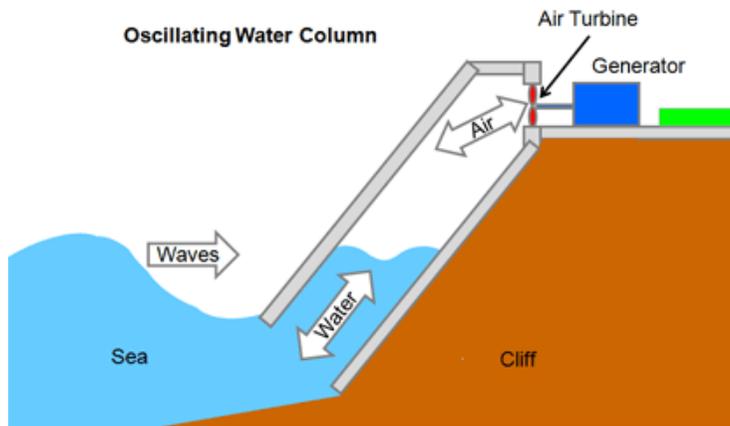
. Oscillating Paddle System

Dalam sistem ini digunakan pedal yang diletakkan di dasar laut yang gerakannya akan mengikuti gerakan tanaman laut yang bergerak karena gelombang laut yang bergerak. Lalu pedal ini akan terhubung dengan pompa yang akan memompa air ke turbin generator.

. Oscillating Snake System

Sistem ini akan menggunakan serangkaian pelampung silinder sehingga terlihat seperti ular. Pelampung silinder ini akan menggerakkan pompa hydraulic yang akan memutar generator sehingga dapat menghasilkan listrik.

. Oscillating Water Column



2.2 Gambar OWC

Sumber : http://www.mpoweruk.com/hydro_power.htm

OWC adalah sistem dengan membuat ruang yang sebagian terisi oleh udara dan air sehingga ketika air berubah ketinggian akan membuat udara bergerak dari luar kedalam sistem dan jika air bertambah maka udara akan keluar dari sistem. Pada tempat udara keluar masuk sistem di pasang turbin yang tersambung dengan generator sehingga akan dihasilkan listrik.

Pressure Transducer System

Pompa hidraulic akan dimasukan kedalam tanki berisi gas sehingga ketika ada gelombang yang lewat diatasnya maka bagian atas tangki akan bergerak naik turun dan bagian yang bergerak ini akan dihubungkan dengan piston yang akan menggerakkan hidraulic generator.

.Wave Capture Systems

Gelombang yang naik kedarat akan mengakibatkan air dari gelombang tersebut tersimpat di penyimpanan air dan akan dibuat tempat keluaran sempit sehingga air akan keluar dengan kecepatan yang dapat memutar turbin sehingga akan membuat generator menghasilkan listrik.

Potensi energi gelombang dapat dihitung dengan persamaan.

$$P_w = \left(\frac{1}{4}\right) \cdot w \cdot \rho \cdot g \cdot a^2 \cdot \lambda / T \dots\dots\dots(2.3)$$

P_w = Generated Power

w = Lebar area

ρ = Massa Jenis(Kg/m³)

g = gravitasi (m/s^2)

a = setengah tinggi gelombang (m)

T = Periode (s)

Tekanan dan kapasitas pada turbin pelton dapat dihitung menggunakan persamaan

$$P = \rho \cdot g \cdot h$$

$$h = \frac{P}{\rho \cdot g}, P = \frac{F}{A}$$

$$h = \frac{F}{\rho \cdot g}, F = \frac{\tau \cdot \eta}{l}$$

$$h = \frac{\tau \cdot \eta}{l \cdot A \cdot \rho \cdot g}$$

$$h = \frac{\tau \cdot \eta}{l \cdot A \cdot \rho \cdot g} \dots \dots \dots (2.4)$$

$$Q = V \cdot A$$

$$Q = (\sqrt{2 \cdot g \cdot h}) \cdot (\pi \cdot r^2) \dots \dots \dots (2.5)$$

P = Hidrostatic Pressure (N/m^2)

ρ = Densitas (kg/m^3)

h = Head (m)

g = gravitasi (m/s^2)

F = Gaya (N)

A = Luas area piston di pompa hidrolis (m^2)

η = efisiensi pompa hidraulik

l = lengan bouy (m)

τ = torsi (Nm)

Q = kapasitas (m^3/s)

V = Velocity of flow (m^2/s)

A = Area of pipe (m^2)

h = Head (m)

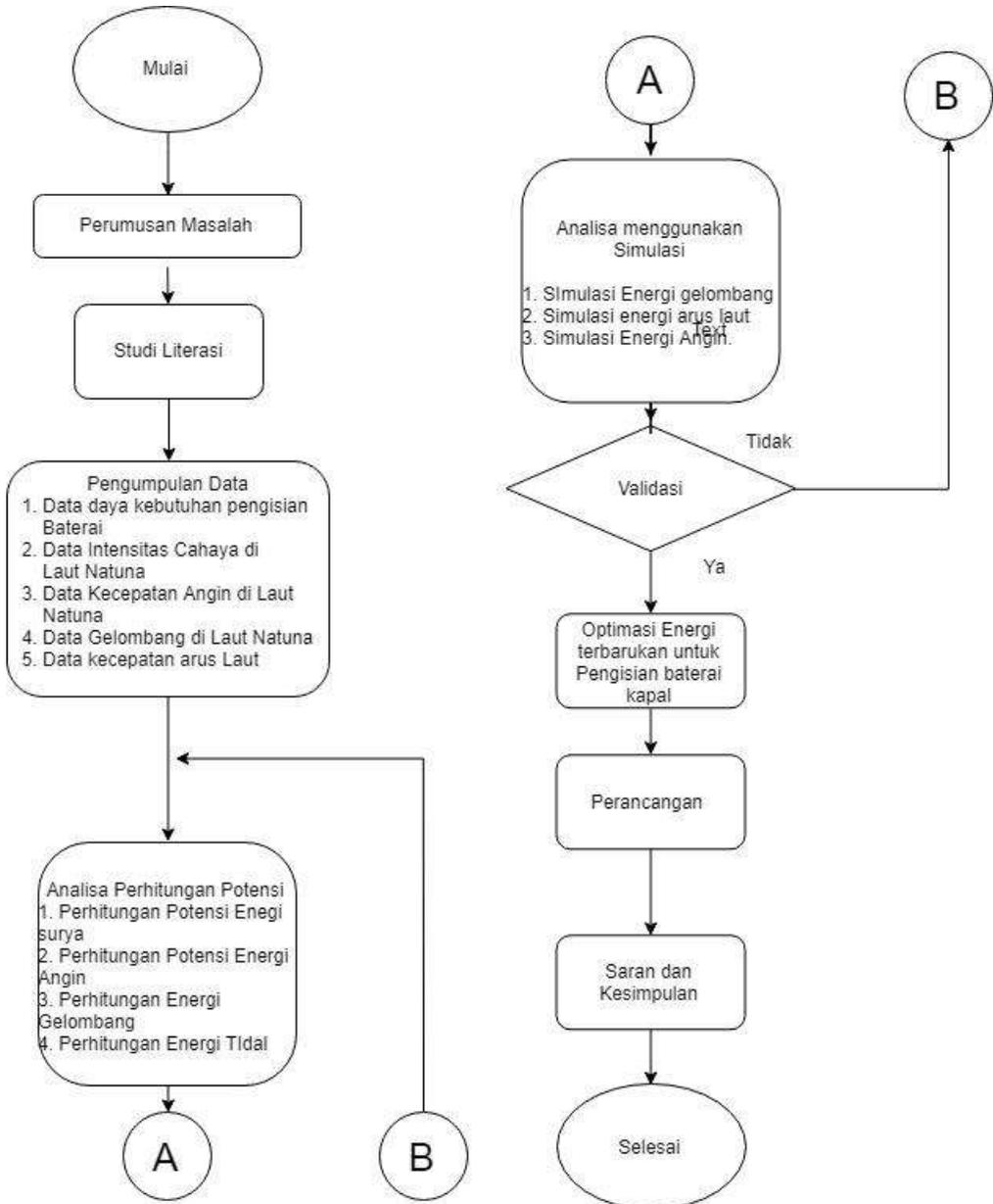
g = Gravity (m/s^2)

r = radius of pipe (m)

2.3.4 Arus Laut

Savonius Turbine adalah turbin vertikal yang bisa mengonversi gaya dari arus laut yang horizontal. Savonius turbin unggul karena konstruksi yang lebih simple dibandingkan turbin vertikal lain dan juga turbin vertikal. Dan turbin Savonius lebih murah dalam pembuatannya. Karena turbin Savonius turbin vertikal maka angin dari arah manapun akan dapat dikonversi sebagai putaran turbin.

BAB III METODE PENELITIAN



gambar 3. 1 Flow Chart Penelitian

3.1 Tahap Pelaksanaan Tugas Akhir

Dalam Karya ilmiah yang baik perlu memiliki metodologi yang terperinci dengan sumber informasi yang terpercaya. Untuk mencapai hal yang diinginkan maka dalam pengerjaan tugas akhir ini diperlukan kerangka pekerjaan yang terstruktur. Metode yang akan digunakan untuk menyelesaikan masalah diatas digunakan metode analisa. Dimana dalam perhitungan yang dilakukan yaitu pemilihan total beban yang ada.

Dalam perencanaan eksperimen ini menggunakan tahapan tahapan pengerjaan sebagai berikut:

1. Perumusan Masalah

Tahap awal yang dilakukan dalam penyelesaian tugas akhir adalah dengan mendidentifikasi maslaah yang ada untuk kemudian dicari penyelesaiannya dalam pengerjaan tugas akhir ini.

2. Studi Litratur

Pada tahap ini dilakukan pendalaman lebih lanjut untuk memahami teori teori yang diperoleh dari beberapa literatur, buku, serta jurnal mengenai konversi energy dari sumber daya terbarukan yang ada di laut laut Natuna

3. Pengumpulan Data

Pada tahap ini akan dilakukan pengumpulan data teknis untuk mendukung perhitungan pada analisa teknis seperti data intensitas cahaya, kecepatan angin dan gelombang pada laut natuna.

4. Analisa Teknis

Pada tahap ini dilakukan analisa pada data yang diperoleh untuk mengetahui potensi energi yang dapat dikembangkan di laut natuna.

5. Optimasi

Pada tahap ini hasil dari analisa teknis yang berupa perhitungan akan di optimasikan pada kebutuhan charging baterai untuk kapal 30 gt

6. Validasi

Dalam proses validasi akan dilakukan peninjauan kembali apakah hasil simulasi sesuai dengan trend perhitungan potensi

7. Perancangan

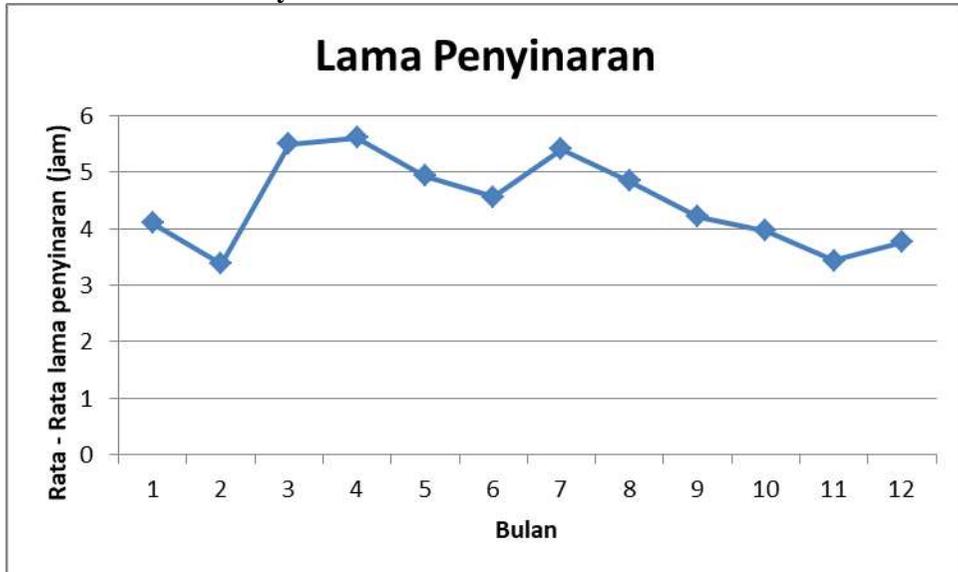
Dalam peroses ini dilakukan perancangan alat konversi energi yang sesuai untuk Laut Natuna.

7. Saran dan kesimpulan

BAB IV ANALISA DAN PEMBAHASAN

4.1 Data Lingkungan

4.1.1. Lama Penyinaran



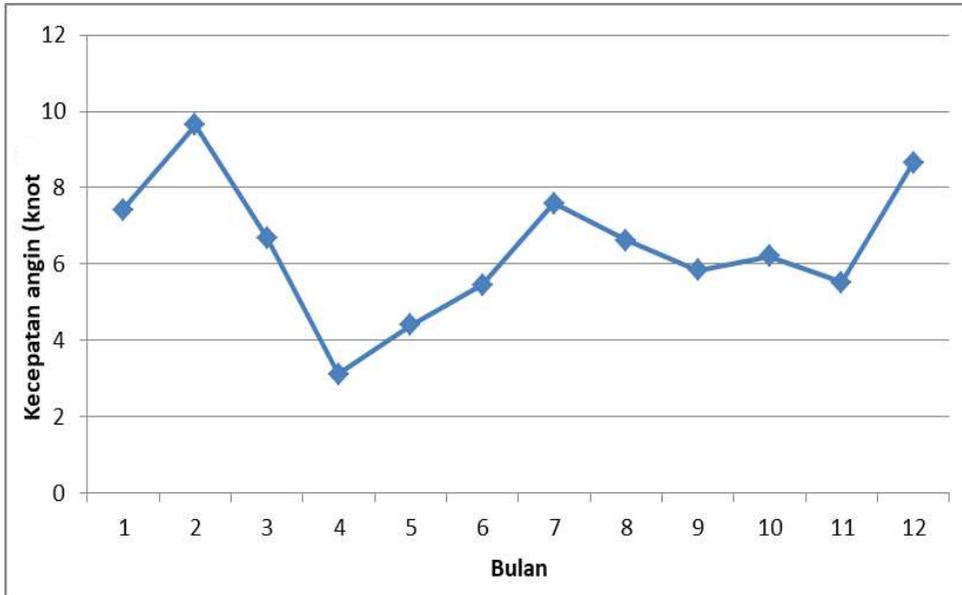
Grafik 4.1 Rata rata lama penyinaran matahari setiap bulannya dalam satu tahun di tahun 2017

Sumber : BMKG Kepri

Pada grafik 4.1 menunjukkan rata rata lama penyinaran setiap bulannya dalam satu tahun yang terjadi pada koordinat yang dituju. Grafik menunjukkan bahwa rata rata lama penyinaran terjadi antara 3-5.6 jam tiap harinya. Rata rata Penyinaran dalam satu tahun adalah 4,48 jam setiap harinya. Grafik ini diperlukan untuk menghitung potensi dari energy matahari yang bisa dihasilkan tiap harinya. Lama penyinaran tertinggi terjadi pada bulan April. Lama penyinaran terendah terjadi pada bulan Nopember dan Februari. Lama penyinaran tinggi ketika memasuki musim kemarau sebaliknya ketika memasuki musim penghujan Lama penyinaran matahari menjadi pendek.

4.1.2. Kecepatan Angin

Data kecepatan angin di lokasi diperlukan untuk menghitung potensi dari energi angin yang ada di lokasi. .

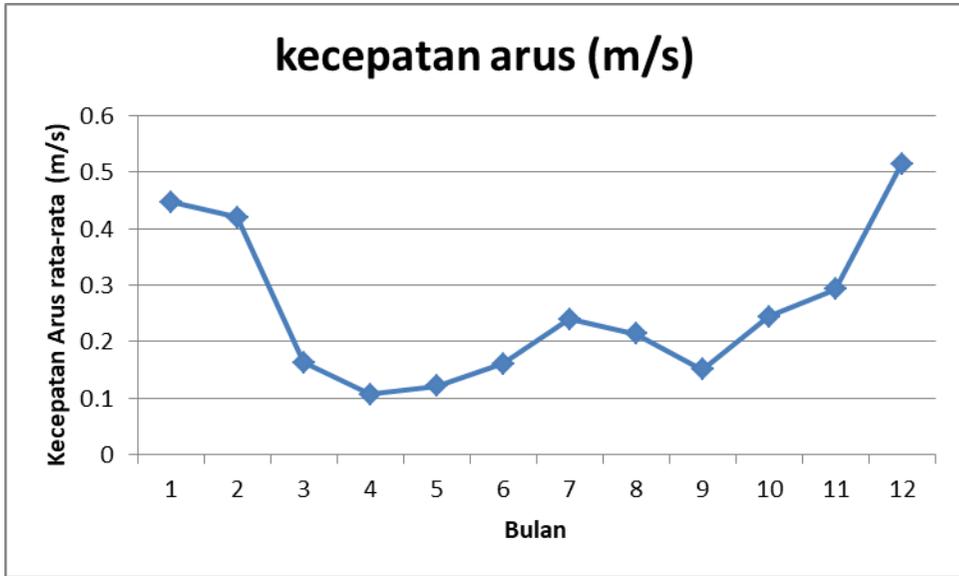


Grafik 4.2 Rata-rata kecepatan angin

Pada Grafik4.2 menunjukkan bahwa kecepatan angin di laut Natuna memuncak pada bulan februari dan turun ke titik terendah pada bulan april. Kecepatan angin ini juga berhubungan dengan kondisi cuaca di lokasi. Peningkatan kecepatan meningkat seiring dengan meningkatnya curah hujan di Laut Natuna.Kecepatan angin Rata Rata di Laut Natuna dalam setahun adalah 3.29 m/s dan untuk kecepatan tertingginya adalah 4.95 m/s dan kecepatan terendah 1.60 m/s

4.1.3. Kecepatan Arus Laut

Data kecepatan arus laut yang terkumpul digunakan untuk menghitung potensi energi yang bisa dihasilkan oleh arus laut. Berikut adalah data yang terhimpun jika di rata ratakan setiap bulannya dalam 1 tahun.

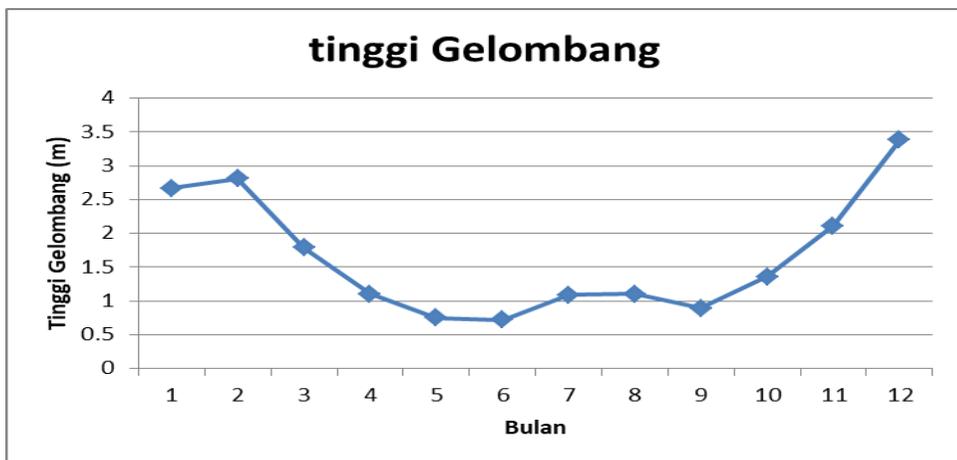


Grafik 4.3 Rata-rata kecepatan arus laut

Jika dilihat dari grafik 4.3 kecepatan arus pada laut natuna tinggi pada saat akhie tahun dan awal tahun seiring dengan musim penghujan. Lalu pada pertengahan tahun kecepatan rata rata menurun. Kecepatan rata-rata arus laut dalam 1 tahun adalah 0.256535122 m/s. Kecepatan rata-rata tertinggi pada bulan desember. Kecepatan terendah pada bulan april.

4.1.4. Tinggi Gelombang

Data tinggi gelombang digunakan untuk menghitung potensi energi Gelombang. Berikut adalah grafik rata rata tinggi gelombang dalam 1 tahun



Grafik 4.4 Rata Rata Tinggi Gelombang

Pada grafik 4.4 dapat dilihat bahwa ketinggian gelombang di Laut Natuna mengalami peningkatan pada akhir dan awal tahun. Pada pertengahan tahun tinggi gelombang menurun. Ketinggian maksimal terjadi di bulan desember dan ketinggian terendah di bulan juni. Rata rata ketinggian dalam 1 tahun adalah 1.64 meter.

4.2 Data Kapal

4.2.1. Principal Dimension Kapal

Dalam tugas akhir *Design of an Optimum Battery Electric Fishing Vessel for Natuna Sea* spesifikasi kapal 10 GT yang digunakan adalah

Type of ship	Fishing Vessel Pursue Seine	
Lwl	11.83	m
Lpp	10	m
B	3	m
H	1.3	m
T	0.9	m
Vs	7	Knots
Cb	0.435	
Cp	0.519	
Cm	0.838	

Table 4. 1 Spesifikasi Kapal

4.2.2. Kebutuhan Charging Baterai Kapal

Kapal elektrik 10 GT menggunakan baterai sebagai sumber energinya. Baterai yang digunakan kapal adalah

Name : Bright Star 120Ah 3,2V 3C

Type : Lithium Ion

Capacity : 120Ah

Voltage : 3,2V

Max discharge current : 200 A

Total Batteries : 400 pieces

Total Weights : 1120 kg

Perhitungan charging baterai untuk 1 kapal Ikan 10 GT:

Total power = Voltage x Current x Power factor

$$= 24 V \times 500 A \times 0,8$$

$$= 9600 W = 9,6 kW$$

Power needed = Total Power x Charging time

$$= 9,6 kW \times 12 \text{ hour}$$

$$= 115,2 kWh$$

4.3 Perhitungan Potensi

4.3.1 Perhitungan Potensi Energi Angin

Energi angin dipengaruhi oleh volume, kecepatan dan massa dari angin.

Dengan menggunakan persamaan 2.1 didapatkan hasil

Kondisi	kecepatan angin (m/s)	potensi watt/m ²
min	0.617333333	0.144100429
average	3.296232715	21.93611374
max	7.891577771	301.0215693

Table 4. 2 Potensi Energi angin

4.3.2 Perhitungan Potensi Energi Arus Laut

Energi angin dipengaruhi oleh volume, kecepatan dan massa dari angin.

Dengan menggunakan persamaan 2.2 didapatkan hasil

Sehingga dari data pada grafik 4.3 maka akan di peroleh hasil

Kondisi	kecepatan Arus (m/s)	potensi watt/m ²
min	0.107000139	0.630899602
average	0.256535122	8.694562347
max	0.515762953	70.65740128

Table 4. 3 Potensi Arus Laut

4.3.3 Perhitungan Potensi Energi Gelombang

Maka hasil potensi energi dari gelombang dengan menghitung menggunakan persamaan 2.3 adalah

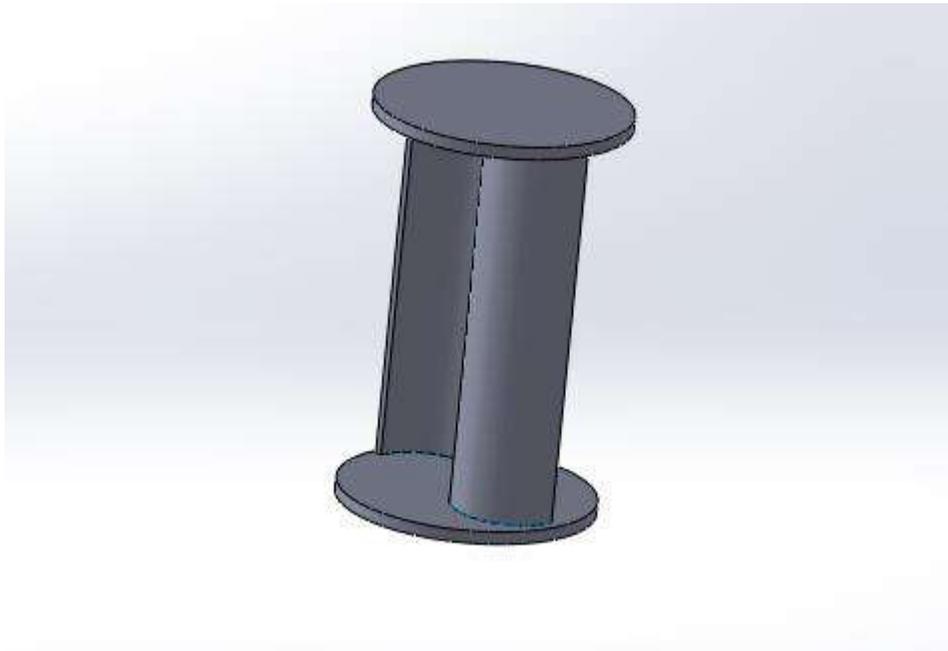
Kondisi	Tinggi Gelombang (m)	periode(s)	Panjang Gelombang (m)	Potensi (watt/m)
min	0.18	4.42	30.47	140.9089286
average	1.647111597	5.9006507	55.88030404	16208.70141
max	6.39	9.43	138.82	379214.8897

Table 4. 4 Potensi Energi Gelombang

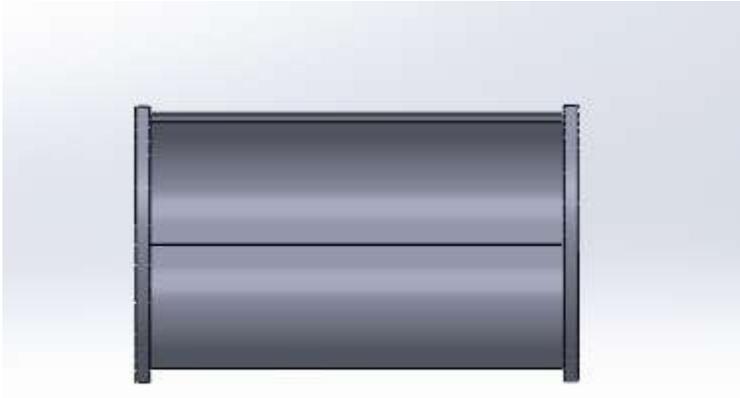
4.4 Simulasi

4.4.1 Savonius Wind Turbine

Garlov helical Wind turbine yang digunakan berdiameter 4 meter dan panjang 6 meter

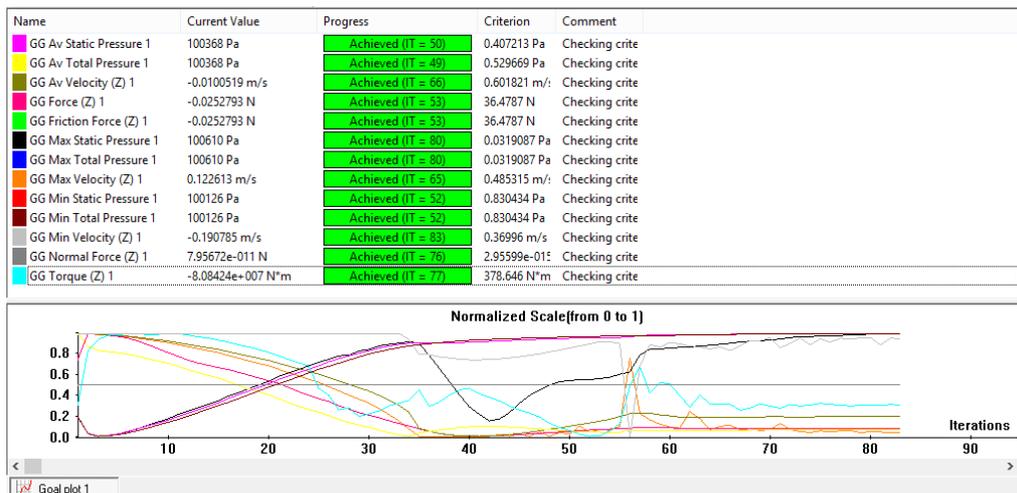


Gambar 4.1 Tampak Samping Desain Turbin



Gambar 4.2 Tampak Desain Turbin

Menghasilkan hasil simulasi



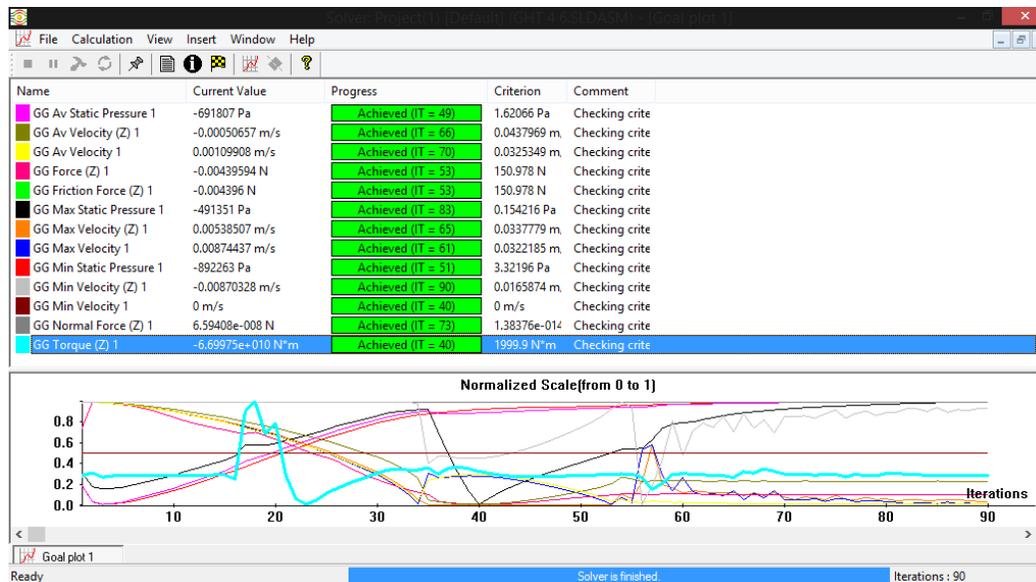
Gambar 4.3 Hasil simulasi Turbin Savonius angin

Hasil dari simulasi menggunakan kecepatan rata-rata 3.29 m/s menghasilkan torsi 378.6 Nm

4.4.2 Savonius Water Turbine

Garlov helical Water turbine yang digunakan berdiameter 4 meter dan panjang 6 meter

Dengan desain yang sama dengan garlov helical wind turbine menghasilkan hasil simulasi

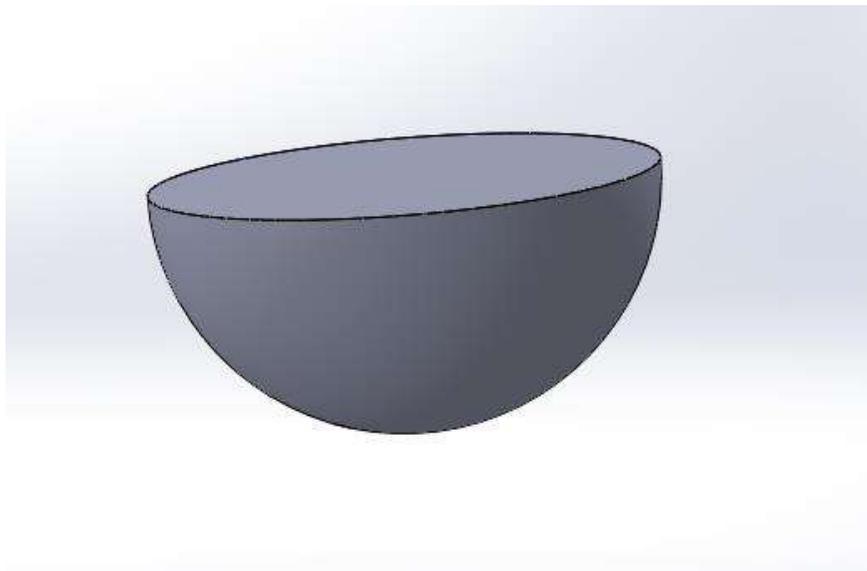


Gambar 4.4 Hasil Simulasi Turbin Savonius arus laut

Hasil dari simulasi menggunakan kecepatan arus rata rata 0.229 m/s menghasilkan torsi 1999.9 Nm

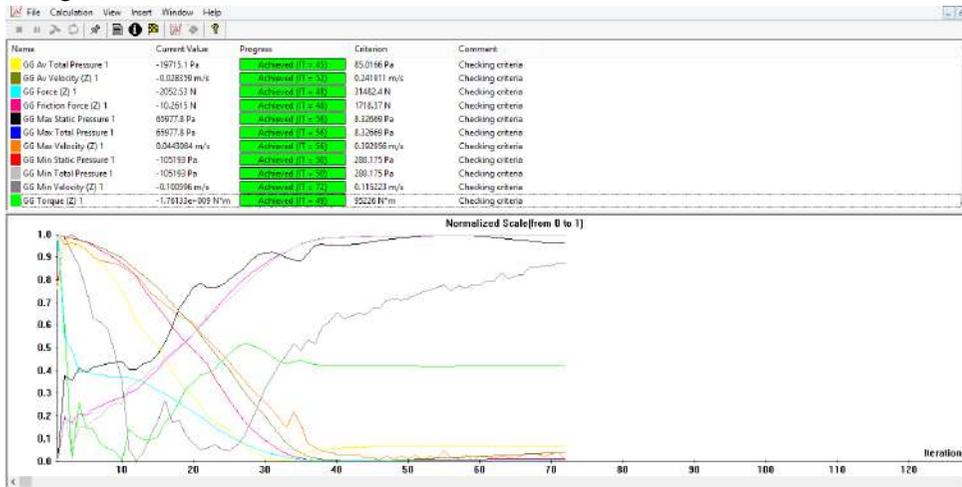
4.4.3 Connected Bouy

Dengan bouy berdiameter 5 meter dan tinggi 3 meter



Gambar 4.5 Objek simulasi Connected bouy

Menghasilkan hasil simulasi



Gambar 4.6 Hasil Simulasi Connected bouy

Dengan tinggi rata rata air laut 1.64 m menghasilkan torsi sebesar 95229 Nm

4.5 Implementasi pada Alat Konversi Energi

4.5.1 Implementasi Energi Angin pada Generator

Dari hasil simulasi didapatkan torsi sebesar 378.6 Nm pada kecepatan angin 3.29 m/s. Torsi yang dihasilkan jika dikonversi menjadi energi dengan mengcouple poros turbin ke generator. Generator yang dipilih adalah generator dengan putaran rendah tetapi memiliki kebutuhan torsi yang tinggi. Maka dipilahlah Enerset PMG 100 PH dengan spesifikasi

Merk	Ernest PMG 100PH	
Power	100	kW
Voltage	400	V
Speed	60	Rpm
Poles	16	
Frequency	12	Hz
Torque	850	Nm
Current	420	A
Efficiency	0.972	
Weight	182	Kg

Table 4. 5 Spesifikasi Enerset 100 PH

Dengan diperlukannya perhitungan mengenai kecepatan putar dari turbin maka dilakukan perhitungan dengan menggunakan perhitungan gerak linier terhadap gerak angular. Dengan perhitungan sudut di dapatkan bahwa RPM turbin 15.73835192 RPM oleh sebab itu berapapun variasi gearbox yang digunakan tidak cukup untuk menghasilkan listrik dari turbin tersebut. Kecepatan angin yang terlalu kecil menyebabkan tidak mungkin untuk diterapkannya energi angin untuk laut natuna dengan keadaan alam yang ada.

Spesifikasi Generator yang digunakan		Spesifikasi HWT		Spesifikasi Gearbox	
Merk	Ernest PMG 100PH	Jari jari	2 M	Merk	
Power	100 kW	Torsi HWT	378.6 Nm	Rasio	3.815
Voltage	400 V			Rpm outp	60.04181 Rpm
Speed	60 Rpm	1 rad/s	9.549297 Rpm	Torsi outp	99.23984 Nm
Poles	16	V angin	3.296233 m/s	Power	- kW
Frequency	12 Hz	kecepatan sudut	1.648116 rad/s		
Torque	850 Nm		15.73835 Rpm		
Current	420 A	Jumlah	1 buah		
Efficiency	0.972	Efisiensi HWT	0.35		
Weight	182 Kg				

Table 4. 6 Table Perhitungan konversi Energi Angin

Dengan alat konversi yang tidak diubah maka dicoba dilakukan beberapa simulasi untuk mendapatkan berapa kecepatan angin yang optimum untuk mendapatkan energi listrik dengan generator Enerset PMG 100 PH. Dengan menggunakan beberapa variasi kecepatan angin di atas kecepatan rata rata.

kecepatan m/s	torsi (Nm)	RPM	ratio required	Torsi output
3.29	378.6	15.738	3.815	99.23984273
4	683.265	19.09	4	170.81625
6	1495.79	28.64	2.1	712.2809524
6.8	1657	31.99	1.9	872.1052632
8	3365.17	38.19	1.6	2103.23125
10	3362.17	47.74	1.26	2668.388889

Table 4. 7 Table Perhitungan Variasi kecepatan angin



Grafik 4.5 Kecepatan angin dan Torsi

Dari table diatas dapat dilihat turbin dapat mengoprasikan Enerset PMG 100 PH pada kecepatan 6.8 m/s dan ratio 1.9. Dapat dilihat peningkatan kecepatan dapat meningkatkan torsi walaupun peningkatan torsi tidak linier. Peningkatan torsi sangat pesat di atas kecepatan 6.8 m/s dan pada kecepatan diatas 8 m/s turbin tidak bekerja secara optimal. Karena turbin telah sampai di titik kecepatan maksimalnya.

Name	Current Value	Progress	Criterion	Comment
GG Torque (X) 1	1.40176e+008 N*m	Achieved (IT = 62)	9258.75 N*m	Checking criteria
GG Torque (Y) 1	-2241.59 N*m	Achieved (IT = 62)	9046.28 N*m	Checking criteria
GG Torque (Z) 1	-8.08409e+007 N*m	Achieved (IT = 60)	1657.73 N*m	Checking criteria

Gambar 4.7 Hasil Simulasi pada kecepatan 6.8 m/s

Turbin savonius yang digunakan tidak dapat diterapkan di Laut Natuna karena kecepatan angin yang ada di Laut Natuna tidak memungkinkan untuk menghasilkan dari turbin savonius berdiameter empat dan tinggi enam meter.

4.5.2 Implementasi Energi Arus laut pada Generator

Dari hasil simulasi didapatkan torsi sebesar 33.33 Nm pada kecepatan angin 0.229 m/s. Torsi yang dihasilkan jika dikonversi menjadi energi dengan mengcouple poros turbin ke generator. Generator yang dipilih adalah generator dengan putaran rendah tetapi memiliki kebutuhan torsi yang tinggi. Maka dipilihlah Enerset PMG 100 PH dengan spesifikasi

Table 4. 8 Spesifikasi Enerset 100 PH

Merk	Ernest PMG 100PH	
Power	100	kW
Voltage	400	V
Speed	60	Rpm
Poles	16	
Frequency	12	Hz
Torque	850	Nm
Current	420	A
Efficiency	0.972	
Weight	182	Kg

Dengan diperlukannya perhitungan mengenai kecepatan putar dari turbin maka dilakukan perhitungan dengan menggunakan perhitungan gerak linier terhadap gerak angular dengan perhitungan sudut di dapatkan bahwa RPM turbin 1.093 RPM oleh sebab itu berapapun variasi gearbox yang digunakan tidak cukup untuk menghasilkan listrik dari turbin tersebut. Kecepatan angin yang terlalu kecil menyebabkan tidak mungkin untuk diterapkannya energi angin untuk laut natuna dengan keadaan alam yang ada.

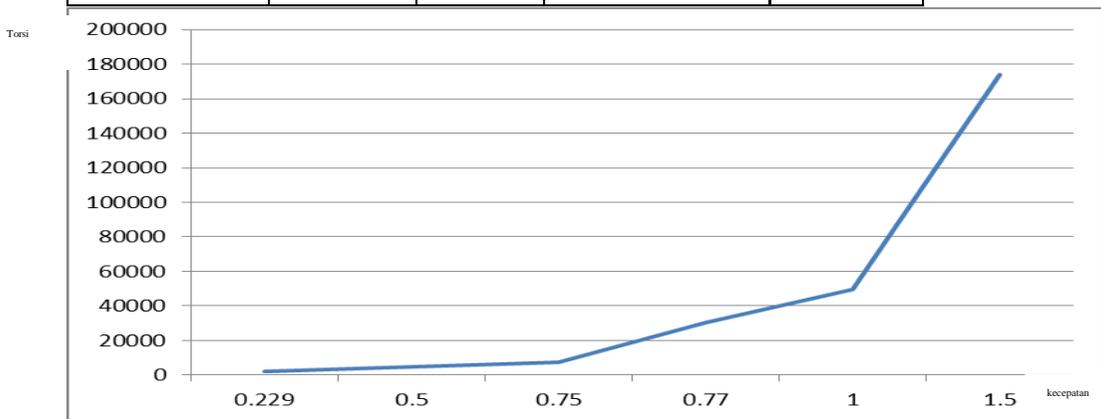
Table 4. 9 Table Perhitungan konversi Energi arus laut

Spesifikasi Generator yang digunakan		Spesifikasi HWT		Spesifikasi Gearbox		
Merk	Ernest PMG 400PH	Jari jari	2	M	Merk	
Power	100 kW	Torsi HWT	30495	Nm	Rasio	19
Voltage	400 V				Rpm outp	69.8531 Rpm
Speed	60 Rpm	1 rad/s	9.549297	Rpm	Torsi outp	1605 Nm
Poles	16	V angin	0.77	m/s	Power	39.60671 kW
Frequency	12 Hz	kecepatan sudut	0.385	rad/s		
Torque	850 Nm		3.676479	Rpm		
Current	420 A	Jumlah	1	buah		
Efficiency	0.972	Efisiensi HWT	0.35			
Weight	1940 Kg					

Dengan alat konversi yang tidak diubah maka dicoba dilakukan beberapa simulasi untuk mendapatkan berapa kecepatan angin yang optimum untuk mendapatkan energi listrik dengan generator Enerset PMG 100 PH. Dengan menggunakan beberapa variasi kecepatan angin di atas kecepatan rata rata.

Table 4. 10 Table Perhitungan Variasi kecepatan arus laut

kecepatan m/s	torsi (Nm)	RPM	ratio required	Torsi output
0.229	1999.9	1.093	60	33.33
0.5	4733.33	2.3873	25	189.33
0.75	7143.02	3.580986	16.6	780.36
0.77	30495	3.6375	19	1605
1	49600.6	4.7746	13	3815.4
1.5	174139	7.16	9	19349



Grafik 4.6 Kecepatan Arus laut dan Torsi

Dari table diatas dapat dilihat turbin dapat mengoprasikan Enerset PMG 100 PH pada kecepatan 0.77 m/s dan ratio .9. Dapat dilihat peningkatan kecepatan dapat meningkatkan torsi walaupun peningkatan torsi tidak linier. Peningkatan torsi sangat pesat di atas kecepatan 0.75 m/s

Name	Current Value	Progress	Criterion	Comment
GG Torque (X) 1	1.1617e+011 N*m	Achieved (IT = 53)	116792 N*m	Checking criteria
GG Torque (Y) 1	6015.15 N*m	Achieved (IT = 53)	93378.9 N*m	Checking criteria
GG Torque (Z) 1	-6.69975e+010 N*m	Achieved (IT = 40)	30495.5 N*m	Checking criteria

Gambar 4.8 Hasil Simulasi Arus laut pada kecepatan 0.75 m/s

Turbin savonius yang digunakan tidak dapat diterapkan di Laut Natuna karena kecepatan arus laut yang ada di Laut Natuna tidak memungkinkan untuk menghasilkan dari turbin savonius berdiameter empat dan tinggi 6 meter.

4.5.3 Implementasi Energi Gelombang pada Generator

Energi gelombang dapat dikonversi menjadi energi listrik dengan memanfaatkan gerakan naik turun pada pelampung yang akan mengakibatkan gerakan mendorong pada piston yang kemudian akan mendorong angin lalu angin tersebut memutar turbin. Konsep ini merupakan konsep dari turbin pleton. Dari simulasi yang sudah dilakukan didapatkan bahwa torsi yang dihasilkan tinggi gelombang rata rata di Laut Natuna setinggi 1.64 meter adalah 95229 Nm. Torsi akan dikonversi menjadi energi listrik melalui media turbin pleton

Dalam turbin pleton hal yang harus diketahui adalah spesifikasi dari head yang dihasilkan dari torsi yang ada di bouy. Head dapat didapatkan dengan persamaan 2.4

Setelah head dari sistem didapatkan maka dicarilah kapasitas dari sistem dengan Perhitungan 2.5 Setelah mendapatkan head dan kapasitas sistem dari perhitungan diatas maka spesikasi turbin pleton harus dipilih.

Table 4. 11 Hasil perhitungan Turbin Pelton

Hasil Perhitungan Turbin Pelton		
Torsi pada bouy	=	96000 Nm
efisiensi pompa hydraulic	=	0.9
Panjang Lengan	=	5 m
diameter bouy	=	5 m
diameter pipa system	=	0.2 m
Masa Jenis Fluida	=	1 kg/m ³
Gravitasi	=	9.8 m/s ²
head	=	87.10171 m
Kapasitas	=	1.305655 m ³ /s
Head Minimum	=	160 m
kapasitas Minimum	=	0.087 m ³ /s
Power yang dihasilkan	=	100 kw
Spesifik Gravity	=	0.13

20kw-100kw Pelton turbine specification

Head(m)	Flow(m ³ /s)	Output(kw)	Pipe size(mm)
60	0.06	20	200
70	0.065	30	200
80	0.07	40	200
100	0.062	50	200
110	0.071	60	200
120	0.074	70	200
140	0.083	90	200
160	0.087	100	200

Gambar 4.9 Spesifikasi Turbin Pelton

Dari table 4.11 dapat diketahui bahwa kebutuhan tekanan udara untuk menghasilkan listrik 100kw dengan turbin pelton adalah 160m atau jika di konversi ke satuan tekanan bar menjadi 2.06 bar tekanan udara. dan tekanan udara yang dihasilkan oleh turbin pelton sebesar 87,1 m tekanan udara atau 1,1 bar. Jika dengan menggunakan 8 sistem connected buoy maka dapat di total menjadi 8,8 bar dimana dapat membangkitakan 4 pelton turbin generator yang masing masingnya menghasilkan 100kw. Sehingga dapat menghasilkan listrik sebesar 400 kw.

Untuk dapat memaksimalkan seluruh energi dari connected buoy system diperlukan botol angin untuk menyimpan energi angin yang ada. Volume botol angin dihitung menggunakan rumus sebagai berikut.

$$V_R = \frac{(P_E \times V_e)}{(P_{Max} - P_{Min})}$$

V_R = volume total udara

P_E = tekanan barometric Normal pada NTP (0.1 Mpa)

V_E = konsumsi volume udara = 20.88 m^3

P_{Max} = Tekanan operasi maksimal = 8.88865 Bar

P_{Min} = Tekanan Operasi minimum = 8,165 Bar

Dari persamaan diatas di dapatkan bahwa botol angin berukuran 28,82 m^3 . Dengan spesifikasi ukuran diameter 1,355 m dan tinggi 5 meter.

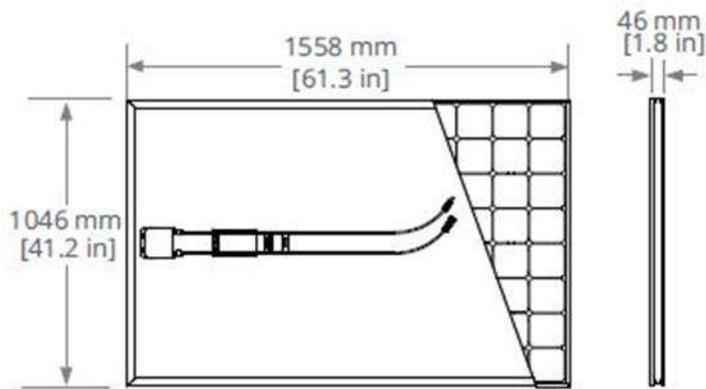
4.5.4 Implementasi Energi Matahari

Dari data lama penyinaran rata rata setiap hari penyinaran maksimal adalah 4.606930693 jam . Maka dengan menggunakan Solar panel \ dapat menghasilkan energi seperti berikut

Perhitungan Hasil Listrik dalam sehari per meter persegi solar cell menggunakan Solar Panel

Electrical Data		
	SPR-X21-335-BLK	SPR-X21-345
Nominal Power (Pnom) ¹	335 W	345 W
Power Tolerance	+5/-0%	+5/-0%
Avg. Panel Efficiency ¹²	21.0%	21.5%
Rated Voltage (Vmpp)	57.3 V	57.3 V
Rated Current (Impp)	5.85 A	6.02 A
Open-Circuit Voltage (Voc)	67.9 V	68.2 V
Short-Circuit Current (Isc)	6.23 A	6.39 A
Max. System Voltage	600 V UL & 1000 V IEC	
Maximum Series Fuse	15 A	
Power Temp Coef.	-0.29% / °C	
Voltage Temp Coef.	-167.4 mV / °C	
Current Temp Coef.	2.9 mA / °C	

Gambar 4.10 Spesifikasi Solar panel



Gambar 4.11 Dimensi Solar Panel

1 m^2 solar cell dapat menghasilkan 211.69 watt

211.69 watt x 4.6 jam akan menghasilkan listrik 975.28 watt dalam sehari per 1 m^2

975.28 watt / 24 jam sehingga listrik yang akan dihasilkan 40.63688353 watt hour

Untuk menentukan ukuran dari *Ocean Electric Power Station* diperlukan berapa luasan area yang diperlukan untuk menyuplai energi listrik yang diperlukan untuk mengisi daya baterai. Oleh sebab itu perhitungan kebutuhan charging diperlukan untuk menjadi landasan berapa luasan yang diperlukan untuk meletakkan solar panel.

Dapat diketahui bahwa listrik yang diperlukan untuk mengisi daya 1 kapal adalah 9600 watt sehingga dengan diketahuinya kebutuhan charging 1 kapal dari perhitungan di tugas akhir sebelumnya maka dapat dibuat beberapa scenario untuk pengisian beberapa kapal.

Table 4. 12 Table luasan area Ocean Power Station dan Solar cell

skenario	Jumlah kapal	Kebutuhan supply	pembulatan luasan	luasan yang di perlukan	asumsi listrik yang dihasilkan	Surplus energi
1	1	9600	237	16x16	10403.04218	803.0421844
2	2	19200	473	22*22	19668.25163	468.2516298
3	3	28800	709	29x29	34175.61905	5375.619051
4	4	38400	945	31x31	39052.04507	652.0450749
5	5	48000	1182	35x35	49780.18233	1780.182327
6	6	57600	1418	39x39	61808.69985	4208.699853

Dari table diatas dapat dilihat bahwa listrik yang tersedia dan banyak surplus energinya adalah ketika matahari dapat menyuplai hingga 3 kapal dalam sehari

4.6 Perhitungan Kebutuhan Baterai Stasiun Energi Terapung

Dari Hasil Perhitungan alat pengonversi energi, energi alternatif yang digunakan adalah energi gelombang dan energi matahari. Dengan menentukan bahwa ukuran fasilitas

adalah 29x29 dengan dasaran luasan untuk pembangkit tenaga listrik, maka Connected bouy yang bisa terpasang dari desain adalah 8 buah dengan mempertimbangkan tempat kapal berlabuh. Oleh sebab itu energi yang akan dihasilkan dari *Ocean Electric Power Station* adalah sebagai berikut.

Table 4. 13 Hasil Energi Alternatif

Produksi energi alternatif total						
no	Sumber	Daya		Jumlah	Total daya	
1	Solar Panel	34175.62	watt	1	34175.61905	watt
2	Gelombang	100000	watt	4	400000	watt
Total					434175.6191	watt

Dengan power yang dihasilkan adalah 434,175 kw. Lalu kebutuhan untuk baterai kapal sendiri adalah

Arus kebutuhan charging untuk satu kapal = 500 ampere

Dengan voltase charging = 24 volt

Maka

$$P = V \cdot i$$

$$i = \frac{P}{V}$$

P = daya yang tersedia dari energi alternatif

i = Arus yang tersedia dari energi alternatif

V = tegangan chargin untuk pengisian baterai

Setelah didapatkan nilai arus yang tersedia dari Total Prodduksi energi alternatif maka arus yang tersedia dibagi dengan arus charging maka di dapatkan jumlah baterai yang bisa di charge dalam sehari.

$$n = \frac{i_{Total}}{i_{Charging}}$$

Maka didapatkan nilai 36.18 baterai maka jika dibulatkan akan dapat menghasilkan 36 baterai yang sanggup diisi.

Karena operasional kapal juga dipenuhi dengan energi alternative

Ocean Power Statation memerlukan Energi sebesar

Table 4. 14 Kebutuhan Internal Ocean Electric Power Station

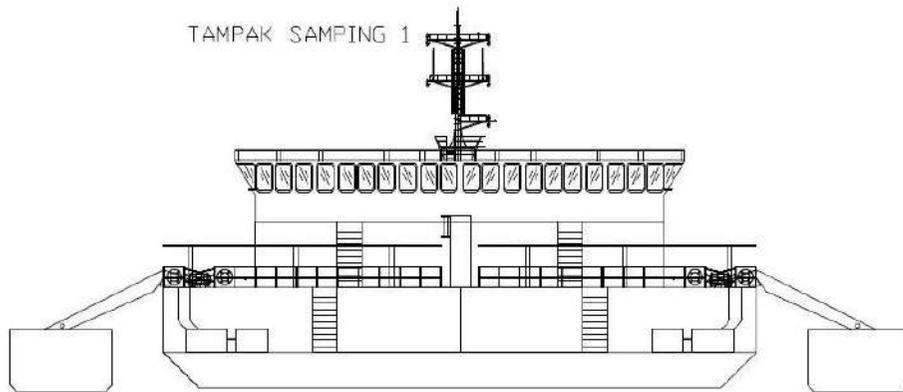
no	Kebutuhan	jumlah	kebutuhan	waktu oprasi	total	satuan
1	Radio VHF/GMDSS	1	75	24	1800	watt
2	INMARSAT C	1	135	24	3240	watt
3	MF/HF DSC NBDP Radio Equipment	1	150	24	3600	watt
4	Internal Communication	1	120	24	2880	watt
5	GPS Plotter	1	175	24	4200	watt
6	AHU	1	2500	24	60000	watt
7	lighting	52	13	24	16224	watt
8	Crane	2	350	8	5600	watt
9	Socket	20	440	24	211200	watt
Total					308744	watt
Total Kapasitas baterai yang diperlukan					12864.33	ah

Kapasitas baterai yang diperlukan untuk menyuplai Ocean Power Station sebesar 12864.33 dalam sehari. Ocean Electric power station memerlukan 3 set baterai dalam sehari.

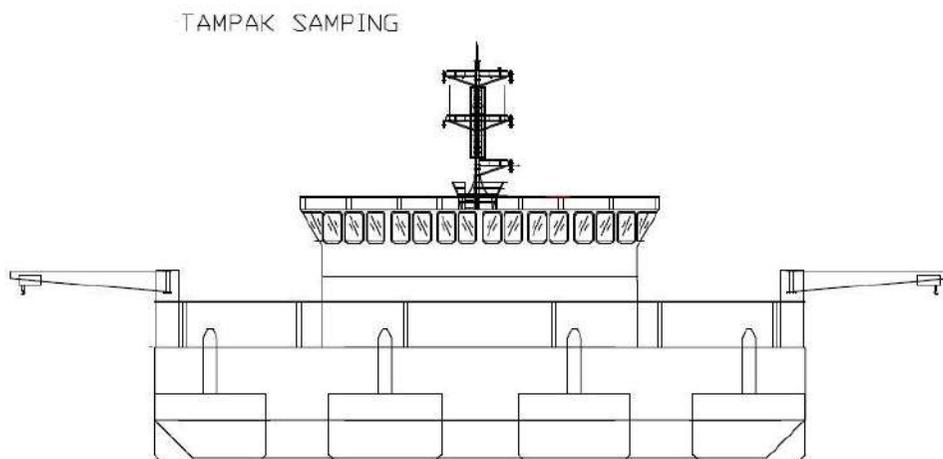
Dengan Kemampuan mengisi 36 baterai dalam sehari maka dengan sudah ditentukannya jumlah baterai yang diperlukan untuk menyuplai kebutuhan Ocean Power Station didapatkan jumlah yang memang benar benar tersedia untuk operasional kapal ikan adalah 33 buah. Tapi karena energi terbarukan tak selalu menghasilkan jumlah energi yang sama maka batterai yang bisa disupply dibulatkan ke angkat 30.

4.7 Filosofi Desain

4.7.1 Rancangan Keseluruhan



Gambar 4.12 Tampang samping sisi Kapal bersandar



Gambar 4.13 Tampang samping sisi Connected Bou

Secara keseluruhan Ocean Electric Power Station ini memiliki ukuran 29x29 meter dengan luasan area yang menghadap kearah matahari menjadi landasan pemilihan ukuran tersebut.

Rancangan Ocean Electric Power Station memiliki empat buah sisi yang fungsinya terbagi menjadi dua, sebagai sisi pembangkit listrik tenaga gelombang dan sisi loading unloading baterai untuk kebutuhan kapal ikan. Sisi pembangkit listrik tenaga gelombang masing masing sisi terdapat empat buah unit pembangkit listrik tenaga gelombang. Masing masing unit pembangkit listrik tenaga gelombang menghasilkan mampu menghasilkan listrik sebesar 40 kw. Disisi loading unloading

masing masing terdapat crane. Crane yang ada di sisi loading unloading memiliki kapasitas 250 kg. Kapasitas 250 kg ditentukan dengan landasan berat baterai yang akan diangkat dalam satu kali pemindahan. Satu set parallel baterai memiliki berat 140 kg dengan total berat rangkaian baterai 1120 kg. Sisi loading unloading merupakan sisi tempat kapal dapat berlabuh. Masing masing sisi dapat menampung hingga 2 buah kapal yang posisinya saling membelakangi.

4.7.2 Main Deck

4.7.2.1. Battery Charging and Storage Room

Ruang penyimpanan baterai dan pengisian baterai terdapat di main deck. Ruang ini berfungsi untuk penyimpanan baterai yang sudah diisi oleh energi alternatif dan baterai kosong dari kapal yang ingin menukar baterai. Pemindahan baterai dalam ruang ini dilakukan dengan menggunakan forklift. Baterai kosong akan diisi diruang ini. Ruang pengisian baterai dan penyimpanan baterai ini dapat diakses dari luar dengan melewati sliding door. Sisi loading unloading kapal saling terkoneksi dengan melewati ruang penyimpanan dan pengisian baterai.

4.7.2.2. AHU Room

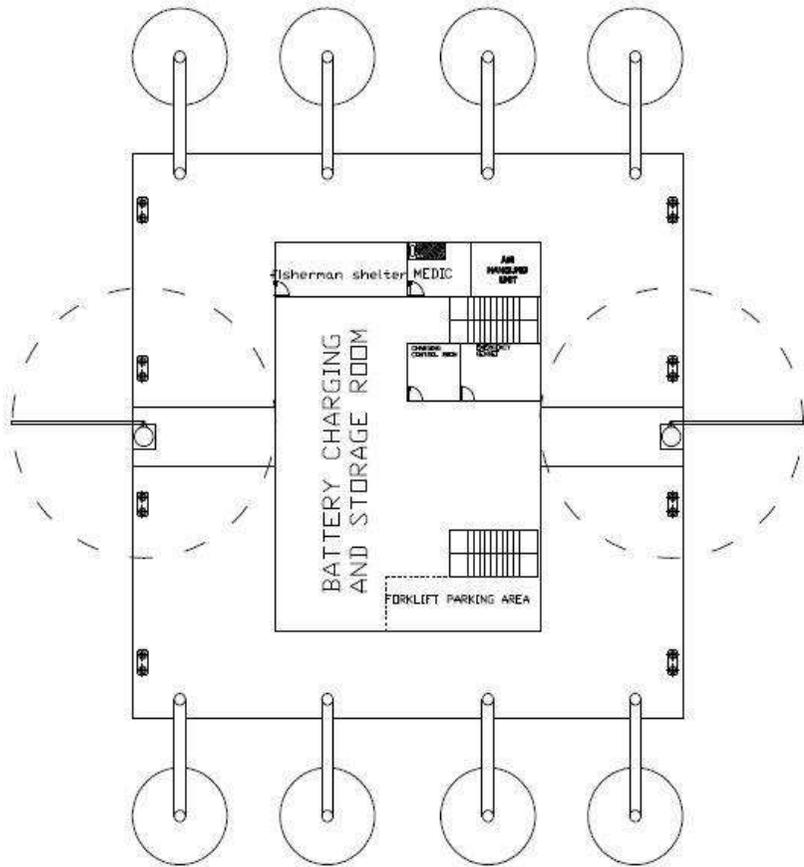
Ruang ini berfungsi untuk menempatkan Air handling unit yang fungsinya adalah menyuplai udara keseluruhan ruang yang ada di Ocean Power Station.

4.7.2.3. Emergency Genset room

Ruang ini berisi berfungsi untuk menempatkan emergency generator jika sistem pembangkitan listrik di Ocean Electric Power Station gagal untuk memenuhi kebutuhan listrik operasionalnya sendiri.

4.7.2.4. Battery Charging Control Room

Ruang ini berfungsi untuk menempatkan alat monitoring charger yang sedang mengisi baterai.



Gambar 4.14 tampak atas Main deck

4.7.2.5. Medic

Ruang ini berfungsi untuk menangani keadaan darurat jika ada kecelakaan kerja di Ocean Power Station atau ada masalah kesehatan pada crew. Medic hanya menangani pertolongan pertama.

4.7.2.6. Fisherman Shelter

Ruang ini adalah ruang yang disediakan untuk crew kapal ikan. Ruang ini digunakan pada saat sedang loading unloading baterai atau juga pada saat sedang terjadi cuaca buruk dilaut sehingga nelayan tidak bisa melaut.

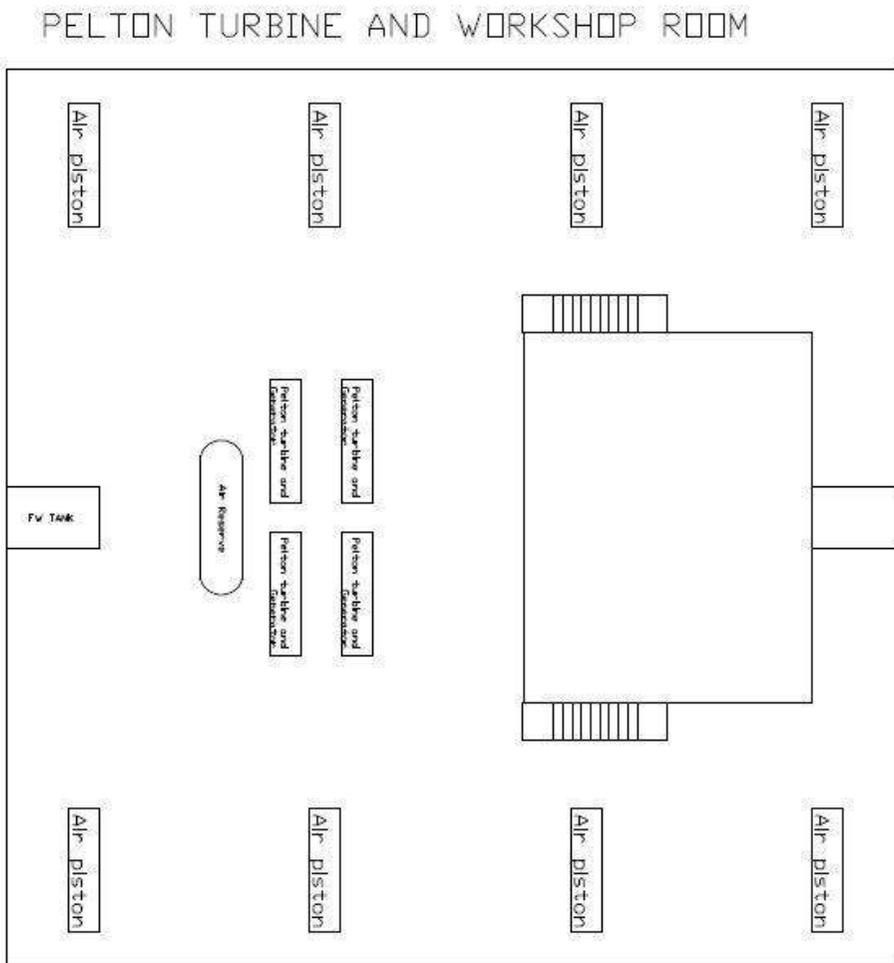
4.7.3 Ruang Turbin Pelton dan Workshop

Ruang turbin Pelton dan Workshop terdapat di satu tingkat di bawah main deck. Ruang ini berisi turbin pelton dan juga generatornya. Pada ruang ini terdapat juga workshop dan spare part storage dari turbin ataupun generator.

Terdapat ruang control untuk pelton turbin dan generator. Pada ruang control ini terdapat power panel untuk distribusi daya dari masing masing pelton turbin. MSB Ocean Power Station juga terdapat pada ruang control ini.

Terdapat tangki untuk air bersih yang digunakan untuk akomodasi dari krew Ocean Electric Power Station.

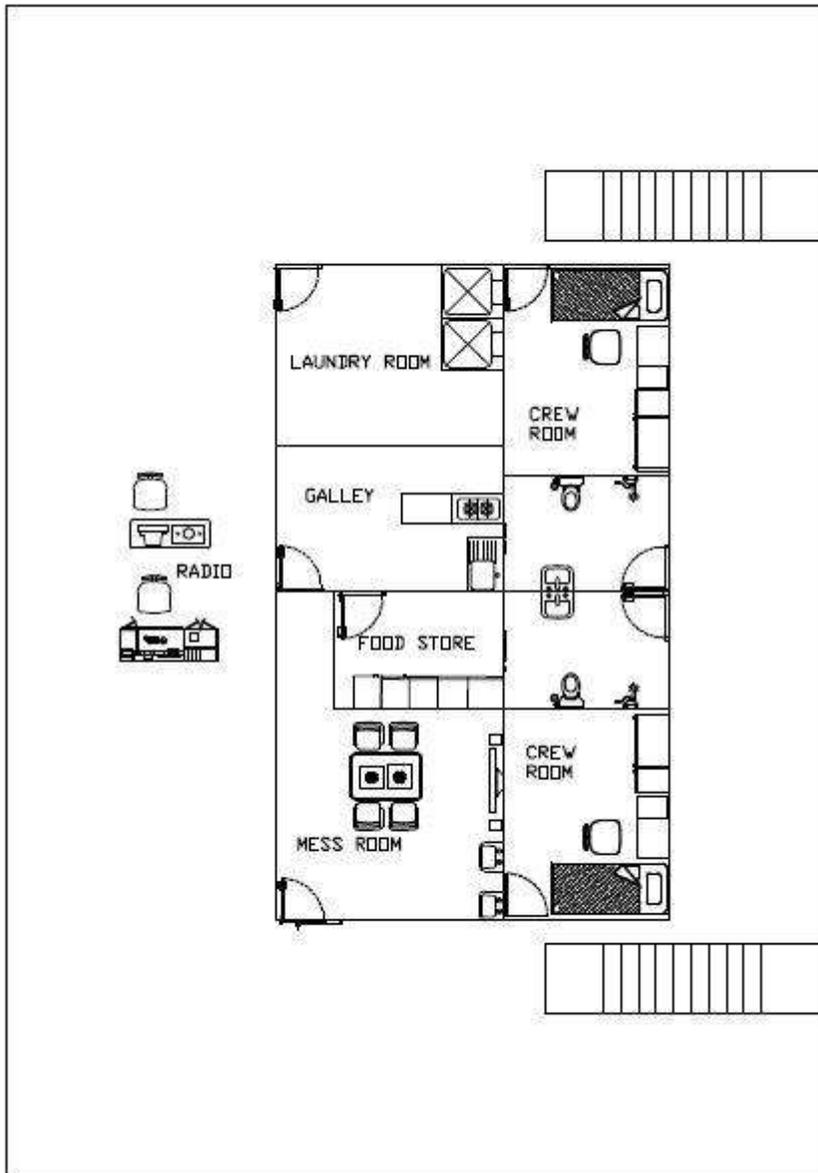
Pada gambar 4.15 juga menjelaskan bahwa terdapat delapan air piston sebagai alat pemompa udara untuk botol angin. Terdapat botol angin yang menampung seluruh udara yang di hasilkan dari system connected buoy. Air receiver atau botol angin mengalirkan angin untuk 4 generator pada tekanan kerjanya sehingga generator dapat menggenerate 400,000 Kw listrik.



Gambar 4.15 Tampak Atas Ruang Turbin Pelton

4.7.4 Deck Radio dan Akomodasi

Deck ini adalah deck yang berfungsi sebagai deck untuk memonitor seluruh kondisi yang ada di main deck Ocean Electric Power Station. Deck ini juga terdapat Ruang ruang akomodasi dan juga ruang radio untuk berkomunikasi dengan kapal kapal lain.

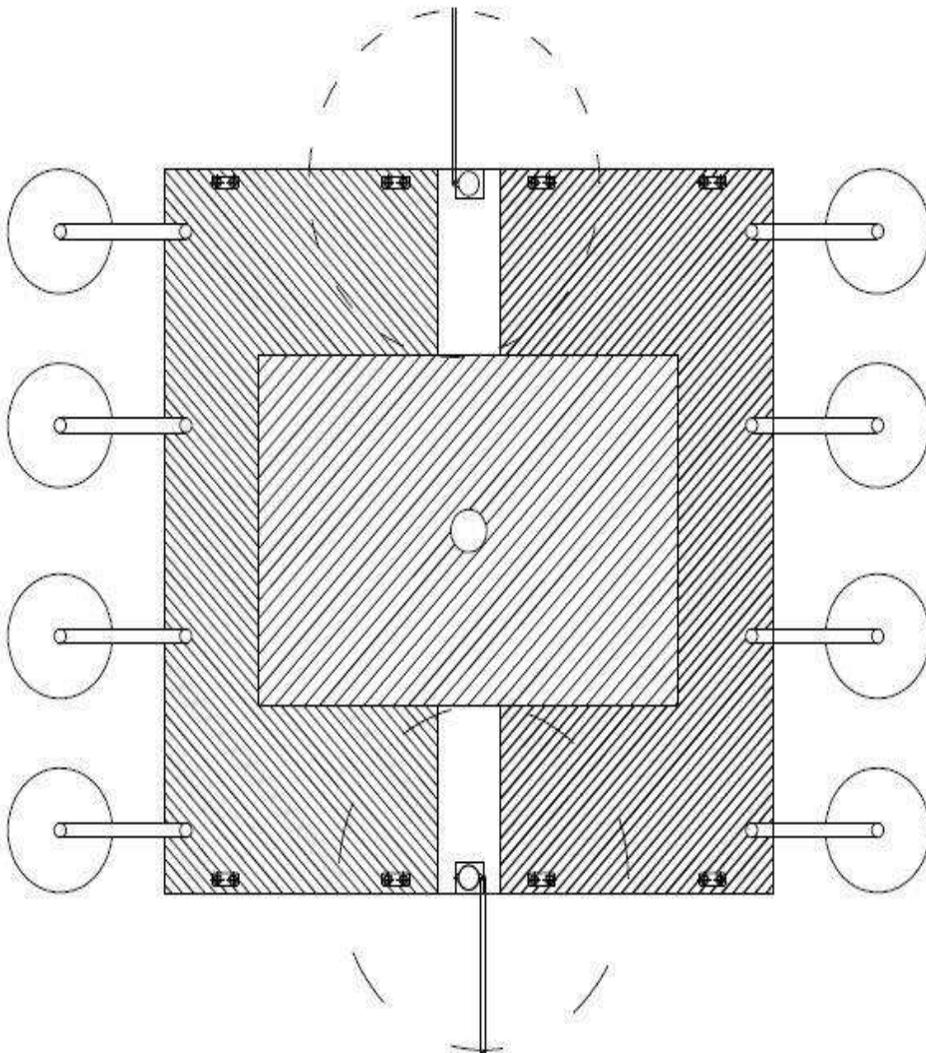


Gambar 4.16 Tampak atas Deck Radio dan Akomodasi

Pada deck ini terdapat Crew room yang dapat ditempati oleh 4 orang. Satu kamar ditempati oleh 2 orang dengan kasur tingkat. Dan terdapat 2 buah toilet untuk memenuhi kebutuhan sanitary dari krew stasiun elektrik terapung. Laundry room digunakan untuk mencuci pakaian dari krew. Galley tempat untuk menyediakan makanan untuk krew dan terdapat food storage untuk penyimpanan bahan-bahan makanan crew. Mess room adalah tempat krew untuk beristirahat. Terdapat 2 tangga akses yang dapat mengakses main deck. Deck ini dikelilingi oleh kaca untuk mengawasi kegiatan di maindeck dan docking kapal ikan.

4.7.5 Penempatan Panel Surya

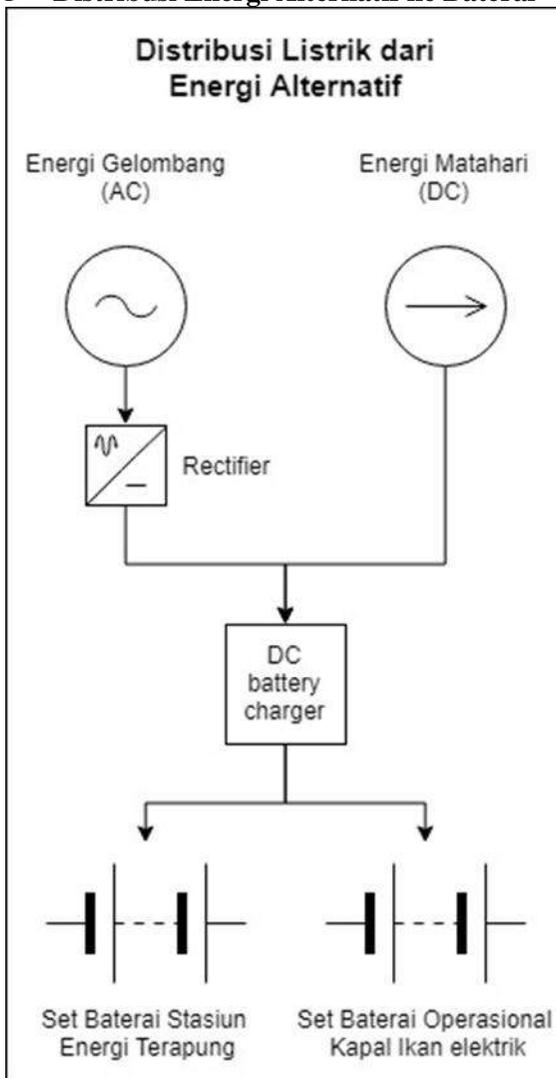
Panel Surya diletakkan hampir diseluruh luasan yang ada di Ocean Electric Power Station. Area yang tidak tertutupi oleh solar panel adalah area untuk loading unloading dan juga area yang digunakan sebagai tempat meletakkan menara radio.



Gambar 4. 17 Tampak Atas Penempatan Solar Cell

4.8 Distribusi Listrik

4.8.1 Distribusi Energi Alternatif ke Baterai

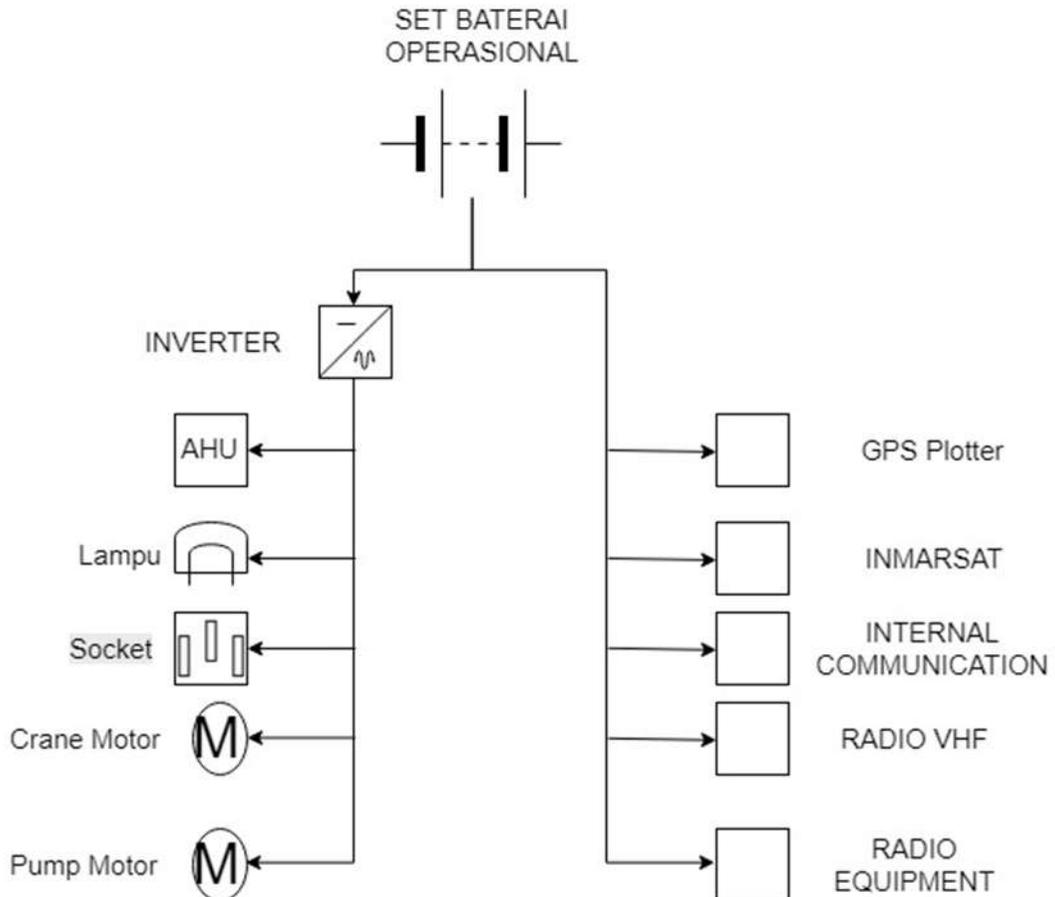


Gambar 4.18 Distribusi dari Sumber alternatif ke baterai

Sumber listrik dari energi alternatif terbagi menjadi 2, sumber energi gelombang dan energi matahari. Dalam proses pengonversiannya energi gelombang didapatkan dari turbin pelton yang di couple dengan Generator AC sehingga output dari energi gelombang merupakan listrik AC. Energi matahari diperoleh dengan menggunakan solar panel dimana output listrik yang dihasilkan dari solar panel bermuatan DC. Karena charger yang digunakan menggunakan DC charger oleh sebab itu listrik bermuatan AC yang bersumber dari energi gelombang disearahkan dahulu menggunakan rectifier. Seluruh sumber alam digunakan untuk menyuplai charger baterai. Hal ini dilakukan karena listrik dari sumber alam tidak tersedia setiap saat sehingga seluruh energi harus disimpan di dalam baterai agar bisa digunakan setiap

saat. Baterai charger mengisi baterai dimana kebutuhan baterai terbagi menjadi dua, untuk kebutuhan stasiun energi terapung dan untuk kebutuhan kapal ikan.

4.8.2 Distribusi dari Baterai ke Beban Ocean Electric Power Station



Gambar 4.19 Distribusi dari Baterai ke kebutuhan Ocean Power Station

Stasiun energi terapung seluruh kebutuhannya dipenuhi oleh baterai. Baterai bermuatan DC sehingga untuk memanfaatkan energinya diperlukan pembagian beban berdasarkan muatannya. Beban yang memerlukan muatan AC akan disupply baterai yang telah melewati inverter. Beban yang bermuatan DC langsung disupply dari baterai.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Kesimpulan dari Tugas Akhir Rancangan Ocean Electric Power Station di Laut Natuna adalah:

1. Setelah mengolah data lingkungan yang ada di Laut Natuna didapatkan potensi energi di Laut Natuna Adalah potensi energi angin sebesar 21.93611374 watt/ m^2 , energi arus laut sebesar 8.694562347 watt/ m^2 , energi gelombang sebesar 16208.70141 watt/m dan matahari sebesar 40.63688353 watt/ m^2 . Dengan potensi energi yang ada maka ditentukan bahwa Energi alternatif yang digunakan untuk memenuhi kebutuhan Kapal Ikan elektrik Nelayan di Laut Natuna adalah Energi Gelombang dan Energi Matahari.
2. Energi Matahari dan Energi Gelombang dapat dimanfaatkan dengan menggunakan PV 335 watt dan menggunakan connected bouy dan pelton turbin untuk energi gelombang. Total daya yang dihasilkan Oleh kedua alat konversi adalah 434,175 kW.
3. Ocean Electric Power Station dirancang dengan ukuran 29x29 m. Ocean Electric Power Station memiliki 2 sisi untuk loading unloading baterai. Masing masing sisi dapat menampung 2 kapal. dalam 1 hari operasional Ocean Electric Power Station mampu memenuhi kebutuhan 30 kapal.

5.2 Saran

Untuk menyempurnakan penelitian ini maka terdapat beberapa saran yang dapat dilakukan pada penelitian selanjutnya, antara lain :

1. Diperlukan Penelitian lebih lanjut untuk penempatan Electric Ocean Power Station agar energi alternatif yang dihasilkan lebih optimum.

DAFTAR PUSTAKA

Akimoto, Hiromichi, 2013, A conceptual study of floating axis water current turbine for low-cost energy capturing from river, tide and ocean currents, Elsevier Ltd : 283-288.

Rayitno, Pramudji, Imam Supangat, Sunarto. 2003. Pesisir dan Pantai Indonesia IX. Pusat Penelitian Oseanografi LIPI, Jakarta.

Holthuijsen, Leo, 2007 , Waves in Oceanic and Coastal Waters, Delft University of Technology, Delfit.

Ministry of Energy and Mineral Resources, 2014. Konsumsi Energi Listrik di Indonesia, CNN, Jakarta.

Lubis, Subaktian, 2016. Pembangkit Listrik Tenaga Arus Laut di Dunia. PPGL.

PPGL, 2016. Pembangkit Listrik Tenaga Arus Laut di Dunia, www.mgi.esdm.go.id, Jakarta.

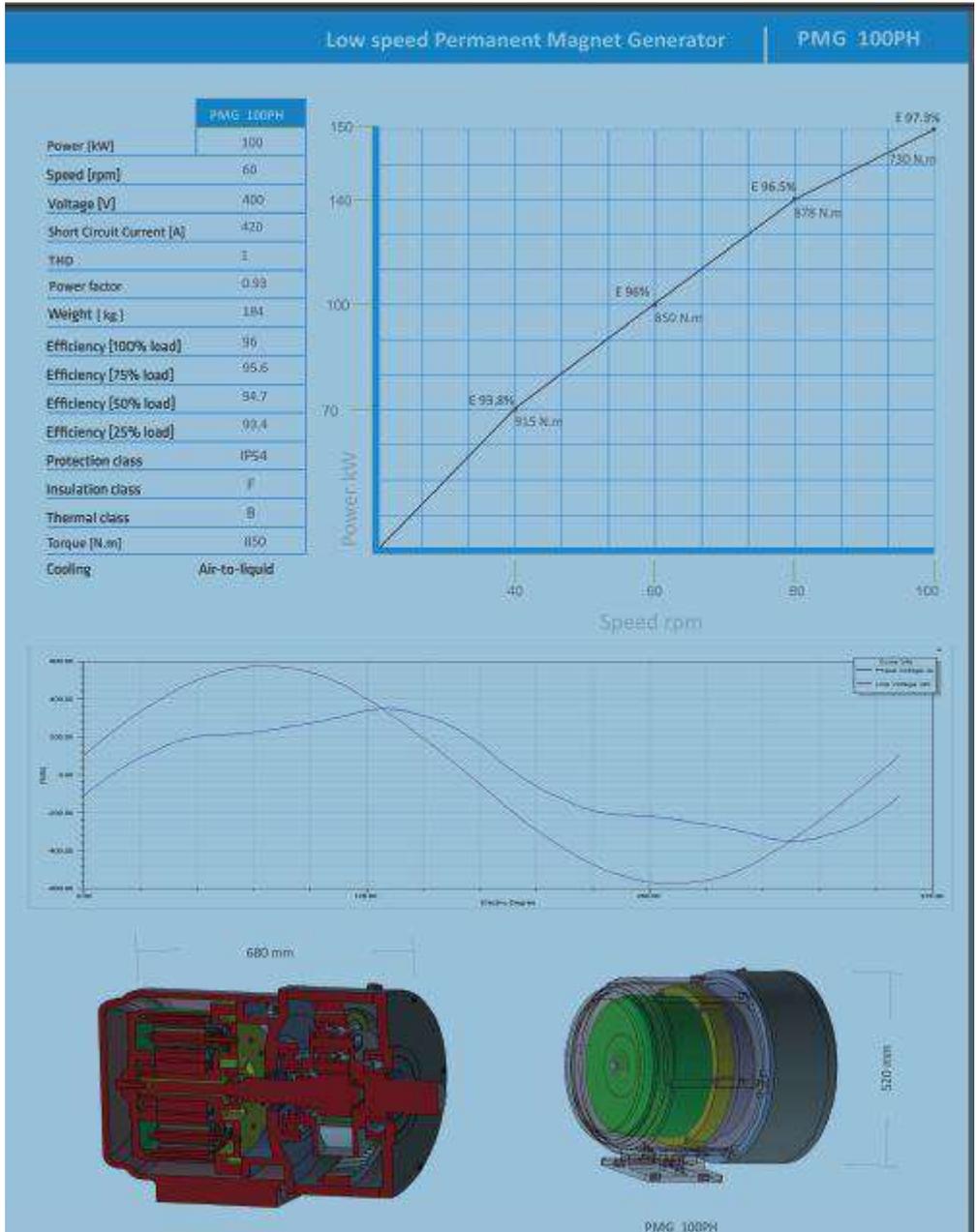
Sharma, Sonu, 2016. Performance improvement of Savonius rotor using multiple quarter blades – A CFD investigation. Elsevier Ltd.

Nyuswantoro, Ukta Indra, 2012. Map Of Potential Energy From Tidal Currents In Indonesia, Institut teknologi Sepuluh Nopember : Paper and Presentation : Ocean Engineering

Kumar, Anuj, 2015. Investigation on Performance of Improved Savonius Rotor: An Overview, International Conference on Recent Developments in Control, Automation and Power Engineering (RDCAPE)

LAMPIRAN

I.



II. Pelton Turbine Spec

20kw-100kw Pelton turbine specification

Head(m)	Flow(m ³ /s)	Output(kw)	Pipe size(mm)
60	0.06	20	200
70	0.065	30	200
80	0.07	40	200
100	0.062	50	200
110	0.071	60	200
120	0.074	70	200
140	0.083	90	200
160	0.087	100	200

Because different hydro power project head and flow should choose different turbine and different size turbine runner to meet, Turbine specification table can not show all the detail to meet all kind of condition of customer's project situation, here table only for reference, so please give me your Head and Flow, together with your requirement, we will make the suitable design to meet your need, thanks.

III. C Battery Spec

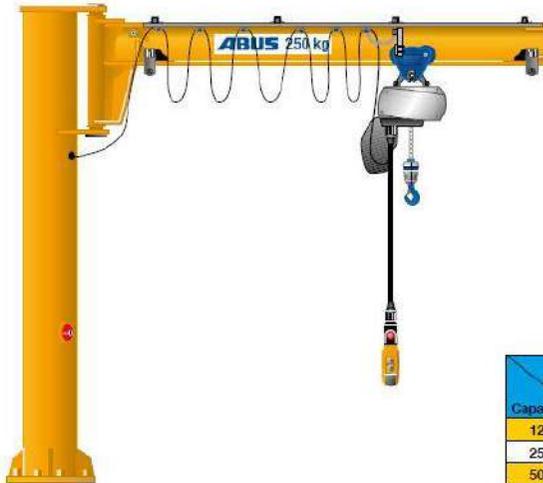


120Ah, 3V-3.2V-3.65V, 3C
 Aluminum Shell Batteries
 EV Lithium LiFePO4
 6.8L * 1.9W * 6.7H in
 174 * 48 * 170 mm
 6.2 Lbs. / 2.8 Kg

NOMINAL CAPACITY	120Ah
MINIMUM CAPACITY	115Ah
MAX CHARGE CURRENT (continuous)	1C
MAX DISCHARGE CURRENT (continuous)	2C
PULSE DISCHARGE CURRENT (< 10 sec)	3C
NOMINAL VOLTAGE	3.2
MAX CHARGE VOLTAGE	3.65
DISCHARGE CUT-OFF VOLTAGE	2.5
CYCLE LIFE AT STANDARD (80%)	>2500
INTERNAL RESISTANCE/IMPEDANCE (milliohms)	0.5
SUGGESTED CHARGING CURVE	Constant Amperage to 3.65V, Constant Voltage, Decrease Amperage, Stop at 2.4A Charge
CHARGE WORKING TEMP F (C)	32 to 113 (0 to 45)
DISCHARGE WORKING TEMP F (C)	-4 to 140 (-20 to 60)
STORAGE TEMP F (C)	23 to 113 (-5 to 45)

IV. Crane Spec

ABUS Pillar jib crane LSX Extra lift height when you need it



Capacity: to 0.5 t
Jib length: to 7 m ¹⁾



¹⁾ depending on load capacity

with electric chain hoist

- lightweight design (DIN 15018 H2/B2)
- sturdy, steel construction with low-build profile section jib arm for optimised hook height
- easy roll jib mounting
- safety anchoring with ribbed pillar base
- easy installation of hoist trolley due to removable jib end plates and adjustable clamping buffers

Jib length / Capacity	4 m	6 m	7 m
125 kg			
250 kg			
500 kg			

Main lift	3 m/min	4 m/min	5 m/min	6 m/min	8 m/min	10 m/min	12 m/min	16 m/min	20 m/min
Load falls	2	2	2	1	2	1	2	1	1
Load capacity (kg)									
80				GM2 (4m)		GM2 (4m)		GM2 (4m)	GM2 (4m) GM2 (3m)
100				GM2 (4m)		GM2 (4m)		GM2 (4m) GM2 (3m)	GM2 (2m)
125				GM2 (4m)		GM2 (4m)		GM2 (3m) GM2 (2m)	
160	GM2 (4m)	GM2 (4m)	GM2 (4m)	GM2 (4m) GM2 (4m)	GM2 (4m) GM2 (4m)	GM2 (4m) GM2 (4m)	GM2 (3m) GM2 (3m)	GM2 (2m)	
200	GM2 (4m)	GM2 (4m)	GM2 (4m)	GM2 (3m) GM2 (4m)	GM2 (3m) GM2 (4m)	GM2 (3m) GM2 (3m)	GM2 (2m) GM2 (2m)		
250	GM2 (4m)	GM2 (4m)	GM2 (4m)	GM2 (2m) GM2 (3m)	GM2 (2m) GM2 (3m)	GM4 (4m) GM4 (4m)		GM4 (4m) GM4 (3m)	GM4 (2m)
320	GM2 (4m)	GM2 (4m)	GM2 (3m)	GM2 (1Am) GM2 (2m)	GM4 (4m)	GM4 (4m)		GM4 (3m) GM4 (2m)	
400	GM2 (3m)	GM2 (3m)	GM2 (2m)		GM4 (3m)	GM4 (3m)		GM4 (2m)	
500	GM2 (2m)	GM2 (2m) GM4 (4m)	GM4 (4m)		GM4 (4m) GM4 (2m)	GM4 (3m) GM4 (2m)	GM4 (2m) GM4 (2m)		
630	GM2 (1Am)	GM4 (4m)	GM4 (4m)	GM6 (4m) GM4 (3m)	GM4 (1Am) GM4 (2m)	GM6 (4m) GM6 (4m)		GM6 (3m) GM6 (3m)	
800		GM4 (3m) GM4 (3m)	GM4 (3m) GM6 (3m)	GM4 (2m) GM6 (3m)	GM6 (3m) GM8 (3m)	GM6 (3m) GM8 (3m)		GM6 (2m) GM8 (3m)	GM6 (3m) GM8 (2m)
1000		GM4 (2m) GM4 (2m)	GM6 (2m)		GM6 (2m) GM8 (3m)	GM6 (2m) GM8 (3m)		GM8 (3m) GM8 (2m)	

V. Solar cell Spec

SunPower® X-Series Residential Solar Panels | X21-335-BLK | X21-345

More than 21% Efficiency

Ideal for roofs where space is at a premium or where future expansion might be needed.

Maximum Performance

Designed to deliver the most energy in demanding real-world conditions, in partial shade and hot rooftop temperatures.^{1,2,4}

Premium Aesthetics

SunPower® Signature™ Black X-Series panels blend harmoniously into your roof. The most elegant choice for your home.



Maxeon® Solar Cells: Fundamentally better
Engineered for performance, designed for durability.

Engineered for Peace of Mind

Designed to deliver consistent, trouble-free energy over a very long lifetime.^{3,4}

Designed for Durability

The SunPower Maxeon Solar Cell is the only cell built on a solid copper foundation. Virtually impervious to the corrosion and cracking that degrade conventional panels.⁵

Same excellent durability as E-Series panels.
#1 Rank in Fraunhofer durability test.⁶
100% power maintained in Atlas 25+ comprehensive durability test.¹⁰

Unmatched Performance, Reliability & Aesthetics





SIGNATURE™ BLACK
SPR-X21-335-BLK

SPR-X21-345

Highest Efficiency⁸

Generate more energy per square foot

X-Series residential panels convert more sunlight to electricity by producing 38% more power per panel¹ and 70% more energy per square foot over 25 years.^{1,2,4}

Highest Energy Production⁹

Produce more energy per rated watt

High year-one performance delivers 8–10% more energy per rated watt.⁷ This advantage increases over time, producing 21% more energy over the first 25 years to meet your needs.³

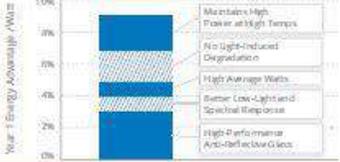


25-Year Energy Production / Watt

9% more, year 1

21% More Energy Per Rated Watt

30% more, year 25



Year 1 Energy Advantage / Watt

- Maintains High Power at High Temps
- No Light-Induced Degradation
- High Average Watts
- Better Low-Light and Spectral Response
- High Performance Anti-Reflection Coating

VI. AHU Spec



RIS TECHNICAL DATA	150	200	260	400				700			
	RIS 150P EKO	RIS 200VE EKO 3.0 RIS 200VW EKO 3.0	RIS 260VE 3.0 RIS 260VW 3.0	RIS 400VE EKO 3.0 RIS 400VW EKO 3.0	RIS 400VE 3.0 RIS 400VW 3.0	RIS 400HE 3.0 RIS 400HW 3.0	RIS 400PE EKO 3.0 RIS 400PW EKO 3.0	RIS 400PE 3.0 RIS 400PW 3.0	RIS 700VE EKO 3.0 RIS 700VW EKO 3.0	RIS 700HE EKO 3.0 RIS 700HW EKO 3.0	RIS 700VE 3.0 RIS 700VW 3.0
Housing type	Ceiling mounted	Vertical	Vertical	Vertical	Vertical	Horizontal	Ceiling mounted	Ceiling mounted	Vertical	Horizontal	Vertical
Max airflow (m³/h) at 0 Pa	220	250	285	450	450	450	490	450	850	830	780
Insulation (mm)	20	30	20	30	30	90	30	30	30	30	30
Connection diameter (mm)	160	125	125	160	160	160	200	160	250	250	200
Fan type	EC	EC	AC	EC	AC	AC	EC	AC	EC	EC	AC
Power consumption for 1 fan (kW)	0.066	0.08	0.08	0.13	0.21	0.2	0.1	0.17	0.28	0.2	0.2
Heater type and max power consumption (kW)* E-electrical; W-water (80/60 °C).	-	-	E - 1 kW	-	E - 2 kW	E - 2 kW	E-0,9/1,8/3 kW	E - 2 kW	E - 1,2 kW	E - 1,2 kW	E - 3 kW
	-	W - 0,34 kW*	W - 1,75 kW	W - 3,67 kW*	W - 2,69 kW	W - 2,7kW	W - 4,04 kW*	W - 2,69 kW*	W - 5,17 kW*	W - 5,17 kW*	W - 4,7 kW*
Cooler : 7 / 12 °C	-	-	-	0,94 kW**	-	-	1,15 kW**	-	1,78 kW**	1,78 kW**	-
Filter class (supply / extract air) integrated	F7/G4	M5/G3	M5/G3	F7/G4	M5/G4	M5/G4	F7/M5	M5/M5	F7/M5	F7/M5	M5/G3
Motorized by-pass damper	-	x	-	x	-	-	x	-	x	x	-
Maintanace side: convertable	-	-	-	-	-	-	-	-	-	x	-
Maintanace side: left or right	-	x	x	x	x	-	-	-	x	-	x
Integrated control system	-	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Comply with ErP 2013/2015	++	++	+	++	+	+	++	+	++	++	+

* Water heater supplied optionally and installed on the duct
** Water cooler supplied optionally and installed on the duct



Biodata Penulis



Muhammad Galih Ghafara, lahir di Batam pada tanggal 20 Juni 1996. Merupakan anak ke dua dari tiga bersaudara. Penulis telah menempuh pendidikan formal di SD Kartini 1 Batam, SMP Kartini 1 Batam, dan SMA Negeri 1 Bandung. Setelah menempuh pendidikan menengah atas penulis melanjutkan pendidikan di Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya. Penulis merupakan Mahasiswa Departemen Teknik Sistem Perkapalan ITS. Selama berkuliah Penulis aktif dalam kegiatan perlombaan kapal tanpa awak dan kendali otomatis. Penulis juga pernah menjadi ketua dalam tim Barunastra ITS. Dalam tugas akhir ini penulis mengambil bidang elektrik di lab *Marine Electrical and Autmation System (MEAS)*