SKRIPSI – ME 141501

PEMILIHAN RUTE PELAYARAN KAPAL PENYEBERANGAN BERBASISKAN KEBUTUHAN INTENSITAS CAHAYA DAN POTENSI ANGIN SEBAGAI SUMBER ENERGI LISTRIK UNTUK KEBUTUHAN LAMPU PENERANGAN

Desi Annike Putri
NRP 04211440000010

Dosen Pembimbing
Taufik Fajar Nugroho, ST., M.Sc.
Ir. Agoes Achmad Masroeri, M.Eng., D.Eng

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

SKRIPSI – ME 141501

PEMILIHAN RUTE PELAYARAN KAPAL PENYEBERANGAN BERBASISKAN KEBUTUHAN INTENSITAS CAHAYA DAN POTENSI ANGIN SEBAGAI SUMBER ENERGI LISTRIK UNTUK KEBUTUHAN LAMPU PENERANGAN

Desi Annike Putri
NRP 04211440000010

Dosen Pembimbing
Taufik Fajar Nugroho, ST., M.Sc.
Ir. Agoes Achmad Masroeri, M.Eng., D.Eng

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

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

SKRIPSI – ME 141501

IMPACT OF THE LIGHT INTENSITY AND WIND VELOCITY VARIATION AS ELECTRICAL POWER SOURCE TO FULFILL THE NEED OF LIGHTING LIGHT ON DISPATCHING SHIP ROUTES

Desi Annike Putri
NRP 04211440000010

Supervisors
Taufik Fajar Nugroho, ST., M.Sc.
Ir. Agoes Achmad Masroeri, M.Eng., D.Eng

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

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

LEMBAR PENGESAHAN

PEMILIHAN RUTE PELAYARAN KAPAL PENYEBERANGAN BERBASISKAN KEBUTUHAN INTENSITAS CAHAYA DAN POTENSI ANGIN SEBAGAI SUMBER ENERGI LISTRIK UNTUK KEBUTUHAN LAMPU PENERANGAN

TUGAS AKHIR
Diajukan untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
Pada
Bidang Studi *Marine Electrical and Automation System* (MEAS)
Program Studi S-1 Departemen Teknik Sistem Perkapalan
Fakultas Teknologi Kelautan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :
Desi Annike Putri
NRP. 04211440000010

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir :

A Taufik Fajar Nugroho, ST., M.Sc. .....(Pembimbing I)

Ir. Agoes Achmad Masroeri, M.Eng., D.Eng .....(Pembimbing II)

Surabaya,
JULI, 2018

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

LEMBAR PENGESAHAN

PEMILIHAN RUTE PELAYARAN KAPAL PENYEBERANGAN BERBASISKAN KEBUTUHAN INTENSITAS CAHAYA DAN POTENSI ANGIN SEBAGAI SUMBER ENERGI LISTRIK UNTUK KEBUTUHAN LAMPU PENERANGAN

TUGAS AKHIR
Diajukan untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
Pada
Bidang Studi *Marine Electrical and Automation System* (MEAS)
Program Studi S-1 Departemen Teknik Sistem Perkapalan
Fakultas Teknologi Kelautan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :
Desi Annike Putri
NRP. 04211440000010

Disetujui oleh Kepala Departemen Teknik Sistem Perkapalan

Dr. Eng. Badrus Zaman, S.T., M.T.
NIP. 1977 0802 2008 01 1007

Surabaya,
JULI, 2018

"Halaman ini sengaja dikosongkan"

PEMILIHAN RUTE PELAYARAN KAPAL PENYEBERANGAN BERBASISKAN KEBUTUHAN INTENSITAS CAHAYA DAN POTENSI ANGIN SEBAGAI SUMBER ENERGI LISTRIK UNTUK KEBUTUHAN LAMPU PENERANGAN

Nama Mahasiswa : Desi Annike Putri
NRP : 04211440000010
Departemen : Teknik Sistem Perkapalan
Dosen Pembimbing 1 : Taufik Fajar Nugroho, ST., M.Sc.
Dosen Pembimbing 2 : Ir. Agoes Achmad Masroeri, M.Eng., D.Eng

Abstrak

Kapal penyeberangan berguna untuk menghubungkan pelabuhan-pelabuhan. Kapal sangat bergantung dengan bahan bakar minyak untuk menjalankan mesin, generator, dan lain-lain. Ketergantungan ini menyebabkan tingginya biaya operasional kapal. Penelitian ini memberikan solusi berupa rute pelayaran yang optimal pada kapal roro ferry 2000 GT dari sisi potensi kecepatan angin dan intensitas cahaya sebagai sumber energi untuk memenuhi kebutuhan listrik lampu penerangan. Penelitian dilakukan dengan cara menentukan pelabuhan - pelabuhan yang akan dipilih. Setelah pelabuhan-pelabuhan ditentukan, diperlukan data kecepatan angin dan intensitas cahaya pada setiap wilayah. Pemilihan rute dilakukan dengan menghitung total daya yang dihasilkan oleh turbin angin dan solar panel pada beberapa rute. Metode Algoritma Brute Force digunakan pada penelitian ini. Penggunaan metode ini bertujuan untuk menentukan rute pelayaran yang optimal dengan jarak minimum dan daya listrik maksimum. Penyelesaian metode tersebut menggunakan bantuan software PHP. Dari hasil yang telah dilakukan, diketahui bahwa rute pelayaran kapal penyeberangan 2000 GT berubah-ubah setiap bulannya agar mendapatkan daya listrik yang optimal. Hal ini dikarenakan Indonesia memiliki intensitas cahaya dan kecepatan angin yang berubah-ubah. Hasil pemilihan rute dalam 1 tahun dapat disimpulkan bahwa pada rute tertentu setiap bulan, kapal penyeberangan 2000 GT dapat memperoleh daya listrik dari panel surya dan turbin angin yang optimal. Hal ini dikarenakan Indonesia memiliki lama penyinaran dan kecepatan angin yang berubah-ubah. Pada Bulan September rute optimal dicapai jika memilih rute pelabuhan awal adalah Pelabuhan Bakauheni, dilanjutkan Pelabuhan Tanjung Priok, Pelabuhan Merak, Pelabuhan Semarang, Pelabuhan Kumai, Pelabuhan Paciran, Pelabuhan Tanjung Perak, Pelabuhan Padangbai, Pelabuhan Lembar, dan Pelabuhan Garongkong. Total daya yang dihasilkan dari panel surya dan turbin angin pada Rute Bulan September ini sebesar 5628,5 kW. Jika dipilih 2 rute pelabuhan yang paling optimal berdasarkan potensi intensitas cahaya dan kecepatan angin adalah Rute Pelabuhan Padangbai dan Pelabuhan Lembar dengan panel surya adalah 430,13 kW dan total daya yang dihasilkan oleh turbin angin adalah 36,553 kW.

*Kata Kunci **:** panel surya, turbin angin, php, brute force*

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

IMPACT OF THE LIGHT INTENSITY AND WIND VELOCITY VARIATION AS ELECTRICAL POWER SOURCE TO FULFILL THE NEED OF LIGHTING LIGHT ON DISPATCHING SHIP ROUTES

Name	**: Desi Annike Putri**
NRP	**: 04211440000010**
Department	**: Marine Engineering**
Supervisors 1	**: Taufik Fajar Nugroho, ST., M.Sc.**
Supervisor 2	**: Ir. Agoes Achmad Masroeri, M.Eng., D.Eng**

Abstract

Transportation is a very important tool in supporting economic activities and regional development. Dispatching ship are made to connect ports. Ships desperately need fuel oil to run main engines, generators, emergency generators, and other ship components. The dependence of the vessel using the fuel oil caused high operational cost of the ship. In this research will be selected the most optimal ship route on roro ship. This dispatching ship uses solar panels and wind turbines as as electrical power source to fulfill the need of lighting light. Research is done by determining the ports to be selected. After the ports are determined, the next step is to find the data of wind velocity and light intensity in each region. Route selection is done by calculating power from wind turbines and solar panels on selected routes. Each ship route is calculated by using Brute Force Algorithm method. This method is useful to determining shipping routes that can generate maximum power and minimum distance. PHP software is used to solve this method. From the research, it is known that route of dispatching ship changes every month to get optimal power. Changes in electrical power is caused by the intensity of light and wind speed. In Indonesia, the intensity of light and wind speed changes every month. Route selection results in one year can be concluded that in September the optimal route is achieved by selecting the initial port is Bakauheni Harbor, followed by Tanjung Priok Port, Merak Port, Semarang Port, Kumai Port, Paciran Port, Tanjung Perak Port, Padangbai Port, Lembar Port and Garongkong Port. The total power generated from solar panels and wind turbines in September is 5628.5 kW. If 2 port routes are selected, Padangbai Port and Lembar Port route are optimal routes based on sunlight duration and wind velocity. The total power of the solar panels generated on this route is 430.13 kW and 36.553 kW for wind turbine.

*Keywords **:** solar panel, wind turbine, php, brute force, ship route*

"Halaman ini sengaja dikosongkan"

KATA PENGANTAR

Segala puji syukur penulis haturkan kehadirat Tuhan Yang Maha Esa atas segala berkat dan karunia-Nya, penulis dapat menyelesaikan tugas akhir yang berjudul "**Pemilihan Rute Pelayaran Kapal Penyeberangan Berbasiskan Kebutuhan Intensitas Cahaya dan Potensi Angin sebagai Sumber Energi Listrik untuk Kebutuhan Lampu Penerangan**" dengan baik untuk memenuhi syarat mata kuliah Skripsi (ME141501), Departemen Teknik Sistem Perkapalan, Fakultas Teknologi Kelautan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

Selama proses pengerjaan tugas akhir ini penulis banyak mendapatkan bantuan dari berbagai pihak baik dari segi ilmu pengetahuan dan moral. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terima kasih kepada :

1. Bapak Dr. Eng. Badrus Zaman, S.T., M.T. dan Bapak Prof. Semin Sanuri, S.T., M.T., Ph.D. selaku ketua departemen dan sekretaris departemen Teknik system perkapalan, FTK-ITS.
2. Bapak Ir. Agoes Santoso, M.Sc. selaku dosen wali saya yang selalu memberikan bimbingan dan arahan tentang perkuliahan saya.
3. Bapak Taufik Fajar Nugroho, ST., M.Sc. dan Ir. Agoes Achmad Masroeri, M.Eng., D.Eng. selaku dosen pembimbing tugas akhir saya yang selalu memberikan masukan dan pikiran sehingga tugas akhir saya dapat diselesaikan dengan baik.
4. Segenap civitas akademika yang telah memberikan bimbingan dan pengajaran selama perkuliahan di Departemen Teknik Sistem Perkapalan, FTK ITS.
5. Keluarga MERCUSUAR'14 sebagai rekan, teman, dan keluarga selama mengikuti perkuliahan di Departemen Teknik Sistem Perkapalan yang selalu memberikan motivasi dan dukungan hingga tugas akhir ini dapat diselesaikan.
6. Segenap dosen, teknisi grader, dan member Laboratorium *Marine Electerical and Automation System* (MEAS) yang selalu memberikan dukungan dan bantuan untuk bertukar pikiran selama proses penyusunan tugas akhir.

Laporan ini disusun dengan kemampuan dan bahan yang terbatas, oleh karena itu penulis menyadari bawa masih terdapat ketidaksempurnaan dalam laporan ini, baik dari segi penulisan, pembahasan maupun penyusunan. Sehingga saran dan koreksi yang bersifat membangun sangat penulis harapkan untuk upaya perbaikan laporan ini dan juga sebagai bekal di masa yang akan dating. Demikian laporan ini disusun dan semoga laporan ini akan berguna bagi para pembaca.

Surabaya, 28 Juli 2018

Desi Annike Putri

"Halaman ini sengaja dikosongkan"

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN i
ABSTRAK v
KATA PENGANTAR ix
DAFTAR ISI xi
DAFTAR GAMBAR xv
DAFTAR TABEL xvii
DAFTAR GRAFIK xix
BAB I PENDAHULUAN 1
1.1. Latar Belakang Masalah **1**
1.2. Perumusan Masalah **1**
2.1. Batasan Masalah **2**
2.2. Tujuan Skripsi **2**
2.3. Manfaat Skripsi **2**
BAB II TINJAUAN PUSTAKA 3
2.1. Kapal Penyeberangan **3**
2.2. Algoritma Brute Force **4**
2.3. PHP **4**
2.3.1. Konsep Kerja PHP 4
2.3.2. Kelebihan dan Kekurangan PHP 5
2.4. MySQL **5**
2.5. XAMPP **5**
2.6. PhpMyAdmin **6**
2.7. *Marine Traffic Application* **6**
2.8. Energi Cahaya Matahari **8**
2.9. Energi Angin **8**
2.9.1. Pengertian Angin 8
2.9.2. Jenis-Jenis Angin 9
2.9.3. Karakteristik Angin di Indonesia 10
2.10. Turbin Angin (*Wind Turbine)* **11**
2.10.1. Pengertian Turbin Angin 11
2.10.2. Cara Kerja Turbin Angin 11

2.10.3. Jenis – Jenis Turbin 12
2.10.4. Komponen Utama Turbin Angin 13
2.11. Panel Surya 14
2.11.1. Pengertian Panel Surya 14
2.11.2. Cara Kerja Panel Surya 14
2.11.3. Komponen Utama Panel Surya 15
2.11.4. Jenis – Jenis Panel Surya 16
2.12. Generator 17
2.12.1. Pengertian Generator 17
2.12.2. Komponen Utama Generator 17
2.13. Perhitungan Daya 19
2.13.1. Daya Generator 19
2.13.2. Daya Panel Surya 19
2.13.3. Daya Turbin Angin 19
2.14. Baterai 21
2.14.1. Pengertian Baterai 21
2.14.2. Perhitungan Baterai 21
2.15. Perhitungan ETA (*Estimate Time Arrival)* 22
BAB III METODE PENELITIAN 23
1.1. Tahapan Pelaksanaan Tugas Akhir 25
BAB IV ANALISA DAN PEMBAHASAN 27
4.1. Data Kapal Penyeberangan 2000 GT 27
4.2. Analisa Beban Lampu Penerangan 28
4.3. Pemilihan Pelabuhan – Pelabuhan 31
4.4. Analisa Lama Penyinaran 32
4.5. Analisa Kecepatan Angin 41
4.6. Beban Penerangan pada Setiap Jam 51
4.7. Spesifikasi Panel Surya 52
4.8. Spesifikasi Turbin Angin 53
4.9. Analisa Jarak Pelabuhan 54
4.10. Perhitungan ETA (*Estimate Time Arrival)* 55
4.11. Perancangan Database 56

4.11.1. Perancangan *Database Logic (Logical Database Design)* 56
4.11.2. Perancangan *Database* Fisik (*Physical Database Design)* 59
4.12. Perancangan *Interface* 60
4.13. *Coding* PHP *Script* 61
4.14. Perhitungan Kapasitas Baterai 62
4.15. Perhitungan Bahan Bakar Generator 63
4.16. Hasil Perhitungan Simulasi 64
4.16.1. Hasil Perhitungan Simulasi pada Seluruh Pelabuhan 64
4.16.2. Hasil Perhitungan Simulasi pada 2 Pelabuhan 68
4.17. Pemilihan Rute 87
4.17.1. Rute pada Bulan Januari 87
4.17.2. Rute pada Bulan Februari 88
4.17.3. Rute pada Bulan Maret 89
4.17.4. Rute pada Bulan April 90
4.17.5. Rute pada Bulan Mei 91
4.17.6. Rute pada Bulan Juni 93
4.17.7. Rute pada Bulan Juli 94
4.17.8. Rute pada Bulan Agustus 95
4.17.9. Rute pada Bulan September 96
4.17.10. Rute pada Bulan Oktober 97
4.17.11. Rute pada Bulan November 98
4.17.12. Rute pada Bulan Desember 99
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN 101
DAFTAR PUSTAKA 109

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1. Konsep Kerja PHP 5
Gambar 2. 2. Tampilan XAMPP 6
Gambar 2. 3. Aplikasi Marine Traffic Application di Android 7
Gambar 2. 4. Proses pengukuran jarak antara 2 pelabuhan 8
Gambar 3. 1. Metode Penelitian bagian A 23
Gambar 3. 2. Metode Penelitian bagian B 24
Gambar 4. 1. KMP. Drajat Paciran 28
Gambar 4. 2. Peta lokasi 10 pelabuhan 54
Gambar 4. 3. Entity data pada PhpMyAdmin 57
Gambar 4. 4. Atribute jarak pada PhpMyAdmin 57
Gambar 4. 5. Attribute cahaya pada PhpMyAdmin 58
Gambar 4. 6. Attribute Kecepatan Angin pada Phpmyadmin 58
Gambar 4. 7. Attribute Pelabuhan pada Phpmyadmin 59
Gambar 4. 8. Database Fisik kecepatan angin 59
Gambar 4. 9. Database Fisik Jarak 59
Gambar 4. 10. Database Fisik Intensitas Cahaya 60
Gambar 4. 11. Database Fisik Pelabuhan 60
Gambar 4. 12. Interface pada Halaman Utama 60
Gambar 4. 13. Interface pada Halaman Utama 61
Gambar 4. 14. Interface pada Halaman Utama 61
Gambar 4. 15. Tampilan saat Pengkodean 62
Gambar 4. 16. Rute pada Bulan Januari 88
Gambar 4. 17. Rute pada Bulan Februari 89
Gambar 4. 18. Rute pada Bulan Maret 90
Gambar 4. 19. Rute pada Bulan April 91
Gambar 4. 20. Rute pada Bulan Mei 92
Gambar 4. 21. Rute pada Bulan Juni 93
Gambar 4. 22. Rute pada Bulan Juli 94
Gambar 4. 23. Rute pada Bulan Agustus 95
Gambar 4. 24. Rute pada Bulan September 96
Gambar 4. 25. Rute pada Bulan Oktober 98
Gambar 4. 26. Rute pada Bulan November 99
Gambar 4. 27. Rute pada Bulan Desember 100

"Halaman ini sengaja dikosongkan"

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1. Koefisien gesek (a) 20
Tabel 4. 1. Data Utama Kapal 27
Tabel 4. 2. Total daya beban penerangan 31
Tabel 4. 3. Daftar pelabuhan 31
Tabel 4. 4. Data Lama penyinaran matahari pada Pelabuhan Bakauheni 32
Tabel 4. 5. Data Lama penyinaran matahari pada Pelabuhan Merak 33
Tabel 4. 6. Data Lama penyinaran Matahari pada Pelabuhan Tanjung Priok 34
Tabel 4. 7. Data Lama penyinaran Matahari pada Pelabuhan Semarang 35
Tabel 4. 8. Data Lama penyinaran Matahari pada Pelabuhan Paciran 36
Tabel 4. 9. Data Lama penyinaran Matahari pada Pelabuhan Tanjung Perak 37
Tabel 4. 10. Data Lama penyinaran Matahari pada Pelabuhan Padangbai 38
Tabel 4. 11. Data Lama penyinaran Matahari pada Pelabuhan Lembar 39
Tabel 4. 12. Data Lama penyinaran Matahari pada Pelabuhan Garongkong 40
Tabel 4. 13. Data Lama penyinaran Matahari pada Pelabuhan Kumai 41
Tabel 4. 14. Data Kecepatan Angin pada Pelabuhan Bakauheni 42
Tabel 4. 15. Data Kecepatan Angin pada Pelabuhan Merak 43
Tabel 4. 16. Data Kecepatan Angin pada Pelabuhan Tanjung Priok 44
Tabel 4. 17. Data Kecepatan Angin pada Pelabuhan Semarang 45
Tabel 4. 18. Data Kecepatan Angin pada Pelabuhan Paciran 46
Tabel 4. 19. Data Kecepatan Angin pada Pelabuhan Tanjung Perak 47
Tabel 4. 20. Data Kecepatan Angin pada Pelabuhan Padangbai 48
Tabel 4. 21. Data Kecepatan Angin pada Pelabuhan Lembar 49
Tabel 4. 22. Data Kecepatan Angin pada Pelabuhan Garongkong 50
Tabel 4. 23. Data Kecepatan Angin pada Pelabuhan Kumai 51
Tabel 4. 24. Total Beban Penerangan pada Setiap Jam 51
Tabel 4. 25. Spesifikasi Panel Surya 53
Tabel 4. 26. Data Jarak Pelabuhan 55
Tabel 4. 27. Daftar Attribute beserta Kuncinya 56
Tabel 4. 28. Konsumsi bahan bakar generator utama 63
Tabel 4. 29. Hasil perhitungan simulasi pada seluruh pelabuhan 65
Tabel 4. 30. Hasil perhitungan simulasi pada Bulan Januari 68
Tabel 4. 31. Hasil perhitungan simulasi pada Bulan Februari 70
Tabel 4. 32. Hasil perhitungan simulasi pada Bulan Maret 72
Tabel 4. 33. Hasil perhitungan simulasi pada Bulan April 73
Tabel 4. 34. Hasil perhitungan simulasi pada Bulan Mei 75
Tabel 4. 35. Hasil perhitungan simulasi pada Bulan Juni 76
Tabel 4. 36. Hasil perhitungan simulasi pada Bulan Juli 78
Tabel 4. 37. Hasil perhitungan simulasi pada Bulan Agustus 79
Tabel 4. 38. Hasil perhitungan simulasi pada Bulan September 81
Tabel 4. 39. Hasil perhitungan simulasi pada Bulan Oktober 82
Tabel 4. 40. Hasil perhitungan simulasi pada Bulan November 84
Tabel 4. 41. Hasil perhitungan simulasi pada Bulan Desember 85
Tabel 4. 42. Hasil perhitungan rute pada Bulan Januari 88
Tabel 4. 43. Hasil perhitungan rute pada Bulan Februari 89
Tabel 4. 44. Hasil perhitungan rute pada Bulan Maret 90
Tabel 4. 45. Hasil perhitungan rute pada Bulan April 91

Tabel 4. 46. Hasil perhitungan rute pada Bulan Mei *92*
Tabel 4. 47. Hasil perhitungan rute pada Bulan Juni *93*
Tabel 4. 48. Hasil perhitungan rute pada Bulan Juli *94*
Tabel 4. 49. Hasil perhitungan rute pada Bulan Agustus *96*
Tabel 4. 50. Hasil perhitungan rute pada Bulan September *97*
Tabel 4. 51. Hasil perhitungan rute pada Bulan Oktober *98*
Tabel 4. 52. Hasil perhitungan rute pada Bulan November *99*
Tabel 4. 53. Hasil perhitungan rute pada Bulan Desember *100*

DAFTAR GRAFIK

Grafik 4. 1. Lama penyinaran Pelabuhan Bakauheni 32
Grafik 4. 2. Lama penyinaran Pelabuhan Merak 33
Grafik 4. 3. Lama penyinaran Pelabuhan Tanjung Priok 34
Grafik 4. 4. Lama penyinaran Pelabuhan Semarang 35
Grafik 4. 5. Lama penyinaran Pelabuhan Paciran 36
Grafik 4. 6. Lama penyinaran Pelabuhan Tanjung Perak 37
Grafik 4. 7. Lama penyinaran Pelabuhan Padangbai 38
Grafik 4. 8. Lama penyinaran Pelabuhan Lembar 39
Grafik 4. 9. Lama penyinaran Pelabuhan Garongkong 40
Grafik 4. 10. Lama penyinaran Pelabuhan Kumai 41
Grafik 4. 11. Kecepatan angin Pelabuhan Bakauheni 42
Grafik 4. 12. Kecepatan angin Pelabuhan Merak 43
Grafik 4. 13. Kecepatan angin Pelabuhan Tanjung Priok 44
Grafik 4. 14. Kecepatan angin Pelabuhan Semarang 45
Grafik 4. 15. Kecepatan angin Pelabuhan Paciran 46
Grafik 4. 16. Kecepatan angin Pelabuhan Tanjung Perak 47
Grafik 4. 17. Kecepatan angin Pelabuhan Padangbai 48
Grafik 4. 18. Kecepatan angin Pelabuhan Lembar 49
Grafik 4. 19. Kecepatan angin Pelabuhan Garongkong 50
Grafik 4. 20. Kecepatan angin Pelabuhan Kumai 51
Grafik 4. 21. Beban penerangan pada setiap jam 52

"Halaman ini sengaja dikosongkan"

BAB I
PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang Masalah

Intensitas cahaya matahari dan kecepatan angin di Indonesia berubah-ubah tergantung posisi matahari. Perubahan intensitas cahaya matahari dan kecepatan angin ini sangat berpengaruh terhadap produksi listrik di kapal penyeberangan. Kapal penyeberangan yang dipilih dalam penelitian ini menggunakan panel surya dan turbin angin sebagai sumber energi listrik untuk memenuhi kebutuhan lampu penerangannya.

Dalam penggunaan sehari-hari, kapal sangat bergantung dengan penggunaan bahan bakar minyak untuk menjalankan main engine, generator, generator darurat, dan lain-lain. Ketergantungan terhadap penggunaan bahan bakar minyak tersebut menyebabkan biaya operasional kapal menjadi tinggi.

Penelitian ini akan memberikan solusi berupa rute pelayaran yang optimal pada kapal penyeberangan berbasiskan kebutuhan intensitas cahaya dan potensi angin sebagai sumber energi untuk memenuhi kebutuhan listrik lampu penerangan. Penelitian dilakukan dengan cara menentukan pelabuhan - pelabuhan yang akan dipilih. Setelah pelabuhan-pelabuhan ditentukan, diperlukan data kecepatan angin dan intensitas cahaya pada setiap wilayah.

Pemilihan rute dilakukan dengan membandingkan bahan bakar dan total daya yang dihasilkan yang ditinjau pada rute pelayaran yang berbeda. Penelitian ini akan memungkinkan menaikkan efisiensi energi yang digunakan pada kapal penyeberangan untuk kebutuhan lampu penerangan sehingga juga dapat mengurangi biaya operasional kapal.

Adapun pembuatan sistem yang menggunakan metode *Brute Force* dilakukan untuk dapat menemukan rute pelayaran yang optimal pada kapal penyeberangan berbasiskan pada potensi intensitas cahaya matahari dan potensi angin untuk keperluan lampu penerangan. Adapun penggunaan metode ini karena algoritma ini dipastikan menemukan solusi terbaik. Penggunaan metode ini bertujuan untuk menentukan rute pelayaran yang optimal dengan jarak minimum dan daya listrik maksimum. Penyelesaian metode Algoritma Brute Force tersebut menggunakan bantuan software PHP, dengan basis data yang digunakan adalah MySQL yang dilakukan di perangkat keras PC (personal computer) dengan sistem operasi Microsoft Windows 10 serta perencanaan halaman web dengan menggunakan HTML.

1.2. Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang maka permasalahan utama yang akan dibahas adalah sebagai berikut :

1. Bagaimana menentukan rute pelayaran pada kapal penyeberangan berbasiskan kebutuhan intensitas cahaya dan potensi angin sebagai sumber energi listrik untuk kebutuhan lampu penerangan sehingga dapat memproduksi listrik lebih maksimum?

2. Berapa total daya yang dihasilkan oleh turbin angin dan solar panel pada setiap rute pelayaran yang ditentukan?

2.1. Batasan Masalah

Mengingat dalam penelitian ini masih banyak yang dapat dibahas dan merupakan energi terbarukan dalam pembangkit listrik, maka dalam penulisan Tugas Akhir ini permasalahan dibatasi sebagai berikut:

1. Tidak memperhitungkan biaya pelabuhan
2. Tidak memperhitungkan jumlah supply dan deman pada setiap rute
3. Kapal penyeberangan yang dipakai dalam penelitian ini adalah kapal penyeberangan2000 GT dengan nama KMP. Drajat Paciran.

2.2. Tujuan Skripsi

Tujuan dari tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

1. Menentukan rute pelayaran pada kapal penyeberangan berbasiskan kebutuhan intensitas cahaya dan potensi angin sebagai sumber energi listrik untuk kebutuhan lampu penerangan sehingga dapat memproduksi listrik lebih optimum.
2. Mengetahui power yang dihasilkan oleh turbin angin dan solar panel pada setiap rute pelayaran yang ditentukan.

2.3. Manfaat Skripsi

Adapun manfaat dari tugas akhir adalah menentukan rute pelayaran yang optimal berbasiskan kebutuhan intensitas cahaya dan potensi angin sebagai sumber energi listrik untuk memenuhi kebutuhan penerangan di kapal penyeberangan dan apabila diaplikasikan akan dapat mengurangi biaya operasional kapal.

BAB II
TINJAUAN PUSTAKA

2.1. **Kapal Penyeberangan**

Kapal penyeberangan memiliki beberapa jenis. Jenis-jenis kapal penyeberangan tersebut adalah sebagai berikut :

1. Kapal Ferry

   Menurut Tupper, E.C., kapal ferry memiliki bentuk seperti kapal pada umumnya yang dilengkapi ramp door sebagai jalan masuk dan keluar kendaraan. Kapal ferry pada umumnya digunakan untuk mengangkut penumpang dan kendaraan dalam jumlah banyak yang dilengkapi lebih dari satu dek untuk mengangkut kendaraan.

2. Kapal Penumpang

   Menurut Tupper, E.C., sebuah kapal didefinisikan sebagai kapal penumpang jika membawa lebih dari 12 penumpang. Kapal penumpang diakui dengan sertifikat penumpang yang telah di periksa untuk mematuhi peraturan. Berbagai Negara maritime memiliki aturan untuk kapal penumpang.

   Menurut Tupper, E.C., kapal penumpang dapat dibagi menjadi dua kategori, yaitu kapal pesiar dan kapal ferry. Kapal ferry membuat system transportasi yang menghubungkan dari suatu wilayah ke wilayah lain dan sering memiliki fasilitas Ro-Ro. Kapal pesiar memiliki standar fasilitas akomodasi dan rekreasi untuk penumpangnya.

   Pada usulan tugas akhir ini direncanakan akan menggunakan kapal penyeberangan 2000 GT berjenis roro ferry. Spesifikasi kapal berikut diambil dari Directorat Jendral Perhubungan Darat.

Length overall	(Loa)	: 80,22	m	
Length between perpendicular	(Lpp)	: 72,00	m	
Lebar	(B)	: 15,20	m	
Tinggi	(H)	: 5,10	m	
Sarat	(T)	: 3,6	m	
Kecepatan Dinas	(Vs)	: 15,00	knot	
Motor Induk		: 2 x 2600	HP	
Motor Bantu		: 2 x 560	kW	
ABK		: 30	orang	
Penumpang Maksimum		: 350	orang	
Kendaraan Maksimum		: 14 unit truk besar		(18 T)
		16 unit truk sedang		(10 T)
		13 nit sedan		(1,5 T)

2.2. Algoritma Brute Force

Menurut Santoso, Widia. (2000), brute force adalah sebuah pendekatan yang langsung (*straightforward*) untuk memecahkan suatu masalah, biasanya didasarkan pada pernyataan masalah (*problem statement*) dan definisi konsep yang dilibatkan. Algoritma brute force memecahkan masalah dengan sangat sederhana, langsung dan dengan cara yang jelas (*obvious way*).

*A*lgoritma *brute force* memecahkan suatu permasalahan dengan cara mencoba semua kemungkinan yang ada. Jika penggunaan algoritma ini dilihat dari sudut pandang untuk memecahkan suatu permasalahan, algoritma ini sering tidak menjadi pilihan karena membutuhkan proses yang relatif lama untuk mendapatkan jawaban atau solusi dari suatu permasalahan, namun jika dilihat dari sudut pandang lain, yaitu digunakan untuk melakukan suatu tujuan khusus misalnya dalam kasus penentuan rute pelayaran agar mendapatkan daya listrik yang optimal, metode ini sangat efektif digunakan.

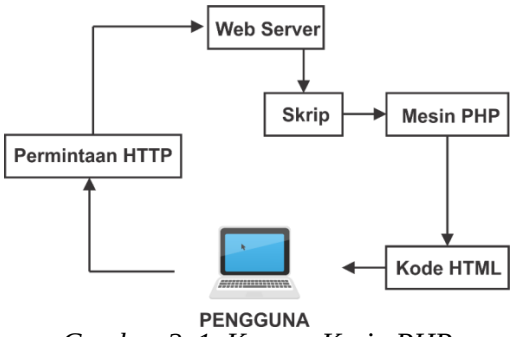
2.3. PHP

Menurut Aditya, E.B. (2014), PHP (Hypertext Preprocessor) merupakan perangkat lunak open source yang diatur dalam aturan general purpose licences (GPL). Pemograman PHP sangat cocok dikembangkan dalam lingkungan web, karena PHP bisa dilekatkan pada script HTML atau sebaliknya. PHP dikhususkan untuk pengembangan web dinamis. Maksudnya, PHP mampu menghasilkan website yang secara terus menerus hasilnya bisa berubah-ubah sesuai dengan pola yang diberikan, dan bergantung pada permintaan client browser.

Menurut Palit, Randi V. (2015), PHP dirancang untuk dapat bekerja sama dengan database server dan dibuat sedemikian rupa sehingga pembuatan dokumen HTML yang dapat mengakses database menjadi begitu mudah. Tujuan dari bahasa *scripting* ini adalah untuk membuat aplikasi di mana aplikasi tersebut yang dibangun oleh PHP pada umumnya akan memberikan hasil pada web browser, tetapi prosesnya secara keseluruhan dijalankan di server.

2.3.1. Konsep Kerja PHP

Konsep kerja PHP diawali dengan permintaan suatu halaman *web* oleh *browser*. Berdasarkan URL (Uniform resource Locator) atau dikenal dengan sebuah alamat internet, browser mendapatkan alamat dari web server, browser kemudian mengidentifikasi halaman yang dikehendaki dan menyampaikan segala informasi yang dibutuhkan oleh web server. Selanjutnya web server akan mencarikan berkas yang diminta dan mengirimkan isinya ke mesin PHP dan mesin inilah yang memproses dan memberikan hasilnya (berupa kode HTML) ke web server. Kemudian web server menyampaikan ke klien. Gambar 2.1 berikut ini adalah skema konsep kerja PHP.



Gambar 2. 1. Konsep Kerja PHP

2.3.2. Kelebihan dan Kekurangan PHP

a. Kelebihan

1. PHP tidak memerlukan sebuah kompilasi dalam penggunaannya.
2. Web Server yang mendukung php dapat ditemukan dimana-mana dengan konfigurasi yang relatif mudah.
3. Dalam sisi pengembangan lebih mudah, karena banyaknya milis-milis dan developer yang siap membantu dalam pengembangan.
4. Dalam sisi pemahaman, php adalah bahasa scripting yang paling mudah karena referensi yang banyak.
5. PHP adalah bahasa open source yang dapat digunakan di berbagai mesin (linux, unix, windows) dan dapat dijalankan secara *runtime* melalui *console* serta juga dapat menjalankan perintah-perintah sistem.

b. Kekurangan

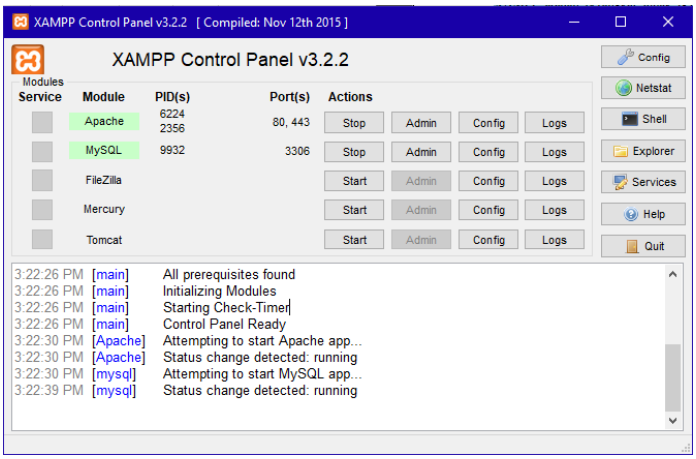
1. Tidak detail untuk pengembangan skala besar.
2. Kode PHP dapat dibaca orang, dan kompilasi hanya dapat dilakukan dengan tool yang mahal dari Zend.

2.4. MySQL

Menurut Kustiyahningsih (2011:145), MySQL adalah sebuah basis data yang mengandung satu atau jumlah tabel. Tabel terdiri atas sejumlah baris dan setiap baris mengandung satu atau sejumlah tabel.

2.5. XAMPP

Menurut Palit, Randi V. (2015), XAMPP adalah perangkat lunak bebas yang merupakan kompilasi dari beberapa program, yang mendukung banyak sistem operasi. Fungsinya adalah sebagai server yang berdiri sendiri (*localhost*), yang terdiri atas program Apache HTTP Server, MySQL database, dan interpreter untuk bahasa pemrograman PHP dan Perl. XAMPP merupakan singkatan dari X (empat sistem operasi apapun), Apache, MySQL, PHP dan Perl. Program ini tersedia dalam GNU General Public License dan bebas. Gambar 2.2. menunjukkan gambar dari aplikasi XAMPP.



Gambar 2. 2. Tampilan XAMPP

2.6. PhpMyAdmin

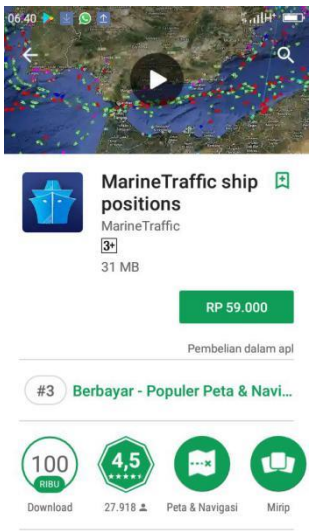
Menurut Solichin, Achmad. (2016), PHPMyAdmin merupakan front-end MySQL berbasis web. PHPMyAdmin dibuat dengan menggunakan PHP. Saat ini, PHPMyAdmin banyak digunakan dalam hampir semua penyedia hosting yang ada di internet. PHPMyAdmin mendukung berbagai fitur administrasi MySQL termasuk manipulasi database, tabel, index dan juga dapat mengeksport data ke dalam berbagai format data.

PhpMyAdmin adalah aplikasi web yang dibuat oleh phpmyadmin.net. PhpMyAdmin digunakan untuk administrasi *database* MySQL. Program ini digunakan untuk mengakses *database* MySQL. Perintah untuk membuat tabel dapat menggunakan *form* yang sudah tersedia pada PhpMyAdmin atau dapat langsung menuliskan *script* pada menu SQL. PhpMyAdmin dijalankan dengan cara mengetik http://localhost/shipcare pada web browser. (Sibero,2011)

2.7. *Marine Traffic Application*

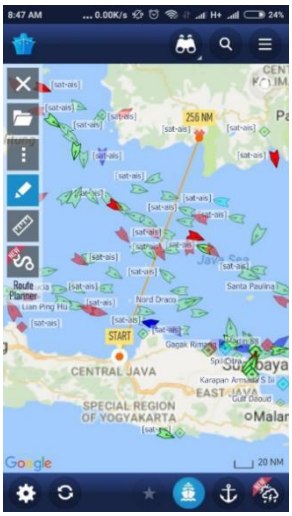
Aplikasi peta yang dapat mendeteksi keberadaan individu sudah cukup sering dan banyak dijumpai pada zaman sekarang. Namun, aplikasi terbaru untuk mengetahui pelabuhan yang ada di setiap negara tidaklah banyak. Dalam penelitian ini menggunakan aplikasi *Marine Traffic Ship Positions* yang diciptakan oleh *MarineTraffic*. Untuk memiliki aplikasi ini diperlukan biaya sejumlah Rp59000 untuk mendapatkan lisensi resmi dari *MarineTraffic*. *Marine Traffic Ship Positions* dapat menampilkan lalu lintas laut secara langsung di seluruh dunia. Aplikasi ini terhubung ke jaringan terbesar penerima AIS. Dengan menggunakan *Marine Traffic Ship Positions* pengguna dapat menggali informasi mengenai pelabuhan apa saja yang ada di sebuah negara. Gambar 2.3. menunjukkan gambar dari aplikasi Marine Traffic di play store. Berikut beberapa fitur yang dimiliki oleh *Marine Traffic Ship Positions* :

1. Melihat jarak tempuh dan juga pelabuhan terdekat yang bisa dijangkau.
2. Mengetahui info kapal seperti nama kapal, bendera, kecepatan, dan lain-lain.
3. Mengetahui info pelabuhan.
4. Lebih dari 100.000 kapal per hari yang melaporkan posisinya ke *Marine Traffic Ship Positions*.
5. Dapat memprediksi kecepatan angin dalam waktu 48 jam.
6. Terdapat 1,5 juta foto kapal, pelabuhan dan mercusura.
7. Mengetahui info pelabuhan, memantau keberadaan kapal, suhu disekitar pelabuhan, banyaknya kapal yang sedang melakukan antrian di pelabuhan tertentu, dan cuaca pada titik tertentu. Jika pengguna melihat secara global berdasarkan pulau atau kota, terdapat penjelasan berapa banyak pelabuhan yang dimiliki oleh suatu daerah.



Gambar 2. 3. Aplikasi Marine Traffic Application di Android

Gambar 2.4. menunjukkan gambar dari aplikasi *Marine Traffic* pada saat mengukur jarak dari 2 pelabuhan.



Gambar 2. 4. Proses pengukuran jarak antara 2 pelabuhan

2.8. Energi Cahaya Matahari

Menurut Ruswanto. (2009), Sumber panas di bumi adalah matahari. Banyak sedikitnya sinar yang diterima oleh permukaan bumi ditentukan oleh faktor-faktor berikut.

1. Keadaan Awan

   Jika mendung atau berawan, sebagian panas matahari diserap oleh awan.
2. Keadaan Permukaan Bumi

   Bidang permukaan bumi yang terdiri atas laut dan daratan sangat mempengaruhi penyerapan sinar matahari.
3. Sudut Datang Matahari

   Apabila matahari dalam keadaan tegak, sudut datang matahari akan semakin kecil sehingga semakin banyak panas yang diterima
   bumi. Matahari dalam keadaan miring sudutnya semakin besar sehingga semakin sedikit sinar panas yang diterima di bumi.
4. Lama Penyinaran Matahari

   Makin lama matahari bersinar, makin banyak panas yang diterima bumi. Alat pengukur suhu udara disebut termometer. Daratan akan cepat menjadi panas dibandingkan dengan air atau laut. Pada siang hari suhu daratan cepat menjadi panas, tetapi pada malam hari daratan cepat menjadi dingin. Keadaan suhu sepanjang hari dapat diukur dengan termometer

2.9. Energi Angin

2.9.1. Pengertian Angin

Menurut Ruswanto. (2009), Tekanan udara adalah tekanan yang ditimbulkan oleh beratnya lapisan-lapisan udara. Makin tinggi suatu tempat,

makin kecil tekanan udaranya. Besarnya tekanan udara dinyatakan dengan milibar.
1 milibar = ¾ mm air raksa, atau
1 milibar = 76 cm air raksa = 1 atmosfer

Pada umumnya tekanan udara di atas permukaan air laut sebesar 760 mm air raksa. Alat yang dipergunakan untuk mengukur tekanan udara disebut barometer, sedangkan garis-garis pada peta yang menghubungkan tempat-tempat yang mempunyai tekanan udara yang sama disebut isobar.

Angin adalah gerakan udara yang disebabkan adanya perbedaan suhu, yang selanjutnya mengakibatkan perubahan tekanan. Tekanan udara naik jika suhunya rendah dan turun jika suhunya tinggi. Angin bertiup dari daerah tekanan tinggi ke daerah tekanan rendah.

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.

2.9.2. Jenis-Jenis Angin

Menurut Ruswanto. (2009), angin digolongkan atas beberapa macam, yaitu :

1. Angin Pasat
   Angin pasat adalah angin yang berembus terus-menerus dari daerah maksimum subtropik ke daerah minimum khatulistiwa. Akibat adanya rotasi bumi maka di belahan utara terjadi angin pasat timur laut dan di belahan selatan terjadi angin pasat tenggara.
2. Angin Antipasat
   Angin antipasat adalah kembalinya angin pasat. Udara yang naik ke daerah khatulistiwa, setelah sampai di atas kemudian mengalir ke arah kutub dan turun di daerah subtropik.
3. Angin Barat
   Angin barat, yaitu angin antipasat yang menuju ke kutub dan membelok ke timur sampai daerah 40o LS/LU. Angin ini arahnya dari barat sehingga disebut angin barat. Di daerah 40o LS, angin ini disebut *The Roaring Forties* sebab di atas lautan daerah ini terdengar suara gemuruh.
4. Angin Fohn
   Angin fohn terjadi karena udara yang mengandung uap air membentur pegunungan atau gunung yang tinggi sehingga naik.

Semakin ke atas, suhu semakin dingin dan terjadilah kondensasi yang selanjutnya terbentuk titik-titik air.

5. Angin Darat dan Angin Laut
   Adanya angin darat dan angin laut disebabkan oleh perbedaan sifat antara daratan dan lautan dalam menahan panas. Daratan lebih cepat menerima panas, tetapi lebih cepat pula dingin. Sebaliknya, lautan lebih lama menerima panas, tetapi lebih lama pula melepas panas. Angin darat bertiup dari darat ke laut pada malam hari. Angin ini digunakan oleh para nelayan untuk turun ke laut mencari ikan pada malam hari, sedangkan angin laut bertiup pada siang hari dari laut ke darat. Angin ini dipergunakan oleh nelayan untuk kembali ke pantai setelah menangkap ikan.
6. Angin Gunung dan Angin Lembah
   Angin gunung bertiup dari lereng ke lembah pada malam hari, sedangkan angin lembah bertiup dari lembah ke gunung pada siang hari.
7. Angin Monsun
   Angin monsun adalah angin yang arahnya selalu berganti setiap setengah tahun sekali tergantung pada letak matahari. Indonesia mengenal adanya angin monsun karena terletak antara 23^o LU dan 23^o LS serta terletak di antara Benua Asia dan Benua Australia. Kedua benua tersebut terletak di belahan bumi yang berbeda. Dengan demikian, terjadi angin monsun yang melalui Indonesia, yaitu monsun barat dan monsun timur.
   a. Angin Monsun Barat
      Antara bulan Oktober dan April, matahari beredar di belahan bumi selatan, akibatnya, Australia bertekanan rendah dan Asia bertekanan tinggi. Oleh karena itu, angin yang bertiup dari Asia ke Australia disebut angin monsun barat. Karena angin ini banyak mengandung uap air maka di Indonesia terjadi musim penghujan.
   b. Angin Monsun Timur
      Pada bulan April sampai Oktober di Australia terjadi tekanan udara tinggi dan di Asia bertekanan rendah sehingga angin bertiup dari Australia ke Asia yang disebut angin monsun timur. Angin ini bersifat kering karena berasal dari gurun pasir di Australia sehingga di Indonesia terjadi musim kemarau, namun setelah melewati Samudera Hindia angin menjadi basah.

2.9.3. Karakteristik Angin di Indonesia

Menurut Saragih, Hutrizain. (2017), Indonesia merupakan negara yang terletak di kawasan garis khatulistiwa sehingga Indonesia memiliki iklim tropis. Karakteristik angin di Indonesia tentu berbeda dengan karakteristik angin di neraga – negara Eropa yang memiliki sub – tropis. Karakteristik angin di Indonesia antara lain sebagai berikut :

1. 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).

2. Arah angin yang sering berubah - ubah
   Turban angin jenis horizontal (HAWT) harus selalu menghadap ke arah datangnya angin agar dapat beroperasi dengan maksimal. Sedangkan turbin angin jenis vertikal (VAWT) dapat beroperasi dari manapun 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.

3. 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.

2.10. Turbin Angin (*Wind Turbine)*

2.10.1. Pengertian Turbin Angin

Turbin angin merupakan alat yang dapat mengubah energi angin menjadi energi kinetik yang mana akan digunakan untuk memutar generator dinamakan turbin angin. Tenaga angin mengacu pada seberapa besar energi yang dapat dihasilkan oleh angin, dalam hal ini energi listrik. Pada pemanfaatan tenaga angin secara modern untuk menghasilkan listrik laju angin akan di konversi menjadi rotasi pada turbin yang kemudian akan memutar rotor generator yang terpasang sehingga menghasilkan listrik, listrik ini kemudian akan dinaikkan tegangannya oleh transformator untuk selanjutnya di transmisikan kepada konsumen atau bisa juga digunakan untuk memproduksi listrik suatu rumah atau gedung. (Saragih, 2017)

2.10.2. Cara Kerja Turbin Angin

Turbin angin bekerja berkebalikan dengan kipas angin (bukan menggunakan listrik untuk menghasilkan listrik, namun menggunakan angin untuk menghasilkan listrik). Kemudian angin akan memutar sudut turbin, lalu diteruskan untuk memutar rotor pada generator di bagian belakang turbin angin. Generator mengubah energi gerak menjadi energi listrik

dengan teori medan elektromagnetik, yaitu poros pada generator dipasang dengan material ferromagnetik permanen. Setelah itu di sekeliling poros terdapat stator yang bentuk fisisnya adalah kumparan – kumparan kawat yang membentuk loop. Ketika poros generator mulai berputar maka akan terjadi perubahan fluks pada stator sehingga dihasilkan tegangan dan arus listrik tertentu. Tegangan dan arus listrik yang dihasilkan oleh generator ini berupa AC (Alternating current) yang memiliki bentuk gelombang kurang lebih sinusoida. Energi listrik ini biasanya akan disimpan kedalam baterai sebelum dapat dimanfaatkan.

2.10.3. Jenis – Jenis Turbin

Menurut Saragih, Hutrizain. (2017), angin digolongkan atas beberapa macam, yaitu :

a. Turbin Angin Sumbu Horizontal (HAWT)
   Turbin angin ini bergerak dengan arah sumbu horizontal, yang mana memiliki sudu yang berputar dalam bidang vertikalnya layaknya propeller 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. Untuk memiliki 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 Darrieus, Savonius, dan Gironmill

Kelebihan dan kekurangan dari turbin angin sumbu vertikal adalah sebagai berikut :

1. Kelebihan VAWT
   a. Tidak membutuhkan konstruksi menara yang besar dan tinggi
   b. Tidak membutuhkan mekanisme *yaw controller* untuk mengubah sudut rotor karena VAWT dapat menerima angin dari segala arah
   c. Memiliki sudut aerofoil yang lebih tinggi, sehingga memberikan keaerodinamisan yang tinggi sehingga dapat mengurangi drag yang terjadi
   d. Memiliki kecepatan awal yang rendah untuk menggerakkan turbin (2 m/s atau 10 km/jam)

e. Memiliki *tip speed ratio* yang rendah sehingga dapat meminimalkan kerusakan saat angin kencang

2. Kekurangan VAWT
   a. Memiliki efisiensi yang rendah yaitu hanya 50% dari efisiensi HAWT
   b. Tidak dapat mengambil keuntungan dari angin yang bertiup kencang pada elevasi yang lebih tinggi

2.10.4. Komponen Utama Turbin Angin

Dalam mengkonversikan energi kinetik menjadi energi listrik wind turbine memerlukan beberapa komponen – komponen yang mempunyai fungsi masing-masing. Komponen – komponen tersebut antara lain adalah :

a. Rotor Blade
   Rotor Blade atau sudu adalah bagian rotor dari turbin angin. Rotor ini menerima energi kinetik dari angin dan dirubah kedalam energi gerak putar

b. Gearbox
   Gearbox berfungsi mengubah putaran rendah pada kincir menjadi putaran tinggi

c. Brake System
   Digunakan untuk menjaga putaran pada poros setelah gearbox agar bekerja pada titik aman saat terdapat angin yang besar. Alat ini perlu dipasang karena generator memiliki titik kerja aman dalam pengoperasiannya. Generator ini akan menghasilkan energi listrik maksimal pada saat bekerja pada titik kerja yang telah ditentukan. Kehadiran angin diluar dugaan akan menyebabkan putaran yang cukup cepat pada poros generator, sehingga jika tidak diatasi maka putaran ini dapat merusak generator. Dampak dari kerusakan akibat putaran berlebih diantaranya : overheat, rotor breakdown, kawat pada generator putus, karena tidak dapat menahan arus yang cukup besar.

d. Generator
   Ini adalah salah satu komponen terpenting dalam pembuatan sistem turbin angin. Generator ini dapat mengubah energi gerak menjadi energi listrik. Prinsip kerjanya dapat dipelajari dengan menggunakan teori medan elektromagnetik. Singkatnya, (mengacu pada salah satu cara kerja generator) poros pada generator dipasang dengan material ferromagnetik permanen. Setelah itu disekeliling poros terdapat stator yang bentuk fisiknya adalah kumparan – kumparan kawat yang membentuk loop. Ketika poros generator mulai berputar maka akan terjadi perubahan fluks pada stator yang akhirnya terjadi

perubahan fluks ini akan dihasilkan tegangan dan arus listrik tertentu. Tegangan dan arus listrik yang dihasilkan ini disalurkan melalui kabel jaringan listrik untuk akhirnya digunakan oleh masyarakat. Tegangan dan arus listrik yang dihasilkan oleh generator ini berupa AC (Alternating current) yang memiliki bentuk gelombang lebih sinosioda.

e. Baterai
Karena keterbatasan ketersediaan akan energi angin (tidak sepanjang hari angin akan selalu tersedia) maka ketersediaan listrik pun tidak menentu. Oleh karena itu digunakan alat penyimpan energi yang berfungsi sebagai back-up energi listrik. Ketika beban penggunaan daya listrik masyarakat meningkat atau ketika kecepatan angin suatu daerah sedang menurun, maka kebutuhan permintaan akan daya listrik tidak dapat terpenuhi. Alat untuk menyimpan energi tersebut adalah baterai. Baterai adalah sebuah alat yang dapat merubah energi kimia yang disimpannya menjadi energi listrik yang dapat digunakan oleh suatu perangkat elektronik.

f. Tower
Bagian struktur dari turbin angin horizontal yang memiliki fungsi sebagai struktur utama penopang dari komponen sistem terangkai sudu poros dan generator.

2.11. Panel Surya

2.11.1. Pengertian Panel Surya

Menurut Saragih, Hutrizain. (2017), panel surya merupakan alat yang berfungsi untuk mengkonversikan energi matahari menjadi energi listrik. Pada panel surya terkandung photovoltaic yang berfungsi menghasilkan energi listrik dari cahaya yang diterima oleh panel surya. Sel surya merupakan irisan bahan semi konduktor yang memiliki kutub positif dan negatif. Pada sel surya terdapat sambungan antara dua lapisan tipis yang terbuat dari bahan semikonduktor yang memiliki kutub positif (P) dan kutub negatif (N).

2.11.2. Cara Kerja Panel Surya

Cara kerja dari panel surya adalah dengan memanfaatkan prinsip photovoltaic. Efek photovoltaic ini umumnya timbul pada bahan – bahan semikonduktor yang memiliki konduktivitas menengah karena sifat elektron didalam material yang terpisah dalam pita – pita energi tertentu yang disebut pita konduksi dan pita valensi.

Pada panel surya terdapat dua jenis semikonduktor yang digunakan, yaitu jenis N dan P. Semikonduktor jenis N memiliki kelebihan elektron yang menyebabkan semikonduktor ini bermuatan negatif, sedangkan

semikonduktor jenis P memiliki kelebihan hole yang menyebabkan semikonduktor ini bermuatan positif.

Ketika semikonduktor jenis N dan semikonduktor jenis P belum dihubungkan oleh P-N junction, semikonduktor jenis N akan tetap bermuatan negatif karena memiliki kelebihan elektron sedangkan semikonduktor jenis P akan tetap bermuatan positif karena memiliki kelebihan hole pada atomnya. Tetapi pada saat kedua jenis semikonduktor ini dihubungkan oleh P-N junction maka akan terjadi perpindahan elektron dari semikonduktor jenis N menuju semikonduktor jenis P, dan perpindahan hole dari semikonduktor P menuju semikonduktor N.

Proses perpindahan (difusi) elektron dari semikonduktor jenis N yang bersatu dengan hole pada semikonduktor jenis P sehingga semikonduktor jenis P yang awalnya bermuatan positif akan menjadi bermuatan negatif. Dan sebaliknya difusi hole dari semikonduktor jenis P menuju semikonduktor jenis N untuk berikatan dengan elektron menyebabkan semikonduktor jenis N yang awalnya bermuatan negatif menjadi bermuatan positif. Daerah negatif dan positif ini dikenal juga dengan sebutan deplesi (*depletion region*).

Karena ada daerah deplesi terdapat perbedaan muatan positif dan negatif, maka akan timbul medan listrik dengan sendirinya dari sisi positif ke sisi negatif yang mencoba menarik kembali hole ke semikonduktor jenis P dan elektron ke semikonduktor jenis N. Akibat munculnya medan listrik pada P-N junction menyebabkan timbulnya arus drfit. Namun arus drift ini terimbangi oleh arus difusi sehingga secara keseluruhan tidak ada arus listrik yang mengalir pada P-N juntion tersebut.

Ketika sambungan P-N pada semikonduktor terkena cahaya matahari, maka energi dari cahaya matahari mempengaruhi elektron untuk melepaskan dirinya dari semikonduktor jenis N maupun daerah deplesi. Elektron yang terlepas ini akan meninggalkan hole pada daerah yang ditinggalkannya yang disebut dengan fotogenerasi electron hole.

2.11.3. Komponen Utama Panel Surya

a. Modul Panel Surya

Modul panel surya adalah komponen utama pada sistem karena berfungsi untuk mengubah energi matahari menjadi energi listrik. Pada modul panel surya ini terdiri atas beberapa sel surya yang dihubungkan dengan rangkaian seri maupun paralel. Modul panel surya ini menggunakan efek photovoltaic untuk menghasilkan listrik. Listrik yang mampu dihasilkan oleh model panel surya umumnya adalah 12V dan 24V. Bagian-bagian utama pada modul panel solar adalah sebagai berikut :

1. Substrat /Metal Backing
2. Material Semikonduktor
3. Kontak Metal / *Contact Grid*
4. Lapisan Antireflektif

5. Cover Glass

b. Baterai
Baterai (*battery)* adalah sebuah alat yang dapat merubah energi kimia yang disimpannya menjadi energi listrik yang dapat digunakan oleh suatu perangkat elektronik maupun motor dengan sumber arus searah. Baterai menyimpan energi dalam bentuk bahan kimia yang dapat bereaksi untuk menyimpan energi ataupun melepas energi. Semakin banyak energi yang disimpan oleh suatu baterai, maka semakin banyak bahan baterai tersebut yang diperlukan.

c. Kontroler
Kontroler merupakan komponen yang berfungsi untuk mengatur proses pengisian baterai. Fungsi utama dari kontroler ini adalah untuk melindungi baterai dari *over-discharge (low-voltage disconnect).*

d. Inverter
Tegangan yang dihasilkan oleh modul panel surya umumya adalah 12V atau 24V. Sehingga untuk kebutuhan sehari – hari pada peralatan – peralatan listrik yang memiliki tegangan 220 V dibutuhkan suatu inverter. Inverter berfungsi untuk mengubah arus DC tegangan rendah menjadi AC dengan tegangan yang lebih tinggi.

2.11.4. Jenis – Jenis Panel Surya

1. Crystalline
   a. Monocrystalline
   Panel surya jenis monocrystalline merupakan panel surya yang sering digunakan secara umum di masyarakat. Panel surya jenis ini terbuat dari batangan kristal silikon murni sehingga dihasilkan kepingan sel surya yang identik satu dengan lainnya yang menghasilkan kinerja yang tinggi. Panel surya jenis ini merupakan jenis panel surya yang memiliki efisiensi paling tinggi yaitu sebesar 15%-20%. Kelemahan dari panel surya ini adalah harganya yang cukup mahal dibandingkan dengan panel surya jenis lain.

   b. Polycrystalline
   Panel surya jenis polycrystalline merupakan jenis panel surya yang juga sering digunakan secara umum di masyarakat. Berbeda dengan panel surya jenis monocrystalline, panel surya jenis polycrystalline terbuat dari batangan kristal silikon yang dilebur dan kemudian di cetak dalam suatu cetakan. Karena

proses pembuatannya melalui proses peleburan, maka kemurnian krstal silikonnya tidak seperti panel surya jenis monocrystalline sehingga panel surya yang dihasilkan tidak identik satu sama lainnya. Panel surya jenis ini memiliki efisiensi sebesar 13% - 16%. Kelebihan dari panel surya jenis ini adalah proses pembuatannya yang lebih mudah sehingga harganya lebih murah.

2. Thin Film Sel Surya
   a. Amorphous Silicon (a-Si)
      Sel surya jenis ini memiliki efisiensi yang rendah yaitu hanya sebesar 6%-8%. Sel surya jenis ini umumnya banyak digunakan sebagai sumber energi pada jam tangan dan kalkulator.

   b. Cadminum Telluride (CdTe)
      Sel surya jenis ini memiliki efisiensi sebesar 9%-11%. Kelemahan dari sel surya ini adalah penggunaan cadminum yang berbahaya.

   c. Copper Indium Gallium Selenide (CIGS)
      Sel surya jenis ini memiliki efisiensi paling besar dari antara sel surya jenis thin film yaitu sevesar 10%-12%. Sel surya jenis ini juga tidak menggunakan bahan berbahaya seperti Cadminum pada sel surya jenis Cadminum Telluride (CdTe).

2.12. Generator

2.12.1. Pengertian Generator

Generator merupakan alat yang digunakan untuk pembangkit listrik dengan cara mengubah tenaga mekanik menjadi tenaga listrik. Tenaga mekanis disini digunakan untuk memutar kumparan kawat penghantar dalam medan magnet ataupun sebaliknya memutar magnet diantara kumparan kawat penghantar. Prinsip kerja generator berdasarkan Hukum Faraday tentang induksi elektromagnetik yaitu bila suatu konduktor digerakkan dalam medan magnet, maka akan membangkitkan gaya gerak listrik. Hukum Faraday mengenai induksi elektromagnetik adalah fenomena dasar yang diterapkan pada generator. Hukum Faraday menyebutkan jika terjadi perubahan garis gaya magnet pada sebuah kumparan kawat, maka akan timbul gaya gerak listrik (GGL) pada kawat tersebut. Jika kumparan kawat dihubungkan dengan rangkaian listrik tertutup maka akan timbul pula arus listrik yang mengalir pada rangkaian.

2.12.2. Komponen Utama Generator

a. Bagian yang Diam (Stator)
   Bagian diam (stator) terdiri dari beberapa bagian, yaitu :
   1. Inti stator

Bentuk dari inti stator berupa cincin laminasi-laminasi yang diikat serapat mungkin untuk menghindari rugi-rugi arus eddy. Pada inti ini terdapat slot-slot untuk menempatkan konduktor untuk mengatur arus medan magnet.

2. Belitan stator
   Bagian stator yang terdiri dari beberapa batang konduktor yang terdapat didalam slot dan ujung-ujung kumparan. Masing-masing slot dihubungkan untuk mendapat tegangan induksi.

3. Alur stator
   Bagian stator yang berperan sebagai tempat belitan stator ditempatkan.

4. Rumah stator
   Umumnya terbuat dari besi tuang yang berbentuk silinder. Bagian belakang rumah stator biasanya memiliki sirip sebagai alat bantu dalam proses pendinginan.

b. Bagian yang Bergerak (Rotor)
   Antara rotor dan stator dipisahkan oleh celah udara. Rotor terdiri dari dua bagian umum, yaitu :
   1. Inti kutub
      Pada bagian inti kutub terdapat poros dari inti rotor yang memiliki fungsi sebagai jalan atau jalur fluks magnet yang dibangkitkan oleh kumparan medan.

   2. Kumparan medan
      Pada bagian inti kutub terdapat poros dan inti rotor yang memiliki fungsi sebagai jalur fluks magnet yang dibangkitkan oleh kumparan medan. Pada kumparan medan ini juga terdapat dua bagian yaitu penghantar sebagai jalur untuk arus dan bagian yang diisolasi. Isolasi pada bagian ini harus benar-benar baik dalam hal kekuatan mekanik, ketahanan akan suhu tinggi, dan ketahanannya terhadap gaya sentrifugal yang besar.

c. Exciter Field
   Yang terdiri dari rotor dan stator adalah komponen yang menghasilkan energi listrik untuk main stator, dengan kata lain exciter field adalah pembangkit energi listrik untuk main rotor, karena besaran medan magnet yang terjadi didalam main rotor dipengaruhi dari tegangan yang diberikan oleh exciter field.

d. AVR *(Automatic Voltage Regulator)*
Berfungsi menstabilkan tegangan listrik yang dihasilkan oleh exciter field sehingga tegangan listrik yang dihasilkan oleh generator tetap terjaga dikisaran 400/240 VAC.

2.13. Perhitungan Daya

Daya akan menjadi variabel penting dalam menentukan rute yang optimal. Pada penelitian ini terdapat 3 buah daya yang akan menjadi variabel dalam pemilihan rute kapal 2000 GT.

2.13.1. Daya Generator

Daya Generator adalah jumlah daya yang dihasilkan generator untuk memenuhi kebutuhan lampu penerangan kapal dalam 1 kali pelayaran.

$$PG = \frac{FOCxETA}{FOC} xP\max$$

Dimana :

PG = Daya generator untuk lampu penerangan
T = Waktu yang dibutuhkan antara pelabuhan (jam)
Pmax = Kebutuhan daya penerangan dalam 1 hari (kW)

2.13.2. Daya Panel Surya

Daya Solar Panel adalah jumlah daya yang dihasilkan seluruh solar panel dalam 1 kali pelayaran.

$$P.SP = Px\frac{T.SP1 + T.SP2}{2}$$

Dimana :

T.SP1 = Lama penyinaran di pelabuhan awal (jam)
T.SP2 = Lama penyinaran di pelabuhan akhir (jam)
T = Waktu yang dibutuhkan antara pelabuhan (jam)
P = Daya yang dihasilkan dari seluruh panel surya (kW)

2.13.3. Daya Turbin Angin

Daya Turbin Angin adalah jumlah daya yang dihasilkan seluruh turbin angin dalam 1 kali pelayaran.

$$P.TA = \left(\frac{\left(P.T3KWxn3KW\right) + \left(P.T10KWxn10KWx\right)}{1000} \right) xT$$

Dimana :

P.T3KW = Daya aktual yang dihasilkan oleh turbin angin 3 KW (KW)
P.T10KW = Daya aktual yang dihasilkan oleh turbin angin 10 KW (KW)

Untuk mendapatkan daya aktual dari turbin angin, dibutuhkan perhitungan kecepatan angin sebagai berikut :

1. Mencari *Wind Velocity*

   Karena turbin angin akan di aplikasikan di kapal, maka kecepatan angin yang digunakan dalam perhitungan daya turbin angin adalah resultas dari kecepatan kapal dan kecepatan angin, yaitu sebagai berikut:

   $$V = \sqrt{Va^2 x Vs^2}$$

   Rumus Va didapatkan dari *Hellmann Exponential Law*. Pengukuran kecepatan angin umumnya dilakukan pada ketinggian 10 meter di atas permukaan laut. Pada pengoperasiannya di kapal, ketinggian kerja dari turbin angin di kapal 2000 GT ini adalah 20 meter di atas sarat air saat muatan penuh. Secara teoritis, semakin meningkat ketinggian, semakin tinggi juga kecepatan angin.

2. Mencari Kecepatan Angin

   Untuk menghitung kecepatan angin pada ketinggian tertentu ini, metode paling baik digunakan adalah metode pendekatan *Hellmann Exponential Law* yaitu sebagai berikut:

   $$\frac{v}{v0} = \left(\frac{H}{H0}\right)^a$$

   Dimana :

H	= 20	(meter)
H0	= 10	(meter)
V0	= kecepatan angin	(knot)
α	= Koefisien gesek	

   Tabel 2.1. menunjukkan nilai koefisien gesek (*a)*

   Tabel 2. 1. Koefisien gesek (a)

Landscape type	**Friction coefficient *a***
Lakes, ocean and smooth hard ground	0.10
Grasslands (ground level)	0.15
Tall crops, hedges and shrubs	0.20
Heavily forested land	0.25
Small town with some trees and shrubs	0.30
City areas with high rise buildings	0.40

   a. Mencari Power Coefficient

   $$Cp = \frac{P}{\frac{1}{2} x\rho xAxv^3 x\eta}$$

   Dimana :

ρ = Massa jenis/densitas udara = 1,225 Kg/m^3
A = Swept Area (m^2)
v = *wind velocity* (knot)
η = *Power Coefficient* (Cp)

b. Mencari Swept Area

$$A = PxL$$

Dimana :
A = Swept Area (m^2)
P = Rotor Height (m)
L = Rotor Weight (m)

3. Mecari Daya Aktual Turbin

$$P\max = \frac{1}{2} x\rho xAxv^3$$

$$Paktual = \frac{1}{2} x\rho xAxv^3 x\eta$$

$$Paktual = P\max xPowerCoefficient$$

Dimana :
P = Daya yang dapat dihasilkan oleh turbin angin (kW)
A = Swept area wind turbine (m^2)
ρ = Massa jenis/densitas udara = 1,225 Kg/m3
η = Efisiensi turbin angin
v = Kecepatan angin (knot)

2.14. Baterai

2.14.1. Pengertian Baterai

Baterai (*Battery*) adalah sebuah alat yang dapat merubah energi kimia yang disimpannya menjadi energi listrik yang dapat digunakan oleh suatu perangkat elektronik maupun motor dengan sumber arus searah. Baterai menyimpan energi dalam bentuk bahan kimia yang dapat bereaksi untuk menyimpan energi ataupun melepas energi. Semakin banyak energi yang disimpan oleh suatu baterai, maka semakin banyak bahan baterai tersebut yang diperlukan. Setiap teknologi baterai mempunya perbandingan tertentu antara massa baterai dan energi yang dapat disimpan. Parameter ini disebut dengan kepadatan energi atau energi density.

2.14.2. Perhitungan Baterai

Pada rute yang terpilih ini dibutuhkan media penyimpanan untuk menyimpan energi yang dihasilkan oleh panel surya dan turbin angin. Baterai dipilih sebagai media penyimpanan energi listrik tersebut.

$$PS = (P.SP + P.TA) - P.G$$

Dimana :

PS	= Daya yang disimpan	(kW)
P.SP	= Daya yang dihasilkan solar panel	(kW)
P.TA	= Daya yang dihasilkan turbin angin	(kW)

2.15. Perhitungan ETA (*Estimate Time Arrival)*

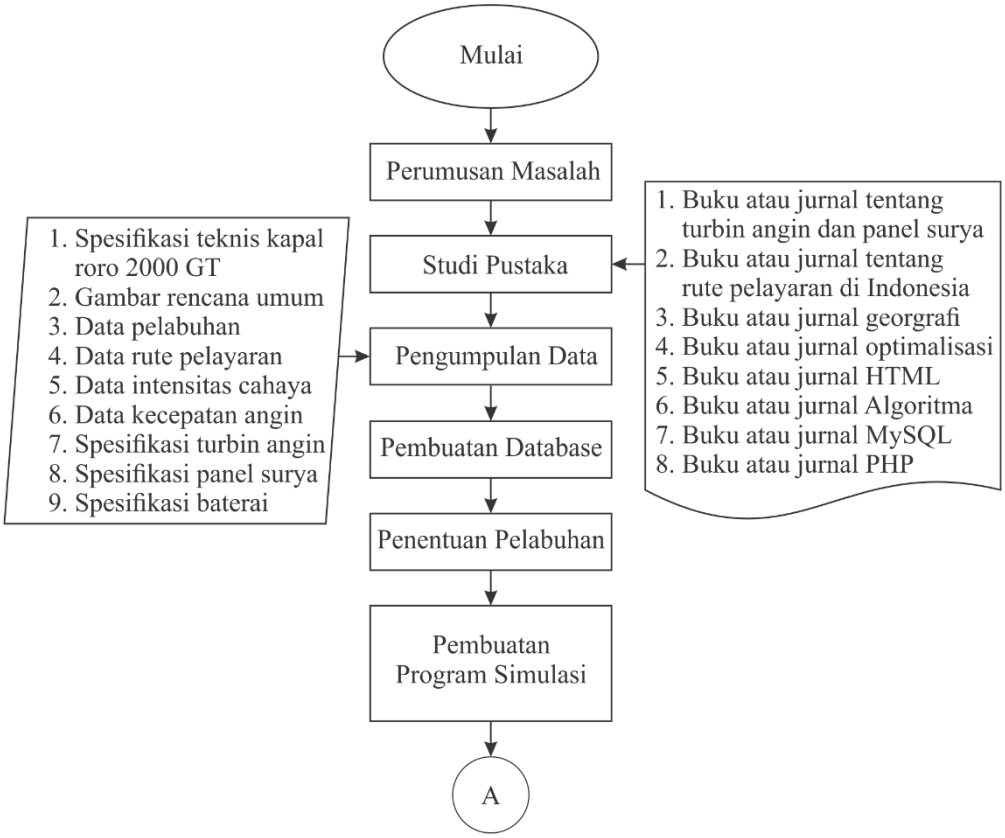
ETA (Estimate Time Arrival) adalah Estimasi waktu tiba. Perhitungan ini berguna untuk memperkirakan kapan kapal akan tiba di tempat tujuan. Metode ini bisa melalui udara, laut atau jasa pengiriman domestic seperti kereta api atau truk.

$$V = \frac{S}{t}$$

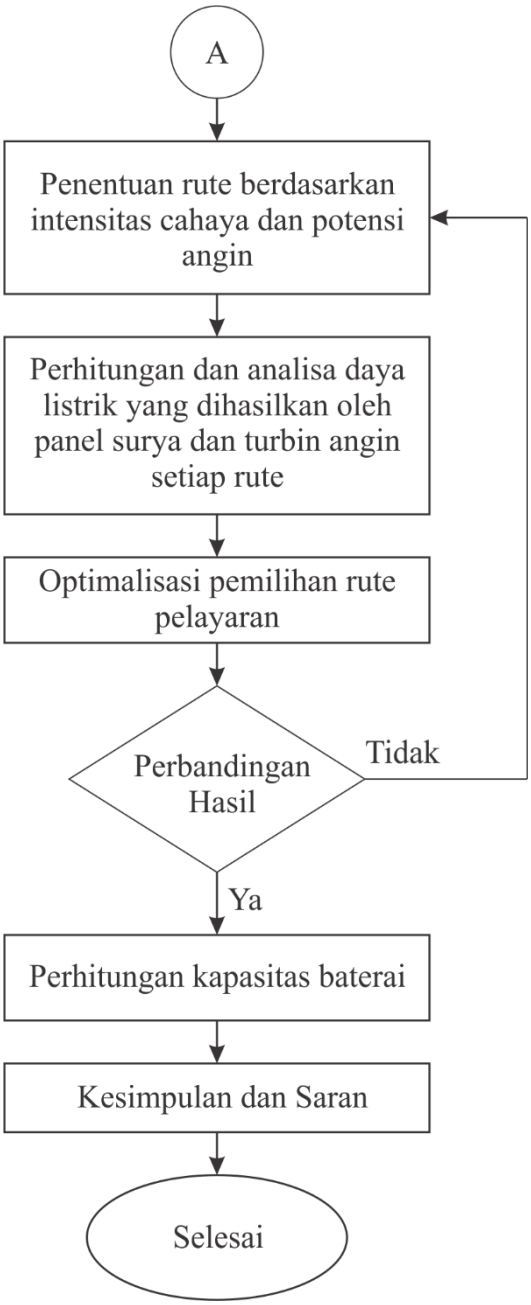
Dimana :

V	= Kecepatan kapal = 15 knot atau 15 mil/jam	
S	= Jarak antara pelabuhan	(*nautical mil*/mil laut)
t	= Perkiraan waktu sampai / ETA	(jam)

BAB III
METODE PENELITIAN



Gambar 3. 1. Metode Penelitian bagian A



Gambar 3. 2. Metode Penelitian bagian B

1.1. Tahapan Pelaksanaan Tugas Akhir

Dalam karya ilmiah yang baik perlu memiliki metodologi yang terperinci dengan sumber informasi yang sebanyak-banyaknya. Untuk mencapai hasil yang diinginkan, maka dalam pengerjaan Tugas Akhir ini diperlukan kerangka pengerjaan yang terstruktur. Metode yang akan digunakan untuk menyelesaikan masalah pada penelitian ini digunakan metode perhitungan dan analisa.

Dalam perencanaan eksperimen ini menggunakan tahapan-tahapan pengerjaan sebagai berikut :

1. Perumusan masalah
   Perumusan masalah merupakan tahapan paling awal dalam melakukan penyusunan tugas akhir. Pada tahap ini dilakukan perumusan terhadap permasalahan - permaslaahan yang ditemui di lapangan, sehingga dapat dilakukan analisa dan pengkajian agar permasalahan tersebut dapat diselesaikan dengan baik. Adapun perumusan masalah ini dapat dilakukan dengan cara mengamati dan menggali informasi mengenai suatu permasalahan yang terjadi di lapangan. Cara untuk merumuskan masalah pada pengerjaan tugas akhir ini adalah menentukan pelabuhan yang sesuai, menentukan rute pelayaran, dan mengetahui total daya yang dihasilkan oleh turbin angin dan solar panel pada setiap rute pelayaran yang ditentukan.

2. Studi Pustaka
   Studi literatur merupakan tahapan selanjutnya yang dilakukan setelah dilakukan perumusan masalah. Studi literatur disini untuk mencari referensi dari berbagai sumber. Adapun sumber-sumber tersebut dapat berupa buku, jurnal, paper atau sumber dari media internet. Dalam tahapan ini, dilakukan pencarian terhadap sumber-sumber terkait yang berhubungan dengan permasalahan yang akan dilakukan analisa atau pengkajian.

3. Pengumpulan Data
   Pengumpulan data selanjutnya merupakan tahapan yang sangat penting untuk dilakukan pada penyusunan tugas akhir ini. Pada tahap ini, dilakukan pengumpulan data-data yang dibutuhkan dalam melakukan analisis maupun kajian terhadap permasalahan yang sedang dihadapi. Dalam pengumpulan data ini banyak hal yang diperlukan untuk mendapatkan data melalui berbagai cara, antara lain sebagai berikut :

a. Data Primer
   Data ini merupakan data yang didapatkan dengan cara langsung dari sumber tanpa perantara.
b. Data Sekunder
   Dalam penyusunan tugas akhir ini, terdapat beberapa data di lapangan yang dibutuhkan, adapun data-data tersebut meliputi data spesifikasi teknis kapal roro 200 GT, gambar rencana umum, data pelabuhan, data

rute pelayaran kapal 2000 GT, spesifikasi turbin angin, spesifikasi panel surya, spesifikasi baterai serta data intensitas cahaya matahari dan data kecepatan angin.

4. Analisa dan Pembahasan
   Tahapan selanjutnya yaitu melakukan analisa data terhadap data-data yang telah didapatkan pada tahap pengumpulan data. Adapun pada tahapan ini dilakukan pemilihan rute pelayaran untuk kapal penyeberangan 2000 GT. Kemudian menghitung daya listrik yang mampu dihasilkan oleh panel surya dan turbin angin. Pemilihan rute pelayaran yang optimal dilakukan dengan menggunakan metode pemilihan rute menggunakan *brute force*. Setelah hasil pemilihan yang optimum diperoleh, dilakukan kajian ekonomis terhadap rute pelayaran tersebut.

5. Kesimpulan dan Saran
   Kesimpulan dan saran merupakan tahapan akhir adalah penyusunan tugas akhir ini. Pada tahap ini akan ditarik kesimpulan dari keseluruhan isi tugas akhir yang berkaitan dengan permasalahan serta analisanya yang telah dilakukan berdasarkan perhitungan. Adapun saran pada tugas akhir ini merupakan masukan-masukan yang diharapkan dapat bermanfaat untuk pengembangan penelitian-penelitian selanjutnya mengenai permasalahan terkait.

6. Penyusunan Laporan
   Pada tahap ini akan dilakukan penyusunan laporan sesuai dengan aturan penulisan yang baik dan benar.

BAB IV
ANALISA DAN PEMBAHASAN

4.1. Data Kapal Penyeberangan 2000 GT

Dalam pengerjaan skripsi ini membutuhkan data kapal yang dijadikan sebagai objek penelitian. Kapal yang digunakan sebagai objek penelitian dalam skripsi ini berjenis Roro Ferry penyeberangan kelas 2000 GT. Tabel 4.1. menunjukkan data utama kapal.

Tabel 4. 1. Data Utama Kapal

Nama Kapal		:	KMP. Drajat Paciran	
IMO Number		:	9848431	
MMSI		:	525101069	
Call Sign		:	YCBV2	
Panjang Keseluruhan	(Loa)	:	80.22	m
Panjang Antara Garis Tegak	(Lpp)	:	72	m
Lebar (moulded)	(Bmld)	:	15.2	m
Tinggi (moulded)	(Hmld)	:	5.1	m
Sarat Air	T	:	3.6	m
Gross Tonnage	(GT)	:	Abt 2300	GT
Kecepatan Percobaan	(Vt)	:	17	knot
Kecepatan Dinas	(Vs)	:	15	knot
Tenaga Penggerak Utama (Marine Diesel Engine)	Jumlah	:	2	Buah
	Daya min	:	@ 2600	HP
	RPM Maksimum	:	800	
	Sistem Pelumasan	:	Dry Circulation	
Rasio Roda Gigi (Gear Ratio)		:	Sesuai optimasi propeller	
Tenaga Mesin Bantu (Marine Auxiliary Engine)	Jumlah	:	2	Buah
	Daya min	:	@ 700	kVA/560 kW
Generator Poros (Shaft Generator Set)	Jumlah	:	2	Buah
	Daya min	:	@ 375	kVA/300 kW
Tenaga Bow Truster	Jumlah	:	1	Buah
	Daya	:	@64	kN/425

				kW
	Propeller	:	CPP	
Kelas Klasifikasi	BKI	:	+ A 100 ① P	
			"Kapal Penyeberangan" + SM	
	IACS	:	+ A 100 ① R2	
			"Car Ferry" + SM	

Gambar 4.1. menunjukkan gambar dari kapal Roro KMP. Drajat Paciran pada saat diluncurkan di PT. Adiluhung Saranegara pada 5 Desember 2017.

Gambar 4. 1. KMP. Drajat Paciran
(Sumber : www.instagram.com/p/Bcbkd9xAq1m)

4.2. Analisa Beban Lampu Penerangan

Beban lampu penerangan merupakan total kebutuhan daya yang dibutuhkan oleh Kapal Penyeberangan untuk menerangi kapal. Beban lampu penerangan ini terdiri atas lampu penerangan pada setiap ruangan di deck, beban pada stop kontak, dan juga lampu navigasi. Sesuai dengan data spesifikasi teknis yang dimiliki oleh kapal ini, lampu penerangan yang digunakan berjenis LED dengan tingkat kecerahan dalam satuan lux sebagai berikut :

a. Lampu Penerangan Kompartemen Lambung
   1. Ruang Mesin Kemudi : 200 Lux
   2. Ruang Power Pack : 200 Lux
   3. Ruang Mesin Bantu : 300 Lux
   4. Ruang Kontrol Kamar Mesin : 500 Lux
   5. Ruang Mesin Induk : 300 Lux
   6. Area Bengkel di Ruang Mesin Induk : 300 Lux
   7. Ruang Palka Sedan saat : 30 Lux

Pelayaran
8. Ruang Palka Sedan saat Bongkar – Muat : 300 Lux
9. Ruang Kosong : 80 Lux
10. Ruang Gang/Tangga : 100 Lux
11. Ruang Bow Thruster : 200 Lux

b. Lampu Penerangan Geladak Kendaraan
1. Ruang Tanki CO_2 (PS) : 200 Lux
2. Ruang Hidrofor Sprinkler & Pompa Darurat : 200 Lux
3. Gudang - gudang : 100 Lux
4. Gang & Tangga Kerja : 80 Lux
5. Gang & Tangga Akomodasi : 150 Lux
6. Kamar ABK secara umum : 150 Lux
7. Kamar ABK kondisi tidur : 30 Lux
8. Kamar ABK meja kerja : 500 Lux
9. WC secara umum : 150 Lux
10. KM/WC daerah basin & toilet : 200 Lux
11. Ruang Generator Darurat : 200 Lux
12. Ruang Kendaraan saat pelayaran : 30 Lux
13. Ruang Kendaraan saat bongkar-muat : 300 Lux

c. Lampu Penerangan Geladak Penumpang 01
1. Mesin Geladak Buritan : 200 Lux
2. Panel Kendali Mesin : 200 Lux
3. Geladak Haluan/Buritan : 200 Lux
4. Ruang Duduk Terbuka Buritan : 100 Lux
5. Gang Terbuka & Tangga : 100Lux
6. Mushola : 150 Lux
7. KM/WC secara umum : 150 Lux
8. KM/WC daerah basin & toilet : 200 Lux
9. Gang & Koridor R. Penumpang Ekonomi : 150 Lux
10. Area Tempat Tidur secara umum : 150 Lux
11. Area Tempat Tidur saat tidur : 30 Lux
12. Lobi & Tangga Akomodasi : 150 Lux
13. R. Informasi : 150 Lux
14. Mesin Geladak Haluan : 200 Lux
15. Depan Pintu-Pintu Rampa : 300 Lux

d. Lampu Penerangan Geladak Penumpang 02
1. Teras Buritan, Samping, Haluan & Ruang Terbuka : 100 Lux
2. Geladak Sekoci : 200 Lux
3. Restauran secara umum : 150 Lux
4. Restauran saat hiburan : 30 Lux
5. Meja Bar : 300 Lux

6. Panggung saat hiburan : 6 set lampu sorot (tipe PAR) 100 W dengan kaca pelindung dan filter warna, dipasang di langit - langit dan 2 moving head spot light kapasitas 250 W
7. Panggung secara umum : 300 Lux
8. Dapur : 500 Lux
9. Meja Kompor & Potong : 750 Lux
10. Gang & Koridor : 150 Lux
11. Kamar Penumpang Kelas, Klinik, ABK & Perwira secara Umum : 150 Lux
12. Kamar Penumpang Kelas, Klinik, ABK & Perwira saat tidur : 30 Lux
13. Kamar Penumpang Kelas, Klinik, ABK & Perwira di Meja Kerja : 500 Lux
14. KM/WC secara umum : 150 Lux
15. KM/WC daerah basin & toilet : 200 Lux
16. Mess ABK secara umum : 300 Lux
17. Mess ABK saat istirahat : 30 Lux
18. Binatu & Gudang Makanan : 300 Lux

e. Lampu Penerangan Geladak Navigasi
1. Ruang Kemudi secara umum : 300 Lux
2. Ruang Kemudi meja peta : 500 Lux
3. Ruang Kemudi saat malam di daerah koridor & pintu : 30 Lux
4. Ruang ESEP : 200 Lux
5. Tangga dan Koridor : 150 Lux
6. Kantor secara umum : 200 Lux
7. Kantor meja kerja : 500 Lux
8. Ruang AHU : 200 Lux
9. Ruang Duduk Terbuka : 150 Lux

f. Lampu Navigasi
1. Lampu sorot (search light) : 2 x 2000 W
2. Lampu morse (signal) di tiang radar : 1 x 300 W
3. Lampu NUC (red light) di tiang radar : 4 x 100 W
4. Lampu RAM (white light) di tiang radar : 2 x 100 W
5. Lampu jangkar (anchor light) di tiang radar : 1 x 100 W
6. Lampu tiang utama di tiang haluan (Forward Mast Head) : 1x 100 W
7. Lampu Tiang Utama di Tiang Buritan (Stern Mast Head) : 1 x 100 W
8. Lampu samping kiri (Port Side) warna merah : 1 x 100 W
9. Lampu samping kanan (Star Board Side) warna hijau : 1 x 100 W
10. Lampu tiang buritan (Stern Light) di tiang bendera burintan : 1 x 100 W

Berdasarkan data kecerahan lampu, maka total daya beban penerangan bisa di dapatkan seperti pada Tabel 4.2.

Tabel 4. 2. Total daya beban penerangan

NO	Lokasi	Nilai	Satuan
1	Lampu Penerangan Kompartemen Lambung	5,747	kW
2	Lampu Penerangan Geladak Kendaraan	4,388	kW
3	Lampu Penerangan Geladak Penumpang 01	9,221	kW
4	Lampu Penerangan Geladak Penumpang 02	30,48	kW
5	Lampu Penerangan Geladak Navigasi	4,643	kW
6	Lampu Navigasi	5,5	kW
	TOTAL	59,977	kW

Sehingga total beban penerangan pada kapal penyeberangan yang dijadikan objek penelitian adalah sebesar 59,977 kW.

4.3. Pemilihan Pelabuhan – Pelabuhan

Pelabuhan dipilih berdasarkan kemampuan pelabuhan tersebut dalam melayani kapal penyeberangan 2000 GT. Tabel 4.3. menunjukkan daftar pelabuhan yang akan menjadi bahan penelitian pada tugas akhir ini.

Tabel 4. 3. Daftar pelabuhan

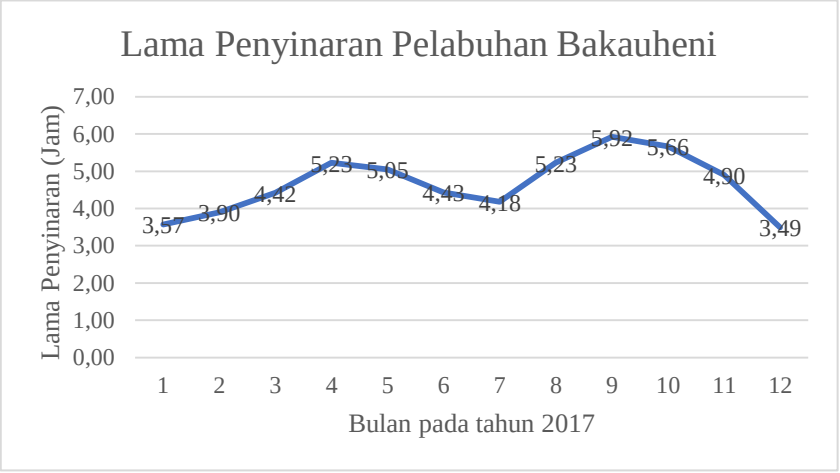
NO	Nama Pelabuhan	Lokasi Pelabuhan	Koordinat *Latitude/Longtitude*
1	Pelabuhan Bakauheni	Lampung	-5.8686075° / 105.759°
2	Pelabuhan Merak	Banten	-5.9446335° / 105.9917°
3	Pelabuhan Tanjung Priok	Jakarta	-6.125718° / 106.85125°
4	Pelabuhan Semarang/Tanjung Emas	Semarang	-6.948239° / 110.4191°
5	Pelabuhan Paciran	Lamongan	-6.8663115°/112.41355°
6	Pelabuhan Tanjung Perak	Surabaya	-7.2076375° / 112.7219°
7	Pelabuhan Padangbai	Karangasem, Bali	-8.533057° / 115.5117°
8	Pelabuhan Lembar	Lombok	-8.731°, 116.078°
9	Pelabuhan Garongkong	Sulawesi Selatan	-4.368406° / 119.6116°
10	Pelabuhan Kumai	Kotawaringin Barat, Kalimantan Tengah	-2.741758° / 111.72855°

4.4. Analisa Lama Penyinaran

Untuk mengetahui total daya rata-rata yang mampu dihasilkan oleh panel surya setiap bulannya, perlu dilakukan perhitungan lamanya waktu penyinaran dalam rute pelayaran kapal penyeberangan ini. Data hasil perhitungan digunakan untuk menjadi variabel dalam optimalisasi. Tabel 4.4. berikut ini menunjukkan data lamanya waktu penyinaran yang diambil pada Tahun 2017 dari Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG) :

Tabel 4. 4. Data Lama penyinaran matahari pada Pelabuhan Bakauheni

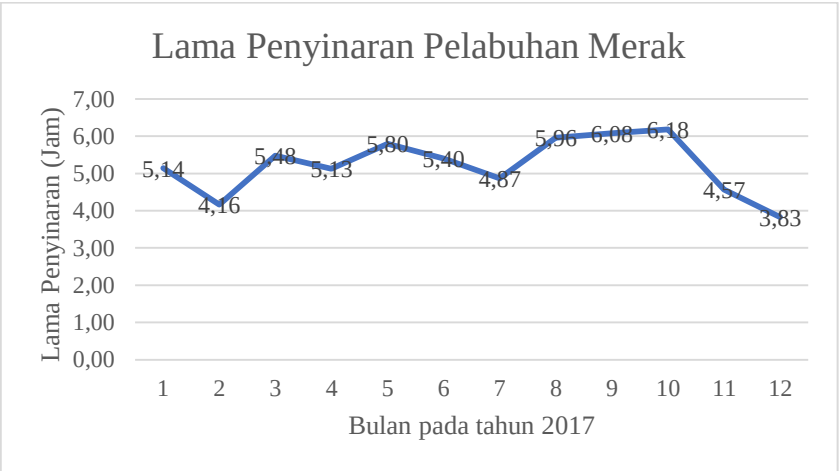
Pelabuhan Bakauheni		
NO	Bulan	Lama Penyinaran (Jam)
1	Januari 2017	3,57
2	Februari 2017	3,90
3	Maret 2017	4,42
4	April 2017	5,23
5	Mei 2017	5,05
6	Juni 2017	4,43
7	Juli 2017	4,18
8	Agustus 2017	5,23
9	September 2017	5,92
10	Oktober 2017	5,66
11	November 2017	4,90
12	Desember 2017	3,49



Grafik 4. 1. Lama penyinaran Pelabuhan Bakauheni

Tabel 4. 5. Data Lama penyinaran matahari pada Pelabuhan Merak

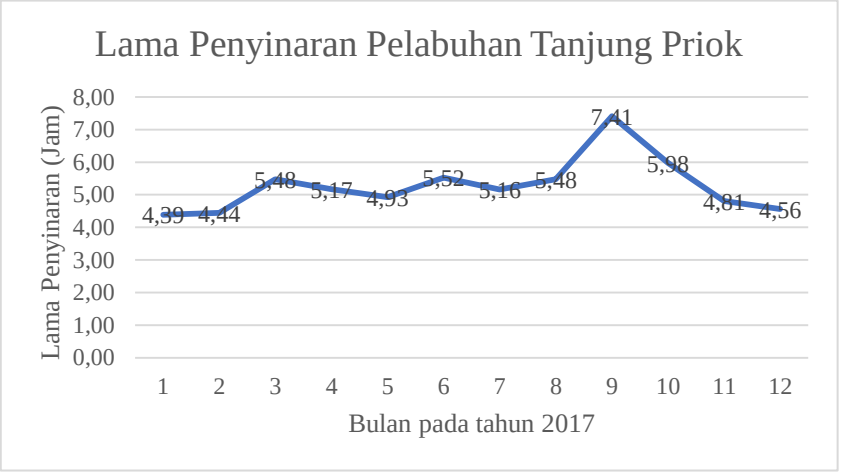
Pelabuhan Merak		
NO	Bulan	Lama Penyinaran (Jam)
1	Januari 2017	5,14
2	Februari 2017	4,16
3	Maret 2017	5,48
4	April 2017	5,13
5	Mei 2017	5,80
6	Juni 2017	5,40
7	Juli 2017	4,87
8	Agustus 2017	5,96
9	September 2017	6,08
10	Oktober 2017	6,18
11	November 2017	4,57
12	Desember 2017	3,83



Grafik 4. 2. Lama penyinaran Pelabuhan Merak

Tabel 4. 6. Data Lama penyinaran Matahari pada Pelabuhan Tanjung Priok

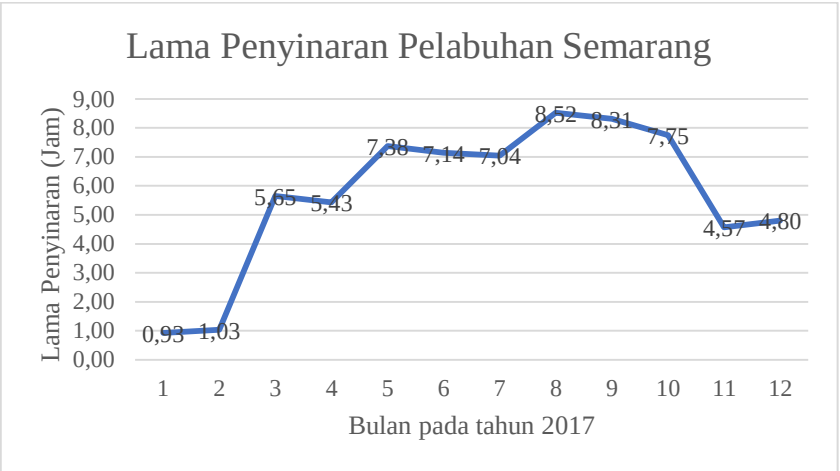
Pelabuhan Tanjung Priok		
NO	Bulan	Lama Penyinaran (Jam)
1	Januari 2017	4,39
2	Februari 2017	4,44
3	Maret 2017	5,48
4	April 2017	5,17
5	Mei 2017	4,93
6	Juni 2017	5,52
7	Juli 2017	5,16
8	Agustus 2017	5,48
9	September 2017	7,41
10	Oktober 2017	5,98
11	November 2017	4,81
12	Desember 2017	4,56



Grafik 4. 3. Lama penyinaran Pelabuhan Tanjung Priok

Tabel 4. 7. Data Lama penyinaran Matahari pada Pelabuhan Semarang

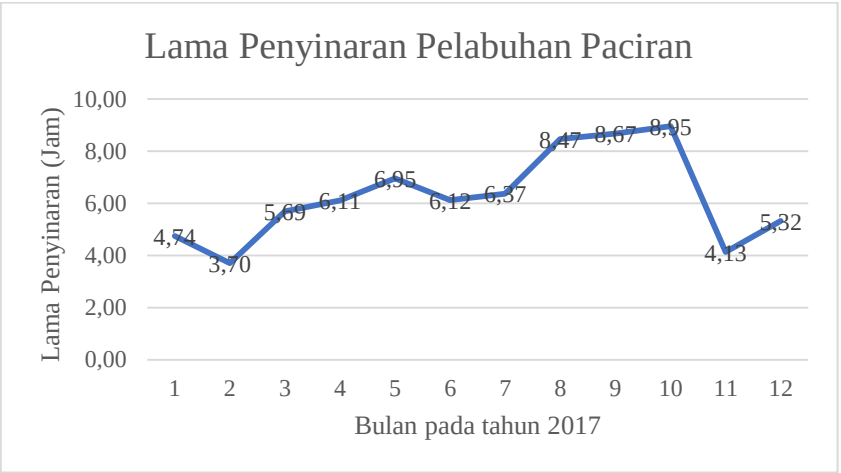
Pelabuhan Semarang		
NO	Bulan	Lama Penyinaran (Jam)
1	Januari 2017	0,93
2	Februari 2017	1,03
3	Maret 2017	5,65
4	April 2017	5,43
5	Mei 2017	7,38
6	Juni 2017	7,14
7	Juli 2017	7,04
8	Agustus 2017	8,52
9	September 2017	8,31
10	Oktober 2017	7,75
11	November 2017	4,57
12	Desember 2017	4,80



Grafik 4. 4. Lama penyinaran Pelabuhan Semarang

Tabel 4. 8. Data Lama penyinaran Matahari pada Pelabuhan Paciran

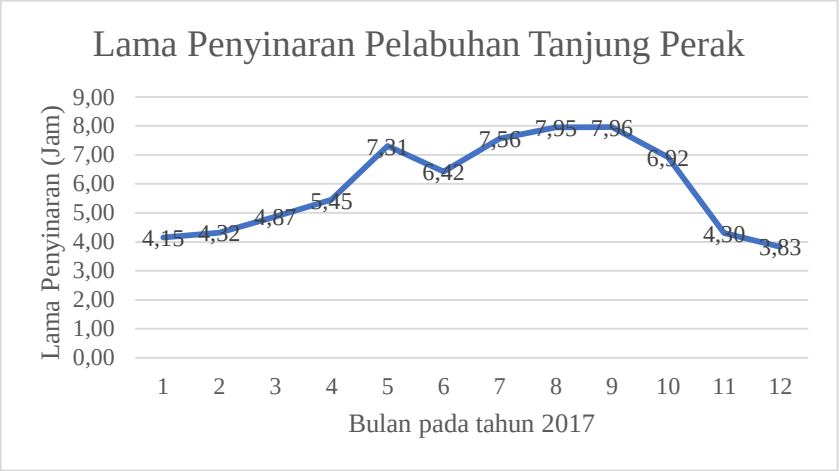
Pelabuhan Paciran		
NO	Bulan	Lama Penyinaran (Jam)
1	Januari 2017	4,74
2	Februari 2017	3,70
3	Maret 2017	5,69
4	April 2017	6,11
5	Mei 2017	6,95
6	Juni 2017	6,12
7	Juli 2017	6,37
8	Agustus 2017	8,47
9	September 2017	8,67
10	Oktober 2017	8,95
11	November 2017	4,13
12	Desember 2017	5,32



Grafik 4. 5. Lama penyinaran Pelabuhan Paciran

Tabel 4. 9. Data Lama penyinaran Matahari pada Pelabuhan Tanjung Perak

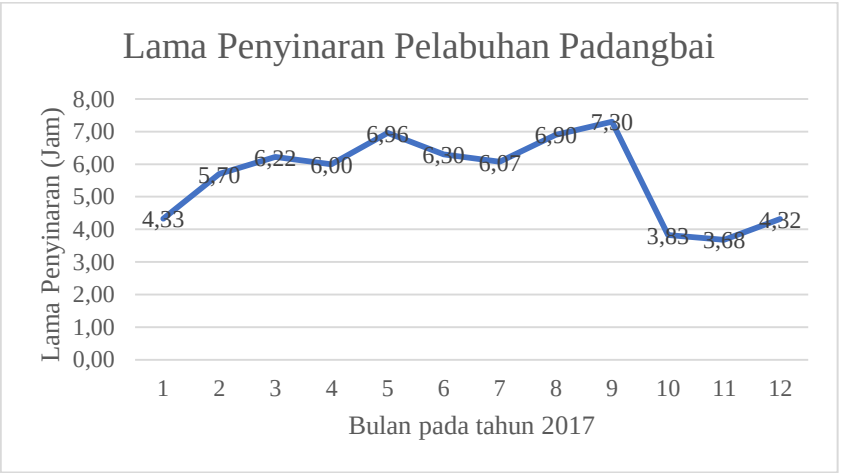
Pelabuhan Tanjung Perak		
NO	Bulan	Lama Penyinaran (Jam)
1	Januari 2017	4,15
2	Februari 2017	4,32
3	Maret 2017	4,87
4	April 2017	5,45
5	Mei 2017	7,31
6	Juni 2017	6,42
7	Juli 2017	7,56
8	Agustus 2017	7,95
9	September 2017	7,96
10	Oktober 2017	6,92
11	November 2017	4,30
12	Desember 2017	3,83



Grafik 4. 6. Lama penyinaran Pelabuhan Tanjung Perak

Tabel 4. 10. Data Lama penyinaran Matahari pada Pelabuhan Padangbai

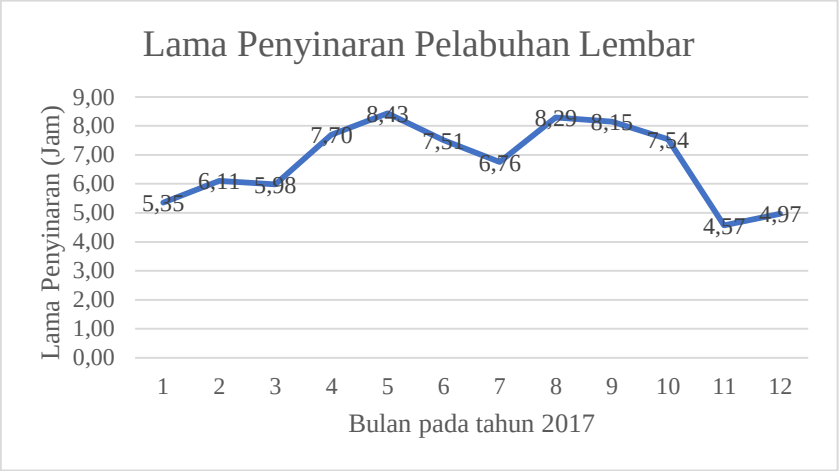
Pelabuhan Padangbai		
NO	Bulan	Lama Penyinaran (Jam)
1	Januari 2017	4,33
2	Februari 2017	5,70
3	Maret 2017	6,22
4	April 2017	6,00
5	Mei 2017	6,96
6	Juni 2017	6,30
7	Juli 2017	6,07
8	Agustus 2017	6,90
9	September 2017	7,30
10	Oktober 2017	3,83
11	November 2017	3,68
12	Desember 2017	4,32



Grafik 4. 7. Lama penyinaran Pelabuhan Padangbai

Tabel 4. 11. Data Lama penyinaran Matahari pada Pelabuhan Lembar

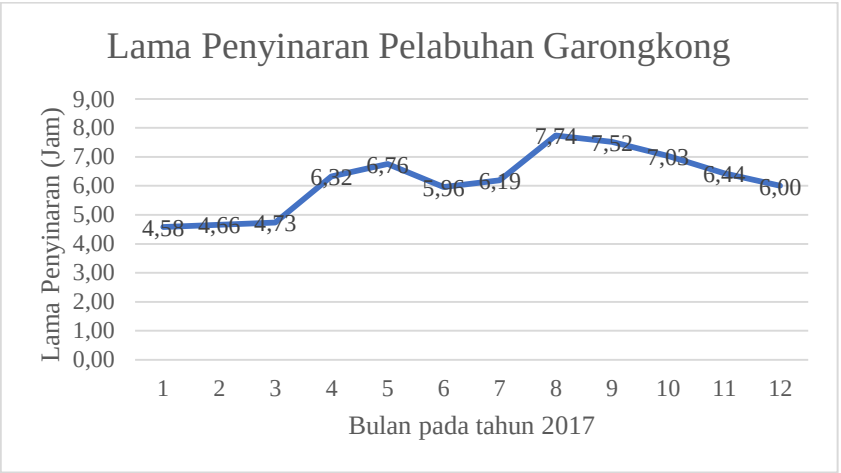
Pelabuhan Lembar		
NO	Bulan	Lama Penyinaran (Jam)
1	Januari 2017	5,35
2	Februari 2017	6,11
3	Maret 2017	5,98
4	April 2017	7,70
5	Mei 2017	8,43
6	Juni 2017	7,51
7	Juli 2017	6,76
8	Agustus 2017	8,29
9	September 2017	8,15
10	Oktober 2017	7,54
11	November 2017	4,57
12	Desember 2017	4,97



Grafik 4. 8. Lama penyinaran Pelabuhan Lembar

Tabel 4. 12. Data Lama penyinaran Matahari pada Pelabuhan Garongkong

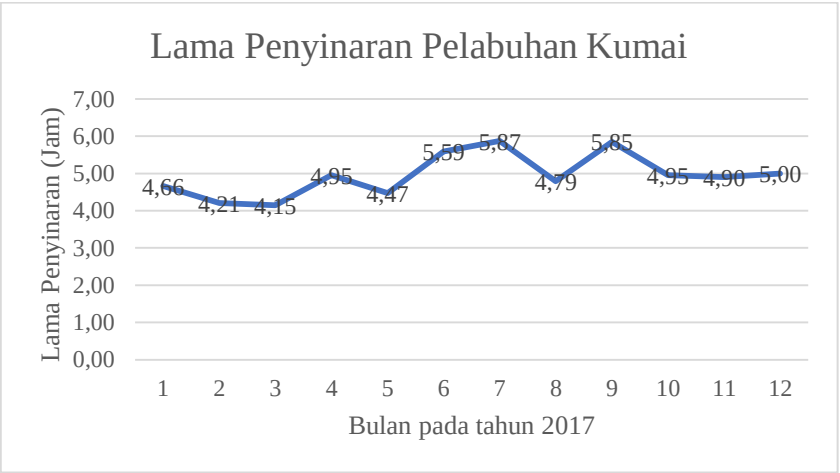
Pelabuhan Garongkong		
NO	Bulan	Lama Penyinaran (Jam)
1	Januari 2017	4,58
2	Februari 2017	4,66
3	Maret 2017	4,73
4	April 2017	6,32
5	Mei 2017	6,76
6	Juni 2017	5,96
7	Juli 2017	6,19
8	Agustus 2017	7,74
9	September 2017	7,52
10	Oktober 2017	7,03
11	November 2017	6,44
12	Desember 2017	6,00



Grafik 4. 9. Lama penyinaran Pelabuhan Garongkong

Tabel 4. 13. Data Lama penyinaran Matahari pada Pelabuhan Kumai

Pelabuhan Kumai		
NO	Bulan	Lama Penyinaran (Jam)
1	Januari 2017	4,66
2	Februari 2017	4,21
3	Maret 2017	4,15
4	April 2017	4,95
5	Mei 2017	4,47
6	Juni 2017	5,59
7	Juli 2017	5,87
8	Agustus 2017	4,79
9	September 2017	5,85
10	Oktober 2017	4,95
11	November 2017	4,90
12	Desember 2017	5,00



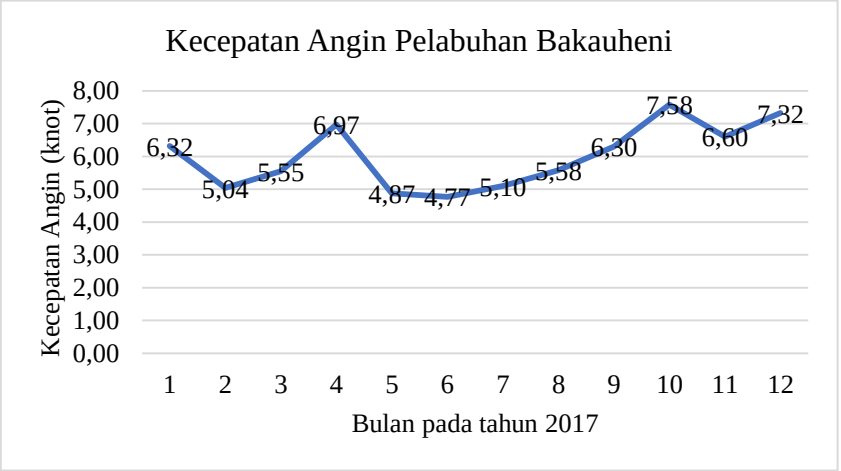
Grafik 4. 10. Lama penyinaran Pelabuhan Kumai

4.5. Analisa Kecepatan Angin

Untuk mengetahui total daya rata-rata yang mampu dihasilkan oleh turbin angin setiap bulannya, perlu dilakukan perhitungan kecepatan angin rata-rata dalam rute pelayaran kapal penyeberangan ini. Data hasil perhitungan digunakan untuk menjadi variabel dalam optimalisasi. Tabel IV.14. berikut ini adalah data kecepatan angin yang diambil pada Tahun 2017 dari Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG) :

Tabel 4. 14. Data Kecepatan Angin pada Pelabuhan Bakauheni

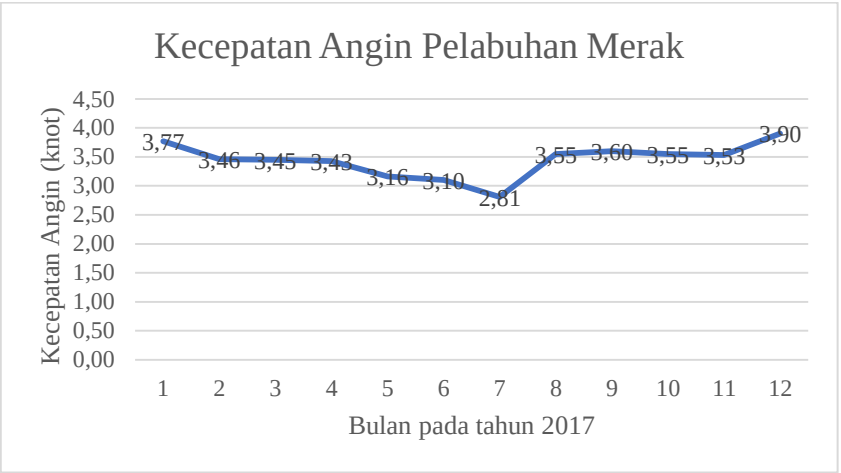
Pelabuhan Bakauheni		
NO	Bulan	Kecepatan Angin (knot)
1	Januari 2017	6,32
2	Februari 2017	5,04
3	Maret 2017	5,55
4	April 2017	6,97
5	Mei 2017	4,87
6	Juni 2017	4,77
7	Juli 2017	5,10
8	Agustus 2017	5,58
9	September 2017	6,30
10	Oktober 2017	7,58
11	November 2017	6,60
12	Desember 2017	7,32



Grafik 4. 11. Kecepatan angin Pelabuhan Bakauheni

Tabel 4. 15. Data Kecepatan Angin pada Pelabuhan Merak

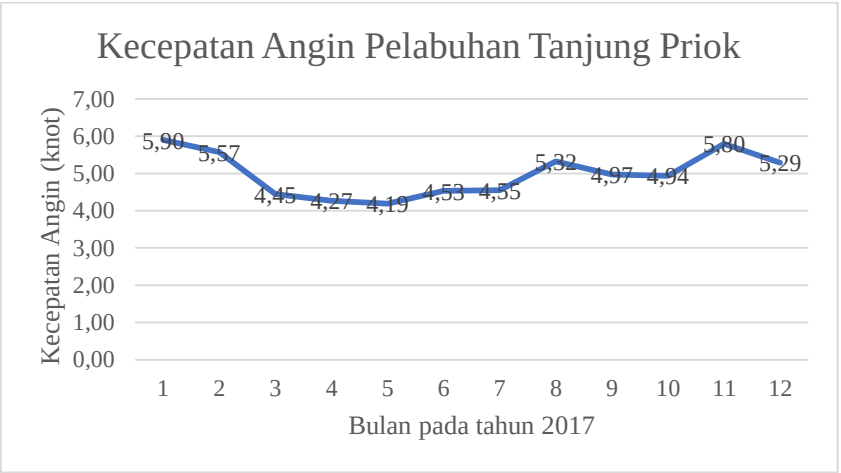
Pelabuhan Merak		
NO	Bulan	Kecepatan Angin (knot)
1	Januari 2017	3,77
2	Februari 2017	3,46
3	Maret 2017	3,45
4	April 2017	3,43
5	Mei 2017	3,16
6	Juni 2017	3,10
7	Juli 2017	2,81
8	Agustus 2017	3,55
9	September 2017	3,60
10	Oktober 2017	3,55
11	November 2017	3,53
12	Desember 2017	3,90



Grafik 4. 12. Kecepatan angin Pelabuhan Merak

Tabel 4. 16. Data Kecepatan Angin pada Pelabuhan Tanjung Priok

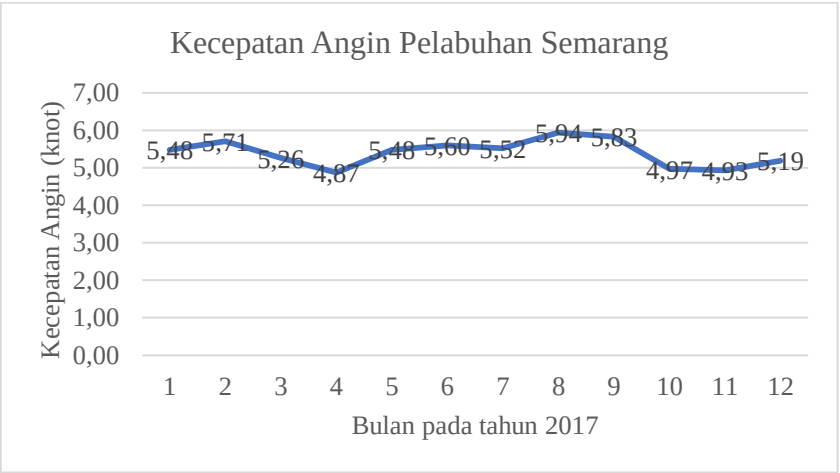
Pelabuhan Tanjung Priok		
NO	Bulan	Kecepatan Angin (knot)
1	Januari 2017	5,90
2	Februari 2017	5,57
3	Maret 2017	4,45
4	April 2017	4,27
5	Mei 2017	4,19
6	Juni 2017	4,53
7	Juli 2017	4,55
8	Agustus 2017	5,32
9	September 2017	4,97
10	Oktober 2017	4,94
11	November 2017	5,80
12	Desember 2017	5,29



Grafik 4. 13. Kecepatan angin Pelabuhan Tanjung Priok

Tabel 4. 17. Data Kecepatan Angin pada Pelabuhan Semarang

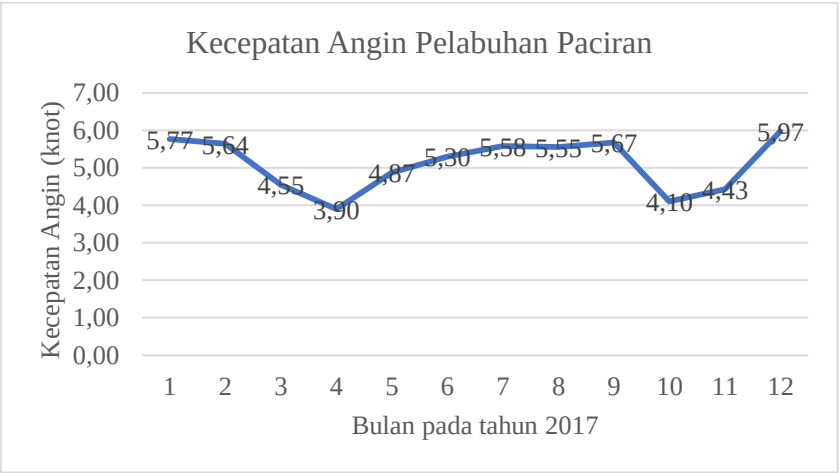
Pelabuhan Semarang		
NO	Bulan	Kecepatan Angin (knot)
1	Januari 2017	5,48
2	Februari 2017	5,71
3	Maret 2017	5,26
4	April 2017	4,87
5	Mei 2017	5,48
6	Juni 2017	5,60
7	Juli 2017	5,52
8	Agustus 2017	5,94
9	September 2017	5,83
10	Oktober 2017	4,97
11	November 2017	4,93
12	Desember 2017	5,19



Grafik 4. 14. Kecepatan angin Pelabuhan Semarang

Tabel 4. 18. Data Kecepatan Angin pada Pelabuhan Paciran

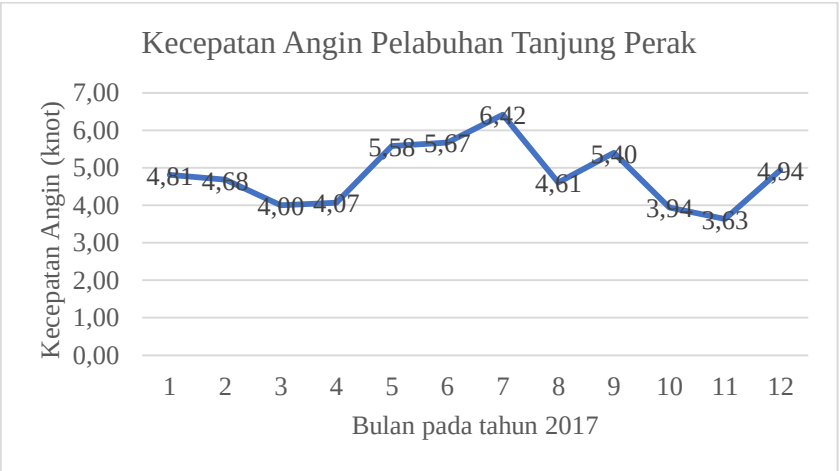
Pelabuhan Paciran		
NO	Bulan	Kecepatan Angin (knot)
1	Januari 2017	5,77
2	Februari 2017	5,64
3	Maret 2017	4,55
4	April 2017	3,90
5	Mei 2017	4,87
6	Juni 2017	5,30
7	Juli 2017	5,58
8	Agustus 2017	5,55
9	September 2017	5,67
10	Oktober 2017	4,10
11	November 2017	4,43
12	Desember 2017	5,97



Grafik 4. 15. Kecepatan angin Pelabuhan Paciran

Tabel 4. 19. Data Kecepatan Angin pada Pelabuhan Tanjung Perak

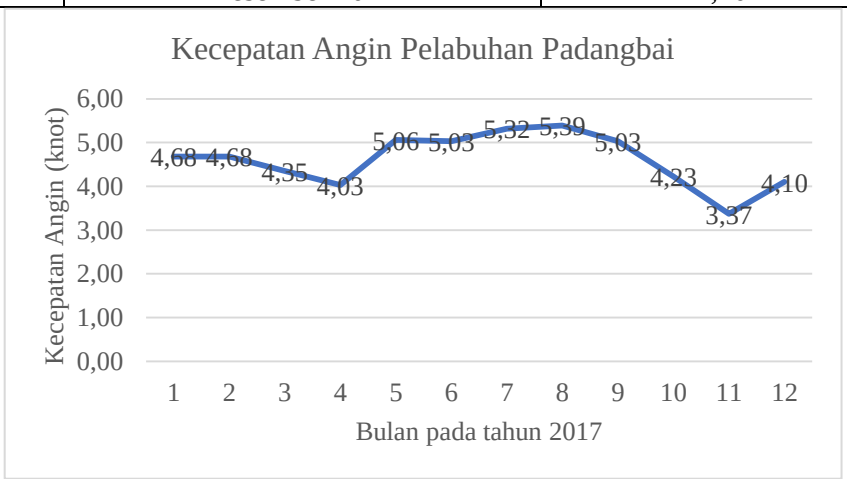
Pelabuhan Tanjung Perak		
NO	Bulan	Kecepatan Angin (knot)
1	Januari 2017	4,81
2	Februari 2017	4,68
3	Maret 2017	4,00
4	April 2017	4,07
5	Mei 2017	5,58
6	Juni 2017	5,67
7	Juli 2017	6,42
8	Agustus 2017	4,61
9	September 2017	5,40
10	Oktober 2017	3,94
11	November 2017	3,63
12	Desember 2017	4,94



Grafik 4. 16. Kecepatan angin Pelabuhan Tanjung Perak

Tabel 4. 20. Data Kecepatan Angin pada Pelabuhan Padangbai

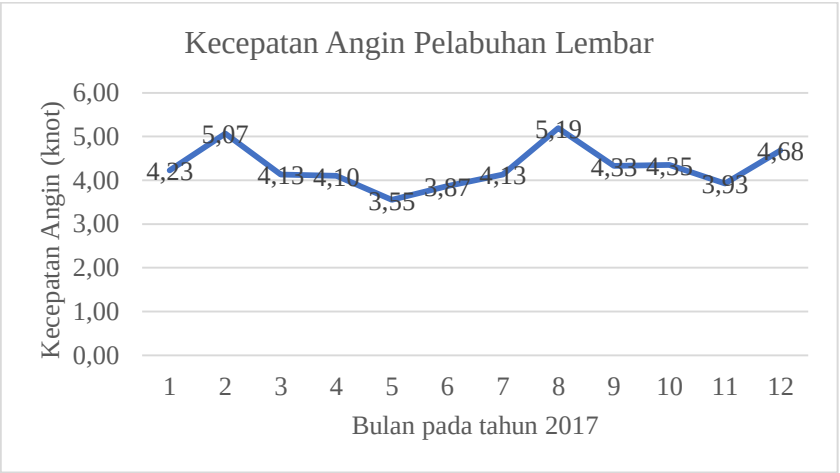
Pelabuhan Padangbai		
NO	Bulan	Kecepatan Angin (knot)
1	Januari 2017	4,68
2	Februari 2017	4,68
3	Maret 2017	4,35
4	April 2017	4,03
5	Mei 2017	5,06
6	Juni 2017	5,03
7	Juli 2017	5,32
8	Agustus 2017	5,39
9	September 2017	5,03
10	Oktober 2017	4,23
11	November 2017	3,37
12	Desember 2017	4,10



Grafik 4. 17. Kecepatan angin Pelabuhan Padangbai

Tabel 4. 21. Data Kecepatan Angin pada Pelabuhan Lembar

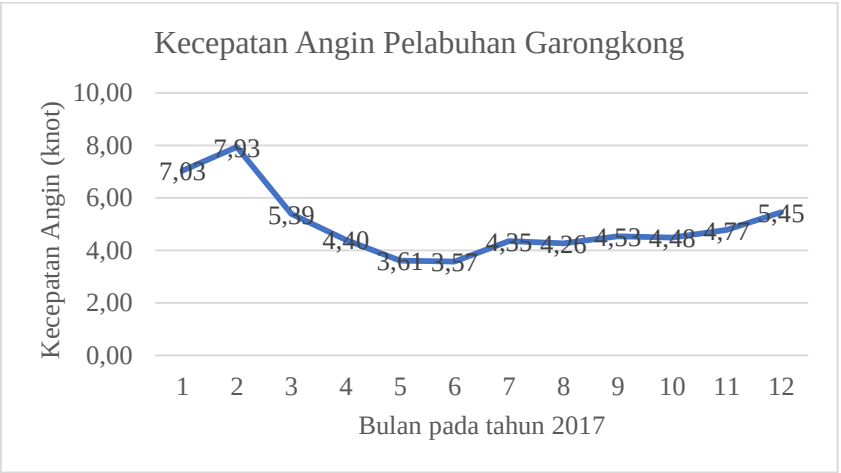
Pelabuhan Lembar		
NO	Bulan	Kecepatan Angin (knot)
1	Januari 2017	4,23
2	Februari 2017	5,07
3	Maret 2017	4,13
4	April 2017	4,10
5	Mei 2017	3,55
6	Juni 2017	3,87
7	Juli 2017	4,13
8	Agustus 2017	5,19
9	September 2017	4,33
10	Oktober 2017	4,35
11	November 2017	3,93
12	Desember 2017	4,68



Grafik 4. 18. Kecepatan angin Pelabuhan Lembar

Tabel 4. 22. Data Kecepatan Angin pada Pelabuhan Garongkong

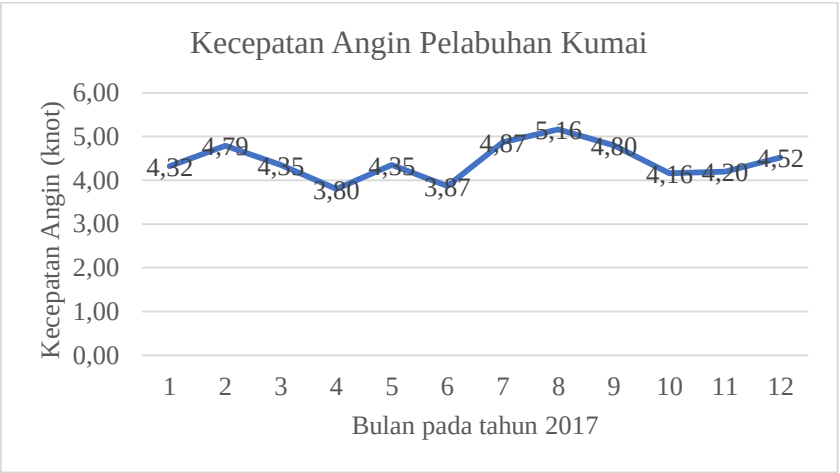
Pelabuhan Garongkong		
NO	Bulan	Kecepatan Angin (knot)
1	Januari 2017	7,03
2	Februari 2017	7,93
3	Maret 2017	5,39
4	April 2017	4,40
5	Mei 2017	3,61
6	Juni 2017	3,57
7	Juli 2017	4,35
8	Agustus 2017	4,26
9	September 2017	4,53
10	Oktober 2017	4,48
11	November 2017	4,77
12	Desember 2017	5,45



Grafik 4. 19. Kecepatan angin Pelabuhan Garongkong

Tabel 4. 23. Data Kecepatan Angin pada Pelabuhan Kumai

Pelabuhan Kumai		
NO	Bulan	Kecepatan Angin (knot)
1	Januari 2017	4,32
2	Februari 2017	4,79
3	Maret 2017	4,35
4	April 2017	3,80
5	Mei 2017	4,35
6	Juni 2017	3,87
7	Juli 2017	4,87
8	Agustus 2017	5,16
9	September 2017	4,80
10	Oktober 2017	4,16
11	November 2017	4,20
12	Desember 2017	4,52



Grafik 4. 20. Kecepatan angin Pelabuhan Kumai

4.6. Beban Penerangan pada Setiap Jam

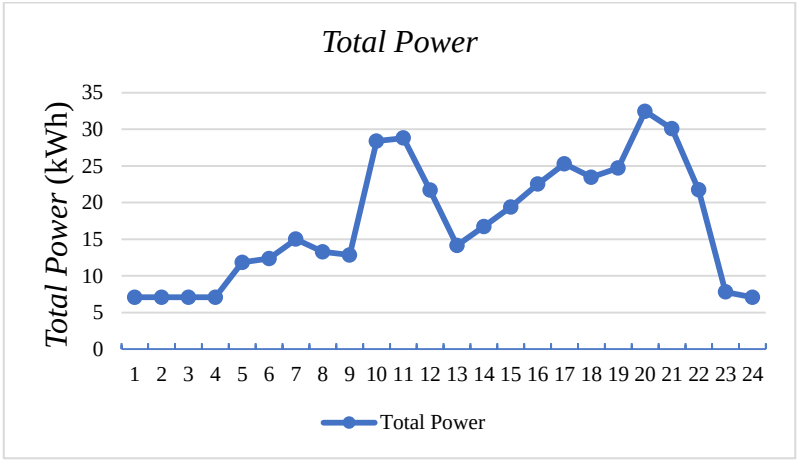
Tabel 4.24. menunjukkan total beban penerangan keseluruhan kapal pada setiap jam selama 1 hari.

Tabel 4. 24. Total Beban Penerangan pada Setiap Jam

Jam	Total Daya per Jam	
	(Wh)	(kWh)
1	7076	7,076
2	7076	7,076
3	7076	7,076
4	7076	7,076
5	11834	11,834

6	12362	12,362
7	15001	15,001
8	13275	13,275
9	12848	12,848
10	28383	28,383
11	28791	28,791
12	21673	21,673
13	14162	14,162
14	16737	16,737
15	19395	19,395
16	22514	22,514
17	25292	25,292
18	23451	23,451
19	24712	24,712
20	32443	32,443
21	30071	30,071
22	21722	21,722
23	7798	7,798
24	7076	7,076
Total	418220	418,22

Grafik 4.21. menunjukkan besarnya beban penerangan pada setiap jam pada Kapal KMP. Drajat Paciran.



Grafik 4. 21. Beban penerangan pada setiap jam

4.7. Spesifikasi Panel Surya

Panel surya yang dipakai untuk awning navigation deck, awning top deck, dan di navigation deck adalah Sun Power E20-435-COM. Tabel 4.25. menunjukkan spesifikasi panel surya.

Tabel 4. 25. Spesifikasi Panel Surya

Merk		Sun Power
Model		E20-435-COM
Nominal Power	(W)	435
Power Tolerance	(%)	+/- 5
Efficiency	(%)	20,3
Rated Voltage	(V)	72,9
Rated Current	(A)	5,97
Wight	(Kg)	25,4
Price	(USD)	420
	(IDR)	5675675,7
Dimension	(mm)	1046 x 2067 x 46

4.8. Spesifikasi Turbin Angin

Turbin angin yang dipakai untuk diaplikasikan adalah jenis Aeolos V 3KW dan Aeolos V 10 KW.

a. Turbin Angin Aeolos V 3 kW

Gererator Type : Three Phase Permanent Magnet
Rotor Height : 3,6 m (11,81 feet)
Rotor Width : 2,4 m (7,8 feet)
Turbine Weight : 106 kg (235,6 lbs)
Blades Material : Aluminium Alloy
Bade Quantity : 3 pcs
Working Temperature : -20^{o}C to 50^{o}C
Design Lifetime : 20 years
Rated Power : 3000 W
Max Output Power : 3600 W
Cut In Wind Speed : 2,5 m/s (5,58 mph)
Rated Wind Speed : 12 m/s (26,84 mph)
Survival Wind Speed : 55 m/s (122,65 mph)
Generator Efficiency : 96%
Noise Level : <45 dB(A)
Warranty : 5 years

b. Turbin Angin Aeolos V 10 kW

Gererator Type : Three Phase Permanent Magnet
Rotor Height : 6,5 m (21,33 feet)
Rotor Width : 5 m (16,4 feet)
Turbine Weight : 680 kg (1499,1 lbs)
Blades Material : Aluminium Alloy
Bade Quantity : 3 pcs
Working Temperature : -20^{o}C to 50^{o}C
Design Lifetime : 20 years
Rated Power : 10000 W

Max Output Power	*: 12000 W*
Cut In Wind Speed	*: 2,5 m/s (5,6 mph)*
Rated Wind Speed	*: 12 m/s (26,8 mph)*
Survival Wind Speed	*: 55 m/s (122,65 mph)*
Generator Efficiency	*: 96%*
Noise Level	*: <38 dB(A)*
Warranty	*: 5 years*

4.9. Analisa Jarak Pelabuhan

Untuk mengetahui total bahan bakar yang diperlukan kapal setiap bulannya, perlu dilakukan perhitungan jarak antar pelabuhan dalam rute pelayaran kapal penyeberangan ini. Data hasil perhitungan digunakan untuk menjadi variabel dalam optimalisasi. Gambar 4.3. menunjukkan gambar dari peta lokasi 10 pelabuhan. Berikut data jarak pelabuhan yang diambil dari sumber (*Marine Traffic Application)*:

ID [1] adalah Pelabuhan Bakauheni
ID [2] adalah Pelabuhan Merak
ID [3] adalah Pelabuhan Tanjung Priok
ID [4] adalah Pelabuhan Semarang
ID [5] adalah Pelabuhan Paciran
ID [6] adalah Pelabuhan Tanjung Perak
ID [7] adalah Pelabuhan Padangbai
ID [8] adalah Pelabuhan Lembar
ID [9] adalah Pelabuhan Garongkong
ID [10] adalah Pelabuhan Kumai

Gambar 4. 2. Peta lokasi 10 pelabuhan
(Sumber : Dokumen Tugas Akhir Desi Annike Putri,2018)

4.10. Perhitungan ETA (*Estimate Time Arrival)*

$$V = \frac{S}{t}$$

Dimana :

V = Kecepatan kapal = 15 knot atau 15 mil/jam
S = Jarak antara pelabuhan (*nautical mil*/mil laut)
t = Perkiraan waktu sampai / ETA (jam)

Tabel 4.26. menunjukkan daftar data jarak pelabuhan.

Tabel 4. 26. Data Jarak Pelabuhan

ID Awal	ID akhir	Jarak	Satuan	Endurance	Satuan
1	2	59	Nm	4	Jam
1	3	122	Nm	8	Jam
1	4	353	Nm	24	Jam
1	5	519	Nm	35	Jam
1	6	524	Nm	35	Jam
1	7	745	Nm	50	Jam
1	8	741	Nm	49	Jam
1	9	885	Nm	59	Jam
1	10	476	Nm	32	Jam
2	3	68,7	Nm	5	Jam
2	4	300,2	Nm	20	Jam
2	5	466	Nm	31	Jam
2	6	471,3	Nm	31	Jam
2	7	710,8	Nm	47	Jam
2	8	687,5	Nm	46	Jam
2	9	822	Nm	55	Jam
2	10	400	Nm	27	Jam
3	4	243	Nm	16	Jam
3	5	338	Nm	23	Jam
3	6	385	Nm	26	Jam
3	7	626	Nm	42	Jam
3	8	643	Nm	43	Jam
3	9	782	Nm	52	Jam
3	10	356	Nm	24	Jam
4	5	155	Nm	10	Jam
4	6	189	Nm	13	Jam
4	7	426	Nm	28	Jam
4	8	427	Nm	28	Jam
4	9	589	Nm	39	Jam
4	10	255	Nm	17	Jam
5	6	36,6	Nm	2	Jam

5	7	267	Nm	18	Jam
5	8	268	Nm	18	Jam
5	9	455	Nm	30	Jam
5	10	246	Nm	16	Jam
6	7	230	Nm	15	Jam
6	8	233	Nm	16	Jam
6	9	464	Nm	31	Jam
6	10	275	Nm	18	Jam
7	8	31,8	Nm	2	Jam
7	9	358	Nm	24	Jam
7	10	553	Nm	37	Jam
8	9	354	Nm	24	Jam
8	10	542	Nm	36	Jam
9	10	555	Nm	37	Jam

4.11. Perancangan Database

Perancang database menentukan entity, attribute, relasinya dan konsep lainnya dalam suatu sistem database.

4.11.1. Perancangan *Database Logic (Logical Database Design)*

Tahap perancangan ini disebut juga pemetaan model data. Berikut langkah-langkah dalam merancang *database logic :*

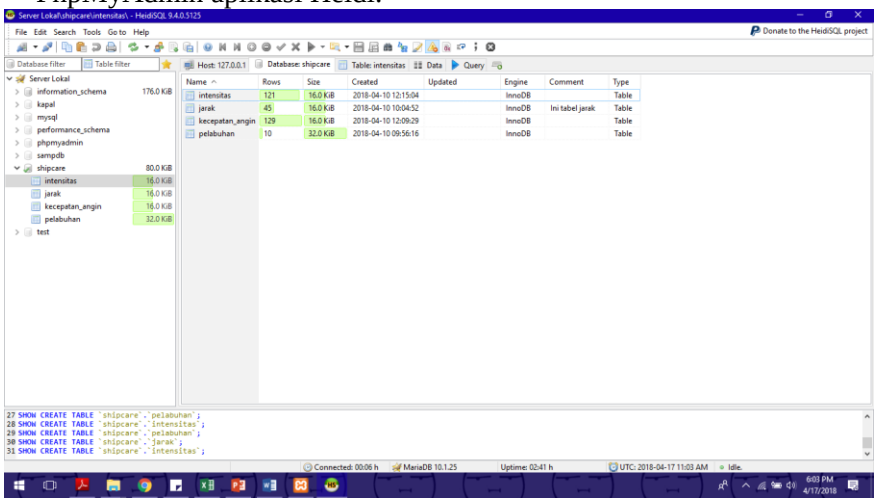
1. Mendefinisikan *Entity* yang dibutuhkan. Entitas pada sistem yang akan dibangun ialah : intensitas cahaya, kecepatan angin, pelabuhan, dan jarak.
2. Menentukan *Attribute* setiap *Entity* beserta kuncinya. Tabel 4.27. menunjukkan daftar *attribute* beserta kuncinya.

Tabel 4. 27. Daftar Attribute beserta Kuncinya

Entity	Attribute
Intensitas Cahaya	Kode Intensitas Cahaya
	ID Pelabuhan
	Bulan
	Tahun
	Nilai Intensitas Cahaya
Kecepatan Angin	Kode Kecepatan Angin
	ID Pelabuhan
	Bulan
	Tahun
	Nilai Kecepatan Angin
Pelabuhan	Kode Pelabuhan
	Nama Pelabuhan
	Latitude
	Longtitude

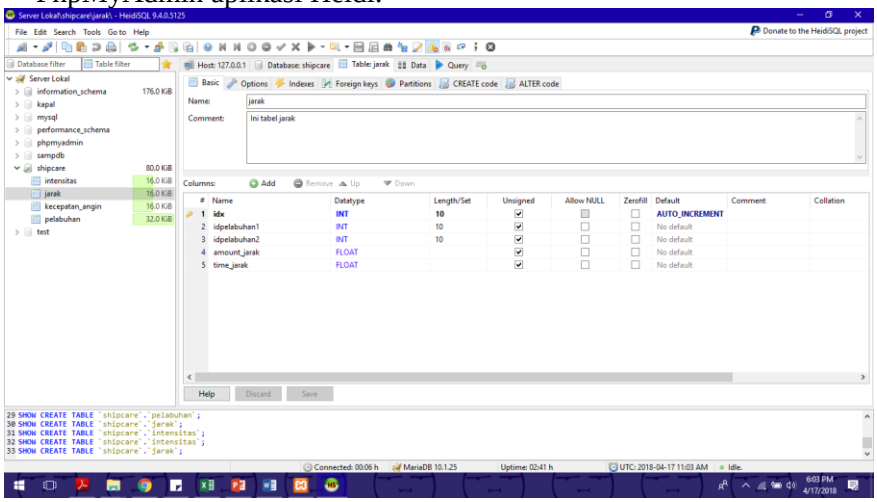
Jarak	Kode Jarak
	ID Pelabuhan 1
	ID Pelabuhan 2
	Nilai Jarak
	Waktu Tempuh

Gambar 4.4. menunjukkan gambar dari *entity data* pada PhpMyAdmin aplikasi Heidi.



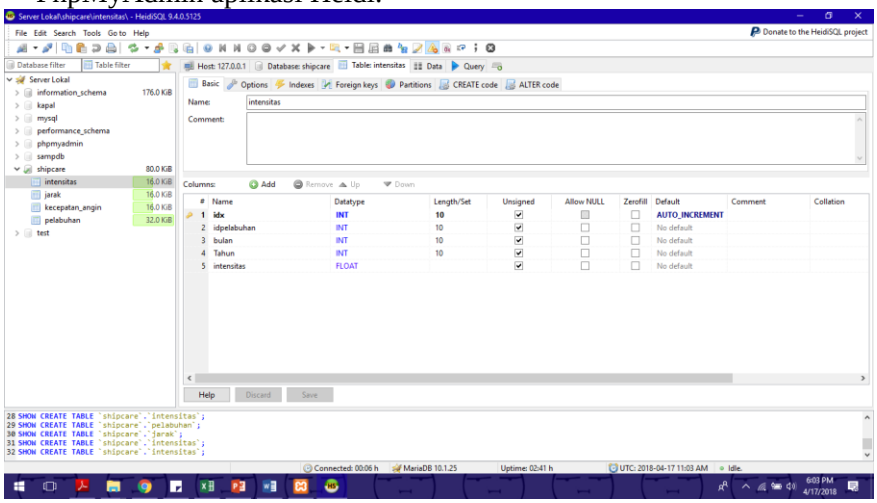
Gambar 4. 3. Entity data pada PhpMyAdmin

Gambar 4.5. menunjukkan gambar dari *Atribute* jarak pada PhpMyAdmin aplikasi Heidi.



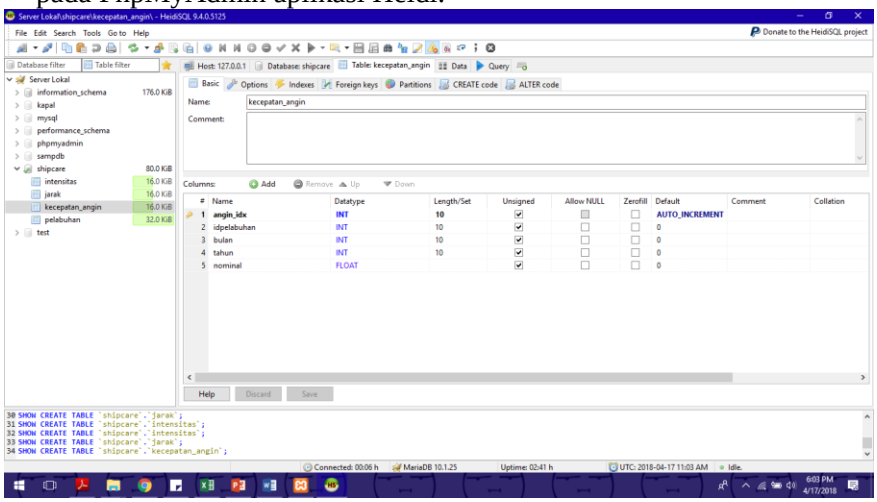
Gambar 4. 4. Atribute jarak pada PhpMyAdmin

Gambar 4.6. menunjukkan gambar dari *Atribute* cahaya pada PhpMyAdmin aplikasi Heidi.



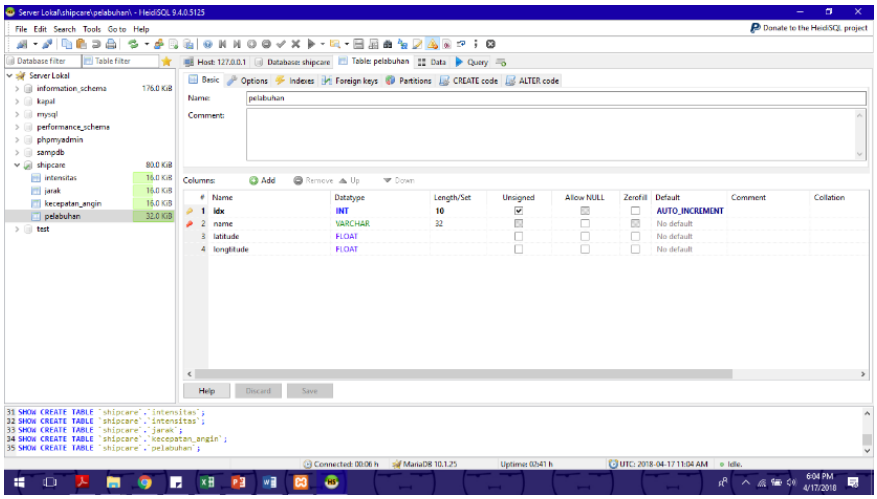
Gambar 4. 5. Attribute cahaya pada PhpMyAdmin

Gambar 4.57 menunjukkan gambar dari *Atribute* kecepatan angin pada PhpMyAdmin aplikasi Heidi.



Gambar 4. 6. Attribute Kecepatan Angin pada Phpmyadmin

Gambar 4.8. menunjukkan gambar dari *Atribute* pelabuhan pada PhpMyAdmin aplikasi Heidi.



Gambar 4. 7. Attribute Pelabuhan pada Phpmyadmin

4.11.2. Perancangan *Database* Fisik (*Physical Database Design)*

Perancangan database ini merupakan perancangan dari tabel-tabel yang akan digunakan dalam pembuatan program nantinya. SQL mempunyai kerja mengolah database tentu membutuhkan suatu nilai untuk menampung data. SQL memiliki beberapa tipe data yang nantinya akan digunakan pada penelitian ini. Berikut tipe data SQL yang dipakai dalam penelitian ini :

1. VARCHAR adalah tipe data untuk menampung data yang bertipe karakter atau alfabet (A-Z). Contoh : Pelabuhan Tanjung Perak.
2. INT adalah tipe data yang digunakan untuk menampung data bertipe angka atau numeric (0-9) contoh : 1234,9876.
3. FLOAT adalah tipe data yang dapat menampung bilangan real. Contoh : 4,57.

Gambar 4.9., Gambar 4.10., Gambar 4.11., dan Gambar 4.12. menunjukkan gambar dari database fisik masing-masing tabel.

#	Name	Datatype	Length/Set	Unsigned	Allow NULL	Zerofill	Default
1	**angin_idx**	**INT**	**10**	☑	☐	☐	**AUTO_INCREMENT**
2	idpelabuhan	INT	10	☑	☐	☐	0
3	bulan	INT	10	☑	☐	☐	0
4	tahun	INT	10	☑	☐	☐	0
5	nominal	FLOAT		☑	☐	☐	0

Gambar 4. 8. Database Fisik kecepatan angin

#	Name	Datatype	Length/Set	Unsigned	Allow NULL	Zerofill	Default
1	**idx**	**INT**	**10**	☑	☐	☐	**AUTO_INCREMENT**
2	idpelabuhan1	INT	10	☑	☐	☐	No default
3	idpelabuhan2	INT	10	☑	☐	☐	No default
4	amount_jarak	FLOAT		☑	☐	☐	No default
5	time_jarak	FLOAT		☑	☐	☐	No default

Gambar 4. 9. Database Fisik Jarak

Columns: Add Remove Up Down

#	Name	Datatype	Length/Set	Unsigned	Allow NULL	Zerofill	Default
1	idx	INT	10	☑	☐	☐	AUTO_INCREMENT
2	idpelabuhan	INT	10	☑	☐	☐	No default
3	bulan	INT	10	☑	☐	☐	No default
4	Tahun	INT	10	☑	☐	☐	No default
5	intensitas	FLOAT		☑	☐	☐	No default

Gambar 4. 10. Database Fisik Intensitas Cahaya

Columns: Add Remove Up Down

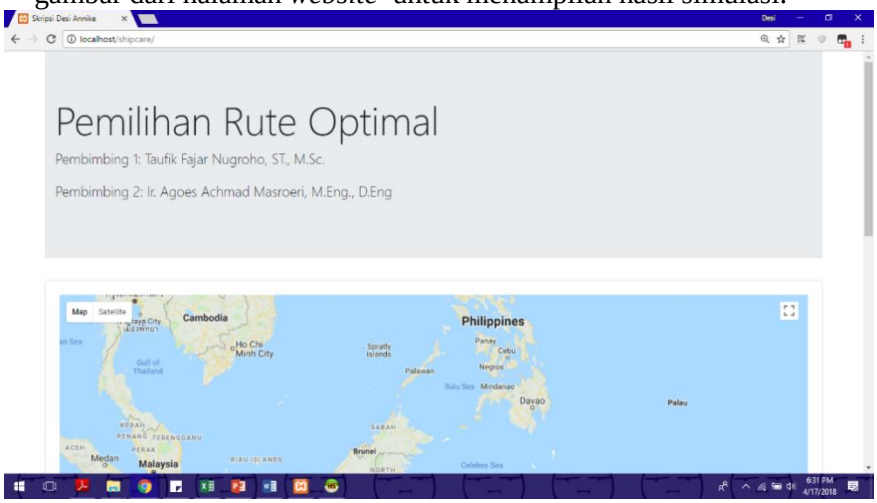
#	Name	Datatype	Length/Set	Unsigned	Allow NULL	Zerofill	Default
1	idx	INT	10	☑	☐	☐	AUTO_INCREMENT
2	name	VARCHAR	32	☐	☐	☐	No default
3	latitude	FLOAT		☐	☐	☐	No default
4	longtitude	FLOAT		☐	☐	☐	No default

Gambar 4. 11. Database Fisik Pelabuhan

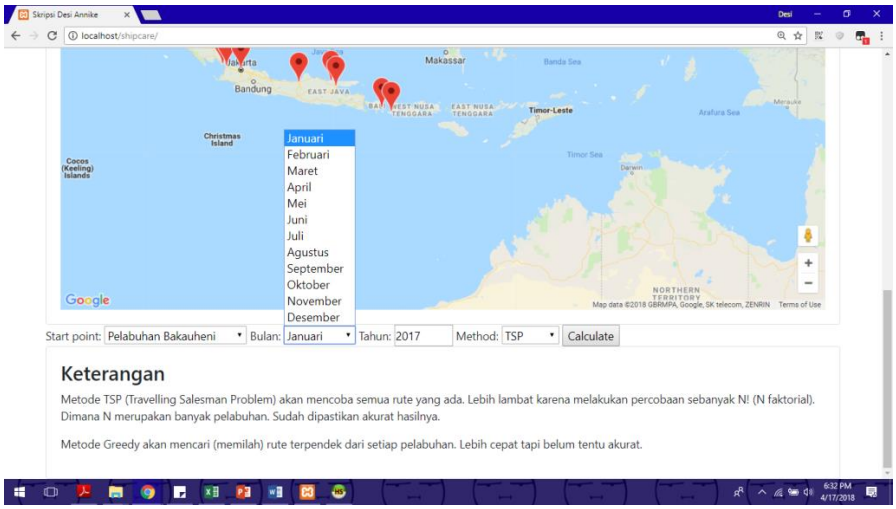
4.12. Perancangan *Interface*

Interface adalah sebuah media yang menghubungkan antara pengguna dengan system informasi. Sistem yang akan dibangun diharapkan dapat menyediakan *interface* yang mudah dipahami oleh pengguna, karena jika *interface* dibuat terlalu rumit dan memakan waktu bagi pengguna untuk memahami dan menggunakannya, dikhawatirkan hal ini justru akan memunculkan kembali faktor keengganan terhadap pemakaian perangkat lunak tersebut.

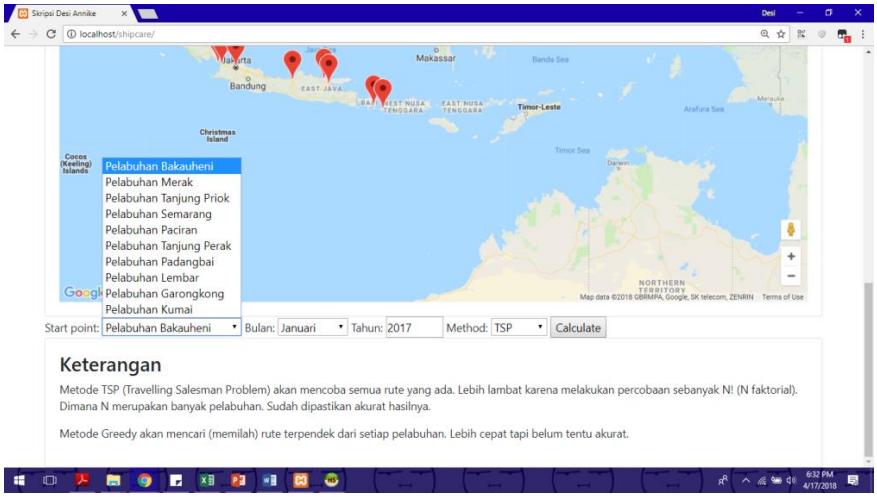
Tahap ini adalah proses pembuatan aplikasi web, tampilan dari website dibuat dengan menggunakan HTML dibantu dengan CSS untuk mempercantik tampilan. Selanjutnya dilakukan pengkodean dengan bahasa PHP pada file yang telah dihasilkan sebelumnya. Kode-kode PHP adalah untuk mengakses database MySQL, Kontrol pengguna, input data lewat proses form, pemerosesan data-data, serta menampilkan output pada halaman web. Gambar 4.13., Gambar 4.14., dan Gambar 4.15. menunjukkan gambar dari halaman *website* untuk menampilan hasil simulasi.



Gambar 4. 12. Interface pada Halaman Utama



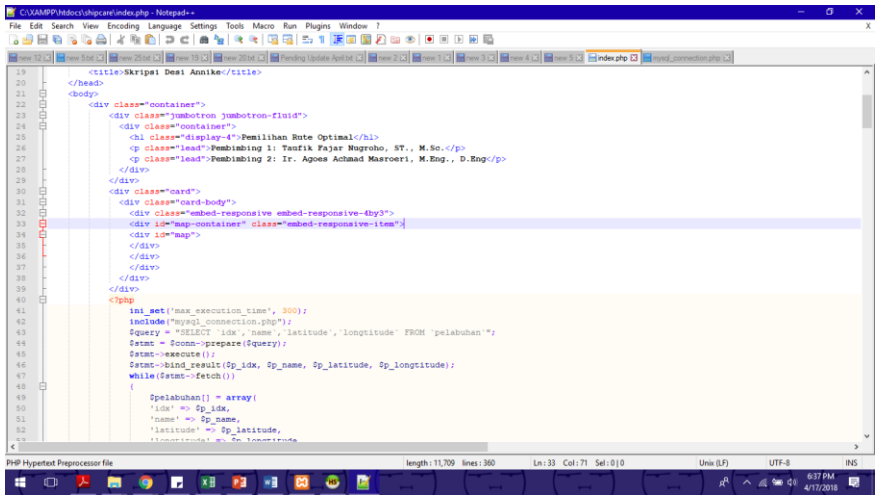
Gambar 4. 13. Interface pada Halaman Utama



Gambar 4. 14. Interface pada Halaman Utama

4.13. *Coding* PHP *Script*

Kegiatan pengkodean aplikasi dilakukan dengan bahasa pemograman HTML, PHP, basis data MySQL serta *browser Chrome* melalui notepad++. Notepad++ digunakan karena kode-kode yang telah dibuat dapat langsung dijalankan. *Mysql_connection.php* berisi konfigurasi dan koneksi database. Terdapat fungsi sambung yang akan melakukan koneksi database dan fungsi tutup yang akan mengakhiri suatu koneksi database. Skrip ini akan digunakan oleh semua skrip lain yang memerlukan koneksi ke database. Index.php skrip ini merupakan halaman beranda dimana proses simulasi rute dilakukan. Gambar 4.16. menunjukkan gambar dari tampilan saat pengkodean.



Gambar 4. 15. Tampilan saat Pengkodean

4.14. Perhitungan Kapasitas Baterai

Pada rute yang terpilih ini dibutuhkan media penyimpanan untuk menyimpan energi yang dihasilkan oleh panel surya dan turbin angin. Baterai dipilih sebagai media penyimpanan energi listrik tersebut. Baterai tersebut nantinya akan digunakan untuk menyuplai kebutuhan beban listrik pada Kapal 2000 GT. Dalam perencanaan kebutuhan baterai ini, dilakukan perhitungan selisih daya antara supply dan demand sehingga dapat disimpan dan digunakan saat dibutuhkan sebagai cadangan daya.

$$PS = (P.SP + P.TA) - P.G$$

Dimana :

PS	= Daya yang disimpan	(kW)
P.SP	= Daya yang dihasilkan solar panel	(kW)
P.TA	= Daya yang dihasilkan turbin angin	(kW)

Baterai yang sudah dipilih pada penelitian sebelumnya adalah sebagai berikut :

Rools Battery

Type	: AGM
Volt	: 12
Ah	: 375
Dimension (mm)	
Length	: 552
Width	: 337
Height	: 310
Weight (Kg)	: 104
Price	: 1299 USD

4.15. Perhitungan Bahan Bakar Generator

Berdasarkan hasil penelitian sebelumnya yang telah dilakukan pemilihan generator yang baru, selanjutnya kita dapat menghitung konsumsi bahan bakar generator dengan sistem kelistrikan hybrid yang menggunakan generator, panel surya, dan turbin angin. Bahan bakar yang digunakan untuk generator utama adalah solar dengan harga Rp5250/liter. Tabel IV.29. menunjukkan jumlah konsumsi bahan bakar dan total biaya operasional pembelian bahan bakar. Tabel 4.29. menunjukkan hasil perhitungan konsumsi bahan bakar generator utama.

P1 = Pelabuhan awal
P2 = Pelabuhan akhir
Jarak = Jarak antara P1 ke P2 (mil laut)
ETA = Estimasi waktu sampai (jam)
FOC = Total konsumsi bahan bakar generator (liter)
Dimana FOC = 96,9 L/hr

Tabel 4. 28. Konsumsi bahan bakar generator utama

P1	ke	P2	Jarak	ETA	FOC	IDR
1	ke	2	59	3,9	381,1	2000985
1	ke	3	122	8,1	788,1	4137630
1	ke	4	353	23,5	2280,4	11971995
1	ke	5	519	34,6	3352,7	17601885
1	ke	6	524	34,9	3385,0	17771460
1	ke	7	745	49,7	4812,7	25266675
1	ke	8	741	49,4	4786,9	25131015
1	ke	9	885	59,0	5717,1	30014775
1	ke	10	476	31,7	3075,0	16143540
2	ke	3	68,7	4,6	443,8	2329961
2	ke	4	300,2	20,0	1939,3	10181283
2	ke	5	466	31,1	3010,4	15804390
2	ke	6	471,3	31,4	3044,6	15984140
2	ke	7	710,8	47,4	4591,8	24106782
2	ke	8	687,5	45,8	4441,3	23316563
2	ke	9	822	54,8	5310,1	27878130
2	ke	10	400	26,7	2584,0	13566000
3	ke	4	243	16,2	1569,8	8241345
3	ke	5	338	22,5	2183,5	11463270
3	ke	6	385	25,7	2487,1	13057275
3	ke	7	626	41,7	4044,0	21230790
3	ke	8	643	42,9	4153,8	21807345

3	ke	9	782	52,1	5051,7	26521530
3	ke	10	356	23,7	2299,8	12073740
4	ke	5	155	10,3	1001,3	5256825
4	ke	6	189	12,6	1220,9	6409935
4	ke	7	426	28,4	2752,0	14447790
4	ke	8	427	28,5	2758,4	14481705
4	ke	9	589	39,3	3804,9	19975935
4	ke	10	255	17,0	1647,3	8648325
5	ke	6	36,6	2,4	236,4	1241289
5	ke	7	267	17,8	1724,8	9055305
5	ke	8	268	17,9	1731,3	9089220
5	ke	9	455	30,3	2939,3	15431325
5	ke	10	246	16,4	1589,2	8343090
6	ke	7	230	15,3	1485,8	7800450
6	ke	8	233	15,5	1505,2	7902195
6	ke	9	464	30,9	2997,4	15736560
6	ke	10	275	18,3	1776,5	9326625
7	ke	8	31,8	2,1	205,4	1078497
7	ke	9	358	23,9	2312,7	12141570
7	ke	10	553	36,9	3572,4	18754995
8	ke	9	354	23,6	2286,8	12005910
8	ke	10	542	36,1	3501,3	18381930
9	ke	10	555	37,0	3585,3	18822825

4.16. Hasil Perhitungan Simulasi

Hasil perhitungan dibagi menjadi dua bagian, antara lain :

4.16.1. Hasil Perhitungan Simulasi pada Seluruh Pelabuhan

Tabel 4.30. menunjukkan hasil perhitungan simulasi pada seluruh pelabuhan selama 12 bulan.

P1 = Pelabuhan pertama
P2 = Pelabuhan kedua
P3 = Pelabuhan ketiga
P4 = Pelabuhan keempat
P5 = Pelabuhan kelima
P6 = Pelabuhan keenam
P7 = Pelabuhan ketujuh
P8 = Pelabuhan kedelapan
P9 = Pelabuhan kesembilan
P10 = Pelabuhan kesepuluh
Daya = Daya Generator – (Daya Panel Surya + Daya Turbin Angin) (kW)

OP1 = Urutan daya terendah sampai tertinggi pada setiap bulan
OP2 = Urutan daya terendah sampai tertinggi pada tahun 2017

Tabel 4. 29. Hasil perhitungan simulasi pada seluruh pelabuhan

Bulan	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	Daya	OP1	OP2
1	1	4	3	5	8	9	7	6	10	2	89972,4	1	84
1	2	10	6	7	9	8	5	3	4	1	89972,4	1	84
1	3	5	8	9	7	6	10	2	4	1	91844,5	4	96
1	4	2	10	3	5	8	9	7	6	1	99879,4	10	120
1	5	8	9	7	6	3	10	2	4	1	96023,4	8	113
1	6	7	9	8	5	3	10	2	4	1	94473,4	5	101
1	7	9	8	6	3	5	10	2	4	1	94783,9	7	108
1	8	9	7	6	3	5	10	2	4	1	94710,3	6	106
1	9	8	6	7	5	3	10	2	4	1	90396,6	3	88
1	10	2	4	3	5	8	9	7	6	1	96277,8	9	116
2	1	4	3	5	8	9	7	6	10	2	89902,5	1	82
2	2	10	6	7	9	8	5	3	4	1	89902,5	1	82
2	3	5	8	9	7	6	10	2	4	1	91803,0	4	95
2	4	2	10	3	5	8	9	7	6	1	99848,4	10	119
2	5	8	9	7	6	3	10	2	4	1	95953,0	8	112
2	6	7	9	8	5	3	10	2	4	1	94436,9	5	100
2	7	9	8	6	3	5	10	2	4	1	94787,0	7	109
2	8	9	7	6	3	5	10	2	4	1	94703,7	6	105
2	9	8	6	7	5	3	10	2	4	1	90376,7	3	87
2	10	2	4	3	5	8	9	7	6	1	96234,7	9	115
3	1	3	4	2	10	5	7	6	8	9	75703,3	1	31
3	2	10	6	7	9	8	5	4	3	1	76027,9	3	34
3	3	1	4	2	10	5	7	6	8	9	79314,3	4	42
3	4	2	10	6	7	9	8	5	3	1	83908,6	10	67
3	5	8	9	7	6	10	2	4	3	1	80793,8	8	55
3	6	7	9	8	5	10	2	4	3	1	79816,6	5	45
3	7	9	8	6	10	2	4	5	3	1	80318,2	7	51
3	8	9	7	6	10	2	4	5	3	1	80211,5	6	49
3	9	8	6	7	5	10	2	4	3	1	75703,3	1	31
3	10	2	4	6	7	9	8	5	3	1	81044,0	9	57
4	1	3	4	2	10	5	7	6	8	9	75542,8	1	29
4	2	10	6	7	9	8	5	4	3	1	75824,3	3	33

4	3	1	4	2	10	5	7	6	8	9	79100,8	4	40
4	4	2	10	6	7	9	8	5	3	1	83711,2	10	66
4	5	8	9	7	6	10	2	4	3	1	80609,9	8	54
4	6	7	9	8	5	10	2	4	3	1	79642,7	5	43
4	7	9	8	6	10	2	4	5	3	1	80118,6	7	47
4	8	9	7	6	10	2	4	5	3	1	80068,0	6	46
4	9	8	6	7	5	10	2	4	3	1	75542,8	1	29
4	10	2	4	6	7	9	8	5	3	1	80873,1	9	56
5	1	4	2	10	3	5	6	7	8	9	75284,8	1	27
5	2	10	1	4	3	5	6	7	8	9	77256,5	3	38
5	3	10	2	4	1	5	6	7	8	9	81044,5	4	58
5	4	3	5	6	7	8	9	2	10	1	92229,6	10	97
5	5	6	7	8	9	2	10	3	4	1	88858,1	8	76
5	6	7	8	9	5	3	10	2	4	1	88904,1	9	77
5	7	8	9	6	5	3	10	2	4	1	82847,8	5	62
5	8	7	9	6	5	3	10	2	4	1	83003,1	6	63
5	9	8	7	6	5	3	10	2	4	1	75284,8	1	27
5	10	2	9	8	7	6	5	3	4	1	88193,8	7	75
6	1	4	2	10	5	3	6	7	8	9	83196,0	1	64
6	2	10	6	7	8	9	5	3	4	1	84485,0	3	69
6	3	5	9	8	7	6	10	2	4	1	86374,1	4	73
6	4	2	10	3	5	9	8	7	6	1	94532,0	10	103
6	5	9	8	7	6	3	10	2	4	1	90562,8	6	89
6	6	7	8	9	5	3	10	2	4	1	89062,9	5	78
6	7	8	9	6	3	5	10	2	4	1	90776,1	8	91
6	8	7	9	6	3	5	10	2	4	1	90927,8	9	92
6	9	8	7	6	3	5	10	2	4	1	83196,0	1	64
6	10	2	4	3	5	9	8	7	6	1	90772,4	7	90
7	1	4	2	10	3	5	6	7	9	8	86091,4	1	70
7	2	10	1	4	3	5	6	7	9	8	88047,4	4	74
7	3	5	8	9	7	6	10	2	4	1	90947,1	6	93
7	4	2	10	3	5	6	7	9	8	1	98492,5	10	117
7	5	8	9	7	6	3	10	2	4	1	95150,0	9	110
7	6	7	9	8	5	3	10	2	4	1	93685,1	7	98
7	7	9	8	6	5	3	10	2	4	1	86182,6	3	72
7	8	9	7	6	5	3	10	2	4	1	86091,4	1	70

7	9	8	6	7	5	3	10	2	4	1	89504,8	5	79
7	10	2	4	3	5	6	7	9	8	1	94757,1	8	107
8	1	3	4	2	10	5	6	7	8	9	60668,8	1	9
8	2	4	1	3	10	5	6	7	8	9	62844,0	3	12
8	3	1	4	2	10	5	6	7	8	9	64261,9	4	14
8	4	2	10	1	3	5	6	7	8	9	71289,0	9	19
8	5	6	7	8	9	10	2	4	3	1	70622,1	8	18
8	6	5	7	8	9	10	2	4	3	1	71806,8	10	23
8	7	8	9	6	5	10	2	4	3	1	68189,1	6	16
8	8	7	9	6	5	10	2	4	3	1	68356,0	7	17
8	9	8	7	6	5	10	2	4	3	1	60668,8	1	9
8	10	2	4	1	3	5	6	7	8	9	67245,4	5	15
9	1	3	2	4	10	5	6	7	8	9	50058,5	1	1
9	2	3	1	4	10	5	6	7	8	9	51748,9	3	3
9	3	1	4	2	10	5	6	7	8	9	64090,7	10	13
9	4	1	3	2	10	5	6	7	8	9	56544,4	5	5
9	5	6	7	8	9	10	4	2	3	1	60010,0	8	8
9	6	5	7	8	9	10	4	2	3	1	61196,2	9	11
9	7	8	9	6	5	10	4	2	3	1	57583,2	6	6
9	8	7	9	6	5	10	4	2	3	1	57728,9	7	7
9	9	8	7	6	5	10	4	2	3	1	50058,5	1	1
9	10	2	3	1	4	5	6	7	8	9	53495,5	4	4
10	1	3	4	2	10	5	6	8	9	7	71680,4	1	20
10	2	4	1	3	10	5	6	8	9	7	73825,0	4	24
10	3	1	4	2	10	5	6	8	9	7	75243,5	6	26
10	4	2	10	1	3	5	6	8	9	7	82228,0	10	61
10	5	8	9	7	6	10	2	4	3	1	80254,7	9	50
10	6	7	9	8	5	10	2	4	3	1	79246,9	8	41
10	7	9	8	6	5	10	2	4	3	1	71680,4	1	20
10	8	9	7	6	5	10	2	4	3	1	71686,3	3	22
10	9	8	6	7	5	10	2	4	3	1	75128,9	5	25
10	10	2	4	1	3	5	6	8	9	7	78219,4	7	39
11	1	3	4	2	10	5	7	6	8	9	76103,1	1	35
11	2	10	6	7	9	8	5	4	3	1	76366,7	3	37
11	3	1	4	2	10	5	7	6	8	9	79680,5	4	44
11	4	2	10	6	7	9	8	5	3	1	84236,7	10	68

11	5	8	9	7	6	10	2	4	3	1	81114,4	8	59
11	6	7	9	8	5	10	2	4	3	1	80162,6	5	48
11	7	9	8	6	10	2	4	5	3	1	80600,1	7	53
11	8	9	7	6	10	2	4	5	3	1	80530,2	6	52
11	9	8	6	7	5	10	2	4	3	1	76103,1	1	35
11	10	2	4	6	7	9	8	5	3	1	81423,2	9	60
12	1	4	3	5	8	9	7	6	10	2	89741,4	1	80
12	2	10	6	7	9	8	5	3	4	1	89741,4	1	80
12	3	5	8	9	7	6	10	2	4	1	91646,9	4	94
12	4	2	10	3	5	8	9	7	6	1	99783,4	10	118
12	5	8	9	7	6	3	10	2	4	1	95847,8	8	111
12	6	7	9	8	5	3	10	2	4	1	94271,3	5	99
12	7	9	8	6	3	5	10	2	4	1	94586,9	7	104
12	8	9	7	6	3	5	10	2	4	1	94511,8	6	102
12	9	8	6	7	5	3	10	2	4	1	90216,2	3	86
12	10	2	4	3	5	8	9	7	6	1	96087,1	9	114

4.16.2. Hasil Perhitungan Simulasi pada 2 Pelabuhan

P1 = Pelabuhan awal
P2 = Pelabuhan akhir
Daya SP = Daya panel surya (kW)
Daya TA = Daya turbin angin (kW)
SP+TA = Daya panel surya + daya turbin angin (kW)
Daya Gen Max = Maksimal daya yang dihasilkan generator (kW)
OP = Hasil Optimalisasi (P.Gen-(P.SP+P.TA))
N Bat = Jumlah baterai yang dibutuhkan
FOC = Total konsumsi bahan bakar generator (liter)
Dimana FOC = 96,9 L/hr

a. Hasil perhitungan simulasi pada Bulan Januari

Dari hasil analisa didapatkan bahwa pada Bulan Januari Rute Pelabuhan Tanjung Perak dan Pelabuhan Padangbai adalah rute yang optimum dengan total daya yang dihasilkan oleh panel surya adalah 235,92 kW dan total daya yang dihasilkan oleh turbin angin adalah 265,38 kW. Tabel 4.31. menunjukkan hasil perhitungan simulasi pada Bulan Januari.

Tabel 4. 30. Hasil perhitungan simulasi pada Bulan Januari

JANUARI									
P1	ke	P2	Daya SP	Daya TA	SP+TA	Daya Gen Max	OP	N Bat	FOC

1	ke	2	242,6	69,5	312,1	1998,1	1686,1	54	381,1
1	ke	3	221,6	155,4	377,0	4131,7	3754,7	52	788,1
1	ke	4	125,2	442,4	567,6	11954,9	11387,4	35	2280,4
1	ke	5	333,4	657,8	991,1	17576,8	16585,7	86	3352,7
1	ke	6	312,7	640,2	952,8	17746,1	16793,3	76	3385,0
1	ke	7	455,1	905,9	1361,0	25230,7	23869,7	110	4812,7
1	ke	8	511,1	886,5	1397,6	25095,2	23697,6	119	4786,9
1	ke	9	557,9	1180,0	1737,9	29972,0	28234,1	158	5717,1
1	ke	10	302,9	571,4	874,3	16120,5	15246,2	71	3075,0
2	ke	3	265,4	79,8	345,2	2326,6	1981,5	59	443,8
2	ke	4	168,9	343,9	512,8	10166,8	9654,0	36	1939,3
2	ke	5	356,0	538,8	894,8	15781,9	14887,1	79	3010,4
2	ke	6	338,5	528,6	867,1	15961,4	15094,2	71	3044,6
2	ke	7	520,6	794,2	1314,8	24072,4	22757,6	109	4591,8
2	ke	8	557,7	758,2	1315,9	23283,3	21967,4	115	4441,2
2	ke	9	618,0	992,5	1610,5	27838,4	26227,9	146	5310,1
2	ke	10	303,1	442,3	745,5	13546,7	12801,2	62	2584,0
3	ke	4	148,0	299,7	447,7	8229,6	7781,9	37	1569,8
3	ke	5	254,1	421,5	675,6	11446,9	10771,4	63	2183,5
3	ke	6	254,1	463,2	717,4	13038,7	12321,3	60	2487,1
3	ke	7	422,1	749,8	1171,9	21200,5	20028,6	99	4044,0
3	ke	8	484,3	758,1	1242,4	21776,3	20533,9	110	4153,8
3	ke	9	542,5	1024,8	1567,3	26483,7	24916,4	146	5051,7
3	ke	10	251,9	421,1	673,0	12056,5	11383,5	58	2299,8
4	ke	5	157,6	190,3	347,9	5249,3	4901,4	37	1001,3
4	ke	6	141,2	224,1	365,2	6400,8	6035,6	32	1220,9
4	ke	7	173,1	502,8	675,9	14427,2	13751,3	40	2752,0
4	ke	8	207,2	496,4	703,5	14461,1	13757,5	46	2758,4
4	ke	9	250,8	758,9	1009,7	19947,5	18937,7	72	3804,9
4	ke	10	155,5	297,4	452,8	8636,0	8183,2	35	1647,3
5	ke	6	247,2	43,8	291,1	1239,5	948,4	55	236,4
5	ke	7	252,4	318,3	570,7	9042,4	8471,7	58	1724,8
5	ke	8	280,7	314,6	595,3	9076,3	8481,0	63	1731,3
5	ke	9	327,8	593,2	921,0	15409,3	14488,4	87	2939,3
5	ke	10	261,5	289,7	551,2	8331,2	7780,0	59	1589,2
6	ke	7	235,9	265,4	501,3	7789,3	7288,0	52	1485,8

6	ke	8	264,3	265,0	529,3	7890,9	7361,6	57	1505,2
6	ke	9	313,1	582,2	895,3	15714,1	14818,8	79	2997,4
6	ke	10	245,1	313,7	558,8	9313,3	8754,5	53	1776,5
7	ke	8	269,4	36,0	305,4	1077,0	771,5	60	205,4
7	ke	9	248,0	447,0	695,0	12124,3	11429,3	62	2312,7
7	ke	10	384,3	628,3	1012,6	18728,3	17715,7	82	3572,4
8	ke	9	276,4	434,5	711,0	11988,8	11277,8	67	2286,8
8	ke	10	419,4	607,3	1026,8	18355,7	17329,0	88	3501,3
9	ke	10	396,5	683,7	1080,3	18796,0	17715,7	97	3585,3

b. Hasil perhitungan simulasi pada Bulan Februari

Dari hasil analisa didapatkan bahwa pada Bulan Februari Rute Pelabuhan Tanjung Perak dan Pelabuhan Padangbai adalah rute yang optimum dengan total daya yang dihasilkan oleh panel surya adalah 279 kW dan total daya yang dihasilkan oleh turbin angin adalah 264,29 kW. Tabel 4.32. menunjukkan hasil perhitungan simulasi pada Bulan Februari.

Tabel 4. 31. Hasil perhitungan simulasi pada Bulan Februari

FEBRUARI									
P1	ke	P2	Daya SP	Daya TA	SP+TA	Daya Gen Max	OP	N Bat	FOC
1	ke	2	224,3	66,0	290,3	1998,1	1707,8	49	381,1
1	ke	3	232,1	146,3	378,3	4131,7	3753,4	53	788,1
1	ke	4	137,0	425,4	562,4	11954,9	11392,6	34	2280,4
1	ke	5	304,9	623,8	928,7	17576,8	16648,1	72	3352,7
1	ke	6	332,9	609,2	942,1	17746,1	16804,0	74	3385,0
1	ke	7	553,1	866,1	1419,2	25230,7	23811,5	123	4812,7
1	ke	8	573,4	873,0	1446,4	25095,2	23648,8	130	4786,9
1	ke	9	585,9	1161,2	1747,1	29972,0	28224,9	160	5717,1
1	ke	10	298,6	555,4	853,9	16120,5	15266,6	67	3075,0
2	ke	3	239,4	78,1	317,6	2326,6	2009,1	53	443,8
2	ke	4	144,4	343,0	487,4	10166,8	9679,4	31	1939,3
2	ke	5	283,3	531,2	814,5	15781,9	14967,4	61	3010,4
2	ke	6	309,0	521,9	830,9	15961,4	15130,5	63	3044,6
2	ke	7	542,2	787,1	1329,3	24072,4	22743,1	112	4591,8
2	ke	8	546,1	770,1	1316,2	23283,3	21967,1	115	4441,2
2	ke	9	561,0	1014,1	1575,1	27838,4	26263,3	138	5310,1
2	ke	10	259,1	444,3	703,4	13546,7	12843,3	53	2584,0

3	ke	4	152,1	298,6	450,7	8229,6	7778,9	37	1569,8
3	ke	5	226,6	414,2	640,8	11446,9	10806,1	55	2183,5
3	ke	6	260,7	455,8	716,5	13038,7	12322,1	60	2487,1
3	ke	7	491,0	741,1	1232,2	21200,5	19968,4	112	4044,0
3	ke	8	524,6	771,8	1296,4	21776,3	20479,9	122	4153,8
3	ke	9	550,5	1049,0	1599,6	26483,7	24884,1	154	5051,7
3	ke	10	240,9	423,0	664,0	12056,5	11392,6	56	2299,8
4	ke	5	131,5	191,0	322,5	5249,3	4926,8	32	1001,3
4	ke	6	148,7	224,9	373,6	6400,8	6027,2	34	1220,9
4	ke	7	221,7	506,9	728,5	14427,2	13698,7	52	2752,0
4	ke	8	235,6	515,2	750,8	14461,1	13710,3	57	2758,4
4	ke	9	259,1	794,9	1054,0	19947,5	18893,4	82	3804,9
4	ke	10	145,9	304,5	450,4	8636,0	8185,6	34	1647,3
5	ke	6	223,2	43,4	266,7	1239,5	972,9	50	236,4
5	ke	7	261,8	316,9	578,7	9042,4	8463,7	60	1724,8
5	ke	8	273,1	322,5	595,6	9076,3	8480,6	63	1731,3
5	ke	9	294,3	612,2	906,5	15409,3	14502,8	84	2939,3
5	ke	10	220,3	293,1	513,4	8331,2	7817,8	51	1589,2
6	ke	7	279,0	264,3	543,3	7789,3	7246,0	61	1485,8
6	ke	8	290,3	271,2	561,5	7890,9	7329,4	65	1505,2
6	ke	9	322,3	600,0	922,4	15714,1	14791,8	85	2997,4
6	ke	10	237,5	317,1	554,6	9313,3	8758,7	52	1776,5
7	ke	8	328,9	37,0	365,9	1077,0	711,0	73	205,4
7	ke	9	288,6	463,0	751,6	12124,3	11372,7	75	2312,7
7	ke	10	424,1	637,7	1061,8	18728,3	17666,5	93	3572,4
8	ke	9	300,0	465,1	765,1	11988,8	11223,7	79	2286,8
8	ke	10	432,8	633,1	1065,9	18355,7	17289,8	97	3501,3
9	ke	10	381,1	720,8	1101,9	18796,0	17694,1	102	3585,3

c. Hasil perhitungan simulasi pada Bulan Maret

Dari hasil analisa didapatkan bahwa pada Bulan Maret Rute Pelabuhan Bakauheni dan Pelabuhan Tanjung Priok adalah rute yang optimum dengan total daya yang dihasilkan oleh panel surya adalah 275,53 kW dan total daya yang dihasilkan oleh turbin angin adalah 143,21 kW. Tabel 4.33. menunjukkan hasil perhitungan simulasi pada Bulan Maret.

Tabel 4. 32. Hasil perhitungan simulasi pada Bulan Maret

MARET									
P1	ke	P2	Daya SP	Daya TA	SP+TA	Daya Gen Max	OP	N Bat	FOC
1	ke	2	275,6	67,0	342,6	1998,1	1655,5	61	381,1
1	ke	3	275,5	143,2	418,7	4131,7	3713,0	62	788,1
1	ke	4	280,5	426,2	706,7	11954,9	11248,2	66	2280,4
1	ke	5	405,6	611,2	1016,9	17576,8	16559,9	92	3352,7
1	ke	6	376,3	605,9	982,2	17746,1	16763,9	83	3385,0
1	ke	7	613,1	871,6	1484,7	25230,7	23745,9	138	4812,7
1	ke	8	596,0	860,4	1456,4	25095,2	23638,8	132	4786,9
1	ke	9	626,3	1073,6	1699,9	29972,0	28272,1	149	5717,1
1	ke	10	315,3	556,9	872,2	16120,5	15248,3	71	3075,0
2	ke	3	305,1	75,6	380,6	2326,6	1946,0	67	443,8
2	ke	4	310,0	338,0	648,0	10166,8	9518,7	67	1939,3
2	ke	5	402,5	513,9	916,4	15781,9	14865,5	83	3010,4
2	ke	6	377,2	512,0	889,1	15961,4	15072,2	76	3044,6
2	ke	7	643,3	779,6	1422,9	24072,4	22649,5	133	4591,8
2	ke	8	609,4	749,4	1358,8	23283,3	21924,5	124	4441,2
2	ke	9	649,2	929,3	1578,5	27838,4	26259,9	139	5310,1
2	ke	10	297,8	438,7	736,5	13546,7	12810,2	60	2584,0
3	ke	4	309,9	282,5	592,4	8229,6	7637,2	69	1569,8
3	ke	5	310,8	384,0	694,8	11446,9	10752,1	67	2183,5
3	ke	6	308,0	430,2	738,2	13038,7	12300,5	65	2487,1
3	ke	7	566,4	707,0	1273,4	21200,5	19927,1	121	4044,0
3	ke	8	569,8	721,2	1291,0	21776,3	20485,3	121	4153,8
3	ke	9	617,4	912,9	1530,4	26483,7	24953,4	138	5051,7
3	ke	10	267,9	402,1	669,9	12056,5	11386,6	57	2299,8
4	ke	5	315,8	180,8	496,5	5249,3	4752,8	70	1001,3
4	ke	6	292,9	216,5	509,4	6400,8	5891,4	64	1220,9
4	ke	7	391,3	493,6	884,9	14427,2	13542,3	87	2752,0
4	ke	8	384,2	491,1	875,4	14461,1	13585,7	84	2758,4
4	ke	9	473,1	707,1	1180,2	19947,5	18767,3	110	3804,9
4	ke	10	272,8	295,5	568,3	8636,0	8067,7	60	1647,3
5	ke	6	293,8	41,0	334,9	1239,5	904,7	65	236,4
5	ke	7	331,6	302,4	634,0	9042,4	8408,4	72	1724,8

5	ke	8	324,8	301,5	626,3	9076,3	8450,0	70	1731,3
5	ke	9	366,6	532,9	899,5	15409,3	14509,8	82	2939,3
5	ke	10	273,7	278,7	552,4	8331,2	7778,8	59	1589,2
6	ke	7	308,8	256,3	565,0	7789,3	7224,3	66	1485,8
6	ke	8	302,0	257,9	559,9	7890,9	7331,0	64	1505,2
6	ke	9	344,5	533,7	878,2	15714,1	14835,9	75	2997,4
6	ke	10	250,9	306,4	557,3	9313,3	8756,0	53	1776,5
7	ke	8	339,7	35,6	375,3	1077,0	701,7	75	205,4
7	ke	9	305,0	416,6	721,6	12124,3	11402,7	68	2312,7
7	ke	10	443,4	622,7	1066,1	18728,3	17662,2	94	3572,4
8	ke	9	298,2	408,9	707,1	11988,8	11281,7	66	2286,8
8	ke	10	424,4	606,2	1030,6	18355,7	17325,1	89	3501,3
9	ke	10	381,0	645,8	1026,9	18796,0	17769,1	85	3585,3

d. Hasil perhitungan simulasi pada Bulan April

Dari hasil analisa didapatkan bahwa pada Bulan April Rute Pelabuhan Bakauheni dan Pelabuhan Tanjung Priok adalah rute yang optimum dengan total daya yang dihasilkan oleh panel surya adalah 289,44 kW dan total daya yang dihasilkan oleh turbin angin adalah 149,62 kW. Tabel 4.34 menunjukkan hasil perhitungan simulasi pada Bulan April.

Tabel 4. 33. Hasil perhitungan simulasi pada Bulan April

APRIL									
P1	ke	P2	Daya SP	Daya TA	SP+TA	Daya Gen Max	OP	N Bat	FOC
1	ke	2	288,3	70,2	358,5	1998,1	1639,6	64	381,1
1	ke	3	289,4	149,6	439,1	4131,7	3692,7	66	788,1
1	ke	4	296,9	442,8	739,7	11954,9	11215,2	73	2280,4
1	ke	5	455,0	628,0	1083,0	17576,8	16493,8	107	3352,7
1	ke	6	432,8	637,9	1070,7	17746,1	16675,4	103	3385,0
1	ke	7	647,2	905,9	1553,0	25230,7	23677,6	153	4812,7
1	ke	8	740,7	903,2	1643,9	25095,2	23451,3	174	4786,9
1	ke	9	790,3	1090,7	1881,0	29972,0	28091,0	190	5717,1
1	ke	10	374,7	573,9	948,6	16120,5	15171,9	88	3075,0
2	ke	3	286,6	75,1	361,7	2326,6	1964,9	63	443,8
2	ke	4	294,0	333,9	627,9	10166,8	9538,8	62	1939,3
2	ke	5	404,8	504,6	909,5	15781,9	14872,4	82	3010,4
2	ke	6	385,5	512,6	898,1	15961,4	15063,2	78	3044,6

2	ke	7	611,8	772,5	1384,3	24072,4	22688,2	124	4591,8
2	ke	8	681,8	748,5	1430,2	23283,3	21853,1	140	4441,2
2	ke	9	727,4	902,3	1629,7	27838,4	26208,7	150	5310,1
2	ke	10	311,7	432,0	743,7	13546,7	12802,9	62	2584,0
3	ke	4	295,1	277,2	572,3	8229,6	7657,3	64	1569,8
3	ke	5	313,8	374,5	688,4	11446,9	10758,5	66	2183,5
3	ke	6	316,1	428,7	744,8	13038,7	12293,9	66	2487,1
3	ke	7	540,7	696,3	1237,1	21200,5	19963,4	113	4044,0
3	ke	8	639,6	716,6	1356,3	21776,3	20420,0	135	4153,8
3	ke	9	694,5	879,4	1573,9	26483,7	24909,9	148	5051,7
3	ke	10	281,6	393,3	675,0	12056,5	11381,5	58	2299,8
4	ke	5	321,3	174,8	496,1	5249,3	4753,2	70	1001,3
4	ke	6	303,0	214,3	517,3	6400,8	5883,5	66	1220,9
4	ke	7	376,8	482,5	859,3	14427,2	13567,9	81	2752,0
4	ke	8	433,6	484,6	918,2	14461,1	13542,9	94	2758,4
4	ke	9	535,2	674,9	1210,1	19947,5	18737,4	117	3804,9
4	ke	10	289,1	286,8	575,8	8636,0	8060,2	62	1647,3
5	ke	6	321,7	40,3	362,1	1239,5	877,5	71	236,4
5	ke	7	337,1	293,9	631,0	9042,4	8411,4	71	1724,8
5	ke	8	384,3	295,6	679,8	9076,3	8396,4	82	1731,3
5	ke	9	437,1	506,1	943,3	15409,3	14466,1	92	2939,3
5	ke	10	307,8	269,0	576,8	8331,2	7754,4	65	1589,2
6	ke	7	318,9	254,4	573,2	7789,3	7216,1	68	1485,8
6	ke	8	366,0	258,2	624,2	7890,9	7266,7	79	1505,2
6	ke	9	422,2	518,7	940,9	15714,1	14773,2	89	2997,4
6	ke	10	289,5	302,1	591,7	9313,3	8721,6	60	1776,5
7	ke	8	381,4	35,2	416,6	1077,0	660,3	84	205,4
7	ke	9	343,0	399,8	742,8	12124,3	11381,5	73	2312,7
7	ke	10	468,4	607,0	1075,4	18728,3	17652,9	96	3572,4
8	ke	9	390,1	396,1	786,2	11988,8	11202,6	83	2286,8
8	ke	10	530,1	596,0	1126,1	18355,7	17229,6	110	3501,3
9	ke	10	483,6	615,6	1099,1	18796,0	17696,9	101	3585,3

e. Hasil perhitungan simulasi pada Bulan Mei

Dari hasil analisa didapatkan bahwa pada Bulan Mei Rute Pelabuhan Padangbai dan Pelabuhan Lembar adalah rute yang optimum dengan total daya yang dihasilkan oleh panel surya adalah 428,47 kW dan total daya

yang dihasilkan oleh turbin angin adalah 35,703 kW. Tabel 4.35. menunjukkan hasil perhitungan simulasi pada Bulan Mei.

Tabel 4. 34. Hasil perhitungan simulasi pada Bulan Mei

MEI									
P1	ke	P2	Daya SP	Daya TA	SP+TA	Daya Gen Max	OP	N Bat	FOC
1	ke	2	302,1	65,1	367,2	1998,1	1630,9	66	381,1
1	ke	3	277,8	138,9	416,7	4131,7	3715,1	61	788,1
1	ke	4	346,1	419,4	765,6	11954,9	11189,4	79	2280,4
1	ke	5	481,5	603,9	1085,4	17576,8	16491,4	107	3352,7
1	ke	6	501,0	624,7	1125,8	17746,1	16620,3	115	3385,0
1	ke	7	692,1	872,6	1564,7	25230,7	23666,0	155	4812,7
1	ke	8	772,5	827,2	1599,7	25095,2	23495,5	164	4786,9
1	ke	9	808,3	989,8	1798,0	29972,0	28174,0	171	5717,1
1	ke	10	350,7	544,7	895,3	16120,5	15225,2	76	3075,0
2	ke	3	298,6	74,4	373,0	2326,6	1953,6	65	443,8
2	ke	4	366,9	337,4	704,3	10166,8	9462,4	79	1939,3
2	ke	5	459,3	514,4	973,7	15781,9	14808,2	96	3010,4
2	ke	6	477,9	531,2	1009,1	15961,4	14952,2	103	3044,6
2	ke	7	701,5	789,0	1490,4	24072,4	22582,0	148	4591,8
2	ke	8	756,5	732,9	1489,4	23283,3	21794,0	153	4441,2
2	ke	9	798,3	877,6	1675,9	27838,4	26162,5	160	5310,1
2	ke	10	317,8	435,3	753,1	13546,7	12793,6	64	2584,0
3	ke	4	342,6	282,2	624,8	8229,6	7604,8	76	1569,8
3	ke	5	330,5	384,8	715,3	11446,9	10731,6	72	2183,5
3	ke	6	364,4	448,5	812,9	13038,7	12225,8	81	2487,1
3	ke	7	575,5	717,1	1292,5	21200,5	19908,0	126	4044,0
3	ke	8	664,1	704,0	1368,1	21776,3	20408,2	138	4153,8
3	ke	9	706,6	857,7	1564,3	26483,7	24919,4	146	5051,7
3	ke	10	261,7	398,9	660,6	12056,5	11395,9	55	2299,8
4	ke	5	398,8	184,2	583,0	5249,3	4666,3	90	1001,3
4	ke	6	409,1	230,3	639,4	6400,8	5761,4	93	1220,9
4	ke	7	472,5	509,6	982,1	14427,2	13445,1	108	2752,0
4	ke	8	522,1	485,6	1007,7	14461,1	13453,4	114	2758,4
4	ke	9	644,0	671,2	1315,2	19947,5	18632,2	140	3804,9
4	ke	10	330,0	297,7	627,7	8636,0	8008,3	74	1647,3

5	ke	6	396,9	43,6	440,6	1239,5	798,9	88	236,4
5	ke	7	387,2	312,7	699,9	9042,4	8342,5	87	1724,8
5	ke	8	428,0	299,2	727,2	9076,3	8349,1	92	1731,3
5	ke	9	482,2	508,9	991,0	15409,3	14418,3	103	2939,3
5	ke	10	317,9	281,5	599,4	8331,2	7731,8	70	1589,2
6	ke	7	397,4	276,1	673,5	7789,3	7115,8	90	1485,8
6	ke	8	438,3	265,8	704,1	7890,9	7186,9	96	1505,2
6	ke	9	504,9	530,4	1035,3	15714,1	14678,8	110	2997,4
6	ke	10	328,2	322,1	650,2	9313,3	8663,1	74	1776,5
7	ke	8	428,5	35,7	464,2	1077,0	612,8	95	205,4
7	ke	9	381,9	402,7	784,7	12124,3	11339,6	82	2312,7
7	ke	10	489,0	636,7	1125,8	18728,3	17602,5	107	3572,4
8	ke	9	422,8	381,6	804,4	11988,8	11184,4	87	2286,8
8	ke	10	540,8	596,1	1136,9	18355,7	17218,8	113	3501,3
9	ke	10	482,1	611,5	1093,6	18796,0	17702,4	100	3585,3

f. Hasil perhitungan simulasi pada Bulan Juni

Dari hasil analisa didapatkan bahwa pada Bulan Juni Rute Pelabuhan Padangbai dan Pelabuhan Lembar adalah rute yang optimum dengan total daya yang dihasilkan oleh panel surya adalah 384,28 kW dan total daya yang dihasilkan oleh turbin angin adalah 36,017 kW. Tabel 4.36. menunjukkan hasil perhitungan simulasi pada Bulan Juni.

Tabel 4. 35. Hasil perhitungan simulasi pada Bulan Juni

JUNI									
P1	ke	P2	Daya SP	Daya TA	SP+TA	Daya Gen Max	OP	N Bat	FOC
1	ke	2	273,8	64,8	338,6	1998,1	1659,5	60	381,1
1	ke	3	277,0	139,9	416,9	4131,7	3714,8	61	788,1
1	ke	4	322,2	419,6	741,8	11954,9	11213,1	74	2280,4
1	ke	5	423,4	610,6	1034,0	17576,8	16542,8	96	3352,7
1	ke	6	439,5	624,3	1063,9	17746,1	16682,2	101	3385,0
1	ke	7	618,0	868,6	1486,6	25230,7	23744,1	138	4812,7
1	ke	8	684,0	832,5	1516,5	25095,2	23578,7	146	4786,9
1	ke	9	711,3	985,4	1696,7	29972,0	28275,3	149	5717,1
1	ke	10	368,7	534,8	903,5	16120,5	15217,0	78	3075,0
2	ke	3	304,1	75,0	379,1	2326,6	1947,5	67	443,8
2	ke	4	349,3	337,9	687,2	10166,8	9479,5	75	1939,3

2	ke	5	415,3	519,9	935,2	15781,9	14846,7	88	3010,4
2	ke	6	430,8	531,6	962,4	15961,4	14998,9	92	3044,6
2	ke	7	643,1	786,9	1430,0	24072,4	22642,5	134	4591,8
2	ke	8	686,4	737,5	1423,9	23283,3	21859,4	139	4441,2
2	ke	9	722,6	875,3	1597,9	27838,4	26240,5	143	5310,1
2	ke	10	340,0	429,1	769,1	13546,7	12777,6	68	2584,0
3	ke	4	352,5	286,5	639,1	8229,6	7590,5	79	1569,8
3	ke	5	324,1	394,5	718,6	11446,9	10728,3	72	2183,5
3	ke	6	355,4	455,0	810,4	13038,7	12228,3	81	2487,1
3	ke	7	572,1	724,3	1296,3	21200,5	19904,2	126	4044,0
3	ke	8	647,8	717,4	1365,1	21776,3	20411,2	137	4153,8
3	ke	9	694,5	864,9	1559,3	26483,7	24924,4	145	5051,7
3	ke	10	309,2	397,2	706,4	12056,5	11350,1	65	2299,8
4	ke	5	369,3	187,8	557,0	5249,3	4692,3	84	1001,3
4	ke	6	377,5	232,1	609,6	6400,8	5791,2	87	1220,9
4	ke	7	442,8	511,2	953,9	14427,2	13473,3	102	2752,0
4	ke	8	483,8	492,4	976,2	14461,1	13484,9	107	2758,4
4	ke	9	597,0	672,7	1269,7	19947,5	18677,8	130	3804,9
4	ke	10	354,4	294,1	648,5	8636,0	7987,5	78	1647,3
5	ke	6	349,0	44,4	393,5	1239,5	846,1	78	236,4
5	ke	7	345,7	317,0	662,7	9042,4	8379,7	78	1724,8
5	ke	8	379,4	306,1	685,5	9076,3	8390,8	83	1731,3
5	ke	9	425,2	514,8	940,0	15409,3	14469,3	91	2939,3
5	ke	10	325,9	281,0	606,9	8331,2	7724,3	71	1589,2
6	ke	7	353,9	276,6	630,6	7789,3	7158,7	81	1485,8
6	ke	8	387,6	269,3	656,9	7890,9	7234,0	86	1505,2
6	ke	9	444,2	531,1	975,3	15714,1	14738,8	97	2997,4
6	ke	10	334,2	317,8	652,0	9313,3	8661,3	74	1776,5
7	ke	8	384,3	36,0	420,3	1077,0	656,7	85	205,4
7	ke	9	341,3	401,8	743,1	12124,3	11381,2	73	2312,7
7	ke	10	508,2	626,3	1134,5	18728,3	17593,7	109	3572,4
8	ke	9	375,0	384,4	759,4	11988,8	11229,4	77	2286,8
8	ke	10	548,8	593,3	1142,1	18355,7	17213,6	114	3501,3
9	ke	10	495,7	602,6	1098,3	18796,0	17697,7	101	3585,3

g. Hasil perhitungan simulasi pada Bulan Juli
Dari hasil analisa didapatkan bahwa pada Bulan Juli Rute Pelabuhan Paciran dan Pelabuhan Tanjung Perak adalah rute yang optimum dengan total daya yang dihasilkan oleh panel surya adalah 387,69 kW dan total daya yang dihasilkan oleh turbin angin adalah 46,211 kW. Tabel 4.37. menunjukkan hasil perhitungan simulasi pada Bulan Juli.

Tabel 4. 36. Hasil perhitungan simulasi pada Bulan Juli

JULI									
P1	ke	P2	Daya SP	Daya TA	SP+TA	Daya Gen Max	OP	N Bat	FOC
1	ke	2	252,0	64,9	316,9	1998,1	1681,2	55	381,1
1	ke	3	260,1	141,5	401,6	4131,7	3730,1	58	788,1
1	ke	4	312,4	423,3	735,7	11954,9	11219,2	72	2280,4
1	ke	5	423,4	623,8	1047,1	17576,8	16529,7	99	3352,7
1	ke	6	475,7	649,5	1125,1	17746,1	16621,0	115	3385,0
1	ke	7	590,6	887,2	1477,9	25230,7	23752,8	136	4812,7
1	ke	8	627,0	847,9	1474,9	25095,2	23620,3	136	4786,9
1	ke	9	710,0	1020,1	1730,1	29972,0	28241,9	156	5717,1
1	ke	10	370,1	558,1	928,2	16120,5	15192,3	83	3075,0
2	ke	3	279,3	74,4	353,7	2326,6	1972,9	61	443,8
2	ke	4	331,7	334,2	665,8	10166,8	9500,9	70	1939,3
2	ke	5	405,0	519,7	924,7	15781,9	14857,2	85	3010,4
2	ke	6	453,0	539,3	992,3	15961,4	14969,1	99	3044,6
2	ke	7	601,5	786,8	1388,2	24072,4	22684,2	125	4591,8
2	ke	8	618,4	736,9	1355,4	23283,3	21927,9	124	4441,2
2	ke	9	703,3	886,2	1589,5	27838,4	26248,9	141	5310,1
2	ke	10	332,4	437,2	769,6	13546,7	12777,1	68	2584,0
3	ke	4	339,7	285,9	625,6	8229,6	7604,0	76	1569,8
3	ke	5	321,0	398,5	719,5	11446,9	10727,4	73	2183,5
3	ke	6	378,7	467,6	846,3	13038,7	12192,4	89	2487,1
3	ke	7	543,8	731,6	1275,4	21200,5	19925,1	122	4044,0
3	ke	8	592,9	723,3	1316,2	21776,3	20460,1	126	4153,8
3	ke	9	686,7	885,8	1572,5	26483,7	24911,2	148	5051,7
3	ke	10	307,2	409,9	717,1	12056,5	11339,4	67	2299,8
4	ke	5	373,3	189,1	562,5	5249,3	4686,9	85	1001,3
4	ke	6	406,5	238,0	644,5	6400,8	5756,3	94	1220,9

4	ke	7	432,0	515,0	946,9	14427,2	13480,3	100	2752,0
4	ke	8	455,8	495,3	951,1	14461,1	13510,0	101	2758,4
4	ke	9	602,9	688,4	1291,2	19947,5	18656,2	135	3804,9
4	ke	10	359,6	303,3	662,9	8636,0	7973,1	81	1647,3
5	ke	6	387,7	46,2	433,9	1239,5	805,6	87	236,4
5	ke	7	346,3	323,5	669,8	9042,4	8372,6	80	1724,8
5	ke	8	365,5	311,5	677,0	9076,3	8399,2	81	1731,3
5	ke	9	442,0	532,9	974,9	15409,3	14434,4	99	2939,3
5	ke	10	340,8	293,3	634,1	8331,2	7697,1	77	1589,2
6	ke	7	379,4	287,5	667,0	7789,3	7122,4	89	1485,8
6	ke	8	398,7	278,7	677,4	7890,9	7213,5	90	1505,2
6	ke	9	493,4	559,6	1053,0	15714,1	14661,1	114	2997,4
6	ke	10	374,0	338,0	711,9	9313,3	8601,4	87	1776,5
7	ke	8	357,3	36,7	393,9	1077,0	683,1	79	205,4
7	ke	9	341,4	415,7	757,1	12124,3	11367,1	76	2312,7
7	ke	10	510,8	653,4	1164,3	18728,3	17564,0	116	3572,4
8	ke	9	360,7	395,9	756,6	11988,8	11232,2	77	2286,8
8	ke	10	529,6	615,8	1145,4	18355,7	17210,3	115	3501,3
9	ke	10	517,9	635,1	1153,0	18796,0	17643,0	113	3585,3

h. Hasil perhitungan simulasi pada Bulan Agustus

Dari hasil analisa didapatkan bahwa pada Bulan Agustus Rute Pelabuhan Padangbai dan Pelabuhan Lembar adalah rute yang optimum dengan total daya yang dihasilkan oleh panel surya adalah 423,08 kW dan total daya yang dihasilkan oleh turbin angin adalah 38,087 kW. Tabel 4.38. menunjukkan hasil perhitungan simulasi pada Bulan Agustus.

Tabel 4. 37. Hasil perhitungan simulasi pada Bulan Agustus

AGUSTUS									
P1	ke	P2	Daya SP	Daya TA	SP+TA	Daya Gen Max	OP	N Bat	FOC
1	ke	2	311,6	67,3	378,9	1998,1	1619,2	69	381,1
1	ke	3	298,2	147,8	446,0	4131,7	3685,8	68	788,1
1	ke	4	382,8	437,5	820,3	11954,9	11134,6	91	2280,4
1	ke	5	550,0	634,0	1184,0	17576,8	16392,8	129	3352,7
1	ke	6	534,2	619,2	1153,4	17746,1	16592,7	121	3385,0
1	ke	7	699,0	904,8	1603,8	25230,7	23626,9	164	4812,7
1	ke	8	774,9	893,7	1668,6	25095,2	23426,6	180	4786,9

1	ke	9	887,5	1033,2	1920,7	29972,0	28051,3	198	5717,1
1	ke	10	368,8	573,4	942,2	16120,5	15178,3	87	3075,0
2	ke	3	318,6	77,7	396,4	2326,6	1930,3	70	443,8
2	ke	4	403,2	346,4	749,6	10166,8	9417,1	89	1939,3
2	ke	5	520,3	531,1	1051,4	15781,9	14730,5	113	3010,4
2	ke	6	507,3	522,2	1029,5	15961,4	14931,9	107	3044,6
2	ke	7	707,3	806,0	1513,3	24072,4	22559,2	153	4591,8
2	ke	8	758,1	774,9	1533,0	23283,3	21750,4	163	4441,2
2	ke	9	871,1	901,6	1772,7	27838,4	26065,7	182	5310,1
2	ke	10	332,7	450,4	783,1	13546,7	12763,6	71	2584,0
3	ke	4	389,8	298,3	688,0	8229,6	7541,6	90	1569,8
3	ke	5	388,5	409,1	797,6	11446,9	10649,4	90	2183,5
3	ke	6	400,0	450,9	851,0	13038,7	12187,7	90	2487,1
3	ke	7	599,5	753,2	1352,7	21200,5	19847,8	139	4044,0
3	ke	8	684,9	768,4	1453,3	21776,3	20323,0	157	4153,8
3	ke	9	799,4	905,2	1704,6	26483,7	24779,1	177	5051,7
3	ke	10	285,9	424,9	710,9	12056,5	11345,6	66	2299,8
4	ke	5	473,1	191,9	665,0	5249,3	4584,3	108	1001,3
4	ke	6	458,6	226,1	684,7	6400,8	5716,1	103	1220,9
4	ke	7	508,1	524,2	1032,3	14427,2	13394,9	119	2752,0
4	ke	8	555,2	521,7	1076,8	14461,1	13384,2	129	2758,4
4	ke	9	740,5	696,0	1436,5	19947,5	18511,0	167	3804,9
4	ke	10	370,5	311,2	681,7	8636,0	7954,3	86	1647,3
5	ke	6	457,4	43,2	500,6	1239,5	738,9	102	236,4
5	ke	7	428,1	323,9	752,0	9042,4	8290,4	98	1724,8
5	ke	8	466,8	322,8	789,7	9076,3	8286,6	106	1731,3
5	ke	9	570,5	530,6	1101,1	15409,3	14308,2	127	2939,3
5	ke	10	369,3	296,0	665,3	8331,2	7665,9	84	1589,2
6	ke	7	413,6	270,0	683,6	7789,3	7105,7	93	1485,8
6	ke	8	452,4	271,7	724,1	7890,9	7166,8	101	1505,2
6	ke	9	563,1	525,1	1088,2	15714,1	14625,9	122	2997,4
6	ke	10	354,8	320,4	675,2	9313,3	8638,1	79	1776,5
7	ke	8	423,1	38,1	461,2	1077,0	615,8	94	205,4
7	ke	9	407,6	415,3	822,9	12124,3	11301,4	90	2312,7
7	ke	10	500,1	661,6	1161,7	18728,3	17566,6	115	3572,4
8	ke	9	446,3	408,0	854,4	11988,8	11134,4	98	2286,8

8	ke	10	548,4	644,0	1192,4	18355,7	17163,3	125	3501,3
9	ke	10	537,7	639,0	1176,8	18796,0	17619,2	118	3585,3

i. Hasil perhitungan simulasi pada Bulan September

Dari hasil analisa didapatkan bahwa pada Bulan September Rute Pelabuhan Padangbai dan Pelabuhan Lembar adalah rute yang optimum dengan total daya yang dihasilkan oleh panel surya adalah 430,13 kW dan total daya yang dihasilkan oleh turbin angin adalah 36,553 kW. Tabel 4.39. menunjukkan hasil perhitungan simulasi pada Bulan September.

Tabel 4. 38. Hasil perhitungan simulasi pada Bulan September

SEPTEMBER									
P1	ke	P2	Daya SP	Daya TA	SP+TA	Daya Gen Max	OP	N Bat	FOC
1	ke	2	334,3	69,0	403,3	1998,1	1594,8	74	381,1
1	ke	3	371,2	149,8	521,0	4131,7	3610,7	84	788,1
1	ke	4	396,3	448,0	844,3	11954,9	11110,6	96	2280,4
1	ke	5	585,9	654,4	1240,3	17576,8	16336,5	142	3352,7
1	ke	6	562,7	654,0	1216,7	17746,1	16529,4	135	3385,0
1	ke	7	761,6	917,1	1678,7	25230,7	23552,0	181	4812,7
1	ke	8	806,6	889,2	1695,8	25095,2	23399,4	186	4786,9
1	ke	9	920,1	1069,6	1989,7	29972,0	27982,3	214	5717,1
1	ke	10	433,4	580,9	1014,3	16120,5	15106,2	103	3075,0
2	ke	3	375,7	77,0	452,7	2326,6	1874,0	83	443,8
2	ke	4	400,7	345,8	746,5	10166,8	9420,2	88	1939,3
2	ke	5	531,8	533,9	1065,7	15781,9	14716,2	117	3010,4
2	ke	6	512,0	535,5	1047,4	15961,4	14913,9	111	3044,6
2	ke	7	735,5	798,5	1534,0	24072,4	22538,4	157	4591,8
2	ke	8	756,9	756,8	1513,7	23283,3	21769,6	159	4441,2
2	ke	9	864,7	910,0	1774,7	27838,4	26063,7	182	5310,1
2	ke	10	369,1	446,3	815,4	13546,7	12731,3	78	2584,0
3	ke	4	437,6	293,3	731,0	8229,6	7498,6	100	1569,8
3	ke	5	447,8	405,6	853,3	11446,9	10593,6	102	2183,5
3	ke	6	457,7	457,7	915,4	13038,7	12123,3	104	2487,1
3	ke	7	712,0	734,8	1446,8	21200,5	19753,8	160	4044,0
3	ke	8	773,9	737,5	1511,4	21776,3	20264,9	170	4153,8
3	ke	9	902,9	902,8	1805,7	26483,7	24678,1	199	5051,7
3	ke	10	369,2	414,6	783,8	12056,5	11272,7	82	2299,8

4	ke	5	472,8	192,0	664,8	5249,3	4584,5	108	1001,3
4	ke	6	453,0	231,8	684,8	6400,8	5716,0	103	1220,9
4	ke	7	514,1	515,5	1029,6	14427,2	13397,6	119	2752,0
4	ke	8	543,6	504,1	1047,7	14461,1	13413,4	123	2758,4
4	ke	9	721,0	700,2	1421,2	19947,5	18526,3	164	3804,9
4	ke	10	394,2	306,0	700,2	8636,0	7935,8	90	1647,3
5	ke	6	463,2	44,6	507,8	1239,5	731,7	103	236,4
5	ke	7	444,6	321,1	765,8	9042,4	8276,6	101	1724,8
5	ke	8	468,5	314,6	783,0	9076,3	8293,2	105	1731,3
5	ke	9	569,8	537,8	1107,5	15409,3	14301,8	129	2939,3
5	ke	10	404,3	293,5	697,8	8331,2	7633,4	92	1589,2
6	ke	7	424,8	274,0	698,9	7789,3	7090,4	96	1485,8
6	ke	8	448,7	271,1	719,7	7890,9	7171,2	100	1505,2
6	ke	9	555,6	543,4	1099,0	15714,1	14615,1	124	2997,4
6	ke	10	384,6	325,0	709,6	9313,3	8603,7	87	1776,5
7	ke	8	430,1	36,6	466,7	1077,0	610,3	95	205,4
7	ke	9	412,5	414,2	826,7	12124,3	11297,6	91	2312,7
7	ke	10	562,2	645,5	1207,7	18728,3	17520,6	126	3572,4
8	ke	9	436,3	400,5	836,9	11988,8	11151,9	95	2286,8
8	ke	10	586,9	618,4	1205,3	18355,7	17150,4	128	3501,3
9	ke	10	573,8	637,3	1211,1	18796,0	17584,9	126	3585,3

j. Hasil perhitungan simulasi pada Bulan Oktober

Dari hasil analisa didapatkan bahwa pada Bulan Oktober Rute Pelabuhan Paciran dan Pelabuhan Tanjung Perak adalah rute yang optimum dengan total daya yang dihasilkan oleh panel surya adalah 441,94 kW dan total daya yang dihasilkan oleh turbin angin adalah 40,4 kW. Tabel 4.40. menunjukkan hasil perhitungan simulasi pada Bulan Oktober.

Tabel 4. 39. Hasil perhitungan simulasi pada Bulan Oktober

OKTOBER									
P1	ke	P2	Daya SP	Daya TA	SP+TA	Daya Gen Max	OP	N Bat	FOC
1	ke	2	329,7	72,1	401,8	1998,1	1596,4	74	381,1
1	ke	3	324,3	157,2	481,5	4131,7	3650,2	76	788,1
1	ke	4	373,4	455,4	828,8	11954,9	11126,1	93	2280,4
1	ke	5	586,6	647,2	1233,8	17576,8	16343,0	140	3352,7
1	ke	6	510,1	649,5	1159,5	17746,1	16586,6	122	3385,0

1	ke	7	547,0	933,6	1480,6	25230,7	23750,1	137	4812,7
1	ke	8	756,4	933,2	1689,7	25095,2	23405,5	184	4786,9
1	ke	9	868,7	1120,2	1988,9	29972,0	27983,1	214	5717,1
1	ke	10	390,8	595,0	985,8	16120,5	15134,7	96	3075,0
2	ke	3	338,6	76,8	415,4	2326,6	1911,2	75	443,8
2	ke	4	387,7	336,1	723,8	10166,8	9443,0	83	1939,3
2	ke	5	545,2	508,9	1054,1	15781,9	14727,8	114	3010,4
2	ke	6	477,5	512,4	989,9	15961,4	14971,5	98	3044,6
2	ke	7	550,0	778,9	1329,0	24072,4	22743,5	112	4591,8
2	ke	8	729,1	756,1	1485,2	23283,3	21798,1	153	4441,2
2	ke	9	839,5	907,3	1746,8	27838,4	26091,6	176	5310,1
2	ke	10	344,3	437,6	781,8	13546,7	12764,9	70	2584,0
3	ke	4	382,3	284,3	666,6	8229,6	7563,0	85	1569,8
3	ke	5	415,8	384,4	800,2	11446,9	10646,7	91	2183,5
3	ke	6	384,3	435,7	819,9	13038,7	12218,7	83	2487,1
3	ke	7	475,0	714,8	1189,9	21200,5	20010,6	103	4044,0
3	ke	8	672,3	737,3	1409,5	21776,3	20366,7	147	4153,8
3	ke	9	787,0	900,4	1687,4	26483,7	24796,4	173	5051,7
3	ke	10	304,4	405,7	710,1	12056,5	11346,4	66	2299,8
4	ke	5	464,9	176,5	641,4	5249,3	4607,9	103	1001,3
4	ke	6	408,4	214,1	622,5	6400,8	5778,3	90	1220,9
4	ke	7	381,4	487,0	868,4	14427,2	13558,8	83	2752,0
4	ke	8	504,7	490,1	994,8	14461,1	13466,3	111	2758,4
4	ke	9	673,1	678,9	1352,0	19947,5	18595,5	148	3804,9
4	ke	10	353,6	290,9	644,5	8636,0	7991,5	77	1647,3
5	ke	6	441,9	40,4	482,3	1239,5	757,2	98	236,4
5	ke	7	355,8	297,2	653,0	9042,4	8389,4	76	1724,8
5	ke	8	459,0	299,4	758,4	9076,3	8317,8	99	1731,3
5	ke	9	562,3	510,3	1072,7	15409,3	14336,7	121	2939,3
5	ke	10	387,1	273,3	660,4	8331,2	7670,8	83	1589,2
6	ke	7	299,3	254,8	554,1	7789,3	7235,2	64	1485,8
6	ke	8	402,5	259,1	661,6	7890,9	7229,3	87	1505,2
6	ke	9	500,6	517,9	1018,6	15714,1	14695,5	107	2997,4
6	ke	10	330,6	304,1	634,7	9313,3	8678,6	70	1776,5
7	ke	8	316,4	35,7	352,1	1077,0	724,9	70	205,4
7	ke	9	302,3	403,1	705,4	12124,3	11418,9	64	2312,7

7	ke	10	375,5	616,7	992,2	18728,3	17736,1	78	3572,4
8	ke	9	405,5	400,2	805,7	11988,8	11183,1	88	2286,8
8	ke	10	523,4	606,8	1130,2	18355,7	17225,6	111	3501,3
9	ke	10	514,2	623,7	1137,9	18796,0	17658,1	110	3585,3

k. Hasil perhitungan simulasi pada Bulan November

Dari hasil analisa didapatkan bahwa pada Bulan November Rute Pelabuhan Bakauheni dan Pelabuhan Tanjung Priok adalah rute yang optimum dengan total daya yang dihasilkan oleh panel surya adalah 270,33 kW dan total daya yang dihasilkan oleh turbin angin adalah 156,47 kW. Tabel 4.41. menunjukkan hasil perhitungan simulasi pada Bulan November.

Tabel 4. 40. Hasil perhitungan simulasi pada Bulan November

NOVEMBER									
P1	ke	P2	Daya SP	Daya TA	SP+TA	Daya Gen Max	OP	N Bat	FOC
1	ke	2	263,8	69,6	333,4	1998,1	1664,7	59	381,1
1	ke	3	270,3	156,5	426,8	4131,7	3704,9	63	788,1
1	ke	4	263,7	437,8	701,5	11954,9	11253,4	65	2280,4
1	ke	5	362,6	631,8	994,4	17576,8	16582,4	87	3352,7
1	ke	6	373,1	620,0	993,1	17746,1	16753,0	85	3385,0
1	ke	7	494,5	873,5	1368,0	25230,7	23862,7	112	4812,7
1	ke	8	542,9	886,0	1428,9	25095,2	23666,3	126	4786,9
1	ke	9	776,1	1090,7	1866,9	29972,0	28105,1	186	5717,1
1	ke	10	360,7	574,6	935,3	16120,5	15185,2	85	3075,0
2	ke	3	261,1	78,9	340,0	2326,6	1986,6	58	443,8
2	ke	4	254,6	335,6	590,1	10166,8	9576,6	54	1939,3
2	ke	5	313,6	513,4	827,1	15781,9	14954,8	63	3010,4
2	ke	6	323,5	508,2	831,7	15961,4	15129,7	63	3044,6
2	ke	7	453,7	761,2	1214,9	24072,4	22857,5	86	4591,8
2	ke	8	486,1	747,1	1233,3	23283,3	22050,1	97	4441,2
2	ke	9	699,9	914,4	1614,2	27838,4	26224,2	147	5310,1
2	ke	10	292,9	437,9	730,8	13546,7	12815,9	59	2584,0
3	ke	4	261,0	292,6	553,7	8229,6	7675,9	60	1569,8
3	ke	5	248,8	399,9	648,7	11446,9	10798,2	57	2183,5
3	ke	6	271,2	443,5	714,7	13038,7	12324,0	59	2487,1
3	ke	7	410,8	715,0	1125,8	21200,5	20074,7	89	4044,0
3	ke	8	466,3	748,0	1214,3	21776,3	20562,0	104	4153,8

3	ke	9	679,9	936,1	1616,1	26483,7	24867,6	157	5051,7
3	ke	10	270,1	417,9	688,0	12056,5	11368,5	61	2299,8
4	ke	5	242,2	178,2	420,4	5249,3	4828,9	53	1001,3
4	ke	6	247,0	211,9	458,9	6400,8	5941,9	53	1220,9
4	ke	7	271,8	473,9	745,7	14427,2	13681,5	56	2752,0
4	ke	8	301,8	483,1	784,9	14461,1	13676,1	64	2758,4
4	ke	9	501,3	684,5	1185,8	19947,5	18761,7	111	3804,9
4	ke	10	263,6	290,9	554,5	8636,0	8081,5	57	1647,3
5	ke	6	234,8	40,4	275,2	1239,5	964,3	52	236,4
5	ke	7	217,4	292,8	510,2	9042,4	8532,2	44	1724,8
5	ke	8	242,2	298,7	540,9	9076,3	8535,4	51	1731,3
5	ke	9	371,8	520,2	892,0	15409,3	14517,3	81	2939,3
5	ke	10	251,3	276,4	527,7	8331,2	7803,5	54	1589,2
6	ke	7	222,3	246,9	469,2	7789,3	7320,1	45	1485,8
6	ke	8	247,0	253,9	500,9	7890,9	7390,0	51	1505,2
6	ke	9	385,4	517,7	903,0	15714,1	14811,1	81	2997,4
6	ke	10	256,1	301,9	558,0	9313,3	8755,3	53	1776,5
7	ke	8	229,7	34,4	264,1	1077,0	812,9	50	205,4
7	ke	9	281,6	396,3	678,0	12124,3	11446,3	58	2312,7
7	ke	10	366,8	602,6	969,4	18728,3	17758,9	73	3572,4
8	ke	9	306,4	398,5	704,9	11988,8	11283,9	65	2286,8
8	ke	10	396,8	600,0	996,8	18355,7	17358,9	82	3501,3
9	ke	10	486,4	629,9	1116,3	18796,0	17679,7	105	3585,3

l. Hasil perhitungan simulasi pada Bulan Desember

Dari hasil analisa didapatkan bahwa pada Bulan Desember Rute Pelabuhan Semarang dan Pelabuhan Paciran adalah rute yang optimum dengan total daya yang dihasilkan oleh panel surya adalah 281,63 kW dan total daya yang dihasilkan oleh turbin angin adalah 189,58 kW. Tabel 4.42. menunjukkan hasil perhitungan simulasi pada Bulan Desember.

Tabel 4. 41. Hasil perhitungan simulasi pada Bulan Desember

DESEMBER									
P1	ke	P2	Daya SP	Daya TA	SP+TA	Daya Gen Max	OP	N Bat	FOC
1	ke	2	203,9	72,3	276,2	1998,1	1721,9	46	381,1
1	ke	3	224,2	157,8	382,1	4131,7	3749,7	53	788,1
1	ke	4	230,8	454,8	685,6	11954,9	11269,3	61	2280,4

1	ke	5	353,5	690,2	1043,6	17576,8	16533,2	98	3352,7
1	ke	6	296,5	668,3	964,8	17746,1	16781,3	79	3385,0
1	ke	7	449,8	920,0	1369,8	25230,7	23860,9	112	4812,7
1	ke	8	484,7	935,6	1420,3	25095,2	23674,9	124	4786,9
1	ke	9	649,5	1152,2	1801,7	29972,0	28170,3	172	5717,1
1	ke	10	312,4	597,3	909,7	16120,5	15210,8	79	3075,0
2	ke	3	233,8	78,5	312,3	2326,6	2014,3	52	443,8
2	ke	4	240,3	342,1	582,4	10166,8	9584,3	52	1939,3
2	ke	5	329,7	544,6	874,3	15781,9	14907,6	74	3010,4
2	ke	6	279,1	532,8	811,9	15961,4	15149,4	59	3044,6
2	ke	7	447,9	783,9	1231,8	24072,4	22840,7	90	4591,8
2	ke	8	467,9	771,1	1239,0	23283,3	22044,3	98	4441,2
2	ke	9	625,0	944,5	1569,5	27838,4	26268,9	137	5310,1
2	ke	10	273,1	446,5	719,6	13546,7	12827,1	57	2584,0
3	ke	4	260,7	290,0	550,8	8229,6	7678,8	60	1569,8
3	ke	5	275,1	414,9	690,0	11446,9	10756,9	66	2183,5
3	ke	6	249,8	455,4	705,2	13038,7	12333,4	57	2487,1
3	ke	7	429,9	720,0	1149,9	21200,5	20050,6	94	4044,0
3	ke	8	474,0	753,9	1227,9	21776,3	20548,4	107	4153,8
3	ke	9	638,9	942,0	1580,9	26483,7	24902,8	149	5051,7
3	ke	10	266,2	415,2	681,3	12056,5	11375,2	60	2299,8
4	ke	5	281,6	189,6	471,2	5249,3	4778,1	65	1001,3
4	ke	6	240,1	222,8	463,0	6400,8	5937,8	54	1220,9
4	ke	7	300,3	488,5	788,8	14427,2	13638,4	65	2752,0
4	ke	8	322,5	499,0	821,6	14461,1	13639,5	72	2758,4
4	ke	9	491,9	707,1	1199,0	19947,5	18748,5	114	3804,9
4	ke	10	272,7	296,4	569,2	8636,0	8066,8	61	1647,3
5	ke	6	254,5	44,3	298,9	1239,5	940,7	57	236,4
5	ke	7	268,2	314,1	582,3	9042,4	8460,1	60	1724,8
5	ke	8	286,3	321,7	608,0	9076,3	8468,3	66	1731,3
5	ke	9	398,2	561,9	960,1	15409,3	14449,3	96	2939,3
5	ke	10	287,1	293,6	580,7	8331,2	7750,5	66	1589,2
6	ke	7	226,7	261,6	488,2	7789,3	7301,1	49	1485,8
6	ke	8	244,8	270,0	514,8	7890,9	7376,1	54	1505,2
6	ke	9	352,6	552,0	904,5	15714,1	14809,6	81	2997,4
6	ke	10	245,6	317,0	562,6	9313,3	8750,7	54	1776,5

7	ke	8	258,5	35,9	294,3	1077,0	782,6	57	205,4
7	ke	9	287,2	413,9	701,1	12124,3	11423,1	63	2312,7
7	ke	10	398,3	620,9	1019,1	18728,3	17709,1	84	3572,4
8	ke	9	305,3	417,4	722,7	11988,8	11266,1	69	2286,8
8	ke	10	417,7	619,6	1037,2	18355,7	17318,5	91	3501,3
9	ke	10	472,0	650,8	1122,7	18796,0	17673,3	106	3585,3

4.17. Pemilihan Rute

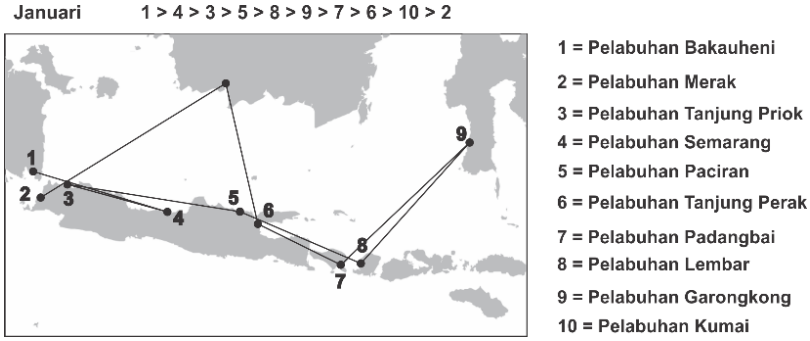
Hasil optimalisasi didapatkan dari daya generator dikurangi dengan hasil penjumlahan daya panel surya dan turbin angin. Hasil tersebut dipilih nilai yang minimum. Artinya rute yang dipilih akan memiliki daya solar panel dan turbin angin yang optimum dengan jaraknya. Daya solar panel dan turbin angin yang kurang dari 418,22 kW dalam sehari tidak akan dipilih karena tidak bisa membantu memberikan daya penerangan pada kapal 2000 GT.

P1	= Pelabuhan awal	
P2	= Pelabuhan akhir	
Daya SP	= Daya panel surya	(kW)
Daya TA	= Daya turbin angin	(kW)
SP+TA	= Daya panel surya + daya turbin angin	(kW)
Daya Gen Max	= Maksimal daya yang dihasilkan generator	(kW)
OP	= Hasil Optimalisasi (P.Gen-(P.SP+P.TA))	
N Bat	= Jumlah baterai yang dibutuhkan	
FOC	= Total konsumsi bahan bakar generator	(liter)

4.17.1. Rute pada Bulan Januari

Dari hasil pemilihan rute dalam 1 tahun dapat disimpulkan bahwa pada Bulan Januari rute optimal dicapai jika memilih Pelabuhan Bakauheni sebagai pelabuhan awal. Total daya yang dihasilkan dari panel surya dan turbin angin pada Rute Bulan Januari ini adalah 5497,8 kW. Gambar 4.17. menunjukkan gambar dari rute untuk Bulan Januari,dengan penjelasan rute sebagai berikut:

Pelabuhan awal : Pelabuhan Bakauheni
Pelabuhan ke-2 : Pelabuhan Semarang
Pelabuhan ke-3 : Pelabuhan Tanjung Priok
Pelabuhan ke-4 : Pelabuhan Paciran
Pelabuhan ke-5 : Pelabuhan Lembar
Pelabuhan ke-6 : Pelabuhan Garongkong
Pelabuhan ke-7 : Pelabuhan Padangbai
Pelabuhan ke-8 : Pelabuhan Tanjung Perak
Pelabuhan ke-9 : Pelabuhan Kumai
Pelabuhan ke-10 : Pelabuhan Merak



Gambar 4. 16. Rute pada Bulan Januari

Tabel 4.43. menunjukkan hasil perhitungan rute pada Bulan Januari.

Tabel 4. 42. Hasil perhitungan rute pada Bulan Januari

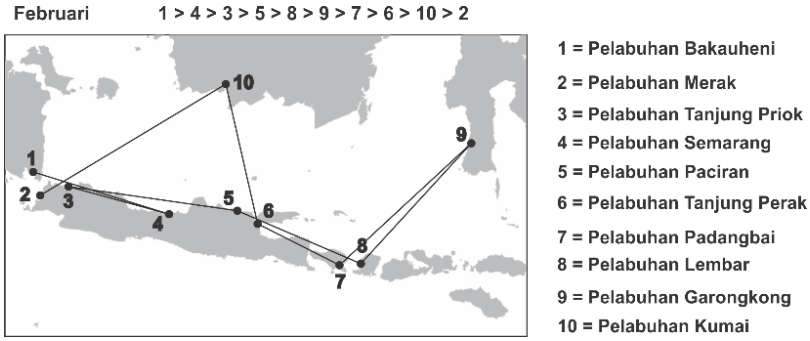
P1	ke	P2	Daya SP	Daya TA	SP+TA	Daya Gen Max	OP	N Bat	FOC
1	ke	4	125,2	442,4	567,6	11954,9	11387,4	35	2280,4
2	ke	10	303,1	442,3	745,5	13546,7	12801,2	62	2584,0
3	ke	4	148,0	299,7	447,7	8229,6	7781,9	37	1569,8
3	ke	5	254,1	421,5	675,6	11446,9	10771,4	63	2183,5
5	ke	8	280,7	314,6	595,3	9076,3	8481,0	63	1731,3
6	ke	7	235,9	265,4	501,3	7789,3	7288,0	52	1485,8
6	ke	10	245,1	313,7	558,8	9313,3	8754,5	53	1776,5
7	ke	9	248,0	447,0	695,0	12124,3	11429,3	62	2312,7
8	ke	9	276,4	434,5	711,0	11988,8	11277,8	67	2286,8

4.17.2. Rute pada Bulan Februari

Dari hasil pemilihan rute dalam 1 tahun dapat disimpulkan bahwa pada Bulan Februari rute optimal dicapai jika memilih Pelabuhan Bakauheni sebagai pelabuhan awal. Total daya yang dihasilkan dari panel surya dan turbin angin pada Rute Bulan Februari ini adalah 5567,5 kW. Gambar 4.18. menunjukkan gambar dari rute untuk Bulan Februari, dengan penjelasan rute sebagai berikut:

Pelabuhan awal : Pelabuhan Bakauheni
Pelabuhan ke-2 : Pelabuhan Semarang
Pelabuhan ke-3 : Pelabuhan Tanjung Priok
Pelabuhan ke-4 : Pelabuhan Paciran
Pelabuhan ke-5 : Pelabuhan Lembar
Pelabuhan ke-6 : Pelabuhan Garongkong
Pelabuhan ke-7 : Pelabuhan Padangbai
Pelabuhan ke-8 : Pelabuhan Tanjung Perak

Pelabuhan ke-9 : Pelabuhan Kumai
Pelabuhan ke-10 : Pelabuhan Merak



Gambar 4. 17. Rute pada Bulan Februari

Tabel 4.44. menunjukkan hasil perhitungan rute pada Bulan Februari.

Tabel 4. 43. Hasil perhitungan rute pada Bulan Februari

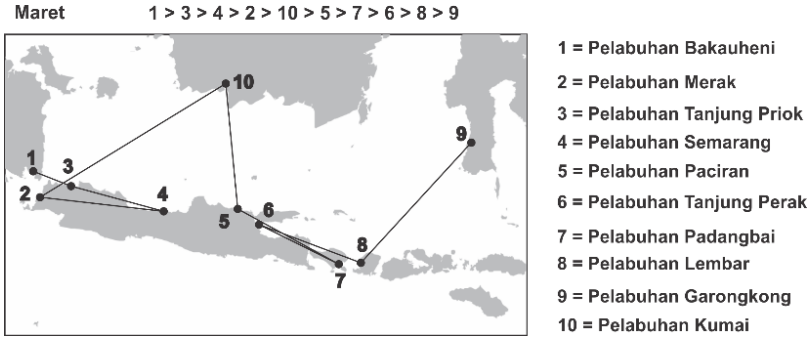
P1	ke	P2	Daya SP	Daya TA	SP+TA	Daya Gen Max	OP	N Bat	FOC
1	ke	4	137,0	425,4	562,4	11954,9	11392,6	34	2280,38
2	ke	10	259,1	444,3	703,4	13546,7	12843,3	53	2584,00
3	ke	4	152,1	298,6	450,7	8229,6	7778,9	37	1569,78
3	ke	5	226,6	414,2	640,8	11446,9	10806,1	55	2183,48
5	ke	8	273,1	322,5	595,6	9076,3	8480,6	63	1731,28
6	ke	7	279,0	264,3	543,3	7789,3	7246,0	61	1485,80
6	ke	10	237,5	317,1	554,6	9313,3	8758,7	52	1776,50
7	ke	9	288,6	463,0	751,6	12124,3	11372,7	75	2312,68
8	ke	9	300,0	465,1	765,1	11988,8	11223,7	79	2286,84

4.17.3. Rute pada Bulan Maret

Dari hasil pemilihan rute dalam 1 tahun dapat disimpulkan bahwa pada Bulan Maret rute optimal dicapai jika memilih Pelabuhan Bakauheni sebagai pelabuhan awal. Total daya yang dihasilkan dari panel surya dan turbin angin pada Rute Bulan Maret ini adalah 5414 kW. Gambar 4.19. menunjukkan gambar dari rute untuk Bulan Maret, dengan penjelasan rute sebagai berikut:

Pelabuhan awal : Pelabuhan Bakauheni
Pelabuhan ke-2 : Pelabuhan Tanjung Priok
Pelabuhan ke-3 : Pelabuhan Semarang
Pelabuhan ke-4 : Pelabuhan Merak

Pelabuhan ke-5 : Pelabuhan Kumai
Pelabuhan ke-6 : Pelabuhan Paciran
Pelabuhan ke-7 : Pelabuhan Padangbai
Pelabuhan ke-8 : Pelabuhan Tanjung Perak
Pelabuhan ke-9 : Pelabuhan Lembar
Pelabuhan ke-10 : Pelabuhan Garongkong



Gambar 4. 18. Rute pada Bulan Maret

Tabel 4.45. menunjukkan hasil perhitungan rute pada Bulan Maret.

Tabel 4. 44. Hasil perhitungan rute pada Bulan Maret

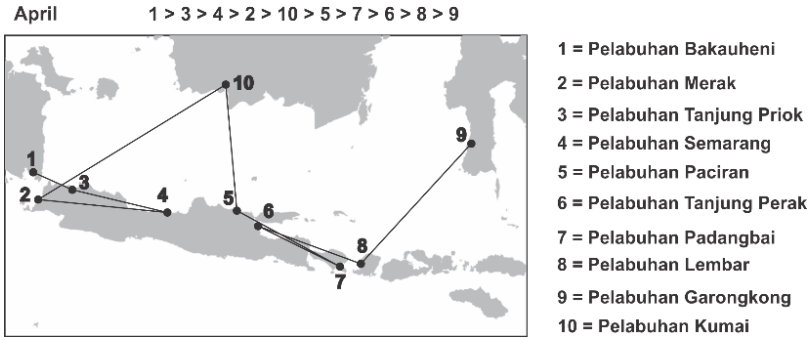
P1	ke	P2	Daya SP	Daya TA	SP+TA	Daya Gen Max	OP	N Bat	FOC
1	ke	3	275,5	143,2	418,7	4131,7	3713,0	62	788,12
2	ke	4	310,0	338,0	648,0	10166,8	9518,7	67	1939,29
2	ke	10	297,8	438,7	736,5	13546,7	12810,2	60	2584,00
3	ke	4	309,9	282,5	592,4	8229,6	7637,2	69	1569,78
5	ke	7	331,6	302,4	634,0	9042,4	8408,4	72	1724,82
5	ke	10	273,7	278,7	552,4	8331,2	7778,8	60	1589,16
6	ke	7	308,8	256,3	565,0	7789,3	7224,3	66	1485,80
6	ke	8	302,0	257,9	559,9	7890,9	7331,0	64	1505,18
8	ke	9	298,2	408,9	707,1	11988,8	11281,7	66	2286,84

4.17.4. Rute pada Bulan April

Dari hasil pemilihan rute dalam 1 tahun dapat disimpulkan bahwa pada Bulan April rute optimal dicapai jika memilih Pelabuhan Bakauheni sebagai pelabuhan awal. Total daya yang dihasilkan dari panel surya dan turbin angin pada Rute Bulan April ini adalah 5574,4 kW. Gambar 4.20. menunjukkan gambar dari rute untuk Bulan April, dengan penjelasan rute sebagai berikut:

Pelabuhan awal : Pelabuhan Bakauheni
Pelabuhan ke-2 : Pelabuhan Tanjung Priok

Pelabuhan ke-3 : Pelabuhan Semarang
Pelabuhan ke-4 : Pelabuhan Merak
Pelabuhan ke-5 : Pelabuhan Kumai
Pelabuhan ke-6 : Pelabuhan Paciran
Pelabuhan ke-7 : Pelabuhan Padangbai
Pelabuhan ke-8 : Pelabuhan Tanjung Perak
Pelabuhan ke-9 : Pelabuhan Lembar
Pelabuhan ke-10 : Pelabuhan Garongkong



Gambar 4. 19. Rute pada Bulan April

Tabel 4.46. menunjukkan hasil perhitungan rute pada Bulan April.

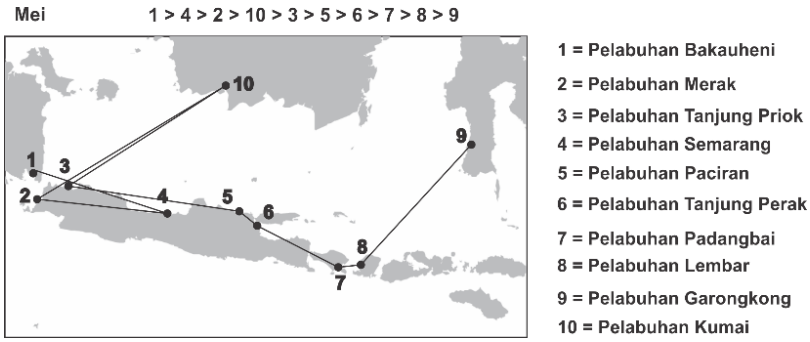
Tabel 4. 45. Hasil perhitungan rute pada Bulan April

P1	ke	P2	Daya SP	Daya TA	SP+TA	Daya Gen Max	OP	N Bat	FOC
1	ke	3	289,4	149,6	439,1	4131,7	3692,7	66	788,1
2	ke	4	294,0	333,9	627,9	10166,8	9538,8	62	1939,3
2	ke	10	311,7	432,0	743,7	13546,7	12802,9	62	2584,0
3	ke	4	295,1	277,2	572,3	8229,6	7657,3	64	1569,8
5	ke	7	337,1	293,9	631,0	9042,4	8411,4	71	1724,8
5	ke	10	307,8	269,0	576,8	8331,2	7754,4	65	1589,2
6	ke	7	318,9	254,4	573,2	7789,3	7216,1	68	1485,8
6	ke	8	366,0	258,2	624,2	7890,9	7266,7	79	1505,2
8	ke	9	390,1	396,1	786,2	11988,8	11202,6	83	2286,8

4.17.5. Rute pada Bulan Mei

Dari hasil pemilihan rute dalam 1 tahun dapat disimpulkan bahwa pada Bulan Mei rute optimal dicapai jika memilih Pelabuhan Bakauheni sebagai pelabuhan awal. Total daya yang dihasilkan dari panel surya dan turbin angin pada Rute Bulan Mei ini adalah 5981,6 kW. Gambar 4.21.

menunjukkan gambar dari rute untuk Bulan Mei, dengan penjelasan rute sebagai berikut:
Pelabuhan awal : Pelabuhan Bakauheni
Pelabuhan ke-2 : Pelabuhan Semarang
Pelabuhan ke-3 : Pelabuhan Merak
Pelabuhan ke-4 : Pelabuhan Kumai
Pelabuhan ke-5 : Pelabuhan Tanjung Priok
Pelabuhan ke-6 : Pelabuhan Paciran
Pelabuhan ke-7 : Pelabuhan Tanjung Perak
Pelabuhan ke-8 : Pelabuhan Padangbai
Pelabuhan ke-9 : Pelabuhan Lembar
Pelabuhan ke-10 : Pelabuhan Garongkong



Gambar 4. 20. Rute pada Bulan Mei

Tabel 4.47. menunjukkan hasil perhitungan rute pada Bulan Mei.

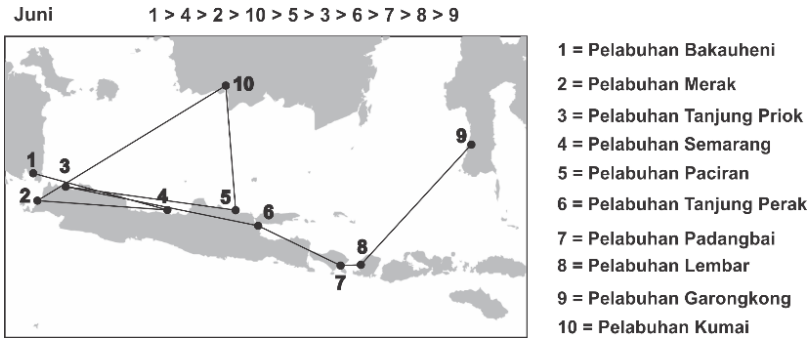
Tabel 4. 46. Hasil perhitungan rute pada Bulan Mei

P1	ke	P2	Daya SP	Daya TA	SP+TA	Daya Gen Max	OP	N Bat	FOC
1	ke	4	346,1	419,4	765,6	11954,9	11189,4	79	2280,4
2	ke	4	366,9	337,4	704,3	10166,8	9462,4	79	1939,3
2	ke	10	317,8	435,3	753,1	13546,7	12793,6	64	2584,0
3	ke	5	330,5	384,8	715,3	11446,9	10731,6	72	2183,5
3	ke	10	261,7	398,9	660,6	12056,5	11395,9	55	2299,8
5	ke	6	396,9	43,6	440,6	1239,5	798,9	88	236,4
6	ke	7	397,4	276,1	673,5	7789,3	7115,8	90	1485,8
7	ke	8	428,5	35,7	464,2	1077,0	612,8	95	205,4
8	ke	9	422,8	381,6	804,4	11988,8	11184,4	87	2286,8

4.17.6. Rute pada Bulan Juni

Dari hasil pemilihan rute dalam 1 tahun dapat disimpulkan bahwa pada Bulan Juni rute optimal dicapai jika memilih Pelabuhan Bakauheni sebagai pelabuhan awal. Total daya yang dihasilkan dari panel surya dan turbin angin pada Rute Bulan Juni ini adalah 6040,3 kW. Gambar 4.22. menunjukkan gambar dari rute untuk Bulan Juni, dengan penjelasan rute sebagai berikut:

Pelabuhan awal : Pelabuhan Bakauheni
Pelabuhan ke-2 : Pelabuhan Semarang
Pelabuhan ke-3 : Pelabuhan Merak
Pelabuhan ke-4 : Pelabuhan Kumai
Pelabuhan ke-5 : Pelabuhan Paciran
Pelabuhan ke-6 : Pelabuhan Tanjung Priok
Pelabuhan ke-7 : Pelabuhan Tanjung Perak
Pelabuhan ke-8 : Pelabuhan Padangbai
Pelabuhan ke-9 : Pelabuhan Lembar
Pelabuhan ke-10 : Pelabuhan Garongkong



Gambar 4. 21. Rute pada Bulan Juni

Tabel 4.48. menunjukkan hasil perhitungan rute pada Bulan Juni.

Tabel 4. 47. Hasil perhitungan rute pada Bulan Juni

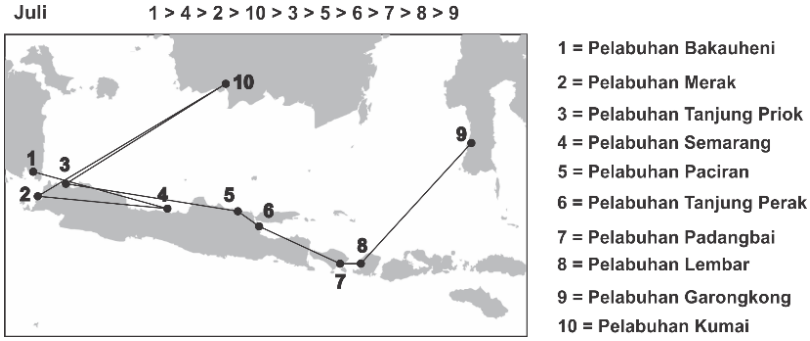
P1	ke	P2	Daya SP	Daya TA	SP+TA	Daya Gen Max	OP	N Bat	FOC
1	ke	4	322,2	419,6	741,8	11954,9	11213,1	74	2280,4
2	ke	4	349,3	337,9	687,2	10166,8	9479,5	75	1939,3
2	ke	10	340,0	429,1	769,1	13546,7	12777,6	68	2584,0
3	ke	5	324,1	394,5	718,6	11446,9	10728,3	72	2183,5
3	ke	10	309,2	397,2	706,4	12056,5	11350,1	65	2299,8
5	ke	10	325,9	281,0	606,9	8331,2	7724,3	71	1589,2
6	ke	7	353,9	276,6	630,6	7789,3	7158,7	81	1485,8

7	ke	8	384,3	36,0	420,3	1077,0	656,7	85	205,4
8	ke	9	375,0	384,4	759,4	11988,8	11229,4	77	2286,8

4.17.7. Rute pada Bulan Juli

Dari hasil pemilihan rute dalam 1 tahun dapat disimpulkan bahwa pada Bulan Juli rute optimal dicapai jika memilih Pelabuhan Bakauheni sebagai pelabuhan awal. Total daya yang dihasilkan dari panel surya dan turbin angin pada Rute Bulan Juli ini adalah 5859,1 kW. Gambar 4.23. menunjukkan gambar dari rute untuk Bulan Juli, dengan penjelasan rute sebagai berikut:

Pelabuhan awal : Pelabuhan Bakauheni
Pelabuhan ke-2 : Pelabuhan Semarang
Pelabuhan ke-3 : Pelabuhan Merak
Pelabuhan ke-4 : Pelabuhan Kumai
Pelabuhan ke-5 : Pelabuhan Tanjung Priok
Pelabuhan ke-6 : Pelabuhan Paciran
Pelabuhan ke-7 : Pelabuhan Tanjung Perak
Pelabuhan ke-8 : Pelabuhan Padangbai
Pelabuhan ke-9 : Pelabuhan Garongkong
Pelabuhan ke-10 : Pelabuhan Lembar



Gambar 4. 22. Rute pada Bulan Juli

Tabel 4.49. menunjukkan hasil perhitungan rute pada Bulan Juli.

Tabel 4. 48. Hasil perhitungan rute pada Bulan Juli

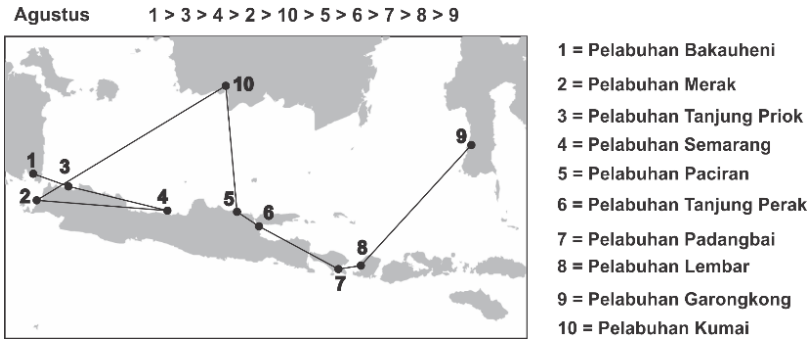
P1	ke	P2	Daya SP	Daya TA	SP+TA	Daya Gen Max	OP	N Bat	FOC
1	ke	4	312,4	423,3	735,7	11954,9	11219,2	72	2280,4
2	ke	4	331,7	334,2	665,8	10166,8	9500,9	70	1939,3
2	ke	10	332,4	437,2	769,6	13546,7	12777,1	68	2584,0
3	ke	5	321,0	398,5	719,5	11446,9	10727,4	73	2183,5

3	ke	10	307,2	409,9	717,1	12056,5	11339,4	67	2299,8
5	ke	6	387,7	46,2	433,9	1239,5	805,6	87	236,4
6	ke	7	379,4	287,5	667,0	7789,3	7122,4	89	1485,8
7	ke	8	357,3	36,7	393,9	1077,0	683,1	79	205,4
8	ke	9	360,7	395,9	756,6	11988,8	11232,2	77	2286,8

4.17.8. Rute pada Bulan Agustus

Dari hasil pemilihan rute dalam 1 tahun dapat disimpulkan bahwa pada Bulan Agustus rute optimal dicapai jika memilih Pelabuhan Bakauheni sebagai pelabuhan awal. Total daya yang dihasilkan dari panel surya dan turbin angin pada Rute Bulan Agustus ini adalah 5831,8 kW. Gambar 4.24. menunjukkan gambar dari rute untuk Bulan Agustus, dengan penjelasan rute sebagai berikut:

Pelabuhan awal : Pelabuhan Bakauheni
Pelabuhan ke-2 : Pelabuhan Tanjung Priok
Pelabuhan ke-3 : Pelabuhan Semarang
Pelabuhan ke-4 : Pelabuhan Merak
Pelabuhan ke-5 : Pelabuhan Kumai
Pelabuhan ke-6 : Pelabuhan Paciran
Pelabuhan ke-7 : Pelabuhan Tanjung Perak
Pelabuhan ke-8 : Pelabuhan Padangbai
Pelabuhan ke-9 : Pelabuhan Lembar
Pelabuhan ke-10 : Pelabuhan Garongkong



Gambar 4. 23. Rute pada Bulan Agustus

Tabel 4.50. menunjukkan hasil perhitungan rute pada Bulan Agustus.

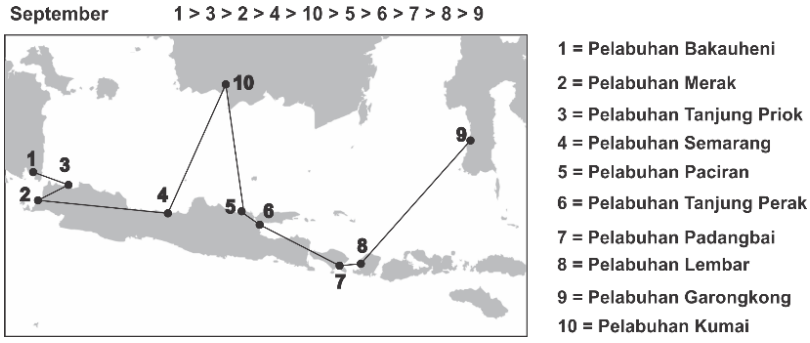
Tabel 4. 49. Hasil perhitungan rute pada Bulan Agustus

P1	ke	P2	Daya SP	Daya TA	SP+TA	Daya Gen Max	OP	N Bat	FOC
1	ke	3	298,2	147,8	446,0	4131,7	3685,8	68	788,1
2	ke	4	403,2	346,4	749,6	10166,8	9417,1	89	1939,3
2	ke	10	332,7	450,4	783,1	13546,7	12763,6	71	2584,0
3	ke	4	389,8	298,3	688,0	8229,6	7541,6	90	1569,8
5	ke	6	457,4	43,2	500,6	1239,5	738,9	102	236,4
5	ke	10	369,3	296,0	665,3	8331,2	7665,9	84	1589,2
6	ke	7	413,6	270,0	683,6	7789,3	7105,7	93	1485,8
7	ke	8	423,1	38,1	461,2	1077,0	615,8	94	205,4
8	ke	9	446,3	408,0	854,4	11988,8	11134,4	98	2286,8

4.17.9. Rute pada Bulan September

Dari hasil pemilihan rute dalam 1 tahun dapat disimpulkan bahwa pada Bulan September rute optimal dicapai jika memilih Pelabuhan Bakauheni sebagai pelabuhan awal. Total daya yang dihasilkan dari panel surya dan turbin angin pada Rute Bulan September ini adalah 5628,5 kW. Gambar 4.25. menunjukkan gambar dari rute untuk Bulan September, dengan penjelasan rute sebagai berikut:

Pelabuhan awal : Pelabuhan Bakauheni
Pelabuhan ke-2 : Pelabuhan Tanjung Priok
Pelabuhan ke-3 : Pelabuhan Merak
Pelabuhan ke-4 : Pelabuhan Semarang
Pelabuhan ke-5 : Pelabuhan Kumai
Pelabuhan ke-6 : Pelabuhan Paciran
Pelabuhan ke-7 : Pelabuhan Tanjung Perak
Pelabuhan ke-8 : Pelabuhan Padangbai
Pelabuhan ke-9 : Pelabuhan Lembar
Pelabuhan ke-10: Pelabuhan Garongkong



Gambar 4. 24. Rute pada Bulan September

Tabel 4.51. menunjukkan hasil perhitungan rute pada Bulan September.

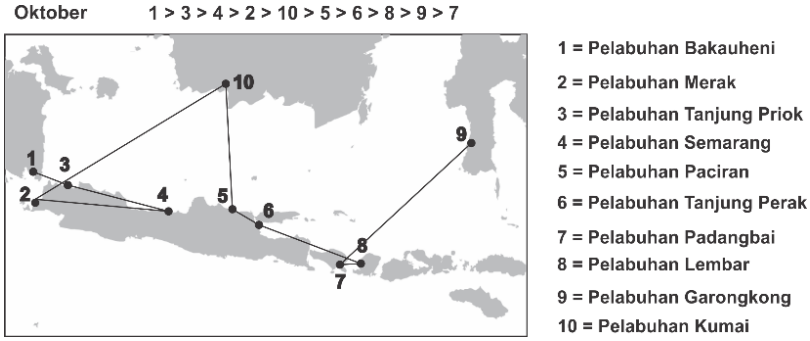
Tabel 4. 50. Hasil perhitungan rute pada Bulan September

P1	ke	P2	Daya SP	Daya TA	SP+TA	Daya Gen Max	OP	N Bat	FOC
1	ke	3	371,2	149,8	521,0	4131,7	3610,7	84	788,1
2	ke	3	375,7	77,0	452,7	2326,6	1874,0	83	443,8
2	ke	4	400,7	345,8	746,5	10166,8	9420,2	88	1939,3
4	ke	10	394,2	306,0	700,2	8636,0	7935,8	90	1647,3
5	ke	6	463,2	44,6	507,8	1239,5	731,7	103	236,4
5	ke	10	404,3	293,5	697,8	8331,2	7633,4	92	1589,2
6	ke	7	424,8	274,0	698,9	7789,3	7090,4	96	1485,8
7	ke	8	430,1	36,6	466,7	1077,0	610,3	95	205,4
8	ke	9	436,3	400,5	836,9	11988,8	11151,9	95	2286,8

4.17.10. Rute pada Bulan Oktober

Dari hasil pemilihan rute dalam 1 tahun dapat disimpulkan bahwa pada Bulan Oktober rute optimal dicapai jika memilih Pelabuhan Bakauheni sebagai pelabuhan awal. Total daya yang dihasilkan dari panel surya dan turbin angin pada Rute Bulan Oktober ini adalah 5969,1 kW. Gambar 4.26. menunjukkan gambar dari rute untuk Bulan Oktober, dengan penjelasan rute sebagai berikut:

Pelabuhan awal : Pelabuhan Bakauheni
Pelabuhan ke-2 : Pelabuhan Tanjung Priok
Pelabuhan ke-3 : Pelabuhan Semarang
Pelabuhan ke-4 : Pelabuhan Merak
Pelabuhan ke-5 : Pelabuhan Kumai
Pelabuhan ke-6 : Pelabuhan Paciran
Pelabuhan ke-7 : Pelabuhan Tanjung Perak
Pelabuhan ke-8 : Pelabuhan Lembar
Pelabuhan ke-9 : Pelabuhan Garongkong
Pelabuhan ke-10 : Pelabuhan Padangbai



Gambar 4. 25. Rute pada Bulan Oktober

Tabel 4.52. menunjukkan hasil perhitungan rute pada Bulan Oktober.

Tabel 4. 51. Hasil perhitungan rute pada Bulan Oktober

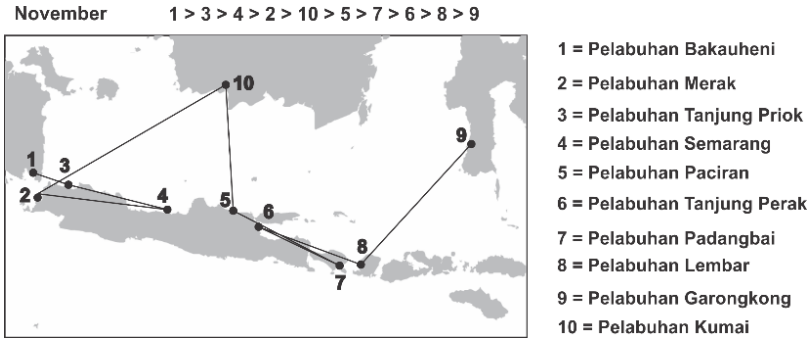
P1	ke	P2	Daya SP	Daya TA	SP+TA	Daya Gen Max	OP	N Bat	FOC
1	ke	3	324,3	157,2	481,5	4131,7	3650,2	76	788,1
2	ke	4	387,7	336,1	723,8	10166,8	9443,0	83	1939,3
2	ke	10	344,3	437,6	781,8	13546,7	12764,9	70	2584,0
3	ke	4	382,3	284,3	666,6	8229,6	7563,0	85	1569,8
5	ke	6	441,9	40,4	482,3	1239,5	757,2	98	236,4
5	ke	10	387,1	273,3	660,4	8331,2	7670,8	83	1589,2
6	ke	8	402,5	259,1	661,6	7890,9	7229,3	87	1505,2
7	ke	9	302,3	403,1	705,4	12124,3	11418,9	64	2312,7
8	ke	9	405,5	400,2	805,7	11988,8	11183,1	88	2286,8

4.17.11. Rute pada Bulan November

Dari hasil pemilihan rute dalam 1 tahun dapat disimpulkan bahwa pada Bulan November rute optimal dicapai jika memilih Pelabuhan Bakauheni sebagai pelabuhan awal. Total daya yang dihasilkan dari panel surya dan turbin angin pada Rute Bulan November ini adalah 5014,3 kW. Gambar 4.27. menunjukkan gambar dari rute untuk Bulan November, dengan penjelasan rute sebagai berikut:

Pelabuhan awal : Pelabuhan Bakauheni
Pelabuhan ke-2 : Pelabuhan Tanjung Priok
Pelabuhan ke-3 : Pelabuhan Semarang
Pelabuhan ke-4 : Pelabuhan Merak
Pelabuhan ke-5 : Pelabuhan Kumai
Pelabuhan ke-6 : Pelabuhan Paciran
Pelabuhan ke-7 : Pelabuhan Padangbai

Pelabuhan ke-8 : Pelabuhan Tanjung Perak
Pelabuhan ke-9 : Pelabuhan Lembar
Pelabuhan ke-10 : Pelabuhan Garongkong



Gambar 4. 26. Rute pada Bulan November

Tabel 4.53. menunjukkan hasil perhitungan rute pada Bulan November.

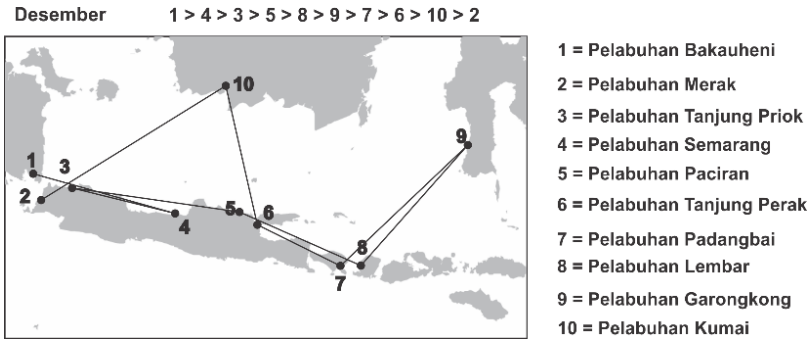
Tabel 4. 52. Hasil perhitungan rute pada Bulan November

P1	ke	P2	Daya SP	Daya TA	SP+TA	Daya Gen Max	OP	N Bat	FOC
1	ke	3	270,3	156,5	426,8	4131,7	3704,9	63	788,1
2	ke	4	254,6	335,6	590,1	10166,8	9576,6	54	1939,3
2	ke	10	292,9	437,9	730,8	13546,7	12815,9	59	2584,0
3	ke	4	261,0	292,6	553,7	8229,6	7675,9	60	1569,8
5	ke	7	217,4	292,8	510,2	9042,4	8532,2	44	1724,8
5	ke	10	251,3	276,4	527,7	8331,2	7803,5	54	1589,2
6	ke	7	222,3	246,9	469,2	7789,3	7320,1	45	1485,8
6	ke	8	247,0	253,9	500,9	7890,9	7390,0	51	1505,2
8	ke	9	306,4	398,5	704,9	11988,8	11283,9	65	2286,8

4.17.12.Rute pada Bulan Desember

Dari hasil pemilihan rute dalam 1 tahun dapat disimpulkan bahwa pada Bulan Desember rute optimal dicapai jika memilih Pelabuhan Bakauheni sebagai pelabuhan awal. Total daya yang dihasilkan dari panel surya dan turbin angin pada Rute Bulan Desember ini adalah 5043 kW. Gambar 4.28. menunjukkan gambar dari rute untuk Bulan Desember, dengan penjelasan rute sebagai berikut:
Pelabuhan awal : Pelabuhan Bakauheni
Pelabuhan ke-2 : Pelabuhan Semarang
Pelabuhan ke-3 : Pelabuhan Tanjung Priok

Pelabuhan ke-4 : Pelabuhan Paciran
Pelabuhan ke-5 : Pelabuhan Lembar
Pelabuhan ke-6 : Pelabuhan Garongkong
Pelabuhan ke-7 : Pelabuhan Padangbai
Pelabuhan ke-8 : Pelabuhan Tanjung Perak
Pelabuhan ke-9 : Pelabuhan Kumai
Pelabuhan ke-10 : Pelabuhan Merak



Gambar 4. 27. Rute pada Bulan Desember

Tabel 4.54. menunjukkan hasil perhitungan rute pada Bulan Desember.

Tabel 4. 53. Hasil perhitungan rute pada Bulan Desember

P1	ke	P2	Daya SP	Daya TA	SP+TA	Daya Gen Max	OP	N Bat	FOC
1	ke	4	230,8	454,8	685,6	11954,9	11269,3	61	2280,4
2	ke	10	273,1	446,5	719,6	13546,7	12827,1	57	2584,0
3	ke	4	260,7	290,0	550,8	8229,6	7678,8	60	1569,8
3	ke	5	275,1	414,9	690,0	11446,9	10756,9	66	2183,5
5	ke	8	286,3	321,7	608,0	9076,3	8468,3	66	1731,3
6	ke	7	226,7	261,6	488,2	7789,3	7301,1	49	1485,8
6	ke	10	245,6	317,0	562,6	9313,3	8750,7	54	1776,5
7	ke	9	287,2	413,9	701,1	12124,3	11423,1	63	2312,7
8	ke	9	305,3	417,4	722,7	11988,8	11266,1	69	2286,8

BAB V
KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Melalui penelitian yang telah dilakukan, terdapat beberapa kesimpulan yang dapat diambil, yaitu:

1. Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, maka dapat disimpulkan bahwa pada rute tertentu setiap bulan, kapal penyeberangan 2000 GT dapat memperoleh daya listrik dari panel surya dan turbin angin yang optimal. Hal ini dikarenakan Indonesia memiliki lama penyinaran dan kecepatan angin yang berubah-ubah.
2. Berikut hasil pemilihan rute pelayaran pada kapal penyeberangan berbasiskan intensitas cahaya dan kecepatan angin :
   a. Rute pada Bulan Januari

      Total daya yang dihasilkan dari panel surya dan turbin angin pada Rute Bulan September ini sebesar 5628,5 kW. Pada Bulan September rute optimal yang dipilih berdasarkan potensi intensitas cahaya dan kecepatan angin sebagai berikut :

      1. Pelabuhan pertama : Pelabuhan Bakauheni
      2. Pelabuhan ke-2 : Pelabuhan Semarang
      3. Pelabuhan ke-3 : Pelabuhan Tanjung Priok
      4. Pelabuhan ke-4 : Pelabuhan Paciran
      5. Pelabuhan ke-5 : Pelabuhan Lembar
      6. Pelabuhan ke-6 : Pelabuhan Garongkong
      7. Pelabuhan ke-7 : Pelabuhan Padangbai
      8. Pelabuhan ke-8 : Pelabuhan Tanjung Perak
      9. Pelabuhan ke-9 : Pelabuhan Kumai
      10. Pelabuhan ke-10: Pelabuhan Merak

      Jika dipilih 2 rute pelabuhan yang optimal berdasarkan potensi intensitas cahaya dan kecepatan angin adalah Rute Pelabuhan Tanjung Perak dan Pelabuhan Padangbai dengan total daya yang dihasilkan oleh panel surya adalah 235,92 kW dan total daya yang dihasilkan oleh turbin angin adalah 265,38 kW.

   b. Rute pada Bulan Februari

      Total daya yang dihasilkan dari panel surya dan turbin angin pada Rute Bulan September ini sebesar 5628,5 kW. Pada Bulan September rute optimal yang dipilih berdasarkan potensi intensitas cahaya dan kecepatan angin sebagai berikut :

      1. Pelabuhan pertama : Pelabuhan Bakauheni
      2. Pelabuhan ke-2 : Pelabuhan Semarang
      3. Pelabuhan ke-3 : Pelabuhan Tanjung Priok
      4. Pelabuhan ke-4 : Pelabuhan Paciran
      5. Pelabuhan ke-5 : Pelabuhan Lembar

6. Pelabuhan ke-6 : Pelabuhan Garongkong
7. Pelabuhan ke-7 : Pelabuhan Padangbai
8. Pelabuhan ke-8 : Pelabuhan Tanjung Perak
9. Pelabuhan ke-9 : Pelabuhan Kumai
10. Pelabuhan ke-10: Pelabuhan Merak

Jika dipilih 2 rute pelabuhan yang optimal berdasarkan potensi intensitas cahaya dan kecepatan angin adalah Rute Pelabuhan Tanjung Perak dan Pelabuhan Padangbai dengan total daya yang dihasilkan oleh panel surya adalah 279 kW dan total daya yang dihasilkan oleh turbin angin adalah 264,29 kW.

c. Rute pada Bulan Maret

Total daya yang dihasilkan dari panel surya dan turbin angin pada Rute Bulan September ini sebesar 5628,5 kW. Pada Bulan September rute optimal yang dipilih berdasarkan potensi intensitas cahaya dan kecepatan angin sebagai berikut :

1. Pelabuhan pertama : Pelabuhan Bakauheni
2. Pelabuhan ke-2 : Pelabuhan Tanjung Priok
3. Pelabuhan ke-3 : Pelabuhan Semarang
4. Pelabuhan ke-4 : Pelabuhan Merak
5. Pelabuhan ke-5 : Pelabuhan Kumai
6. Pelabuhan ke-6 : Pelabuhan Paciran
7. Pelabuhan ke-7 : Pelabuhan Padangbai
8. Pelabuhan ke-8 : Pelabuhan Tanjung Perak
9. Pelabuhan ke-9 : Pelabuhan Lembar
10. Pelabuhan ke-10: Pelabuhan Garongkong

Jika dipilih 2 rute pelabuhan yang optimal berdasarkan potensi intensitas cahaya dan kecepatan angin adalah Rute Pelabuhan Bakauheni dan Pelabuhan Tanjung Priok dengan total daya yang dihasilkan oleh panel surya adalah 275,53 kW dan total daya yang dihasilkan oleh turbin angin adalah 143,21 kW.

d. Rute pada Bulan April

Total daya yang dihasilkan dari panel surya dan turbin angin pada Rute Bulan September ini sebesar 5628,5 kW. Pada Bulan September rute optimal yang dipilih berdasarkan potensi intensitas cahaya dan kecepatan angin sebagai berikut :

1. Pelabuhan pertama : Pelabuhan Bakauheni
2. Pelabuhan ke-2 : Pelabuhan Tanjung Priok
3. Pelabuhan ke-3 : Pelabuhan Semarang
4. Pelabuhan ke-4 : Pelabuhan Merak
5. Pelabuhan ke-5 : Pelabuhan Kumai
6. Pelabuhan ke-6 : Pelabuhan Paciran

7. Pelabuhan ke-7 : Pelabuhan Padangbai
8. Pelabuhan ke-8 : Pelabuhan Tanjung Perak
9. Pelabuhan ke-9 : Pelabuhan Lembar
10. Pelabuhan ke-10: Pelabuhan Garongkong

Jika dipilih 2 rute pelabuhan yang optimal berdasarkan potensi intensitas cahaya dan kecepatan angin adalah Rute Pelabuhan Bakauheni dan Pelabuhan Tanjung Priok dengan total daya yang dihasilkan oleh panel surya adalah 289,44 kW dan total daya yang dihasilkan oleh turbin angin adalah 149,62 kW.

e. Rute pada Bulan Mei

Total daya yang dihasilkan dari panel surya dan turbin angin pada Rute Bulan September ini sebesar 5628,5 kW. Pada Bulan September rute optimal yang dipilih berdasarkan potensi intensitas cahaya dan kecepatan angin sebagai berikut :

1. Pelabuhan pertama : Pelabuhan Bakauheni
2. Pelabuhan ke-2 : Pelabuhan Semarang
3. Pelabuhan ke-3 : Pelabuhan Merak
4. Pelabuhan ke-4 : Pelabuhan Kumai
5. Pelabuhan ke-5 : Pelabuhan Tanjung Priok
6. Pelabuhan ke-6 : Pelabuhan Paciran
7. Pelabuhan ke-7 : Pelabuhan Tanjung Perak
8. Pelabuhan ke-8 : Pelabuhan Padangbai
9. Pelabuhan ke-9 : Pelabuhan Lembar
10. Pelabuhan ke-10: Pelabuhan Garongkong

Jika dipilih 2 rute pelabuhan yang optimal berdasarkan potensi intensitas cahaya dan kecepatan angin adalah Rute Pelabuhan Padangbai dan Pelabuhan Lembar dengan total daya yang dihasilkan oleh panel surya adalah 428,47 kW dan total daya yang dihasilkan oleh turbin angin adalah 35,703 kW.

f. Rute pada Bulan Juni

Total daya yang dihasilkan dari panel surya dan turbin angin pada Rute Bulan September ini sebesar 5628,5 kW. Pada Bulan September rute optimal yang dipilih berdasarkan potensi intensitas cahaya dan kecepatan angin sebagai berikut :

1. Pelabuhan pertama : Pelabuhan Bakauheni
2. Pelabuhan ke-2 : Pelabuhan Semarang
3. Pelabuhan ke-3 : Pelabuhan Merak
4. Pelabuhan ke-4 : Pelabuhan Kumai
5. Pelabuhan ke-5 : Pelabuhan Paciran
6. Pelabuhan ke-6 : Pelabuhan Tanjung Priok
7. Pelabuhan ke-7 : Pelabuhan Tanjung Perak

8. Pelabuhan ke-8 : Pelabuhan Padangbai
9. Pelabuhan ke-9 : Pelabuhan Lembar
10. Pelabuhan ke-10: Pelabuhan Garongkong

Jika dipilih 2 rute pelabuhan yang optimal berdasarkan potensi intensitas cahaya dan kecepatan angin adalah Rute Pelabuhan Padangbai dan Pelabuhan Lembar dengan total daya yang dihasilkan oleh panel surya adalah 384,28 kW dan total daya yang dihasilkan oleh turbin angin adalah 36,017 kW.

g. Rute pada Bulan Juli

Total daya yang dihasilkan dari panel surya dan turbin angin pada Rute Bulan September ini sebesar 5628,5 kW. Pada Bulan September rute optimal yang dipilih berdasarkan potensi intensitas cahaya dan kecepatan angin sebagai berikut :

1. Pelabuhan pertama : Pelabuhan Bakauheni
2. Pelabuhan ke-2 : Pelabuhan Semarang
3. Pelabuhan ke-3 : Pelabuhan Merak
4. Pelabuhan ke-4 : Pelabuhan Kumai
5. Pelabuhan ke-5 : Pelabuhan Tanjung Priok
6. Pelabuhan ke-6 : Pelabuhan Paciran
7. Pelabuhan ke-7 : Pelabuhan Tanjung Perak
8. Pelabuhan ke-8 : Pelabuhan Padangbai
9. Pelabuhan ke-9 : Pelabuhan Garongkong
10. Pelabuhan ke-10: Pelabuhan Lembar

Jika dipilih 2 rute pelabuhan yang optimal berdasarkan potensi intensitas cahaya dan kecepatan angin adalah Rute Pelabuhan Paciran dan Pelabuhan Tanjung Perak dengan total daya yang dihasilkan oleh panel surya adalah 387,69 kW dan total daya yang dihasilkan oleh turbin angin adalah 46,211 kW.

h. Rute pada Bulan Agustus

Total daya yang dihasilkan dari panel surya dan turbin angin pada Rute Bulan September ini sebesar 5628,5 kW. Pada Bulan September rute optimal yang dipilih berdasarkan potensi intensitas cahaya dan kecepatan angin sebagai berikut :

1. Pelabuhan pertama : Pelabuhan Bakauheni
2. Pelabuhan ke-2 : Pelabuhan Tanjung Priok
3. Pelabuhan ke-3 : Pelabuhan Semarang
4. Pelabuhan ke-4 : Pelabuhan Merak
5. Pelabuhan ke-5 : Pelabuhan Kumai
6. Pelabuhan ke-6 : Pelabuhan Paciran
7. Pelabuhan ke-7 : Pelabuhan Tanjung Perak
8. Pelabuhan ke-8 : Pelabuhan Padangbai

9. Pelabuhan ke-9 : Pelabuhan Lembar
10. Pelabuhan ke-10: Pelabuhan Garongkong

Jika dipilih 2 rute pelabuhan yang optimal berdasarkan potensi intensitas cahaya dan kecepatan angin adalah Rute Pelabuhan Padangbai dan Pelabuhan Lembar dengan total daya yang dihasilkan oleh panel surya adalah 423,08 kW dan total daya yang dihasilkan oleh turbin angin adalah 38,087 kW.

i. Rute pada Bulan September

Total daya yang dihasilkan dari panel surya dan turbin angin pada Rute Bulan September ini sebesar 5628,5 kW. Pada Bulan September rute optimal yang dipilih berdasarkan potensi intensitas cahaya dan kecepatan angin sebagai berikut :

1. Pelabuhan pertama : Pelabuhan Bakauheni
2. Pelabuhan ke-2 : Pelabuhan Tanjung Priok
3. Pelabuhan ke-3 : Pelabuhan Merak
4. Pelabuhan ke-4 : Pelabuhan Semarang
5. Pelabuhan ke-5 : Pelabuhan Kumai
6. Pelabuhan ke-6 : Pelabuhan Paciran
7. Pelabuhan ke-7 : Pelabuhan Tanjung Perak
8. Pelabuhan ke-8 : Pelabuhan Padangbai
9. Pelabuhan ke-9 : Pelabuhan Lembar
10. Pelabuhan ke-10: Pelabuhan Garongkong

Jika dipilih 2 rute pelabuhan yang optimal berdasarkan potensi intensitas cahaya dan kecepatan angin adalah Rute Pelabuhan Padangbai dan Pelabuhan Lembar dengan total daya yang dihasilkan oleh panel surya adalah 430,13 kW dan total daya yang dihasilkan oleh turbin angin adalah 36,553 kW.

j. Rute pada Bulan Oktober

Total daya yang dihasilkan dari panel surya dan turbin angin pada Rute Bulan September ini sebesar 5628,5 kW. Pada Bulan September rute optimal yang dipilih berdasarkan potensi intensitas cahaya dan kecepatan angin sebagai berikut :

1. Pelabuhan pertama : Pelabuhan Bakauheni
2. Pelabuhan ke-2 : Pelabuhan Tanjung Priok
3. Pelabuhan ke-3 : Pelabuhan Semarang
4. Pelabuhan ke-4 : Pelabuhan Merak
5. Pelabuhan ke-5 : Pelabuhan Kumai
6. Pelabuhan ke-6 : Pelabuhan Paciran
7. Pelabuhan ke-7 : Pelabuhan Tanjung Perak
8. Pelabuhan ke-8 : Pelabuhan Lembar
9. Pelabuhan ke-9 : Pelabuhan Garongkong

10. Pelabuhan ke-10: Pelabuhan Padangbai

Jika dipilih 2 rute pelabuhan yang optimal berdasarkan potensi intensitas cahaya dan kecepatan angin adalah Rute Pelabuhan Paciran dan Pelabuhan Tanjung Perak dengan total daya yang dihasilkan oleh panel surya adalah 441,94 kW dan total daya yang dihasilkan oleh turbin angin adalah 40,4 kW.

k. Rute pada Bulan November

Total daya yang dihasilkan dari panel surya dan turbin angin pada Rute Bulan September ini sebesar 5628,5 kW. Pada Bulan September rute optimal yang dipilih berdasarkan potensi intensitas cahaya dan kecepatan angin sebagai berikut :

1. Pelabuhan pertama : Pelabuhan Bakauheni
2. Pelabuhan ke-2 : Pelabuhan Tanjung Priok
3. Pelabuhan ke-3 : Pelabuhan Semarang
4. Pelabuhan ke-4 : Pelabuhan Merak
5. Pelabuhan ke-5 : Pelabuhan Kumai
6. Pelabuhan ke-6 : Pelabuhan Paciran
7. Pelabuhan ke-7 : Pelabuhan Padangbai
8. Pelabuhan ke-8 : Pelabuhan Tanjung Perak
9. Pelabuhan ke-9 : Pelabuhan Lembar
10. Pelabuhan ke-10: Pelabuhan Garongkong

Jika dipilih 2 rute pelabuhan yang optimal berdasarkan potensi intensitas cahaya dan kecepatan angin adalah Rute Pelabuhan Bakauheni dan Pelabuhan Tanjung Priok dengan total daya yang dihasilkan oleh panel surya adalah 270,33 kW dan total daya yang dihasilkan oleh turbin angin adalah 156,47 kW.

l. Rute pada Bulan Desember

Total daya yang dihasilkan dari panel surya dan turbin angin pada Rute Bulan September ini sebesar 5628,5 kW. Pada Bulan September rute optimal yang dipilih berdasarkan potensi intensitas cahaya dan kecepatan angin sebagai berikut :

1. Pelabuhan pertama : Pelabuhan Bakauheni
2. Pelabuhan ke-2 : Pelabuhan Semarang
3. Pelabuhan ke-3 : Pelabuhan Tanjung Priok
4. Pelabuhan ke-4 : Pelabuhan Paciran
5. Pelabuhan ke-5 : Pelabuhan Lembar
6. Pelabuhan ke-6 : Pelabuhan Garongkong
7. Pelabuhan ke-7 : Pelabuhan Padangbai
8. Pelabuhan ke-8 : Pelabuhan Tanjung Perak
9. Pelabuhan ke-9 : Pelabuhan Kumai
10. Pelabuhan ke-10: Pelabuhan Merak

Jika dipilih 2 rute pelabuhan yang optimal berdasarkan potensi intensitas cahaya dan kecepatan angin adalah Rute Pelabuhan Semarang dan Pelabuhan Paciran dengan total daya yang dihasilkan oleh panel surya adalah 281,63 kW dan total daya yang dihasilkan oleh turbin angin adalah 189,58 kW

5.2. Saran

Setelah melakukan analisa pemilihan rute pelayaran yang optimal untuk kebutuhan lampu penerangan berbasiskan intensitas cahaya dan kecepatan angin di kapal penyeberangan 2000 GT, terdapat beberapa saran yang dapat diberikan, yaitu:

1. Perlu dilakukan pemilihan pelabuhan yang lebih banyak menyebar sehingga metode optimalisasi ini akan lebih akurat.
2. Perlu dilakukan analisa lebih lanjut mengenai konsumsi bahan bakar mesin utama kapal dan kebutuhan *supply* dan *demand* pada setiap pelabuhan.
3. Perlu dilakukan analisa lebih lanjut mengenai penggunaan metode pada penelitian ini pada kapal bukan penyeberangan.

"Halaman ini sengaja dikosongkan"

DAFTAR PUSTAKA

Claudio, Hutrizain. 2017. "Analisa Teknis dan Ekonomis Penggunaan Panel Surya dan Turbin Angin sebagai Sumber Energi Listrik untuk Memenuhi Kebutuhan Lampu Penerangan pada Kapal Perintis 2000 GT". Institut Teknologi Sepuluh Nopember:Surabaya.

Tupper, E.C. 2004. **Introduction to Naval Architecture**. India: Charon Tec Pvt. Ltd

Spesifikasi Teknis Kapal Penyeberangan Penumpang Ro-Ro 2000 GT. **Directorat Jenderal Perhubungan Darat.** 2015.

Widia Santoso, Bayu., Sundawa, F., dan Azhari, M. 2016. "Implementasi Algoritma Brute Force sebagai Mesin Pencari*(Search Engine)* Berbasis Web pada Database". Universitas Budi Luhur:Jakarta.

Saputra, Agus. 2013. **Smarty PHP**. Cirebon:Kompas Gramedia.

Aditya, E.B., Priadi, R.A.S., dan Herlinawati. 2014. "Perancangan dan Pembuatan Sistem Informasi Persetujuan Perbaikan dan Pergantian Alat Komputer Berbasis Web (Studi Kasus Pada PT. Lautan Teduh Interniaga)". Universitas Lampung:Bandar Lampung.

Palit, Randi V., Rindengan, Yaulie D.Y., Lumenta, Arie S.M. 2015. "Rancangan Sistem Informasi Keuangan Gereja Berbasis Web di Jemaat GMIM Bukit Moria Malalayang". Universitas Sam Ratulangi:Manado.

Y. Kustiyahningsih, D. Rosa, Pemrograman Basis Data Berbasis WEB Menggunakan PHP dan Mysql, Yogyakarta: Graha Ilmu, 2011.

Sibero, Alexander F.K. 2011. Kitab Suci Web Programming. Yogyakarta, Mediakom.

Solichin, Achmad. 2016. **Pemrograman Web dengan PHP dan MySQL.**

Marine Traffic Quick Guide. **Marine Traffic Application.**

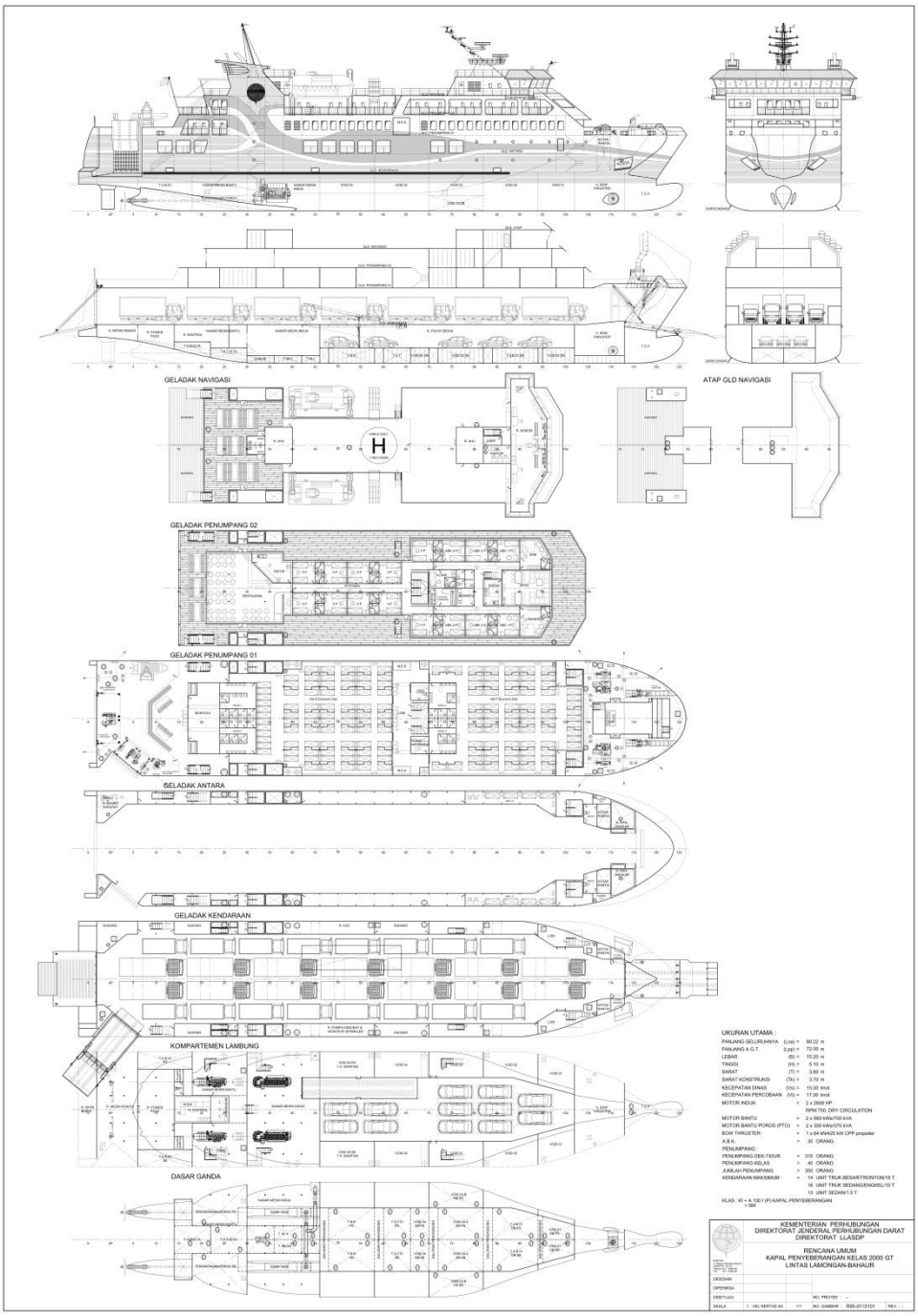
Soegimo, Dibyo., Ruswanto. 2009. **Geografi SMA Kelas X.** Jakarta: CV Mefi Caraka.

"Halaman ini sengaja dikosongkan"

LAMPIRAN

1. Gambar Rencana Umum Kapal Perintis 2000 GT
2. Spesifikasi Teknis Panel Surya SunPower E20-435-COM
3. Spesifikasi Teknis Turbin Angin
   a. WindStar Aeolos-V 3 KW
   b. Windstar Aeolos-V 10 KW
4. Spesifikasi Teknis Baterai Victron Energy Li-ion 24V 180Ah
5. Skrip PHP perhitungan dan pemilihan rute

"Halaman ini sengaja dikosongkan"


GELADAK NAVIGASI
ATAP GLD NAVIGASI
GELADAK PENUMPANG 02
GELADAK PENUMPANG 01
GELADAK ANTARA
GELADAK KENDARAAN
KOMPARTEMEN LAMBUNG
DASAR GANDA
UKURAN UTAMA :
PANJANG SELURUHNYA (Loa) = 80,22 m
PANJANG A.D.T. (Lpp) = 72,00 m
LEBAR (B) = 15,20 m
TINGGI (H) = 5,10 m
SARAT (T) = 3,60 m
SARAT KONSTRUKSI (Ts) = 3,70 m
KECEPATAN DINAS (Vs) = 15,00 knot
KECEPATAN PERCOBAAN (Vt) = 17,00 knot
MOTOR INDUK = 2 x 2600 HP
RPM 750, CRY CIRCULATION
MOTOR BANTU = 2 x 560 kWe/700 kVA
MOTOR BANTU POROS (PTO) = 2 x 300 kWe/375 kVA
BOW THRUSTER = 1 x 64 kN/425 kW CPP propeller
A.B.K. = 30 ORANG
PENUMPANG :
PENUMPANG DEK-TIDUR = 310 ORANG
PENUMPANG KELAS = 40 ORANG
JUMLAH PENUMPANG = 350 ORANG
KENDARAAN MAKSIMUM = 14 UNIT TRUK BESAR/TRONTON/18 T
16 UNIT TRUK SEDANG/ENGKEL/10 T
13 UNIT SEDAN/1,5 T
KLAS : KI + A 100 I (P) KAPAL PENYEBERANGAN
I- SM-
KEMENTERIAN PERHUBUNGAN
DIREKTORAT JENDERAL PERHUBUNGAN DARAT
DIREKTORAT LLASDP
RENCANA UMUM
KAPAL PENYEBERANGAN KELAS 2000 GT
LINTAS LAMONGAN-BAWEAN
DIGESAH
DIPERIKSA
DIGETUJUI
NO. PROYEK :
SKALA 1 : 100, KERTAS A2 U1 NO. GAMBAR RSS-01/1/101 REV. -

SunPower® E-Series Commercial Solar Panels | E20-435-COM

More than 20% Efficiency

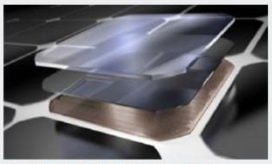
Captures more sunlight and generates more power than conventional panels.

High Performance

Delivers excellent performance in real-world conditions, such as high temperatures, clouds and low light.[1,2,4]

Utility Grade

Optimized to maximize returns, the E-Series panel is a bankable solution for large-scale power plants.



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

Engineered for Peace of Mind

Designed to deliver consistent, trouble-free energy over a very long lifetime.[3,4]

Designed for Reliability

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.[3]

#1 Rank in Fraunhofer durability test.[9]
100% power maintained in Atlas 25+ comprehensive durability test.[10]

High Performance & Excellent Reliability

SPR-E20-435-COM

E20 SERIES

High Efficiency[5]

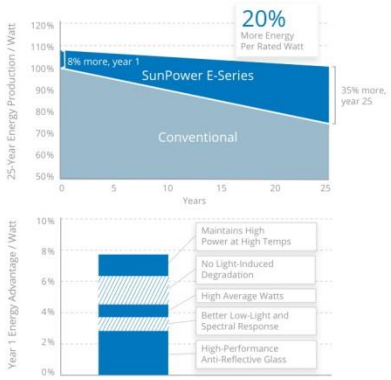
Generate more energy per square foot

E-Series commercial panels convert more sunlight to electricity by producing 31% more power per panel[1] and 60% more energy per square foot over 25 years.[1,2,3]

High Energy Production[6]

Produce more energy per rated watt

More energy to power your operations. High year-one performance delivers 7–9% more energy per rated watt.[2] This advantage increases over time, producing 20% more energy over the first 25 years to meet your needs.[3]



SunPower® E-Series Commercial Solar Panels | E20-435-COM

SunPower Offers The Best Combined Power And Product Warranty

More guaranteed power: 95% for first 5 years, −0.4%/yr. to year 25 [7]

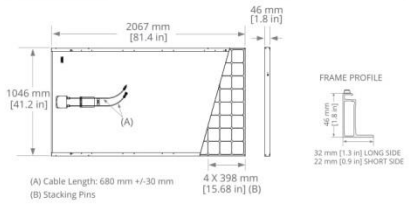
Combined Power and Product defect 25-year coverage [8]

Electrical Data	SPR-E20-435-COM	SPR-E19-410-COM
Nominal Power (Pnom)[11]	435 W	410 W
Power Tolerance	+/−5%	+/−5%
Avg. Panel Efficiency[12]	20.3%	19.1%
Rated Voltage (Vmpp)	72.9 V	72.9 V
Rated Current (Impp)	5.97 A	5.62 A
Open-Circuit Voltage (Voc)	85.6 V	85.3 V
Short-Circuit Current (Isc)	6.43 A	6.01 A
Max. System Voltage	1000 V UL & 1000 V IEC	
Maximum Series Fuse	15 A	
Power Temp Coef.	−0.35% / ° C	
Voltage Temp Coef.	−235.5 mV / ° C	
Current Temp Coef.	2.6 mA / ° C	

Tests And Certifications	
Standard Tests[13]	UL1703 (Type 2 Fire Rating), IEC 61215, IEC 61730
Quality Certs	ISO 9001:2008, ISO 14001:2004
EHS Compliance	RoHS, OHSAS 18001:2007, lead free, REACH SVHC-163, PV Cycle
Sustainability	Cradle to Cradle Certified™ Silver (eligible for LEED points)[14]
Ammonia Test	IEC 62716
Desert Test	10.1109/PVSC.2013.6744437
Salt Spray Test	IEC 61701 (maximum severity)
PID Test	Potential-Induced Degradation free: 1000 V[9]
Available Listings	UL, TUV, FSEC, CEC

Operating Condition And Mechanical Data	
Temperature	−40° F to +185° F (−40° C to +85° C)
Impact Resistance	1 inch (25 mm) diameter hail at 52 mph (23 m/s)
Appearance	Class B
Solar Cells	128 Monocrystalline Maxeon Gen II
Tempered Glass	High-transmission tempered anti-reflective
Junction Box	IP-65, 680 mm cables / MC4 Compatible
Weight	56 lbs (25.4 kg)
Max. Load	Wind: 50 psf, 2400 Pa, 244 kg/m² front & back Snow: 112 psf, 5400 Pa, 550 kg/m² front
Frame	Class 2 silver anodized; stacking pins

REFERENCES:
1 All comparisons are SPR-E20-327 vs. a representative conventional panel: 250 W, approx. 1.6 m², 15.3% efficiency.
2 Typically 7–9% more energy per watt, BEW/DNV Engineering "SunPower Yield Report," Jan 2013.
3 SunPower 0.25%/yr degradation vs. 1.0%/yr conv. panel. Campeau, Z. et al. "SunPower Module Degradation Rate," SunPower white paper, Feb 2013; Jordan, Dirk "SunPower Test Report," NREL, Q1-2015.
4 "SunPower Module 40-Year Useful Life" SunPower white paper, May 2015. Useful life is 99 out of 100 panels operating at more than 70% of rated power.
5 Second highest, after SunPower X-Series, of over 3,200 silicon solar panels, Photon Module Survey, Feb 2014.
6 8% more energy than the average of the top 10 panel companies tested in 2012 (151 panels, 102 companies), Photon International, Feb 2013.
7 Compared with the top 15 manufacturers. SunPower Warranty Review, May 2015.
8 Some restrictions and exclusions may apply. See warranty for details.
9 5 of top 8 panel manufacturers tested in 2013 report, 3 additional panels in 2014. Ferrara, C., et al. "Fraunhofer PV Durability Initiative for Solar Modules: Part 2". Photovoltaics International, 2014.
10 Compared with the non-stress-tested control panel. Atlas 25+ Durability test report, Feb 2013.
11 Standard Test Conditions (1000 W/m² irradiance, AM 1.5, 25° C). NREL calibration Standard: SOMS current, LACCS FF and Voltage.
12 Based on average of measured power values during production.
13 Type 2 fire rating per UL1703:2013, Class C fire rating per UL1703:2002.
14 See salesperson for details.



Please read the safety and installation guide.

See www.sunpower.com/facts for more reference information.
For more details, see extended datasheet: www.sunpower.com/datasheets.

Document # 505699 Rev H /LTR_US

©December 2016 SunPower Corporation. All rights reserved. SUNPOWER, the SUNPOWER logo, MAXEON, and SIGNATURE are trademarks or registered trademarks of SunPower Corporation. Specifications included in this datasheet are subject to change without notice.

SUNPOWER®

AEOLOS
wind turbine
Aeolos - V

Vertical Wind Turbine Brochure

Aeolos wind turbine
SINCE 1986

Aeolos-V 3kW

AEOLOS

Specification

Generator Type:	Three Phase Permanent Magnet
Rotor Height:	3.0m (9.84ft)
Rotor Width:	2.4m (7.87ft)
Turbine Weight:	106kg (235.6lbs)
Blades Material:	Aluminum Alloy
Blade Quantity:	3 pcs
Working Temperature:	-20 ℃ to 50 ℃
Design Lifetime:	20 years

Performance

Rated Power:	3000 W
Max Output Power:	3600 W
Cut In Wind Speed:	2.5m/s (5.58mph)
Rated Wind Speed:	10m/s (22.3mph)
Survival Wind Speed:	55m/s (122.65mph)
Generator Efficiency:	96%
Noise Level:	< 45 dB(A)
Warranty:	5 year

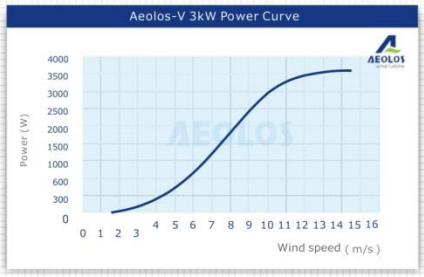
Safety

Blades RPM Limitation:	320 RPM
PWM Dump Load:	5kW Box
Mechanical Brake:	Manual

Optional

Remote Monitoring System (Internet/Wireless)
Auto Hydraulic Brake System (Unattended Site)

Off Grid :	48 V or 96 V
Grid Tie :	300 V



Aeolos-V 3kW Wind Turbine Annual Energy Output

Wind Speed(m/s)	Annual Energy Output (KWh)	Wind Speed(m/s)	Annual Energy Output (KWh)
3 m/s	892 kWh	8 m/s	15768 kWh
4 m/s	2365 kWh	9 m/s	21637 kWh
5 m/s	4029 kWh	10 m/s	26280 kWh
6 m/s	6307 kWh	11 m/s	29433 kWh
7 m/s	10162 kWh	12 m/s	30660 kWh

5 YEAR WARRANTY CE
AUSTRALIAN WIND AND SOLAR
Head Office: 11/15 Thackray St
Port Melbourne, VICTORIA
Tel:1300736 458
www.australianwindandsolar.com
AEOLOS wind turbine

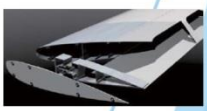
Aeolos-V

Why Choose Aeolos V 3kW Wind Turbine?

Triple Safety Protection

Special Blade Design: Aeolos blades use the special aerodynamic design which limits the max rotating speed to 320 rpm even the wind speed is 30m/s or 40m/s. It is more safe and reliable than traditional vertical axis wind turbine.

PWM Dump Load: Aeolos-V 3kW wind turbine has the 5kW dump load box with PWM loading function. This will consume the over power output and control the voltage in strong wind speed.



Mechanical Brake: The manual mechanical brake can stop the wind turbine for maintenance or typhoon coming. We have the auto hydraulic brake system for remote installation site without people checking.

High Efficiency

Low Cut-in Wind Speed: Aeolos-V 3kW could start up with 1.5m/s wind speed and has the power output in 2.5m/s to inverter. This is more efficient than the vertical wind turbines with a 3.5m/s or even 4.5m/s cut in wind speed.

More Annual Output: According to the AWEA standard, Aeolos-V 3kW annual output is 4029 kWh at 5m/s wind speed. The annual output at 10m/s is 26280 kWh.

MPPT Charger For Off Grid: Aeolos-V 3kW use 48V MPPT charging controller to increase the charging efficiency to 94%. It can charge the battery bank when wind speed is above 3.0m/s.

5 YEAR WARRANTY CE

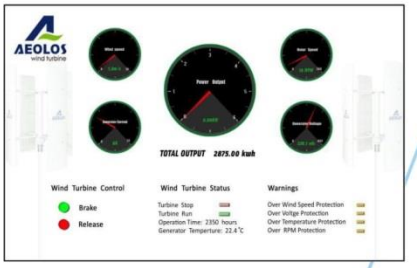
AEOLOS 3

Aeolos-V

Aeolos wind turbine
SINCE 1986

Intelligence Control

Remote Monitoring System: Customer can remote monitor the wind turbine operation, wind speed and power output in office, home, airport and anywhere through the internet.

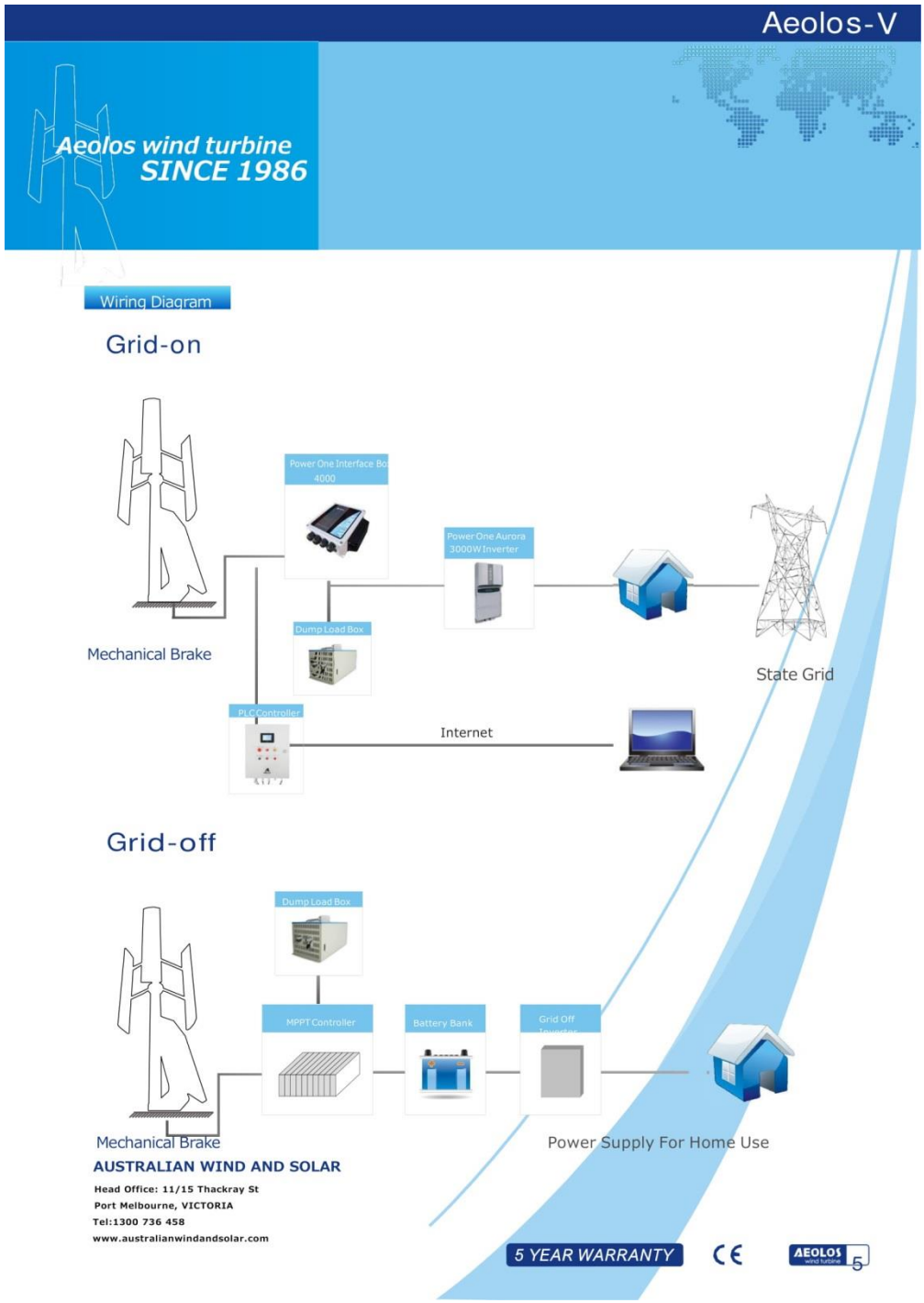


Auto Hydraulic Brake System: It is suitable for the remote installation sites, like the island, telecommunication tower station which does not have people checking and monitoring. This system can auto stop the wind turbine in over voltage, over wind speed, generator over temperature and all any other faults. It can auto release the wind turbine to run after the abnormal warnings.

5 YEAR WARRANTY

CE

AEOLOS wind turbine 4


Aeolos-V
Aeolos wind turbine
SINCE 1986
Wiring Diagram
Grid-on
Power One Interface Bo
4000
Power One Aurora
3000W Inverter
Dump Load Box
Mechanical Brake
State Grid
PLC Controller
Internet
Grid-off
Dump Load Box
MPPT Controller
Battery Bank
Grid Off
Mechanical Brake
Power Supply For Home Use
AUSTRALIAN WIND AND SOLAR
Head Office: 11/15 Thackray St
Port Melbourne, VICTORIA
Tel:1300 736 458
www.australianwindandsolar.com
5 YEAR WARRANTY
CE
AEOLOS
5

AEOLOS
wind turbine

Aeolos-V

Vertical Wind Turbine Brochure

Aeolos wind turbine
SINCE 1986

Aeolos-V 10kW

windturbinestar.com

Specification

Generator Type:	Three Phase Permanent Magnet
Rotor Height:	6.5m (21. 33 ft)
Rotor Width:	5.0m (16.4 ft)
Turbine Weight:	680kg (1499.1 lbs)
Blades Material:	Aluminum Alloy
Blade Quantity:	3 pcs
Working Temperature:	-20 ℃ to 50 ℃
Design Lifetime:	20 years

Performance

Rated Power:	10 kW
Max Output Power:	12 kW
Cut In Wind Speed:	2.5m/s (5.6 mph)
Rated Wind Speed:	12m/s (26.8 mph)
Survival Wind Speed:	55m/s (122.65 mph)
Generator Efficiency:	96%
Noise Level:	<38 dB(A)
Warranty:	5 year

Safety

Blades RPM Limitation:	150 RPM
PWM Dump Load:	12 kW Box
Mechanical Brake:	Manual/Auto

Optional

Remote Monitoring System (Internet/Wireless)
Auto Hydraulic Brake System (Unattended Site)

Off Grid :	48 V or 120 V
Grid Tie :	360 V

Aeolos-V 10kW Wind Turbine Annual EnergyOutput

Wind Speed(m/s)	Annual Energy Output (KWh)	Wind Speed(m/s)	Annual Energy Output (KWh)
3 m/s	1051 kWh	9 m/s	43800 kWh
4 m/s	3504 kWh	10 m/s	60440 kWh
5 m/s	7120 kWh	11 m/s	71832 kWh
6 m/s	10512 kWh	12 m/s	87600 kWh
7 m/s	16644 kWh	13 m/s	98988 kWh
8 m/s	32412 kWh	14 m/s	105996 kWh

5 YEAR WARRANTY CE

Aeolos Wind Energy, Ltd (UK)
27 Old Gloucester Street, London WC1N 3AX
United Kingdom
Tel:+44 208 242 1884
E-mail:sales@windturbinestar.com

AEOLOS wind turbine

Aeolos-V

Aeolos wind turbine
SINCE 1986

Why Choose Aeolos V 10kW Wind Turbine?

Triple Safety Protection

Special Blade Design: Aeolos blades use the special aerodynamic design which limits the max rotating speed to 150 rpm even the wind speed is 30m/s or 40m/s. It is more safe and reliable than traditional vertical axis wind turbine.

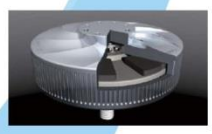
PWM Dump Load: Aeolos-V 10kW wind turbine has the 12 kW dump load box with PWM loading function. This will consume the over power output and control the voltage in strong wind speed.

Mechanical Brake: The manual mechanical brake can stop the wind turbine for maintenance or typhoon coming. We have the auto hydraulic brake system for remote installation site without people checking.

High Efficiency

Low Cut-in Wind Speed: Aeolos-V 10kW could start up with 2.5m/s wind speed and has the power output in 3.5m/s to inverter. This is more efficient than the vertical wind turbines with a 3.5m/s or even 4.5m/s cut in wind speed.

More Annual Output: According to the AWEA standard, Aeolos-V 10kW annual output is 7120 kWh at 5m/s wind speed. The annual output at 10m/s is 60440 kWh.



MPPT Charger For Off Grid: Aeolos-V 10kW use 48V MPPT charging controller to increase the charging efficiency to 94%. It can charge the battery bank when wind speed is above 3.5 m/s.

5 YEAR WARRANTY CE

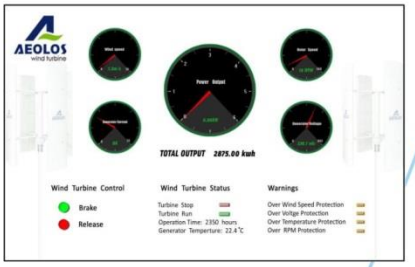
AEOLOS wind turbine

Aeolos-V

Aeolos wind turbine
SINCE 1986

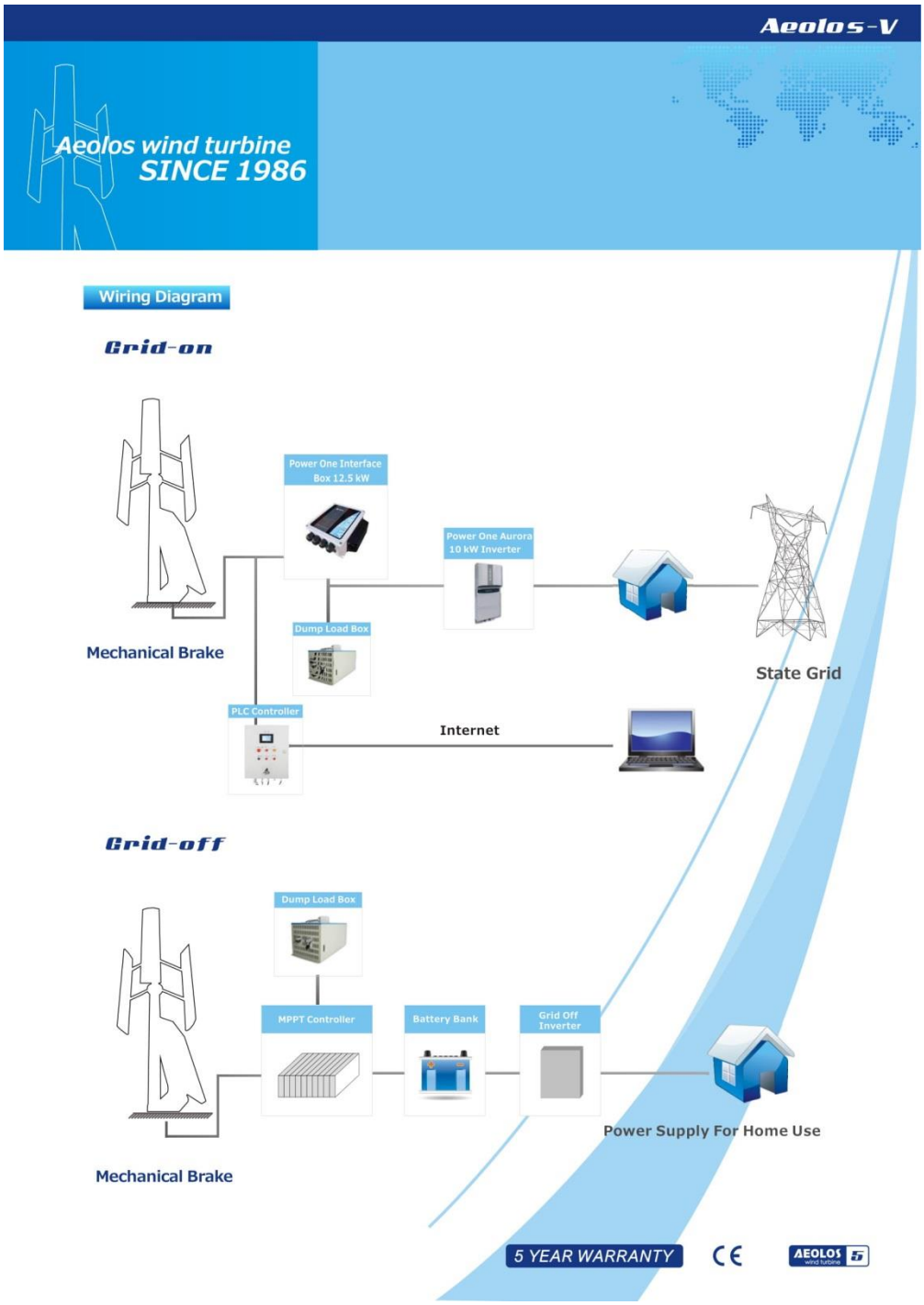
Intelligence Control

Remote Monitoring System: Customer can remote monitor the wind turbine operation, wind speed and power output in office, home, airport and anywhere through the internet.



Auto Hydraulic Brake System: It is suitable for the remote installation sites, like the island, telecommunication tower station which does not have people checking and monitoring.This system can auto stop the wind turbine in over voltage, over wind speed, generator over temperatureand all any other faults. It can auto release the wind turbine to run after the abnormal warnings.

5 YEAR WARRANTY CE AEOLOS wind turbine


Aeolos-V
Aeolos wind turbine
SINCE 1986
Wiring Diagram
Grid-on
Power One Interface Box 12.5 kW
Power One Aurora 10 kW Inverter
Dump Load Box
Mechanical Brake
State Grid
PLC Controller
Internet
Grid-off
Dump Load Box
MPPT Controller
Battery Bank
Grid Off Inverter
Power Supply For Home Use
Mechanical Brake
5 YEAR WARRANTY
CE
AEOLOS 5

victron energy
BLUE POWER

24V 180Ah/100Ah Lithium-Ion Battery and Lynx Ion + Shunt

www.victronenergy.com

24V 180Ah and 100Ah
Lithium-Ion Battery

Lynx Ion + Shunt

Ion control: Main screen

Ion control: History screen

Ion control: Lynx Ion Status

The advantages of a Lithium-ion battery over conventional lead-acid batteries

- High energy density: more energy with less weight;
- High charge currents (shortens the charge period);
- High discharge currents (enabling for example electrical cooking on a small battery bank);
- Long battery life (up to six times the battery life of a conventional battery);
- High efficiency between charging and discharging (very little energy loss due to heat development);
- Higher continuous power available.

Why Lithium-Iron-Phosphate?

Lithium-Iron-Phosphate (LiFePO4 or LFP) is the safest of the mainstream Li-ion battery types.The nominal voltage of a LFP cell is 3,2V (lead-acid: 2V/cell). A 25,6V LFP battery consists of 8 cells connected in series.

Complete system

A complete system consists of:

- One or more **24V 180Ah or 100Ah Lithium-Ion batteries**.
- (optional) The **Lynx Power In**, a modular dc bus bar.
- The **Lynx Ion + Shunt** is the Battery Management System (BMS) that controls the batteries. It contains a main safety contactor and a shunt. There are two models are available: a 350A model and a 600A model.
  (optional) The **Lynx Distributor**, a DC distribution system with fuses.
- (optional) The **Ion Control**, a digital control panel.
- (optional) The **Color Control GX**, a more advanced digital control panel

The advantages of the Victron Lynx Lithium-ion battery system

The modular system used adds the following advantages:

- The Victron Lithium-Ion Battery System is easy to install due to its modularity. No complicated wiring diagrams are required.
- Detailed information is available on the waterproof Ion Control display.
- The relay in the Lynx-Ion + Shunt provides maximum safety: in case the chargers or loads do not respond to the commands from the Lynx-Ion + Shunt, the main safety relay will open to prevent permanent damage to the batteries.
- For typical marine installations there is an extra small output, so you can still power the bilge pump while disconnecting all other house loads by opening the main relay.

24V 180Ah/100Ah Lithium-Ion Batteries

The base of the Victron Lithium-Ion Battery System is formed by individual 24V/180Ah Lithium-ion batteries. They have a built-in Cell Management System (BMS) which protects the battery on a cell level. It monitors individual cell voltage and system temperature, and actively balances the individual cells. All measured parameters are sent to the Lynx Ion which monitors the system as a whole.

Lynx Ion + Shunt

The Lynx Ion + Shuntis the BMS. It contains the safety contactor, and controls the cell-balancing, charging and discharging of the system. Also it keeps track of the State of Charge of the batteries, and calculates the Time to Go. It protects the battery pack from both overcharging and depletion. When an overcharge is imminent, it will signal the charging devices to decrease or stop charging. This is done with the VE.Can bus (NMEA2000) compatible, and also via the two available open/close contacts. Same when the battery is nearing empty, and there is no charging capability available. It will signal big loads to switch off.

For both overcharging and depletion there is a last safety resort, the built-in 350A or 600 A contactor. In case signallingdoes not stop the imminent overcharge or depletion, it will open the contactor.

VE.Can / NMEA2000 Canbus

Communication with the outside world is done via the VE.Can protocol.

Ion Control

See the separate Ion Control datasheet for more information.

Color Control GX

See the separate Color Control GX datasheet for more information.

victron energy
BLUE POWER

www.victronenergy.com

Lithium-Ion battery specifications

	Lithium-ion 24V 100Ah 2.6kWh battery	Lithium-ion 24V 180Ah 4.75kWh battery
Technology	Lithium iron phosphate (LiFePo4)	Lithium iron phosphate (LiFePo4)
Nominal voltage	25,6V	25,6V
Nominal capacity	100Ah	180Ah
Nominal power	2,6kWh	4,75kWh
Weight	30kg	55kg
Power/Weight ratio	86Wh/kg	86Wh/kg
Dimensions (lxwxh)	592x154x278mm	623x193x351mm
Charge/Discharge		
Charge cut-off voltage at 0.05C	28,8V	28,8V
Discharge cut-off voltage	20V	20V
Recommended charge/discharge current	30A (0,3C)	54A (0,3C)
Maximum charge current (1C)	100A	180A
Maximum discharge current (1.5C)	150A	270A
Pulse discharge current (10s)	500A	1000A
Cycle Life @80% DOD (0.3C)	3000	3000
Configuration		
Series configuration	Yes, up to 2 (more in series on request)	Yes, up to 2 (more in series on request)
Parallel configuration	Yes, easy up to 10 (more parallel on request)	Yes, easy up to 10 (more parallel on request)
Environmental		
Operating temp. charge	0~45°C	0~45°C
Operating temp. discharge	-20~55°C	-20~55°C
Storage temp.	-20~45°C	-20~45°C
Standards		
EMC: Emission	EN-IEC 61000-6-3:2007/A1:2011/C11:2012	
EMC: Immunity	EN-IEC 61000-6-1:2007	
Low voltage directive	EN 60335-1:2012/AC:2014	

Lynx Ion + Shunt specifications

Lynx Ion + Shunt	350A	600A
Maximum number batteries in series	2 (= 48 VDC)	
Maximum number batteries in parallel	48	
Supply voltage range	9 ... 60VDC	
Standby mode	73mW @ 26,2V and 138mW @ 52,4V	
Active mode	8,7 W	
Main safety contactor	350A	600A
Enclosure		
Material	ABS	
Weight	2,0kg	
Dimensions (lxwxh)	185 x 165 x 85 mm	
IO		
Aux. output	5A (output voltage = battery voltage), short circuit protection	
External safety contactor	5A (output voltage = battery voltage), short circuit protection	
Allow-to-charge	1A @ 60VDC, potential free	
Allow-to-discharge	1A @ 60VDC, potential free	
External status signal	12V / 140mA	
Environmental		
Operating temperature range	-20 °C to 50 °C	
Humidity	Max. 95% (non-condensing)	
Protection class	IP22	IP20
Standards		
EMC: Emission	EN-IEC 61000-6-3:2007/A1:2011/C11:2012	
EMC: Immunity	EN-IEC 61000-6-1:2007	
Low voltage directive	EN 60335-1:2012/AC:2014	
RoHs	EN 50581:2012	

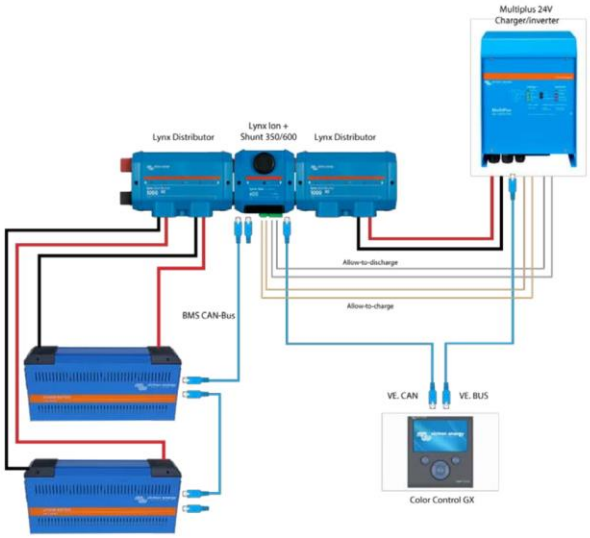
Victron Energy B.V. | De Paal 35 | 1351 JG Almere | The Netherlands
General phone: +31 (0)36 535 97 00 | Fax: +31 (0)36 535 97 40
E-mail: sales@victronenergy.com | **www.victronenergy.com**

victron energy
BLUE POWER

victron energy
BLUE POWER

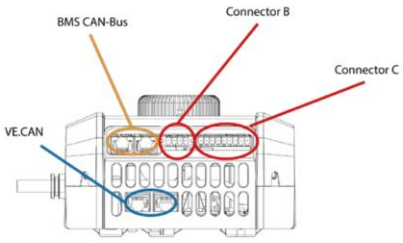
www.victronenergy.com

Block diagram Lithium-Ion Battery System

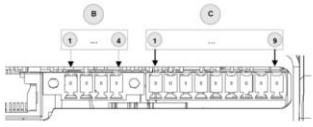


Allow-to-discharge
Connect the allow-to-discharge to the **Temp. sense input** of the Multi.

Allow-to-charge
Connect the allow-to-charge to the **AUX input** of the Multi.



Lynx Ion + Shunt connection overview:



Connector pins and specifications

Conn.	Pin	I/O	Voltage Max.	Current Max.	Purpose
B	1	Out	+ V System	5 A	External status output
	2		GND		
	3	Out	+ V System	5 A	External safety contactor
	4		GND		
C	1		60 V	1.0 A @ 60 V	Allow-to-charge
	2				
	3		60 V	1.0 A @ 60 V	Allow-to-discharge
	4				Future use
	5		60 V	1.0 A @ 60 V	
	6				
	7	In			External START-button
	8	Out	12 V	140 mA	External status signal
	9				GND used for status signal and/or START-button

Victron Energy B.V. | De Paal 35 | 1351 JG Almere | The Netherlands
General phone: +31 (0)36 535 97 00 | Fax: +31 (0)36 535 97 40
E-mail: sales@victronenergy.com | **www.victronenergy.com**

victron energy
BLUE POWER

BIODATA PENULIS

Penulis yang bernama lengkap Desi Annike Putri lahir di Bangkalan, 16 November 1996. Penulis merupakan anak pertama dari tiga bersaudara dari pasangan Bapak Andreas Mauw dan Ibu Nurhasanah. Pendidikan formal yang telah ditempuh oleh penulis adalah di SDN Pejagan 2 dari tahun 2002 s/d 2008, kemudian melanjutkan pendidikan SMPN 1 Bangkalan dari tahun 2008 s/d 2011, dan kemudian melanjutkan pendidikan SMAN 1 Bangkalan dari tahun 2011 s/d 2014. Setelah lulus SMA, penulis melanjutkan studi dalam jalur pendidikan strata 1 (S1) di Departemen Teknik Sistem Perkapalan, Fakultas Teknologi Kelautan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS), Surabaya. Selama kegiatan perkuliahan penulis aktif dalam mengikuti berbagai kegiatan kemahasiswaan seperti menjadi sekretaris departemen Kewirausaaan (KWU) di Himpunan Mahasiswa Teknik Sistem Perkapalan – Fakutas Teknologi Kelautan dari tahun 2015 s/d 2016, menjadi sekretaris departemen Dana Usaha Mandiri (DANUM) di Himpunan Mahasiswa Teknik Sistem Perkapalan – Fakutas Teknologi Kelautan dari tahun 2016 s/d 2017, penulis juga aktif mengikuti kegiatan pelatihan LKMM tingkat Pra Dasar dan Tingkat Dasar dari tahun 2014 s/d 2015, dan penulis juga aktif menjadi pengurus organisasi kedaerahan sebagai staff dari tahun 2014 s/d 2015. Dalam menyelesaikan pendidikan S1 ini, penulis mengambil skripsi di bidang *Marine Electrical and Automation System* (MEAS).