

PERENCANAAN SISTEM TENAGA LISTRIK HYBRID UNTUK MENYUPLAI BEBAN PERALATAN BONGKAR MUAT DI PELABUHAN BAWEAN

Nama : Muksin Wandira
NRP : 4209 100 104
Jurusan : Teknik Sistem Perkapalan FTK-ITS
Pembimbing : Ir. Sardono Sarwito M.Sc
: Eddy Setyo Koenhardono, ST. M.Sc.

ABSTRAK

Pemanfaatan sumber energi secara tepat dapat meningkatkan kesejahteraan masyarakat secara umum. Sinar matahari dan angin dapat dimanfaatkan sebagai sumber energi alternatif dan sumber energi yang bisa dikatakan gratis, tidak akan pernah habis, dan tidak bersifat polusif. Energi matahari dapat diubah menjadi energi listrik dengan menggunakan panel sel surya, begitu juga dengan energi angin yang dapat diubah menjadi energi listrik dengan menggunakan turbin angin yang akan memutar generator untuk menghasilkan tenaga listrik. Tenaga listrik yang dihasilkan dari sistem pembangkit alternatif bertenaga sinar matahari dan angin ini diharapkan dapat dimanfaatkan oleh masyarakat yang tinggal di daerah terpencil terutama untuk kegiatan bongkar muat di Pelabuhan Bawean. Sistem tenaga listrik hybrid jika menggunakan panel sel surya dan turbin angin dengan perbandingan 50:50 maka dibutuhkan panel sel surya sebanyak 80 buah dan turbin angin sebanyak 2 buah. Secara umum sistem hybrid dapat diaplikasikan secara luas baik untuk beban dengan supply tegangan 1 phase maupun 3 phase.

Kata Kunci : panel sel surya, turbin angin, alternatif, hybrid.

**PLANNING OF HYBRID POWER
ELECTRIC SYSTEM TO SUPPLY
LOADING AND UNLOADING EQUIPMENT
AT BAWEAN PORT**

Name : Muksin Wandira
NRP : 4209 100 104
Department : Teknik Sistem Perkapalan FTK-ITS
Advisor : Ir. Sardono Sarwito M.Sc
: Eddy Setyo Koenhardono, ST. M.Sc.

ABSTRACT

The utilization of energy sources by exactly would be enhance the welfare of society in general. Sunlight and wind can be utilized as an alternative energy source and energy sources that can be said to be free, will never run out, and not be polusif. Solar energy can be converted into electrical energy by using solar cell panel, as well as Wind energy that can be converted into electrical energy using wind turbine that will That will twist generator to produce electric power. Electricity generated from alternative generating systems sunlight and wind is expected to be used by people living in remote areas, especially for loading and unloading activities at Bawean port. Hybrid power system if using solar cell panels and wind turbines with a ratio of 50:50 then it takes as many as 80 solar cell panels and 2 pieces of wind turbines. In general, hybrid systems can be applied widely to the load with supply voltage 1 phase or 3 phase.

Keyword: solar cell panel, wind turbine, alternative, hybrid.

LEMBAR PENGESAHAN

**PERENCANAAN SISTEM TENAGA LISTRIK
HYBRID UNTUK SUPPLY BEBAN
PERALATAN BONGKAR MUAT
DI PELABUHAN BAWEAN**

SKRIPSI

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
pada

Bidang Studi Marine Electrical and Automation System (MEAS)
Program Studi S-1 Jurusan Teknik Sistem Perkapalan
Fakultas Teknologi Kelautan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :

Muksin Wandira

NRP. 4209 100 104

Disetujui oleh Ketua Jurusan Teknik Sistem Perkapalan :

DR. Ir. A.A. Masroeri, M.Eng



SURABAYA, JANUARI 2014

LEMBAR PENGESAHAN

**PERENCANAAN SISTEM TENAGA LISTRIK
HYBRID UNTUK SUPPLY BEBAN
PERALATAN BONGKAR MUAT
DI PELABUHAN BAWEAN**

SKRIPSI

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
pada
Bidang Studi Marine Electrical and Automation System (MEAS)
Program Studi S-1 Jurusan Teknik Sistem Perkapalan
Fakultas Teknologi Kelautan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :

Muksin Wandira
NRP. 4209 100 104

Disetujui oleh Dosen Pembimbing :

1. Ir. Sardono Sarwito, M.Sc

(.....)

2. Eddy Setyo Koenhardono, ST. M.Sc.

(.....)

SURABAYA, JANUARI 2014

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pulau Bawean

Bawean adalah sebuah pulau yang terletak di Laut Jawa, sekitar 80 Mil atau 120 kilometer sebelah utara Gresik dengan Koordinat: 5°46' LS 112°40' BT. Secara administratif, pulau ini termasuk dalam Kabupaten Gresik, Provinsi Jawa Timur. Diameter pulau Bawean kira-kira 12 kilometer dan jalan yang melingkari pulau ini kira-kira panjangnya 70km dan bisa ditempuh dalam waktu 1-2 jam.



Gambar 2.1 Pulau Bawean [4]

Sebelum tahun 1974 Pulau Bawean masuk dalam wilayah Kabupaten Surabaya sebelum di bentuknya Kabupaten Gresik namun sejak tahun 1974 pulau Bawean di masukkan kedalam

wilayah Kabupaten Gresik karena memang letaknya lebih dekat dengan Kabupaten Gresik.

Bawean memiliki 2 kecamatan yaitu Sangkapura dan Tambak. Jumlah penduduknya sekitar 70.000 jiwa yang merupakan pembauran beberapa suku yang berasal dari pulau Jawa, Madura, Kalimantan, Sulawesi dan Sumatera termasuk budaya dan bahasanya. Penduduk Bawean kebanyakan memiliki mata pencaharian sebagai nelayan atau petani selain juga menjadi TKI di Malaysia dan Singapura, sebagian besar di antara mereka telah mempunyai status penduduk tetap di negara tersebut, selain di kedua negara itu penduduk bawean juga menetap di Australia dan Vietnam. Etnis mayoritas penduduk Bawean adalah Suku Bawean, dan suku-suku lain misalnya Suku Jawa, Madura, Bugis, Mandar, Mandailing, Banjar dan Palembang.

Bahasa pertuturan mereka adalah bahasa Bawean. Bukannya bahasa Madura seperti yg dimaklumkan sebelum ini. Di Malaysia dan Singapura, penyebutan suku ini berubah menjadi Boyan. Mereka menyebut diri mereka orang Boyan, maksudnya orang Bawean. [5]



Gambar 2.2 Dermaga Pelabuhan Bawean [6]

Energi terbarukan secara sederhana dapat didefinisikan sebagai energi yang dapat diperoleh ulang (terbarukan) seperti sinar matahari dan angin. Sumber energi terbarukan adalah sumber energi ramah lingkungan yang tidak mencemari lingkungan dan tidak memberikan kontribusi terhadap perubahan iklim dan pemanasan global seperti pada sumber-sumber tradisional lain. [7]

2.2 Energi Matahari

Energi matahari telah dimanfaatkan di banyak belahan dunia dan jika dieksploitasi dengan tepat, energi ini berpotensi mampu menyediakan kebutuhan konsumsi energi dunia saat ini dalam waktu yang lebih lama. Matahari dapat digunakan secara langsung untuk memproduksi listrik atau untuk memanaskan bahkan untuk mendinginkan. Potensi masa depan energi surya hanya dibatasi oleh keinginan kita untuk menangkap kesempatan. Ada banyak cara untuk memanfaatkan energi dari matahari. Tumbuhan mengubah sinar matahari menjadi energi kimia dengan menggunakan fotosintesis. Kita memanfaatkan energi ini dengan memakan dan membakar kayu. Bagaimanapun, istilah “tenaga surya” mempunyai arti mengubah sinar matahari secara langsung menjadi panas atau energi listrik untuk kegunaan kita. Dua tipe dasar tenaga matahari adalah “sinar matahari” dan “photovoltaic” (photo- cahaya, voltaic=tegangan) Photovoltaic tenaga matahari: melibatkan pembangkit listrik dari cahaya. Rahasia dari proses ini adalah penggunaan bahan semi konduktor yang dapat disesuaikan untuk melepas elektron, partikel bermuatan negative yang membentuk dasar listrik.

Bahan semi konduktor yang paling umum dipakai dalam sel photovoltaic adalah silikon, sebuah elemen yang umum ditemukan di pasir. Semua sel photovoltaic mempunyai paling tidak dua lapisan semi konduktor seperti itu, satu bermuatan positif dan satu bermuatan negatif. Ketika cahaya bersinar pada semi konduktor, lading listrik menyeberang sambungan diantara

dua lapisan menyebabkan listrik mengalir, membangkitkan arus DC. Makin kuat cahaya, makin kuat aliran listrik.

Sistem photovoltaic tidak membutuhkan cahaya matahari yang terang untuk beroperasi. Sistem ini juga membangkitkan listrik di saat hari mendung, dengan energi keluar yang sebanding ke berat jenis awan. Berdasarkan pantulan sinar matahari dari awan, hari-hari mendung dapat menghasilkan angka energi yang lebih tinggi dibandingkan saat langit biru sedang yang benar-benar cerah. [8]

Photovoltaic adalah solar cell atau pembangkit listrik tenaga surya yaitu mengubah energy yang didapatkan dari matahari menjadi energy listrik. Photovoltaic berbahan utama semikonduktor (yang umum digunakan adalah silikon), yaitu semikonduktor bertipe N dan semikonduktor bertipe P, semikonduktor bertipe N terletak di atas semikonduktor bertipe P. Ketika cahaya matahari menyinari photovoltaic, elektron-elektron pada semikonduktor bertipe P pindah ke semikonduktor tipe N. Hal ini menimbulkan beda potensial pada bagian atas dan bagian bawah photovoltaic. Selain semikonduktor, photovoltaic juga dilengkapi dengan charge kontroler apabila photovoltaic digunakan untuk mengisi energy listrik pada media penyimpan energy listrik. Charge kontroler berguna untuk mencegah agar tegangan tidak kembali lagi ke photovoltaic.

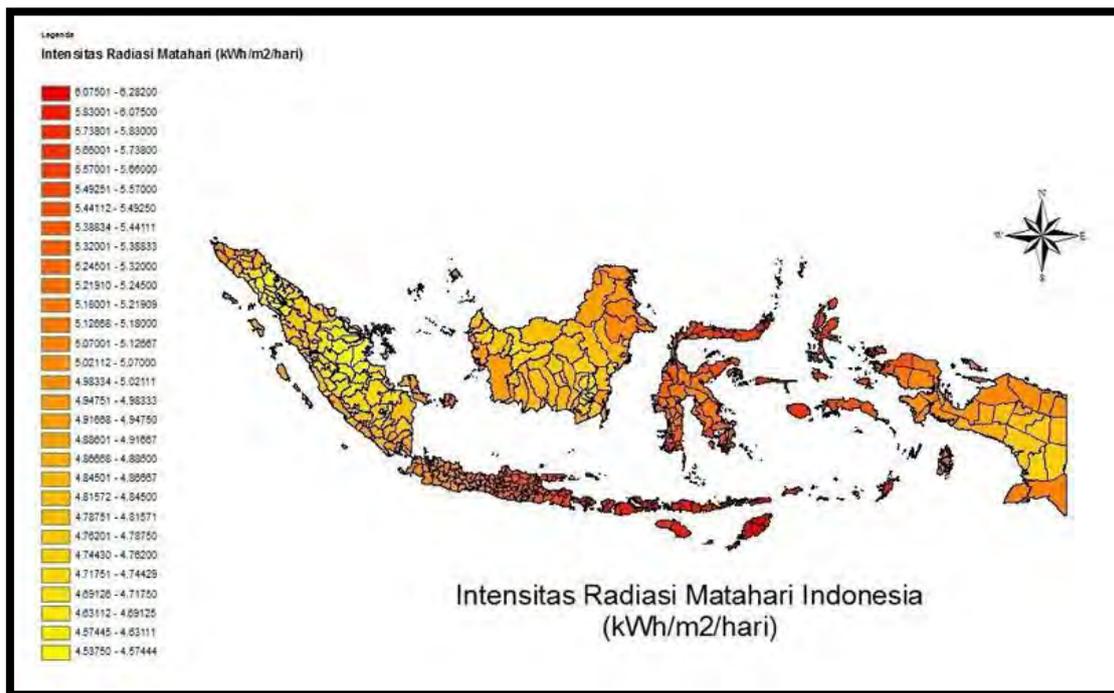
Photovoltaic masih terus berada dalam tahap pengembangan. Instalasi photovoltaic berkembang secara eksponensial. Hal ini dikarenakan Photovoltaic adalah pembangkit listrik yang tidak terbatas, sumber energy yang digunakan oleh photovoltaic untuk membangkitkan listrik adalah matahari, oleh karena itu photovoltaic dapat digunakan selama matahari masih ada. Selain itu photovoltaic juga merupakan pembangkit listrik yang bersih, untuk menghasilkan listrik photovoltaic tidak menghasilkan polusi sedikitpun. Photovoltaic dapat dipasangkan dimanapun, hanya saja photovoltaic akan memberikan performa berbeda sesuai dengan kecocokan tempat photovoltaic diletakkan

dilihat dari segi intensitas sinar matahari yang diterima oleh photovoltaic dan juga lama photovoltaic terkena sinar matahari.

Indonesia merupakan salah satu negara yang sangat potensial menggunakan photovoltaic bila dilihat dari segi letak geografis Indonesia yang berada di sekitar garis katulistiwa. Letak geografis seperti ini mengakibatkan Indonesia menjadi negara yang terkena sinar matahari dengan intensitas yang cukup tinggi dan waktu terkena sinar matahari cukup seragam sepanjang tahun. Berbeda dengan daerah-daerah yang cukup jauh dari garis katulistiwa. Daerah seperti ini akan mendapatkan intensitas sinar matahari relative lebih kecil dan lama terkena sinar matahari tidak seragam sepanjang tahun. Umumnya daerah yang cukup jauh dari garis katulistiwa akan mengalami empat musim dalam satu tahun. Ketika berada dalam musim panas intensitas sinar matahari yang diterima akan tinggi dan waktu terkena sinar matahari akan lama, tetapi ketika musim dingin intensitas sinar matahari menjadi sangat rendah dan waktu terkena sinar matahari sangat sebentar.

Indonesia secara geografis memang potensial untuk menggunakan photovoltaic, hanya saja beberapa daerah di Indonesia merupakan daerah yang berawan. Awan dapat menutupi sinar matahari sehingga tidak sampai kepada photovoltaic, photovoltaic yang tidak tersinari oleh matahari tidak mampu untuk membangkitkan listrik. Intensitas radiasi matahari rata-rata yang diterima di Indonesia adalah sebesar 4-5 kWh/m².

Photovoltaic dapat diatur besar tegangan yang dihasilkannya yaitu dengan membuat rangkaian seri antara satu lempeng photovoltaic dengan photovoltaic lainnya. Selain tegangan, besar arus yang dihasilkan photovoltaic juga dapat diatur yaitu dengan cara membuat rangkaian paralel antara satu lempeng photovoltaic dengan photovoltaic lainnya. [9]



Gambar 2.3 Intensitas Radiasi Matahari Indonesia [10]

Energi surya merupakan sumber energi yang ramah lingkungan karena tidak memancarkan emisi karbon berbahaya yang berkontribusi terhadap perubahan iklim seperti pada bahan bakar fosil. Setiap watt energi yang dihasilkan dari matahari berarti kita telah mengurangi pemakaian bahan bakar fosil, dan dengan demikian kita benar-benar telah mengurangi dampak perubahan iklim. Penelitian terbaru melaporkan bahwa rata-rata sistem rumah surya mampu mengurangi 18 ton emisi gas rumah kaca di lingkungan setiap tahunnya. Energi surya juga tidak memancarkan oksida nitrogen atau sulfur dioksida yang berarti tidak menyebabkan hujan asam atau kabut asap.

Matahari merupakan sumber energi yang benar-benar bebas untuk digunakan oleh setiap orang. Lebih banyak energi matahari yang kita gunakan maka semakin sedikit kita bergantung pada bahan bakar fosil. Ini berarti akan meningkatkan ketahanan dan keamanan energi, karena akan mengurangi kebutuhan impor minyak dari pihak asing. Dalam jangka panjang energi surya akan menghemat pengeluaran uang untuk energi.

Panel surya beroperasi tanpa mengeluarkan suara (tidak seperti turbin angin besar) sehingga tidak menyebabkan polusi suara. Panel surya biasanya memiliki umur yang sangat lama, minimal 30 tahun, dan biaya pemeliharaannya sangat rendah karena tidak ada bagian yang bergerak. Panel surya juga cukup mudah untuk diinstal. Energi surya adalah salah satu pilihan energi terbaik untuk daerah-daerah terpencil, bilamana jaringan distribusi listrik tidak praktis atau tidak memungkinkan untuk diinstal.

Kelemahan utama dari energi surya adalah biaya awal yang tinggi. Panel surya terbuat dari bahan mahal, bahkan dengan penurunan harga yang terjadi hampir setiap tahun, harganya tetap terasa mahal.

Panel surya juga perlu untuk ditingkatkan efisiensinya. Untuk mencapai tingkat efisiensi yang memadai dibutuhkan lokasi instalasi yang luas, dan panel surya ini idealnya diarahkan ke matahari, tanpa hambatan seperti pohon dan gedung

tinggi, untuk mencapai tingkat efisiensi yang diperlukan. Energi surya membutuhkan solusi penyimpanan energi murah dan efisien karena matahari adalah sumber energi *intermiten* (tidak kontinyu).

Proyek-proyek energi surya skala besar (pembangkit listrik tenaga surya yang besar) akan membutuhkan lahan yang luas, dan banyak air untuk tujuan pendinginan. Banyak daerah di dunia yang tidak memiliki cukup sinar matahari untuk menjadikan energi surya bernilai ekonomis.[11]

2.3 Energi Angin

Angin adalah udara yang bergerak dari tekanan tinggi menuju ke tekanan rendah atau sebaliknya yaitu dari suhu udara yang rendah ke suhu udara yang lebih tinggi. Pada suatu wilayah, daerah yang menerima energi panas matahari lebih besar akan mempunyai suhu udara yang lebih panas dan tekanan udara yang cenderung lebih rendah. Sehingga akan terjadi perbedaan suhu dan tekanan udara antara daerah yang menerima energi panas lebih besar dengan daerah lain yang lebih sedikit menerima energi panas, akibatnya akan terjadi aliran udara pada wilayah tersebut.

Pada perkembangannya, energi angin dikonversikan menjadi energi mekanik, dan dikonversikan kembalimenjadi energi listrik. Dalam bentuknya sebagai energylistrik, maka energi dapat ditransmisikan dan dapatdigunakan untuk mencatu peralatan-peralatan elektronik

Angin terjadi karena perbedaan suhu antara udara panas dan dingin. Di daerah khatulistiwa udara yang umumnya panas akan mengembang dan menjadi ringan sehingga naik keatas dan bergerak ke daerah yang lebih dingin misalnya di daerah kutub. Sebaliknya di daerah kutub yang dingin, udara menjadi rapat dan berat.dengan demikian terjadi perputaran udara, berupa perpindahan udara dari kutub udara ke garis khatulistiwa menyusuri permukaan bumi, dan sebaliknya, suatu perpindahan udara dari garis khatulistiwa kembali ke kutub utara melalui lapisan udara yang lebih tinggi. Perpindahan ini disebut angin

pasat. Selain angin pasat terdapat angin-angin lokal lain seperti angin laut, angin darat, angin muson, dan angin lokal lainnya.

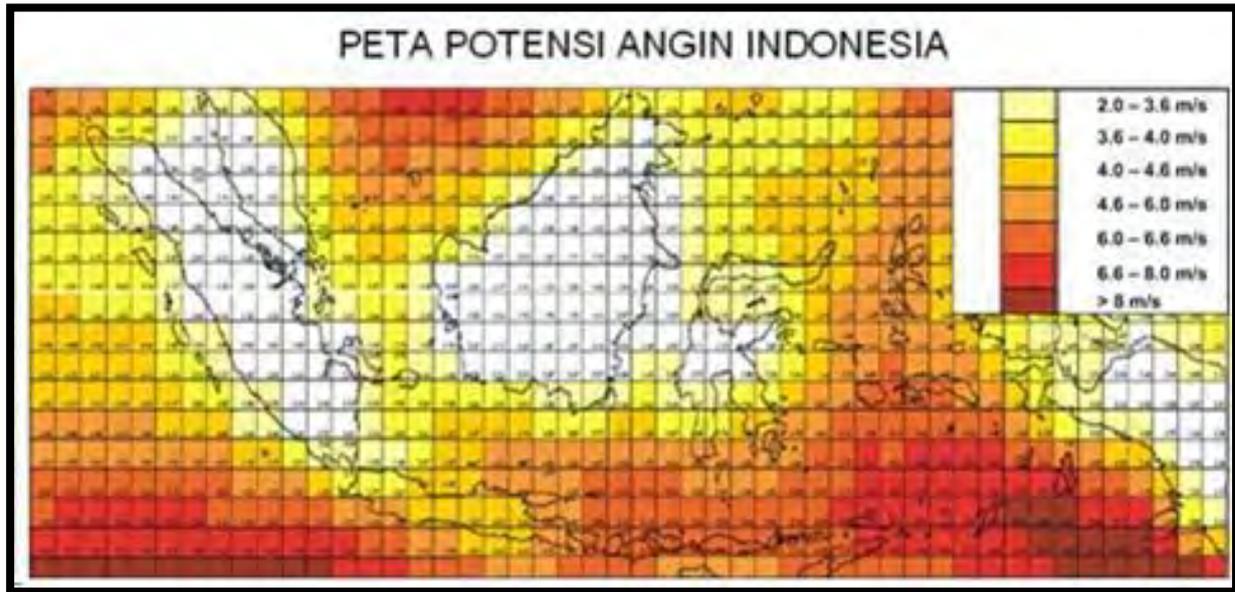
Sebuah pembangkit listrik tenaga angin dapat dibuat dengan menggabungkan beberapa turbin angin sehingga dapat menghasilkan listrik ke unit penyalur listrik. Listrik dialirkan melalui kabel transmisi dan didistribusikan ke rumah-rumah, kantor, sekolah, dan sebagainya.

Turbin angin dapat memiliki tiga buah bilah turbin. Jenis lain yang umum adalah jenis turbin dua bilah. Turbin angin bekerja sebagai dari kebalikan kipas angin. Bukan menggunakan listrik untuk membuat angin, seperti pada kipas angin tapi turbin angin menggunakan angin untuk menghasilkan listrik.

Turbin angin adalah kincir angin yang digunakan untuk membangkitkan tenaga listrik. Turbin angin ini pada awalnya dibuat untuk mengakomodasi kebutuhan para petani dalam melakukan penggilingan padi, keperluan irigasi, dll. Turbin angin terdahulu banyak dibangun di Denmark, Belanda, dan negara-negara Eropa lainnya dan lebih dikenal dengan Windmill.

Kini turbin angin lebih banyak digunakan untuk mengakomodasi kebutuhan listrik masyarakat, dengan menggunakan prinsip konversi energi dan menggunakan sumber daya alam yang dapat diperbaharui yaitu angin. Walaupun sampai saat ini pembangunan turbin angin masih belum dapat menyaingi pembangkit listrik konvensional (Contoh: PLTD, PLTU, dll), turbin angin masih lebih dikembangkan oleh para ilmuwan karena dalam waktu dekat manusia akan dihadapkan dengan masalah kekurangan sumber daya alam tak terbaharui (Contoh : batubara, minyak bumi) sebagai bahan dasar untuk membangkitkan listrik.

Indonesia sebagai negara di daerah katulistiwa, kecepatan angin umumnya tidak besar bahkan cenderung rendah. Tetapi pada lokasi tertentu, seperti di daerah pantai barat Sumatera, selatan Jawa, Nusa Tenggara Timur, Sulawesi Selatan, Kepulauan di Sulawesi Utara, Maluku mempunyai kecepatan angin rata-rata cukup tinggi (antara 5-8 m/det pada ketinggian 50 m).



Gambar 2.4 Peta Potensi Angin di Indonesia [12]

Syarat – syarat dan kondisi angin yang dapat dimanfaatkan untuk menghasilkan energi listrik dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel 2.1 Kondisi angin [13]

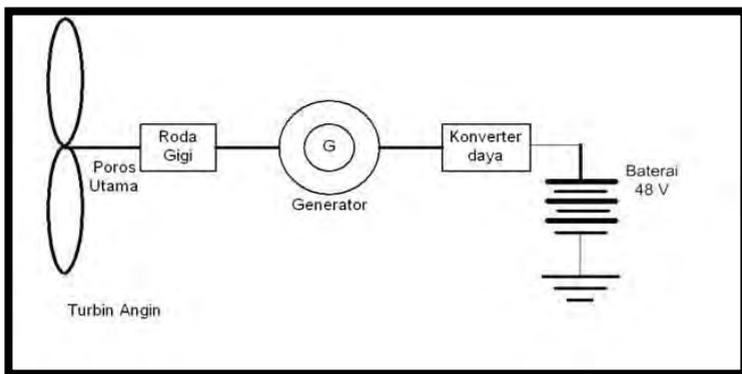
Tingkat Kecepatan Angin 10 meter di atas permukaan Tanah		
Kelas Angin	Kecepatan Angin m/d	Kondisi Alam di Daratan
1	0.00 ~ 0.02	
2	0.3 ~ 1.5	angin tenang, Asap lurus ke atas.
3	1.6 ~ 3.3	asap bergerak mengikuti arah angin
4	3.4 ~ 5.4	wajah terasa ada angin, daun2 bergoyang pelan, petunjuk arah angin bergerak
5	5.5 ~ 7.9	debu jalan, kertas beterbangan, ranting pohon bergoyang.
6	8.0 ~ 10.7	ranting pohon bergoyang, bendera berkibar.
7	10.8 ~ 13.8	ranting pohon besar bergoyang, air plampung berombak kecil
8	13.9 ~ 17.1	Ujung pohon melengkung, hembusan angin terasa di telinga
9	17.2 ~ 20.7	dpt mamatahkan ranting pohon, jalan berat melawan arah angin
10	20.8 ~ 24.4	dpt mematahkan ranting pohon, rumah rubuh
11	24.5 ~ 28.4	dpt merubuhkan pohon, menimbulkan kerusakan
12	28.5 ~ 32.6	menimbulkan kerusakan parah
13	32.7 ~ 36.9	tornado

Angin kelas 3 adalah batas minimum dan angin kelas 8 adalah batas maksimum energi angin yang dapat dimanfaatkan untuk menghasilkan energi listrik.

Energi angin adalah salah satu jenis sumber energi terbarukan yang potensial untuk menghasilkan energi listrik maupun mekanik melalui proses konversi ke mekanik dan selanjutnya ke listrik. Energi kinetik yang terdapat pada angin dapat diubah menjadi energi mekanik untuk memutar peralatan (pompa piston, penggilingan, dan lain-lain). Sementara itu, pengolahan selanjutnya dari energi mekanik yaitu untuk memutar generator yang dapat menghasilkan listrik. Kedua proses perubahan ini disebut konversi energi angin; sedangkan sistem atau alat yang melakukannya disebut SKEA (Sistem Konversi Energi Angin). Selanjutnya, untuk menghasilkan listrik disebut SKEA listrik atau lebih dikenal sebagai turbin angin; dan untuk mekanik disebut SKEA mekanik atau kincir angin. Sekarang ini,

pemanfaatan energi angin yang lebih umum yakni dalam bentuk energi listrik, sementara bentuk energi mekanik atau yang lebih dikenal sebagai pemanfaatan langsung mulai berkurang.

Dalam pemanfaatannya, diperlukan data/informasi mengenai potensi energi angin aktual yang tersedia di lokasi pemasangan (suplai) dan kebutuhan di lokasi tersebut (kebutuhan). Kajian dan evaluasi yang lebih akurat mengenai kedua aspek ini bersama aspek ekonomis akan menghasilkan pemanfaatan SKEA yang optimal di suatu lokasi. [14]



Gambar 2.5 Sistem Konversi Energi Angin (SKEA) [15]

Prinsip dasar kerja dari turbin angin adalah mengubah energi mekanis dari angin menjadi energi putar pada kincir, lalu putaran kincir digunakan untuk memutar generator, yang akhirnya akan menghasilkan listrik.

Sebenarnya prosesnya tidak semudah itu, karena terdapat berbagai macam sub-sistem yang dapat meningkatkan safety dan efisiensi dari turbin angin, yaitu :

1. Gearbox

Alat ini berfungsi untuk mengubah putaran rendah pada kincir menjadi putaran tinggi. Biasanya Gearbox yang digunakan sekitar 1:60.

2. 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 diguaan akan menyebabkan putaran yang cukup cepat pada poros generator, sehingga jika tidak di atasi 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.

3. 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 fisisnya adalah kumparan-kumparan kawat yang membentuk loop. Ketika poros generator mulai berputar maka akan terjadi perubahan fluks pada stator yang akhirnya karena 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 kurang lebih sinusoidal.

4. Penyimpanan energi

Karena keterbatasan ketersediaan akan energi angin (tidak sepanjang hari angin akan selalu tersedia) maka ketersediaan listrik pun tidak menentu. Ketika beban penggunaan daya listrik masyarakat meningkat atau ketika kecepatan angin suatu daerah sedang menurun, maka kebutuhan permintaan akan daya listrik tidak dapat terpenuhi. Oleh karena itu kita perlu menyimpan sebagian energi yang dihasilkan ketika terjadi kelebihan daya pada saat turbin angin berputar kencang atau saat penggunaan daya pada masyarakat menurun. Penyimpanan energi ini diakomodasi dengan menggunakan alat penyimpan energi. Contoh sederhana yang dapat dijadikan referensi sebagai alat penyimpan energi listrik adalah aki mobil. Aki mobil memiliki kapasitas penyimpanan energi yang cukup besar. Aki 12 volt, 65 Ah dapat dipakai untuk mencatu rumah tangga (kurang lebih) selama 0.5 jam pada daya 780 watt. Kendala dalam menggunakan alat ini adalah alat ini memerlukan catu daya DC (Direct Current) untuk meng-charge/mengisi energi, sedangkan dari generator dihasilkan catu daya AC (Alternating Current). Oleh karena itu diperlukan rectifier-inverter untuk mengakomodasi keperluan ini. Rectifier-inverter akan dijelaskan berikut.

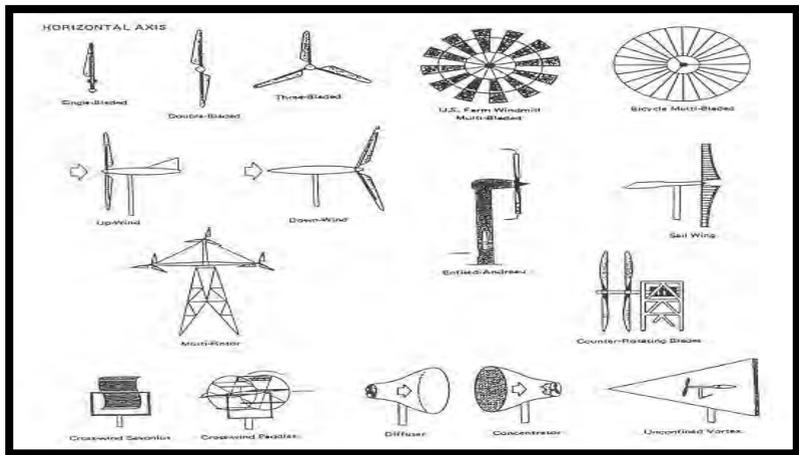
5. Rectifier-inverter

Rectifier berarti penyearah. Rectifier dapat menyearahkan gelombang sinusoidal(AC) yang dihasilkan oleh generator menjadi gelombang DC. Inverter berarti pembalik. Ketika dibutuhkan daya dari penyimpan energi(aki/lainnya) maka catu yang dihasilkan oleh aki akan berbentuk gelombang DC. Karena kebanyakan kebutuhan rumah tangga menggunakan catu daya AC, maka diperlukan inverter untuk mengubah gelombang DC yang dikeluarkan oleh aki menjadi gelombang AC, agar dapat digunakan oleh rumah tangga. [16]

Jenis - Jenis Turbin Angin

Turbin angin dapat dibagi menjadi dua jenis utama, yaitu turbin angin sumbu horizontal dan turbin angin sumbu vertikal. Untuk mendapatkan hasil yang optimal pada pengaplikasiannya di Indonesia, turbin angin yang digunakan sebaiknya memiliki karakteristik sebagai berikut :

- Mampu beroperasi pada kecepatan rendah
Faktor ini disesuaikan dengan kondisi angin di Indonesia yang fluktuatif dan cenderung berkecepatan rendah. Sehingga pada kecepatan rendah, turbin tetap dapat beroperasi.
- Memiliki batas kecepatan maksimum yang tinggi
Pada daerah pantai (pesisir), kemungkinan angin dapat berhembus relatif lebih kencang. Sehingga faktor ini sebagai pertimbangan agar turbin tidak cepat rusak karena angin yang kencang.
- Tegangan yang dihasilkan adalah tegangan DC
Karena putaran turbin yang tidak konstan, maka frekuensi juga tidak akan konstan apabila digunakan generator AC. Selain itu juga diharapkan dapat mengurangi rugi elektrik dari sistem kontrolnya.
- Dimensi yang tidak terlalu besar
Pelabuhan termasuk daerah yang cukup berpengaruh terhadap besar dimensi turbin, sehingga sedapat mungkin dipilih turbin yang berdimensi tidak terlalu besar.
- Memiliki efisiensi relatif tinggi
Turbin dengan efisiensi tinggi, akan berpengaruh pada jumlah turbin yang harus dipasang pada kecepatan yang sama.



Gambar 2.6 Jenis - Jenis Turbin Angin Horizontal [17]

Turbin Angin Sumbu Horizontal

Turbin angin jenis sumbu horizontal adalah jenis turbin yang terdiri dari sebuah menara yang di puncaknya terdapat baling-baling yang berfungsi sebagai rotor dan menghadap atau membelakangi arah angin. Turbin angin biasanya mempunyai sudu dengan bentuk irisan melintang khusus di mana aliran udara pada salah satu sisinya dapat bergerak lebih cepat dari aliran udara di sisi yang lain ketika angin melewatinya. Fenomena ini menimbulkan daerah tekanan rendah pada belakang sudu dan daerah tekanan tinggi di depan sudu. Perbedaan tekanan ini membentuk gaya yang menyebabkan sudu berputar.

Kelebihan turbin angin sumbu horizontal :

- Dasar menara yang tinggi membolehkan akses ke angin yang lebih kuat di tempat-tempat yang memiliki geseran angin (perbedaan antara laju dan arah angin antara dua titik yang jaraknya relatif dekat di dalam atmosfer bumi. Di sejumlah lokasi geseran angin, setiap sepuluh meter ke atas, kecepatan angin meningkat sebesar 20%.

Kekurangan turbin angin sumbu horizontal :

- Menara yang tinggi serta bilah yang panjangnya bisa mencapai 90 meter sulit diangkut. Diperkirakan besar biaya transportasi bisa mencapai 20% dari seluruh biaya peralatan turbin angin.
- TASH yang tinggi sulit dipasang, membutuhkan derek yang sangat tinggi dan mahal serta para operator yangampil.
- Konstruksi menara yang besar dibutuhkan untuk menyangga bilah-bilah yang berat, gearbox, dan generator.

Turbin Angin Sumbu Vertikal

Turbin angin sumbu vertikal / tegak, memiliki poros / sumbu rotor utama yang disusun tegak lurus. Kelebihan utama susunan ini adalah turbin tidak harus diarahkan ke angin agar menjadi efektif. Kelebihan ini sangat berguna di tempat-tempat yang arah anginnya sangat bervariasi. Turbin angin sumbu vertikal mampu mendayagunakan angin dari berbagai arah. Turbin angin sumbu vertikal dibagi menjadi dua jenis yaitu darrieus dan savonius.



Gambar 2.7 Turbin Angin Darrieus dan Savonius [18]

Kelebihan turbin angin sumbu vertikal :

- Lebih mudah dilakukan pemeliharaan karena bentuknya yang memanjang secara vertikal menyebabkan komponen-komponen turbin angin menjadi dekat ke tanah.
- Karena bilah turbin mempunyai arah vertikal, maka turbin akan responsif terhadap segala arah angin dan tidak memerlukan *yaw mechanism* sebagai pengatur arah turbin.
- Memiliki *pitch angle airfoil* yang lebih besar daripada turbin horizontal, ini memberikan peningkatan gaya aerodinamis ketika *drag* menurun pada putaran rendah dan tinggi.
- Desain lebih sederhana sehingga mudah untuk ditransportasikan dan dibongkar-pasang.
- Dapat menggunakan menara yang telah ada, tidak memerlukan menara sendiri seperti turbin horizontal.

- Memiliki *tip speed ratio* rendah, sehingga tidak mudah rusak pada kecepatan angin tinggi.

Kekurangan turbin angin sumbu vertikal :

- Umumnya memiliki efisiensi yang lebih kecil daripada turbin angin horizontal jika dibuat dalam ukuran besar. Hal ini karena adanya penambahan gaya drag pada bilah turbin ketika berputar.
- Tidak dapat dipasang pada ketinggian yang terlalu tinggi dan memiliki batas sweep area tertentu.
- Membutuhkan area yang relatif datar untuk pemasangannya.
- Memiliki torsi awal yang rendah.

BAB III

METODOLOGI

Proses pengerjaan tugas akhir ini dikerjakan dengan beberapa tahapan dan urutan sebagai berikut :

✓ **Identifikasi dan perumusan masalah**

Tahap awal pembuatan skripsi adalah mencari adanya masalah yang ada di lapangan. Mulai dari konsultasi ke beberapa dosen, mencari informasi di internet, menggunakan pengalaman saat kerja praktek, tugas akhir terdahulu dan sebagainya. Pada akhirnya dipilih permasalahan utama tentang keterbatasan sumber daya alam di Indonesia, terutama untuk sektor pembangkitan energi listrik. Kemudian dicari solusi yang lebih spesifik untuk bisa dibuat sebagai tugas akhir. Akhirnya ditemukan tentang sistem hybrid yaitu gabungan antara *solar cell* dan wind turbine untuk supply beban peralatan bongkar di Pelabuhan Bawean.

✓ **Studi literatur**

Setelah menemukan permasalahan dan membuat hipotesis, kemudian mencari dasar-dasar teori dari berbagai sumber. Buku, jurnal, paper, tugas akhir sebelum-sebelumnya, atau dari internet. Teori tentang sistem sel surya dan turbin angin beserta komponen komponen yang ada didalamnya sangat dibutuhkan dalam pengerjaan tugas akhir ini. Perlu diketahui juga bahwa Pelabuhan Bawean tidak mempunyai peralatan bongkar muat maka dibutuhkan juga pengetahuan tentang mendesain peralatan bongkar muat yang sesuai dengan kegiatan bongkar muat di Pelabuhan Bawean.

✓ **Pengumpulan data**

Hal selanjutnya yang harus dilakukan adalah mengumpulkan data untuk menunjang proses pengerjaan tugas akhir ini. Data kapal dan jenis muatan yang pernah melakukan kegiatan bongkar muat di Pelabuhan Bawean diperlukan untuk mendesain peralatan bongkar muat sehingga spesifikasi peralatan bongkar muat bisa diketahui. Data selanjutnya adalah data intensitas dan lama penyinaran matahari serta data kecepatan angin yang bisa diperoleh dari BMKG. Data - data ini dibutuhkan untuk menghitung dan menentukan spesifikasi dari panel sel suryadan turbin angin yang akan digunakan untuk supply beban peralatan bongkar muat.

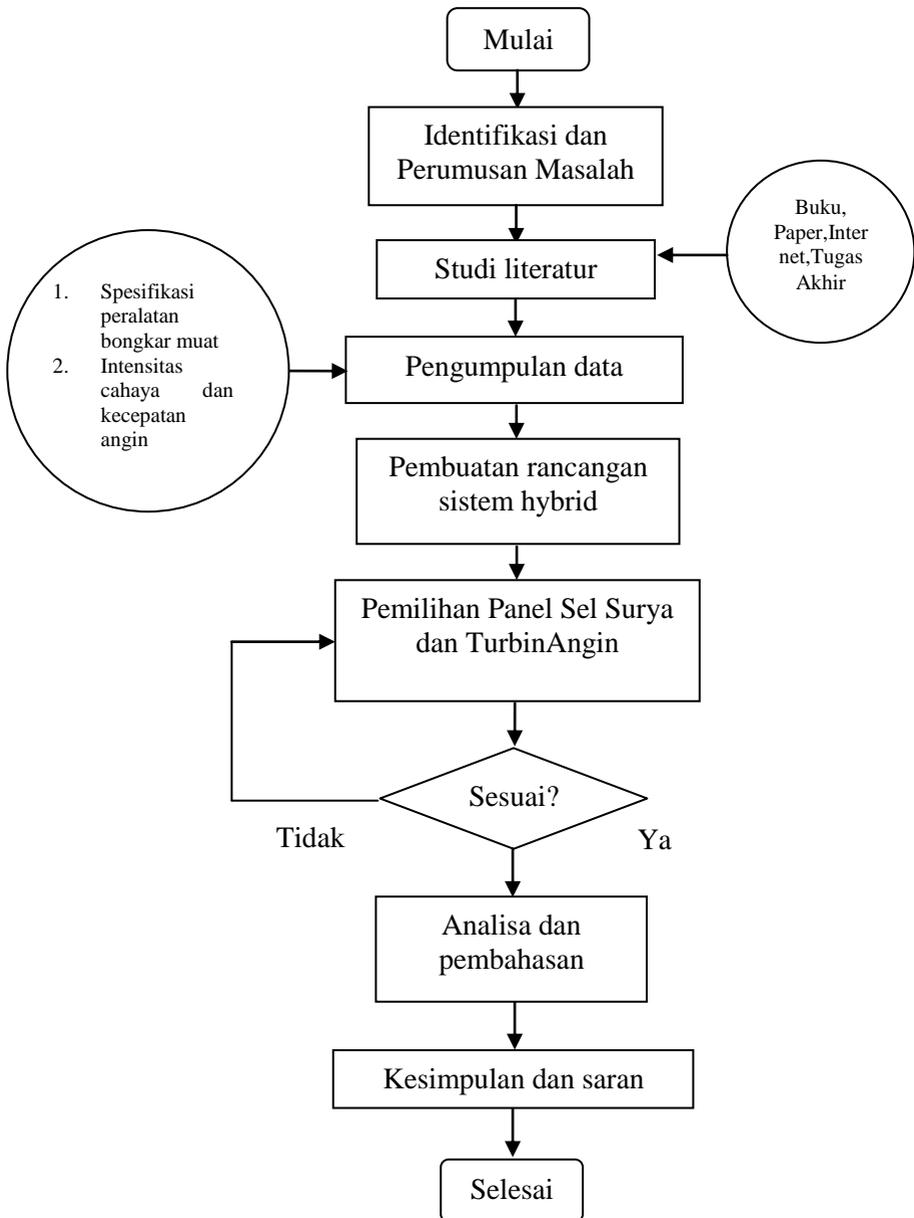
✓ **Pembuatan rancangan sistem hybrid panel sel surya dan turbin angin**

Proses pembuatan rancangan sistem hybrid panel sel surya dan turbin angin didapatkan dari studi literatur mengenai pembuatannya. Ditambahkan dari data-data yang berasal dari internet, dan aplikasi yang sudah ada di lapangan.

✓ **Pemilihan panel sel surya dan turbin angin**

Proses pemilihan adalah hal yang sangat penting. Pemilihan panel sel surya dan turbin angin harus efisien dan sesuai dengan data dan rancangan sistem hybrid yang telah dibuat berdasarkan analisa dan perhitungan.

Dari uraian tersebut dapat disajikan dalam bentuk *flow chart* agar lebih mudah dipahami.



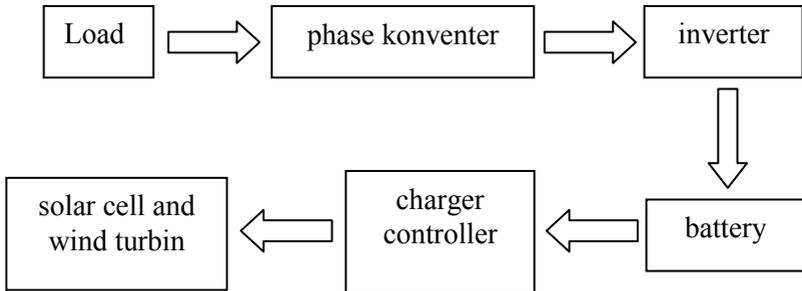
BAB IV

ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN

Dalam merencanakan sebuah sistem tenaga listrik hybrid yang memanfaatkan energi matahari dan energi angin, perlu diketahui bahwa terdapat beberapa komponen - komponen penting yang minimal harus ada dalam perencanaan sistem tersebut. Komponen – komponen penting tersebut antara lain adalah sebagai berikut :

- solar cell and wind turbin
- charger controller
- battery
- inverter
- phase konverter
- Load

Tiap - tiap komponen dalam sistem tenaga listrik hybrid mempunyai kapasitas masing - masing. Komponen pertama yang harus diketahui dalam merencanakan sistem tenaga listrik hybrid adalah load atau beban dari sistem tersebut. Hal ini sangat diperlukan agar sistem yang direncanakan dapat sesuai dengan kebutuhan. Dalam tugas akhir ini, sistem yang direncanakan diharapkan mampu menyuplai kebutuhan daya listrik peralatan bongkar muat. Maka perlu diketahui besaran daya listrik peralatan bongkar muat yang akan disuplay oleh sistem tenaga listrik hybrid. Setelah diketahui besaran daya peralatan bongkar muat maka dihitunglah kapasitas dari phase konverter. Dalam perhitungan kapasitas phase konverter, daya output dari phase konverter adalah daya beban peralatan bongkar muat. Dan daya input dari phase konverter akan menjadi daya output dari inverter dalam perhitungan kapasitas inverter. Dan begitu seterusnya sampai diketahui kapasitas dari solar cell dan turbin angin. Berikut adalah skema sederhana dari urutan perhitungan kapasitas tiap komponen yang ada dalam sistem tenaga listrik hybrid.



Gambar 4.1 Skema urutan perhitungan

Berikut adalah detail perhitungan dan spesifikasinya :

4.1 Perhitungan beban

Dalam tugas akhir ini, beban untuk sistem tenaga listrik hybrid adalah daya peralatan bongkar muat di pelabuhan bawean. Dan data spesifikasi dari peralatan bongkar muat yang digunakan di pelabuhan Bawean tidak dapat diperoleh, dikarenakan sampai saat ini pelabuhan tersebut belum memiliki fasilitas peralatan bongkar muat. Selama ini aktivitas bongkar muat di pelabuhan Bawean masih menggunakan cara manual yaitu masih menggunakan tenaga manusia. Hal ini dikarenakan pelabuhan bawean tergolong pelabuhan rakyat dan termasuk dalam pelabuhan kelas III di Indonesia. Oleh karena itu dibutuhkan perancangan peralatan bongkar muat yang sesuai dengan aktifitas bongkar muat di pelabuhan Bawean.

Berdasarkan survey dan pengamatan di Pelabuhan Bawean pada tanggal 24 september 2013, dapat diketahui bahwa sampai pada tanggal tersebut kebanyakan kapal-kapal yang melakukan aktifitas bongkar muat di Pelabuhan Bawean adalah kapal kayu yang berukuran dengan panjang sekitar 20-30 meter dan muatan yang diangkut kebanyakan adalah bahan pokok dan bahan bangunan. Aktifitas bongkar muat di pelabuhan bawean

bisa dikatakan jarang, maksimal dalam seminggu hanya 2 sampai 3 kapal yang melakukan aktifitas bongkar muat. Dan lamanya proses bongkar muat 1 kapal juga tergolong lambat. Untuk satu kapal, proses bongkar muat bisa memakan waktu 2-3 hari. Hal ini dikarenakan fasilitas penunjang aktifitas bongkar muat di Pelabuhan Bawean belum memadai dan masih menggunakan tenaga manusia.

Berdasarkan hal – hal tersebut, peralatan bongkar muat yang dipilih nantinya diharapkan mampu untuk menunjang aktifitas bongkar muat di Pelabuhan Bawean. Dan spesifikasi peralatan bongkar muat yang dipilih adalah sebagai berikut :



Gambar 4.2 Crane [19]

Tabel 4.1 Spesifikasi Crane [19]

Model and type	HGQ 5-14
Power	24 kW
Voltage Input	380 VAC

Dari spesifikasi peralatan bongkar muat di atas, dapat diketahui bahwa beban daya untuk sistem tenaga listrik hybrid adalah sebesar 24 kW.

4.2 Perhitungan Phase Konverter

Phase konverter berfungsi sebagai pengubah tegangan listrik AC dari 1 phase menjadi 3 phase. Komponen ini diperlukan karena output dari solar cell dan turbin angin ini nantinya adalah tegangan listrik 1 phase, sedangkan untuk menggerakkan motor listrik dari peralatan bongkar muat membutuhkan tegangan listrik 3 phase.

P output dari phase konverter adalah daya dari peralatan bongkar muat sebesar 24 kW. Efisiensi untuk perhitungan kapasitas phase konverter diasumsikan sebesar 90% dengan mempertimbangkan rugi - rugi. Berikut adalah perhitungan efisiensi dari phase konverter :

$$\eta = \frac{P_{out}}{P_{in}}$$

$$90\% = \frac{24kW}{P_{in}}$$

$$P_{in} = 26,67 kW$$

Berdasarkan perhitungan diatas maka dipilihlah spesifikasi phase konverter sebagai berikut :



Gambar 4.3 Phase Konverter [20]

Tabel 4.2 Spesifikasi Phase Konverter [20]

Model and type	TRU- WAVE AC44
Power	29 kW
Voltage input	220 VAC

Dari data spesifikasi phase konverter tersebut didapatkan daya input phase konverter sebesar 29 kW.

4.3 Perhitungan Inverter

Inverter berfungsi sebagai pengubah daya listrik DC menjadi daya listrik AC. Alat ini diperlukan karena sumber tegangan dari solar cell dan turbin angin disimpan dalam baterai.

Untuk mengetahui spesifikasi dari inverter dapat diperoleh dengan menggunakan perhitungan efisiensi inverter. Perhitungan efisiensi inverter memerlukan daya output inverter untuk mengetahui daya input inverter. Besaran daya output inverter diasumsikan sama dengan daya input phase konverter yaitu sebesar 29 kW. Dan efisiensi untuk perhitungan kapasitas inverter juga diasumsikan sebesar 90 % dengan mempertimbangkan rugi - rugi. Berikut adalah perhitungan efisiensi dari inverter :

$$\eta = \frac{P_{out}}{P_{in}}$$
$$90\% = \frac{29kW}{P_{in}}$$
$$P_{in} = 32 kW$$

Berdasarkan perhitungan diatas maka dipilihlah spesifikasi inverter sebagai berikut :



Gambar 4.4 Inverter [21]

Tabel 4.3 Spesifikasi Inverter [21]

Brand	Jupiter Series
Model	J40K50-240(220)
Power	32 kW
Voltage input	240 VDC
Voltage output	220 VAC

Dari spesifikasi diatas dapat diketahui bahwa daya inverter yang dipilih adalah sebesar 32 kW dan Voltage input inverter 240 volt DC.

4.4 Perhitungan kapasitas baterai

Baterai berfungsi untuk menyimpan energi listrik. Dalam tugas akhir ini, energi listrik yang dihasilkan dari solar cell dan turbin angin akan disimpan ke dalam baterai. Kapasitas energi listrik yang tersimpan dalam baterai menggunakan satuan Ampere hour (Ah).

Untuk menghitung kapasitas dari baterai dibutuhkan data besaran daya dan tegangan output dari baterai dan lamanya pemakaian. Untuk besaran daya output baterai dapat sama dengan daya dari inverter yaitu sebesar 32 kW dengan tegangan inputan 240 volt DC.

Untuk lama pemakaian baterai dapat diasumsikan sama dengan lamanya beban dioperasikan. Dan beban diharapkan dapat dioperasikan selama 3 jam berdasarkan pertimbangan dari hasil pengamatan aktivitas bongkar muat di Pelabuhan Bawean. Maka kapasitas baterai yang diperlukan untuk pengoperasian peralatan bongkar muat selama 3 jam adalah

$$\begin{aligned} \text{perhitungan kapasitas baterai} &= 32 \text{ kW} \times 3 \text{ jam} \\ &= 96 \text{ kWh} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Ah baterai} &= \frac{96 \text{ kWh}}{240 \text{ V}} \\ &= 400 \text{ Ah} \end{aligned}$$

Efisiensi untuk perhitungan kapasitas baterai untuk pemakaian dalam 3 jam diasumsikan sebesar 60 % dengan mempertimbangkan rugi - rugi. Berikut adalah perhitungan efisiensi dari baterai :

$$\begin{aligned} \text{kapasitas baterai yang dibutuhkan} &= \frac{\text{Ah perhitungan}}{\text{efisiensi baterai}} \\ &= \frac{400 \text{ Ah}}{60 \%} = 666,67 \text{ Ah} \end{aligned}$$

Jadi kapasitas baterai yang dibutuhkan untuk pengoperasian peralatan bongkar muat selama 3 jam adalah sebesar 666,67 Ah dengan tegangan 240 V.

Dalam pemilihan baterai, selain dari segi Ah baterai, perlu dipertimbangkan juga dimensi dan berat serta rangkaian dari baterai yang akan dipilih. Dimensi dan berat dari baterai yang dipilih diperlukan untuk menyesuaikan tempat yang akan digunakan untuk penyimpanan baterai. Sedangkan untuk pertimbangan rangkaian dari baterai yang dipilih akan mempengaruhi banyaknya jumlah baterai.

Berdasarkan hal tersebut maka dipilihlah baterai dengan spesifikasi sebagai berikut :



Gambar 4.5 Baterai [22]

Tabel 4.4 Spesifikasi Baterai [22]

Nominal voltage	12 V
Capacity	700 Ah
Battery Model	Li-ion 12V/700Ah
Dimensions (length x width x height)	634 x 324 x 399 mm
Weight	84 kg

Berikut adalah perhitungan banyaknya jumlah baterai yang dibutuhkan :

$$\begin{aligned}
 \text{jumlah baterai} &= \frac{\text{Volt kebutuhan}}{\text{Volt baterai}} \\
 &= \frac{240 \text{ V}}{12 \text{ V}} = 20 \text{ buah}
 \end{aligned}$$

Jadi kebutuhan baterai untuk sistem tenaga listrik hybrid adalah sebanyak 20 buah dan dirangkai secara seri.

Dan berikut adalah perhitungan kapasitas dari baterai :

$$\begin{aligned}
 \text{kapasitas tiap baterai} &= \text{volt baterai} \times \text{Ah baterai} \\
 &= 12 \text{ V} \times 700 \text{ Ah} \\
 &= 8400 \text{ Wh} = 8,4 \text{ kWh}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{kapasitas total baterai} &= \text{jumlah baterai} \times \text{baterai} \\
 &= 20 \times 8,4 \text{ kWh} \\
 &= 168 \text{ kWh}
 \end{aligned}$$

4.5 Perhitungan charge controller

Charge controller berfungsi untuk mengontrol aliran arus dari susunan modul fotovoltaic atau generator turbin angin ke pengisian baterai sehingga baterai itu terlindungi dari pengisian berlebih, dengan cara mengurangi ampere. Charge controller yang baik biasanya mempunyai kemampuan mendeteksi kapasitas baterai. Bila baterai sudah penuh terisi maka secara otomatis pengisian arus akan berhenti. Cara deteksi adalah melalui monitor level tegangan baterai. Charge controller akan mengisi baterai sampai level tegangan tertentu, kemudian apabila level tegangan drop, maka baterai akan diisi kembali.

Karena dalam sistem tenaga listrik hybrid ini menggunakan 2 sumber tegangan yaitu dari solar cell dan turbin angin maka masing masing sumber tegangan terdapat 1 sistem charge controller. Dalam hal ini diasumsikan 1 sumber tegangan dari solar cell maupun turbin angin diharapkan mampu mengisi baterai sebanyak 20 buah dengan tegangan dan kapasitas tiap baterai yaitu 12 v dan 700 Ah.

Untuk mengetahui spesifikasi dari charger controller harus menghitung terlebih dahulu banyaknya solar cell atau turbin angin yang akan terpasang. Karena charger controller pada solar cell berbeda dengan charger controller pada turbin angin. Oleh karena itu, perencanaan sistem tenaga listrik hybrid ini dibuat dalam 3 keadaan, yaitu :

1. Jika sistem hanya menggunakan solar cell
2. Jika sistem hanya menggunakan turbin angin
3. Jika sistem menggunakan solar cell dan turbin angin dengan perbandingan 50 : 50

4.6 Perhitungan charger controller solar cell

Solar cell yang direncanakan nantinya harus mampu mengisi Kapasitas total baterai minimal selama 8 jam/hari. Maka perhitungan daya charger controller sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \text{daya charger controller} &= \frac{\text{Kapasitas total baterai}}{8 h} \\ &= \frac{168 kWh}{8 h} \\ &= 21 kW \end{aligned}$$

Untuk mengetahui spesifikasi dari charger controller solar cell dapat diperoleh dengan menggunakan perhitungan efisiensi charger controller solar cell. Perhitungan efisiensi charger controller solar cell memerlukan daya output charger controller solar cell untuk mengetahui daya input charger controller solar cell. Besaran daya output charger controller solar cell sebesar 21kW. Dan efisiensi dari charger controller solar cell itu sendiri juga diasumsikan sebesar 80 % dengan mempertimbangkan rugi - rugi. Berikut adalah perhitungan efisiensi dari charger controller solar cell.

$$\begin{aligned} \eta &= \frac{P_{out}}{P_{in}} \\ 80\% &= \frac{21kW}{P_{in}} \\ P_{in} &= 26,25 kW \end{aligned}$$

Berdasarkan perhitungan diatas maka dipilihlah spesifikasi charger controller solar cell sebagai berikut



Gambar 4.6 Charger Controller Solar Cell [23]

Tabel 4.5 Spesifikasi charger controller solar cell [23]

Brand	Greentechy
Model	GTPM30KW-240V
Power	30 kW
Voltage	240 VDC

4.7 Perhitungan solar cell

Perhitungan ini diperlukan untuk mengetahui gambaran sistem jika hanya solar sell saja yang akan menyuplai daya ke beban peralatan bongkar muat. Oleh karena itu diperlukan data intensitas radiasi matahari yang menyinari daerah pulau bawean.

Intensitas radiasi matahari sangat dibutuhkan untuk mengetahui berapa kapasistas daya yang akan dihasilkan oleh

solar panel untuk mengisi baterai. Dikarenakan solar panel adalah alat penghasil listrik yang memiliki efisiensi dan besarnya listrik yang dihasilkan juga bergantung pada besarnya input yang diterima. Besarnya radiasi matahari yang akan mengenai permukaan solar panel terdiri dari tiga jenis radiasi, yakni : Intensitas radiasi matahari langsung, Intensitas radiasi matahari secara hamburan, dan Intensitas radiasi matahari secara pantulan. Ketiganya memiliki nilai yang berbeda. Besarnya ketiga nilai tersebut dan Intensitas radiasi matahari total ditentukan oleh perhitungan berikut :

$$I_{t0} = I_{DN} \cos \theta + I_{d0} + I_{r0}$$

dimana :

I_{t0} = intensitas matahari total

I_{DN} = Intensitas radiasi matahari langsung

I_d = Intensitas radiasi matahari secara hamburan

I_r = Intensitas radiasi matahari secara pantulan

a. Θ_{hor} (Sudut datang sinar matahari)

sudut datang sinar matahari adalah sudut antara sinar matahari yang mengenai permukaan solar panel dengan garis normal yang tegak lurus terhadap bidang solar panel

$$\theta_{hor} = \psi = \frac{\pi}{2} - \beta$$

dimana :

β = sudut deklinasi

= 72.327018

Θ_{hor} = sudut datang sinar matahari

= 17.672982

b. β (sudut ketinggian matahari)

sudut ketinggian matahari adalah sudut yang terbentuk antara sinar matahari dan bidang horisontal. Besarnya sudut ini dipengaruhi oleh faktor lokasi tempat (garis lintang), deklinasi, dan sudut jam matahari. Besarnya dapat dihitung dengan rumus di bawah ini :

$$\beta = \sin^{-1}(\cos l \cdot \cos h \cdot \cos d + \sin l \cdot \sin d)$$

dimana :

✓ l (posisi garis lintang)

menunjukkan posisi solar panel yang akan dipasang pada bagian bumi tertentu. Sudut ini bervariasi antara 00 untuk di daerah tepat katulistiwa -900 untuk daerah kutub.

$$l \text{ (lintang) musi} = 5.71$$

✓ d (deklinasi)

Deklinasi adalah sudut antara garis yang menghubungkan pusat bumi dan matahari dan proyeksi pada bidang ekuator. Deklinasi bervariasi sekitar dalam bentuk sinusoidal, dan pada hari tertentu deklinasi dapat dihitung kira-kira menggunakan persamaan berikut:

$$d = 23.47 \sin \frac{360(284 + N)}{365}$$

dimana :

$$N = \text{jumlah hari terhitung mulai 1 januari}$$

$$= 170$$

$$d = \text{sudut deklinasi}$$

$$= 23.428631$$

✓ h (sudut jam matahari)

Adalah sudut penyimpangan matahari di sebelah timur atau barat garis bujur lokal karena rotasi pada porosnya sebesar 15^0 per jam ; sebelum jam

12.00 negatif, setelah jam 12.00 positif. sudut ini sebesar 0° pada siang hari dan bervariasi dari 0° sampai 360° dalam satu rotasi.

Tabel 4.6 Sudut jam matahari pada pukul 08.00 WIB-17.00 WIB

jam	h
8:00	300
9:00	315
10:00	330
11:00	345
12:00	0
13:00	15
14:00	30
15:00	45
16:00	60
17:00	75

Maka besarnya sudut ketinggian matahari adalah 72.327

c. I_{DN} (Intensitas radiasi matahari secara langsung)

Adalah radiasi yang mencapai bumi tanpa perubahan arah atau radiasi yang diterima oleh bumi dalam arah sejajar sinar datang.

$$I_{DN} = A \cdot \exp\left(-\frac{B}{\sin \beta}\right)$$

dimana :

A = iradiasi matahari, berbeda pada tiap bulannya.

Diambil bulan juni

= 1069

B = koefisien pepadaman atmosfer

$$\begin{aligned}
 &= 0.21 \\
 I_{DN} &= \text{Intensitas radiasi matahari secara langsung} \\
 &= 857.51
 \end{aligned}$$

d. I_d (Intensitas radiasi matahari secara hamburan)

Adalah radiasi yang mengalami perubahan akibat penghamburan.

$$I_d = C \cdot I_{DN} \cdot F_{WS}$$

dimana :

$$\begin{aligned}
 C &= \text{konstanta keadaan awan} \\
 &= 0.134
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 F_{WS} &= \text{Faktor konfigurasi} \\
 &= 1
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 I_d &= \text{Intensitas radiasi matahari secara} \\
 &\quad \text{hamburan} \\
 &= 114.91
 \end{aligned}$$

e. F_{WS} (Faktor konfigurasi)

faktor konfigurasi adalah faktor pengurang dari radiasi hamburan yang bergantung pada sudut permukaan solar panel. Faktor ini hanya merupakan fungsi dari kemiringan permukaan.

$$F_{WS} = \frac{(1 + \cos \Sigma)}{2}$$

dimana :

$$\begin{aligned}
 \Sigma &= \text{sudut kemiringan dari permukaan solar panel} \\
 &= 0
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 F_{WS} &= \text{Faktor konfigurasi} \\
 &= 1
 \end{aligned}$$

- f. I_r (Intensitas radiasi matahari secara pantulan)
Adalah radiasi yang mengalami perubahan akibat pemantulan.

$$I_r = (I_{DN} + I_d) \rho_g F_{WG}$$

dimana :

I_{DN} = Intensitas radiasi matahari langsung

I_d = Intensitas radiasi matahari secara hamburan

ρ_g = faktor reflektivitas dari intensitas matahari akibat tanah, benda-benda di sekitar permukaan

$$= 0.5$$

F_{WG} = faktor pemandangan dari tanah/benda terhadap permukaan solar panel

$$= 0$$

$$I_r = 0$$

- g. F_{WG} (faktor pemandangan dari tanah/benda terhadap permukaan solar panel)

$$F_{WG} = \frac{(1 - \cos \Sigma)}{2}$$

Σ = sudut kemiringan dari permukaan solar panel

$$= 0$$

F_{WS} = faktor pemandangan dari tanah/benda terhadap permukaan solar panel

$$= 0$$

Maka intensitas radiasi total pada pukul 12.00 adalah 931.98 W/m^2

Tabel 4.7 Hasil perhitungan Intensitas Radiasi Total Matahari

jam	Θ	β	$\cos \Theta$	$\sin l$	$\sin d$	$\cos l$	$\cos d$
8:00	60,383	29,617	0,495	0,099	0,397	0,995	0,918
9:00	46,871	43,129	0,684	0,099	0,397	0,995	0,918
10:00	33,981	56,019	0,829	0,099	0,397	0,995	0,918
11:00	22,927	67,073	0,921	0,099	0,397	0,995	0,918
12:00	17,673	72,327	0,953	0,099	0,397	0,995	0,918
13:00	22,815	67,185	0,922	0,099	0,397	0,995	0,918
14:00	33,832	56,168	0,831	0,099	0,397	0,995	0,918
15:00	46,709	43,291	0,686	0,099	0,397	0,995	0,918
16:00	60,217	29,783	0,497	0,099	0,397	0,995	0,918
17:00	73,945	16,055	0,277	0,099	0,397	0,995	0,918

jam	h	$\cos h$	$\sin \beta$	I_{DN}	Σ	F_{WS}	I_d
8:00	300	0,50	0,49	698,79	0	1	93,64
9:00	315	0,71	0,68	786,17	0	1	105,35
10:00	330	0,86	0,83	829,77	0	1	111,19
11:00	345	0,97	0,92	851,00	0	1	114,03
12:00	0	1,00	0,95	857,51	0	1	114,91
13:00	15	0,97	0,92	851,16	0	1	114,06
14:00	30	0,87	0,83	830,14	0	1	111,24
15:00	45	0,71	0,69	786,90	0	1	105,44
16:00	60	0,50	0,50	700,30	0	1	93,84
17:00	75	0,26	0,28	500,09	0	1	67,01

*Tabel 4.8 Hasil perhitungan Intensitas Radiasi Total Matahari
(lanjutan)*

jam	F_{WG}	I_r	$I_{i\theta}$
8:00	0	0	439,30
9:00	0	0	643,05
10:00	0	0	799,39
11:00	0	0	897,87
12:00	0	0	931,99
13:00	0	0	898,68
14:00	0	0	800,95
15:00	0	0	645,27
16:00	0	0	442,01
17:00	0	0	205,64
rata -rata			670,41

Data hasil perhitungan intensitas radiasi total matahari di daerah Pulau Bawean diatas menunjukkan bahwa intensitas radiasi matahari rata -rata sebesar 670,41 W/m² dan intensitas maximal sebesar 931,99 W/m² . Berdasarkan hal tersebut maka dipilihlah solar cell dengan spesifikasi berikut :

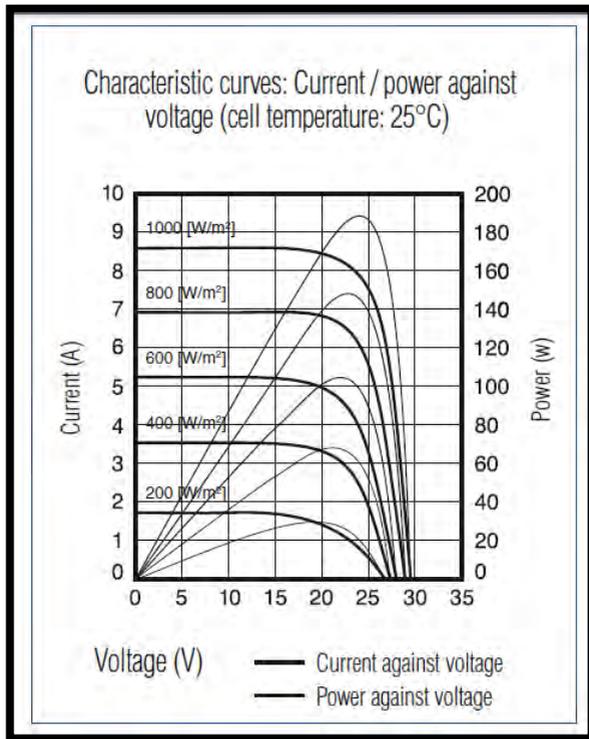


Gambar 4.7 Solar Cel [24]

Tabel 4.9 Spesifikasi solar cell [24]

Brand	SHARP
Model	NU-A188EY
Voltage ouput	24 V
Max. Power	188 Watt
Dimensions	1328 x 994 x 57,5 mm
Weight	16,5 kg

Setelah memilih solar cell maka perlu diketahui daya output rata – rata tiap panel solar cell. Arus yang dihasilkan solar panel didapatkan dari data spesifikasi solar panel. Gambar di bawah ini menunjukkan hubungan Intensitas radiasi matahari total dengan nilai arus yang dihasilkan.



Gambar 4.8 Kurva karakteristik Voltase-Daya pada intensitas radiasi matahari tertentu [24]

Sebelumnya telah diketahui voltage dari solar cell yaitu sebesar 24 V dan intensitas rata – rata sebesar 670,41 W/m². Maka dari kurva tersebut dapat diketahui arus yang dihasilkan solar cell berkisar 5,7 A.

Daya output rata – rata tiap panel solar cell sebesar :

$$\begin{aligned} P &= \text{Voltage} \times \text{Arus} \\ &= 24 \text{ V} \times 5,7 \text{ A} \\ &= 136,8 \text{ W} \end{aligned}$$

Untuk mengetahui kapasitas solar cell dalam mengisi baterai yang diasumsikan melakukan pengisian selama minimal 8 jam tiap hari maka

$$\begin{aligned} \text{kapasitas tiap solar cell} &= 136,8 \text{ W} \times 8 \text{ jam} \\ &= 1094,4 \text{ Wh} \end{aligned}$$

Tegangan dari solar cell harus sesuai dengan tegangan dari charger controller solar cell yaitu 240 V. Jadi untuk bisa mendapatkan tegangan yang sesuai maka harus ada 10 solar cell yang terhubung secara seri. Dan berikut adalah daya dan kapasitas dari 10 solar cell yang dirangkai secara seri

$$\begin{aligned} P &= 240 \text{ V} \times 5,7 \text{ A} \\ &= 1368 \text{ W} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{kapasitas seri solar cell} &= 1368 \times 8 \text{ jam} \\ &= 10944 \text{ Wh} \end{aligned}$$

Berikut adalah perhitungan jumlah solar cell yang dibutuhkan untuk memenuhi kebutuhan mengisi baterai sebanyak 20 buah dengan kapasitas sebesar 168 kWh

$$\begin{aligned} \text{jumlah parallel solar cell} &= \frac{168 \text{ kWh}}{10944 \text{ Wh}} \\ &= 15,3 \approx 16 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{jumlah total solar cell} &= 10 \text{ solar cell} \times 16 \text{ parallel} \\ &= 160 \text{ buah} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{luas total solar cell} &= 160 \times p \times l \\ &= 160 \times 1328 \text{ mm} \times 994 \text{ mm} \\ &= 211205120 \text{ mm}^2 \\ &\text{atau sekitar } 210 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Jadi jika beban hanya di suplai oleh solar cell maka solar cell yang dibutuhkan adalah sebanyak 160 buah

4.8 Perhitungan Turbin Angin

Perhitungan ini diperlukan untuk mengetahui gambaran sistem jika hanya turbin angin saja yang akan menyuplai daya ke beban peralatan bongkar muat. Oleh karena itu diperlukan data kecepatan angin yang terjadi di daerah pulau bawean dalam kurun waktu satu tahun terakhir.

Data kecepatan angin dari bmkg untuk pulau bawean dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 4.10 Data kecepatan angin 1

BULAN	KECEPATAN ANGIN (m/s)		
	min	max	rata - rata
JANUARI	4	11,2	7,3
FEBRUARI	4	9,7	7
MARET	3,8	8,8	6
APRIL	3,9	8,7	6,1
MEI	3,5	8,4	5,5
JUNI	3,8	8	6
JULI	3,7	8,7	6,3
AGUSTUS	4,5	12	8,1
SEPTEMBER	4,6	11,5	7,8
OKTOBER	4,3	10,1	7
NOVEMBER	4	8,9	6,5
DESEMBER	4	11,4	8,2
rata - rata	4,0	9,9	6,8

Stasiun Meteorologi Klas I Juanda Surabaya(BMKG Jatim)

Tabel 4.11 Data kecepatan angin 2

data kecepatan angin (m/s)											
tgl/jam	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	5,0	5,1	5,3	5,4	5,6	5,8	6,0	6,2	6,1	6,0	5,9
2	6,6	6,9	7,2	7,4	7,7	7,9	8,2	8,5	8,0	7,6	7,1
3	4,6	4,8	5,0	5,2	5,3	5,5	5,7	5,9	5,8	5,6	5,5
4	4,9	5,0	5,0	5,1	5,1	5,2	5,3	5,3	5,4	5,5	5,6
5	6,2	6,3	6,3	6,3	6,3	6,3	6,3	6,3	6,2	6,2	6,1
6	5,6	5,7	5,7	5,7	5,7	5,7	5,7	5,7	5,8	5,8	5,8
7	7,2	7,4	7,6	7,9	8,1	8,3	8,6	8,8	8,7	8,7	8,6
8	7,8	7,4	7,8	7,8	7,8	7,9	7,9	7,9	7,9	7,9	7,9
9	8,4	8,4	8,6	8,7	8,8	8,9	9,0	9,2	9,4	9,5	9,7
10	10,3	10,1	9,9	9,7	9,5	9,2	9,1	8,9	8,9	8,9	8,9
11	9,4	9,5	9,6	9,8	9,9	10,1	10,2	10,4	10,3	10,3	10,3
12	9,9	9,9	9,8	9,8	9,8	9,7	9,7	9,6	9,8	9,9	10,0
13	9,5	9,3	9,0	8,7	8,5	8,2	7,9	7,7	7,8	7,9	8,0
14	9,3	9,4	9,5	9,6	9,7	9,8	9,9	10,0	10,0	10,0	10,1
15	10,2	10,2	10,2	10,2	10,2	10,2	10,2	10,2	10,2	10,3	10,3
16	10,7	10,7	10,7	10,7	10,7	10,6	10,6	10,6	10,3	10,1	10,0
17	9,3	9,5	9,6	9,8	9,0	10,0	10,2	10,3	10,2	10,1	10,1
18	9,4	9,4	9,4	9,4	9,5	9,5	9,5	9,5	9,6	9,6	9,6
19	9,2	9,0	8,8	8,6	8,5	8,3	8,1	8,0	8,1	8,2	8,3
rata - rata	8,1	8,1	8,2	8,2	8,2	8,3	8,3	8,4	8,3	8,3	8,3

tanggal 1 - 19 desember 2013													
11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	rata-rata
5,8	5,7	5,7	5,6	5,6	5,5	5,5	5,4	5,4	5,7	5,9	6,1	6,4	5,7
6,7	6,3	5,9	5,5	5,1	4,8	4,5	4,2	3,9	4,0	4,2	4,3	4,5	6,1
5,4	5,2	5,2	5,0	4,9	4,8	4,7	2,7	4,6	4,6	4,7	4,8	4,8	5,0
5,6	5,7	5,8	5,8	5,9	6,0	6,0	6,1	6,2	6,2	6,2	6,2	6,2	5,6
6,1	6,0	5,9	5,9	5,8	5,8	5,7	5,7	5,6	5,6	5,6	5,6	5,6	6,0
5,8	5,9	5,9	5,9	5,9	6,0	6,0	6,0	6,0	6,3	6,5	6,7	7,0	6,0
8,5	8,4	8,3	8,2	8,2	8,1	8,0	7,9	7,8	7,8	7,8	7,8	7,8	8,1
7,9	7,9	7,9	7,9	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,1	8,2	8,3	8,3	7,9
9,9	10,1	10,3	10,5	10,7	10,9	11,1	11,3	11,4	11,2	11,0	10,7	10,5	9,9
8,9	8,9	8,9	8,9	8,9	8,9	9,0	9,0	9,1	9,1	9,1	9,2	9,3	9,2
10,3	10,3	10,2	10,2	10,2	10,2	10,2	10,2	10,1	10,1	10,0	10,0	9,9	10,1
10,1	10,2	10,3	10,4	10,5	10,6	10,7	10,8	10,9	10,6	10,4	10,1	9,8	10,1
8,1	8,1	8,2	8,3	8,4	8,6	8,7	8,8	8,9	8,9	9,1	9,1	9,2	8,5
10,1	10,1	10,1	10,1	10,1	10,2	10,2	10,2	10,2	10,2	10,2	10,2	10,2	10,0
10,4	10,4	10,5	10,5	10,6	10,7	10,7	10,8	10,9	10,8	10,8	10,8	10,8	10,5
9,8	9,6	9,5	9,3	9,1	9,0	8,8	8,7	8,7	8,8	8,9	9,1	9,1	9,8
10,0	9,9	9,8	9,7	9,6	9,5	9,5	9,4	9,3	9,3	9,3	9,3	9,4	9,7
9,7	9,7	9,7	9,8	9,8	9,9	9,9	10,0	10,0	9,8	9,7	9,5	9,3	9,6
8,4	8,6	8,7	8,8	8,9	9,1	9,2	9,3	9,5	9,2	9,0	8,8	8,6	8,7
8,3	8,3	8,3	8,2	8,2	8,2	8,2	8,1	8,2	8,2	8,2	8,2	8,2	8,2

Berdasarkan data tersebut maka dapat diperkirakan bahwa kecepatan angin rata – rata yang terjadi di Pulau Bawean berkisar 3 – 8 m/s. Dan sesuai dengan kecepatan angin rata – rata tersebut maka dipilihlah turbin angin dengan spesifikasi sebagai berikut :



Gambar 4.9 Turbin angin [25]

Dari spesifikasi turbin angin diatas maka didapatkan daya output dari turbin angin sebesar 10kW. Diasumsikan turbin angin mampu mengisi penuh seluruh baterai dalam waktu 24 jam.

Maka perhitungan daya charger controller turbin angin sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \text{daya charger controller} &= \frac{P_{\text{charger controller}}}{24 \text{ h}} \\ &= \frac{168 \text{ kWh}}{24 \text{ h}} \\ &= 7 \text{ kW} \end{aligned}$$

Untuk mengetahui spesifikasi dari charger turbin angin dapat diperoleh dengan menggunakan perhitungan efisiensi charger controller turbin angin. Perhitungan efisiensi charger controller turbin angin memerlukan daya output charger controller turbin angin untuk mengetahui daya input charger controller turbin angin. Besaran daya output charger controller turbin angin sebesar 7 kW. Dan efisiensi dari charger controller turbin angin itu sendiri juga diasumsikan sebesar 80 % dengan mempertimbangkan rugi - rugi. Berikut adalah perhitungan efisiensi dari charger controller turbin angin.

$$\begin{aligned} \eta &= \frac{P_{\text{out}}}{P_{\text{in}}} \\ 80\% &= \frac{7 \text{ kW}}{P_{\text{in}}} \\ P_{\text{in}} &= 8,75 \text{ kW} \approx 9 \text{ kW} \end{aligned}$$

Berdasarkan perhitungan diatas maka dipilihlah spesifikasi charger controller turbin angin sebagai berikut.



Gambar 4.10 Charger controller wind turbin [26]

Tabel 4.12 Spesifikasi charger controller wind turbin [26]

Brand	Greentechy
Model	GWS10KW-240V
Power	30 kW
Voltage	240 V

Berdasarkan spesifikasi data charger controller turbin angin diatas maka dapat diketahui bahwa daya input charger controller turbin angin sebesar 10 kW. Daya tersebut dapat diasumsikan sebagai daya input turbin angin. Dan efisiensi dari turbin angin diasumsikan sebesar 30% karena kecepatan angin di pulau bawean berkisar antar 3-6 m/s. Berikut adalah perhitungan efisiensi dari turbin angin.

$$\eta = \frac{P_{out}}{10 \text{ kW}}$$
$$30\% = \frac{P_{out}}{10 \text{ kW}}$$
$$P_{out} = 3 \text{ kW}$$

Dari daya output turbin angin sebesar 3 kW maka dapat diketahui jumlah turbin angin yang akan digunakan. Berikut adalah perhitungan kebutuhan turbin angin

$$\text{kebutuhan turbin angin} = \frac{10 \text{ kW}}{3 \text{ kW}}$$
$$= 3,333 \approx 4$$

Jadi kebutuhan turbin angin untuk sistem tenaga listrik hybrid jika hanya menggunakan turbin angin adalah sebanyak 4 buah dengan tinggi tiang turbin angin setinggi 20 meter.

4.9 Perhitungan Sistem Hybrid

Perhitungan ini diperlukan untuk mengetahui gambaran sistem hybrid jika menggunakan solar cell dan turbin angin dengan perbandingan 50 : 50. Dalam perhitungan sistem tenaga listrik solar cell dibutuhkan panel sel surya sebanyak 160 buah. Dan dalam perhitungan sistem tenaga listrik turbin angin dibutuhkan 4 buah turbin angin.

Maka sistem tenaga listrik hybrid untuk mengoperasikan peralatan bongkar muat selama 3 jam dibutuhkan panel sel surya sebanyak 80 buah untuk mengisi 20 baterai dalam waktu 8 jam dan dibutuhkan 2 buah turbin angin untuk mengisi 20 baterai dalam waktu 1 hari.

Hal ini perlu di perhitungan untuk menghindari hal hal yang tidak diinginkan seperti terjadi kerusakan / kejanggalan pada panel sel surya maupun turbin angin.

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Setelah dilakukan analisa dan pembahasan mengenai tugas akhir dengan judul “Perencanaan sistem tenaga listrik hybrid untuk menyuplai beban peralatan bongkar muat di Pelabuhan Bawean didapatkan beberapa kesimpulan yang tersaji dalam poin – poin berikut :

1. Berdasarkan hasil survey dan pengamatan di pelabuhan bawean, maka dipilihlah peralatan bongkar muat dengan model HGQ series mini Fixed Crane dengan daya 24 kW
2. Untuk sistem tenaga listrik hybrid jika hanya menggunakan solar cell maka dibutuhkan solar cell sebanyak 160 buah dengan merk SHARP type NU-A188EY dengan daya 188 W dan dimensi 1328 x 994 x 57,5 mm dan berat 16,5 kg.
3. Untuk sistem tenaga listrik hybrid jika hanya menggunakan turbin angin maka dibutuhkan turbin angin sebanyak 4 buah dengan daya output masing – masing 3 kW
4. Untuk sistem tenaga listrik hybrid jika menggunakan solar cell dan turbin angin dengan perbandingan 50 : 50 maka dibutuhkan solar cell sebanyak 80 buah dan turbin angin sebanyak 2 buah.
5. Dalam tugas akhir ini juga dapat disimpulkan bahwa sistem tenaga listrik hybrid dari solar cell dan turbin angin dapat diaplikasikan secara luas baik untuk beban dengan supply tegangan 1 phase maupun 3 phase.
6. Dalam tugas akhir ini juga dapat disimpulkan bahwa sistem tenaga listrik hybrid ini mempunyai kelemahan yakni sangat tergantung dengan keadaan cuaca disekitarnya.

5.2 Saran

Berikut ini beberapa saran dan masukan agar nanti saat ada pengerjaan tugas sejenis bisa menghasilkan hasil yang maksimal:

1. Untuk pengerjaan yang lebih baik perlu adanya uji kelayakan dan analisa dari segi ekonomis agar dapat memperkirakan biaya pembuatan sistem tenaga listrik hybrid ini.
2. Untuk pengerjaan yang lebih baik perlu adanya pembuatan layout dari rancangan sistem tenaga listrik hybrid ini
3. Penggunaan sistem hybrid dengan energi terbarukan lainnya agar bisa menutupi kelemahan sistem ini.

LAMPIRAN

1. Spesifikasi Crane
2. Spesifikasi Phase Converter
3. Spesifikasi Inverter
4. Spesifikasi Baterai
5. Spesifikasi Solar Cell
6. Spesifikasi Charger Controller Solar Cell
7. Spesifikasi Wind Turbin
8. Spesifikasi Charger Controller Wind Turbin

Spesifikasi Crane

Product Details

Key Specification



HGQ Fixed crane		HGQ5-14	HGQ8-14	HGQ10-14	HGQ10-18	HGQ16-12	HGQ25-12	HGQ50-25
Rated Lifting Weight (t)		5	8	10	10	16	25	50
Working radius (m)		5.5-12.5	5.5-12.5	5.5-12.5	7-16	4.5-10.5	4.5-10.5	6-25
Lifting height (m)	Above base surface	8	8	8	12	7	7	15
	Below base surface	6	6	6	6	6	6	6
Lifting speed (m/min)	Hook	12	12	12	15	10	8	8
	Grab	36	36	36	45	40	32	48
Luffing speed (m/min)		5	5	5	5	4	4	4
Rotational speed (r/min)		1.5	1.5	1.5	1.5	1.2	1.1	1.0
Installed capacity (KW)	Hook	24	31.5	40.5	56	63	74	97
	Grab	35	46.5	55.5	78	85	96	142

Spesifikasi Phase Converter

AC44

Rotary Phase Converter Data Sheet

TRU-WAVE™



TRU-WAVE™ Phase Converter Specifications – Model AC44

1-phase input voltage	230v/400v/460 (max deviation ±10%)
1-phase input frequency	50/60Hz
3-phase output voltage	= Input voltage + 5% on T2 (non-loaded)
3-phase output frequency	same as input
3-phase output voltage tolerance	± 5%
3-phase output phase angle	120°
Temperature rating	40° C Ambient
Ambient humidity	<95% (non-condensing)
Maximum altitude (de-rate .004% for each foot above 3300ft)	3300 ft above sea level
Enclosure	NEMA 1 use kit p/n ACR5 for 3R rating
Recommended for All General Electrical Loads	YES
Recommended for All CNC and Electronic Loads	YES
Required RVI Mounting Isolator	RV1524
Recommended Magnetic Starter	MAG44

	230v (60 Hz only)	400v (50 Hz only)	460v (60 Hz only)
Output Configuration	DELTA	DELTA	DELTA
CNC & ELECTRONIC LOADS			
Continuous kW output		22.3 kW	
Continuous 3-phase Amp output	70 A	40 A	35 A
RESISTIVE ELECTRICAL LOADS			
Continuous kW output		33 kW	
Continuous 3-phase Amp output	105 A	60 A	53 A
INDUCTIVE ELECTRICAL LOADS			
Continuous kW output		29 kW	
Continuous 3-phase Amp output	91 A	52 A	46 A
MOTOR LOADS			
Maximum Easy run or start HP		40 HP	
Maximum Medium run or start HP		30 HP	
Maximum Hard run or start HP		20 HP	
Maximum group load HP		45 HP	
RLA 1-phase input	calculated based on three phase load x 1.732		
Approx. 1-phase idle amps	16	9	8
MCA 1-phase	121 A	70 A	61 A
Min 1-phase fuse	125 A	70 A	70 A
MOP 1-phase	180 A	100 A	90 A
Recommended 1-phase wire size *(1)	2/0	3 AWG	4 AWG
Recommended 3-phase wire size *(1)	Based on load requirement		
Electrical connection wire range	2 connections per lug, 6 AWG -350kCMIL, including ground		

Spesifikasi Inverter

JUPITER SERIES DC-AC INVERTERS

SPECIFICATIONS FOR JUPITER 240 VDC
SINGLE & 3-PHASE INVERTER SERIES

STANDARD PRODUCT LISTING - 240 VDC



50 HZ. MODELS	OUTPUT VAC	OUTPUT FREQ.	CONTINUOUS OUTPUT POWER	WEIGHT	SIZE (H"x W"x L")
J10K50- 240(220)	220	50Hz	10 KVA/ 8 KW	638Lbs.	63 x 22 x 31.5
J20K50- 240(220)	220	50Hz	20 KVA/ 16 KW	770Lbs.	63 x 22 x 31.5
J30K50- 240(220)	220	50Hz	30 KVA/ 24 KW	990Lbs.	63 x 22 x 31.5
J40K50- 240(220)	220	50Hz	40 KVA/ 32 KW	1210Lbs.	63 x 22 x 31.5
J50K50- 240(220)	220	50Hz	50 KVA/ 40 KW	1650Lbs.	63 x 43.5 x 31.5
J60K50- 240 (220)	220	50Hz	60 KVA/ 48 KW	1870Lbs.	63 x 43.5 x 31.5
J80K50- 240(220)	220	50Hz	80 KVA/ 64 KW	2090Lbs.	63 x 43.5 x 31.5
J100K50- 240(220)	220	50Hz	100 KVA/ 80 KW	2420Lbs.	63 x 43.5 x 31.5
J120K50- 240(220)	220	50Hz	120 KVA/ 96 KW	3300Lbs.	63 x 87 x 31.5
J160K50- 240(220)	220	50Hz	160KVA/ 128 KW	3960Lbs.	63 x 87 x 31.5
J200K50- 240(220)	220	50Hz	200 KVA/ 160 KW	4840Lbs.	63 x 87 x 31.5

Spesifikasi Baterai



ION Power Battery Pack	Art. Nr.	40290208	40290201	40290202	40290203	40290204	40290205
Specifications							
Nominal capacity		90Ah	100Ah	160Ah	200Ah	400Ah	700Ah
Nominal voltage		12.8 V DC	12.8 V DC	12.8 V DC	12.8 V DC	12.8 V DC	12.8 V DC
Nominal power		1.2 kWh	1.3 kWh	2.0 kWh	2.6 kWh	5.1 kWh	9.0 kWh
Weight*		12.0 Kg	14.0 Kg	22.4 Kg	29.2 Kg	54.0 Kg	84.0 Kg
Battery configuration		one stack of 4 cells	one stack of 4 cells	one stack of 4 cells	one stack of 4 cells	one stack of 4 cells	one stack of 4 cells
Series configuration		Yes up to 90 cells in stack					
Parallel configuration		Allowed, only with active and passive cell balancing, contact WhisperPower for details.					
Battery Management System (BMS)		Recommended WhisperPower Battery Management System for monitoring and protection.					
Charge/discharge parameters							
Recommended charge voltage		14.4 V DC	14.4 V DC	14.4 V DC	14.4 V DC	14.4 V DC	14.4 V DC
Operation voltage charge voltage		12.8 V DC	12.8 V DC	12.8 V DC	12.8 V DC	12.8 V DC	12.8 V DC
Discharge cut-off voltage		11.2 V DC	11.2 V DC	11.2 V DC	11.2 V DC	11.2 V DC	11.2 V DC
Recommended charge/discharge current 0.5C		35 A	50 A	80 A	100 A	200 A	350 A
Max. charge/discharge current 1C		90 A	100 A	160 A	200 A	400 A	700 A
Rated capacity @ 25°C							
20 hrs discharge		100% - 90Ah	100% - 100Ah	100% - 160Ah	100% - 200Ah	100% - 400Ah	100% - 700Ah
10 hrs discharge		100% - 90Ah	100% - 100Ah	100% - 160Ah	100% - 200Ah	100% - 400Ah	100% - 700Ah
5 hrs discharge		100% - 90Ah	100% - 100Ah	100% - 160Ah	100% - 200Ah	100% - 400Ah	100% - 700Ah
1 hrs discharge		100% - 90Ah	100% - 100Ah	100% - 160Ah	100% - 200Ah	100% - 400Ah	100% - 700Ah
0.5 hrs discharge		80% - 72Ah	80% - 80Ah	80% - 128Ah	80% - 160Ah	80% - 320Ah	80% - 560Ah
Temperature variation		0.25% CA @ -1°C capacity deviation					

Solar Cell



ELECTRICAL CHARACTERISTICS

Cell	48 Monocrystalline (156.5mm) ² Sharp silicon solar cells
No. of Cells and Connections	48 in series
Open Circuit Voltage (Voc)	29.6V
Maximum Power Voltage (Vpm)	24V
Short Circuit Current (Isc)	8.60A
Maximum Power Current (Ipm)	7.84A
Maximum Power (Pm) ¹	Min. 179W Typical 188W
Encapsulated Solar Cell Efficiency (ηc)	15.99%
Module Efficiency (ηm)	14.24%
Maximum System Voltage	DC 800V
Series Fuse Rating	15A
Type of Output Terminal	Lead Wire with MC Connector

Specifications are subject to change without notice
¹ (STC) Standard Test Conditions: 25°C, 1 kW/m², AM 1.5

Spesifikasi Charger Controller Solar Cell



GREENTECHY (CHINA) INDUSTRIAL CO.,LTD.

30kW MPPT Solar Charge Controller

Item No.	GTPM30KW-220V	GTPM30KW-240V
Rated Solar Power (W)		30kW
Rated Battery Voltage (V)	220V	240V
Rated Charge Current(A)	140A	125A
Floating Voltage(V)	252V	280V
Over Voltage Shutoff (V)	259.2V	288V
Over Voltage Recovery(V)	257.2V	286V
Control Mode	MPPT	
Display Mode	LCD	
Display Parameters	PV power , PV voltage , PV current , battery voltage , battery power ,charge current	
Cooling	By fan	
Range Of Working Temperature	-20~+55°C (no condensing)	
Range Of Working Humidity	35~90% (no condensing)	
Protection Type	Solar reverse charge protection, Solar reverse connection protection, Battery reverse connection protection, Battery overcharge protection, Battery over current protection ,TVS Lightning protection etc	

Spesifikasi Wind Turbin



10KW Wind Turbine

Power	10000W
Type of generator	Permanent-magnet -3phase A.C.
Blade diameter	8.0m
Blade Material	FRP (Fiber glass reinforced*3)
rated rotor speed	200r/min
rated speed	10m/s
rated Power	10000W
max Power	15000w
output voltage	DC380V/AC220V/50HZ
start up wind speed	3(m/s)
work speed	3-20(m/s)
security wind speed	40(m/s)
Rate-limiting mode	Hydraulic brakes, PLC control
Dogvane	Measurement of wind turbine angle against wind
Anemoscope	Testing real-time wind speed and then transfer the signal to controller
height of guy cable tower	12m(159*5)Galvanized seamless steel pipe surface, then spray antiseptic white paint.
top quality except tower	600kg
Total weight(kg)	1463kg
output controller system	Controller , Inverter
Suggested batteries and it's capacity	12V 150AH 30psc (30PCS 12V150AH)
can supply power for	Small Village, air-condition, refrigerator, washing machine , water pump ,electric pan, color TV, lighter, fanner, charger

Spesifikasi Charger Controller Wind Turbin



GREENTECHY (CHINA) INDUSTRIAL CO.,LTD.

10kW Wind/Solar Hybrid Controller(Boost&Buck)

Item No.	GWS10KW-120V	GWS10KW-220V	GWS10KW-240V
Rated Wind Power(W)		10kW	
Maximum Wind Power(W)		15kW	
Rated Solar Charge Current (A)		10A	
Rated Battery Voltage(V)	120V	220V	240V
Floating Voltage(V)	140V	252V	280V
Over Voltage Shutoff(V)	144V	259.2V	288V
Over Voltage Recovery(V)	142V	257.2V	286V
Control Mode		PWM	
Display Mode		LCD	
Display Parameters	wind power , wind voltage , wind current , wind turbine speed ,PV power , PV voltage , PV current , battery voltage , battery power ,charge current		
Cooling	By fan		
Range Of Working Temperature	-20~+55℃ (no condensing)		
Range Of Working Humidity	35~90% (no condensing)		
Protection Type	Solar reverse charge protection, Solar reverse connection protection, Battery overcharge protection, Battery over current protection, Battery reverse connection protection, Open battery protection, Wind turbine automatic brake and manual brake, TVS Lightning protection etc		

BIODATA PENULIS



Penulis dilahirkan di Madiun pada tanggal 30 Agustus 1990 dan merupakan anak pertama dari 2 bersaudara. Berasal dari keluarga sederhana dengan ayah bernama Kuswandi dan ibu Kanti Lestari. Penulis menempuh pendidikan formal di MI Islamiyah Rejomulyo Madiun (lulus tahun 2002), SMPN 3 Madiun (lulus tahun 2005), SMKN 5 Surabaya di Jurusan Listrik Industri (lulus tahun 2009), dan terdaftar sebagai mahasiswa dengan NRP 4209100104 di Jurusan Teknik Sistem Perkapalan,

Fakultas Teknologi Kelautan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember melalui jalur SNMPTN pada tahun 2009. Di tahun pertama kuliah, penulis mempunyai kegiatan lain selain kuliah yaitu bekerja di bidang jasa air conditioner. Di tahun kedua dan ketiga, penulis juga turut berpartisipasi aktif di berbagai kegiatan organisasi HIMASISKAL. Dan mulai tahun keempat, penulis menjadi member dan asisten praktikum di laboratorium MEAS. Berbagai pelatihan dan seminar juga sering diikuti penulis guna menambah wawasan dan ilmu pengetahuan.