



TUGAS AKHIR - ME184834

**DESAIN SISTEM KONTROL PASOKAN DAYA PANEL SURYA-GENERATOR
BERBASIS LOGIKA FUZZY PADA KAPAL FERRY MV. AQUILLA**

Dewi Purwaningrum
NRP 0421154000009

Dosen Pembimbing
Juniarko Prananda, S.T, M.T.
Achmad Baidowi, S.T., M.T.

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

“Halaman Ini Sengaja Dikosongkan”



TUGAS AKHIR - ME184834

**DESAIN SISTEM KONTROL PASOKAN DAYA PANEL-SURYA
GENERATOR BERBASIS LOGIKA FUZZY PADA KAPAL FERRY MV.
AQUILLA**

Dewi Purwaningrum
NRP. 0421154000009

Dosen Pembimbing
Juniarko Prananda, S.T., M.T.
Achmad Baidowi, S.T., M.T.

DEPARTEMEN TEKNIK SISTEM PERKAPALAN
Fakultas Teknologi Kelautan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya
2019

“Halaman Ini Sengaja Dikosongkan”



FINAL PROJECT - ME184834

**PHOTOVOLTAIC-GENERATOR POWER SUPPLY CONTROL
SYSTEM DESIGN BASED ON FUZZY LOGIC CONTROL**

Dewi Purwaningrum
NRP. 0421154000009

Supervisors:
Juniarko Prananda, S.T., M.T.
Achmad Baidowi, S.T., M.T.

MARINE ENGINEERING DEPARTMENT
Faculty of Marine Technology
Institute of Technology Sepuluh Nopember
Surabaya
2019

“Halaman Ini Sengaja Dikosongkan”

LEMBAR PENGESAHAN

**DESAIN SISTEM KONTROL PASOKAN DAYA PANEL-SURYA
GENERATOR BERBASIS LOGIKA FUZZY PADA KAPAL FERRY MV.
AQUILLA**

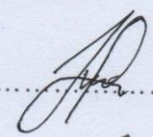
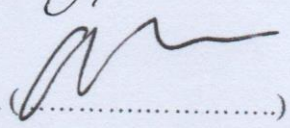
Diajukan untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
Pada
Bidang Studi Marine Elctrical and Automation System (MEAS)
Program Studi S-1 Departemen Teknik Sistem Perkapalan
Fakultas Teknologi Kelautan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :
Dewi Purwaningrum
NRP. 0421154000009

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir :

Juniarko Prananda S.T. M.T.
NIP. 1990 0605 2015 04 1001

Achmad Baidowi, S.T., M.T.
NIP.

(.....)

(.....)


SURABAYA
Juli 2019

“Halaman Ini Sengaja Dikosongkan”

LEMBAR PENGESAHAN

**DESAIN SISTEM KONTROL PANEL SURYA-GENERATOR BERBASIS
LOGIKA FUZZY PADA KAPAL FERRY**

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 :

Dewi Purwaningrum

NRP. 0421154000009

Disetujui oleh Kepala Departemen Teknik Sistem Perkapalan :



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

NIP. 197708022008011007

“Halaman Ini Sengaja Dikosongkan”

Desain Sistem Kontrol Pasokan Daya Panel-Surya Generator Berbasis Logika Fuzzy Pada Kapal Ferry Mv. Aquilla

Nama Mahasiswa : Dewi Purwaningrum
NRP : 0421154000009
Dosen Pembimbing I : Juniarko Prananda S.T. M.T.
Dosen Pembimbing II : Achmad Baidowi S.T. M.T.

ABSTRAK

Kebutuhan akan sumber energi terbarukan semakin hari semakin meningkat. Namun, ketersediaan bahan bakar fosil semakin hari semakin menipis dan harganya terus meningkat. Oleh karena itu, kapal MV. Aquilla menggunakan dua buah sumber energi listrik, yakni energi yang bersumber dari bahan bakar fosil dan energi matahari. Kedua jenis energi ini digunakan berdampingan. Sumber energi listrik yang menggunakan bahan bakar fosil difungsikan untuk bahan bakar generator, sedangkan sumber energi matahari dikonversikan menjadi energi listrik menggunakan panel surya. Sistem pembebanan listrik di kapal merupakan beban dengan kecenderungan dapat berubah tergantung oleh jumlah peralatan atau *equipment* yang sedang dijalankan. Hal tersebut menyebabkan supply daya dari panel surya susah untuk dioptimalkan. Logika fuzzy merupakan logika yang digunakan sebagai sebuah sistem kontrol yang membantu sebuah proses otomasi. Namun, penggunaan logika fuzzy untuk sistem kontrol generator-panel surya belum diketahui pengaruhnya. Oleh sebab itu, diperlukan analisa lebih lanjut menggunakan metode simulasi pada *software* Matlab. Berdasarkan hasil simulasi didapatkan beberapa data diantaranya adalah daya yang dihasilkan oleh panel surya, beban listrik pada kapal yang dipasang panel surya tanpa sistem kontrol fuzzy, beban listrik pada kapal yang dipasang panel surya dengan sistem kontrol fuzzy dan penghematan konsumsi bahan bakar akibat penggunaan panel surya dan sistem kontrol fuzzy. Daya listrik rata-rata yang dihasilkan oleh panel surya yang terpasang di kapal adalah 2180,93 Watt. Beban listrik rata-rata pada kapal yang dipasang panel surya tetapi tidak menggunakan sistem kontrol fuzzy adalah sebesar 10779,46 Watt. Beban listrik rata-rata pada kapal yang dipasang panel surya dan menggunakan sistem kontrol fuzzy adalah sebesar 10153,97 Watt. Penghematan konsumsi bahan bakar terbesar diperoleh pada kapal yang dipasang panel surya dengan menggunakan sistem kontrol fuzzy, yakni sebesar 10%.

Kata kunci: beban listrik, daya, kapal, logika fuzzy, panel surya, sistem kontrol.

“Halaman Ini Sengaja Dikosongkan”

PHOTOVOLTAIC-GENERATOR POWER SUPPLY CONTROL SYSTEM DESIGN BASED ON FUZZY LOGIC CONTROL

Student Name : Dewi Purwaningrum
NRP : 0421154000009
Supervisor I : Juniarko Prananda S.T. M.T.
Supervisor II : Ahmad Baidowi S.T. M.T.

ABSTRACT

The need for renewable energy sources is increasing daily. However, the availability of fossil fuel is running out but the price continues to increase. Therefore, MV. Aquilla uses two sources of electrical energy, energy sourced from fossil fuels and solar energy. Both types of energy are used side by side. Electric energy sources that use fossil fuel are used to fuel generators, while solar energy sources are converted into electrical energy using solar panels. The electric load system on the ship is load with a tendency to change depending on the number of equipment being used. This causes the power supply from solar panels difficult to optimize. Fuzzy logic is a logic that is used as a control system that helps an automation process. However, effect of fuzzy logic usage for solar panel-generator control systems has not been known. Therefore, further analysis is needed using the simulation method in the Matlab software. Based on the simulation results obtained some data including the power produced by solar panels, electrical load of solar panels installed ship without a fuzzy control system, the electrical load of solar panels installed ship with fuzzy control systems and saving fuel consumption due to the use of solar panels and fuzzy control system. The average electric power produced by solar panels installed on the ship is 2180.93 Watts. The average electrical load on a ship mounted by solar panels but not using a fuzzy control system is 10779.46 Watts. The average electrical load on ships installed by solar panels and using a fuzzy control system is 10153.97 Watts. The biggest savings in fuel consumption were obtained on ships installed by solar panels using a fuzzy control system, which is 10%.

Keyword: control system, electrical load, fuzzy logic, power, ships, solar panel.

“Halaman Ini Sengaja Dikosongkan”

KATA PENGANTAR

Bismillahirrohmanirrohim. Puji syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat, taufik, serta hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir dengan tepat waktu. Penulis tidak pernah berhenti untuk bersyukur dan berterimakasih atas segala Nikmat yang diberikan oleh Allah SWT.

Pada kesempatan kali ini, penulis ingin menyampaikan ucapan terimakasih kepada semua pihak yang telah mendukung, mengarahkan, membimbing, membantu, dan memberikan semangat kepada penulis, antara lain kepada :

1. Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan karuniaNya kepada penulis , sehingga apat menyelesaikan buku Tugas Akhir ini dengan tepat waktu.
2. Ibu Supatmi dan Bapak Mujiono yang selalu mendukung dan mendoakan penulis. Dan seluruh keluarga besar penulis yang selalu mendukung penulis.
3. Bapak Juniarko Prananda dan Bapak Achmad Baidowi selaku dosen pembimbing penulis yang selalu sabar dan telah meluangkan waktu dan pikiran untuk membimbing penulis untuk menuju hasil yang terbaik dan memuaskan dalam menyelesaikan buku Tugas Akhir ini.
4. Bapak Dhimas Widhi Handani selaku dosen wali penulis yang telah mendukung dan mengarahkan penulis selama masa perkuliahan.
5. Seluruh bapak dan ibu dosen Departemen Teknik Sistem Perkapalan yang telah memberikan ilmu pengetahuan kepada penulis selama masa studi empat tahun ini.
6. Seluruh bapak dan ibu karyawan dan tenaga pendidik Departemen Teknik Sistem Perkapalan yang telah membantu masa perkuliahan penulis.
7. Seluruh teman-teman yang sudah bersedia membantu dan mengajari penulis selama penelitian Tugas Akhir.
8. Teman-teman Laboratorium Marine Electrical and Automatic System (MEAS) yang senantiasa mau membantu dan mengajari penulis selama penelitian Tugas Akhir.
9. Teman-teman “Ruang Rindu” yaitu Rizky, Bella, Dewi, Weka, Ardian, Rina, dan Okti yang selalu memberikan semangat dan memberi dukungan untuk penulis.
10. Teman-teman SALVAGE’15 yang menjadi teman seperjuangan mulai dari awal masuk perkuliahan hingga saat ini.
11. Pihak lainnya yang telah membantu dan mendukung penulis demi kelancaran dan kesuksesan penyelesaian buku Tugas Akhir ini.

Tidak ada sesuatu yang sempurna di dunia ini kecuali Allah SWT, tidak terkecuali dengan buku Tugas Akhir ini. Penyusunan Tugas Akhir ini masih banyak memiliki kekurangan dan jauh dari kata sempurna. Oleh karena itu penulis menerima segala kritik dan saran demi kesempurnaan untuk perbaikan di masa mendatang. Semoga Buku Tugas Akhir ini dapat memberikan manfaat bagi pembaca dan menjadi sebuah kontribusi bagi ilmu pengetahuan

Surabaya, 29 Juli 2019

Penulis

DAFTAR ISI

| | |
|---|-------------------------------------|
| LEMBAR PENGESAHAN | Error! Bookmark not defined. |
| LEMBAR PENGESAHAN | Error! Bookmark not defined. |
| ABSTRAK | ix |
| <i>ABSTRACT</i> | xi |
| KATA PENGANTAR | xiii |
| DAFTAR ISI | xv |
| DAFTAR GAMBAR | xix |
| DAFTAR TABEL..... | xxi |
| BAB 1 PENDAHULUAN..... | 1 |
| 1.1 Latar Belakang | 1 |
| 1.2 Rumusan Masalah | 2 |
| 1.3 Tujuan | 2 |
| 1.5 Batasan Masalah | 3 |
| BAB 2 STUDI LITERATUR | 5 |
| 2.1 Kapal Ferry “MV. Aquilla” | 5 |
| 2.2 Sel Surya (<i>Photovoltaics</i>) | 6 |
| 2.2.1 Prinsip Kerja Sel Surya | 7 |
| 2.2.2 Rangkaian Seri-Paralel Sel Surya | 8 |
| 2.3 Sistem Kontrol | 9 |
| 2.3.1 Sistem Kontrol Open Loop | 9 |
| 2.3.2 Sistem Kontrol Close Loop | 9 |
| 2.4 Logika Fuzzy | 10 |
| 2.4.1 Pengertian Logika Fuzzy | 10 |
| 2.4.2 Toolbox Fuzzy pada Aplikasi MatLab | 11 |
| BAB III METODOLOGI PENELITIAN | 13 |
| 3.1. Metode Penelitian | 13 |
| 3.2. Prosedur Penelitian | 14 |

| | |
|--|----|
| 3.2.1 Studi Literatur | 14 |
| 3.2.2 Pengumpulan Data..... | 15 |
| 3.2.3 Pemodelan simulasi pada <i>software</i> MatLab | 15 |
| 3.2.4 Pengerjaan pemodelan simulasi sistem kontrol PV | 15 |
| 3.2.5 Simulasi | 15 |
| 3.2.6 Analisa kegagalan prototype | 16 |
| 3.2.7 Penyusunan Laporan | 16 |
| BAB IV ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN | 17 |
| 4.1 Kapal Ferry “MV. Aquilla” | 17 |
| 4.2 Perhitungan Beban Listrik MV. Aquilla..... | 18 |
| 4.2.1 Beban Penerangan | 18 |
| 4.2.2 Peralatan Elektronik..... | 20 |
| 4.2.3 Peralatan AC..... | 20 |
| 4.2.4 Pompa | 21 |
| 4.2.5 Peralatan Navigasi dan Komunikasi | 21 |
| 4.2.6 Beban Total..... | 22 |
| 4.3 <i>Photovoltaic</i> | 23 |
| 4.4 Generator | 23 |
| 4.5 Perangkaian Simulasi dan Logika Fuzzy..... | 24 |
| 4.5.1 Pemodelan Panel Surya (PV)..... | 25 |
| 4.5.2 Hasil Pemodelan Panel Surya (PV) | 28 |
| 4.5.3 Pemodelan Fuzzy | 30 |
| 4.5.4 Simulasi Fuzzy | 37 |
| 4.5.5 Output Simulasi Fuzzy..... | 38 |
| 4.5.6 Perbandingan Hasil | 39 |
| BAB V PENUTUP | 49 |
| 5.1 Kesimpulan..... | 49 |
| 5.2 Saran..... | 49 |
| DAFTAR PUSTAKA | 50 |
| LAMPIRAN | 53 |
| Lampiran 1: Spesifikasi Panel Surya (<i>Photovoltaics</i>) | 55 |
| Lampiran 2: Spesifikasi Generator..... | 59 |

| | |
|--|-----------|
| Lampiran 3: Spesifikasi Peralatan Elektronika | 65 |
| Lampiran 4: Data Beban Kerja Generator dan Perhitungan Konsumsi BBM | 71 |
| BIOGRAFI PENULIS | 93 |

“Halaman Ini Sengaja Dikosongkan

DAFTAR GAMBAR

| | |
|--|----|
| Gambar 2.1 Desain kapal ferry “MV. Aquilla” | 6 |
| Gambar 2.2 Sel Surya/PV (photovoltaic) | 6 |
| Gambar 2.3 Struktur sel surya | 7 |
| Gambar 2.4 Prinsip kerja sel surya | 8 |
| Gambar 2.5 Rangkaian seri dan parallel sel surya | 8 |
| Gambar 2.6 Sistem kontrol open-loop | 9 |
| Gambar 2.7 Sistem kontrol close-loop | 9 |
| Gambar 2.8 Sistem logika fuzzy | 11 |
| Gambar 2.9 Toolbox logika fuzzy pada MatLab | 12 |
| Gambar 4. 1 Kapal Ferry “MV. Aquilla” | 17 |
| Gambar 4.2 Panel Surya (<i>Photovoltaic</i>) | 23 |
| Gambar 4.3 Diesel Generator Set TEKSAN TJ22RY5C | 24 |
| Gambar 4.4 Blok diagram simulasi PV | 25 |
| Gambar 4.5 Pemodelan simulasi PV | 26 |
| Gambar 4.6 Peta <i>irradiance</i> Sungai Pasig, Manila | 26 |
| Gambar 4.7 Kondisi temperature Sungai Pasig, Manila..... | 27 |
| Gambar 4.8 Input temperature dan <i>irradiance</i> | 28 |
| Gambar 4.9 Output simulasi PV | 29 |
| Gambar 4.10 Grafik hasil pemodelan PV | 30 |
| Gambar 4.11 Pemodelan Fuzzy | 31 |
| Gambar 4.12 Input daya PV pada pemodelan fuzzy | 32 |
| Gambar 4.13 Input beban pada pemodelan fuzzy | 33 |
| Gambar 4.14 Pemodelan output fuzzy | 34 |
| Gambar 4.15 Pemodelan Simulasi Fuzzy | 38 |
| Gambar 4.16 Grafik output simulasi fuzzy..... | 39 |
| Gambar 4.17 Grafik Beban Acak Generator tanpa PV tanpa Fuzzy | 40 |
| Gambar 4.18 Grafik Beban Acak Generator tanpa PV tanpa Fuzzy per jam | 40 |
| Gambar 4.19 Grafik Beban Generator tanpa Fuzzy | 41 |
| Gambar 4.20 Grafik Beban Generator tanpa Fuzzy per jam..... | 42 |
| Gambar 4.21 Grafik Beban Generator menggunakan Fuzzy | 42 |
| Gambar 4.22 Grafik Beban Generator menggunakan Fuzzy per jam..... | 43 |
| Gambar 4.23 Perbandingan Beban Generator..... | 44 |

Gambar 4.24 Perbandingan konsumsi bahan bakar selama 24 jam..... 45
Gambar 4.25 Perbedaan Penghematan Bahan Bakar selama 24 jam..... 46

DAFTAR TABEL

| | |
|---|----|
| Tabel 4.1 Beban Penerangan <i>Main Deck</i> | 19 |
| Tabel 4.2 Beban Penerangan <i>Engine Room</i> | 19 |
| Tabel 4.3 Kebutuhan AC pada tiap ruangan..... | 20 |
| Tabel 4.4 Pompa dan Spesifikasinya..... | 21 |
| Tabel 4.5 Peralatan Navigasi dan Komunikasi | 22 |
| Tabel 4.6 Logika Input Rules | 35 |

“Halaman Ini Sengaja Dikosongkan”

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Penggunaan energi alternatif pada era ini semakin marak digalakkan. Hal ini juga diperkuat dengan imbauan yang dikeluarkan oleh MARPOL untuk mengurangi emisi gas yang dihasilkan oleh kapal [1]. Kini tengah marak dunia industri, pun tidak terkecuali pada dunia perkapalan mengusung slogan green-technology. Sudah banyak dari mereka yang berpindah menggunakan sumber daya energi yang berasal dari fosil menuju ke non-fosil. Salah satu sumber daya alternatif yang banyak dan dapat digunakan di Indonesia adalah pemanfaatan sumber daya yang berasal dari radiasi matahari. Hal ini dikarenakan letak Indonesia yang berada di garis khatulistiwa dan memperoleh sinar matahari rata-rata 8-12 jam/hari memiliki potensi energi surya yang cukup besar. Pemanfaatan sumber daya matahari menjadi energi alternatif menggunakan suatu alat atau perangkat yang biasanya disebut dengan sel surya (solar photovoltaic).

Solar PV (photovoltaic) adalah metode pembangkit tenaga listrik dengan mengubah radiasi matahari menjadi listrik arus searah (DC) menggunakan semikonduktor yang menunjukkan efek fotovoltaiik. Solar PV atau sering disebut Solar Panel atau Panel Surya terdiri dari sejumlah sel surya / solar cell yang mengandung bahan/material fotovoltaiik (photovoltaics) yang tersusun bersamaan dengan silikon monocrystalline, silikon polycrystalline, silikon amorf, telluride kadmium, dan tembaga indium gallium selenide / sulfida. Solar PV termasuk ke dalam jenis photo dioda.

Solar cell/PV menghasilkan listrik arus DC dari sinar matahari, yang dapat langsung digunakan untuk peralatan listrik DC atau untuk mengisi ulang baterai. Aplikasi praktis pertama photovoltaics adalah satelit yang mengorbit listrik dan pesawat ruang angkasa lainnya, tetapi sekarang sebagian besar modul fotovoltaiik digunakan untuk pembangkit jaringan listrik tersambung setara PLN. Dalam hal ini inverter diperlukan untuk mengkonversi arus DC ke arus AC.

Penggunaan PV sebagai sumber energi alternatif dimana pada penggunaannya kali ini digunakan sebagai sumber energi pembantu auxiliary engine di kapal. Teknologi PV dapat menjadi salah satu solusi yang sangat tepat dalam mengurangi biaya yang dikeluarkan untuk kapal. Sistem PV dapat berperan menjadi sumber energi tambahan yang ideal dan indepen dari penyokong sumber energy utama pada kapal, karena

1. Menghasilkan daya listrik tanpa membutuhkan bahan bakar,
2. Tidak menghasilkan keluaran, seperti gas buang maupun kebisingan,
3. Biaya perawatan yang murah,
4. Tidak/sangat sedikit menggunakan mesin,
5. Terdiri dari sedikit komponen, dengan instalasi yang mudah dan penggantian spare parts yang cepat jika suatu saat terjadi aging atau defectiveness.

6. Jaminan output PV dari pabrik yang mana daya yang dihasilkan setelah 25 tahun penggunaan tidak kurang dari 80%,
7. Dapat ditempatkan pada permukaan-permukaan yang kecil yang tidak digunakan seperti atap, dinding, saluran udara dan bangunan atas.

Penggunaan PV pada kapal untuk membantu kerja auxiliary engine yang digunakan secara bersamaan tidak dapat berlangsung dengan tetap. Hal ini dikarenakan oleh berubah-ubahnya intensitas paparan radiasi matahari. Hal tersebut menyebabkan penggunaan PV tidak dapat ditentukan kapasitas tetapnya. Sehingga PV pada kapal memerlukan sistem kontrol pintar yang dapat mengubah persentase kapasitas daya yang dihasilkan oleh PV dengan daya yang diperlukan dari auxiliary engine secara otomatis berdasarkan paparan radiasi matahari.

Dalam melakukan pemodelan sistem kontrol panel surya dengan generator ini digunakan sebuah metode, yakni simulasi sistem kontrol berbasis logika fuzzy. Penelitian ini bertujuan untuk memberikan gambaran dan mengetahui adanya pengaruh pemasangan sistem kontrol berbasis logika fuzzy pada kapal ferry MV. Aquilla yang telah terpasang panel surya.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah yang akan diambil pada tugas akhir ini berdasarkan latar belakang yang telah dijelaskan adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana merancang sistem kontrol panel surya (photovoltaic) yang terpasang di kapal berbasis logika fuzzy?

1.3 Tujuan

Adapun tujuan dari pengerjaan tugas akhir ini adalah sebagai berikut

1. Untuk merancang sistem kontrol panel surya (photovoltaic) yang terpasang di kapal dengan berbasis logika fuzzy.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat dari tugas akhir ini adalah :

1. Dapat menghasilkan rancangan sistem kontrol panel surya (photovoltaic) yang terpasang di kapal dengan berbasis logika fuzzy.
2. Dapat mengetahui adanya pengaruh penggunaan sistem kontrol dengan logika fuzzy dalam penggunaannya pada kapal yang terinstal panel surya (photovoltaic).
3. Dapat melakukan optimasi pada daya yang dihasilkan oleh panel surya (photovoltaic).
4. Dapat digunakan sebagai referensi penelitian selanjutnya dalam rangka pengembangan dalam bidang teknologi maritime.

1.5 Batasan Masalah

Adapun batasan masalah pada pengerjaan penelitian tugas akhir ini, yaitu:

1. Studi kasus hanya terbatas pada kapal ferry MV. Aquilla
2. Desain sistem yang dihasilkan b simulasi pada *software* MatLab
3. Perancangan sistem kontrol berbasis fuzzy terbatas hanya pada model pembebanan dan tidak termasuk pada konfigurasi sistem tersebut.

“Halaman Ini Sengaja Dikosongkan”

BAB 2

STUDI LITERATUR

Dalam melakukan penelitian perlu adanya suatu landasan berupa dasar teori yang digunakan sebagai acuannya. Dasar teori ini digunakan sebagai pedoman dalam melatarbelakangi permasalahan penelitian. Adapun dasar teori yang digunakan dalam penyusunan penelitian, yaitu sistem tenaga listrik, teori sistem kontrol menggunakan logika fuzzy dan, parameter-parameter dalam penyusunan sistem kontrol logika fuzzy.

2.1 Kapal Ferry “MV. Aquilla”

M.V. Aquilla, adalah feri katamaran modern, inovatif, efisien dan terjangkau itu dirancang khusus untuk transportasi Sungai Pasig. Mulai dari desain lambung serbaguna yang dibangun dari material aluminium 5086 yang ringan, tahan korosi, namun kuat untuk memaksimalkan kapasitas muat, keandalan, dan kemampuan layanan yang panjang. Desain bentuk lambung diputuskan setelah melakukan studi kelayakan kondisi Sungai Pasig yang dangkal dan umumnya kurang agresif. Dengan sangat desain lambung katamaran dengan rasio lebar yang sangat tinggi, M.V. Aquilla akan memiliki yang sangat andal stabilitas dengan atau tanpa penumpang. Freeboard profil rendah dirancang untuk melewati yang terendah jembatan di Sungai Pasig dan memberikan hambatan udara rendah. Hull Eco Asymmetric Flat Luar adalah sebuah desain lambung yang hanya menghasilkan gelombang kecil ramah ke sisi sungai. Gelombang kecil tidak membuat erosi dan tidak mengganggu kegiatan di bank. Penggerak sterndrive kembar sistem diatur untuk mengkompensasi rancangan rendah dan kebutuhan ruang mesin kompak, yang menghasilkan biaya perawatan yang lebih rendah dan ruang yang tersedia lebih tinggi. Baling-balingnya adalah diatur kontra-rotating untuk meminimalkan kavitasi, menghasilkan efisiensi tenaga penggerak yang lebih tinggi hingga 15% dari yang konvensional.

Dengan Eco Smart Solar System, MV. Aquilla terpasang dengan 60 unit panel surya, ditambah dengan generator melalui Sirkuit Terpadu (IC), untuk mengurangi konsumsi bahan bakar generator hingga 16% yang menghasilkan efisiensi dan operasi “green-ferry”. Adapting Unattended Machinery Space (UMS), dan didukung dengan Sistem Otomasi Kapal Terpadu, keberadaan ruang kontrol mesin bisa dihilangkan. Semua kontrol dan pemantauan mesin dilakukan dari ruang navigasi. Ini memungkinkan lebih sedikit sumber daya manusia, lebih banyak fleksibilitas, kesalahan manusia yang lebih rendah dan beban yang dimaksimalkan kapasitas feri. Semua pengaturan dan peralatan keselamatan dirancang untuk mematuhi Peraturan SOLAS II dan III. Jendela penumpang dibuat agar bisa pecah dari dalam menggunakan palu pengaman untuk memberikan keselamatan penumpang yang tinggi dalam keadaan darurat situasi, meski begitu, enam pintu kedap air tersedia sebagai rute pelarian. Sebagai sarana darurat, jaket pelampung terletak di bawah kursi setiap penumpang. Semua area penumpang adalah ditutupi dengan alat penyiram jarak jauh, dan detektor asap. Sistem keamanan lain tersedia untuk feri adalah Automation Flooding System, berfungsi untuk mengeluarkan air bilge secara otomatis. Untuk memberikan hiburan dan menjaga kesenangan penumpang, feri itu dilengkapi dengan TV HD full 40 "datar,

ruang merokok, dan sistem pendingin udara dengan penutup penuh di area penumpang. Penerangan LED digunakan untuk menyediakan daya hingga 30% lebih rendah konsumsi dari bola lampu standar. [2]



Gambar 2.1 Desain kapal ferry “MV. Aquilla”

2.2 Sel Surya (*Photovoltaics*)

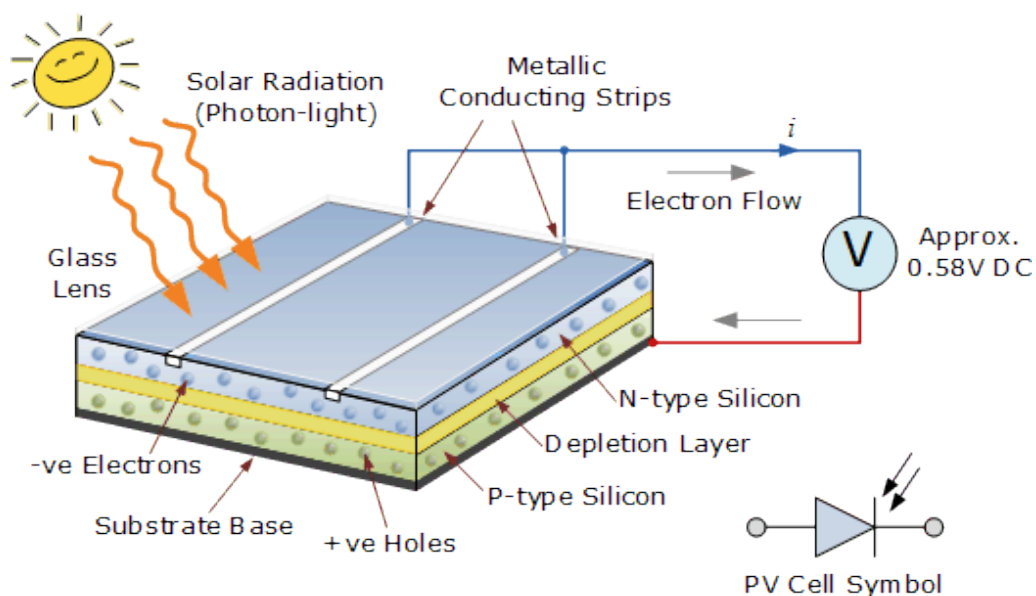
Sel Surya atau *Photovoltaic (PV)* merupakan salah satu teknologi terbaru yang semakin diutamakan secara global dalam beberapa dekade terakhir [3]. Sel surya (PV) adalah suatu perangkat atau komponen yang dapat mengubah energi cahaya matahari menjadi energi listrik dengan menggunakan prinsip efek Photovoltaic. Yang dimaksud dengan Efek Photovoltaic adalah suatu fenomena dimana munculnya tegangan listrik karena adanya hubungan atau kontak dua elektroda yang dihubungkan dengan sistem padatan atau cairan saat mendapatkan energi cahaya. Oleh karena itu, Sel Surya atau Solar Cell sering disebut juga dengan Sel Photovoltaic (PV). Efek Photovoltaic ini ditemukan oleh Henri Becquerel pada tahun 1839 [4].



Gambar 2.2 Sel Surya/PV (photovoltaic)

Arus listrik timbul karena adanya energi foton cahaya matahari yang diterimanya berhasil membebaskan elektron-elektron dalam sambungan semikonduktor tipe N dan tipe P untuk mengalir. Sama seperti Dioda Foto (*Photodiode*), Sel Surya atau *Solar Cell* ini juga memiliki kaki Positif dan kaki Negatif yang terhubung ke rangkaian atau perangkat yang memerlukan sumber listrik.

Pada dasarnya, Sel Surya merupakan Dioda Foto (*Photodiode*) yang memiliki permukaan yang sangat besar. Permukaan luas Sel Surya tersebut menjadikan perangkat Sel Surya ini lebih sensitif terhadap cahaya yang masuk dan menghasilkan Tegangan dan Arus yang lebih kuat dari Dioda Foto pada umumnya. Contohnya, sebuah Sel Surya yang terbuat dari bahan semikonduktor silikon mampu menghasilkan tegangan setinggi 0,5V dan Arus setinggi 0,1A saat terkena (*expose*) cahaya matahari.

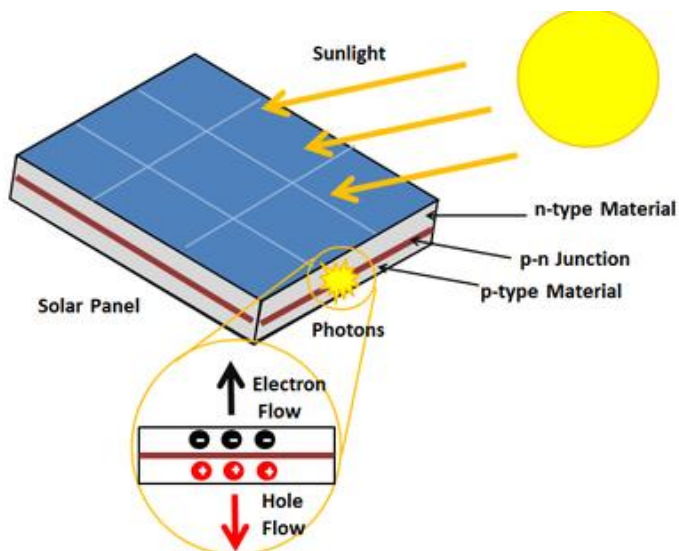


Gambar 2.3 Struktur sel surya

2.2.1 Prinsip Kerja Sel Surya

Daerah Semikonduktor dengan elektron bebas ini bersifat negatif dan bertindak sebagai Pendorong elektron, daerah semikonduktor ini disebut dengan Semikonduktor tipe N (N-type). Sedangkan daerah semikonduktor dengan Hole bersifat Positif dan bertindak sebagai Penerima (Acceptor) elektron yang dinamakan dengan Semikonduktor tipe P (P-type) [5].

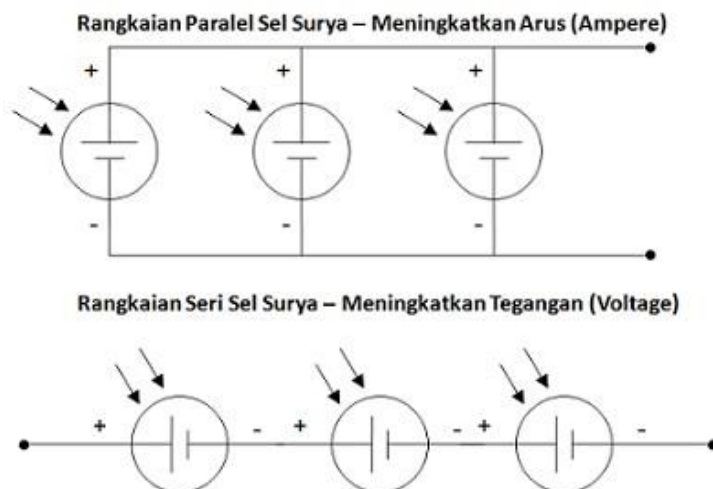
Di persimpangan daerah Positif dan Negatif (PN Junction), akan menimbulkan energi yang mendorong elektron dan hole untuk bergerak ke arah yang berlawanan. Elektron akan bergerak menjauhi daerah Negatif sedangkan Hole akan bergerak menjauhi daerah Positif. Ketika diberikan sebuah beban berupa lampu maupun perangkat listrik lainnya di Persimpangan Positif dan Negatif (PN Junction) ini, maka akan menimbulkan Arus Listrik.



Gambar 2.4 Prinsip kerja sel surya

2.2.2 Rangkaian Seri-Paralel Sel Surya

Seperti Baterai, Sel Surya juga dapat dirangkai secara Seri maupun Paralel. Pada umumnya, setiap Sel Surya menghasilkan Tegangan sebesar 0,45 ~ 0,5V dan arus listrik sebesar 0,1A pada saat menerima sinar cahaya yang terang. Sama halnya dengan Baterai, Sel Surya yang dirangkai secara Seri akan meningkatkan Tegangan (Voltage) sedangkan Sel Surya yang dirangkai secara Paralel akan meningkatkan Arus (Current).



Gambar 2.5 Rangkaian seri dan parallel sel surya

2.3 Sistem Kontrol

Dalam setiap sistem selalu terbentuk sebuah siklus guna mencapai tujuan dari sistem tersebut. Sistem kontrol terbagi menjadi dua jenis siklus. Siklus yang pertama adalah sistem kontrol open loop dan yang kedua adalah sistem kontrol closed loop. Setiap siklus yang dibuat tergantung pada kebutuhan sistem tersebut. Pemilihan siklus yang benar akan mempengaruhi efektivitas dari sistem itu sendiri.

2.3.1 Sistem Kontrol Open Loop

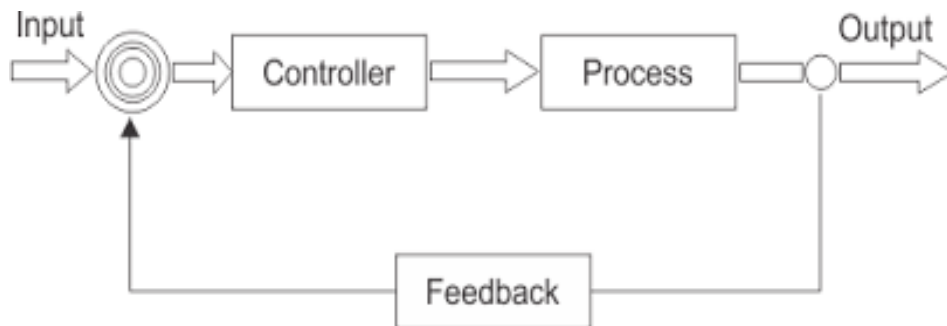
Sistem loop terbuka bersifat lebih sederhana dan ekonomis dibandingkan dengan sistem loop tertutup. Unsur dari sistem terbuka biasanya dapat dibagi menjadi dua bagian, yaitu pengontrol dan proses pengendalian, ditunjukkan dari gambar Pengontrol diatas, tanda atau perintah disampaikan dari pengontrol, dimana keluarnya dinyatakan dengan output, kemudian kepada proses control output kan kepada proses control yang disebut control variable c akan membuat bentuk menurut standar yang ditentukan. [6]



Gambar 2.6 Sistem kontrol open-loop

2.3.2 Sistem Kontrol Close Loop

Apa yang tidak didapat dari sistem control terbuka untuk keakuratan dan penyesuaian adalah hubungan atau feedback dari output ke input sistem tersebut. Untuk menghasilkan control yang lebih akurat, pengontrolan sinyal sebanding dengan perbedaan input dan output yang dikirim melalui system yang benar. Sistem dengan satu atau lebih feedback yang digambarkan dibawah ini disebut dengan "sistem loop tertutup" [6].



Gambar 2.7 Sistem kontrol close-loop

2.4 Logika Fuzzy

Pada pengerjaan tugas akhir ini dilakukan simulasi desain menggunakan logika fuzzy dalam aplikasi Matlab. Logika fuzzy digunakan untuk menghasilkan data yang lebih stabil dan teratur. Hal tersebut dikarenakan sifat logika fuzzy yang menghasilkan efek blur atau menyamarkan.

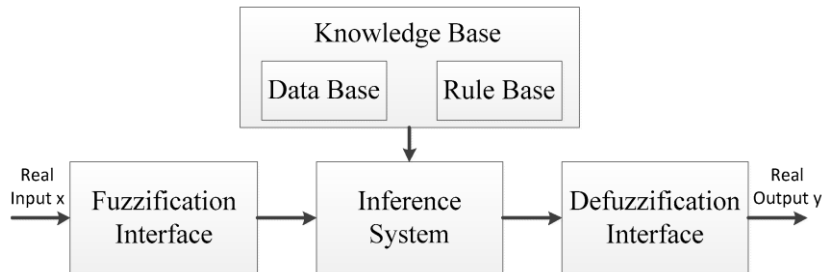
2.4.1 Pengertian Logika Fuzzy

Logika fuzzy diperkenalkan pertama kali pada tahun 1965 oleh Prof Lutfi A. Zadeh seorang peneliti di Universitas California di Berkeley dalam bidang ilmu komputer. Logika fuzzy didefinisikan sebagai fungsi yang memetakan objek dalam domain yang berdasarkan nilai keanggotaan pada sebuah set. Logika ini menyediakan cara berbeda untuk mendekati nilai suatu kontrol ataupun melakukan klasifikasi masalah. Pada dasarnya, Logika Fuzzy (LF) adalah logika multivalve yang memungkinkan rentang nilai didefinisikan sebagai nilai antara evaluasi konvensional seperti *true/false*, *yes/no*, *high/low*, dll. Dugaan yang menyatakan agak tinggi atau sangat cepat dapat dirumuskan secara matematis dan diproses oleh computer menggunakan logika fuzzy [7]. Untuk menerapkan cara berpikir yang lebih mirip manusia dalam pemrograman komputer, professor Zadeh beranggapan logika benar salah tidak dapat mewakili setiap pemikiran manusia, kemudian dikembangkanlah logika fuzzy yang dapat mempresentasikan setiap keadaan atau mewakili pemikiran manusia. Perbedaan antara logika tegas dan logika fuzzy terletak pada keanggotaan elemen dalam suatu himpunan. Jika dalam logika tegas suatu elemen mempunyai dua pilihan yaitu terdapat dalam himpunan atau bernilai 1 yang berarti benar dan tidak pada himpunan atau bernilai 0 yang berarti salah. Sedangkan dalam logika fuzzy, keanggotaan elemen berada di interval [0-1].

Logika fuzzy menjadi alternatif dari berbagai sistem yang ada dalam pengambilan keputusan karena logika fuzzy mempunyai kelebihan sebagai berikut:

- a. Logika fuzzy memiliki konsep yang sangat sederhana sehingga mudah untuk dimengerti.
- b. Logika fuzzy sangat fleksibel, artinya mampu beradaptasi dengan perubahan-perubahan dan ketidakpastian.
- c. Logika fuzzy memiliki toleransi terhadap data yang tidak tepat.
- d. Logika fuzzy mampu mensistemkan fungsi-fungsi non-linier yang sangat kompleks.
- e. Logika fuzzy dapat mengaplikasikan pengalaman atau pengetahuan dari para pakar.
- f. Logika fuzzy dapat bekerjasama dengan teknik-teknik kendali secara konvensional.

Logika fuzzy didasarkan pada bahasa sehari-hari sehingga mudah dimengerti. Logika fuzzy memiliki beberapa komponen yang harus dipahami seperti himpunan fuzzy, fungsi keanggotaan, operator pada himpunan fuzzy, inferensi fuzzy dan defuzzifikasi.



Gambar 2.8 Sistem logika fuzzy

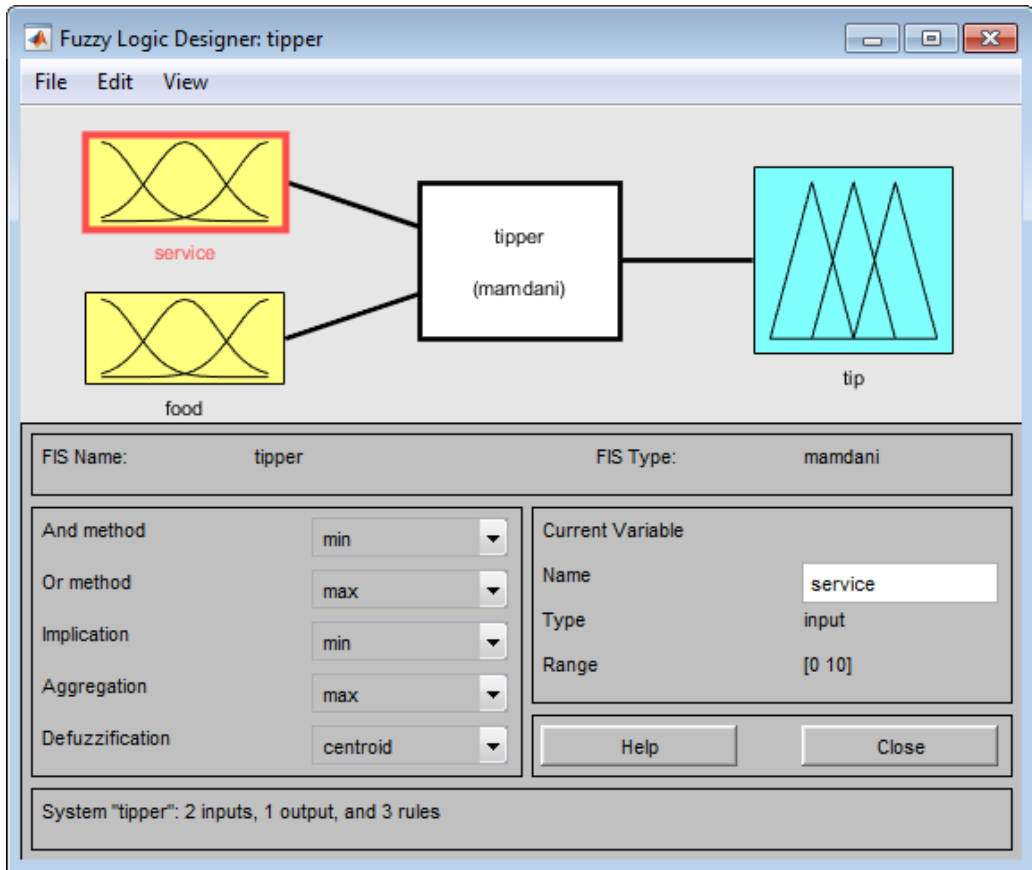
2.4.2 Toolbox Fuzzy pada Aplikasi MatLab

Matlab (Matrix Laboratory) merupakan perangkat lunak yang digunakan sebagai bahasa pemrograman tingkat tinggi. Matlab digunakan untuk komputasi, visualisasi dan pemrograman. Matlab telah digunakan oleh peneliti-peneliti dari berbagai wilayah di dunia. Sampai saat ini program-program pada matlab masih terus diperbaharui. Pemrograman pada Matlab sering digunakan untuk pengembangan algoritma matematika dan pengembangan, pensisteman, simulasi dan prototype, analisis, eksplorasi dan visualisasi data, scientific dan engineering, pengembangan aplikasi berbasis grafik dan pembuatan Graphical User Interface(GUI).

Fuzzy Logic Toolbox adalah sekumpulan tool yang membantu dalam merancang model fuzzy untuk diaplikasikan dalam berbagai bidang. Fuzzy logic toolbox menyediakan lima tools untuk keperluan rancang bangun FIS [8]. Toolbox ini terbagi menjadi tiga bagian yakni bagian input, *rules* dan bagian output.

Dalam penggunaannya Fuzzy Logic Toolbox memerlukan beberapa inputan dan *rules* untuk menghasilkan data output. Input yang dimasukkan biasanya merupakan sebuah rentang data tertentu yang berupa angka sesuai dengan kebutuhan output yang diinginkan. Sedangkan *rules* digunakan untuk menentukan hasil output dengan cara melakukan pemilahan dan pemilihan data berdasarkan input yang telah diberikan sebelumnya. Pada *rules* Fuzzy Toolbox ini dimasukkan batasan-batasan yang digunakan untuk menentukan output, batasan-batasan tersebut berupa logika *if* dan *then*. Logika-logika ini nantinya yang akan melakukan pemilahan dan pemilihan data.

Bagian output dari Fuzzy Toolbox juga memerlukan rentang data yang berguna untuk memberikan masukan beberapa rentang data yang digunakan untuk hasil output dari logika fuzzy itu sendiri. Berbeda dengan data input, rentang data yang digunakan pada data output biasanya terbagi menjadi beberapa bagian sesuai yang diinginkan. Misalnya ada tiga jenis hasil output, maka harus dimasukkan tiga rentang data output sesuai dengan data-data output yang diinginkan.

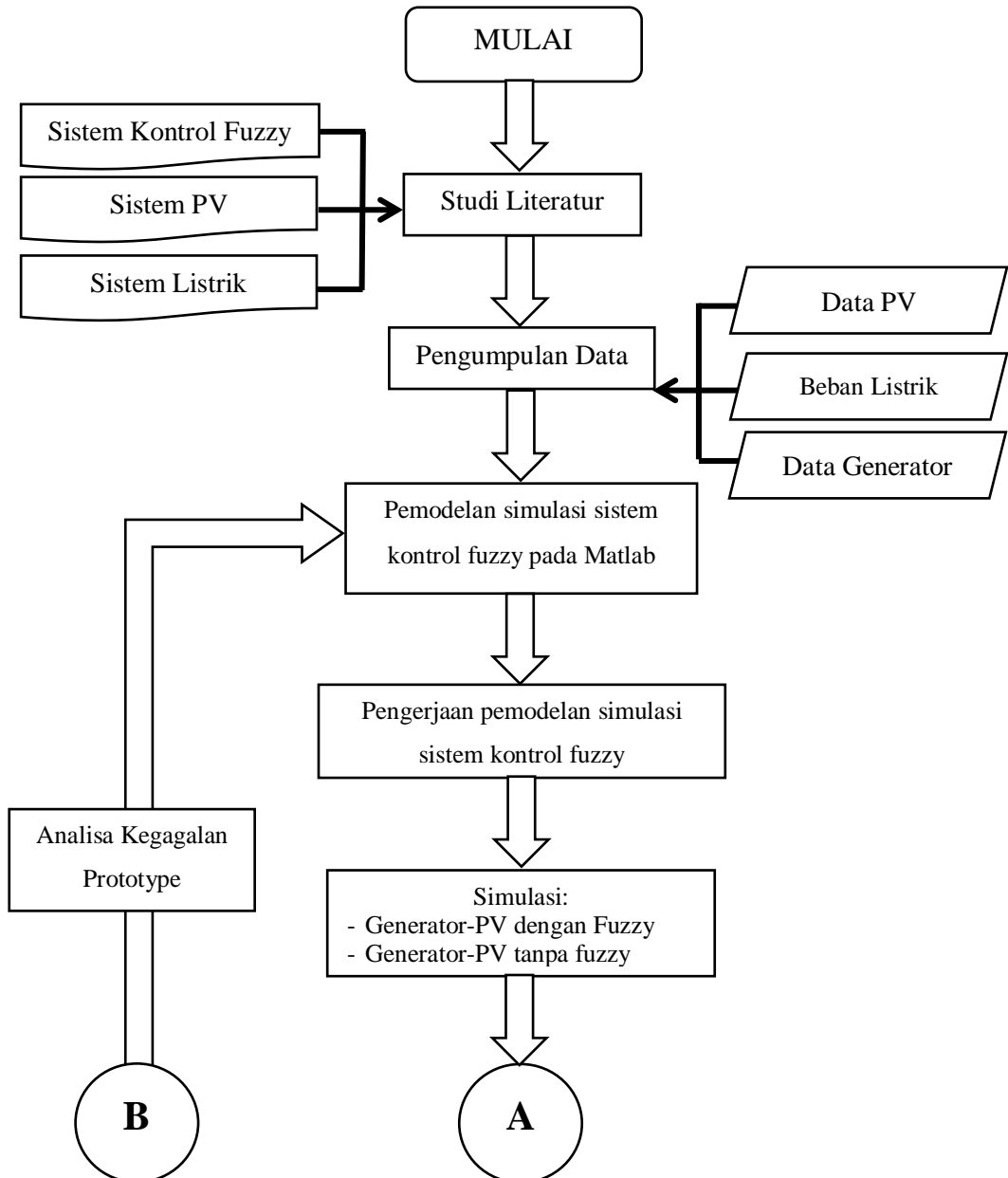


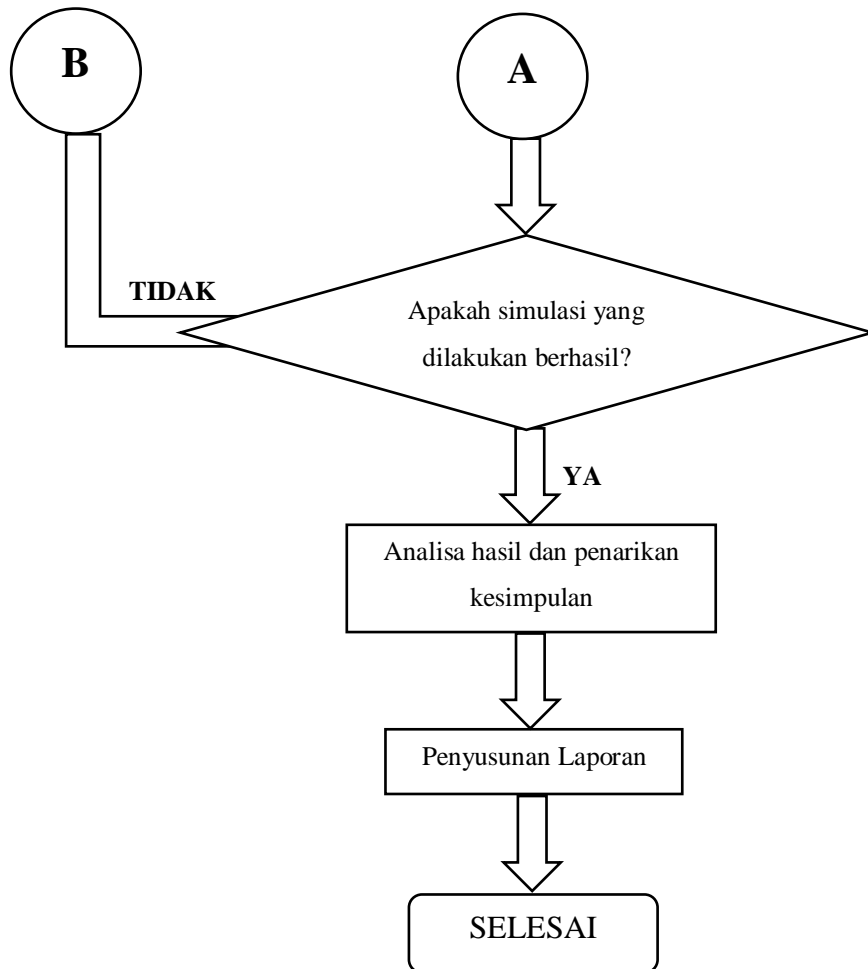
Gambar 2.9 Toolbox logika fuzzy pada MatLab

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Metode Penelitian

Metode penelitian yang digunakan pada pengerjaan tugas akhir ini adalah sebagai berikut.





3.2. Prosedur Penelitian

Pada Gambar pada 3.1 ditunjukkan metode yang digunakan untuk perancangan pemodelan simulasi untuk sistem kontrol PV. Dan dalam perencanaan eksperimen ini menggunakan tahapan-tahapan pengerjaan sebagai berikut :

3.2.1 Studi Literatur

Studi literatur adalah tahap pengumpulan informasi dari beberapa referensi berupa buku atau hasil penelitian dengan judul yang berkaitan dengan:

- a. Sistem kontrol berbasis logika fuzzy
- b. Sistem PV
- c. Sistem Listrik

Dengan demikian diharapkan penulis dapat mengerjakan tugas akhir dengan metode yang tepat.

3.2.2 Pengumpulan Data

Data merupakan hal esensial yang harus ada dalam sebuah penelitian. Pada tahap ini akan dikumpulkan data-data yang diperlukan dalam pembuatan Prototype untuk penelitian ini. Setiap instalasi komponen pada kapal selalu diikuti oleh peraturan-peraturan class, sehingga peraturan-peraturan terkait sistem kelistrikan harus ada. Pada tahap ini akan dikumpulkan data-data sebagai berikut:

1. Penempatan PV yang diijinkan oleh class,
2. Data tentang sistem kelistrikan di kapal,
3. Jenis sistem kontrol yang harus diterapkan,
4. Dan lain lain.

3.2.3 Pemodelan simulasi pada *software* MatLab

Pada tahap ini akan dilakukan perancangan pemodelan sistem kontrol PV dengan merujuk pada teori-teori sistem PV dan kontrolnya pada kapal yang sesungguhnya serta data-data yang telah dikumpulkan sebelumnya. Pada tahap ini adalah tahap awal dalam penentuan hal-hal apa saja yang harus ada dan tidak harus ada pada permodelan sistem kontrol PV ini. Pemodelan ini nantinya akan menggunakan sistem kontrol logika fuzzy. Selain itu, pada tahap ini pula ditentukan sistem-sistem yang akan terkait dengan sistem kontrol PV ini dan apa pengaruhnya terhadap kedua belah sistem.

Pada tahap ini akan dilakukan pembuatan desain Logika Fuzzy yang akan digunakan. Desain ini harus merujuk pada teori-teori dasar serta acuan secara umum di bidang perkapalan dan sesuai dengan desain kapal MV.Aquilla. Pada tahap ini pula ditentukan data-data yang akan dimasukkan pada model simulasi yang akan dibuat pada *software* MatLab.

3.2.4 Pengerjaan pemodelan simulasi sistem kontrol PV

Pengerjaan simulasi sistem kontrol PV menggunakan logika Fuzzy pada *software* MatLab. Pada tahap ini, sistem kontrol dibuat dan dikerjakan sesuai dengan rancangan yang telah ditentukan sebelumnya. Pengerjaan ini dilakukan dengan memasukkan keseluruhan data sesuai dengan pengelompokan bagiannya.

3.2.5 Simulasi

Pada tahap ini akan dilakukan simulasi, apakah pemodelan simulasi sistem kontrol PV ini mampu melakukan kontrol secara pintar pada saat paparan radiasi matahari yang tinggi maupun pada saat paparan radiasi matahari yang rendah. Apakah ada kesalahan desain logika sampai diatur yang diinginkan dan jika pemodelan simulasi otomatis sistem kontrol PV ini mampu sesuai keinginan, maka akan dilakukan analisa dari pembahasan.

Tahap ini dibagi menjadi dua kegiatan. Kegiatan pertama adalah melakukan simulasi pemodelan Generator – PV tanpa menggunakan sistem kontrol Fuzzy.

Sedangkan kegiatan yang kedua adalah simulasi pemodelan Generator – PV dengan menggunakan sistem kontrol Fuzzy.

3.2.6 Analisa kegagalan prototype

Pada tahap ini, prototype yang gagal maupun belum sempurna dilakukan analisa. Kegagalan prototype dapat disebabkan oleh kesalahan input logika fuzzy ataupun kesalahan input data dari PV maupun *irradiance*. Kesalahan-kesalahan ini nantinya dapat diperbaiki kemudian dilakukan *running* simulasi lagi.

3.2.7 Penyusunan Laporan

Tahap terakhir dari penulisan tugas akhir ini adalah penyusunan laporan, yaitu melaksanakan pembukuan terhadap seluruh data dan pengolahan data-data dalam bentuk laporan.

BAB IV ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN

4.1 Kapal Ferry “MV. Aquilla”

Penelitian pada tugas akhir ini, jenis kapal yang digunakan adalah kapal mini-ferry dengan rute Sungai Pasig, Manila. Kapal ini merupakan kapal yang pada desainnya menggunakan panel surya (*photovoltaic/PV*) yang dipasang pada area *rooftop* kapal. Pemasangan panel surya ini bertujuan untuk mengurangi penggunaan BBM (*fuel-oil*) yang digunakan sebagai bahan bakar generator kapal. Data spesifikasi umum dan sistem kelistrikan kapal yang dibahas pada tugas akhir ini seluruhnya mengacu pada sistem kelistrikan pada MV. Aquilla.



Gambar 4. 1 Kapal Ferry “MV. Aquilla”

Gambar 4.1 merupakan desain kapal MV. Aquilla dengan rute pelayaran Sungai Pasig, Manila. Berikut spesifikasi umum MV. Aquilla.

1. Data Utama Kapal

Data utama kapal ferry MV. Aquilla adalah sebagai berikut:

- | | | |
|------------------------------|---------|-------|
| a. Length Overall (Loa) | : 25.37 | meter |
| b. Length of Waterline (Lwl) | : 21.8 | meter |
| c. Breadth (moulded) | : 7.0 | meter |
| d. Height | : 2.8 | meter |
| e. Draught (operation) | : 0.5 | meter |
| f. Block Coefficient (Cb) | : 0.423 | |
| g. Displacement | : 32.43 | ton |
| h. Service Speed (Vs) | : 12 | knot |
| i. Endurance | : 24 | hours |

2. Estimasi *Lightweight*

Estimasi berat kosong atau *lightweight* dari kapal ferry MV. Aquilla adalah sebagai berikut:

- a. Konstruksi Lambung : 7.154 ton
- b. Outfittings : 2.855 ton
- c. Permesinan : 1.6 ton

3. Permesinan

Data permesinan beserta daya pada kapal ferry MV. Aquilla adalah sebagai berikut:

- a. Main Engine : 2 x 272 kW @3500 RPM
- b. Auxiliary Engine : 2 x 16 kW
- c. Emergency Generator : 3 kW

4. Akomodasi

Jenis-jenis akomodasi beserta jumlah yang dapat diangkut oleh kapal ferry MV. Aquilla adalah sebagai berikut:

- a. Penumpang : 106 orang
- b. Sepeda : 4 unit
- c. Kursi roda : 2 unit
- d. Stroller : 2 unit

4.2 Perhitungan Beban Listrik MV. Aquilla

Beban kelistrikan pada kapal ferry MV. Aquilla dihitung berdasarkan komponen-komponen listrik yang diinstal pada kapal tersebut. Besar beban listrik total pada kapal ini tergantung dari konsumsi daya listrik tiap komponen listrik. Pada kapal ferry MV. Aquilla ini beban listrik terbagi menjadi lima jenis beban yakni beban penerangan, peralatan elektronik, peralatan *air conditioner*, pompa dan peralatan navigasi dan komunikasi.

4.2.1 Beban Penerangan

Beban penerangan pada kapal ferry MV. Aquilla ini terbagi atas beban penerangan *main deck* dan beban penerangan *engine room*. Beban penerangan *main deck* terdiri dari penerangan ruang penumpang, toilet, *smoking room* dan *outside area*. Sedangkan beban penerangan untuk *engine room* terdiri atas penerangan dua kamar mesin. Berikut ini merupakan perhitungan dari tiap-tiap lokasi beban penerangan.

1. *Main Deck*Tabel 4.1 Beban Penerangan *Main Deck*

| | Ruangan | N | Power | Stop |
|----------------|----------------------|----|--------|-------------|
| | | | (W) | contact (A) |
| | | | (watt) | A |
| 1 | Ruang Penumpang 1 | 10 | 100 | 3 |
| 2 | Ruang Penumpang 2 | 10 | 100 | 3 |
| 3 | Ruang Kemudi | 3 | 30 | 1 |
| 4 | Toilet 1 | 1 | 10 | |
| 5 | Toilet 2 | 1 | 10 | |
| 6 | Smoking Room | 1 | 10 | 1 |
| 7 | Outside Area Back 1 | 2 | 20 | |
| 8 | Outside Area Back 2 | 2 | 20 | |
| 9 | Outside Area Front 1 | 2 | 20 | |
| 10 | Outside Area Front 2 | 2 | 20 | |
| Total | | 34 | 340 | 8 |
| P Stop Contact | | | | 2816 |

Jumlah titik beban = 40

Total Daya = Daya Lampu + Daya Stop Kontak
 = 340 + 2816
 = 3156 Watt
 = 3,16 kW

2. *Engine Room*Tabel 4.2 Beban Penerangan *Engine Room*

| NO. | Ruangan | N | Power | Stop |
|----------------|---------------|---|--------|-------------|
| | | | (W) | contact (A) |
| | | | (watt) | A |
| 1 | Ruang Mesin 1 | 1 | 10 | 1 |
| 2 | Ruang Mesin 2 | 1 | 10 | 1 |
| Total | | 2 | 20 | 2 |
| P stop contact | | | | 704 |

Jumlah Titik Beban = 40

Total Daya = Daya Lampu + Daya Stop Kontak
 = 20 + 704
 = 724 Watt = 0,72 kW

4.2.2 Peralatan Elektronik

Beberapa peralatan elektronik dipasang pada kapal ferry MV. Aquilla untuk menunjang pengoperasian kapal tersebut. Peralatan-peralatan elektronik pada MV. Aquilla beserta spesifikasinya adalah sebagai berikut:

1. TV
Samsung 40" Full HD Flat TV H5003 Series 5
Power : 140 Watt = 0.14 kW
2. Drink Cooler
Showcase Polytron SCN-180L
Power : 190 Watt = 0.19 kW

4.2.3 Peralatan AC

Kapal ferry MV. Aquilla tidak menggunakan pendingin ruangan terpusat (*AC central*) sebagai fasilitas pendingin ruangnya. Maka dari itu pada MV. Aquilla dipasang AC sesuai kebutuhan ruangan. Kebutuhan AC dan daya yang dibutuhkan oleh AC tersebut adalah sebagai berikut:

Tabel 4.3 Kebutuhan AC pada tiap ruangan

| Ruangan | Joule | Watt | PK | kW | Btu |
|--------------|---------|--------|-------|--------|----------|
| Penumpang 1 | 6,7E+07 | 18635 | 6,36 | 4,7452 | 17,66286 |
| Penumpang 2 | 5,5E+07 | 15385 | 5,25 | 3,9176 | 14,58214 |
| Smoking Room | 2858779 | 794,11 | 0,27 | 0,2022 | 0,752667 |
| Kemudi | 6887405 | 1913,2 | 0,65 | 0,4872 | 1,813333 |
| | | | Total | 9,352 | kW |

Dari perhitungan di atas dapat ditentukan kebutuhan AC:

- 11 AC dengan daya 1 PK
- 1 AC dengan daya 0.75 PK
- 1 AC dengan daya 0.5 PK

1. AC dengan 1 PK
AKARI – 1 PK Air Conditioner AC0910PLWI
Power = 710 Watt
Power total = 710 x 11 = 7810 Watt
= 7.81 kW
2. AC dengan 0.75 PK
CHANGHONG CSC07NVB
Power = 680 Watt = 0.68 kW
3. AC dengan 0.5 PK
AKARI – AC-0568GLW
Power = 409 Watt = 0.41 Kw

4.2.4 Pompa

Pompa memiliki beberapa jenis berdasarkan fungsinya. Fungsi dari pompa tersebut tergantung oleh kebutuhan untuk penggunaannya. Pompa yang digunakan pada kapal ferry MV. Aquilla terbagi menjadi tiga jenis, yakni pompa bilga, pompa *sewage* dan pompa *freshwater*.

Pompa bilga digunakan untuk melakukan penyedotan jika terjadi rembesan air pada kapal ataupun ketika ada tubrukan yang mengakibatkan kebocoran di kapal. Pompa ini digunakan pada saat *emergency*. Berbeda dengan pompa bilga, pompa *sewage* dipergunakan untuk melakukan penyedotan guna mengeluarkan tampungan kotoran yang berasal dari toilet ataupun kamar mandi. Penggunaan pompa ini hanya terbatas pada saat kapal sandar dan melakukan pengurusan tangki *sewage*. Sedangkan pompa *freshwater* seperti namanya digunakan untuk melakukan pemompaan untuk tempat-tempat yang membutuhkan suplai air tawar. Air tawar ini biasanya dipompa menuju ke toilet maupun kamar mandi untuk sanitasi atau bisa juga dipompa untuk sistem pendinginan mesin utama kapal.

Tabel berikut ini merupakan macam-macam pompa beserta spesifikasi dan daya yang dibutuhkan.

Tabel 4.4 Pompa dan Spesifikasinya

| No | Item | Brand | Power (W) | Quantity | Total (W) |
|-------|------------------|--------------------|-----------|----------|-----------|
| 1 | Bilge Pump | Rule 360 | 250 | 2 | 500 |
| 2 | Sewage Pump | Jabsco Macerator | 200 | 2 | 400 |
| 3 | Fresh Water Pump | Jabsco Par Max 1.9 | 125 | 2 | 250 |
| Total | | | | | 1150 |

4.2.5 Peralatan Navigasi dan Komunikasi

Setiap kapal memerlukan alat navigasi dan komunikasi untuk melakukan pelayaran. Begitu pula pada kapal ferry MV. Aquilla. Kapal ini memerlukan peralatan navigasi untuk memetakan daerah pelayaran yang sesuai dengan standar A1. Selain itu, kapal ini juga memerlukan peralatan komunikasi untuk melakukan komunikasi baik dengan pihak internal maupun eksternal kapal. Kapal MV. Aquilla harus dilengkapi dengan alat komunikasi eksternal agar kapal dapat berkomunikasi dengan pihak syahbandar ataupun kapal-kapal yang berada di dekat kapal ini. Hal tersebut dimaksudkan agar tidak terjadi kesalahan dalam pelayaran maupun tubrukan kapal. Peralatan navigasi dan komunikasi pada kapal ini dapat dilihat pada Tabel 4.5.

Tabel 4.5 Peralatan Navigasi dan Komunikasi

| No | Item | Brand | Power (W) | Quantity | Total (W) |
|----|------------------------|--------------------|-----------|----------|----------------|
| 1 | VHF radio | Furuno - FM8900S | 25 | 1 | 25 |
| 2 | Navtex receiver | Furuno - NX 700B | 16,8 | 1 | 16,8 |
| 3 | Intercom | Furuno - LH 300 | 30 | 3 | 90 |
| 4 | GPS | JRC-JLR7900 | 2,5 | 1 | 2,5 |
| 5 | Magnetik Compass | RS422 | 7 | 2 | 14 |
| 6 | Gyro Compass | ALPHAMINICOURSE | 50 | 1 | 50 |
| 7 | Horn | FIAMM- AM80SMARINE | 54 | 1 | 54 |
| 8 | MastHead Light225° | Nippon - NAMH 221 | 60 | 2 | 120 |
| 9 | Side Light green112,5° | Nippon - NAGS 221 | 60 | 1 | 60 |
| 10 | Side Light red 112,5° | Nippon - NAGS 221 | 60 | 1 | 60 |
| 11 | Stern Light 135° | Nippon - NAST 221 | 40 | 1 | 40 |
| 12 | Towing light 135° | Nippon - NATW221 | 40 | 1 | 40 |
| 13 | Flame Detector | SST - F120 | 5,52 | 1 | 5,52 |
| 14 | Smoke Detector | NOVA-5000-S250 | 0,704 | 4 | 2,816 |
| 15 | Alarm (motor Siren) | E2S - MA121 | 22,8 | 2 | 45,6 |
| 16 | Loud hailer | Furuno - LH3000 | 60 | 2 | 120 |
| | | | | Total | 746,236 |

Total Power = 746,236 Watt
= 0,75 kW

4.2.6 Beban Total

Berdasarkan perhitungan beban-beban sebelumnya dan dikalikan dengan load factor, maka diperoleh beban total sebesar :

Beban Total = 11.82 kW

4.3 Photovoltaic



Gambar 4.2 Panel Surya (*Photovoltaic*)

Photovoltaic atau yang biasa disebut dengan panel surya merupakan sumber energi alternatif. *Photovoltaic* atau PV pada tugas akhir ini digunakan sebagai energi alternative yang berfungsi untuk mengurangi kerja generator. Energi yang dihasilkan dari PV nantinya difungsikan untuk mengurangi jumlah beban kelistrikan yang mana akan berpengaruh pada kinerja generator.

PV yang digunakan pada tugas akhir ini sebesar 200 WP dengan tegangan 28.9 V. Untuk lebih jelasnya, berikut data utama PV yang digunakan pada tugas akhir ini:

SURANA SVL – 200 Polycrystalline PV Module

- Nominal Power : 200 W
- Solar cells per module : 60
- Max System Voltage : 1000 VDC
- L x W x T : 1660 x 990 x 42

4.4 Generator

Generator atau yang biasa disebut dengan genset merupakan komponen penting dalam sistem kelistrikan kapal. Generator merupakan salah satu pemasok daya yang digunakan untuk menghidupkan peralatan-peralatan listrik di kapal. Daya yang dihasilkan dari generator bervariasi tergantung dari spesifikasi generator tersebut.

Kapal ferry MV. Aquilla menggunakan generator yang diparalelkan dengan PV sebagai sumber listriknya. Generator yang digunakan pada kapal ini adalah sebagai berikut:

TEKSAN TJ20BD5A

- kVA : 18 kVA
- kW : 14 kW
- SFOC 100% : 4,38 lt/hr
- Jumlah fasa : 3
- Frekuensi : 50 Hz
- VAC : 230/400 V



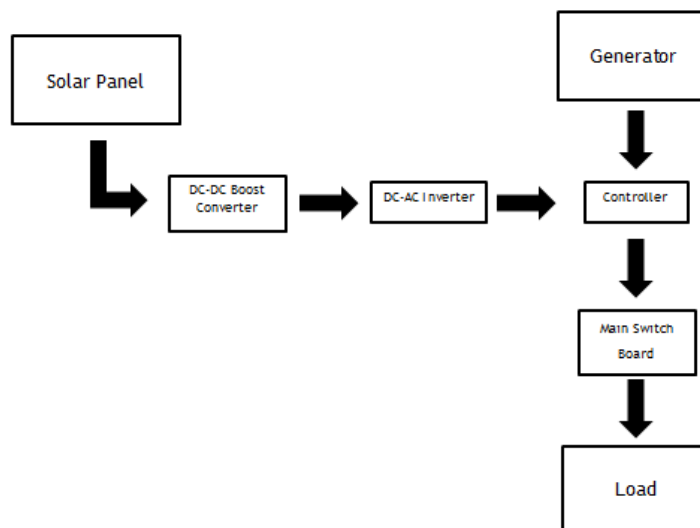
Gambar 4.3 Diesel Generator Set TEKSAN TJ22RY5C

4.5 Perangkaian Simulasi dan Logika Fuzzy

Dalam perangkaian simulasi, sistem yang dijalankan secara manual akan diubah menjadi sistem yang dijalankan secara sekuensial atau bertahap. Perangkaian simulasi ini dimulai dari penentuan dan pembuatan model. Pembuatan model ini ditujukan untuk mendapatkan input yang mendekati aslinya. Kemudian dilanjutkan dengan perangkaian komponen-komponen simulasi.

Pada simulasi tugas akhir ini, komponen-komponen simulasi yang dipergunakan ialah generator, beban dan panel surya PV. Ketiga komponen tersebut dihubungkan dan disimulasikan menggunakan logika fuzzy. Komponen-komponen yang digunakan pada simulasi ini harus ditentukan berdasarkan desain yang telah dibuat sebelumnya pada kapal ferry MV. Aquilla.

Penggabungan komponen dengan logika fuzzy dalam simulasi ini difungsikan untuk mendapatkan output berdasarkan nilai acak dan dari simulasi yang dijalankan. Nilai acak tersebut digunakan untuk pemodelan beban kapal MV. Aquilla, sedangkan untuk nilai daya PV tidak didapatkan dengan nilai acak melainkan dari hasil simulasi pemodelan PV.



Gambar 4.4 Blok diagram simulasi PV

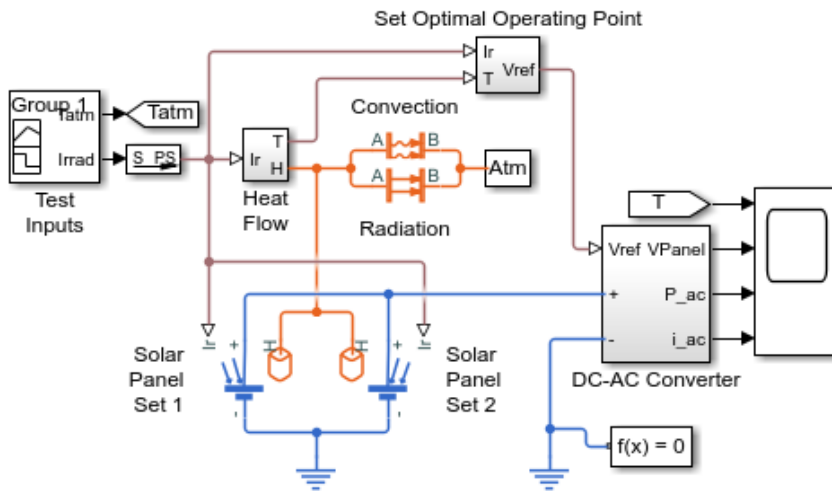
Perangkaian simulasi dimulai dengan pemodelan PV. Hasil output dari pemodelan PV kemudian digunakan untuk input pada pemodelan simulasi selanjutnya. Simulasi lanjutan ini menggabungkan antara PV, beban acak kapal dan daya generator yang disimulasikan dengan logika fuzzy.

4.5.1 Pemodelan Panel Surya (PV)

Pemodelan panel surya atau PV yang digunakan pada simulasi tugas akhir ini difungsikan untuk mendapatkan nilai daya output yang dihasilkan oleh PV tersebut. Daya ini nantinya akan digunakan sebagai faktor pengurang beban listrik yang digunakan pada kapal MV. Aquilla. PV yang digunakan pada kapal MV. Aquilla sebanyak 60 buah yang dibagi menjadi 2 bagian dengan terhubung seri.

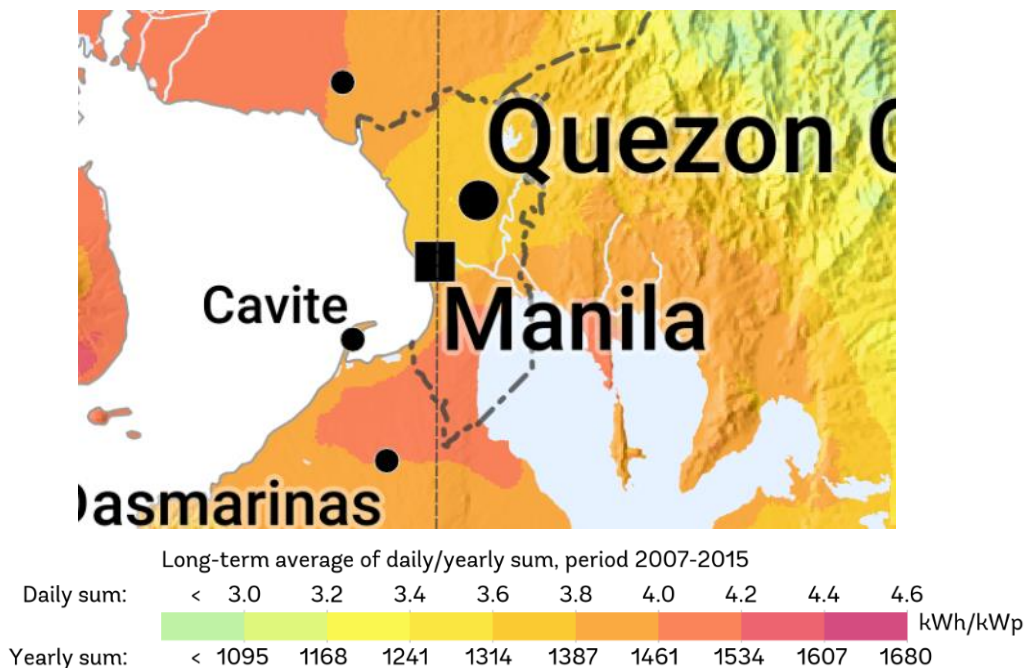
PV yang dipasang pada pemodelan ini nantinya akan bergantung pada temperature dan *irradiance* pada area dimana dia di fungsikan. Hal tersebut dikarenakan temperatur dan *irradiance* merupakan faktor utama dalam konversi energi cahaya ke energi listrik. Pemodelan PV secara lengkapnya dapat dilihat pada Gambar 4.5.

Pada pemodelan PV ini telah dilengkapi dengan DC-AC converter. Coverter ini disebut juga dengan inverter. Converter ini berfungsi untuk mengubah arus yang awalnya DC dari PV menjadi arus AC. Perubahan ini berfungsi untuk menyesuaikan arus yang menuju ke *Main Switch Board* (MSB) agar dapat digabungkan dengan arus listrik dari generator. Selain mengubah arus dari DC ke AC, converter ini juga menyesuaikan frekuensi dan voltase sesuai dengan frekuensi dan voltase dari generator. Hal ini berfungsi agar PV dan generator dapat di paralelkan.



Gambar 4.5 Pemodelan simulasi PV

Dalam pemodelan ini, dibutuhkan beberapa hal yang digunakan untuk nilai input. Beberapa hal yang dibutuhkan diantaranya adalah seperti yang telah dijelaskan sebelumnya yakni temperatur dan *irradiance* pada daerah yang disimulasikan. Data dan temperatur di daerah Sungai Pasig, Manila ditunjukkan pada Gambar 4.6 dan Gambar 4.7. Data ini diambil pada bulan April dimana masih termasuk musim panas dengan temperatur dan *irradiance* maksimal dari daerah tersebut.



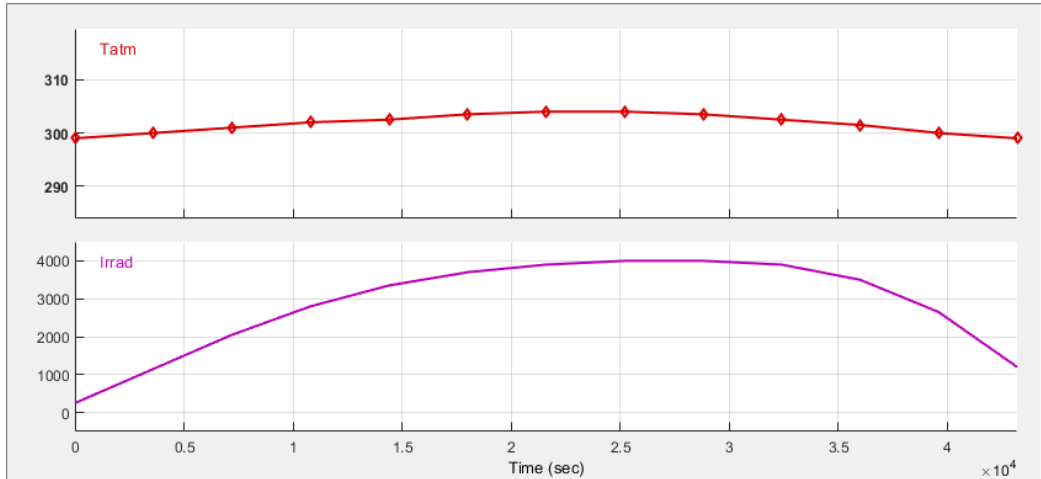
Gambar 4.6 Peta *irradiance* Sungai Pasig, Manila

Daerah yang di simulasikan, yakni Sungai Pasig, Manila memiliki rentang *irradiance* antara 3,6 hingga 4,0 kWh/kWp dalam satu hari seperti yang dapat dilihat pada Gambar 4.6. Nilai inilah yang akan dijadikan input pada simulasi pemodelan PV. *Irradiance* merupakan nilai utama yang menentukan besar kecilnya daya yang dihasilkan oleh PV, sehingga semakin besar nilai *irradiance* maka semakin besar pula daya yang dihasilkan. Biasanya semakin besar nilai *irradiance* suatu daerah maka akan berbanding lurus terhadap temperature daerah tersebut. Namun, semakin tinggi temperature akan mengurangi efektifitas dari *irradiance* daerah tersebut sehingga daya yang dihasilkan oleh PV juga akan berkurang.



Gambar 4.7 Kondisi temperature Sungai Pasig, Manila

Berdasarkan data pada Gambar 4.7, nilai temperatur siang hari di daerah Sungai Pasig, Manila berada pada rentang 28 hingga 32 derajat Celsius. Pada simulasi PV tinggi-rendah temperature berpengaruh terhadap pengurangan daya yang dihasilkan oleh PV. Sehingga semakin tinggi temperature pada area tersebut, maka daya yang dihasilkan oleh PV akan semakin kecil.



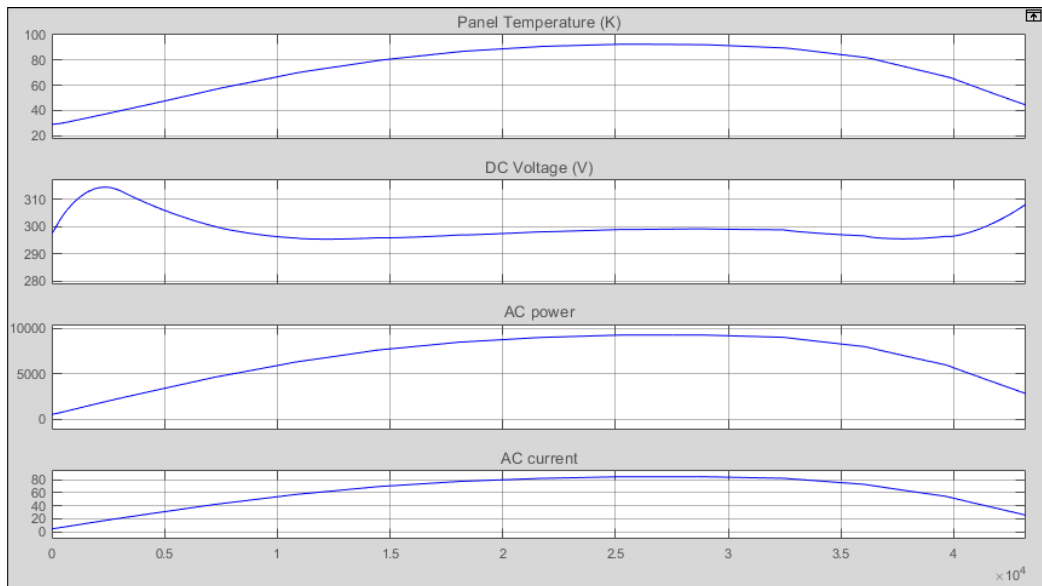
Gambar 4.8 Input temperature dan *irradiance*

Gambar 4.8 menunjukkan bentuk masukan (*input*) data untuk simulasi pemodelan PV. Masukan data pada PV ini berupa temperatur dan *irradiance*. Pada input *irradiance* dibuat skala 1: 1000, maka nilai input *irradiance* berada pada rentang 0-4000 pada area input. Input temperature tidak menggunakan skala namun temperature udara sekitar yang didapat dalam satuan Celcius harus dikonversikan atau diubah terlebih dahulu menjadi temperature dalam Kelvin. Sehingga temperature input berada pada rentang 301- 305 derajat Kelvin.

Setiap titik input ini disesuaikan dengan waktu keluar hingga terbenamnya matahari. Panjang waktu pemodelan ini diasumsikan sepanjang 12 jam terhitung dari pukul 5 pagi hingga pukul 5 sore (05.00 – 17.00). Data ini diatur perjamnya sehingga terbagi atas 12 rentang waktu. Rentang waktu ini lah yang menjadi patokan atau acuan dalam input data.

4.5.2 Hasil Pemodelan Panel Surya (PV)

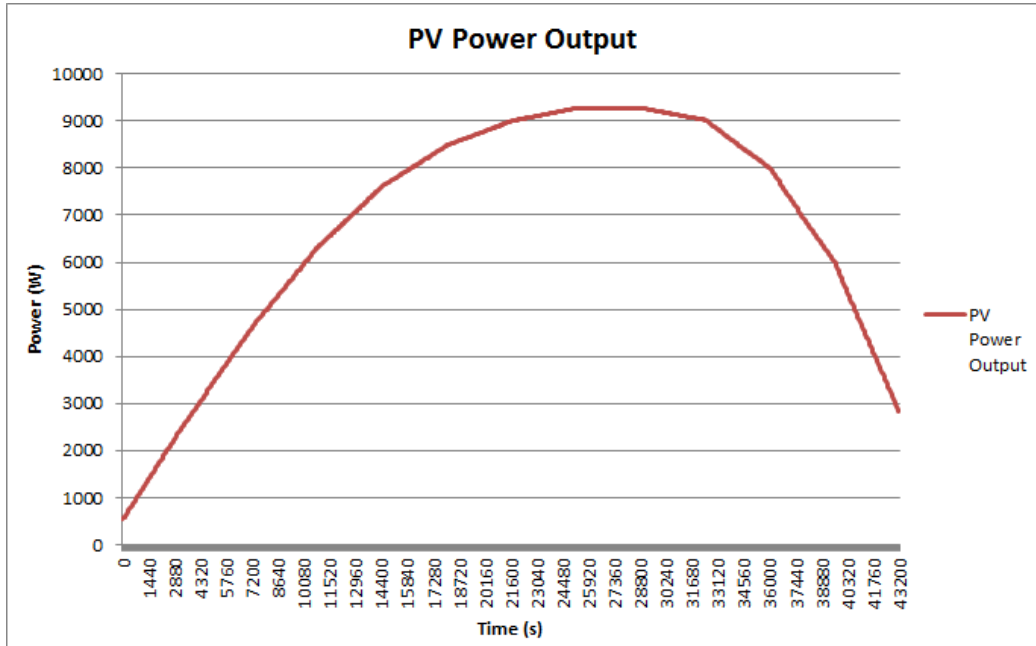
Pada pemodelan PV telah dijelaskan bahwa temperatur dan *irradiance* mempengaruhi hasil output PV yang berupa daya. Daya output ini akan semakin besar bergantung dari besarnya *irradiance* dengan suhu yang rendah. Semakin rendah suhu udara sekitar, maka akan semakin tinggi daya yang dihasilkan.



Gambar 4.9 Output simulasi PV

Gambar 4.9 menunjukkan grafik output yang dihasilkan oleh simulasi PV. Terdapat 4 grafik yang berbeda pada gambar tersebut. Grafik pertama menunjukkan temperature yang di alami oleh PV setelah diberi input seperti pada Gambar 4.8. Temperatur yang ditunjukkan berbanding lurus dengan input yang diberikan. Grafik kedua pada gambar ini menunjukkan tegangan DC yang dihasilkan oleh PV. Pada gambar terlihat bahwa tegangan DC berbanding terbalik dengan temperature, semaki besar temperature PV, maka tegangan DC yang dihasilkan akan berkurang. Grafik yang ketiga menunjukkan daya yang dihasilkan oleh PV. Nilai daya yang dihasilkan oleh PV adalah sebesar 550-9277 W. Daya yang dihasilkan ini sudah berupa daya AC karena output yang dihasilkan oleh PV sudah melalui inverter (converter DC-AC) yang mengubah dari bentuk tegangan DC ke bentuk tegangan AC. Pada grafik yang keempat ditunjukkan arus AC yang dihasilkan oleh PV, arus ini berada pada rentang nilai 10-80 Ampere.

Hasil dari pemodelan PV nantinya akan digunakan sebagai input untuk simulasi fuzzy. Data yang dibutuhkan untuk simulasi tersebut berupa daya yang dihasilkan PV dan rentang daya dari yang terendah hingga yang tertinggi. Daya dari PV ini nantinya akan dijadikan faktor pengurang kerja generator sehingga nantinya dapat melakukan penghematan bahan bakar.



Gambar 4.10 Grafik hasil pemodelan PV

4.5.3 Pemodelan Fuzzy

Fuzzy merupakan sistem kontrol yang digunakan terhadap PV dan generator pada kapal ferry MV. Aquilla. Sistem kontrol fuzzy ini menggunakan sebuah aturan yang biasa disebut dengan logika fuzzy. Logika ini berfungsi untuk mengatur besar-kecilnya porsi yang digunakan sebagai acuan hasil output.

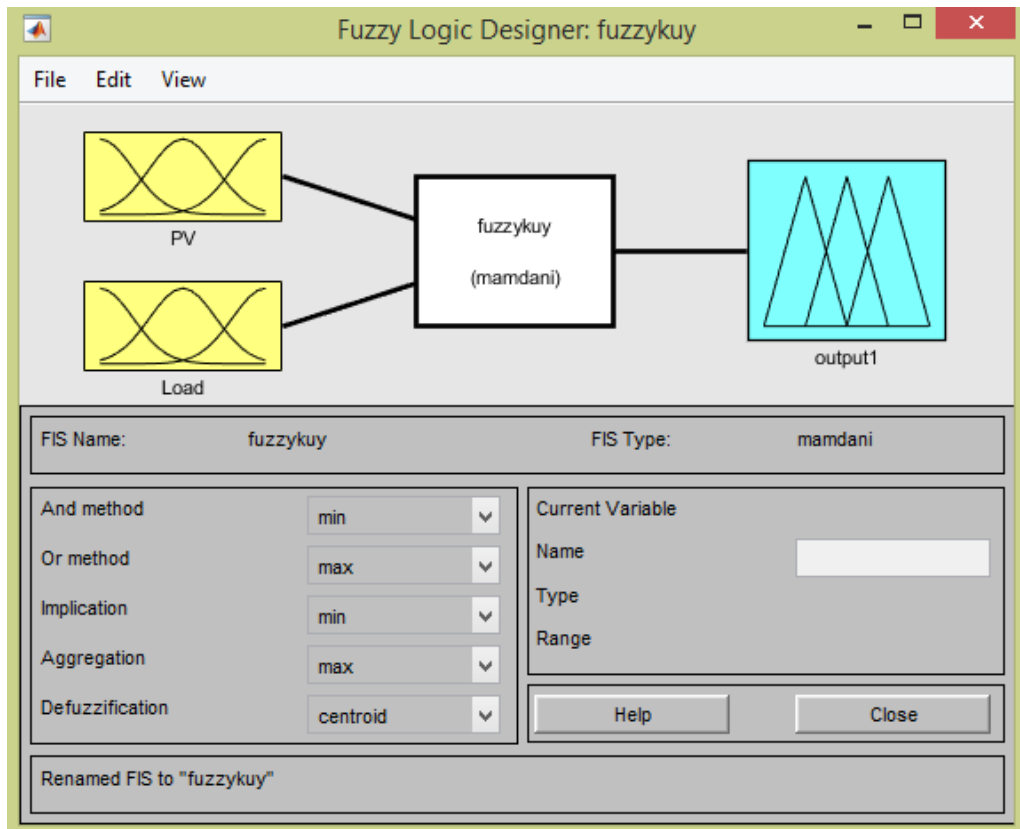
Pada dasarnya sistem kontrol fuzzy ini terdiri atas tiga bagian, yakni bagian input, bagian output dan sistem peraturan (*rules*). Ketiga bagian ini memiliki peran dan fungsinya masing-masing. Bagian pertama yakni input seperti namanya berfungsi untuk memberikan acuan input berupa data-data yang merupakan data-data utama pada sistem kontrol. Selanjutnya adalah bagian kedua yakni bagian output yang merupakan rentang dan batasan dalam menentukan hasil keluaran (*output*) dari sistem kontrol ini. Dan yang terakhir adalah *rules*. *Rules* berfungsi sebagai otak dari sistem kontrol ini. Pada *rules* berisi logika-logika, berupa logika *if*, yang mana menentukan besar kecilnya porsi yang menjadi acuan hasil output.

Pemodelan fuzzy ini dibutuhkan sebagai salah satu media untuk melakukan simulasi sistem kontrol fuzzy. Ada 2 komponen penting yang harus disiapkan sebelum membuat pemodelan fuzzy ini. Yang pertama adalah beban listrik, dan kemudian adalah daya keluaran PV. Kedua komponen tersebut memiliki peran dan fungsi yang sama yakni adalah sebagai data input pada pemodelan fuzzy ini.

Dalam melakukan pemasukan/penginputan data, data harus berupa rentang angka dari yang terendah ke yang tertinggi. Rentang data ini nantinya akan dibagi menjadi beberapa bagian tergantung oleh keinginan masing-masing. Namun semakin banyak rentang data yang dimasukkan maka pemodelan fuzzy, maka hasil output akan

lebih detail dan rinci. Pada pemodelan kali ini, masing-masing rentang data dibagi menjadi 9 bagian.

Dalam pemodelan fuzzy kali ini dua input, satu output dan 81 *rules*. Pemodelan ini dikerjakan pada toolbox kerja fuzzy dalam aplikasi Matlab. Cara membuka toolbox ini cukup mudah yakni dengan melakukan pemanggilan “fuzzy” pada home page aplikasi Matlab itu sendiri.

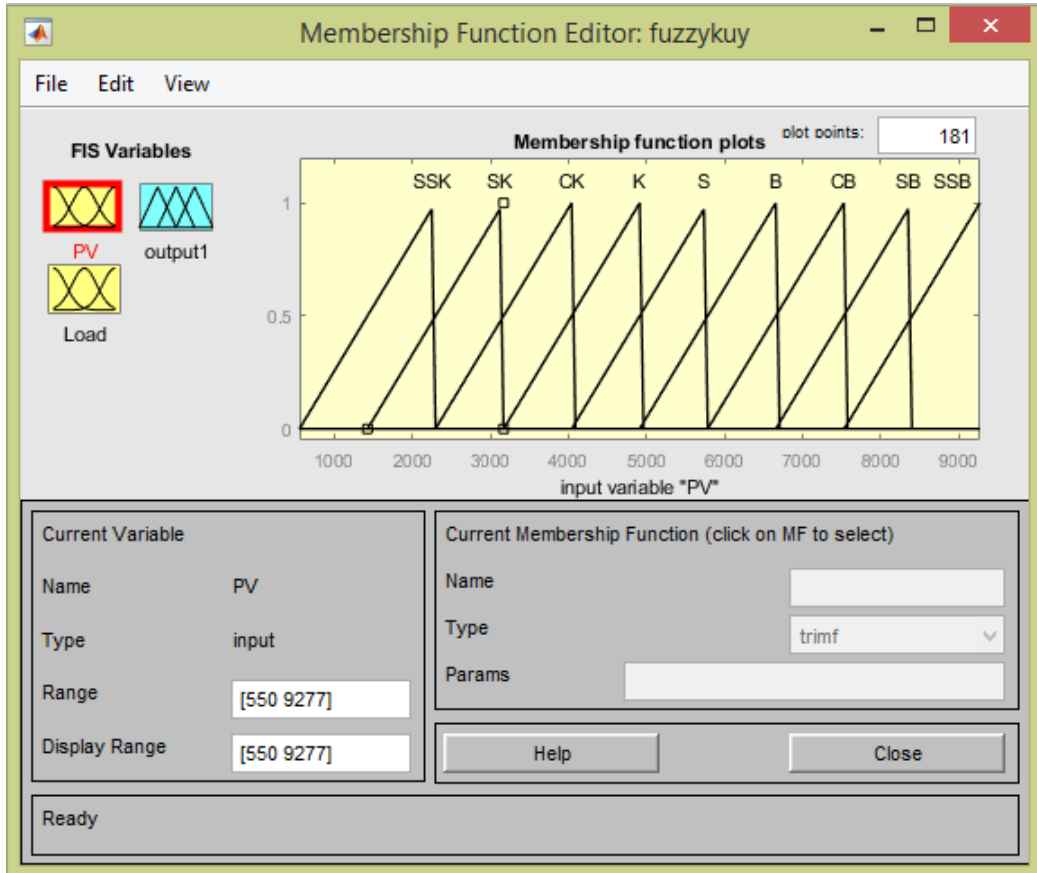


Gambar 4.11 Pemodelan Fuzzy

1. Input PV

Seperti yang telah dijelaskan di atas bahwa pemodelan fuzzy ini dibagi menjadi lima kategori. Pembagian kelima kategori tersebut adalah Sangat Sangat Kecil (SSK), Sangat Kecil (SK), Cukup Kecil (CK), Kecil (K), Sedang (S), Besar (B), Cukup Besar (CB), Sangat Besar (SB) dan Sangat Sangat Besar (SSB). Dua bagian dari pemodelan fuzzy menggunakan lima kategori ini yakni pada bagian input dan output, sedangkan untuk *rules*, kelima kategori ini hanya berfungsi sebagai acuan saja.

Besar daya keluaran PV dapat dilihat dari hasil simulasi pemodelan PV sebelumnya. Nilai yang didapat berkisar di antara 550-9277 W. Maka dari itu hasil tersebut digunakan sebagai input untuk pemodelan fuzzy.



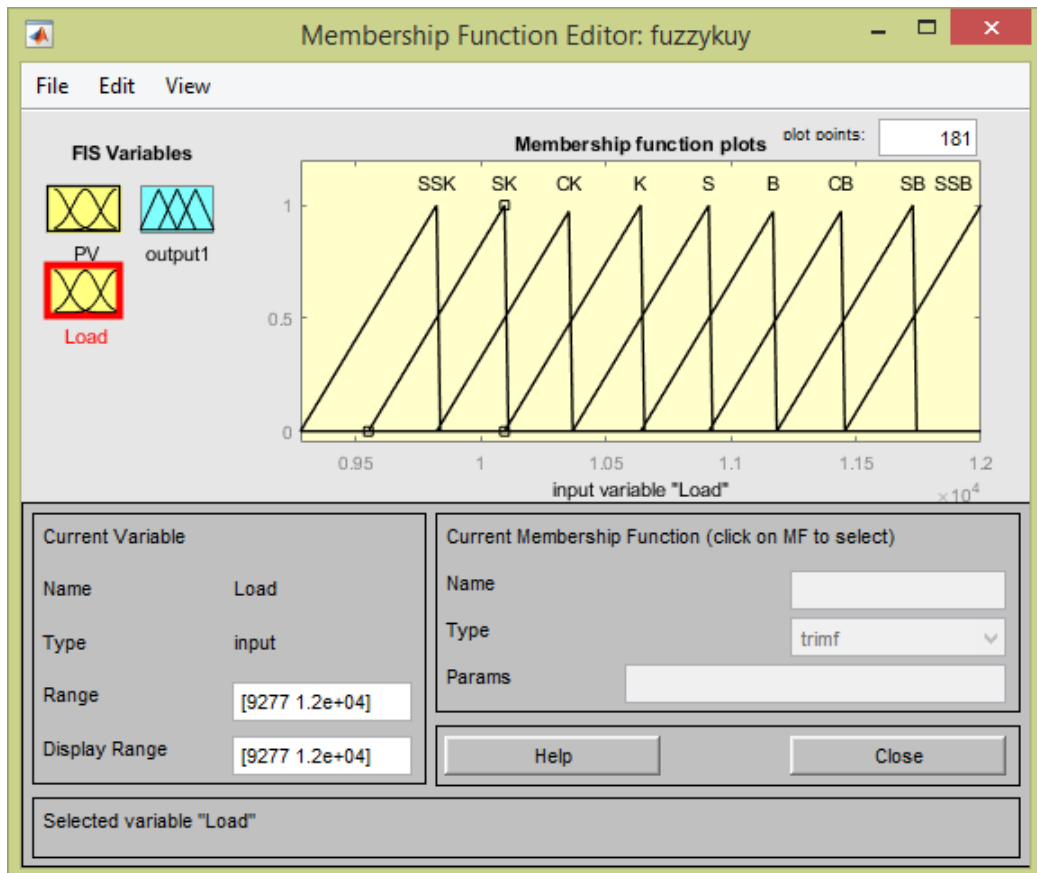
Gambar 4.12 Input daya PV pada pemodelan fuzzy

Sesuai dengan penjelasan di atas bahwa input fuzzy harus terdiri dari 9 kategori. Oleh karena itu, maka daya PV yang digunakan sebagai input pemodelan juga dibagi menjadi 9 bagian seperti pada Gambar 4.12. Rincian pembagian data input adalah sebagai berikut:

- Sangat Sangat Kecil = [550 2295 2295]
- Sangat Kecil = [1423 3168 3168]
- Kecil = [2295 4041 4041]
- Cukup Kecil = [3168 4913.5 4913.5]
- Sedang = [4041 5786 5786]
- Besar = [4913.5 6659 6659]
- Cukup Besar = [5786 7532 7532]
- Sangat Besar = [6659 8404 8404]
- Sangat Sangat Besar = [7532 9277 9277]

2. Input Beban (Load)

Beban listrik total dari MV. Aquilla didapatkan sebesar 15,005 kW sesuai dengan data perhitungan pada Bagian 4.13. Maka dengan data tersebut dapat diasumsikan penggunaan beban terendah sebesar 9,2 kW dan penggunaan beban terbesar sebesar 12 kW. Maka beban listrik kapal dapat dicari pada rentang 9,2 – 12 kW. Nilai tersebut digunakan dalam input beban acak pada fuzzy.



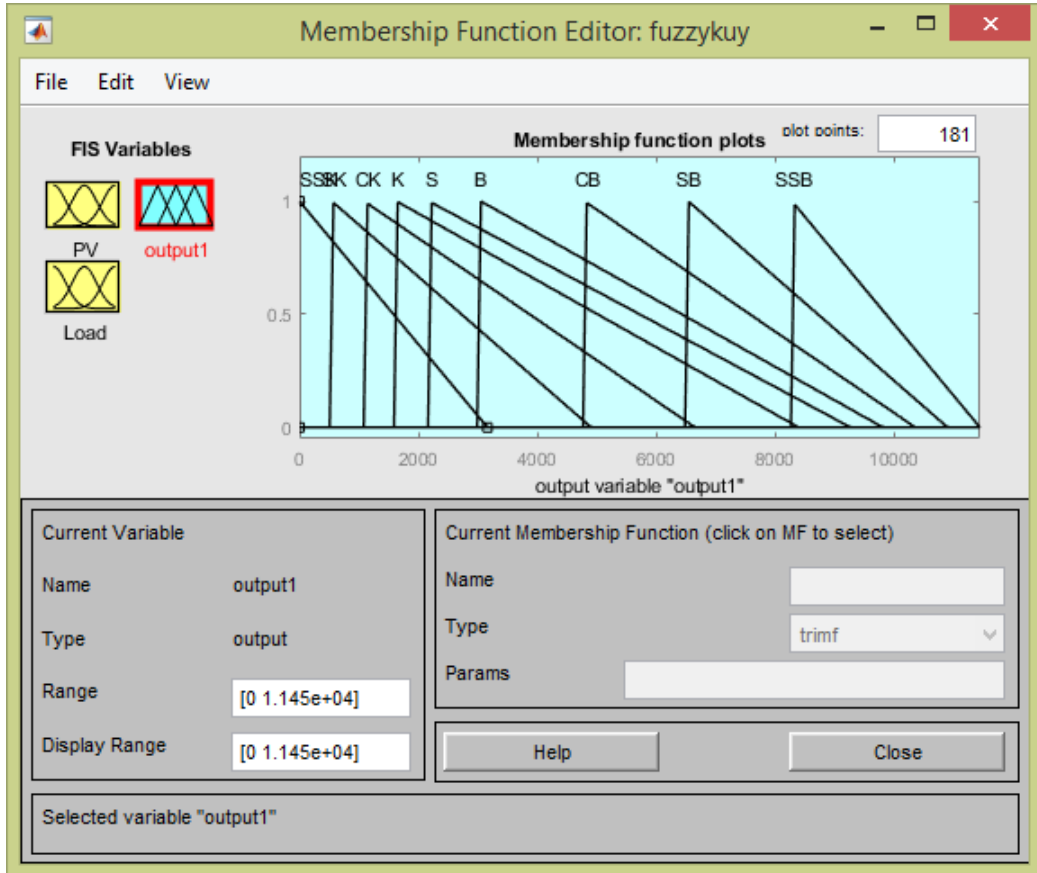
Gambar 4.13 Input beban pada pemodelan fuzzy

Sesuai dengan penjelasan di atas bahwa input fuzzy harus terdiri dari 9 kategori. Oleh karena itu, maka beban listrik kapal yang digunakan sebagai input pemodelan juga dibagi menjadi 9 bagian seperti pada Gambar 4.13. Rincian pembagian data input adalah sebagai berikut:

- Sangat Sangat Kecil = [9277 9822 9822]
- Sangat Kecil = [9549 10094 10094]
- Kecil = [9822 10366 10366]
- Cukup Kecil = [10094 10638.5 10638.5]
- Sedang = [10366 10911 10911]
- Besar = [10638.5 11183 11183]
- Cukup Besar = [10911 11455 11455]

- Sangat Besar = [11183 11728 11728]
- Sangat Sangat Besar = [11455 12000 12000]

3. Output Fuzzy



Gambar 4.14 Pemodelan output fuzzy

Setelah dilakukan input maka dilakukan pengaturan logika pada pemodelan fuzzy ini. Hal ini dimaksudkan untuk menentukan rentang output dan penempatannya. Pengaturan logika itu sendiri dapat dilihat pada Tabel 4.6. dengan asumsi Load dikurangi dengan daya output PV.

Output fuzzy didapatkan dari selisih besarnya beban listrik kapal yang diasumsikan dikurangi dengan daya hasil PV. Angka-angka tersebutlah yang dijadikan angka masukan untuk output fuzzy ini. Sesuai dengan penjelasan bahwa input fuzzy harus terdiri dari 9 kategori, maka nilai output pada fuzzy juga harus dibagi menjadi 9 bagian seperti pada Gambar 4.14 dengan rincian:

- Sangat Sangat Kecil = [0 0 3163]
- Sangat Kecil = [545 545 4908]
- Kecil = [1089 1089 6653.5]
- Cukup Kecil = [1634 1634 8399]
- Sedang = [2178 2178 9272]
- Besar = [3051 3051 9816]
- Cukup Besar = [4796.5 4796.5 10361]
- Sangat Besar = [6542 6542 10905]
- Sangat Sangat Besar = [8287 8287 11450]

Penggunaan sistem fuzzy seperti yang telah dijelaskan sebelumnya membutuhkan masukan berupa *rules* yang akan mengatur hasil output yang dihasilkan oleh logika fuzzy tersebut. *Rules* ini akan mengatur porsi output yang dihasilkan oleh pemodelan fuzzy. *Rules* yang merupakan otak dari sistem kontrol fuzzy ini diberi masukan berupa logika-logika fuzzy.

Pada permodelan fuzzy ini, sebanyak 81 *rules* digunakan untuk mengatur hasil outputnya. Input *rules* yang diberikan ditentukan dengan rumusan seperti pada Tabel 4.6. Input *rules* ini nantinya akan diubah menjadi bentuk logika *if*.

Tabel 4.6 Logika Input Rules

| PV/Load | SSK | SK | CK | K | S | B | CB | SB | SSB |
|---------|-----|-----|----|----|----|----|----|-----|-----|
| SSK | S | B | B | CB | CB | SB | SB | SSB | SSB |
| SK | K | S | B | B | CB | CB | SB | SB | SSB |
| CK | K | K | S | B | B | CB | CB | SB | SB |
| K | CK | K | K | S | B | B | CB | CB | SB |
| S | CK | CK | K | K | S | B | B | CB | CB |
| B | SK | CK | CK | K | K | S | B | B | CB |
| CB | SK | SK | CK | CK | K | K | S | B | B |
| SB | SSK | SK | SK | CK | CK | K | K | S | B |
| SSB | SSK | SSK | SK | SK | CK | CK | K | K | S |

Berdasarkan logika yang telah di rumuskan pada Tabel 4.6, *rules* yang digunakan sebanyak 81 adalah sebagai berikut:

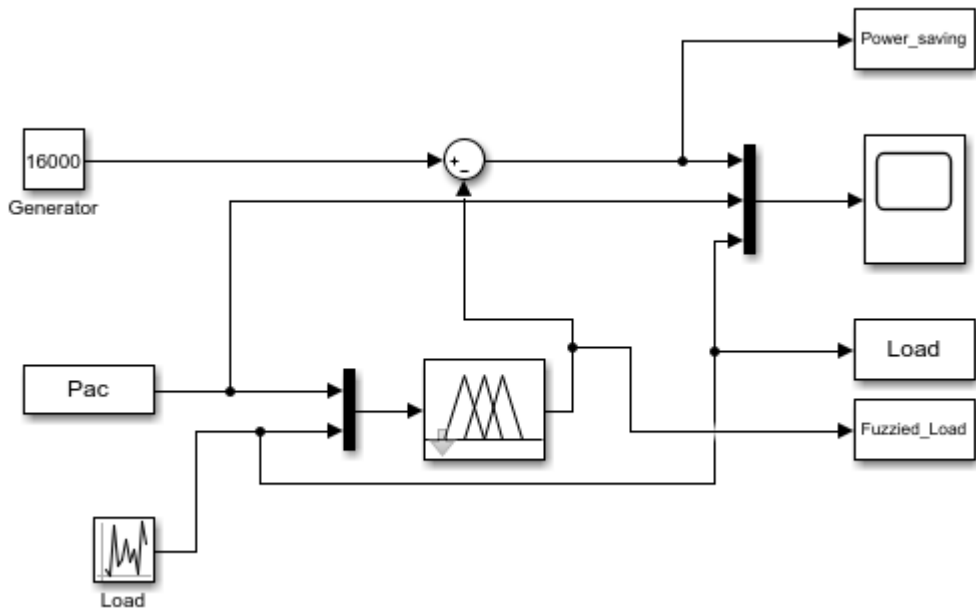
1. If (PV is SSK) and (Load is SSK) then (output1 is S)
2. If (PV is SSK) and (Load is SK) then (output1 is B)

3. If (PV is SSK) and (Load is CK) then (output1 is B)
4. If (PV is SSK) and (Load is K) then (output1 is CB)
5. If (PV is SSK) and (Load is S) then (output1 is CB)
6. If (PV is SSK) and (Load is B) then (output1 is SB)
7. If (PV is SSK) and (Load is CB) then (output1 is SB)
8. If (PV is SSK) and (Load is SB) then (output1 is SSB)
9. If (PV is SSK) and (Load is SSB) then (output1 is SSB)
10. If (PV is SK) and (Load is SSK) then (output1 is K)
11. If (PV is SK) and (Load is SK) then (output1 is S)
12. If (PV is SK) and (Load is CK) then (output1 is B)
13. If (PV is SK) and (Load is K) then (output1 is B)
14. If (PV is SK) and (Load is S) then (output1 is CB)
15. If (PV is SK) and (Load is B) then (output1 is CB)
16. If (PV is SK) and (Load is CB) then (output1 is SB)
17. If (PV is SK) and (Load is SB) then (output1 is SB)
18. If (PV is SK) and (Load is SSB) then (output1 is SSB)
19. If (PV is CK) and (Load is SSK) then (output1 is K)
20. If (PV is CK) and (Load is SK) then (output1 is K)
21. If (PV is CK) and (Load is CK) then (output1 is S)
22. If (PV is CK) and (Load is K) then (output1 is B)
23. If (PV is CK) and (Load is S) then (output1 is B)
24. If (PV is CK) and (Load is B) then (output1 is CB)
25. If (PV is CK) and (Load is CB) then (output1 is CB)
26. If (PV is CK) and (Load is SB) then (output1 is SB)
27. If (PV is CK) and (Load is SSB) then (output1 is SB)
28. If (PV is K) and (Load is SSK) then (output1 is CK)
29. If (PV is K) and (Load is SK) then (output1 is K)
30. If (PV is K) and (Load is CK) then (output1 is K)
31. If (PV is K) and (Load is K) then (output1 is S)
32. If (PV is K) and (Load is S) then (output1 is B)
33. If (PV is K) and (Load is B) then (output1 is B)
34. If (PV is K) and (Load is CB) then (output1 is CB)
35. If (PV is K) and (Load is SB) then (output1 is CB)
36. If (PV is K) and (Load is SSB) then (output1 is SB)
37. If (PV is S) and (Load is SSK) then (output1 is CK)
38. If (PV is S) and (Load is SK) then (output1 is CK)
39. If (PV is S) and (Load is CK) then (output1 is K)
40. If (PV is S) and (Load is K) then (output1 is K)
41. If (PV is S) and (Load is S) then (output1 is S)
42. If (PV is S) and (Load is B) then (output1 is B)
43. If (PV is S) and (Load is CB) then (output1 is B)
44. If (PV is S) and (Load is SB) then (output1 is CB)
45. If (PV is S) and (Load is SSB) then (output1 is CB)
46. If (PV is B) and (Load is SSK) then (output1 is SK)
47. If (PV is B) and (Load is SK) then (output1 is CK)
48. If (PV is B) and (Load is CK) then (output1 is CK)

49. If (PV is B) and (Load is K) then (output1 is K)
50. If (PV is B) and (Load is S) then (output1 is K)
51. If (PV is B) and (Load is B) then (output1 is S)
52. If (PV is B) and (Load is CB) then (output1 is B)
53. If (PV is B) and (Load is SB) then (output1 is B)
54. If (PV is B) and (Load is SSB) then (output1 is CB)
55. If (PV is CB) and (Load is SSK) then (output1 is SK)
56. If (PV is CB) and (Load is SK) then (output1 is SK)
57. If (PV is CB) and (Load is CK) then (output1 is CK)
58. If (PV is CB) and (Load is K) then (output1 is CK)
59. If (PV is CB) and (Load is S) then (output1 is K)
60. If (PV is CB) and (Load is B) then (output1 is K)
61. If (PV is CB) and (Load is CB) then (output1 is S)
62. If (PV is CB) and (Load is SB) then (output1 is B)
63. If (PV is CB) and (Load is SSB) then (output1 is B)
64. If (PV is SB) and (Load is SSK) then (output1 is SSK)
65. If (PV is SB) and (Load is SK) then (output1 is SK)
66. If (PV is SB) and (Load is CK) then (output1 is SK)
67. If (PV is SB) and (Load is K) then (output1 is CK)
68. If (PV is SB) and (Load is S) then (output1 is CK)
69. If (PV is SB) and (Load is B) then (output1 is K)
70. If (PV is SB) and (Load is CB) then (output1 is K)
71. If (PV is SB) and (Load is SB) then (output1 is S)
72. If (PV is SB) and (Load is SSB) then (output1 is B)
73. If (PV is SSB) and (Load is SSK) then (output1 is SSK)
74. If (PV is SSB) and (Load is SK) then (output1 is SSK)
75. If (PV is SSB) and (Load is CK) then (output1 is SK)
76. If (PV is SSB) and (Load is K) then (output1 is SK)
77. If (PV is SSB) and (Load is S) then (output1 is CK)
78. If (PV is SSB) and (Load is B) then (output1 is CK)
79. If (PV is SSB) and (Load is CB) then (output1 is K)
80. If (PV is SSB) and (Load is SB) then (output1 is K)
81. If (PV is SSB) and (Load is SSB) then (output1 is S)

4.5.4 Simulasi Fuzzy

Simulasi fuzzy digunakan sebagai media akhir untuk menentukan hasil dari tugas akhir ini. Dalam simulasi fuzzy ini membutuhkan hasil dari pemodelan PV dan pemodelan fuzzy yang mana keduanya akan dirangkai bersama dengan beban acak dan daya generator. Untuk lebih lengkapnya dapat dilihat pada Gambar 4.15. Data yang diambil dari simulasi ini adalah selisih daya akhir, beban acak dan beban hasil pemodelan fuzzy.



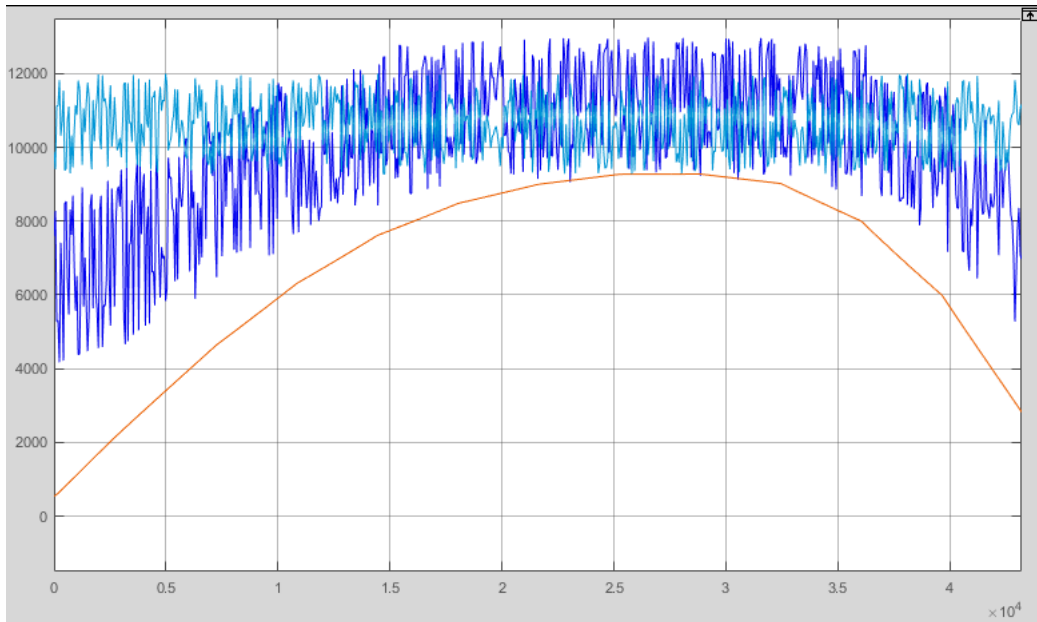
Gambar 4.15 Pemodelan Simulasi Fuzzy

4.5.5 Output Simulasi Fuzzy

Hasil dari simulasi fuzzy pada tugas akhir ini adalah besar nilai beban yang harus ditanggung oleh generator. Beban disini adalah beban yang telah dikurangi oleh daya dari PV dan melewati sistem kontrol fuzzy. Hal ini dimaksudkan untuk menambah pengurangan beban yang harus ditanggung oleh generator.

Beban kerja generator berpengaruh terhadap besar konsumsi bahan bakar. Semakin besar kerja generator maka akan semakin besar pula bahan bakar yang dikonsumsi oleh generator. Oleh sebab itu beban kerja generator dirangkai dengan sistem kontrol fuzzy yang mana diharapkan dapat menambah efisiensi penggunaan PV sehingga dapat mengurangi beban kerja generator.

Gambar 4.16 menunjukkan output simulasi dengan 3 jenis garis. Garis berwarna biru muda menunjukkan beban acak yang digunakan pada simulasi fuzzy. Beban tersebut belum dikurangi dengan daya dari output PV. Garis yang berwarna biru tua menunjukkan daya yang dapat di hemat generator saat menggunakan PV dengan sistem kontrol logika fuzzy. Dan garis berwarna merah menunjukkan daya output dari PV. Pada garis berwarna merah terlihat seperti garis lurus, hal tersebut dikarenakan sangat kecilnya selisih dari tiap waktu ke waktu sehingga tidak terlihat dibandingkan dengan skala yang mengikuti dua garis sebelumnya.



Gambar 4.16 Grafik output simulasi fuzzy

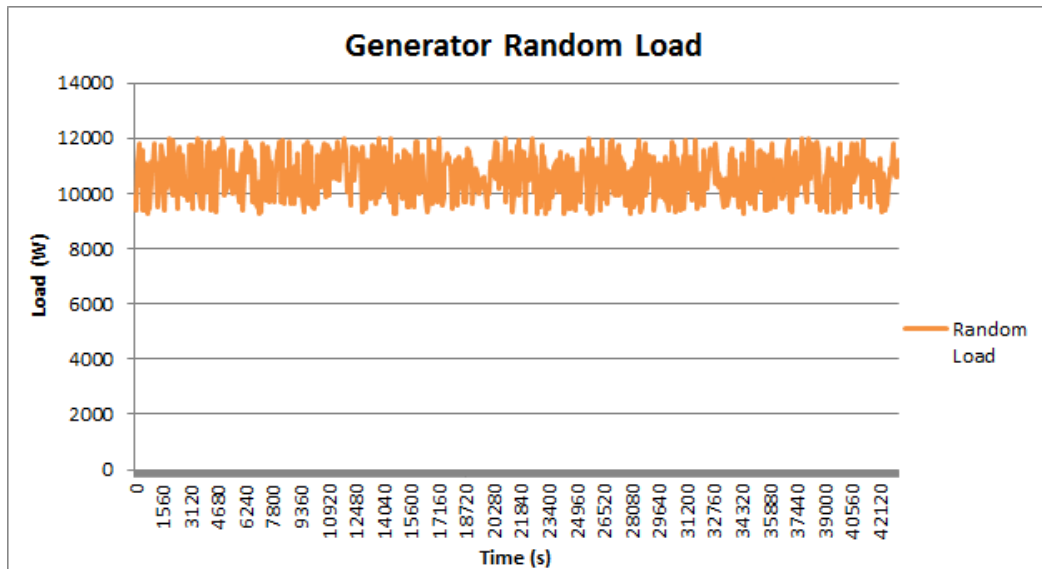
4.5.6 Perbandingan Hasil

Berdasarkan hasil simulasi yang telah dilakukan didapat data berupa beban-beban yang ditanggung oleh generator. Hasil dari simulasi dibedakan menjadi tiga skenario. Skenario pertama adalah beban generator yang tidak diinstal PV tanpa menggunakan sistem kontrol fuzzy. Skenario kedua adalah generator yang telah diinstal dengan PV tanpa menggunakan sistem kontrol fuzzy. Selanjutnya skenario yang ketiga adalah beban generator yang telah diinstal PV dengan menggunakan sistem kontrol fuzzy. Ketiga pembebanan ini bersumber dari nilai input beban acak yang diambil pada rentang 9,2-12 kW namun ketiganya melewati proses yang berbeda.

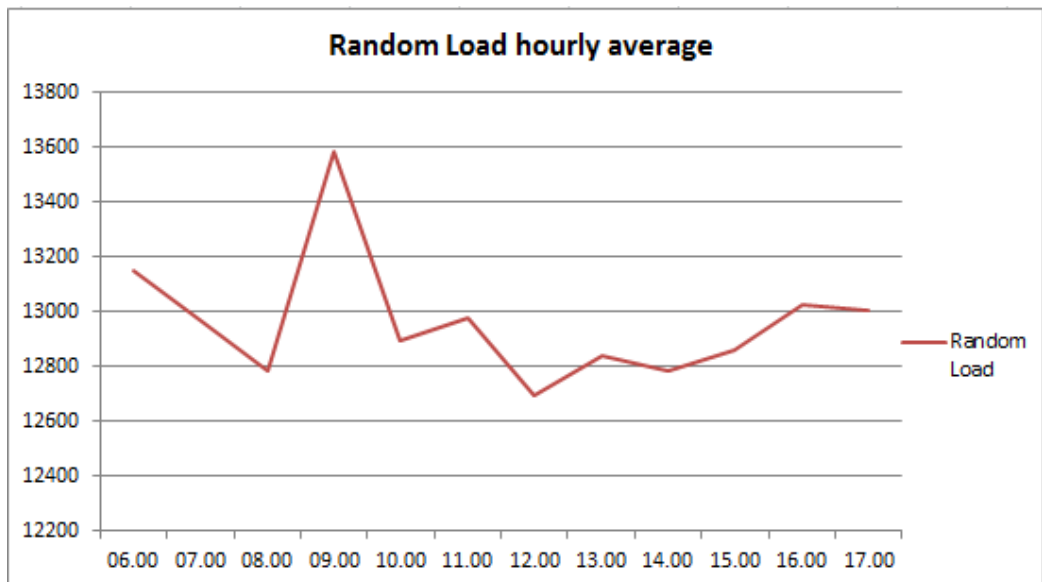
Terdapat beberapa perbedaan pada ketiga hasil hasil skenario. Oleh karena itu, untuk mengetahui lebih detail tentang perbedaan tersebut maka dibuatlah perbandingan antara beban generator tanpa PV dan tanpa sistem kontrol fuzzy, beban generator dengan PV tanpa sistem kontrol fuzzy dan beban generator dengan PV menggunakan sistem kontrol fuzzy. Sebagai catatan bahwa kedua beban kerja generator telah dikurangi oleh daya yang dihasilkan oleh PV.

Hasil yang dibandingkan berupa grafik yang akan menunjukkan perbedaan keduanya. Gambar 4.17 dan Gambar 4.18 menunjukkan grafik beban kerja generator tanpa PV dan tanpa sistem kontrol fuzzy. Gambar 4.19 dan Gambar 4.20 menunjukkan grafik beban kerja generator dengan PV tanpa sistem kontrol fuzzy. Gambar 21 dan Gambar 22 menunjukkan grafik beban kerja generator dengan PV dan menggunakan sistem kontrol fuzzy. Sedangkan pada gambar 4.23 adalah grafik yang menunjukkan perbandingan keduanya.

1. Skenario 1 (Generator tanpa PV tanpa Fuzzy)



Gambar 4.17 Grafik Beban Acak Generator tanpa PV tanpa Fuzzy



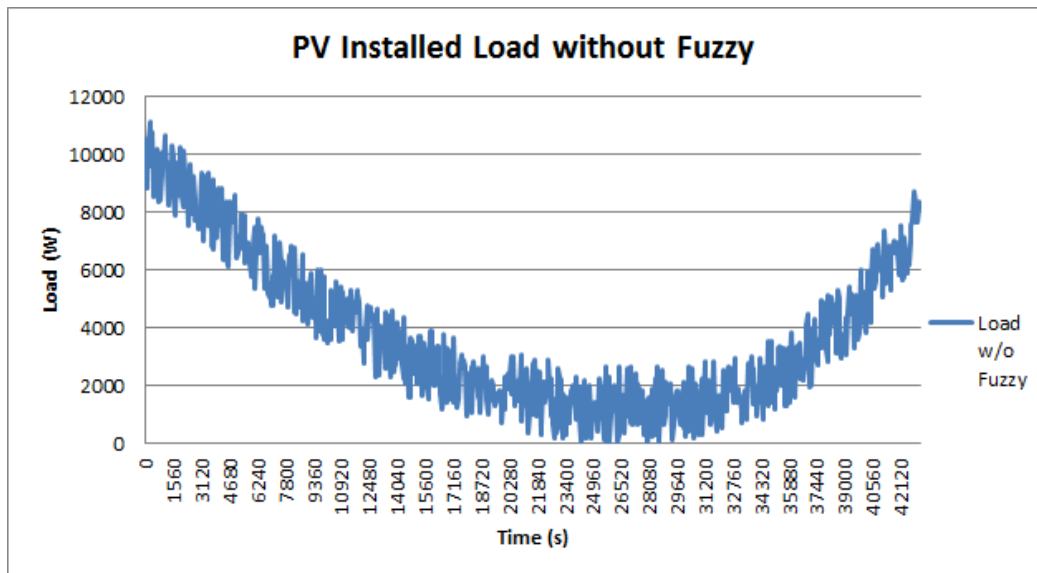
Gambar 4.18 Grafik Beban Acak Generator tanpa PV tanpa Fuzzy per jam

Berdasarkan data yang diperoleh dari hasil simulasi, Gambar 4.17 dan Gambar 4.18 menunjukkan beban kerja generator tanpa PV dan tidak menggunakan sistem kontrol fuzzy. Gambar 4.17 menunjukkan data beban kerja generator per menitnya sedangkan Gambar 4.18 menunjukkan data beban kerja generator per jam nya. Pada kedua grafik terlihat penurunan dan peningkatan beban kerja yang cukup ekstrim, hal

tersebut dikarenakan pada simulasi menggunakan nilai beban kerja acak sehingga data yang dimasukkan dianggap tidak stabil.

Hasil dari simulasi menunjukkan rata-rata kerja generator tanpa instalasi PV tanpa sistem fuzzy sebesar 10620,51 W. Sedangkan beban kerja total generator selama 12 jam sebesar 127499,5 W atau 127,5 kW. Berdasarkan nilai hasil output beban kerja acak dari generator jika dibandingkan dengan daya maksimal dari generator maka rata-rata dari beban acak ini menggunakan 80% dari daya total generator. Hasil dari beban acak inilah yang nantinya akan digunakan sebagai acuan pembebanan untuk skenario kedua dan ketiga.

2. Skenario 2 (Generator dengan PV tanpa Fuzzy)

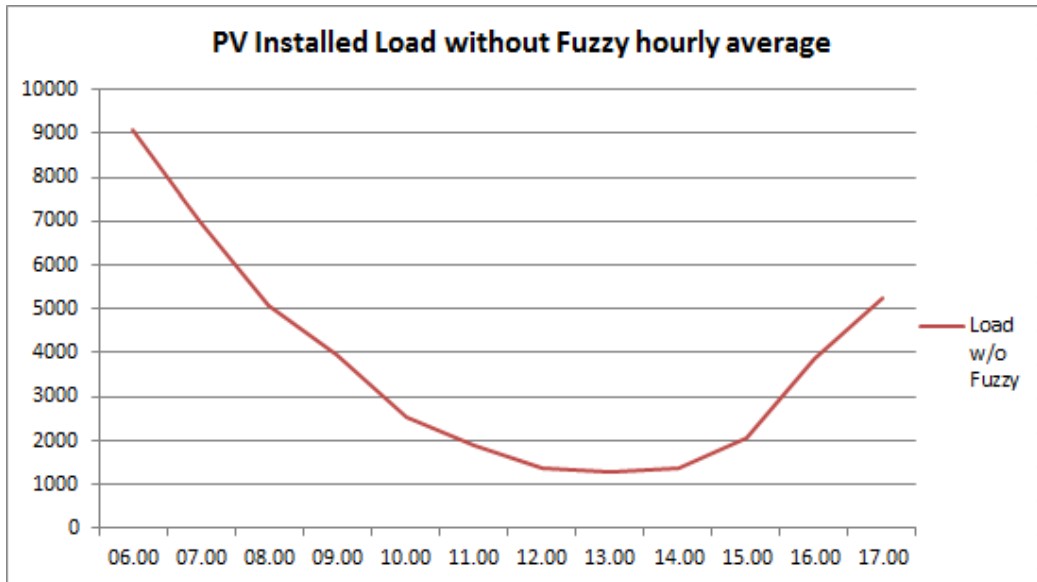


Gambar 4.19 Grafik Beban Generator tanpa Fuzzy

Berdasarkan data yang diperoleh dari hasil simulasi, Gambar 4.19 dan Gambar 4.20 menunjukkan beban kerja generator dengan PV tanpa menggunakan sistem kontrol fuzzy. Gambar 4.19 menunjukkan data beban kerja generator per menitnya sedangkan Gambar 4.20 menunjukkan data beban kerja generator per jam nya. Pada kedua grafik terlihat penurunan dan peningkatan beban kerja yang cukup ekstrim, hal tersebut dikarenakan pada simulasi menggunakan nilai beban kerja acak sehingga data yang dimasukkan dianggap tidak stabil. Hasil beban kerja acak kemudian dikurangi dengan hasil daya output yang didapatkan dari simulasi PV.

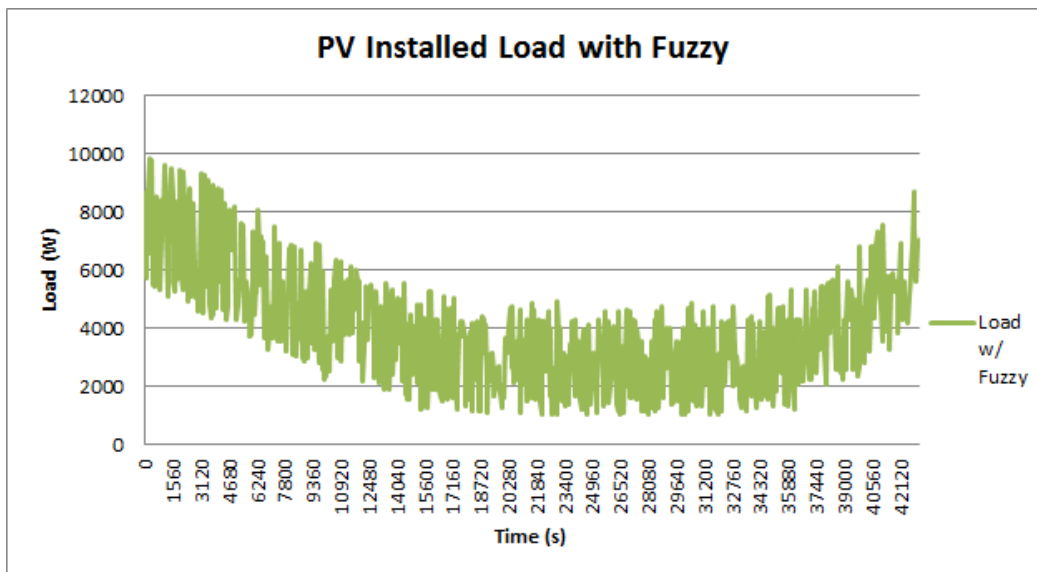
Hasil dari simulasi menunjukkan rata-rata kerja generator dengan instalasi PV tanpa fuzzy sebesar 3805,076 W. Sedangkan beban kerja total generator selama 12 jam sebesar 44775,93 W atau 44,8 W. Dari kedua nilai ini dapat dilihat terjadi penghematan daya yang cukup besar pada generator dengan daya semula 14 kW dan dengan beban acak sebesar 12 kW, generator dengan PV tanpa menggunakan sistem kontrol fuzzy hanya mengeluarkan daya untuk beban rata-rata sebesar 3,8 kW. Hal ini menunjukkan

bahwa instalasi PV pada kapal ferry MV. Aquilla ini memberikan dampak pengurangan kerja yang cukup signifikan terhadap generator.



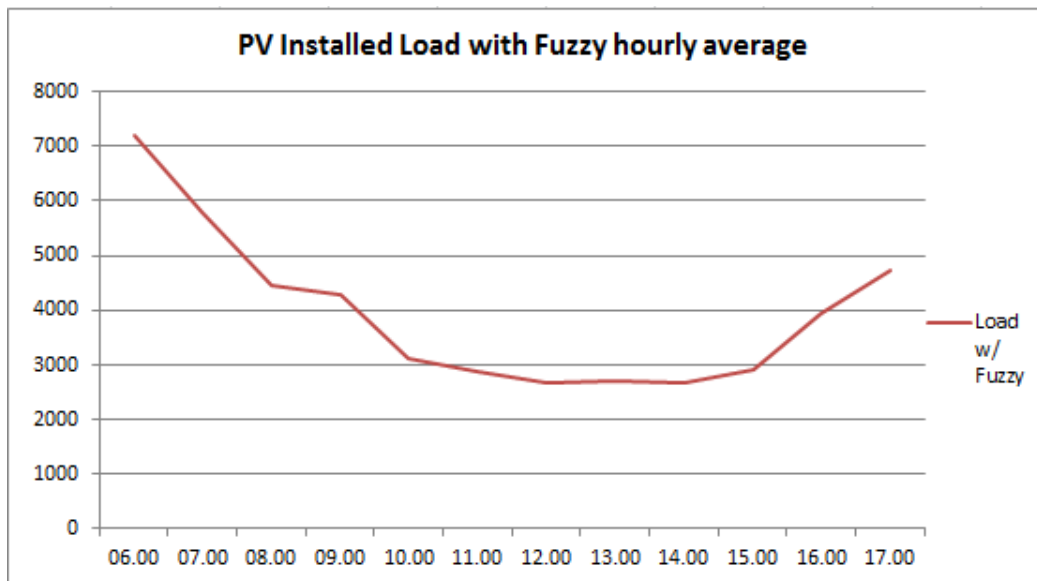
Gambar 4.20 Grafik Beban Generator tanpa Fuzzy per jam

3. Skenario 3 (Generator dengan PV menggunakan Fuzzy)



Gambar 4.21 Grafik Beban Generator menggunakan Fuzzy

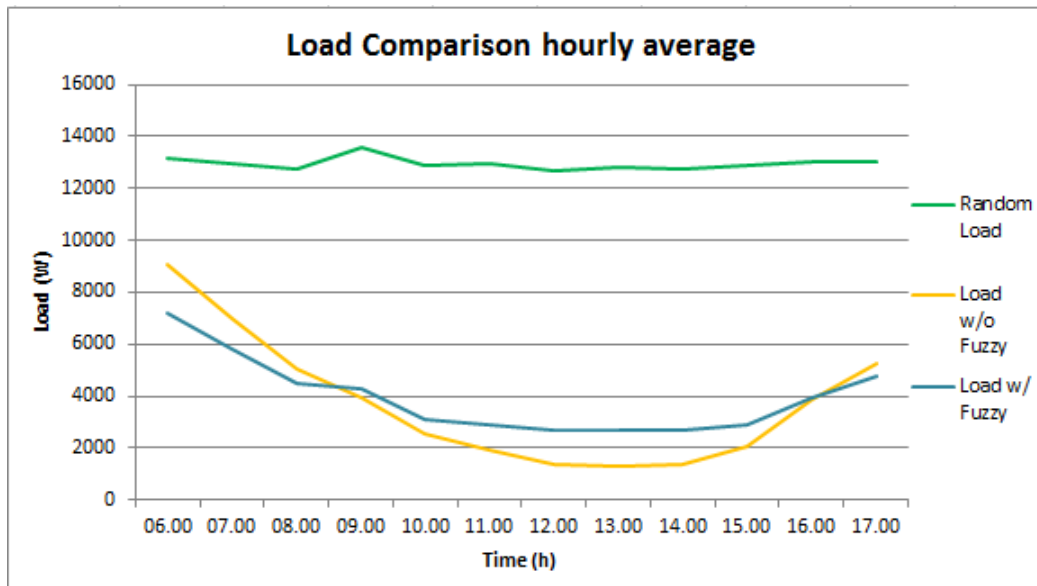
Berdasarkan data yang diperoleh dari hasil simulasi, Gambar 4.21 dan Gambar 4.22 menunjukkan beban kerja generator dengan instalasi PV dan menggunakan sistem kontrol fuzzy. Gambar 4.21 menunjukkan data beban kerja generator per menitnya sedangkan Gambar 4.22 menunjukkan data beban kerja generator per jam nya. Berbeda dengan Gambar 4.19, grafik pada Gambar 4.21 menunjukkan perubahan beban kerja yang lebih stabil. Penurunan dan kenaikan beban kerja ekstrim hanya terjadi dalam kurun waktu yang lebih panjang dibanding pada skenario 1 yang cenderung terjadi setiap waktu.



Gambar 4.22 Grafik Beban Generator menggunakan Fuzzy per jam

Hasil dari simulasi menunjukkan rata-rata kerja generator dengan instalasi PV dan menggunakan sistem kontrol fuzzy sebesar 3976,73 W. Sedangkan beban kerja total generator selama 12 jam sebesar 47290,84 W atau 47,3 kW. Dari kedua nilai ini dapat dilihat terjadi penghematan daya yang cukup besar pada generator dengan daya semula 14 kW dan dengan beban acak sebesar 12 kW, generator dengan PV dan menggunakan sistem kontrol fuzzy hanya mengeluarkan daya untuk beban rata-rata sebesar 3,98 kW. Namun jika beban rata-rata generator dengan instalasi PV yang menggunakan sistem kontrol fuzzy dibandingkan dengan dengan generator tanpa sistem kontrol fuzzy selisih yang dihasilkan tidak begitu signifikan, yaitu rata-rata hanya sebesar 0,2 kW.

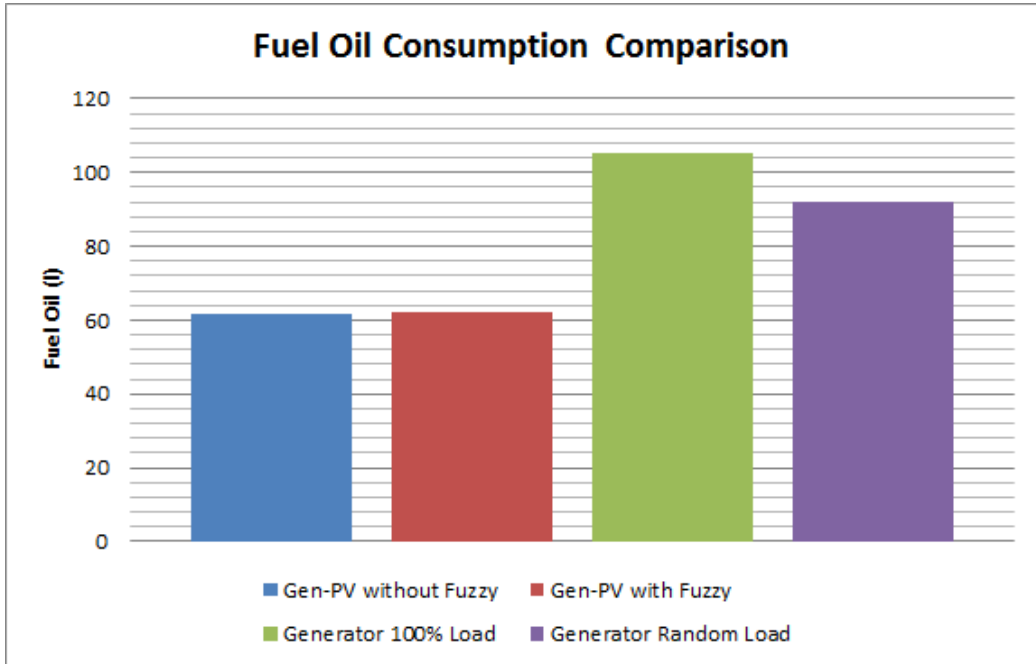
Berdasarkan hasil perbandingan, terjadi perbedaan yang cukup besar antara hasil simulasi generator yang tidak menggunakan PV dengan dua simulasi generator yang menggunakan PV. Namun, tidak terlihat perbedaan yang terpaut jauh pada hasil simulasi generator dengan instalasi PV yang menggunakan sistem kontrol fuzzy dan yang tidak menggunakan sistem kontrol fuzzy. Hal tersebut juga sesuai dengan yang tertera pada grafik dalam Gambar 4.23.



Gambar 4.23 Perbandingan Beban Generator

Gambar 4.23 menunjukkan grafik perbandingan beban acak ketiga skenario, yakni beban generator tanpa instalasi PV, beban generator dengan instalasi PV tanpa menggunakan fuzzy dan beban generator dengan instalasi PV yang menggunakan sistem kontrol fuzzy. Pada grafik tersebut memperlihatkan beban generator tanpa instalasi PV cenderung lebih tinggi grafiknya dibandingkan dengan beban generator yang terinstal PV. Perbedaan ketinggian ini berarti menunjukkan bahwa beban kerja generator yang tidak diinstal PV akan lebih besar dibandingkan dengan generator yang diinstal dengan PV. Generator yang terinstal PV dan menggunakan sistem kontrol fuzzy menghasilkan beban kerja yang lebih besar dibandingkan generator dengan PV tanpa menggunakan sistem kontrol fuzzy. Meskipun penggunaan sistem kontrol fuzzy berpengaruh terhadap beban generator, hal yang terjadi tidak begitu signifikan.

Perbedaan yang terjadi pada ketiga skenario nantinya akan berpengaruh pada penghematan bahan bakar yang digunakan oleh generator. Jika terjadi penghematan bahan bakar yang cukup besar, hal tersebut akan memberikan dampak positif terhadap owner kapal. Dampak positif tersebut adalah berkurangnya *cost* yang dikeluarkan untuk bahan bakar. Selain pengurangan dalam hal biaya atau *cost*, penghematan bahan bakar ini juga berpengaruh positif bagi lingkungan. Hal tersebut contohnya adalah mengurangi polusi udara, mengurangi polusi suara dan sedikit mengurangi eksploitasi bahan bakar fosil.



Gambar 4.24 Perbandingan konsumsi bahan bakar selama 24 jam

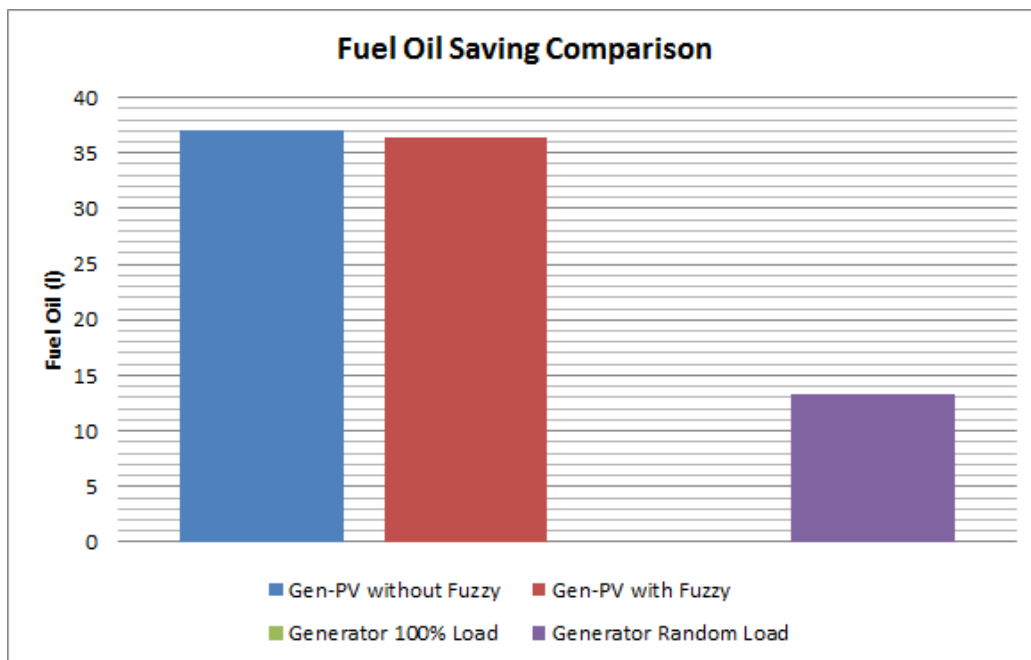
Pada Gambar 4.23 telah ditunjukkan perbandingan beban generator dari tiga skenario simulasi. Beban yang dihasilkan tiap skenario simulasi akan sangat berdampak pada konsumsi bahan bakar. Gambar 4.24 menunjukkan perbandingan jumlah bahan bakar yang dikonsumsi oleh generator. Bar berwarna biru menunjukkan konsumsi bahan bakar dari generator dengan instalasi PV tanpa menggunakan sistem kontrol fuzzy. Bar berwarna merah menunjukkan konsumsi bahan bakar dari generator dengan instalasi PV dan menggunakan sistem kontrol fuzzy. Bar berwarna hijau menunjukkan besar bahan bakar yang dikonsumsi ketika generator digunakan dengan beban 100% yakni sebesar 14 kW per jamnya. Bar berwarna ungu menunjukkan konsumsi bahan bakar ketika generator tidak diinstal dengan PV ataupun menggunakan sistem kontrol fuzzy dan berupa beban acak dari rentang 9,2-14 kW.

Perhitungan konsumsi bahan bakar pada kapal MV. Aquilla dihitung dengan cara mengalikan *Fuel Oil Consumption* (FOC) generator dengan beban kerja generator per jamnya. Untuk mendapatkan penghematan bahan bakar maka dihitung menggunakan pengurangan daya generator dengan total beban kerja yang harus ditanggung oleh generator. Perhitungan tersebut dapat dilihat pada rumus di bawah ini:

$$Fuel\ Oil\ Saving = \sum (FOC \times (P_{generator} - Total\ Load))$$

Pada Gambar 4.24 setiap bar menunjukkan ketinggian yang berbeda-beda. Ketinggian ini menunjukkan jumlah konsumsi bahan bakar pada setiap generator selama 24 jam. Pada bar berwarna biru atau generator dengan instalasi PV tanpa menggunakan sistem kontrol fuzzy ditunjukkan besar konsumsi bahan bakar adalah 60,88 liter per hari. Bar berwarna merah atau generator dengan instalasi PV dan

menggunakan sistem kontrol fuzzy menunjukkan konsumsi bahan bakar sebesar 61,67 liter per hari. Bar berwarna hijau atau generator dengan beban 100% menunjukkan bahwa konsumsi bahan bakarnya adalah sebesar 105,12 liter per hari. Bar berwarna ungu atau generator tanpa instalasi PV dan fuzzy menunjukkan besar konsumsi bahan bakarnya sebesar 86,76 liter per hari.



Gambar 4.25 Perbedaan Penghematan Bahan Bakar selama 24 jam

Berdasarkan perhitungan penghematan bahan bakar, didapatkan hasil seperti pada Gambar 4.25. Pada gambar tersebut dilakukan perbandingan penghematan bahan bakar yang diperoleh tiap simulasi generator terhadap generator dengan beban 100%. Hal tersebut dikarenakan konsumsi bahan bakar pada generator dengan beban 100% dianggap sebagai konsumsi bahan bakar terbesar dari generator.

Bar berwarna biru pada Gambar 4.25 menunjukkan penghematan bahan bakar generator dengan instalasi PV tanpa menggunakan sistem kontrol fuzzy terhadap generator beban 100% sebesar 44,24 liter atau sekitar 42% dalam satu hari. Bar berwarna merah atau generator dengan instalasi PV dan menggunakan sistem kontrol fuzzy menunjukkan penghematan konsumsi bahan bakar terhadap generator beban 100% adalah sebesar 43,45 liter atau sekitar 41,3% per hari. Sedangkan pada bar berwarna ungu atau generator tanpa PV dan fuzzy menunjukkan angka penghematan konsumsi bahan bakar terhadap generator beban 100% sebesar 18,36 liter atau sekitar 17,5% perharinya.

Dari perhitungan Gambar 4.25 dapat dihitung perbandingan pada tiap generatornya. Selisih antara generator terinstal PV tanpa menggunakan sistem kontrol fuzzy dengan generator tanpa PV dan fuzzy adalah sebesar 25,88 liter dalam satu hari. Oleh karena itu, generator dengan instalasi PV tanpa menggunakan sistem kontrol

fuzzy menghemat 29,8% bahan bakar dari generator tanpa PV dan fuzzy. Tidak jauh berbeda dengan hasil tersebut, selisih antara generator terinstal PV yang menggunakan sistem kontrol fuzzy dengan generator tanpa PV dan fuzzy adalah sebesar 25,09 liter dalam satu harinya. Dengan begitu, generator dengan instalasi PV yang menggunakan sistem kontrol fuzzy melakukan penghematan bahan bakar sebesar 28,9% dari generator tanpa PV dan fuzzy. Sedangkan selisih antara generator terinstal PV dan menggunakan sistem kontrol fuzzy dengan generator terinstal PV tanpa menggunakan fuzzy adalah sebesar 0,79 liter per hari. Persen penghematan bahan bakar generator terinstal PV dan menggunakan sistem kontrol fuzzy terhadap generator terinstal PV tanpa menggunakan sistem kontrol fuzzy adalah sebesar -1%.

Besar penghematan bahan bakar kedepannya juga akan berpengaruh terhadap biaya operasional (*cost*) dari kapal tersebut. Jika diasumsikan harga bahan bakar per liter adalah Rp 10.000, maka biaya yang harus dikeluarkan untuk membeli bahan bakar dalam satu bulan (asumsi kapal beroperasi selama 1 bulan penuh) adalah sebagai berikut:

- Generator dengan instalasi PV tanpa menggunakan sistem kontrol fuzzy
= Rp 18.264.310
- Generator dengan instalasi PV dengan menggunakan sistem kontrol fuzzy
= Rp 18.500.351
- Generator tanpa instalasi PV dan fuzzy
= Rp 26.028.508
- Generator dengan beban 100%
= Rp 31.536.000

Dari perhitungan tersebut didapatkan besar penghematan biaya antara tiap-tiap generator. Penghematan biaya antar generator adalah sebagai berikut:

- Generator dengan instalasi PV tanpa menggunakan sistem kontrol fuzzy terhadap generator beban 100 % = Rp 13.271.690
- Generator dengan instalasi PV dengan menggunakan sistem kontrol fuzzy terhadap generator beban 100% = Rp 13.035.649
- Generator tanpa instalasi PV dan fuzzy terhadap generator dengan beban 100% = Rp 5.507.492
- Generator dengan instalasi PV tanpa menggunakan sistem kontrol fuzzy terhadap generator tanpa instalasi PV dan fuzzy = Rp 7.764.198
- Generator dengan instalasi PV dengan menggunakan sistem kontrol fuzzy terhadap generator tanpa instalasi PV dan fuzzy = Rp 7.528.157
- Generator dengan instalasi PV dengan menggunakan sistem kontrol fuzzy terhadap generator dengan instalasi PV tanpa menggunakan sistem kontrol fuzzy = Rp -236.042

Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa penghematan bahan bakar terbesar diperoleh dari generator dengan instalasi PV tanpa menggunakan sistem kontrol fuzzy. Dipasangnya atau tidak PV di kapal juga berpengaruh cukup besar dalam penghematan bahan bakar. Sistem kontrol fuzzy pada simulasi ini tidak terlalu banyak memberikan perbedaan yang signifikan.

“Halaman Ini Sengaja Dikosongkan”

BAB V

PENUTUP

Bab ini menjelaskan kesimpulan dari penelitian, beserta saran yang dapat dimanfaatkan untuk perbaikan pada penelitian selanjutnya.

5.1 Kesimpulan

1. Perancangan sistem kontrol panel surya yang terpasang di kapal berbasis logika fuzzy dimulai dengan penentuan komponen-komponen yang akan digunakan dalam simulasi. Hal tersebut kemudian dilanjutkan dengan penyusunan blok simulasi pada software MatLab. Blok simulasi yang dibuat terlebih dahulu adalah blok simulasi panel surya (PV). Kemudian dilanjutkan dengan pembentukan simulasi fuzzy. Ketika pembentukan simulasi fuzzy dibutuhkan logika fuzzy sebagai sistem kontrolnya. Tiap-tiap blok simulasi selanjutnya dihubungkan dengan logika fuzzy sehingga menghasilkan hasil keluaran berupa beban generator yang telah melalui sistem kontrol fuzzy.
2. Sistem kontrol fuzzy memberikan pengaruh terhadap penghematan bahan bakar yang digunakan oleh generator kapal ferry MV. Aquilla. Penghematan konsumsi bahan bakar yang menggunakan sistem kontrol fuzzy dibagi menjadi 3 skenario, skenario 1 merupakan beban generator tanpa PV dan fuzzy, skenario 2 adalah beban generator dengan PV tanpa fuzzy, dan skenario 3 adalah beban generator dengan PV dan fuzzy. Sedangkan skenario 0 adalah kondisi dimana generator bekerja pada 100 % beban. Selisih antara generator dengan skenario 3 terhadap skenario 1 adalah sebesar 25,09 liter dalam satu harinya atau terjadi penghematan bahan bakar sebesar 28,9%. Selisih antara generator dengan skenario 3 terhadap skenario 2 adalah sebesar 25,88 liter per hari atau terjadi penghematan bahan bakar sebesar 29,8%. Generator dengan skenario 3 terhadap skenario 0 adalah sebesar 43,45 liter atau sekitar 41,3% per hari.

5.2 Saran

1. Untuk penelitian selanjutnya harap disertakan bentuk konfigurasi pada pembebanan yang dilakukan oleh generator dan PV.
2. Menambahkan pemodelan generator sehingga nilai yang didapat dapat mendekati hasil aslinya.
3. Menggabungkannya dengan sistem kontrol yang mengatur perubahan irradianse karena pengaruh cuaca, gerhana ataupun hal-hal lain yang mengubah nilai irradianse sesuai lingkungannya.

“Halaman Ini Sengaja Dikosongkan”

DAFTAR PUSTAKA

- [1] IMO, "Prevention of Air Pollution from Ships," *MARPOL*, 2010.
- [2] M. Laboratory, "Kapal Ferry "MV.Aquilla"," 2018.
- [3] D. Gielen, F. Boshell, D. Saygin, M. D. Bazilian, N. Wagner and R. Gorini, "The Role of Renewable Energy in the Global Energy Transformation," no. Elsevier, 2019.
- [4] S. A. Kalogirou, *Solar Energy Engineering*, 2009.
- [5] D. Kho, "Pengertian Sel Surya (Solar Cell) dan Prinsip Kerjanya," no. Teknikelektronika.com.
- [6] B. C. Kuo, *Automatic Control System*, New Jersey: Prentice-Hall, 1975.
- [7] M. Kumar, L. Misra and G. Shekhar, "A Survey in Fuzzy Logic: An Introduction," in *National Seminar on Recent Advanced in Wireless Networks and Communication (NWNC)*, Rajhastan, 2014.
- [8] A. Naba, *Belajar Cepat Fuzzy Logic Menggunakan Matlab*, Andi Publisher, 2009.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

LAMPIRAN

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

Lampiran 1: Spesifikasi Panel Surya (*Photovoltaics*)

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

SURANA SVL-200 Polycrystalline PV Module


The above picture may not depict the actual product and is only an indicative.

Electrical Parameters

| | |
|---|---------------------------|
| Nominal Power - P_{max} (W) | 200 |
| Voltage at maximum Power - V_{mp} (V) | 28.9 |
| Current at maximum Power - I_{mp} (A) | 7.1 |
| Open circuit Voltage - V_{oc} (V) | 36.6 |
| Short Circuit Current - I_{sc} (A) | 8.3 |
| Maximum System Voltage | 1000 VDC |
| Maximum Series Fuse Rating | 12 A |
| Temperature Coefficient - P_{max} | -0.46 % / °C |
| Temperature Coefficient - V_{oc} | -0.35 % / °C |
| Temperature Coefficient - I_{sc} | 0.05 % / °C |
| Solar Cells per Modules - Unit | 60 (10x6 Matrix) |
| Solar Cell Size and Type | 156 mm, multi-crystalline |
| Power Tolerance | 0% / +5% |

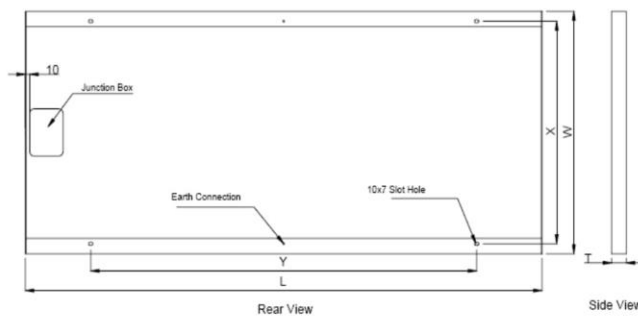
* Measurement Tolerance on Electrical Parameters +/- 5%

* All parameters are at STC 25°C Cell Temperature, 1000W / m² Irradiance and AM 1.5.

* Specifications subject to change without prior notice due to product upgrades.

* Prefixed cables, connectors, cable glands and bypass diodes are provided along with the module.

* All dimensions below within a +/- 2 mm tolerance


Mechanical Details

L x W x T - mm 1660 x 990 x 42

Mounting Holes Y - mm 1100

Mounting Holes X - mm 950

Area - m² 1.65

Weight - Kg 19.1

Junction Box Details

Dimensions - mm 130 x 105 x 30

Bypass Diodes 3 diodes, 12 A

Connectors MC4 compatible

SURANA VENTURES LIMITED

5th Floor, Surya Tower, Sardar Patel Road,
Secunderabad -500 003 India
www.suranaventures.com
solar@surana.com
+91-40-27841198



“Halaman ini sengaja dikosongkan”

Lampiran 2: Spesifikasi Generator

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

TJ20BD5A (400 VAC)

50 Hz Diesel Generator Sets

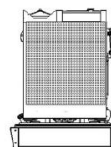
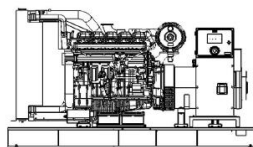
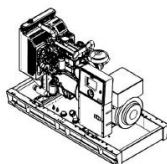


Output Power

| | | |
|---------------------|-----|----|
| Standby Power (ESP) | kVA | 20 |
| | kW | 16 |
| Prime Power (PRP) | kVA | 18 |
| | kW | 14 |

Size

| | W x L x H (mm) | Weight (kg) | Fuel Tank (lt) | Noise dB(A) @ 1m |
|-----------|-------------------|----------------|-------------------|---------------------|
| Canopied | 950 x 2200 x 1450 | 842 | 90 | TBA |
| Open Skid | 950 x 1650 x 1060 | 568 | 90 | TBA |



Continuous Power

The maximum power which a generating set is capable of delivering continuously whilst supplying a constant electrical load. Average load can be 100%. The generator must not be overloaded.

Standby Power

The max power available during a variable electrical power sequence, under the stated operating conditions, for which a generating set is capable of delivering in the event of a utility power outage or under test conditions for up to 200 hrs of operation per year under average of 70% load. Overloading isn't permissible.

Prime Power

The maximum power which a generating set is capable of delivering continuously whilst supplying a variable electrical load. Average load should be 70%. The generator can be overloaded 10% for 1 hour per 12 hrs.

TTDT.J20BD5A20190801EN

+90 850 281 90 00

info@teksan.com

www.teksan.com

TJ20BD5A (400 VAC)

50 Hz Diesel Generator Sets



Engine

| | | |
|------------------------------------|--------|--------------------|
| Manufacturer | | BAUDOUIN |
| Model | | 4M06G17/5 |
| Cylinder Configuration | | IN LINE |
| No of Cylinders | | 4 |
| Displacement | lt | 2,3 |
| Bore | mm | 89 |
| Stroke | mm | 92 |
| Compression Ratio | | 17,5:1 |
| Aspiration | | NATURAL ASPIRATION |
| Governor Type | | MECHANICAL |
| Cooling System | | WATER |
| Coolant Capacity | lt | 16 |
| Lubrication Oil Capacity | lt | 9,5 |
| Electrical System | VDC | 12 |
| Speed / Frequency 50 Hz | rpm | 1500 rpm / 50 Hz |
| Engine Gross Power (Standby 50 Hz) | kW | 20 |
| Fuel Consumption %110 ESP 50 Hz | lt/h | 5,4 |
| Fuel Consumption %100 PRP 50 Hz | lt/h | 4,8 |
| Fuel Consumption %75 PRP 50 Hz | lt/h | 3,7 |
| Fuel Consumption %50 PRP 50 Hz | lt/h | 2,6 |
| Exhaust Outlet Temperature 50 Hz | °C | 700 |
| Exhaust Gas Flow 50 Hz | m3/min | 4,5 |
| Combustion Air Flow 50 Hz | m3/min | 1,38 |
| Cooling Air Flow 50 Hz | m3/min | 48 |

Alternator

| | | |
|-----------------------------------|-----|--|
| Manufacturer | | MARELLI |
| Model | | MXB180XA4 |
| No of Phases | | 3 |
| Power Factor | | 0,8 |
| No of Bearings | | SINGLE |
| No of Poles | | 4 |
| No of Leads | | 12 |
| Voltage Regulation (Steady State) | | ± %0,5 [In Steady State, Speed from (-%2) to (+%5) and Cosφ=0,8-1] |
| Insulation Class | | H |
| Degree of Protection | | IP 23 |
| Excitation System | | AVR (Automatic Voltage Regulator); Brushless |
| Connection Type | | STAR |
| Total Harmonic Content (No Load) | | < %2 |
| Frequency | Hz | 50 |
| Voltage Output 50 Hz | VAC | 230 / 400 |
| Rated Power (Standby) 400_50 Hz | kVA | 22 |
| Efficiency (4/4_400 V_50 Hz) | % | 86,1 |

TTDT.J20BD5A20190801EN

+90 850 281 90 00

info@teksan.com

www.teksan.com

TJ20BD5A (400 VAC)

50 Hz Diesel Generator Sets



Standard Equipments

Engine

In Teksan generator sets, leading engine brands that have state of the art technology and have compliance with ISO 8528, ISO 3046, BS 5514, DIN 6271 standards, are being used. These engines with low fuel consumption, provide accurate speed setting and order, mount to the fuel pump, also have mechanic or electronic type governors.

Alternator

In products Teksan produced, leading alternator brands of the world that have state of the art technology, high quality, productivity and durability, are being used. All alternators, which pass necessary test process and found appropriate according to EC 60034-1; CEI EN 60034-1; BS 4999-5000; VDE 0530, NF 51-100,111; OVE M-10, NEMA MG 1.22. standards, have bearing system that does not need maintenance, with electronic type voltage regulator providing voltage setting.

Control Panel

Standard control panel, that is used in Teksan generator sets, ensures comfortable and safe usage. All measured and statistical parameters, operating modes, notice and alarms and condition of generator, are monitored easily from the control panel. On the front of the panel's metal body has electronic control module and the emergency stop button and the panel's metal body is made of steel sheet and is painted with electrostatic powder paint.

Teksan offers panel design and solutions that comply with special requirements of customers as well as quality standard panels.

Chassis and Fuel Tank

Chassis is manufactured from steel that has features and durability for carrying burden of generator set. Thanks to its rigid structural design and anti-vibration mounts, it reduces vibration level to minimum. All chassis contain lifting lugs. Apart from chassis that are produce by Teksan, special solutions that design in accordance with customer desires, make transportation and positioning easier.

In less than 1600 kVA power generator sets, fuel tank is produced integrally to the chassis. In more than 1600 kVA power generator sets, rectangular type fuel tank is provided with generator set separately. In all types of fuel tank have its level and indicator.

Cooling System

System, that consists of quality industrial - type radiator, expansion tank and cooler fan, keeps the temperature of generator set's equipments constant at a proper level.



Canopy Features

TEKSAN Standard Canopies' default features are as follows;

- Compatible with 2000/14/EC directives, certified noise emission level,
- 2 or 4 points transport possibility according to cabin size,
- Hidden exhaust inside the canopy,
- Emergency stop button located on the canopy,
- Improved air suction channel to ensure homogenous cooling in the canopy,
- Radiator air outlet and exhaust with designed towards above,
- Lid on cab that provides to be filled up water and antifreeze easily to the radiator,
- Amplified paint system against corrosion and rust,
- Improved performance in terms of sound insulation,
- Demounted parts that make transportation and maintenance easier,

As well as the standard range of canopies, TEKSAN can also design tailored canopies with specific sound level or size upon customer requests.

Optional Equipments

Some Optional Equipments that Teksan provides with Generator Sets;

- Medium voltage alternator,
- Remote radiator applications,
- Automatic fuel filling system,
- Fuel tank, oil pan, dashboard, alternator, coil heaters,
- Alternator with double AVR and PMG,
- Synchronization systems,
- The generator output breaker,
- Grid-generator transfer switches,
- Accordance with the specific volume of demand-insulated cabins,
- Seismic solutions,
- Trailer,
- Remote monitoring.

TTDTJ20BD5A20190801EN

TJ20BD5A (400 VAC)

50 Hz Diesel Generator Sets



Control Panel Features-TJ 509-T

- The TJ-509T is a next generation genset control unit combining multi-functionality and wide communication possibilities together with a reliable and low cost design.
- The unit complies and mostly exceeds world's tightest safety, EMC, vibration and environmental standards for the industrial category.
- Software features are complete with easy firmware upgrade process through USB port. The Windows based PC software allows monitoring and programming through USB, RS-485, Ethernet and GPRS.
- The PC and server based Rainbow Scada software allows monitoring and control of an unlimited number of gensets from a single central location.



Functions

- AMF unit with uninterrupted transfer
- ATS unit with uninterrupted transfer
- Remote start controller
- Manual start controller
- Engine controller
- Remote display & control unit
- Waveform display of V & I
- Harmonic analysis of V & I
- CTs at genset or load side

Communications

- SM-GPRS
- Web monitoring
- Web programming
- GSM-SMS
- e-mail
- USB Device
- RS-232
- J1939-CANBUS

Topologies

- 2 phase 3 wires, L1-L2
- 2 phase 3 wires, L1-L3
- 3 phase 3 wires, 3 CTs
- 3 phase 3 wires, 2 CTs (L1-L2)
- 3 phase 3 wires, 2 CTs (L1-L3)
- 3 phase 4 wires, star
- 3 phase 4 wires, delta
- 1 phase 2 wires

- Technical information and values are according to ISO8528, ISO3046, NEMA MG-1.22, IEC60034.1, BS4999-5000, VDE0530 standards.
- Producing with ISO9001, ISO14001, CHSAS18001, TSE, CE standards.
- All information given in this leaflet is intended for general purposes only.
- Due to a policy continuous improvement Teksan reserves the right to amend details and specifications without notice and all information given is subject to the Teksan's current condition of sales.

TBA: To Be Asked TED: To Be Determined NA: Not Available N/A: Not Applicable TDDT: 20ED5A20190801EN

Lampiran 3: Spesifikasi Peralatan Elektronika

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

1. Televisi



40" Full HD Flat TV H5003 Series 5

UA40H5003ARXXP

- Triple Protection
- Family TV
- 120 Clear Motion Rate (CMR)
- FHD
- 10 watts x 2 Sound Output
- HDMI
- ConnectShare (USB) Movie

SIZE

| | |
|----|----|
| 40 | 48 |
|----|----|

WHERE TO BUY

Sorry! This product is no longer available

Power

Power Supply

AC100-240V 50/60Hz

Power Consumption (Max)

70 W

Power Consumption (Stand-by)

0.5 watts W

Yearly Power Consumption (EU standard)

N/A kWh

Dimension

Package Size (WxHxD)

1047.0 x 589.0 x 142.0 mm

Set Size with Stand (WxHxD)

905.2 x 561.8 x 169.0 mm

Set Size without Stand (WxHxD)

905.2 x 525.4 x 91.1 mm

Weight

Package Weight

9.2 kg

Set Weight with Stand

6.9 kg

Set Weight without Stand

6.4 kg

2. Showcase Polytron



Showcase

Showcase Polytron SCN-180 180L

☆☆☆☆☆ (No reviews)

Availability: **In Stock**
[Compare](#)


- SKU: 56166
- Vendor: Polytron
- Category: Best Selling Products, Newest Products, Showcase

Description

Reviews

- **Gross / Net Capacity (Liter) :** 180 Liter
- **Door Handle :** No
- **Max Power Consumption (Watt) :** 190 Watt
- **Anti-Flogging Glass Door :** Yes
- **Bottle Opener :** No
- **Adjustable rack :** Yes
- **Heavy Duty & Rust Free :** Yes
- **Wheel :** Yes
- **Energy Saving :** Yes
- **Product Size (mm) :** 540x582x1525 Mm
- **Product Weight (Kg) :** 48 Kg
- **No Frost :** No
- **Voltage Input (V) :** 180 - 220 V/ 50Hz
- **Digital Display Temperature :** No
- **Perfect Door Sealed :** Yes
- **Lighting :** LED

3. Air Conditioner

AKARI - 1 PK AIR CONDITIONER AC0910PLWI

SPECIFICATIONS



- 1 PK
- Plasma Fin
- Nano Silver Filter
- Turbo Cooling
- 9000 Btu
- 710 Watt



Akari AC-0568GLW AC Split Low Watt 1/2 Pk - Putih

Highlight Produk


Healty nano silver filter

Plasma fin, anti karat lebih baik'

Turbo cooling, cepet dingin

Refrigerant R410


Daya 409 watt



Changhong CSC-07NVB Deluxe Double Gold Fin AC Split - [3/4PK/JABODETABEK]

Brand: Changhong ★ ★ ★ ★ 1 ulasan produk Garansi: Changhong info

| | |
|-----------------------|---|
| Harga | Harga awal Rp 2.950.000 Rp 2.499.000 15% OFF |
| Blibli Rewards | + 1.250 poin Blibli Rewards |
| Cicilan | Cicilan 0% mulai dari Rp 208.250 /bulan Cicilan tanpa kartu kredit Tersedia |
| Warna | White |



- Daya listrik : 680 Watt
- Daya PK : 3/4 PK
- Kapasitas pendinginan : 7500BTU/h
- Tipe Refrigerant : R-410a
- Teknologi Turbo Jet Cool
- Lapisan Double Gold Fin

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

**Lampiran 4: Data Beban Kerja Generator dan Perhitungan
Konsumsi BBM**

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

1. Beban Generator Per Jam

| Waktu | Beban tanpa PV & Fuzzy | Beban dengan PV tanpa Fuzzy | Beban dengan PV & Fuzzy |
|--------------|-----------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|
| (h) | (W) | (W) | (W) |
| 06.00 | 10706,11 | 9099,828 | 7195,084 |
| 07.00 | 10623,65 | 6979,425 | 5775,78 |
| 08.00 | 10539,05 | 5075,172 | 4455,692 |
| 09.00 | 10903,09 | 3951,037 | 4269,782 |
| 10.00 | 10589,63 | 2548,333 | 3120,23 |
| 11.00 | 10629,1 | 1891,002 | 2865,638 |
| 12.00 | 10498,58 | 1364,423 | 2656,813 |
| 13.00 | 10563,67 | 1290,324 | 2689,511 |
| 14.00 | 10539,11 | 1390,186 | 2665,656 |
| 15.00 | 10575,5 | 2067,7 | 2912,96 |
| 16.00 | 10669,83 | 3852,566 | 3947,128 |
| 17.00 | 10662,18 | 5265,934 | 4736,562 |

2. Beban Generator per menit

| Waktu | Beban tanpa PV & Fuzzy | Beban dengan PV tanpa Fuzzy | Beban dengan PV & Fuzzy |
|--------------|-----------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|
| (s) | (W) | (W) | (W) |
| 0 | 11313,8 | 9213,0 | 10857,9 |
| 60 | 10282,3 | 8181,2 | 10817,5 |
| 120 | 14073,2 | 11971,4 | 12353,0 |
| 180 | 14075,8 | 11973,3 | 12342,8 |
| 240 | 15608,2 | 13504,9 | 12331,4 |
| 300 | 12301,0 | 10197,0 | 11303,2 |
| 360 | 13116,5 | 11011,7 | 11311,1 |
| 420 | 14985,8 | 12880,2 | 12297,4 |
| 480 | 10207,4 | 8101,1 | 10751,7 |
| 540 | 10320,8 | 8213,7 | 10701,5 |
| 600 | 13178,2 | 11070,4 | 11279,5 |
| 660 | 14026,9 | 11918,4 | 12258,8 |
| 720 | 10046,2 | 7936,9 | 10830,2 |
| 780 | 12300,5 | 10190,5 | 11228,6 |
| 840 | 10401,1 | 8290,3 | 10667,6 |
| 900 | 12504,9 | 10393,5 | 11249,4 |
| 960 | 14120,6 | 12008,5 | 12222,3 |
| 1020 | 13533,9 | 11421,0 | 11411,8 |
| 1080 | 15582,6 | 13469,0 | 12281,8 |
| 1140 | 15077,0 | 12962,7 | 12209,3 |
| 1200 | 13161,6 | 11046,5 | 11218,4 |
| 1260 | 10551,8 | 8436,0 | 10610,5 |
| 1320 | 13923,5 | 11807,0 | 11999,7 |
| 1380 | 12496,0 | 10378,8 | 11139,5 |
| 1440 | 14207,1 | 12089,2 | 11897,7 |
| 1500 | 15461,9 | 13343,2 | 12257,6 |
| 1560 | 14573,2 | 12453,8 | 11700,8 |
| 1620 | 11574,7 | 9454,6 | 10773,2 |
| 1680 | 10284,8 | 8163,9 | 10632,9 |
| 1740 | 14416,5 | 12294,9 | 11527,8 |
| 1800 | 11969,4 | 9847,1 | 10841,6 |
| 1860 | 13795,8 | 11672,8 | 11441,3 |
| 1920 | 14538,5 | 12414,7 | 11405,0 |
| 1980 | 15946,2 | 13821,7 | 12367,0 |
| 2040 | 12192,0 | 10066,8 | 10693,2 |
| 2100 | 11482,2 | 9356,3 | 10556,5 |
| 2160 | 15895,3 | 13768,6 | 12354,0 |
| 2220 | 14336,0 | 12208,6 | 11282,4 |
| 2280 | 14520,1 | 12392,0 | 11396,0 |
| 2340 | 13909,1 | 11780,3 | 11228,9 |
| 2400 | 10436,1 | 8306,6 | 10286,9 |
| 2460 | 13789,8 | 11659,5 | 11214,9 |
| 2520 | 15308,2 | 13177,2 | 12231,7 |
| 2580 | 11636,3 | 9504,5 | 10515,7 |

| Waktu | Beban tanpa PV & Fuzzy | Beban dengan PV tanpa Fuzzy | Beban dengan PV & Fuzzy |
|--------------|-----------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|
| (s) | (W) | (W) | (W) |
| 2640 | 12618,5 | 10486,0 | 10853,3 |
| 2700 | 14599,0 | 12465,8 | 11486,8 |
| 2760 | 12866,4 | 10732,5 | 11048,8 |
| 2820 | 11426,6 | 9292,0 | 10401,0 |
| 2880 | 11649,4 | 9514,1 | 10515,4 |
| 2940 | 12155,6 | 10019,5 | 10535,6 |
| 3000 | 10999,0 | 8862,3 | 9901,5 |
| 3060 | 12919,1 | 10781,6 | 10895,0 |
| 3120 | 15385,9 | 13247,7 | 11522,0 |
| 3180 | 15455,2 | 13316,3 | 11458,5 |
| 3240 | 10363,4 | 8223,7 | 10085,3 |
| 3300 | 15427,9 | 13287,5 | 11380,3 |
| 3360 | 13027,1 | 10886,0 | 10722,1 |
| 3420 | 13097,8 | 10955,9 | 10691,1 |
| 3480 | 11914,2 | 9771,6 | 10339,2 |
| 3540 | 15919,9 | 13776,6 | 11376,9 |
| 3600 | 12963,9 | 10819,9 | 10609,3 |
| 3660 | 11596,9 | 9452,2 | 10267,3 |
| 3720 | 10544,4 | 8399,2 | 9981,4 |
| 3780 | 15686,6 | 13540,8 | 11328,9 |
| 3840 | 10442,5 | 8296,2 | 10037,5 |
| 3900 | 13004,2 | 10857,4 | 10540,8 |
| 3960 | 12304,9 | 10157,5 | 10254,9 |
| 4020 | 11662,5 | 9514,6 | 10021,0 |
| 4080 | 15482,9 | 13334,5 | 11249,4 |
| 4140 | 13178,5 | 11029,6 | 10557,6 |
| 4200 | 12786,7 | 10637,3 | 10517,7 |
| 4260 | 15645,9 | 13495,9 | 11280,1 |
| 4320 | 10300,5 | 8150,0 | 10117,9 |
| 4380 | 14569,1 | 12418,1 | 11080,4 |
| 4440 | 14621,2 | 12469,7 | 11045,1 |
| 4500 | 14966,9 | 12814,9 | 11166,1 |
| 4560 | 10752,2 | 8599,6 | 9867,5 |
| 4620 | 10095,2 | 7942,1 | 10240,3 |
| 4680 | 14130,7 | 11977,1 | 10931,3 |
| 4740 | 15209,5 | 13055,4 | 11220,0 |
| 4800 | 13777,3 | 11622,6 | 10843,8 |
| 4860 | 14417,3 | 12262,2 | 10846,2 |
| 4920 | 14352,5 | 12196,8 | 10823,9 |
| 4980 | 15996,7 | 13840,5 | 11369,3 |
| 5040 | 15331,4 | 13174,7 | 11247,4 |
| 5100 | 11399,2 | 9241,9 | 9858,1 |
| 5160 | 11837,9 | 9680,1 | 9964,7 |
| 5220 | 12106,1 | 9947,8 | 10116,9 |
| 5280 | 13079,6 | 10920,8 | 10355,8 |

| Waktu | Beban tanpa PV & Fuzzy | Beban dengan PV tanpa Fuzzy | Beban dengan PV & Fuzzy |
|--------------|-----------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|
| (s) | (W) | (W) | (W) |
| 5340 | 13546,7 | 11387,3 | 10577,1 |
| 5400 | 15075,9 | 12916,0 | 11220,0 |
| 5460 | 12472,5 | 10312,1 | 10347,8 |
| 5520 | 15049,1 | 12888,1 | 11211,1 |
| 5580 | 11615,9 | 9454,5 | 9877,8 |
| 5640 | 12492,4 | 10330,4 | 10269,8 |
| 5700 | 13223,8 | 11061,3 | 10162,0 |
| 5760 | 12807,5 | 10644,5 | 10029,1 |
| 5820 | 11723,3 | 9559,7 | 9866,6 |
| 5880 | 11070,0 | 8905,9 | 9080,1 |
| 5940 | 10922,3 | 8757,8 | 8941,9 |
| 6000 | 13429,9 | 11264,8 | 10405,2 |
| 6060 | 14814,4 | 12648,8 | 11012,4 |
| 6120 | 10198,3 | 8032,2 | 9191,5 |
| 6180 | 13206,7 | 11040,0 | 10117,4 |
| 6240 | 12990,9 | 10823,7 | 9856,2 |
| 6300 | 15732,2 | 13564,5 | 10951,5 |
| 6360 | 14489,8 | 12321,5 | 10712,6 |
| 6420 | 13327,5 | 11158,8 | 10273,5 |
| 6480 | 15344,4 | 13175,2 | 10946,4 |
| 6540 | 13749,1 | 11579,3 | 10517,3 |
| 6600 | 15052,2 | 12881,9 | 10896,6 |
| 6660 | 10958,6 | 8787,8 | 8932,2 |
| 6720 | 11276,5 | 9105,2 | 9645,1 |
| 6780 | 14288,3 | 12116,4 | 10560,9 |
| 6840 | 10782,6 | 8610,2 | 8980,7 |
| 6900 | 10545,9 | 8373,0 | 8998,2 |
| 6960 | 11647,5 | 9474,1 | 9847,2 |
| 7020 | 10018,0 | 7844,1 | 9321,6 |
| 7080 | 12485,8 | 10311,3 | 9860,8 |
| 7140 | 10161,3 | 7986,3 | 9217,1 |
| 7200 | 14258,9 | 12083,4 | 10342,6 |
| 7260 | 15627,4 | 13451,5 | 10758,0 |
| 7320 | 11439,5 | 9263,3 | 9709,9 |
| 7380 | 11085,4 | 8908,9 | 9199,4 |
| 7440 | 11905,2 | 9728,6 | 9552,9 |
| 7500 | 15321,9 | 13145,1 | 10610,8 |
| 7560 | 13912,4 | 11735,2 | 10164,9 |
| 7620 | 10902,0 | 8724,7 | 8877,8 |
| 7680 | 14088,1 | 11910,5 | 10138,1 |
| 7740 | 12314,9 | 10137,1 | 9627,1 |
| 7800 | 12326,4 | 10148,4 | 9645,4 |
| 7860 | 12998,4 | 10820,2 | 9865,7 |
| 7920 | 10885,2 | 8706,8 | 8856,8 |
| 7980 | 13523,1 | 11344,4 | 10206,2 |

| Waktu | Beban tanpa PV & Fuzzy | Beban dengan PV tanpa Fuzzy | Beban dengan PV & Fuzzy |
|--------------|-----------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|
| (s) | (W) | (W) | (W) |
| 8040 | 15073,5 | 12894,6 | 10541,6 |
| 8100 | 13540,7 | 11361,5 | 10158,6 |
| 8160 | 15732,5 | 13553,1 | 10742,7 |
| 8220 | 13336,9 | 11157,3 | 10049,9 |
| 8280 | 10888,9 | 8709,1 | 8845,6 |
| 8340 | 15899,8 | 13719,8 | 10822,5 |
| 8400 | 12452,6 | 10272,4 | 9821,1 |
| 8460 | 10850,9 | 8670,5 | 8854,1 |
| 8520 | 13389,4 | 11208,7 | 9979,0 |
| 8580 | 11512,8 | 9331,9 | 9023,7 |
| 8640 | 12931,1 | 10750,0 | 9842,6 |
| 8700 | 12784,2 | 10602,8 | 9858,6 |
| 8760 | 15766,6 | 13585,0 | 10740,0 |
| 8820 | 10756,2 | 8574,4 | 8882,9 |
| 8880 | 11198,5 | 9016,5 | 8867,9 |
| 8940 | 11915,5 | 9733,3 | 8840,9 |
| 9000 | 13775,6 | 11593,1 | 9881,0 |
| 9060 | 10760,3 | 8577,6 | 8881,5 |
| 9120 | 13907,5 | 11724,6 | 9851,6 |
| 9180 | 13729,8 | 11546,7 | 9897,2 |
| 9240 | 14818,4 | 12635,1 | 10517,7 |
| 9300 | 11487,1 | 9303,5 | 8994,8 |
| 9360 | 12858,6 | 10674,8 | 9855,1 |
| 9420 | 12335,9 | 10151,9 | 9660,2 |
| 9480 | 11219,5 | 9035,3 | 8874,6 |
| 9540 | 10170,3 | 7985,8 | 9210,7 |
| 9600 | 15410,0 | 13225,3 | 10597,6 |
| 9660 | 12559,0 | 10374,1 | 9879,9 |
| 9720 | 10852,1 | 8667,0 | 8882,8 |
| 9780 | 15684,9 | 13499,6 | 10703,8 |
| 9840 | 12461,9 | 10276,3 | 9832,4 |
| 9900 | 10787,1 | 8601,3 | 8897,5 |
| 9960 | 15313,9 | 13127,9 | 10568,1 |
| 10020 | 10553,0 | 8366,8 | 8973,4 |
| 10080 | 10973,2 | 8786,7 | 8913,7 |
| 10140 | 10426,4 | 8239,7 | 9044,3 |
| 10200 | 12192,0 | 10005,1 | 9484,0 |
| 10260 | 11518,3 | 9331,2 | 8991,9 |
| 10320 | 10810,7 | 8623,3 | 8937,2 |
| 10380 | 14698,9 | 12511,3 | 10539,1 |
| 10440 | 12731,8 | 10544,0 | 9918,6 |
| 10500 | 12097,1 | 9909,1 | 9313,6 |
| 10560 | 12713,8 | 10525,6 | 9925,0 |
| 10620 | 14853,7 | 12665,2 | 10590,5 |
| 10680 | 15590,0 | 13401,4 | 10664,2 |

| Waktu | Beban tanpa PV & Fuzzy | Beban dengan PV tanpa Fuzzy | Beban dengan PV & Fuzzy |
|--------------|-----------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|
| (s) | (W) | (W) | (W) |
| 10740 | 13909,9 | 11721,0 | 9986,5 |
| 10800 | 11291,5 | 9102,4 | 8990,1 |
| 10860 | 14077,6 | 11888,3 | 10122,6 |
| 10920 | 15453,5 | 13264,1 | 10626,8 |
| 10980 | 11500,8 | 9311,3 | 9001,5 |
| 11040 | 15165,2 | 12975,6 | 10630,4 |
| 11100 | 12827,6 | 10637,9 | 9992,2 |
| 11160 | 13035,7 | 10846,0 | 10012,9 |
| 11220 | 13602,4 | 11412,5 | 10016,2 |
| 11280 | 14905,4 | 12715,4 | 10629,2 |
| 11340 | 14535,1 | 12345,0 | 10516,8 |
| 11400 | 12773,5 | 10583,3 | 9995,1 |
| 11460 | 15708,2 | 13518,0 | 10714,0 |
| 11520 | 13796,4 | 11606,1 | 10033,2 |
| 11580 | 12636,0 | 10445,5 | 9957,9 |
| 11640 | 14948,2 | 12757,6 | 10649,1 |
| 11700 | 14133,9 | 11943,2 | 10266,6 |
| 11760 | 14213,2 | 12022,4 | 10372,5 |
| 11820 | 15922,9 | 13732,0 | 10814,3 |
| 11880 | 15726,5 | 13535,5 | 10721,8 |
| 11940 | 15107,6 | 12916,5 | 10666,2 |
| 12000 | 11735,9 | 9544,7 | 9061,2 |
| 12060 | 13224,6 | 11033,2 | 10067,6 |
| 12120 | 13086,6 | 10895,2 | 10071,4 |
| 12180 | 10620,6 | 8429,0 | 9073,1 |
| 12240 | 12484,2 | 10292,5 | 9984,6 |
| 12300 | 13460,3 | 11268,5 | 10083,8 |
| 12360 | 15259,4 | 13067,5 | 10684,9 |
| 12420 | 12640,2 | 10448,2 | 10001,5 |
| 12480 | 14378,5 | 12186,4 | 10592,2 |
| 12540 | 15215,6 | 13023,4 | 10693,1 |
| 12600 | 14293,9 | 12101,5 | 10565,5 |
| 12660 | 14804,3 | 12611,9 | 10658,0 |
| 12720 | 14239,2 | 12046,7 | 10526,3 |
| 12780 | 14450,3 | 12257,6 | 10613,4 |
| 12840 | 10114,6 | 7921,8 | 9250,3 |
| 12900 | 15316,2 | 13123,3 | 10709,8 |
| 12960 | 13149,9 | 10956,9 | 10129,1 |
| 13020 | 12779,9 | 10586,8 | 10089,0 |
| 13080 | 10391,2 | 8197,9 | 9135,3 |
| 13140 | 14280,5 | 12087,2 | 10639,2 |
| 13200 | 12933,7 | 10740,2 | 10140,8 |
| 13260 | 14006,1 | 11812,5 | 10166,2 |
| 13320 | 14092,3 | 11898,6 | 10383,4 |
| 13380 | 11197,3 | 9003,6 | 9156,6 |

| Waktu | Beban tanpa PV & Fuzzy | Beban dengan PV tanpa Fuzzy | Beban dengan PV & Fuzzy |
|--------------|-----------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|
| (s) | (W) | (W) | (W) |
| 13440 | 15499,8 | 13305,9 | 10735,6 |
| 13500 | 15195,3 | 13001,3 | 10738,6 |
| 13560 | 15340,1 | 13146,0 | 10741,8 |
| 13620 | 13263,7 | 11069,5 | 10176,2 |
| 13680 | 10835,2 | 8640,9 | 9178,7 |
| 13740 | 12702,1 | 10507,7 | 10130,8 |
| 13800 | 15936,2 | 13741,6 | 10819,9 |
| 13860 | 11293,2 | 9098,5 | 9192,0 |
| 13920 | 12676,1 | 10481,4 | 10149,0 |
| 13980 | 11894,4 | 9699,5 | 9200,8 |
| 14040 | 13088,0 | 10893,0 | 10207,4 |
| 14100 | 15289,0 | 13093,9 | 10768,6 |
| 14160 | 12638,4 | 10443,2 | 10173,3 |
| 14220 | 12805,2 | 10609,9 | 10179,5 |
| 14280 | 14839,9 | 12644,5 | 10723,6 |
| 14340 | 12190,9 | 9995,4 | 10192,0 |
| 14400 | 11269,1 | 9073,5 | 9232,7 |
| 14460 | 15994,7 | 13799,0 | 10851,0 |
| 14520 | 10921,6 | 8725,8 | 9239,8 |
| 14580 | 13782,9 | 11587,1 | 10244,3 |
| 14640 | 13698,1 | 11502,2 | 10246,6 |
| 14700 | 10003,6 | 7807,6 | 9326,5 |
| 14760 | 10005,3 | 7809,3 | 9326,5 |
| 14820 | 14640,1 | 12444,1 | 10751,1 |
| 14880 | 14364,0 | 12167,9 | 10752,5 |
| 14940 | 11915,1 | 9718,9 | 9252,8 |
| 15000 | 12506,3 | 10310,2 | 10227,0 |
| 15060 | 14095,0 | 11898,8 | 10711,5 |
| 15120 | 14083,4 | 11887,2 | 10672,5 |
| 15180 | 11231,6 | 9035,3 | 9257,4 |
| 15240 | 15018,5 | 12822,3 | 10801,6 |
| 15300 | 14253,5 | 12057,2 | 10759,9 |
| 15360 | 14972,2 | 12775,9 | 10794,0 |
| 15420 | 10567,3 | 8371,0 | 9262,1 |
| 15480 | 10490,4 | 8294,1 | 9263,3 |
| 15540 | 14584,0 | 12387,7 | 10763,4 |
| 15600 | 13777,4 | 11581,0 | 10264,9 |
| 15660 | 11283,1 | 9086,7 | 9265,9 |
| 15720 | 11281,3 | 9084,8 | 9266,8 |
| 15780 | 10486,4 | 8289,9 | 9267,7 |
| 15840 | 12332,9 | 10136,4 | 10246,9 |
| 15900 | 15713,0 | 13516,4 | 10808,3 |
| 15960 | 15685,3 | 13488,7 | 10809,0 |
| 16020 | 12339,1 | 10142,6 | 10251,3 |
| 16080 | 11615,3 | 9418,7 | 9272,7 |

| Waktu | Beban tanpa PV & Fuzzy | Beban dengan PV tanpa Fuzzy | Beban dengan PV & Fuzzy |
|--------------|-----------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|
| (s) | (W) | (W) | (W) |
| 16140 | 14153,0 | 11956,4 | 10772,9 |
| 16200 | 11704,2 | 9507,6 | 9274,9 |
| 16260 | 14661,2 | 12464,5 | 10775,4 |
| 16320 | 14703,2 | 12506,5 | 10776,7 |
| 16380 | 12534,8 | 10338,1 | 10258,8 |
| 16440 | 11692,9 | 9496,2 | 9279,2 |
| 16500 | 11163,8 | 8967,1 | 9280,0 |
| 16560 | 10067,9 | 7871,1 | 9283,5 |
| 16620 | 11150,9 | 8954,1 | 9281,7 |
| 16680 | 15899,4 | 13702,6 | 10817,6 |
| 16740 | 11464,3 | 9267,5 | 9283,5 |
| 16800 | 14918,4 | 12721,5 | 10785,1 |
| 16860 | 10818,7 | 8621,8 | 9285,4 |
| 16920 | 12388,9 | 10191,9 | 10270,8 |
| 16980 | 13606,1 | 11409,1 | 10289,0 |
| 17040 | 11061,3 | 8864,3 | 9288,6 |
| 17100 | 14970,1 | 12773,1 | 10806,5 |
| 17160 | 10946,4 | 8749,4 | 9291,0 |
| 17220 | 15927,6 | 13730,6 | 10822,6 |
| 17280 | 11543,0 | 9346,0 | 9293,5 |
| 17340 | 11401,6 | 9204,5 | 9294,2 |
| 17400 | 10609,8 | 8412,7 | 9294,9 |
| 17460 | 11316,5 | 9119,3 | 9295,7 |
| 17520 | 13808,3 | 11611,2 | 10297,9 |
| 17580 | 14176,0 | 11978,9 | 10797,7 |
| 17640 | 14768,6 | 12571,4 | 10798,8 |
| 17700 | 14177,5 | 11980,2 | 10799,9 |
| 17760 | 14517,6 | 12320,4 | 10801,0 |
| 17820 | 14017,1 | 11819,9 | 10522,8 |
| 17880 | 13800,6 | 11603,3 | 10302,7 |
| 17940 | 10338,6 | 8141,3 | 9303,2 |
| 18000 | 13589,3 | 11392,0 | 10304,7 |
| 18060 | 11362,0 | 9164,7 | 9304,3 |
| 18120 | 11912,7 | 9715,4 | 9303,0 |
| 18180 | 14199,0 | 12001,7 | 10801,8 |
| 18240 | 10704,6 | 8507,4 | 9301,0 |
| 18300 | 14575,4 | 12378,2 | 10801,4 |
| 18360 | 13156,7 | 10959,5 | 10301,1 |
| 18420 | 13323,5 | 11126,2 | 10301,0 |
| 18480 | 13527,9 | 11330,7 | 10301,1 |
| 18540 | 11978,0 | 9780,8 | 9300,4 |
| 18600 | 14217,9 | 12020,7 | 10801,4 |
| 18660 | 10858,3 | 8661,0 | 9300,9 |
| 18720 | 10970,1 | 8772,9 | 9301,3 |
| 18780 | 12912,0 | 10714,7 | 10291,5 |

| Waktu | Beban tanpa PV & Fuzzy | Beban dengan PV tanpa Fuzzy | Beban dengan PV & Fuzzy |
|--------------|-----------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|
| (s) | (W) | (W) | (W) |
| 18840 | 15161,4 | 12964,1 | 10831,9 |
| 18900 | 14879,6 | 12682,3 | 10802,1 |
| 18960 | 13341,0 | 11143,7 | 10303,6 |
| 19020 | 14434,0 | 12236,7 | 10802,4 |
| 19080 | 11896,0 | 9698,7 | 9304,3 |
| 19140 | 10812,0 | 8614,7 | 9304,9 |
| 19200 | 13171,3 | 10973,9 | 10305,6 |
| 19260 | 11864,4 | 9667,1 | 9306,2 |
| 19320 | 13528,7 | 11331,4 | 10305,7 |
| 19380 | 13108,5 | 10911,1 | 10305,8 |
| 19440 | 12585,1 | 10387,7 | 10298,6 |
| 19500 | 11553,1 | 9355,7 | 9309,1 |
| 19560 | 12221,4 | 10024,0 | 10299,6 |
| 19620 | 12358,1 | 10160,7 | 10300,1 |
| 19680 | 12681,2 | 10483,8 | 10300,6 |
| 19740 | 12855,4 | 10657,9 | 10301,2 |
| 19800 | 12327,0 | 10129,5 | 10301,8 |
| 19860 | 11675,8 | 9478,3 | 9310,7 |
| 19920 | 10469,6 | 8272,1 | 9311,0 |
| 19980 | 12218,5 | 10021,0 | 10303,7 |
| 20040 | 11523,5 | 9326,0 | 9311,6 |
| 20100 | 14030,7 | 11833,2 | 10806,7 |
| 20160 | 14057,4 | 11859,9 | 10806,4 |
| 20220 | 13083,6 | 10886,1 | 10306,9 |
| 20280 | 14371,7 | 12174,1 | 10806,1 |
| 20340 | 14324,6 | 12127,1 | 10806,5 |
| 20400 | 15668,5 | 13471,0 | 10837,4 |
| 20460 | 12764,2 | 10566,6 | 10310,1 |
| 20520 | 15641,0 | 13443,4 | 10838,3 |
| 20580 | 11929,4 | 9731,8 | 9315,3 |
| 20640 | 12762,6 | 10565,0 | 10313,0 |
| 20700 | 13102,9 | 10905,3 | 10313,3 |
| 20760 | 13968,1 | 11770,5 | 10313,6 |
| 20820 | 12411,0 | 10213,4 | 10313,9 |
| 20880 | 13633,8 | 11436,2 | 10314,3 |
| 20940 | 15919,0 | 13721,4 | 10842,2 |
| 21000 | 10902,4 | 8704,7 | 9319,6 |
| 21060 | 14020,6 | 11822,9 | 10813,1 |
| 21120 | 12062,9 | 9865,2 | 10316,0 |
| 21180 | 13250,3 | 11052,6 | 10316,4 |
| 21240 | 13136,8 | 10939,1 | 10317,0 |
| 21300 | 14975,4 | 12777,7 | 10816,7 |
| 21360 | 10089,7 | 7892,0 | 9325,3 |
| 21420 | 11645,3 | 9447,5 | 9326,5 |
| 21480 | 13857,9 | 11660,1 | 10319,5 |

| Waktu | Beban tanpa PV & Fuzzy | Beban dengan PV tanpa Fuzzy | Beban dengan PV & Fuzzy |
|--------------|-----------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|
| (s) | (W) | (W) | (W) |
| 21540 | 13276,8 | 11079,1 | 10320,3 |
| 21600 | 15507,1 | 13309,3 | 10851,0 |
| 21660 | 11599,7 | 9401,9 | 9326,5 |
| 21720 | 15820,5 | 13622,8 | 10847,6 |
| 21780 | 11480,4 | 9282,7 | 9321,4 |
| 21840 | 15063,9 | 12866,2 | 10842,5 |
| 21900 | 14164,1 | 11966,5 | 10810,7 |
| 21960 | 12734,5 | 10536,9 | 10313,5 |
| 22020 | 14902,6 | 12705,0 | 10809,1 |
| 22080 | 10132,5 | 7934,9 | 9315,7 |
| 22140 | 10964,5 | 8766,9 | 9315,3 |
| 22200 | 14241,7 | 12044,1 | 10808,0 |
| 22260 | 14247,0 | 12049,4 | 10807,9 |
| 22320 | 12619,8 | 10422,3 | 10310,9 |
| 22380 | 13494,5 | 11296,9 | 10310,7 |
| 22440 | 14510,3 | 12312,7 | 10807,6 |
| 22500 | 15949,2 | 13751,6 | 10838,0 |
| 22560 | 14174,1 | 11976,5 | 10807,5 |
| 22620 | 11677,1 | 9479,5 | 9314,5 |
| 22680 | 14523,2 | 12325,6 | 10807,4 |
| 22740 | 11027,1 | 8829,5 | 9314,4 |
| 22800 | 10025,5 | 7828,0 | 9314,4 |
| 22860 | 12974,1 | 10776,6 | 10310,2 |
| 22920 | 10479,5 | 8281,9 | 9314,4 |
| 22980 | 10978,5 | 8780,9 | 9314,4 |
| 23040 | 15419,8 | 13222,2 | 10837,9 |
| 23100 | 14698,0 | 12500,4 | 10807,4 |
| 23160 | 14480,1 | 12282,5 | 10807,4 |
| 23220 | 12618,6 | 10421,0 | 10310,1 |
| 23280 | 10038,1 | 7840,5 | 9314,4 |
| 23340 | 13508,7 | 11311,2 | 10310,1 |
| 23400 | 13110,9 | 10913,3 | 10310,1 |
| 23460 | 10401,1 | 8203,5 | 9314,4 |
| 23520 | 13264,1 | 11066,6 | 10310,1 |
| 23580 | 12338,4 | 10140,8 | 10310,1 |
| 23640 | 11295,0 | 9097,4 | 9314,4 |
| 23700 | 12314,6 | 10117,0 | 10310,1 |
| 23760 | 13761,2 | 11563,6 | 10310,1 |
| 23820 | 13954,3 | 11756,7 | 10310,1 |
| 23880 | 14255,9 | 12058,3 | 10807,4 |
| 23940 | 13232,0 | 11034,4 | 10310,1 |
| 24000 | 11681,7 | 9484,2 | 9314,4 |
| 24060 | 14895,6 | 12698,0 | 10807,4 |
| 24120 | 12231,5 | 10033,9 | 10310,1 |
| 24180 | 14116,6 | 11919,0 | 10807,4 |

| Waktu | Beban tanpa PV & Fuzzy | Beban dengan PV tanpa Fuzzy | Beban dengan PV & Fuzzy |
|--------------|-----------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|
| (s) | (W) | (W) | (W) |
| 24240 | 11861,0 | 9663,4 | 9314,4 |
| 24300 | 10056,1 | 7858,5 | 9314,4 |
| 24360 | 10622,8 | 8425,2 | 9314,4 |
| 24420 | 13125,8 | 10928,2 | 10310,1 |
| 24480 | 14655,3 | 12457,7 | 10807,4 |
| 24540 | 11324,1 | 9126,5 | 9314,4 |
| 24600 | 10331,7 | 8134,1 | 9314,4 |
| 24660 | 10423,8 | 8226,2 | 9314,4 |
| 24720 | 10961,6 | 8764,1 | 9314,4 |
| 24780 | 14342,6 | 12145,0 | 10807,4 |
| 24840 | 11782,1 | 9584,6 | 9314,4 |
| 24900 | 10303,6 | 8106,0 | 9314,4 |
| 24960 | 12866,8 | 10669,3 | 10310,1 |
| 25020 | 12743,0 | 10545,4 | 10310,1 |
| 25080 | 13119,9 | 10922,4 | 10310,1 |
| 25140 | 12678,9 | 10481,4 | 10310,1 |
| 25200 | 10901,9 | 8704,3 | 9314,4 |
| 25260 | 11715,7 | 9518,1 | 9313,4 |
| 25320 | 15002,1 | 12804,6 | 10836,6 |
| 25380 | 14173,8 | 11976,4 | 10805,7 |
| 25440 | 13466,7 | 11269,2 | 10306,0 |
| 25500 | 14087,0 | 11889,6 | 10803,9 |
| 25560 | 11987,0 | 9789,7 | 9306,3 |
| 25620 | 10344,9 | 8147,5 | 9304,9 |
| 25680 | 15921,3 | 13724,0 | 10832,4 |
| 25740 | 13254,4 | 11057,1 | 10303,3 |
| 25800 | 10009,9 | 7812,7 | 9326,5 |
| 25860 | 15137,2 | 12939,9 | 10831,6 |
| 25920 | 10176,1 | 7978,9 | 9300,6 |
| 25980 | 12265,3 | 10068,1 | 10289,2 |
| 26040 | 12937,9 | 10740,7 | 10288,4 |
| 26100 | 13457,0 | 11259,8 | 10300,1 |
| 26160 | 14433,8 | 12236,6 | 10799,3 |
| 26220 | 14076,0 | 11878,8 | 10798,7 |
| 26280 | 13217,6 | 11020,4 | 10298,9 |
| 26340 | 10213,5 | 8016,4 | 9297,2 |
| 26400 | 10735,0 | 8537,9 | 9296,8 |
| 26460 | 15840,1 | 13643,0 | 10826,8 |
| 26520 | 11129,7 | 8932,5 | 9296,0 |
| 26580 | 12107,9 | 9910,8 | 10283,1 |
| 26640 | 13684,8 | 11487,6 | 10297,0 |
| 26700 | 13645,7 | 11448,6 | 10296,7 |
| 26760 | 10755,6 | 8558,5 | 9294,6 |
| 26820 | 13317,2 | 11120,1 | 10295,9 |
| 26880 | 15724,2 | 13527,1 | 10823,9 |

| Waktu | Beban tanpa PV & Fuzzy | Beban dengan PV tanpa Fuzzy | Beban dengan PV & Fuzzy |
|--------------|-----------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|
| (s) | (W) | (W) | (W) |
| 26940 | 12141,5 | 9944,5 | 10279,4 |
| 27000 | 15028,6 | 12831,6 | 10823,1 |
| 27060 | 15845,5 | 13648,5 | 10822,7 |
| 27120 | 11554,1 | 9357,1 | 9291,9 |
| 27180 | 11509,2 | 9312,2 | 9291,3 |
| 27240 | 12546,0 | 10349,0 | 10275,7 |
| 27300 | 14878,3 | 12681,3 | 10791,2 |
| 27360 | 15387,5 | 13190,5 | 10821,6 |
| 27420 | 11467,5 | 9270,6 | 9289,0 |
| 27480 | 14563,7 | 12366,7 | 10789,6 |
| 27540 | 14169,1 | 11972,2 | 10789,0 |
| 27600 | 12711,1 | 10514,2 | 10271,8 |
| 27660 | 11581,7 | 9384,8 | 9286,8 |
| 27720 | 13993,0 | 11796,1 | 10287,9 |
| 27780 | 10699,4 | 8502,5 | 9285,8 |
| 27840 | 11257,4 | 9060,5 | 9285,3 |
| 27900 | 10682,1 | 8485,2 | 9284,9 |
| 27960 | 13281,8 | 11085,0 | 10286,2 |
| 28020 | 10036,5 | 7839,6 | 9308,0 |
| 28080 | 11055,8 | 8859,0 | 9283,5 |
| 28140 | 13596,2 | 11399,3 | 10284,9 |
| 28200 | 12591,4 | 10394,6 | 10266,2 |
| 28260 | 10495,0 | 8298,2 | 9282,2 |
| 28320 | 14124,5 | 11927,7 | 10782,0 |
| 28380 | 12251,9 | 10055,1 | 10264,0 |
| 28440 | 15017,2 | 12820,5 | 10816,7 |
| 28500 | 10741,8 | 8545,1 | 9280,5 |
| 28560 | 15840,1 | 13643,3 | 10816,2 |
| 28620 | 10177,8 | 7981,1 | 9279,8 |
| 28680 | 10482,1 | 8285,4 | 9279,4 |
| 28740 | 12965,5 | 10768,7 | 10276,2 |
| 28800 | 14616,6 | 12419,9 | 10778,4 |
| 28860 | 15604,2 | 13407,5 | 10813,8 |
| 28920 | 11500,9 | 9304,3 | 9274,1 |
| 28980 | 12157,9 | 9961,4 | 10251,1 |
| 29040 | 14614,7 | 12418,2 | 10767,9 |
| 29100 | 12999,7 | 10803,3 | 10267,1 |
| 29160 | 14495,5 | 12299,1 | 10765,4 |
| 29220 | 14031,4 | 11835,0 | 10460,1 |
| 29280 | 14090,0 | 11893,6 | 10736,7 |
| 29340 | 14540,6 | 12344,3 | 10761,6 |
| 29400 | 10218,2 | 8021,9 | 9260,7 |
| 29460 | 11383,4 | 9187,2 | 9259,4 |
| 29520 | 11330,0 | 9133,8 | 9258,2 |
| 29580 | 13375,6 | 11179,4 | 10258,5 |

| Waktu | Beban tanpa PV & Fuzzy | Beban dengan PV tanpa Fuzzy | Beban dengan PV & Fuzzy |
|--------------|-----------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|
| (s) | (W) | (W) | (W) |
| 29640 | 13915,7 | 11719,5 | 10257,5 |
| 29700 | 13699,7 | 11503,5 | 10256,6 |
| 29760 | 12228,8 | 10032,6 | 10227,1 |
| 29820 | 11348,8 | 9152,7 | 9253,1 |
| 29880 | 11402,1 | 9206,0 | 9252,2 |
| 29940 | 13918,1 | 11722,0 | 10253,1 |
| 30000 | 10995,6 | 8799,5 | 9250,4 |
| 30060 | 14464,6 | 12268,6 | 10750,3 |
| 30120 | 10958,5 | 8762,5 | 9248,7 |
| 30180 | 10285,8 | 8089,8 | 9247,7 |
| 30240 | 13972,0 | 11776,0 | 10248,1 |
| 30300 | 10749,7 | 8553,7 | 9245,5 |
| 30360 | 15694,9 | 13499,0 | 10791,5 |
| 30420 | 12905,1 | 10709,2 | 10226,6 |
| 30480 | 13726,3 | 11530,4 | 10244,1 |
| 30540 | 15484,1 | 13288,3 | 10789,6 |
| 30600 | 10107,7 | 7911,8 | 9254,9 |
| 30660 | 13561,3 | 11365,5 | 10241,3 |
| 30720 | 14331,2 | 12135,5 | 10739,3 |
| 30780 | 12979,5 | 10783,7 | 10239,3 |
| 30840 | 10322,2 | 8126,4 | 9236,7 |
| 30900 | 12649,8 | 10454,1 | 10202,2 |
| 30960 | 13115,0 | 10919,4 | 10235,9 |
| 31020 | 14631,7 | 12436,0 | 10734,3 |
| 31080 | 10392,1 | 8196,5 | 9233,0 |
| 31140 | 12656,7 | 10461,1 | 10196,9 |
| 31200 | 15863,1 | 13667,5 | 10785,3 |
| 31260 | 12806,4 | 10610,9 | 10194,4 |
| 31320 | 11974,3 | 9778,8 | 9228,8 |
| 31380 | 12675,6 | 10480,1 | 10191,9 |
| 31440 | 14459,6 | 12264,1 | 10726,4 |
| 31500 | 11232,0 | 9036,6 | 9225,8 |
| 31560 | 11028,3 | 8832,8 | 9224,9 |
| 31620 | 12235,1 | 10039,7 | 10186,3 |
| 31680 | 15638,4 | 13442,9 | 10777,1 |
| 31740 | 15789,1 | 13593,7 | 10776,5 |
| 31800 | 11529,7 | 9334,4 | 9221,2 |
| 31860 | 10422,0 | 8226,7 | 9220,3 |
| 31920 | 10743,1 | 8547,8 | 9219,4 |
| 31980 | 13158,0 | 10962,7 | 10219,6 |
| 32040 | 10960,5 | 8765,2 | 9217,2 |
| 32100 | 13106,2 | 10911,0 | 10217,8 |
| 32160 | 10631,1 | 8435,9 | 9215,1 |
| 32220 | 15049,5 | 12854,3 | 10771,6 |
| 32280 | 12211,4 | 10016,2 | 10171,6 |

| Waktu | Beban tanpa PV & Fuzzy | Beban dengan PV tanpa Fuzzy | Beban dengan PV & Fuzzy |
|--------------|-----------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|
| (s) | (W) | (W) | (W) |
| 32340 | 12543,3 | 10348,2 | 10170,3 |
| 32400 | 11963,4 | 9768,2 | 9211,1 |
| 32460 | 14281,3 | 12086,3 | 10708,0 |
| 32520 | 13460,7 | 11265,8 | 10201,8 |
| 32580 | 15231,3 | 13036,7 | 10756,5 |
| 32640 | 14549,5 | 12355,1 | 10682,7 |
| 32700 | 15019,6 | 12825,4 | 10744,5 |
| 32760 | 14198,7 | 12004,8 | 10611,1 |
| 32820 | 12334,4 | 10140,6 | 10094,5 |
| 32880 | 15611,4 | 13417,9 | 10727,0 |
| 32940 | 13633,6 | 11440,3 | 10141,1 |
| 33000 | 12172,5 | 9979,4 | 9872,4 |
| 33060 | 13237,0 | 11044,2 | 10124,7 |
| 33120 | 12730,4 | 10537,8 | 10056,4 |
| 33180 | 12410,2 | 10217,7 | 10024,2 |
| 33240 | 11442,6 | 9250,4 | 9097,3 |
| 33300 | 10498,5 | 8306,5 | 9089,0 |
| 33360 | 12529,5 | 10337,7 | 9989,9 |
| 33420 | 12834,3 | 10642,7 | 10055,3 |
| 33480 | 11738,6 | 9547,3 | 9064,9 |
| 33540 | 10629,8 | 8438,7 | 9057,1 |
| 33600 | 11298,3 | 9107,4 | 9049,2 |
| 33660 | 14812,1 | 12621,4 | 10625,5 |
| 33720 | 13164,6 | 10974,2 | 10036,6 |
| 33780 | 14012,9 | 11822,7 | 10053,0 |
| 33840 | 15181,9 | 12991,8 | 10640,6 |
| 33900 | 11462,5 | 9272,7 | 9011,5 |
| 33960 | 14269,4 | 12079,8 | 10359,4 |
| 34020 | 11582,0 | 9392,6 | 8997,0 |
| 34080 | 12296,9 | 10107,8 | 9742,7 |
| 34140 | 10486,0 | 8297,1 | 9009,8 |
| 34200 | 12758,6 | 10569,9 | 9948,7 |
| 34260 | 11397,2 | 9208,7 | 8969,3 |
| 34320 | 14772,1 | 12583,9 | 10569,3 |
| 34380 | 12948,1 | 10760,0 | 9958,3 |
| 34440 | 10019,4 | 7831,6 | 9319,8 |
| 34500 | 11596,7 | 9409,1 | 8951,2 |
| 34560 | 13988,1 | 11800,8 | 9940,8 |
| 34620 | 12551,1 | 10364,0 | 9880,0 |
| 34680 | 11120,9 | 8934,0 | 8925,2 |
| 34740 | 15780,9 | 13594,2 | 10746,4 |
| 34800 | 10804,2 | 8617,8 | 8913,7 |
| 34860 | 14775,1 | 12588,9 | 10537,2 |
| 34920 | 15676,3 | 13490,2 | 10700,1 |
| 34980 | 11026,9 | 8841,1 | 8897,6 |

| Waktu | Beban tanpa PV & Fuzzy | Beban dengan PV tanpa Fuzzy | Beban dengan PV & Fuzzy |
|--------------|-----------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|
| (s) | (W) | (W) | (W) |
| 35040 | 13636,0 | 11450,4 | 9936,3 |
| 35100 | 10382,8 | 8197,5 | 9070,7 |
| 35160 | 12085,0 | 9899,8 | 9177,7 |
| 35220 | 11754,8 | 9569,9 | 8883,4 |
| 35280 | 13057,9 | 10873,3 | 9878,8 |
| 35340 | 14955,0 | 12770,5 | 10538,6 |
| 35400 | 15006,0 | 12821,8 | 10538,6 |
| 35460 | 14358,7 | 12174,6 | 10313,5 |
| 35520 | 11976,6 | 9792,8 | 8858,3 |
| 35580 | 14812,5 | 12628,9 | 10517,6 |
| 35640 | 13790,6 | 11607,2 | 9876,2 |
| 35700 | 10272,0 | 8088,9 | 9141,4 |
| 35760 | 10248,5 | 8065,6 | 9157,1 |
| 35820 | 10919,9 | 8737,2 | 8843,5 |
| 35880 | 14602,4 | 12419,9 | 10512,1 |
| 35940 | 10370,4 | 8188,1 | 9078,3 |
| 36000 | 13115,8 | 10933,8 | 9852,2 |
| 36060 | 15574,9 | 13393,1 | 10658,0 |
| 36120 | 11323,1 | 9141,5 | 8914,2 |
| 36180 | 11227,4 | 9045,9 | 8877,2 |
| 36240 | 10534,0 | 8352,7 | 8983,5 |
| 36300 | 14198,1 | 12017,0 | 10106,4 |
| 36360 | 14238,8 | 12057,8 | 10159,3 |
| 36420 | 12967,8 | 10787,0 | 9841,1 |
| 36480 | 11570,7 | 9390,0 | 9057,8 |
| 36540 | 14269,4 | 12088,9 | 10200,9 |
| 36600 | 12270,2 | 10089,8 | 9551,1 |
| 36660 | 11203,9 | 9023,6 | 9047,2 |
| 36720 | 11395,6 | 9215,6 | 9173,9 |
| 36780 | 12616,6 | 10436,6 | 9877,8 |
| 36840 | 12817,0 | 10637,2 | 9854,1 |
| 36900 | 15167,1 | 12987,5 | 10540,7 |
| 36960 | 15863,4 | 13683,9 | 10812,7 |
| 37020 | 12667,1 | 10487,7 | 9873,3 |
| 37080 | 10205,5 | 8026,2 | 9186,3 |
| 37140 | 13142,6 | 10963,5 | 10007,1 |
| 37200 | 10189,8 | 8010,9 | 9197,0 |
| 37260 | 14519,0 | 12340,2 | 10517,3 |
| 37320 | 13549,5 | 11370,8 | 10186,0 |
| 37380 | 14937,3 | 12758,8 | 10544,9 |
| 37440 | 11977,5 | 9799,1 | 9329,3 |
| 37500 | 11392,5 | 9214,2 | 9476,4 |
| 37560 | 13219,2 | 11041,0 | 10096,6 |
| 37620 | 12583,7 | 10405,7 | 9879,3 |
| 37680 | 12421,5 | 10243,6 | 9781,8 |

| Waktu | Beban tanpa PV & Fuzzy | Beban dengan PV tanpa Fuzzy | Beban dengan PV & Fuzzy |
|--------------|-----------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|
| (s) | (W) | (W) | (W) |
| 37740 | 15923,9 | 13746,2 | 10849,8 |
| 37800 | 15801,5 | 13623,9 | 10818,7 |
| 37860 | 15103,2 | 12925,8 | 10576,3 |
| 37920 | 15205,1 | 13027,8 | 10580,4 |
| 37980 | 11869,6 | 9692,5 | 9497,1 |
| 38040 | 10890,3 | 8713,3 | 8885,1 |
| 38100 | 15985,6 | 13808,7 | 10871,4 |
| 38160 | 13837,1 | 11660,4 | 10196,2 |
| 38220 | 12808,4 | 10631,9 | 9883,2 |
| 38280 | 15591,5 | 13415,1 | 10727,4 |
| 38340 | 14144,6 | 11968,3 | 10249,6 |
| 38400 | 14892,4 | 12716,3 | 10607,4 |
| 38460 | 13249,2 | 11073,2 | 10204,0 |
| 38520 | 13436,8 | 11261,0 | 10344,1 |
| 38580 | 10955,3 | 8779,6 | 8916,9 |
| 38640 | 15671,5 | 13495,9 | 10787,8 |
| 38700 | 14928,0 | 12752,6 | 10637,2 |
| 38760 | 10932,5 | 8757,2 | 8928,8 |
| 38820 | 10246,4 | 8071,3 | 9158,5 |
| 38880 | 12061,7 | 9886,7 | 9716,5 |
| 38940 | 10660,1 | 8485,2 | 8941,2 |
| 39000 | 10579,2 | 8404,5 | 8959,9 |
| 39060 | 13112,6 | 10938,0 | 10114,2 |
| 39120 | 10134,4 | 7960,0 | 9236,0 |
| 39180 | 13368,9 | 11194,6 | 10362,3 |
| 39240 | 15141,3 | 12967,1 | 10695,4 |
| 39300 | 13101,4 | 10927,4 | 10121,7 |
| 39360 | 14047,1 | 11873,3 | 10428,5 |
| 39420 | 14423,0 | 12249,3 | 10534,0 |
| 39480 | 14190,8 | 12017,2 | 10477,4 |
| 39540 | 10136,8 | 7963,3 | 9234,5 |
| 39600 | 11151,9 | 8978,6 | 9512,3 |
| 39660 | 14025,9 | 11852,8 | 10488,3 |
| 39720 | 12075,2 | 9902,4 | 9877,6 |
| 39780 | 10397,7 | 8225,2 | 9061,5 |
| 39840 | 10844,3 | 8672,0 | 8978,1 |
| 39900 | 15526,7 | 13354,7 | 10779,9 |
| 39960 | 11329,9 | 9158,3 | 9718,2 |
| 40020 | 12280,7 | 10109,3 | 9878,7 |
| 40080 | 13516,1 | 11345,0 | 10499,9 |
| 40140 | 11003,9 | 8833,1 | 8946,9 |
| 40200 | 10158,0 | 7987,6 | 9219,6 |
| 40260 | 14146,8 | 11976,7 | 10533,4 |
| 40320 | 14574,1 | 12404,3 | 10761,4 |
| 40380 | 14282,2 | 12112,7 | 10564,3 |

| Waktu | Beban tanpa PV & Fuzzy | Beban dengan PV tanpa Fuzzy | Beban dengan PV & Fuzzy |
|--------------|-----------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|
| (s) | (W) | (W) | (W) |
| 40440 | 10463,9 | 8294,8 | 9022,3 |
| 40500 | 13538,9 | 11370,1 | 10504,1 |
| 40560 | 15553,0 | 13384,6 | 10965,3 |
| 40620 | 15578,2 | 13410,0 | 10982,7 |
| 40680 | 12582,7 | 10414,9 | 9945,8 |
| 40740 | 13035,8 | 10868,3 | 9910,0 |
| 40800 | 14987,5 | 12820,4 | 11058,4 |
| 40860 | 15515,4 | 13348,6 | 11091,8 |
| 40920 | 13609,8 | 11443,3 | 10512,4 |
| 40980 | 14343,0 | 12176,8 | 10634,6 |
| 41040 | 13116,0 | 10950,2 | 9998,1 |
| 41100 | 12944,9 | 10779,4 | 9842,9 |
| 41160 | 10968,5 | 8803,3 | 8834,8 |
| 41220 | 15856,7 | 13691,8 | 11328,1 |
| 41280 | 13446,2 | 11281,6 | 10428,3 |
| 41340 | 11639,5 | 9475,3 | 9875,7 |
| 41400 | 13188,6 | 11024,7 | 10100,4 |
| 41460 | 14191,3 | 12027,8 | 10562,8 |
| 41520 | 14002,3 | 11839,1 | 10535,5 |
| 41580 | 10584,6 | 8421,7 | 9405,3 |
| 41640 | 13292,4 | 11129,8 | 10249,1 |
| 41700 | 13664,4 | 11502,2 | 10537,9 |
| 41760 | 14007,8 | 11845,9 | 10563,1 |
| 41820 | 12970,8 | 10809,2 | 10125,4 |
| 41880 | 13429,5 | 11268,2 | 10444,7 |
| 41940 | 13533,3 | 11372,4 | 10547,5 |
| 42000 | 12647,9 | 10487,3 | 10248,9 |
| 42060 | 10907,3 | 8747,0 | 9593,6 |
| 42120 | 13013,6 | 10853,7 | 10258,3 |
| 42180 | 14388,2 | 12228,6 | 10668,6 |
| 42240 | 10189,9 | 8030,6 | 10149,9 |
| 42300 | 10309,7 | 8150,7 | 10039,8 |
| 42360 | 13132,4 | 10973,7 | 10379,9 |
| 42420 | 11923,9 | 9765,5 | 9959,0 |
| 42480 | 10210,4 | 8052,4 | 10130,8 |
| 42540 | 11470,9 | 9313,2 | 9843,2 |
| 42600 | 10643,1 | 8485,8 | 9853,3 |
| 42660 | 12297,8 | 10140,8 | 10379,8 |
| 42720 | 13311,0 | 11154,3 | 10561,9 |
| 42780 | 13583,0 | 11426,7 | 10690,0 |
| 42840 | 13666,7 | 11510,6 | 10738,7 |
| 42900 | 15611,5 | 13455,8 | 11272,6 |
| 42960 | 14632,2 | 12476,8 | 10862,1 |
| 43020 | 13078,9 | 10923,9 | 10520,5 |
| 43080 | 12920,1 | 10765,4 | 10515,1 |

| Waktu | Beban tanpa PV & Fuzzy | Beban dengan PV tanpa Fuzzy | Beban dengan PV & Fuzzy |
|--------------|-----------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|
| (s) | (W) | (W) | (W) |
| 43140 | 13900,8 | 11746,4 | 10882,9 |
| 43200 | 14182,0 | 12027,9 | 10909,4 |

3. Konsumsi BBM pukul 05.00 – 17.00

| Waktu | SFOC | Beban tanpa PV & Fuzzy | Beban dengan PV tanpa Fuzzy | Beban dengan PV & Fuzzy | BBM Beban tnp PV & Fuzzy | BBM Beban dg PV tnp Fuzzy | BBM Beban dg PV & Fuzzy |
|--------------|-------|------------------------|-----------------------------|-------------------------|--------------------------|---------------------------|-------------------------|
| (h) | (l/h) | (W) | (W) | (W) | (l) | (l) | (l) |
| 06.00 | 4,38 | 13149,0 | 11026,3 | 11254,1 | 3,60 | 3,02 | 3,08 |
| 07.00 | 4,38 | 12967,3 | 10807,2 | 10321,7 | 3,55 | 2,96 | 2,83 |
| 08.00 | 4,38 | 12780,9 | 10598,3 | 9705,7 | 3,50 | 2,90 | 2,66 |
| 09.00 | 4,38 | 13583,0 | 11390,6 | 10179,3 | 3,72 | 3,12 | 2,79 |
| 10.00 | 4,38 | 12892,3 | 10695,7 | 10049,8 | 3,53 | 2,93 | 2,75 |
| 11.00 | 4,38 | 12979,3 | 10781,8 | 10160,3 | 3,55 | 2,95 | 2,78 |
| 12.00 | 4,38 | 12691,7 | 10494,1 | 10080,4 | 3,47 | 2,87 | 2,76 |
| 13.00 | 4,38 | 12835,1 | 10638,1 | 10088,4 | 3,51 | 2,91 | 2,76 |
| 14.00 | 4,38 | 12781,0 | 10585,2 | 10002,7 | 3,50 | 2,90 | 2,74 |
| 15.00 | 4,38 | 12861,2 | 10672,6 | 9817,6 | 3,52 | 2,92 | 2,69 |
| 16.00 | 4,38 | 13027,1 | 10892,2 | 9968,7 | 3,57 | 2,98 | 2,73 |
| 17.00 | 4,38 | 13003,8 | 10883,0 | 10149,7 | 3,56 | 2,98 | 2,78 |
| Total | | | | | 42,58 | 35,44 | 33,34 |

4. Konsumsi BBM pukul 17.00 – 05.00

| Waktu | SFOC | Beban Malam | BBM Beban Malam |
|--------------|--------------|--------------------|----------------------------|
| (h) | (l/h) | (W) | (l) |
| 18.00 | 4,38 | 15049,655 | 4,1198431 |
| 19.00 | 4,38 | 14989,096 | 4,1032652 |
| 20.00 | 4,38 | 14926,956 | 4,0862542 |
| 21.00 | 4,38 | 15194,34 | 4,1594506 |
| 22.00 | 4,38 | 14964,107 | 4,0964242 |
| 23.00 | 4,38 | 14993,096 | 4,10436 |
| 24.00 | 4,38 | 14897,229 | 4,0781165 |
| 01.00 | 4,38 | 14945,041 | 4,0912049 |
| 02.00 | 4,38 | 14926,998 | 4,0862657 |
| 03.00 | 4,38 | 14953,729 | 4,0935834 |
| 04.00 | 4,38 | 15009,032 | 4,1087225 |
| 05.00 | 4,38 | 15001,265 | 4,1065963 |
| Total | | | 49,234086 |

BIOGRAFI PENULIS



Penulis bernama Dewi Purwaningrum yang biasa dikenal dengan Dewi dikalangan teman-temannya. Penulis lahir di Tulungagung pada tanggal 14 Juni 1997. Penulis merupakan anak pertama dari dua bersaudara. Penulis telah menempuh pendidikan formal di SDN 03 Jatimulyo, SMPN 1 Kauman, SMAN 1 Kedungwaru, dan saat ini sedang menempuh pendidikan di Departemen Teknik Sistem Perkapalan ITS Surabaya. Penulis masuk ITS menjadi angkatan 2015 melalui jalur SNMPTN dengan NRP 04211540000009. Selama perkuliahan penulis aktif di berbagai kegiatan organisasi dan kepanitiaan acara, diantaranya Himpunan Mahasiswa Teknik Sistem Perkapalan (HIMASISKAL), BEM ITS, panitia Marine Icon, panitia Buka Bersama Akbar ITS, dan sebagainya. Dan di akhir masa perkuliahan, penulis memilih topik Tugas Akhir pada bidang minat laboratorium Marine Electrical and Automation System (MEAS). Jika terdapat pertanyaan mengenai Tugas Akhir ini, dapat menghubungi penulis pada email : adewdeep@gmail.com.