

# Jurnal Ilmiah

## ENERGI & KELISTRIKAN



SEKOLAH TINGGI TEKNIK - PLN

RANCANG BANGUN PEMROGRAMAN BERBASIS SISTEM CERDAS UNTUK PENGATURAN PENGISIAN BATERE PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA

*Dhami Johar Damiri; Supriadi Legino; Hakimul Batih*

KARAKTERISTIK PEMAKAIAN TENAGA SURYA PADA MODUL SOLAR SMART SEBAGAI IMPLEMENTASI DARI LISTRIK KERAKYATAN

*Muchamad Nur Qosim; Isworo Pujotomo*

PENGUJIAN TAHANAN ISOLASI DAN RASIO PADA TRAFU PS T15 PT INDONESIA POWER UP MRICA

*Andi Makkulau; Nurmiati Pasra; Rifaldi Riska Siswanto*

ANALISIS DROP TEGANGAN PADA JARINGAN TEGANGAN MENENGAH DENGAN MENGGUNAKAN SIMULASI PROGRAM ETAP

*Tri Joko Pramono; Erlina; Soetjipto Soewono; Fatimah*

KAJIAN SISTEM KINERJA PLTS OFF-GRID 1 kWp DI STT-PLN

*Tony Koerniawan; Aas Wasri Hasanah*

PROSES PERAKITAN DAN PENGUJIAN KUBIKEL SM6 VACUUM CIRCUIT BREAKER 20 kV DI PT. GALLEON CAHAYA INVESTAMA

*Juara Mangapul Tambunan; Achmad Wiro Munajich*

MENYUSUTKAN RUGI – RUGI DAYA PADA PENYULANG MTL DAN PENYULANG BJM DENGAN MEREKONFIGURASI JARINGAN TEGANGAN MENENGAH

*Novi Gusti Pahiyanti; Sigit Sukmajati; Tri Sutrisno Rosyadi*

ANALISA PERBANDINGAN UNJUK KERJA PEMAKAIAN BAHAN BAKAR MOTOR KONVENSIONAL DENGAN MOTOR LISTRIK ULC PLN AREA CENGKARENG

*Tasdik Darmana; Oktaria Handayani; Halim Rusjdi*

ANALISA NILAI SAIDI SAIFI SEBAGAI INDEKS KEANDALAN PENYEDIAAN TENAGA LISTRIK PADA PENYULANG CAHAYA PT. PLN (PERSERO) AREA CIPUTAT

*Ibnu Hajar; Muhammad Hasbi Pratama*

PEMBAGIAN PEMBANGKITAN SISTEM PEMBANGKIT TERMAL PADA KONDISI BEBAN YANG BERUBAH TERHADAP WAKTU MENGGUNAKAN QUADRATIC PROGRAMMING

*Yoakim Simamora; Samsurizal; Zalmahdi*

ANALISIS KELAYAKAN TURBIN ANGIN KECEPATAN RENDAH TIPE NT1000W DI WILAYAH TERPENCIL

*Zainal Arifin; Heri Suyanto; Hastuti Aziz*

ISSN 1979-0783



9 771979 078352

SEKOLAH TINGGI TEKNIK - PLN (STT-PLN)

ENERGI & KELISTRIKAN

VOL.10

NO. 1

HAL. 1 - 93

JANUARI - JUNI 2018

ISSN 1979-0783

# RANCANG BANGUN PEMROGRAMAN BERBASIS SISTEM CERDAS UNTUK PENGATURAN PENGISIAN BATERE PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA

Dhami Johar Damiri<sup>1</sup>; Supriadi Legino<sup>2</sup>; Hakimul Batih

Teknik Elektro, Sekolah Tinggi Teknik – PLN

<sup>1</sup>djdhamiri@gmail.com; <sup>2</sup>supriadilegino@gmail.com; <sup>3</sup>hakimulbatih@yahoo.com

**Abstract :** *Hydroelectric solar energy Photovoltaic/Solar in addition can be used to program the rural electricity, solar energy utilization opportunities such as street lighting lamps as well as for the survival of the industry and small and medium enterprises. At solar power plants is also still there needs to be some development in management-charging, this needs to be done in order for the resulting damage to the quality of mecegah power, namely the irregular voltage too high and sometimes too low from the solar cells towards the battery. Solar power plant comprises a PV panel change sunlight into direct current (DC), charging circuits for charging the battery, the charger system served as the heart of electric power generation system of solar power, which the battery used for electric power storage.*

*This study is develop an intelligent system software architecture for Solar Charger Controler and used to arrange direct current to disuply battery by solar energy and transmitted to the load-based fuzzy logic. This simulation is expected to be implemented in a tool that serves as a charging in excess of set flush from the solar panel to battery-based fuzzy. Solar Charger controler based Fuzzy logic can be applied automatically regulates battery charging battery charging and limit if the voltage at the battery with charging function and organize the liberation of current from the battery to the load. software used In this study is Matrix Laboratory (MATLAB) used to simulate fuzzy logic controller as a regulator of the output voltage of boost converter after the solar cells. And managed to simulate the control of the voltage and current that entered the battery, battery filling in the range of 95%.*

**Keyword:** *Intelegant system design, control charger, Batery, fuzzy, Mamdani*

**Abstrak :** *Pembangkit tenaga listrik Energi Surya Fotovoltaik/matahari selain dapat digunakan untuk program listrik pedesaan, peluang pemanfaatan energi surya lainnya seperti lampu penerangan jalan juga untuk kelangsungan industri dan usaha kecil dan menengah. Pada pembangkit tenaga listrik tenaga surya ini juga masih perlu ada beberapa pengembangan yaitu pada manajemen pengisian baterai, hal ini perlu dilakukan agar mecegah kerusakan yang dihasilkan kualitas daya, yaitu tegangan yang tidak teratur kadang terlalu tinggi dan kadang terlalu rendah dari sel surya menuju baterai . Pembangkit Listrik tenaga surya terdiri panel PV yang mengubah sinar matahari menjadi arus searah (DC), charging circuits untuk pengisian baterai, sistem pengisi baterai bertugas sebagai jantung dari sistem pembangkitan tenaga listrik tenaga surya, dimana baterai tersebut digunakan untuk penyimpanan daya listrik.*

*Pada penelitian ini akan dibuatkan rancang bangun perangkat lunak berbasis sistem cerdas untuk baterai charge controller dengan menggunakan sumber pembangkit Listrik Tenaga Surya. Solar Charger Controler sebagai pengganti alat elektronik yang digunakan untuk mengatur arus searah yang diisi ke baterai yang disuply oleh energi matahari dan disalurkan ke beban berbasis logika fuzzy. Simulasi ini diharapkan dapat diterapkan pada alat yang berfungsi sebagai mengatur kelebihan pengisian yang di alirkan dari solar panel ke baterai berbasis fuzzy . Solar Charger controler berbasis logika Fuzzy ini dapat diterapkan secara otomatis mengatur pengisian batere dan membatasi pengisian batere jika tegangan di baterai dengan mengatur fungsi pengisian dan pembebasan arus dari baterai ke beban (alat yang di gunakan)d engan software Matrix Laboratory (MATLAB)*

untuk mensimulasikan fuzzy logic controller sebagai pengatur tegangan keluaran dari boost converter setelah sel surya. Dan berhasil mensimulasikan pengontrolan tegangan dan arus yang memasuki batere, mengisi batere pada kisaran 95%.

**Kata Kunci:** Desain Sistem Cerdas, control Charger, Batere, Fuzzy, Mamdani

## 1. PENDAHULUAN

Konsumsi listrik Indonesia setiap tahunnya terus meningkat sejalan dengan peningkatan pertumbuhan ekonomi nasional, penambahan penduduk serta pola konsumsi energi masyarakat. Keadaan ini didorong oleh kebutuhan yang terus naik dan tumbuhnya sektor industri di Indonesia. Ketergantungan energi fosil ini masih didominasi oleh kebutuhan minyak yang mencapai 41.8 %, disusul batu bara 29 % dan gas 23%. (Kompas, 2015).

Masyarakat Indonesia sangat bergantung pada pasokan listrik PLN, selain untuk kebutuhan penerangan juga untuk mendukung kegiatan perekonomian. PLN masih bergantung pada bahan bakar fosil dalam memproduksi listrik. Masih banyak sumber daya lain untuk mengurangi atau menggantikan posisi bahan bakar fosil yang belum dimanfaatkan secara optimal seperti sumber daya hidro, panas bumi, mini/mikrohidro, biomassa, matahari, angin dan uranium. Energi surya adalah energi yang didapat dengan mengubah energi panas surya (matahari) melalui peralatan tertentu menjadi sumber daya dalam bentuk lain. Energi surya menjadi salah satu sumber pembangkit daya selain air, uap, angin, biogas, batu bara, dan minyak bumi.

Teknik pemanfaatan energi surya mulai muncul pada tahun 1839, ditemukan oleh A.C. Becquerel. Ia menggunakan kristal silikon untuk mengkonversi radiasi matahari, namun sampai tahun 1955 metode itu belum banyak dikembangkan. Energi surya merupakan salah satu energi yang sedang giat dikembangkan saat ini oleh Pemerintah Indonesia karena sebagai negara tropis, Indonesia memiliki potensi energi surya yang besar.

Salah satu cara penyediaan energi listrik alternatif yang siap untuk diterapkan secara massal saat ini adalah Sistem

Energi Surya Fotovoltaik (SESF) atau secara umum dikenal sebagai Pembangkit Listrik Tenaga Surya Fotovoltaik (PLTS Fotovoltaik). Energi surya telah banyak diterapkan dalam kehidupan sehari-hari. Beberapa aplikasi energi surya adalah:

1. Pencahayaan bertenaga surya,
2. Pemanasan bertenaga surya, untuk memanaskan air, memanaskan dan mendinginkan ruangan,
3. Desalinisasi dan desinfektifikasi,
4. Untuk memasak, dengan menggunakan kompor tenaga surya.

Pembangkit tenaga listrik Energi Surya Fotovoltaik/matahari selain dapat digunakan untuk program listrik pedesaan, peluang pemanfaatan energi surya lainnya seperti lampu penerangan jalan dan lingkungan. Pada pembangkit tenaga listrik tenaga surya ini juga masih perlu ada beberapa pengembangan yaitu pada manajemen pengisian baterai, hal ini perlu dilakukan agar mencegah kerusakan yang dihasilkan kualitas daya, yaitu tegangan yang tidak teratur kadang terlalu tinggi dan kadang terlalu rendah dari sel surya menuju baterai. Pembangkit Listrik tenaga surya terdiri panel PV yang mengubah sinar matahari menjadi arus searah (DC), *charging circuits* untuk pengisian baterai, *sistem pengisi baterai* bertugas sebagai jantung dari sistem pembangkitan tenaga listrik tenaga surya, dimana baterai tersebut digunakan untuk penyimpanan daya listrik.

Pembangkit listrik tenaga surya yang diteliti adalah pembangkit dengan sumber *stand alone power system* (SAPS) sehingga semua energi yang dihasilkan panel disimpan pada baterai. Sehingga yang sangat diperhatikan dalam penelitian ini terfokuskan pada sistem ini adalah *sistem pengisi baterai* untuk baterai yang tujuan untuk mengatur konsumsi hasil konversi energi listrik pada PV (Shoab, 2013).

Permasalahan yang diangkat pada penelitian ini adalah belum adanya sebuah pengontrolan berbasis sistem cerdas yang digunakan *charge controller* baterai agar voltage controller batere tidak perlu diganti jika terjadi penggantian batere dengan kapasitas baterai yang berbeda.

Melihat permasalahan tersebut, dalam penelitian ini akan dibuatkan rancang bangun perangkat lunak berbasis sistem cerdas untuk baterai *charge controller* dengan menggunakan sumber pembangkit Listrik Tenaga Surya.

Penelitian ini akan membuat rancang bangun perangkat lunak berbasis sistem cerdas untuk *Solar Charger Controller* sebagai pengganti alat elektronik yang digunakan untuk mengatur arus searah yang diisi ke baterai yang disuply oleh energi matahari dan disalurkan ke beban dengan logika fuzzy. Simulasi ini diharapkan dapat diterapkan pada alat yang berfungsi sebagai mengatur kelebihan pengisian yang di alirkan dari solar panel ke baterai berbasis fuzzy. *Solar Charger controller* berbasis logika Fuzzy ini dapat diterapkan secara otomatis menghentikan kegiatan jika tegangan di baterai dengan mengatur fungsi pengisian dan pembebasan arus dari baterai ke beban (alat yang di gunakan)

## 2. TINJAUAN PUSTAKA

Pembangkit listrik tenaga surya adalah pembangkit listrik yang mengubah energi surya (cahaya) menjadi energi listrik. Pembangkitan listrik bisa dilakukan dengan dua cara, yaitu secara langsung menggunakan fotovoltaiik dan secara tidak langsung dengan pemusatan energi surya. Fotovoltaiik mengubah secara langsung energi cahaya menjadi listrik menggunakan efek fotolistrik. Pemusatan energi surya menggunakan sistem lensa atau cermin dikombinasikan dengan sistem pelacak untuk memfokuskan energi matahari ke satu titik untuk menggerakkan mesin kalor (panas) seperti mesin stirling atau lainnya (Abdullah, Kamarudin; dkk, 2002).

Perkembangan teknologi dalam membuat panel surya / *solar cell* semakin

hari semakin lebih baik terutama dalam meningkatkan tingkat efisiensi, pembuatan aki yang tahan lama, pembuatan alat elektronik yang dapat menggunakan *Direct Current*. Pada saat ini penggunaan tenaga matahari (*solar cell*) masih mahal karena tidak adanya subsidi dari pemerintah .

Berbeda dengan Bahan Bakar Minyak yang dapat semakin menipis ketika digunakan secara terus menerus. Hal ini dikarenakan Bahan Bakar Minyak berasal dari fosil jutaan tahun lalu. Untuk memanfaatkan energi ini agar menjadi energi listrik dibutuhkan sebuah media panel surya yang akan mengubah panas sinar matahari menjadi energi listrik. Menurut (Abdullah, Kamarudin; dkk, 2002) alasan digunakan energi surya (matahari) sebagai pembangkit energi listrik alternatif adalah sebagai berikut:

- a. *Tidak akan pernah habis*, Keuntungan yang pertama adalah tidak akan pernah habis dan ramah lingkungan. Seperti yang Anda ketahui energi matahari merupakan sumber energi terbarukan yang tidak akan pernah habis. Penggunaan energi surya juga dapat mencegah penggunaan bahan bakar fosil menjadi semakin menipis. Dan bahkan saat ini banyak sekali negara-negara maju yang menggunakan energi surya untuk menjadikannya energi listrik.
- b. *Ramah lingkungan*, Yang kedua adalah ramah lingkungan. Dikatakan ramah lingkungan karena penggunaan energi surya tidak akan menghasilkan emisi karbon sama seperti BBM. Oleh karena itu energi surya dapat dikatakan sebagai salah satu sumber energi alternatif yang sangat lingkungan. Dan pastinya hal ini dapat mencegah pemanasan global yang dapat menyebabkan perubahan
- c. *Hanya membutuhkan sedikit perawatan*, Keuntungan pembangkit listrik tenaga surya selanjutnya adalah hanya membutuhkan sedikit perawatan. Setelah instalasi dan dioptimasi, panel surya dapat menciptakan listrik dengan luasan hanya beberapa milimeter dan tidak memerlukan perawatan yang berarti. Tak hanya itu saja, panel surya juga

memproduksi energi dalam diam, sehingga tak mengeluarkan bunyi bising dan lainnya.

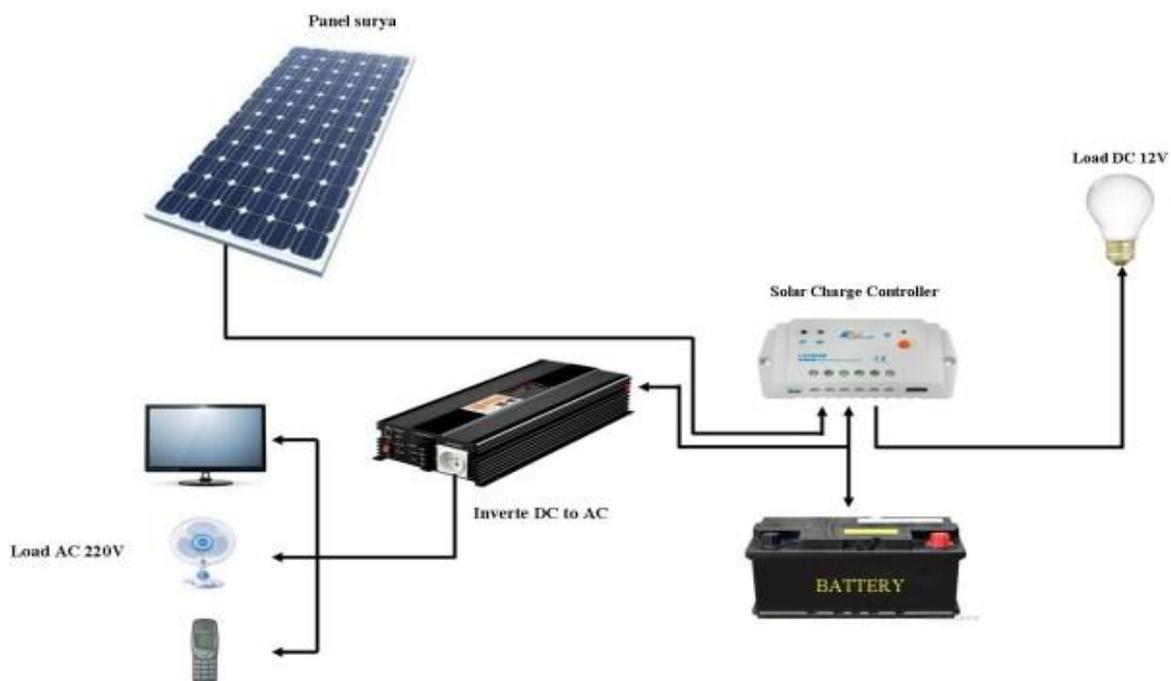
d. *Umur panel surya / solar cell panjang/ investasi jangka panjang.*

Pemasangan sangat mudah, kapasitas yang dihasilkan sesuai dengan kebutuhan dan lainnya

Cara kerja dari pembangkit listrik tenaga surya cukup sederhana. Komponen utama dari sumber energi ini adalah sel fotovoltaik. Sel tersebut memiliki peranan untuk menangkap panas matahari yang kemudian akan diubah menjadi energi listrik. Jika dibandingkan dengan pembangkit listrik yang lain, jenis pembangkit listrik ini diklaim lebih ramah lingkungan, murah dan hampir tidak memiliki polusi ataupun limbah, hal tersebut merupakan beberapa keuntungan dari pembangkit listrik ini. Setelah panas matahari ditangkap oleh sel fotovoltaik lalu panas tersebut akan digunakan untuk memanaskan cairan yang selanjutnya menjadi uap yang dihasilkan akan dipanaskan oleh sebuah generator yang akhirnya akan menghasilkan listrik.

Umumnya prinsip kerja dari pembangkit listrik jenis ini hampir sama seperti cara kerja pembakaran bahan bakar fosil dalam pengolahannya.

Panel surya / *solar cell* sebagai komponen penting pembangkit listrik tenaga surya, mendapatkan tenaga listrik pada pagi sampai sore hari sepanjang ada sinar matahari. Umumnya kita menghitung maksimum sinar matahari yang diubah menjadi tenaga listrik sepanjang hari adalah 5 jam. Tenaga listrik pada pagi – sore disimpan dalam baterai, sehingga listrik dapat digunakan pada malam hari, dimana tanpa sinar matahari. Karena pembangkit listrik tenaga surya sangat tergantung kepada sinar matahari, maka perencanaan yang baik sangat diperlukan. Perencanaan terdiri dari: Jumlah daya yang dibutuhkan dalam pemakaian sehari-hari (Watt). Berapa besar arus yang dihasilkan panel surya / *solar cell* (dalam Ampere hour), dalam hal ini memperhitungkan berapa jumlah panel surya / *solar cell* yang harus dipasang. Berapa unit baterai yang diperlukan untuk kapasitas yang diinginkan dan pertimbangan penggunaan tanpa sinar matahari. (*Ampere hour*).



**Gambar 1.** Komponen Pembangkit Listrik Tenaga Surya  
Sumber (Sewu, 2014)

Dalam nilai ke-ekonomian, pembangkit listrik tenaga surya memiliki nilai yang lebih tinggi, dimana listrik dari PT. PLN tidak dimungkinkan, ataupun instalasi generator listrik bensin ataupun solar. Misalnya daerah terpencil: pertambangan, perkebunan, perikanan, desa terpencil, dll. Dari segi jangka panjang, nilai ke-ekonomian juga tinggi, karena dengan perencanaan yang baik, pembangkit listrik tenaga surya dengan panel surya / *solar cell* memiliki daya tahan 20 – 25 tahun. Baterai dan beberapa komponen lainnya dengan daya tahan 3 – 5 tahun. (Abdullah, Kamarudin; dkk, 2002)

Dewasa ini, fuzzy merupakan salah satu metode memiliki aplikasi luas di bidang kontrol. Hal ini disebabkan antara lain. (Hagiwara, 2003) :

1. Kontrol memiliki potensi aplikasi yang sangat luas dan dibutuhkan di berbagai bidang.
2. Kuantitas suatu materi dalam sistem kontrol sangat jelas, dan dapat diekspresikan dengan istilah-istilah yang *fuzzy* seperti “besar”, “banyak”.
3. Aturan dalam kontrol mudah untuk didefinisikan memakai kata-kata. Misalnya “jika suhu dalam ruangan terlalu dingin, naikan suhu penghangat”
4. Perkembangan teori fuzzy sangat pesat, sehingga batas-batasnya dapat dirumuskan dengan jelas.

Logika *Fuzzy* pertama kali diperkenalkan oleh *Prof. Lotfi Zadeh* seorang kebangsaan

Iran yang menjadi guru besar di *University of California at Berkeley* pada tahun 1965 dalam papernya yang monumental. Pelopor aplikasi *fuzzy set* dalam bidang kontrol, yang merupakan aplikasi pertama dan utama dari *fuzzy set* adalah *Prof. Ebrahim Mamdani* dan kawan-kawan dari *Queen Mary College London*. *Fuzzy* memiliki kelebihan-kelebihan, diantaranya (Hagiwara, 2003):

- a. Dapat mengekspresikan konsep yang sulit untuk dirumuskan, seperti misalnya “suhu ruangan yang nyaman”.
- b. Pemakaian *membership-function* memungkinkan fuzzy untuk melakukan observasi obyektif terhadap nilai-

nilai yang subyektif. Selanjutnya *membership-function* ini dapat dikombinasikan untuk membuat pengungkapan konsep yang lebih jelas.

- c. Penerapan logika dalam pengambilan keputusan.

*Fuzzy system* adalah sistem yang dibangun berdasarkan aturan-aturan (pengetahuan) yang berupa koleksi aturan IF – THEN (JIKA – MAKA). Alasan menggunakan logika *fuzzy* yaitu: konsep logika *fuzzy* mudah dimengerti, sangat fleksibel, memiliki toleransi terhadap data-data yang tidak tepat, mampu memodelkan data-data nonlinier yang sangat kompleks, dapat membangun dan mengaplikasikan pengalaman-pengalaman para pakar secara langsung tanpa harus melalui proses pelatihan, dapat bekerjasama dengan teknik kendali secara konvensional pada bahasa alami. (Kusumadewi, 2002)

Logika *fuzzy* menggunakan satu set aturan untuk menggambarkan perilakunya. Aturan-aturan tersebut menggambarkan kondisi yang diharapkan dan hasil yang diinginkan dengan menggunakan *statemen IF... THEN*.

Suatu himpunan *fuzzy* *A* dalam semesta pembicaraan dinyatakan dengan fungsi keanggotaan (*membership function*)  $\mu_A$ , yang harganya berada dalam interval [0,1]. Secara matematika hal ini dinyatakan dengan persamaan

$$\mu_A: U \rightarrow [0,1] \dots \dots \dots (2.1)$$

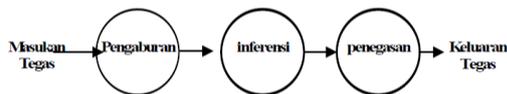
Himpunan *fuzzy* *A* dalam semesta pembicaraan *U* biasa dinyatakan sebagai sekumpulan pasangan elemen *u* (*u* anggota *U*) dan besarnya derajat keanggotaan (*grade of membership*) elemen tersebut sebagai berikut :

$$A = \{(u, \mu_A(u)) / u \in U\} \dots \dots \dots (2.2)$$

Jika *U* adalah diskrit, maka *A* bisa dinyatakan dengan :

$$A = \sum_{i=1}^n \mu_A(u_i/u_i) \dots \dots \dots (2.3)$$

Logika *fuzzy* menurut (Kusumadewi, 2002) dapat diimplementasikan dalam tiga tahapan seperti terlihat pada Gambar 2.



**Gambar 2.** Tahapan Implementasi logika fuzzy

1. Tahap pengaburan (*fuzzyfication*), yakni pemetakan dari masukan tegas ke himpunan kabur.

Proses fuzzyfikasi merupakan proses untuk mengubah variabel *non fuzzy* (variabel numerik) menjadi variabel *fuzzy* (variabel linguistik). Nilai masukan-masukan yang masih dalam bentuk variabel numerik yang telah dikuantisasi sebelum diolah oleh pengendali *fuzzy* harus diubah terlebih dahulu ke dalam variabel *fuzzy*. Melalui fungsi keanggotaan yang telah disusun maka nilai-nilai masukan tersebut menjadi informasi *fuzzy* yang berguna nantinya untuk proses pengolahan secara *fuzzy* pula. Proses ini disebut fuzzyfikasi.

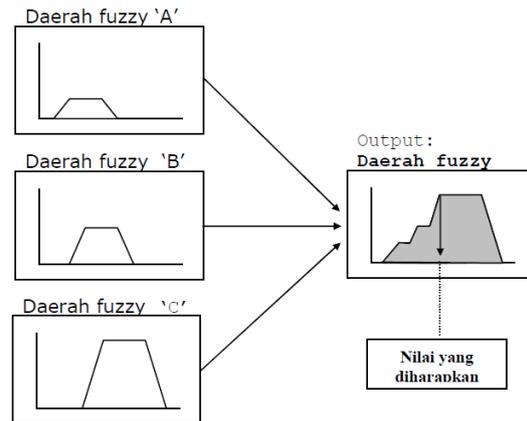
2. Tahap inferensi, yaitu pembangkitan aturan *fuzzy*.

Pada umumnya, aturan-aturan *fuzzy* dinyatakan dalam bentuk "IF...THEN" yang merupakan inti dari relasi *fuzzy*. Relasi *fuzzy*, dinyatakan dengan *R*, juga disebut implikasi *fuzzy*. Untuk mendapatkan aturan "IF.....THEN" ada dua cara utama :

- a. Menanyakan ke operator manusia yang dengan cara manual telah mampu mengendalikan sistem tersebut, dikenal dengan "*human expert*".
- b. Dengan menggunakan algoritma pelatihan berdasarkan data-data masukan dan keluaran.

3. Tahap penegasan (*Defuzzyfication*), yaitu transformasi keluaran dari nilai kabur ke nilai tegas

Input dari proses defuzzifikasi adalah suatu himpunan *fuzzy* yang diperoleh dari komposisi aturan-aturan *fuzzy*, sedangkan *output* yang dihasilkan merupakan suatu bilangan pada domain himpunan *fuzzy* tersebut. Sehingga jika diberikan suatu himpunan *fuzzy* dalam *range* tertentu, maka harus dapat diambil suatu nilai *crisp* tertentu sebagai *output* seperti terlihat pada Gambar 3.



**Gambar 3.** Proses Fuzzyfikasi

Ada beberapa metode defuzzifikasi pada komposisi aturan MAMDANI, antara lain:

- a. Metode *Centroid (Composite Moment)*  
Pada metode ini, solusi *crisp* diperoleh dengan cara mengambil titik pusat ( $z^*$ ) daerah *fuzzy*. Secara umum dirumuskan:

$$z^* = \frac{\int z \mu(z) dz}{\int \mu(z) dz}$$

$$z^* = \frac{\sum_{j=1}^n z_j \mu(z_j)}{\sum_{j=1}^n \mu(z_j)} \dots\dots\dots(2.4)$$

- b. Metode *Bisektor*  
Pada metode ini, solusi *crisp* diperoleh dengan cara mengambil nilai pada *domain fuzzy* yang memiliki nilai keanggotaan separo dari jumlah total nilai keanggotaan pada daerah *fuzzy*. Secara umum dituliskan dengan persamaan

$$Z = \int_{R1}^p \mu(Z) dz$$

- c. Metode *Mean of Maximum (MOM)*  
Pada metode ini, solusi *crisp* diperoleh dengan cara mengambil nilai rata-rata domain yang memiliki nilai keanggotaan maksimum.
- d. Metode *Largest of Maximum (LOM)*  
Pada metode ini, solusi *crisp* diperoleh dengan cara mengambil nilai terbesar dari *domain* yang

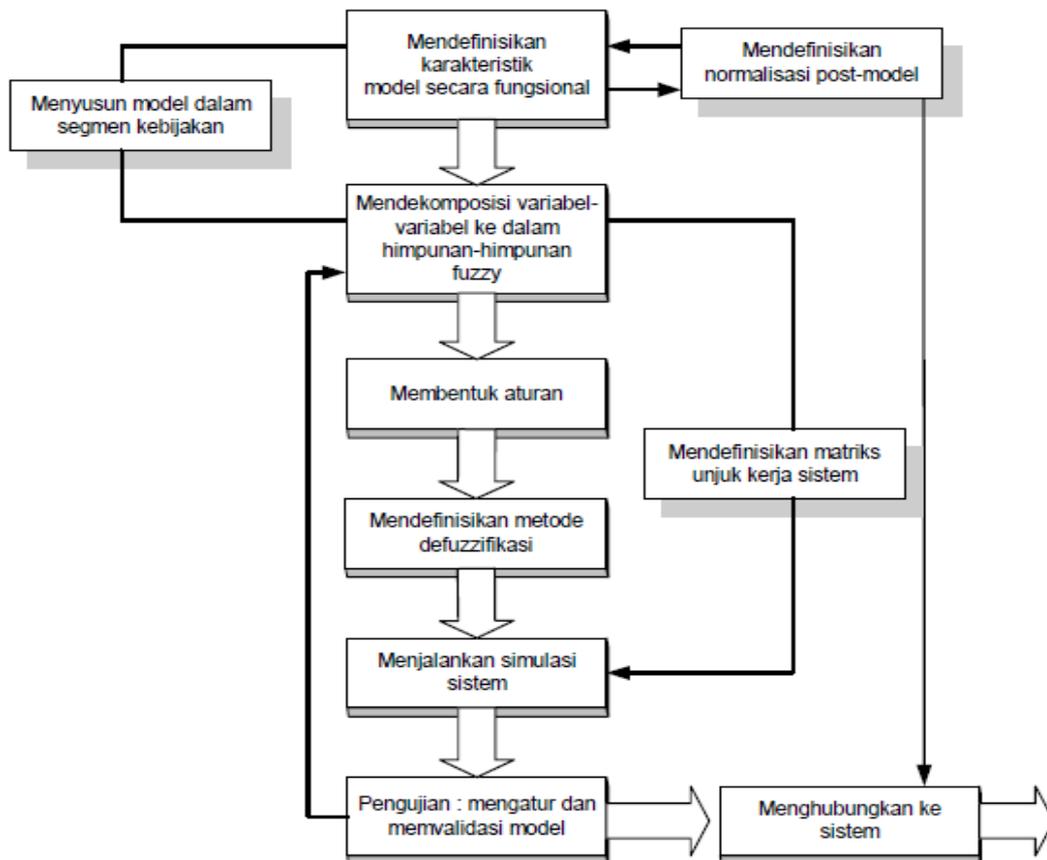
memiliki nilai keanggotaan maksimum.

- e. Metode *Smallest of Maximum* (SOM)  
 Pada metode ini, solusi crisp diperoleh dengan cara mengambil nilai terkecil dari *domain* yang memiliki nilai keanggotaan maksimum.

kemampuan manusia dalam berfikir ke dalam bentuk algoritma yang kemudian dijalankan oleh mesin. Algoritma ini digunakan dalam berbagai aplikasi pemrosesan data yang tidak dapat direpresentasikan dalam bentuk biner. Logika fuzzy menginterpretasikan statemen yang samar menjadi sebuah pengertian yang logis. Secara garis besar untuk perancangan suatu sistem fuzzy dengan menggunakan inferensi model Mamdani, diperlukan dilakukan beberapa tahapan yaitu :

### 3. METODE PENELITIAN

Logika *fuzzy* adalah cabang dari sistem kecerdasan buatan (*Artificial Intelegent*) yang mengemulasi



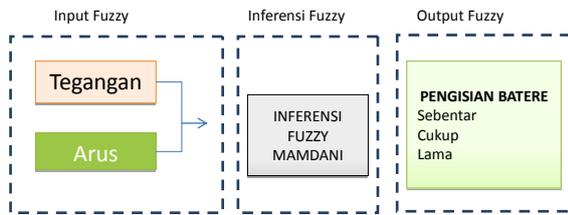
Gambar 4. Tahapan Penyelesaian Permasalahan dengan menggunakan Inferensi Fuzzy

## 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 4.1. Tahapan Pemodelan

Tahap pertama dari penyelesaian permasalahan dengan menggunakan inferensi fuzzy mamdani adalah pemodelan *input*, proses dan output fuzzy. Pada penelitian ini pemodelan terbagi menjadi

1. Pemodelan *input Fuzzy*.  
 Pemodelan *input fuzzy* yang adalah pemodelan yang dibentuk dari hasil pengamatan, percobaan dan *expert judgement* tentang kondisi arus, tegangan pada batere PLTS seperti yang diperlihatkan pada 4.2 :



**Gambar 5.** Pemodelan *Input* – Proses – *Output Fuzzy* inferensi Mamdani

**b. Dekomposisi Variabel input dan output Fuzzy (Fuzzifikasi)**

Tahap pertama dalam pemodelan pada perancangan ini adalah fuzzifikasi. Pada proses ini kita harus menentukan tingkatan fuzzy dari setiap *input* dan *output* yang akan digunakan. Dalam menentukan tingkatan fuzzy ini harus sesuai dengan data dilapangan, karena kebenaran data tersebut akan mempengaruhi pada proses pemodelan tahap selanjutnya sampai ke hasil akhir yang kita inginkan. Data tersebut dapat berupa hasil pengujian di laboratorium atau data yang telah ada dilapangan. Pada perancangan ini data yang digunakan adalah data yang sudah ada dari *datasheet* batere PLTS, pengujian awal serta *expert judgement*.

1. Fuzzyfikasi untuk tegangan batere disajikan pada Tabel 1.

**Tabel 4.1.** Fuzzyfikasi Tegangan batere

Himpunan Fuzzy	Tegangan (volt)
Rendah	0 - 8
Normal	8 - 12
Tinggi	12 - 17

2. Fuzzyfikasi untuk Arus batere disajikan pada Tabel 4.2

**Tabel 2.** Fuzzyfikasi Arus batere

Himpunan Fuzzy	Arus (Ampere)
Kecil	0 - 6
Sedang	6 - 22
Besar	20- 40

3. Fuzzyfikasi untuk Pengisian batere disajikan pada Tabel 3

**Tabel 3.** Fuzzyfikasi Pengisian batere

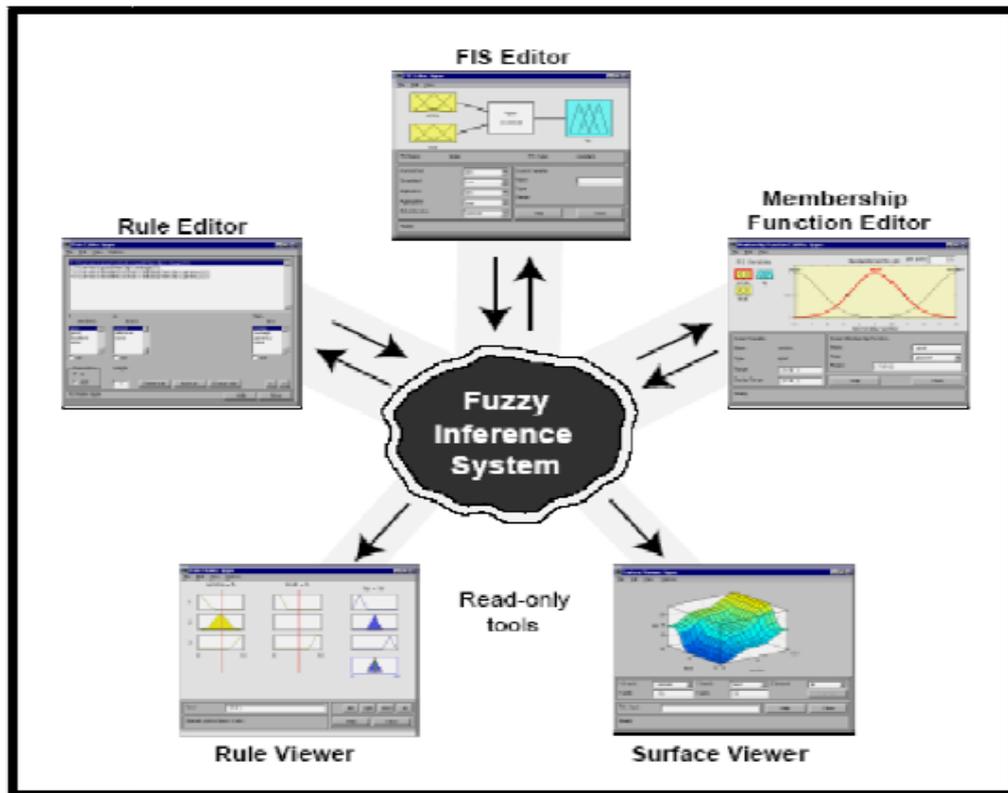
Himpunan Fuzzy	Lama Pengisian (Jam)
Sebentar	0 - 1
Cukup	5 - 10
Lama	10

**2. Pembentukan aturan**

Untuk membuat hubungan antara kedua parameter input dan parameter output yang dinamakan *interfacing*. Pada proses *interfacing* ini hubungan antara kedua variabel input dan variabel *output* dapat diatur dan ditentukan sendiri yaitu dengan menghubungkan kedua variabel input dan variabel *output* menjadi pembentukan aturan fuzzy sebagai berikut:

1. [R1] ; If Tegangan batere Rendah AND Arus batere Kecil Then Pengisian Batere Lama
2. [R2] ; If Tegangan batere Rendah AND Arus batere Sedang Then Pengisian Batere Lama
3. [R3] ; If Tegangan batere Rendah AND Arus batere Tinggi Then Pengisian Batere Cukup
4. [R4] ; If Tegangan batere Normal AND Arus batere Kecil Then Pengisian Batere Lama
5. [R5] ; If Tegangan batere Normal AND Arus batere Sedang Then Pengisian Batere Cukup
6. [R6] ; If Tegangan batere Normal AND Arus batere Tinggi Then Pengisian Batere Sebentar
7. [R7] ; If Tegangan batere Tinggi AND Arus batere Kecil Then Pengisian Batere Cukup
8. [R8] ; If Tegangan batere Tinggi AND Arus batere Cukup Then Pengisian Batere Cukup
9. [R9] ; If Tegangan batere Tinggi AND Arus batere Tinggi Then Pengisian Batere Sebentar

3. Mendefinisikan metode defuzzyfikasi dengan Implementasi fuzzy model Mamdani sebagai pembentuk inferensi dengan menggunakan Software MATLAB 2014



Gambar 6. inferensi menggunakan Software MATLAB 2014

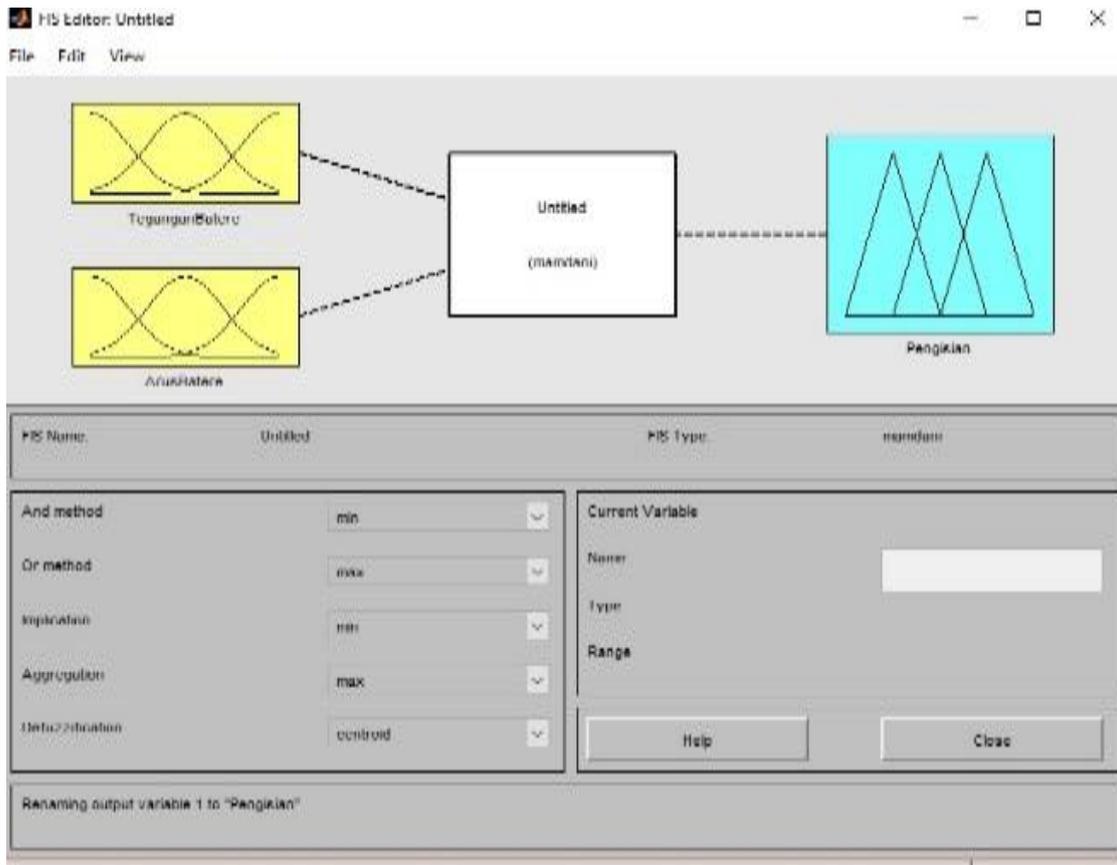
**a. Membuat Pemodelan *Input Proses Output* dengan menggunakan MATLAB 2014.**

Agar dapat menggunakan fungsi-fungsi logika fuzzy yang ada pada MATLAB, maka harus diinstallkan terlebih dahulu TOOLBOX FUZZY. Fuzzy logic toolbox memberikan fasilitas *Graphical User Interface* (GUI) untuk mempermudah dalam membangun suatu sistem fuzzy. Ada 5 GUI tools yang dapat digunakan untuk membangun, mengedit, meng-

observasi sistem penalaran fuzzy (lihat gambar 1), yaitu:

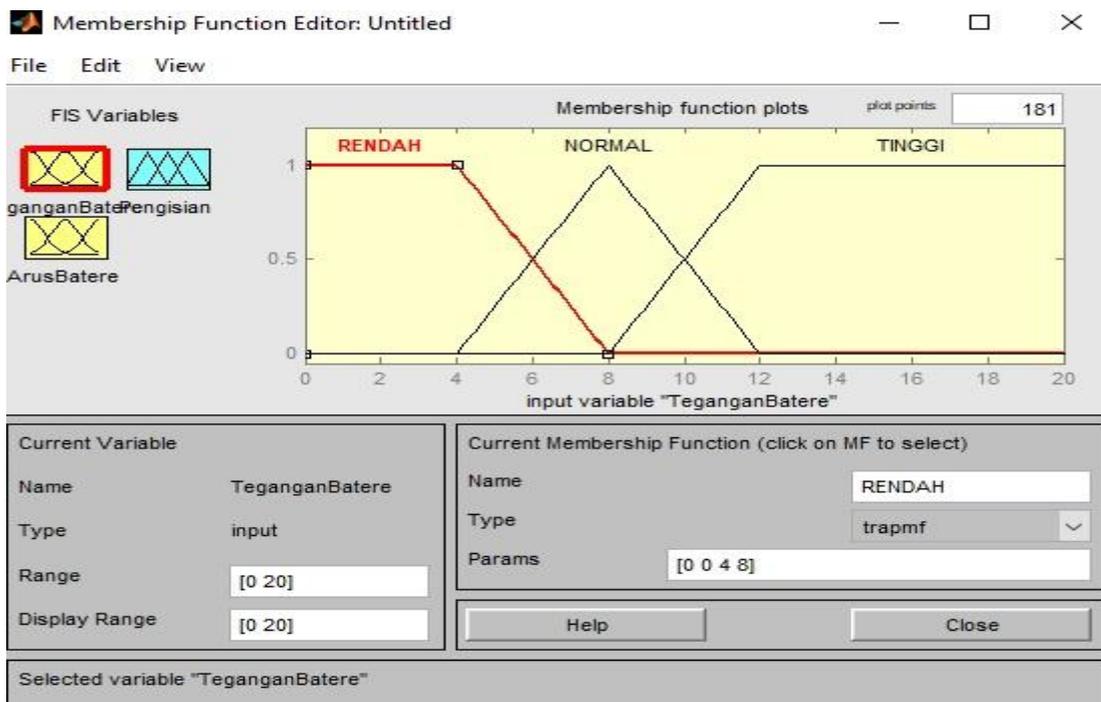
1. *Fuzzy Interface System Editor* (FIS Editor),
2. *Membership Function Editor*,
3. *Rule Editor*,
4. *Rule Viewer*,
5. *Surface Viewer*.

**b. Membuat Variabel *Input* dan *Output* fuzzy**



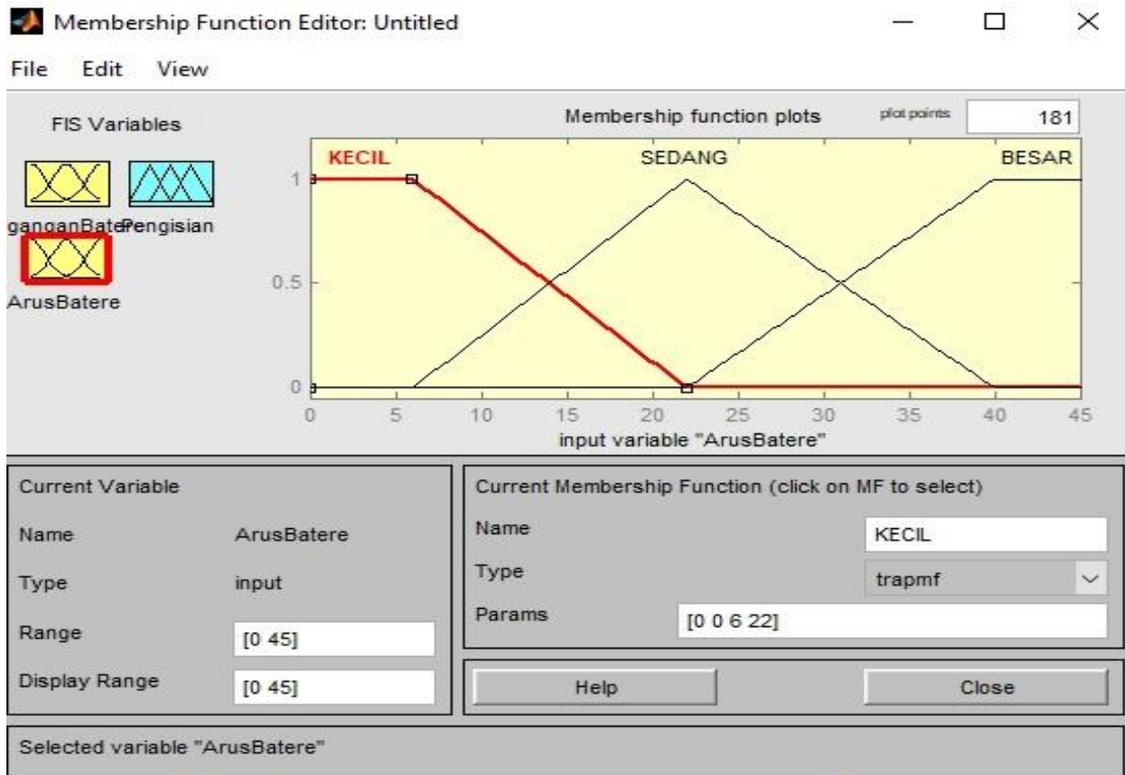
Gambar 7. Pemodelan IOP Fuzzy Mamdani

c. Membuat Fungsi Keanggotaan *Input* fuzzy untuk variabel Tegangan Batere:

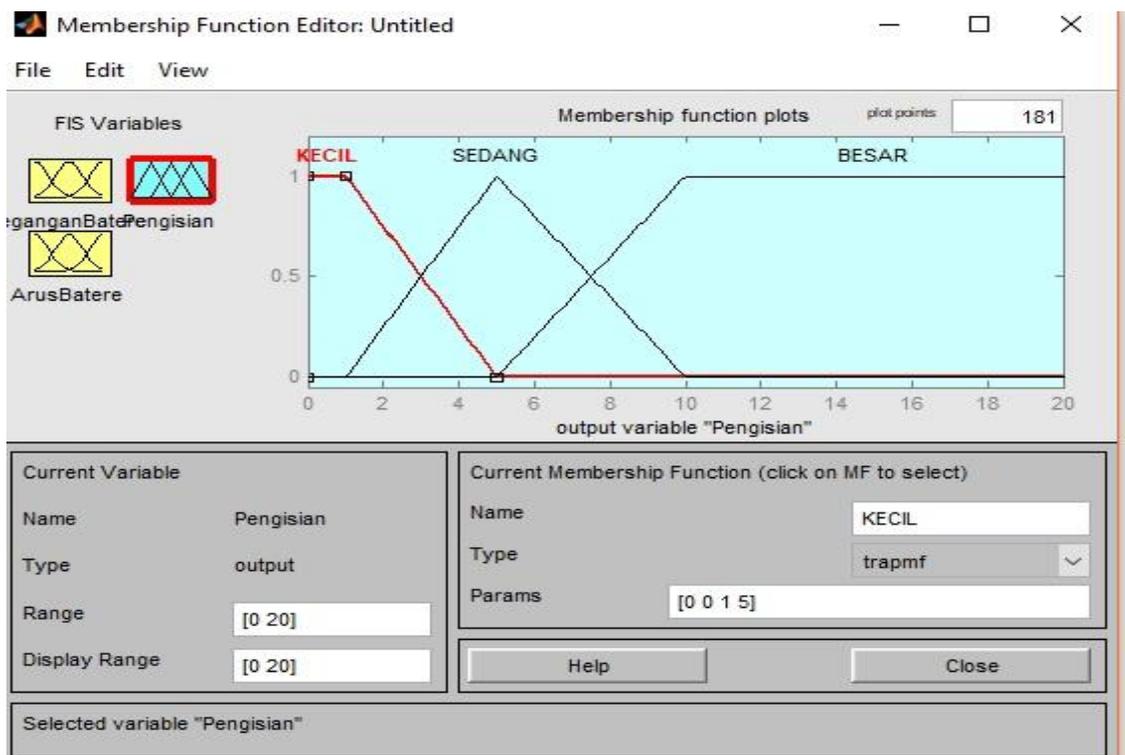


Gambar 8. Model fungsi keanggotaan *input* fuzzy Tegangan batere

d. Membuat Fungsi Keanggotaan Input fuzzy untuk variabel Arus Batere:

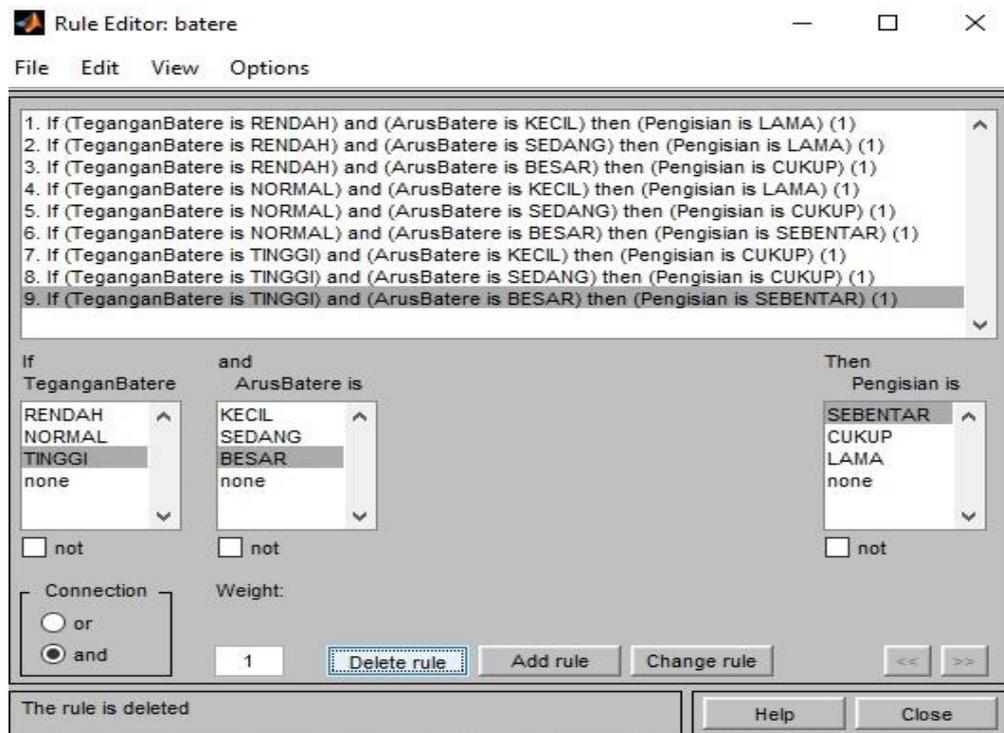


Gambar 9. Model fungsi keanggotaan input fuzzy Arus batere



Gambar 11. Model fungsi keanggotaan Output fuzzy Pengisian batere

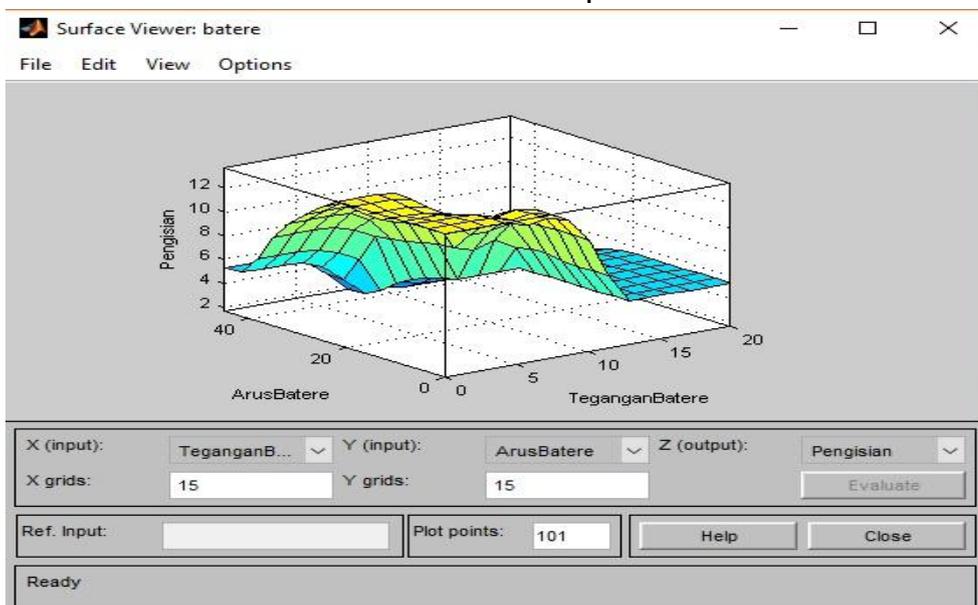
### e. Pembentukan aturan Fuzzy



**Gambar 12.** Pembentukan aturan Fuzzy Model Mamdani

Dari *rule base* tersebut dapat dilihat *surface view*-nya yaitu suatu gambar yang menunjukkan kehalusan dari gradasi warna pada perubahan tingkatan fuzzy dari *rule base* yang telah dibuat. Perubahan gradasi warna yang semakin

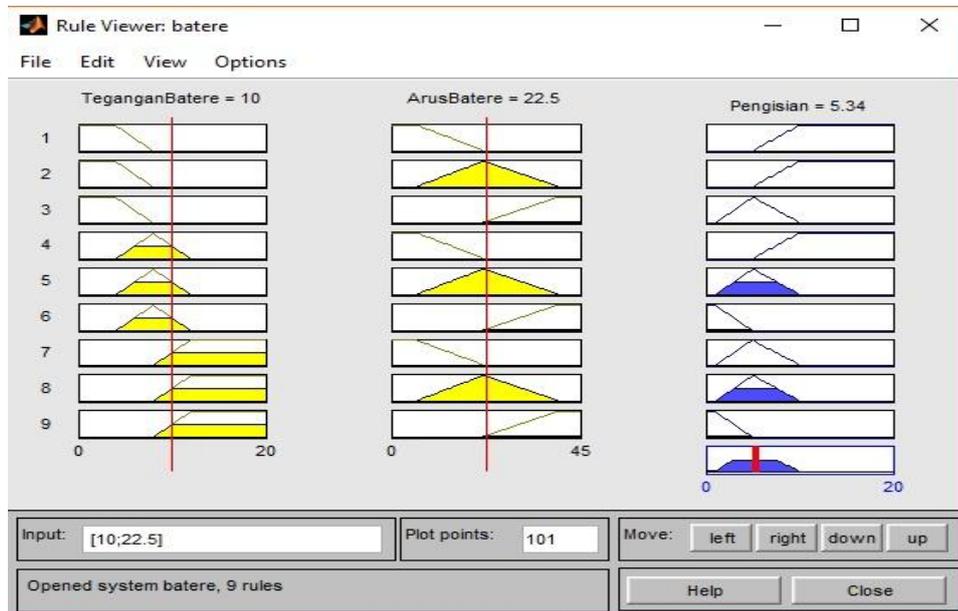
halus berarti menunjukkan bahwa semakin bagus *rule base* yang telah dibuat. Dan sebaliknya perubahan gradasi warna yang kasar menunjukkan bahwa *rule base* yang telah dibuat tidak bagus, seperti yang ditunjukkan pada gambar 5.6



**Gambar 13** Perubahan tingkatan fuzzy dari rule base yang telah dibuat

f. Tahapan terakhir yang juga merupakan tahapan terakhir dari proses perancangan indikator alat uji pengisian baterai PLTS ini adalah proses memperoleh keluaran dari proses komputasi melalui algoritma logika fuzzy yang mana keluaran ini harus sesuai dengan *statement input* yang dibuat. Proses ini dinamakan

defuzzifikasi. Pada perancangan ini proses defuzzifikasi dilakukan dengan menggunakan metode *Centroid of Area (COA)*. Dengan menggunakan operator max min dengan logika AND maka akan diperoleh kurva input Tegangan, kurva *input* arus, dan kurva output Lamanya Pengisian (jam) seperti terlihat pada gambar 14.



**Gambar 5.7.** Kurva Input dan Output pada Proses Defuzzifikasi

## 4.2 Pengujian

Hasil dari proses fuzzifikasi setiap diberikan input akan memberikan keluaran level sesuai dengan rule base yang telah dibuat. Keakuratan dari sistem yang telah dibuat sangat tergantung dengan rule basenya. Pengujian dilakukan dengan melakukan entry point atau menggeser garis merah untuk setiap input dan keluaran (defuzzifikasinya) akan langsung ditampilkan. Nilai dari input dan output tersebut tertera secara numerik atau dapat dilihat dari tampilan kurva secara visual.

Sebagai contoh dapat dilihat Tabel 5.1, pada tabel tersebut terlihat untuk tegangan baterai 9,5 Volt dan arus baterai 18 Volt maka keluarannya menunjukkan lamanya pengisian baterai selama 9,2 jam. Dari nilai tersebut jika masing-masing nilai dimasukkan ke dalam tabel interfacing maka nilai tegangan sebesar 9,5 akan termasuk kategori tegangan

Normal, dan nilai arus baterai sebesar 18 Ampere akan termasuk kategori SEDANG, sedangkan untuk nilai keluarannya yang berupa level keluaran sebesar 9,2 Jam (9 jam 12 menit) akan termasuk kategori LAMA. Dari hasil tersebut jika kita cocokan dengan dengan tabel interfacing maka pernyataan tersebut sudah sesuai. Berikut ini tabel pengujian dari 20 titik keadaan yang digunakan sebagai sampel untuk pengujian pengontrolan pengisian baterai:

**Tabel 4.** Data hasil Pengujian Sistem

NO	TEGANGAN BATERE (VOLT)	ARUS BATERE (AMPERE)	LAMA PENGISIAN BATERE (JAM)
1	4	2	13,7
2	6,7	5,8	13,4
3	7,5	6,3	13,5
4	9	3,25	12,5
5	10	2,4	11
6	10	15	10,8
7	9,5	18	9,2
8	11	20	7,6
9	15	4	5,3
10	16,4	7,5	5,34
11	20	1,25	5,33
12	14	14	5,39
13	9	5	12,5
14	14	4	5,33
15	10	30	4,47
16	15	7,8	5,34
17	3	23	13,5
18	7	38	6,02
19	15	6	5,3
20	14	10	5,35

Perancangan model indikator alat uji karakteristik minyak transformator ini bertujuan untuk mengetahui pengontrolan pengisian baterai yang bertujuan agar baterai tetap awet dengan *output* berupa pengontrolan waktu pengisian baterai sampai baterai penuh di kapasitas 95%. Dengan perancangan sistem cerdas dengan menggunakan pemodelan logika fuzzy ini memiliki beberapa kelebihan, antara lain: nilai respon yang dihasilkan akan lebih valid jika dibandingkan dengan pengujian secara manual. Dengan perancangan ini pula kita dapat mengetahui secara *real time* kapan baterai harus diisi dengan mempertimbangkan kapasitas baterai, tanpa harus melihat standar penggunaan setiap merk baterai yang berbeda-beda. Selain itu dengan pemodelan ini kita akan mengontrol pengisian secara otomatis, yaitu dengan hanya memasukkan nilai dua buah *input*, secara otomatis akan muncul indikator mengenai lamanya pengisian baterai.

## 5. KESIMPULAN

Implementasi sistem cerdas untuk pengontrolan baterai yang digunakan pada PLTS dengan menerapkan metode fuzzy

mamdani pada *Solar Charger controller* berbasis logika fuzzy yang digunakan untuk melindungi baterai pada sebuah sistem pembangkit listrik tenaga surya untuk mengatur arus yang masuk dari *solar cell* ke baterai, menghindari kelebihan arus dan mengatur pengisian baterai secara *soft switch*, sehingga diharapkan pengontrolan otomatis oleh sistem dapat dilaksanakan tanpa membutuhkan pengontrolan manusia.

Setelah dilakukan penelitian tentang penerapan *fuzzy logic* dengan inferensi Mamdani ini, dapat ditentukan rancangan logika berbasis fuzzy untuk pengaturan kelebihan arus dan tegangan pada baterai dengan menggunakan spesifikasi baterai yang terpasang pada sistem pembangkit listrik tenaga surya (PLTS) dan pengalaman para pakar yang dibentuk dalam kurva fuzzy dan aturan yang diharapkan dapat menghindari kelebihan arus dalam mengatur pengisian baterai serta melindungi baterai pada sebuah sistem pembangkit listrik tenaga surya untuk mengatur arus yang masuk dari solar cell ke baterai dengan pendekatan teknologi *soft switch*.

## DAFTAR PUSTAKA

- Abdullah, Kamarudin; dkk. (2002). *Energi dan Listrik Pertanian*. Bogor: JICA - DGHE IPB Project.
- Hagiwara, M. (2003). *Neuro-Fuzzy-GA*. Sangyotosho: Sangyotosho Publisher.
- Kompas. (2015). *Cadangan Minyak di Indonesia Hanya Cukup*. Jakarta: Kompas.
- Kusumadewi, S. (2002). *Analisa dan Desain Sistem Fuzzy menggunakan Toolbox Matlab*. Jakarta: Graha Ilmu.
- Sewu, P. T. (2014, 04). <http://katalognatopringsewu.blogspot.co.id/2014/04/>. Retrieved 09 21, 2017, from [www.katalognatopringsewu.blogspot.co.id](http://www.katalognatopringsewu.blogspot.co.id) [www.katalognatopringsewu.blogspot.co.id](http://www.katalognatopringsewu.blogspot.co.id)
- Shoab, M. (2013). Novel Battery Charging Control System for Batteries Using On/Off and PWM Controllers for Stand Alone Power Systems. *IOSR Journal of Electrical and Electronics Engineering (IOSR-JEEE)*, 44-52.