

J-ELTRIK

**Jurnal Elektronika, Listrik, Telekomunikasi, Komputer,
Informatika, Sistem Kontrol**

Vol. 5

No. 1

Halaman: 1 - 52

Surabaya, Juli 2023

**Rancang Bangun Sistem Kontrol Kelembaban Dan Suhu Pada Budidaya
Jamur Tiram Berbasis *Fuzzy Logic***

Moch Choeszaini

**Perencanaan Pembangunan PLTS On-Grid pada Tambak Udang IBAP
Banjar Kemuning**

Nur Ulfa Mauludina, Yasmin Fakhira Ichsan, Mitari Wahyu Arsiani

Planning For Wind Turbine Installation On The Suramadu Bridge, East Java

Yasmin Fakhira Ichsan, Nur Ulfa Mauludina, Muchaerini Khasanah

**Desain SVPW Minverter Sebagai *Driver* Motor Induksi Tiga Fasa
Menggunakan *Anfis***

Dimas Rhocky Endika Putra

**Sistem Kontrol Otomatis dan Monitoring Ketersediaan Oksigen
pada Pasien Klinik Berbasis IoT**

Muhammad Ridho Cahyono, Edy Kurniawan, Jawwad Sulthon Habiby

**Speed *Sensorless* Pembaca Kecepatan Motor Induksi 3 Phase
Berbasis *Constructive Backpropagation***

Yogi Arrachman, Iradiratu Diah Prahman Karyatanti

**Prodi Teknik Elektro
Fakultas Teknik dan Ilmu Kelautan
*Universitas Hang Tuah***

J-Eltrik
Jurnal Elektronika, Listrik, Telekomunikasi, Komputer,
Informatika, Sistem Kontrol

Editor in Chief

Dr. Muh. Taufiqurrohman, S.T., M.T.
(Prodi Teknik Elektro, Fakultas Teknik dan Ilmu Kelautan, Univ. Hang Tuah)

Managing Editor

Ir. Belly Yan Dewantara, S.T., M.T.
(Prodi Teknik Elektro, Fakultas Teknik dan Ilmu Kelautan, Univ. Hang Tuah)

Editorial in Board

Safriudin Rifandi, S.T., M.Tr.T.
(Prodi Teknik Elektro, Fakultas Teknik dan Ilmu Kelautan, Univ. Hang Tuah)
Sinung Widiyanto, S.T., M.Eng.
(Prodi Teknik Elektro, Fakultas Teknik dan Ilmu Kelautan, Univ. Hang Tuah)

Reviewer

Associate Professor Dr. Wahyu Mulyo Utomo
(Universiti Tun Onn Malaysia)
Dr. Hindarto, S. Kom., M.T.
(Prodi Teknik Elektro, Fak. Teknik, Univ. Muhammadiyah, Sidoarjo)
Ir. Agus Putu Abiyasa, B. Eng., Ph.D., IPM.
(Prodi Teknik Elektro, Fak. Teknik dan Informatika, Univ. Pendidikan Nasional, Bali)
I Wayan Sukadana, S.T., M.T.
(Prodi Teknik Elektro, Fak. Teknik dan Informatika, Univ. Pendidikan Nasional, Bali)
Dr. Iradiratu Diah P.K, S.T., M.T
(Prodi Teknik Elektro, Fakultas Teknik dan Ilmu Kelautan, Univ. Hang Tuah)
Dr. Suryadhi, S.T., M.T.
(Prodi Teknik Elektro, Fakultas Teknik dan Ilmu Kelautan, Univ. Hang Tuah)
Dr. Istiyo Winarno, S.T., M.T.
(Prodi Teknik Elektro, Fakultas Teknik dan Ilmu Kelautan, Univ. Hang Tuah)
Joko Subur, S.T., M.T.
(Prodi Teknik Elektro, Fakultas Teknik dan Ilmu Kelautan, Univ. Hang Tuah)
Pooja Kenchetty, Ph.D.
(CMR Institute of Technology, India)
Dr. Om Prakash Sahu, Ph.D.
(Vellore Institute of Technology, India)

Alamat Redaksi:

Prodi Teknik Elektro, Fakultas Teknik dan Ilmu Kelautan
Pulau Miangas, Universitas Hang Tuah
Jl. Arif Rahman Hakim, No. 150, Surabaya
e-mail: jurnal.eltrik@hangtuah.ac.id
ojs: eltrik.hangtuah.ac.id

J-Eltrik
**Jurnal Elektronika, Listrik, Telekomunikasi, Komputer,
Informatika, Sistem Kontrol**

E-ISSN: 2656-9388; P-ISSN: 2656-9396

Vol. 5, No. 1, Juli 2023
DOI: <https://doi.org/10.30649/je.v5i1>

Daftar Isi

Rancang Bangun Sistem Kontrol Kelembaban dan Suhu Pada Budidaya Jamur Tiram berbasis <i>Fuzzy Logic</i> Moch Choeszaini	1-11
Perencanaan Pembangunan PLTS <i>On-Grid</i> pada Tambak Udang IBAP Banjar Kemuning Nur Ulfa Mauludina, Yasmin Fakhira Ichsan, Mitari Wahyu Arsiani	12-22
<i>Planning For Wind Turbine Installation On The Suramadu Bridge, East Java</i> Yasmin Fakhira Ichsan, Nur Ulfa Mauludina, Muchaerini Khasanah	23-30
Desain SVPW Minverter Sebagai Driver Motor Induksi Tiga Fasa Menggunakan Anfis Dimas Rhocky Endika Putra	31-39
Sistem Kontrol Otomatis dan Monitoring Ketersediaan Oksigen pada Pasien Klinik Berbasis IoT Muhammad Ridho Cahyono, Edy Kurniawan, Jawwad Sulthon Habiby	40-46
Speed Sensorless Pembaca Kecepatan Motor Induksi 3 Phase berbasis Constructive Backpropagation Yogi Arrachman, Iradiratu Diah Prahman Karyatanti	47-52

Rancang Bangun Sistem Kontrol Kelembaban Dan Suhu Pada Budidaya Jamur Tiram Berbasis *Fuzzy Logic*

Moch Choeszaini¹

¹PT. Charoen Pokphand Indonesia
Jl. Raya Suroboyo - Mojokerto KM 19
Korespondensi: mochchoeszaini@gmail.com

Received: Maret 2023; Accepted: Mei 2023; Published: Juli 2023

DOI: <https://doi.org/10.30649/je.v5i1.116>

Abstrak

Kelembaban dan suhu bagi kelangsungan hidup jamur tiram sangatlah tinggi. Dibutuhkan kelembaban dan suhu yang tepat agar jamur tiram tumbuh secara maksimal. Selama ini petani jamur tiram dalam upaya pengontrolan masih menggunakan cara manual dan masih menggunakan feeling, jadi pertumbuhan jamur kurang maksimal. Maka Pengontrolan yang dilakukan kali ini menggunakan *Fuzzy Logic Controller* (FLC) karena dianggap paling sesuai dengan mempertimbangkan kondisi lingkungan yang berubah-ubah. Metode pengontrol logika fuzzy ini menggunakan MCS51 dan komputer sebagai interface. Dengan metode fuzzy ini, inputan sensor suhu dan kelembaban digunakan untuk mengontrol beban-beban berupa lampu, kipas serta pompa spray secara otomatis. *Fuzzy Logic* merupakan salah satu metode sistem kendali yang dapat memberikan keputusan yang menyerupai keputusan manusia. Proses pengendalian dengan fuzzy logic ini dilakukan oleh PC dan mikrokontroler, dengan empat sensor suhu LM35 dan satu sensor kelembaban HSM 20G sebagai input masukan fuzzy logic kontrol. Dari hasil percobaan yang dilakukan, menunjukan bahwa sistem kendali fuzzy logic lebih mudah dalam pembuatan sistem pengendaliannya dan lebih fleksibel dalam membuat perancangannya karena sistem fuzzy mengambil keputusan dari logika manusia yang ditempatkan pada knowledge Base sistem fuzzy.

Kata kunci: *Fuzzy Logic*, HSM-20G, LM35 dan Mikrokontroler

Abstract

Humidity and temperature for the survival of oyster mushrooms are very high. It requires the right humidity and temperature for oyster mushrooms to grow optimally. So far, oyster mushroom farmers in their control efforts still use manual methods and still use feeling, so mushroom growth is less than optimal. So the control carried out this time uses a Fuzzy Logic Controller (FLC) because it is considered the most appropriate taking into account changing environmental conditions. This fuzzy logic controller method uses MCS51 and a computer as an interface. With this fuzzy method, temperature and humidity sensor input are used to control loads in the form of lights, fans, and spray pumps automatically. Fuzzy Logic is a control system method that can provide decisions that resemble human decisions. The fuzzy logic control process is carried out by a PC and microcontroller, with four LM35 temperature sensors and one HSM 20G humidity

sensor as fuzzy logic control inputs. The results of the experiments carried out, show that the fuzzy logic control system is easier to create the control system and more flexible in making the design because the fuzzy system takes decisions from human logic which is placed in the fuzzy system knowledge base.

Key words: Fuzzy Logic, HSM-20G, LM35, microcontroller

I. PENDAHULUAN

Permintaan pasar terhadap jamur tiram sangat banyak. Jamur tiram disukai masyarakat untuk dijadikan berbagai macam olahan masakan. Sering kali para produsen jamur tiram sampai kehabisan stok. Hal ini dikarenakan pembudidayaan jamur tiram yang tidak gampang dan memerlukan waktu lama.

Salah satu kesulitan yang dihadapi adalah jamur tiram sangat sensitif terhadap perubahan temperatur dan kelembaban lingkungan. Jamur tidak dapat berkembang dengan baik apabila temperatur dan kelembaban lingkungannya tidak sesuai. Perawatan jamur tiram yang sulit dan sensitif menyebabkan masyarakat menganggap budidaya jamur tiram merupakan hal yang menyusahkan [1].

Berdasarkan analisa data pada petani jamur tiram di Pacet didapatkan bahwa dalam budidaya jamur tiram mengontrol kelembaban jamur tiram sangat penting, ketika pada waktu penyemprotan kondisi terlalu basah dikhawatirkan jamur yang akan di panen akan terlalu basah dan itu akan berpengaruh pada ketahanan jamur, jamur yang terlalu basah akan cepat busuk [2].

Kebanyakan konsumen tidak mau membeli jamur tiram dalam kondisi terlalu basah ataupun kering karena akan rugi untuk menjualnya kembali. Bila jamur kelihatan terlalu kering dianggap jamur tidak segar lagi. Hal inilah yang mengilhami peneliti untuk membuat alat ini. Diharapkan dengan alat ini bisa mengatasi permasalahan yang di alami oleh petani jamur tiram.

Selama ini pengontrolan kelembaban dan suhu dilakukan secara manual yaitu

dengan mengontrol secara berkala pada thermometer dan hygrometer [3]. Apabila kelembaban kurang ideal maka dilakukan penyemprotan hingga lingkungan yang ideal. Dibutuhkan kesabaran dan keuletan untuk merawatnya.

Berdasarkan permasalahan tersebut dalam penelitian ini didesain suatu sistem pengontrolan suhu dan kelembaban kumbung pada budidaya jamur tiram. Kelembaban di kontrol dengan sensor HSM-20G, suhu akan dikontrol dengan sensor LM35, mikrokontroler arduino pengolah output dari sensor yang akan menginstruksi untuk menggerakkan *exhaust fan* atau pompa *spray* [3]. Suhu dan kelembaban akan di tampilkan oleh PC dan dengan metode *fuzzy logic* pengontrolan akan lebih presisi, sehingga tanaman jamur tiram akan tumbuh dengan baik dengan kelembaban dan suhu yang stabil. Dan konsumen puas untuk membeli produk jamur tiram dari petani jamur.

II. METODE PENELITIAN

• Jamur Tiram

Jamur tiram (*Pleurotus ostreatus*) adalah jamur pangan dari kelompok *Basidiomycota* dan termasuk kelas *Homobasidiomycetes* dengan ciri-ciri umum tubuh buah berwarna putih hingga krem dan tudungnya berbentuk setengah lingkaran mirip cangkang tiram dengan bagian tengah agak cekung. Jamur tiram masih satu kerabat dengan *Pleurotus eryngii* dan sering dikenal dengan sebutan *King Oyster Mushroom* [4]. Gambar 1 menunjukkan tampilan dari jamur tiram.



Gambar 1. Jamur tiram

- **Manfaat**

Jamur tiram ini memiliki manfaat kesehatan diantaranya, dapat mengurangi kolesterol dan jantung lemah serta beberapa penyakit lainnya. Jamur ini juga dipercaya mempunyai khasiat obat untuk berbagai penyakit seperti penyakit lever, diabetes, anemia [4].

Selain itu jamur tiram juga dapat bermanfaat sebagai antiviral dan antikanker serta menurunkan kadar kolesterol. Di samping itu, jamur tiram juga dipercaya mampu membantu penurunan berat badan karena berserat tinggi dan membantu pencernaan. Jamur tiram ini mengandung senyawa *pleuran* yang berkhasiat sebagai antitumor, menurunkan kolesterol, serta bertindak sebagai antioksidan. Adanya polisakarida, khususnya *Beta-D-glucans* pada jamur tiram mempunyai efek positif sebagai antitumor, antikanker, antivirus (termasuk AIDS), melawan kolesterol, antijamur, antibakteri, dan dapat meningkatkan sistem imun [4].

Pada jamur tiram, produk ini disebut sebagai plovastin yang di pasaran dikenal sebagai suplemen penurun kolesterol (komponen aktifnya statin yang baik untuk menghambat metabolisme kolesterol di dalam tubuh manusia).

Dilihat dari kandungan gizi yang terdapat dalam jamur tiram maka bahan ini termasuk aman untuk dikonsumsi. Adanya serat yaitu lignoselulosa baik untuk pencernaan. USDA (*United States Drugs and Administration*) yang melakukan

penelitian pada tikus menunjukkan bahwa dengan pemberian menu jamur tiram selama 3 minggu akan menurunkan kadar kolesterol dalam serum hingga 40 % dibandingkan dengan tikus yang tidak diberi pakan yang mengandung jamur tiram [4].

Sehingga mereka berpendapat bahwa jamur tiram dapat menurunkan kadar kolesterol pada penderita hiperkolesterol. Di Jepang saat ini sedang diteliti potensi jamur tiram sebagai bahan makanan yang dapat mencegah timbulnya tumor.

- **Media Tanam dan Komposisi**

Media tanam *Pleurotus ostreatus* yang digunakan adalah jerami yang dicampur dengan air, dedak 10% dan kapur 1%. Fungsi dari jerami adalah sebagai bahan dasar dari pertumbuhan jamur. Jerami mengandung lignin, selulosa, karbohidrat, dan serat yang dapat didegradasi oleh jamur menjadi karbohidrat yang kemudian dapat digunakan untuk sintesis protein. Air pada jerami berfungsi sebagai pembentuk kelembapan dan sumber air bagi pertumbuhan jamur. Dedak dan kapur merupakan bahan tambahan pada media tanam *Pleurotus ostreatus* [4].

Dedak ditambahkan pada media untuk meningkatkan nutrisi media tanam, terutama sebagai sumber karbohidrat, karbon, dan nitrogen. Kapur merupakan sumber kalsium bagi pertumbuhan jamur. Selain itu juga kapur berfungsi untuk mengatur pH media pertumbuhan jamur.

- **Metode Budidaya**

Budi daya jamur tiram menggunakan substrat jerami dengan tahapan sebagai berikut: pembuatan media tanam dilakukan dengan memotong jerami menjadi berukuran 1-2 cm, kemudian jerami direndam selama semalam. Setelah itu, ditiriskan airnya sebelum ditambahkan dedak 10% dan kapur 1% sebagai zat hara pertumbuhan jamur. Semua bahan diaduk rata dan campuran bahan tadi dimasukkan

ke dalam plastik yang tahan panas hingga terisi 2/3 bagian [4].

Kemudian dipadatkan (dipukul-pukul dengan botol kaca). Setelah cukup padat, leher plastik bagian atas dimasukkan pipa paralon dan dibagian tengah media substrat diberi lubang dan ditancapkan tips. Selanjutnya ditutupi dengan kapas lalu media substrat dilapisi dengan kertas dan diikat dengan karet.

Media tersebut disterilisasi pada 121°C selama 20 menit di dalam autoklaf untuk memastikan bahwa tidak ada kontaminan yang tumbuh yang mungkin akan mengganggu pertumbuhan jamur. Setelah steril, media substrat dibuka secara aseptis, lalu tips di tengah-tengah media dan kapas diambil dengan pinset steril.

Lubang yang terbentuk diisi dengan bibit jamur tiram yang ditumbuhkan pada biji sorgum pada botol (*aseptis*). Lalu media ditutup kapas lagi dan dibungkus dengan kertas. Media substrat diinkubasi pada suhu ruang selama beberapa minggu hingga tumbuh miselium. Setelah tumbuh miselium, kapas pada media dibuang dan media dibiarkan terbuka. Air disemprotkan setiap hari pada tempat pertumbuhan jamur agar kondisi sekitar lembab dan mendukung pertumbuhannya. Tubuh buah jamur akan tumbuh secara perlahan-lahan ketika media lembab dalam waktu sekitar 1 bulan lebih. Tubuh buah yang sudah cukup besar diambil dan ditimbang untuk diamati pertumbuhannya setiap minggu.

- **Sensor HSM-20G**

Sensor HSM-20G adalah sensor pengukur kelembaban dan temperatur. Di mana bentuk dari humidity tersebut pada Gambar 2.



Gambar 2. Sensor HSM 20G [6]

Sensor humidity HSM-20G dimana kelembaban relative bisa di konversi ke tegangan keluaran yang standart [3]. Macam-macam dari jenis aplikasi yang dapat digunakan oleh sensor ini adalah lembab, dan sangat lembab, untuk AC, data *loggers* kelembaban, *automotive climate control*, dan lain-lain.

Sensor ini mempunyai beberapa karakteristik dimana batas input tegangan DC 5 ± 0.2 volt, batas output tegangan adalah sebesar DC 1-3 volt, akurasi pengukuran $\pm 5\%$ RH, operasi arus maksimum 2mA, batas *storage* RH 0-99% RH, batas operasi RH 20-95% (100% RH *intermittent*), kondensasi transient $< 3\%$ RH, batas *storage* temperatur -20°C - 70°C , batas operasi temperatur 0°C - 50°C , *hysteresis* (RH@ 25°C) maksimal 2% RH, sangat linier, respon waktu (63% perubahan step) 1 menit. [4]

Semua standart alat ini berdasarkan variasi kelembaban di bawah 60% RH pada saat 25°C . kelengkapan semua tes-tes yang ada, module ini akan melewati batas bawah nominal lingkungan. Dan juga kelembaban untuk 24 jam.

- **Sensor Suhu (LM35)**

Sensor suhu LM35 adalah komponen elektronika yang memiliki fungsi untuk mengubah besaran suhu menjadi besaran listrik dalam bentuk tegangan. LM35 memiliki keakuratan tinggi dan kemudahan perancangan jika dibandingkan dengan sensor suhu yang lain, LM35 juga mempunyai keluaran impedansi yang rendah dan linieritas yang tinggi sehingga dapat dengan mudah dihubungkan dengan rangkaian kendali khusus serta tidak memerlukan penyetelan lanjutan [3].

Tiga pin LM35 menunjukan fungsi masing-masing pin diantaranya, pin 1 berfungsi sebagai sumber tegangan kerja dari LM35, pin 2 atau tengah digunakan sebagai tegangan keluaran atau V_{out} dengan jangkauan kerja dari 0 Volt sampai dengan 1,5 Volt dengan tegangan operasi sensor

LM35 yang dapat digunakan antar 4 Volt sampai 30 Volt [3]. Keluaran sensor ini akan naik sebesar 10 mV setiap derajat *celcius* sehingga diperoleh persamaan (1) sebagai berikut :

$$V_{LM35} = \text{Suhu} \times 10\text{mV} \quad (1)$$

Secara prinsip sensor akan melakukan penginderaan pada saat perubahan suhu setiap suhu 1 °C akan menunjukkan tegangan sebesar 10 mV. Pada penempatannya LM35 dapat ditempelkan dengan perekat atau dapat pula disemen pada permukaan akan tetapi suhunya akan sedikit berkurang sekitar 0,01 °C karena terserap pada suhu permukaan tersebut. Dengan cara seperti ini diharapkan selisih antara suhu udara dan suhu permukaan dapat dideteksi oleh sensor LM35 sama dengan suhu disekitarnya, jika suhu udara disekitarnya jauh lebih tinggi atau jauh lebih rendah dari suhu permukaan, maka LM35 berada pada suhu permukaan dan suhu udara disekitarnya.

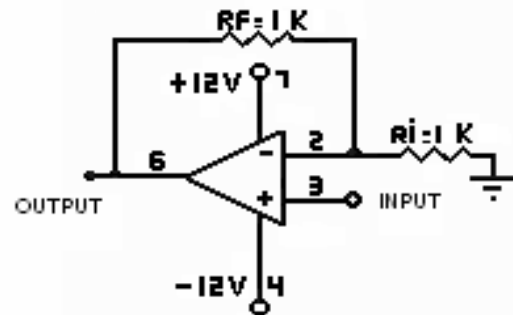


Gambar 3. Sensor suhu LM35 [7]

• Rangkaian Penguat

Rangkaian penguatan operasional tak membalik yang telah dibuat digunakan untuk menguatkan sinyal tegangan dan sensor agar dapat disetarakan dengan batas minimum input yang di perbolehkan masuk ke ADC yaitu 20 mV per langkah [3]. Dengan penjelasan tersebut maka penguatan yang dapat dipakai adalah 2 kali dari sinyal tegangan semula. Agar didapat penguatan yang tepat maka perlu dikalibrasi dengan mengatur tahanan variabel. Pengaturan dapat dilakukan dengan cara memutar tahanan variabel resistansi (VR) searah jarum jam atau

berlawanan yang akan menghasilkan perubahan pada nilai arus (I) [3]. Rangkaian penguat dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Penguat Non-inverting

Untuk perhitungan penguatan pada sensor suhu LM35 agar dapat dibaca oleh ADC yaitu dengan persamaan (2) berikut:

$$V_o = V_i \left(1 + \frac{R_f}{R_i} \right) \quad (2)$$

Berdasarkan persamaan (2), maka didapatkan nilai V_o sebagai berikut:

$$\begin{aligned} V_o &= 10\text{mV} \left(1 + \frac{1}{1} \right) \\ &= 10\text{mV}(2) \\ &= 20\text{mV} \end{aligned}$$

• Multiplexer

Multiplexer adalah Pemakaian bersama kapasitas link oleh beberapa stasiun dengan cara menggabungkan data dari semua stasiun tersebut seperti tampak pada Gambar 5.



Gambar 5. Multiplexer dan Demultiplexer

Terdapat n input *multiplexer*, dan 1 *output* dengan kapasitas *link* yang lebih tinggi. Sebaliknya, *demultiplexer* menerima aliran data hasil penggabungan

tersebut, kemudian memisah-misahkannya lagi menjadi n output. Aplikasi *multiplexing* yang paling umum pada komunikasi jarak jauh (*long haul/SLJJ*) dan pengukuran jarak jauh (*telemetry*) [10].

- **Fuzzy Logic**

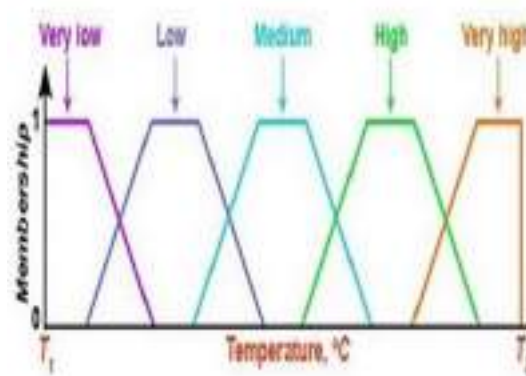
Adalah metodologi pemecahan masalah dengan beribu – ribu aplikasi dalam pengendali yang tersimpan dan pemrosesan informasi. *Fuzzy logic* menyediakan cara sederhana untuk menggambarkan kesimpulan pasti dari informasi yang ambigu, samar – samar, atau tidak tepat. Sedikit banyak, *fuzzy logic* menyerupai pembuatan keputusan pada manusia dengan kemampuannya untuk bekerja dari data yang ditafsirkan dan mencari solusi yang tepat [8].

Fuzzy logic pada dasarnya merupakan logika bernilai banyak (*multivalued logic*) yang dapat mendefinisikan nilai diantara keadaan konvensional seperti ya atau tidak, benar atau salah, hitam atau putih, dan sebagainya [9]. Penalaran *fuzzy* menyediakan cara untuk memahami kinerja dari system dengan cara menilai input dan output system dari hasil pengamatan [8].

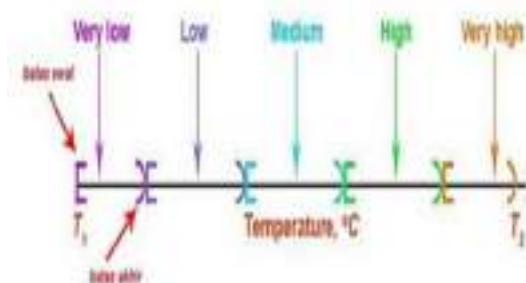
- **Himpunan Klasik vs Himpunan Fuzzy**

Perbedaan himpunan fuzzy dengan himpunan klasik dapat diilustrasikan pada Gambar 6. Dari Gambar 6 tersebut dapat terlihat himpunan fuzzy memiliki batas yang tidak jelas, sedangkan himpunan klasik memiliki batas yang jelas.

Pada Gambar 7 tanda ‘)’ mengartikan batas akhir dari sebuah scope dan tanda ‘[’ mengartikan batas awal sebuah scope dari himpunan klasik. Rentang suhu yang dinyatakan dalam Himpunan Fuzzy dapat dilihat pada Gambar 6. Sedangkan Rentang suhu yang dinyatakan dalam Himpunan Klasik dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 6. Rentang Suhu Dalam Himpunan Fuzzy



Gambar 7. Rentang Suhu Dinyatakan Himpunan Klasik

- **Operasional Perangkat Fuzzy**

- *Fuzzifikasi*

Pada kontrol sistem ini terdapat dua input masukan yang akan di fuzzifikasikan ke himpunan fuzzy dan menjadi fungsi keanggotaan fuzzy. Pada Tabel 1. merupakan fuzzifikasi dari input-input masukan yang dikeluarkan rangkaian sensor suhu udara dan kelembaban udara.

- *Knowledge Base*

Untuk sistem kontrol otomatis pada tanaman ini, digunakan beberapa rule yang kemungkinan besar akan terjadi pada tanaman yang akan dikendalikan tersebut. Dalam pembuatan rule atau pernyataan ini, sebenarnya tidak memiliki batasan dalam jumlahnya, semakin banyak rule-rule yang dibuat semakin tepat dan detail kerja alat yang dirancang.

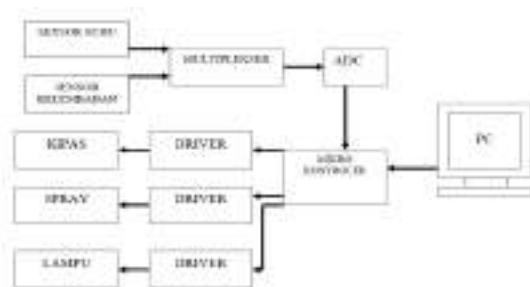
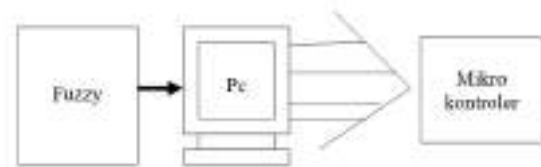
Tabel 1. Rule putaran kipas, pompa *spray* dan lampu

Suhu/ Kelembaban	Dingin	Sejuk	Normal	Hangat	Panas
Kering	Pompa:Nyala Lampu:Mati Kipas:Sedang	Pompa:Nyala Lampu:Mati Kipas:Agak Cepat	Pompa:Nyala Lampu:Mati Kipas:Pelan	Pompa:Nyala Lampu:Mati Kipas:Sedang	Pompa:Nyala Lampu:Mati Kipas:Sedang
Kering Normal	Pompa:Nyala Lampu:Mati Kipas:Agak Cepat	Pompa:Nyala Lampu:Mati Kipas:Agak Cepat	Pompa:Nyala Lampu:Mati Kipas:Sedang	Pompa:Nyala Lampu:Mati Kipas:Sedang	Pompa:Nyala Lampu:Mati Kipas:Sedang
Normal	Pompa:Nyala Lampu:Mati Kipas:Cepat	Pompa:Nyala Lampu:Mati Kipas:Sedang	Pompa:Nyala Lampu:Mati Kipas:Sedang	Pompa:Nyala Lampu:Mati Kipas:Agak Cepat	Pompa:Nyala Lampu:Mati Kipas:Cepat
Normal Basah	Pompa:Nyala Lampu:Nyala Kipas:Cepat	Pompa:Nyala Lampu:Nyala Kipas:Sedang	Pompa:Nyala Lampu:Nyala Kipas:Agak Cepat	Pompa:Nyala Lampu:Mati Kipas:Cepat	Pompa:Nyala Lampu:Mati Kipas:Cepat
Basah	Pompa:Mati Lampu:Nyala Kipas:Cepat	Pompa:Mati Lampu:Nyala Kipas:Cepat	Pompa:Mati Lampu:Nyala Kipas:Cepat	Pompa:Mati Lampu:Mati Kipas:Cepat	Pompa:Mati Lampu:Mati Kipas:Cepat

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

• Perancangan Sistem

Dalam perencanaan dan pembuatan alat ini pembahasan dibagi menjadi dua bagian. Pada bagian pertama dibahas mengenai perangkat keras (*hardware*) yang dibuat. Perencanaan perangkat keras dimulai dengan perencanaan secara diagram blok terlebih dahulu kemudian, dilanjutkan dengan merancang rangkaian dari masing-masing blok dan mengintegrasikannya menjadi suatu rangkaian yang lengkap. Sedangkan pada bagian yang kedua akan dibahas tentang perangkat lunak (*software*) yang digunakan untuk mengontrol atau mengendalikan perangkat keras dari keseluruhan sistem. Diagram blok sistem dapat dilihat pada Gambar 8. Sedangkan diagram blok dapat dilihat pada Gambar 9.

**Gambar 8.** Diagram Blok Sistem**Gambar 9.** Diagram Blok *Software*

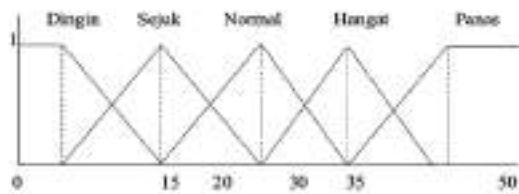
Pada sistem ini program dimulai dengan membaca suhu dan kelembaban, kemudian data yang dihasilkan sensor suhu berupa tegangan analog diperkuat dengan pengkondisian sinyal sebesar 1 kali. Hal ini dilakukan karena tegangan analog yang dihasilkan sensor suhu sangat kecil sehingga tidak dapat dibaca oleh ADC.

Untuk sensor kelembaban tidak diperlukan penguatan karena dari tegangan yang dikeluarkan sensor kelembaban dapat sudah dibaca oleh ADC. Pada proses ini data analog akan dikonversi menjadi data digital oleh ADC, selanjutnya data digital tersebut akan menjadi input data pada sistem mikrokontroler. Data dari mikrokontroler ini selanjutnya akan diolah oleh PC.

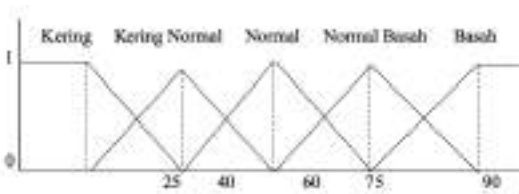
• Fungsi keanggotaan

Pada Gambar 10 menggambarkan fungsi keanggotaan pada sensor suhu dan sensor kelembaban.

Dalam fungsi keanggotaan Gambar 10-11 menggunakan fungsi segitiga dengan trapesium. Pada fungsi ini juga terdapat hanya satu nilai X yang memiliki derajat keanggotaan sama dengan 1, yaitu ketika $X = 25^{\circ}\text{C}$ atau pada posisi puncak segitiga. Tetapi, nilai-nilai disekitar daerah turunan segitiga memiliki derajat keanggotaan yang turun cukup tajam menjauhi 1 dan pada fungsi trapesium contoh pada fungsi keanggotaan kelembaban di atas yaitu ini terdapat beberapa nilai X yang memiliki derajat keanggotaan sama dengan 1, yaitu ketika $20\% \text{ RH} \leq X \leq 80\% \text{ RH}$. Tetapi derajat keanggotaan untuk $40\% \text{ RH} \leq X \leq 20\% \text{ RH}$ dan $80\% \text{ RH} \leq X \leq 90\% \text{ RH}$ memiliki karakteristik yang sama dengan fungsi segitiga.



Gambar 10. Fungsi keanggotaan sensor suhu



Gambar 11. Fungsi keanggotaan Sensor kelembaban

• Pengujian Sensor Kelembaban

Pengujian sensor kelembaban bertujuan untuk mengetahui apakah sensor ini berfungsi dengan baik yaitu dapat mendeteksi perubahan tegangan agar dapat dibaca oleh ADC dan tegangan keluaran langsung diamati dengan voltmeter *digital*. Hasil pengujian sensor kelembaban dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Pengujian Sensor Kelembaban

Tegangan Keluaran HSM-20G (Volt)	Kelembaban (%RH)	Hygrometer (%RH)
0	0	0
0.155	5	7
0.299	10	11
0.620	20	22
0.930	30	32
1.240	40	42
1.550	50	52
1.860	60	61
2.170	70	72
2.480	80	82
2.790	90	91

• Pengujian Sensor Temperatur

Pengujian sensor temperatur dilakukan untuk mengetahui apakah sensor temperatur yang digunakan masih dapat berfungsi dengan baik, sekaligus juga untuk mengetahui apakah aplikasi rangkaian sensor temperatur yang telah dibuat dapat berjalan sesuai yang diharapkan.

Cara kerja pengujian terhadap sensor temperatur dan aplikasi rangkaian sensor temperatur dilakukan dengan cara memberikan catu 5V dan memberikan pemanasan secara tidak langsung, sedangkan tegangan keluaran langsung diamati dengan voltmeter. Hasil pengujian sensor temperatur dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Pengujian Sensor Temperatur

Pengukuran Sensor(mV)	Suhu $^{\circ}\text{C}$	Pengukuran termometer $^{\circ}\text{C}$
0	0	0
101	12	10
203	23	20
299	31	30
400	42	40
502	52	50
598	61	60
701	72	70
809	82	80
902	93	90

- **Pengujian Rangkaian Pengkondisi Sinyal**

Pengujian rangkaian pengkondisi sinyal dilakukan dengan cara memberikan tegangan berubah-ubah pada bagian masukan penguat akhir (penguat *non inverting*) kemudian mengukur keluarannya untuk kemudian dihitung tingkat penguatan tegangan. Hasil pengujian rangkaian pengkondisi sinyal dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Hasil pengujian penguatan terhadap sensor suhu

Sensor	Vin	Vout
1	0,35	0,68
2	0,33	0,68
3	0,34	0,69
4	0,35	0,70

Tabel 5. Sistem kontrol suhu dan kelembaban

Suhu	Kelembaban	Lampu	Pompa	Putaran Kipas
Dingin	Kering	mati	nyala	sedang
Sejuk	Kering	mati	nyala	Sedang
Normal	Kering	mati	nyala	Pelan
Hangat	Kering	mati	nyala	Agak cepat
Panas	Kering	mati	nyala	Sedang
Dingin	Normal kering	mati	nyala	Agak cepat
Sejuk	Normal kering	mati	nyala	Agak cepat
Normal	Normal kering	mati	nyala	Agak cepat
Hangat	Normal kering	mati	nyala	Agak cepat
Panas	Normal kering	mati	nyala	Agak cepat
Dingin	normal	mati	nyala	Cepat
Sejuk	normal	mati	nyala	Agak cepat
Normal	Normal	mati	nyala	sedang
Hangat	normal	mati	nyala	Agak cepat
Panas	normal	mati	nyala	Cepat
Dingin	Normal basah	nyala	nyala	Pelan
Sejuk	Normal basah	nyala	nyala	Sedang
Normal	Normal basah	nyala	nyala	Agak cepat
Hangat	Normal basah	mati	nyala	Cepat
Panas	Normal basah	mati	nyala	Cepat
Dingin	Basah	nyala	Mati	Cepat
Sejuk	Basah	nyala	mati	Cepat
normal	Basah	nyala	Mati	Cepat
Hangat	Basah	mati	Mati	Cepat
panas	Basah	mati	mati	Cepat

- **Pengujian DAC**

Pengujian DAC dilakukan dengan memberi data biner dari mikro kemudian di ubah oleh DAC, output DAC kemudian di ukur dalam bentuk tegangan. Hasil pengujian DAC dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6. Hasil pengujian DAC

Keterangan	Data Dari mikro(Hex)	Output dari DAC(V)
Pelan	100	2,25
Agak pelan	127	2,8
Sedang	150	3,25
Agak Cepat	190	4
Cepat	225	4,9

• Pengujian Komunikasi Serial

Dalam pengujian komunikasi antara mikro dan pc menggunakan hyperterminal yang terdapat dalam PC untuk menerima data yang dikirim oleh mikro. Data dikirim dari mikro akan di terima dalam bentuk heksa. Hasil pengujian komunikasi serial dapat dilihat pada Tabel 7.

Tabel 7. Hasil pengujian Komunikasi Serial

Data Dikirim oleh mikro	Data yang diterima PC
A	41
B	42
C	43
D	44
E	45
F	46
G	47

• Pengujian Sistem Kontrol Budidaya Jamur Tiram

Setelah semua komponen diuji secara parsial maka selanjutnya dilakukan pengujian secara integrasi. Pengujian dilakukan dengan mengintegrasikan semua sistem elektronika dan mengintegrasikan dengan software yang sudah didesain. Hasil pengujian sistem kontrol dapat dilihat pada Tabel 5.

IV. SIMPULAN

Dari hasil pengujian dan analisa penerapan pengendali logika fuzzy pada sistem kontrol kelembaban dan suhu pada jamur tiram ini didapatkan beberapa kesimpulan sebagai berikut. Untuk penerapan sistem kendali *fuzzy logic control* tidak memerlukan model matematika dan optimum pada kendali non-linier karena keputusan yang dikeluarkan hanya menggunakan logika manusia.

Variabel linguistik, Derajat keanggotaan dan Fungsi keanggotaan

adalah parameter-parameter pembentuk untuk anggota himpunan logika fuzzy. Langkah-langkah untuk membuat sistem fuzzy logic kontrol terdiri dari pembentukan: fuzzifikasi, knowledge base, inferensi dan defuzzifikasi.

Knowledge base disusun berdasarkan pengalaman seorang operator ahli pada bidangnya. Pengontrolan kelembaban dan suhu pada budidaya jamur tiram lebih presisi menggunakan metode fuzzy logic. Pertumbuhan jamur tiram optimal pada suhu 25°C-29°C dan kelembaban 52% RH - 60% RH. Pengontrolan dalam ruangan sangatlah sulit untuk menstabilkan suhu dan kelembaban tetapi dapat diatasi dengan pemakaian sejumlah sensor dan dengan sensor-sensor yang lebih sensitif.

Dari melakukan percobaan 10 kali tingkat keberhasilan pada alat ini 7 kali berhasil dan 3 kali gagal, keberhasilan alat ini sekitar 70%.

V. RUJUKAN

- [1] D. Septianita, "Analisis Pengembangan Usaha Jamur Tiram (*Pleurotus Ostreatus*) Di Kota Palembang," *Jurnal KaliAgri*, Vol. 2, No. 2, 2021.
- [2] S. Sumarsih, "*Buku Bisnis Bibit Jamur Tiram Edisi Revisi*," Jakarta: Swadaya Group, 2014.
- [3] N. Z. Wahidah., M. Taufiqurrohman, "Alat Ukur Kelembaban, ph, Suhu Dan Fertilitas Pada Budidaya Buah Naga Menggunakan Metode Fuzzy Logic," *Peran Fortei Regional VII Di Era Industri 4.0 Dan Society 5.0*, Malang, Fortei VII, 2019.
- [4] S. T. Chang, P. G. Miles, "*Mush-rooms : Cultivation, Nutritional Value, Medicinal Effect, and Environmental Impact*," Boca Raton : CRC Press, 2004.
- [5] R. Zhang, X. Li, J. G. Fadel, "Oyster mushroom cultivation with rice and wheat

- straw,” *Bioresource Technology*, Vol. 82, No. 3, 2002.
- [6] “Datasheet HSM 20G Humidity Module,” 2012, (https://www.geeetech.com/wiki/index.php/Humidity_Temperature_Sensor_Module_HSM20G, diakses : 5 Februari 2023).
- [7] “Datasheet LM 35 Temperature Sensor,” 1999, (<https://pdf1.alldatasheet.com/datasheet-pdf/view/8866/NSC/LM35.html>, diakses : 20 Januari 2023).
- [8] S. Putriani, M. Taufiqurrohman, J. Subur, “Implementasi Metode Fuzzy Logic Untuk Menentukan Proporsional Badan Berdasarkan Indeks Massa Tubuh (IMT),” *Peran Fortei Regional VII Di Era Industri 4.0 Dan Society 5.0*, Malang, Fortei VII, 2019.
- [9] M. Taufiqurrohman, Aulanni’am, Y. Yueniwati P. W., G. Ciptadi, “Development of Surface Acoustic Wave Sensor Electronic Nose for the Identification of Volatile Compound Organic Using Artificial Neural Network,” *International Journal on Engineering Application (IREA)*, Vol. 11, No. 5, 2023.
- [10] Andra, “Dasar-Dasar Packet Switch,” 2008, (<https://id.scribd.com/document/363679647/9-Dasar-Paket-Switch-pdf>, diakses : 7 Juli 2022).

Perencanaan Pembangunan PLTS *On-Grid* pada Tambak Udang IBAP Banjar Kemuning

Nur Ulfa Mauludina¹, Yasmin Fakhira Ichsan², Mitari Wahyu Arsiani³

^{1,2,3} Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya

Jl. Teknik Kimia, Surabaya

Korespondensi: nurulfamauludina.01@gmail.com

Received: Maret 2023; Accepted: Mei 2023; Published: Juli 2023

DOI: <https://doi.org/10.30649/je.v5i1.121>

Abstrak

Pemanfaatan energi terbarukan, seperti Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS), semakin mendapat perhatian dalam rangka memenuhi kebutuhan energi secara berkelanjutan. IBAP Banjar Kemuning merupakan salah satu sektor yang sangat bergantung pada pasokan energi listrik utamanya dalam penggunaan kincir air dalam budi daya udang. Biaya tagihan listrik yang cenderung tinggi dapat menjadi beban yang signifikan bagi para petani tambak udang IBAP Banjar Kemuning serta dapat mengancam keberlanjutan operasional mereka. Perencanaan Pembangunan PLTS ini bertujuan untuk merencanakan pembangunan PLTS Tipe *On-Grid* pada Tambak Udang IBAP Banjar Kemuning. Metode perencanaan melibatkan analisis lokasi, perhitungan kebutuhan energi, dan desain instalasi PLTS. Analisis lokasi mencakup faktor suhu dan radiasi matahari untuk memastikan efisiensi PLTS yang akan dipasang. Perhitungan kebutuhan energi dilakukan berdasarkan konsumsi listrik harian tambak udang IBAP Banjar Kemuning. Hasil proyek ini diharapkan perencanaan pembangunan PLTS dengan panel surya 550 WP dan 60 panel terpasang mampu menghasilkan energi sebesar 33.000 WP untuk memenuhi kebutuhan energi harian tambak udang IBAP Banjar Kemuning. Selain itu, integrasi PLTS Tipe *On-Grid* memberikan potensi penghematan biaya dan kontribusi terhadap keberlanjutan energi di lokasi tersebut.

Kata kunci: PLTS Tipe *On-Grid*, Tambak Udang, Perencanaan Penghematan

Abstract

The use of renewable energy, such as Solar Power Plants (PLTS), is increasingly receiving attention in order to meet energy needs in a sustainable manner. IBAP Banjar Kemuning is a sector that is highly dependent on electrical energy supplies, especially in the use of water wheels in shrimp cultivation. Electricity bills which tend to be high can be a significant burden for IBAP Banjar Kemuning shrimp pond farmers and can threaten the sustainability of their operations. This PLTS Development Planning aims to plan the construction of an On-grid Type PLTS at the Banjar Kemuning IBAP Shrimp Pond. The planning method involves location analysis, calculating energy requirements, and designing PLTS installations. Location analysis includes temperature and solar radiation factors to ensure the efficiency of the PLTS to be installed. The calculation of energy requirements is carried out based on the daily electricity consumption of IBAP Banjar Kemuning shrimp ponds. The results of this project are expected to be planned for the construction of a PLTS with 550 WP solar panels and 60 installed panels capable of

producing 33,000 WP of energy to meet the daily energy needs of IBAP Banjar Kemuning shrimp ponds. In addition, the integration of On-grid Type PLTS provides the potential for cost savings and contributions to energy sustainability at the location.

Key words: *On-grid Type PLTS, Shrimp Ponds, Savings Planning*

I. PENDAHULUAN

Bagian ini meliputi studi literatur, latar belakang dan tujuan penulisan. Pendahuluan dalam paragraph *justified*, Times New Roman, 12 pt, satu spasi, ditulis dalam bahasa Indonesia atau bahasa Inggris, dua kolom.

Energi listrik memegang peranan penting dalam kelangsungan operasional berbagai sektor ekonomi, termasuk industri perikanan. Di IBAP Banjar Kemuning, tambak udang merupakan salah satu sektor yang sangat bergantung pada pasokan energi listrik. Penggunaan konsumsi listrik yang berlebih mengakibatkan eksploitasi batubara yang berkelanjutan dan lama kelamaan akan menipis [1]. Biaya tagihan listrik yang cenderung tinggi juga dapat menjadi beban yang signifikan bagi para petani tambak udang, mengancam keberlanjutan operasional mereka. Oleh karena itu, mencari alternatif yang berkelanjutan dan ekonomis untuk memenuhi kebutuhan energi di tambak udang adalah langkah yang kritis. PLTS adalah jawaban terkait permasalahan yang ada, karena PLTS merupakan pembangkit yang ramah lingkungan, mudah digunakan serta menggunakan energi matahari sebagai sumber energi pengganti batubara [2].

Melihat Indonesia sendiri salah satu negara yang terletak pada garis khatulistiwa, sehingga memiliki intensitas sinar matahari yang sangat tinggi. Diperkirakan mempunyai intensitas radiasi matahari diseluruh wilayah Indonesia rata-rata 4,5-4,8 kWh/m²/hari serta lama penyinaran ideal rata-rata dapat memproduksi listrik pada panel surya adalah 4-5 jam per hari. Mengingat

Indonesia juga merupakan negara tropis, maka sangat cocok untuk mengembangkan pemasangan PLTS dengan baik [3]. Pembangunan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) tipe on-grid muncul sebagai salah satu solusi yang menarik. PLTS on-grid memungkinkan pengguna untuk memanfaatkan potensi matahari yang melimpah dengan menghasilkan energi.

Penelitian ini diharapkan dapat membuat perencanaan pembangunan PLTS tipe on-grid sebagai langkah strategis untuk menekan biaya tagihan listrik dalam operasional tambak udang di IBAP Banjar Kemuning. Dalam merencanakan sistem PLTS tipe on-grid harus mengikuti ketentuan peraturan dari PERMEN ESDM yang telah ditetapkan oleh pemerintah yaitu PERMEN ESDM No. 49 Tahun 2018 [4]. Pada peraturan tersebut membahas mengenai hal – hal yang mendorong percepatan pembangunan energi surya terutama rooftop solar di Indonesia [5]. Melalui pemanfaatan energi matahari yang berlimpah, Langkah ini diharapkan akan memberikan manfaat ganda yaitu mengurangi biaya operasional bagi petani tambak udang dan berkontribusi pada pelestarian lingkungan melalui penggunaan sumber daya energi terbarukan.

II. METODE PENELITIAN

A. Lokasi Kegiatan

Instalasi Budidaya Air Payau (IBAP) Banjar Kemuning Sidoarjo merupakan Instalasi yang didirikan pada Tahun 2014. Instalasi kami dibawah UPT Budidaya Air Payau dan Laut Bangil, Dinas Kelautan dan Perikanan Provinsi Jawa Timur.

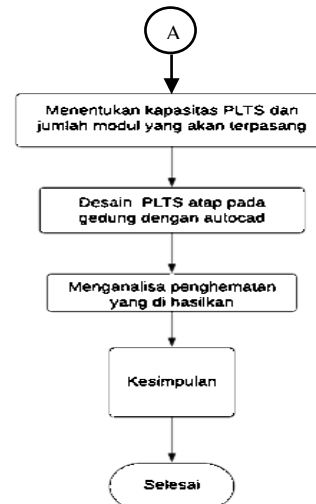
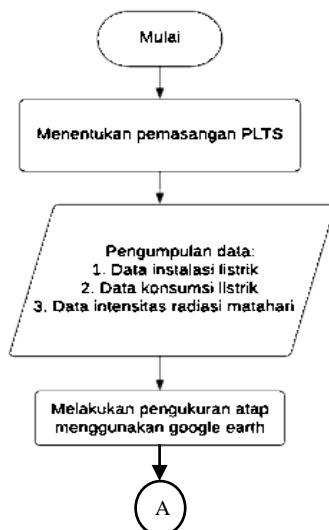
Instalasi kami berada di alamat Desa Banjar Kemuning Kecamatan Sedati, Sidoarjo. IBAP Banjar Kemuning berada pada titik koordinat $-07^{\circ}22'37''$, $112^{\circ}49'01''$. Instalasi Budidaya Air Payau (IBAP) Banjar Kemuning Sidoarjo membudidayakan produk perikanan unggulan di pasaran yaitu udang vannamei dan ikan bandeng konsumsi yang berkualitas. Gambar 1 merupakan gambar IBAP Banjar Kemuning Sidoarjo yang diambil dari Google Earth.



Gambar 1. Lokasi IBAP banjar kemuning

B. Diagram Alur

Diagram alur membantu dalam menjelaskan langkah-langkah suatu proses secara jelas dan terstruktur. Ini membuat proses kompleks menjadi lebih mudah dipahami. Diagram alur pengerjaan ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Diagram alur

C. Daya Terpasang

IBAP Banjar Kemuning menggunakan supply daya 41.500 VA untuk memenuhi penggunaan listrik di lokasi tersebut. Kwh meter di IBAP Banjar Kemuning seperti tampak pada Gambar 3 merupakan pelanggan PLN dengan kategori listrik bisnis. Kategori listrik bisnis di IBAP termasuk golongan B-2 tegangan rendah (B-2/TR) dengan daya mulai dari 6.600 sampai 200 kVA. Penggunaan Listrik pada IBAP Banjar Kemuning digunakan untuk mendukung proses budidaya udang pada tambak yang ada disana. Proses pembudidayaan udang tersebut tentunya membutuhkan bantuan kincir air untuk membantu memenuhi kebutuhan oksigen pada udang yang dibudidayakan. Penggunaan kincir air sendiri membutuhkan pasokan Listrik yang cukup besar. Sehingga IBAP Banjar Kemuning menggunakan daya Listrik 41.500 VA sesuai dengan banyaknya kebutuhan listrik yang ada disana.



Gambar 3. Kwh Meter IBAP Banjar Kemuning

D. Beban Kelistrikan di IBAP Banjar Kemuning

Beban kelistrikan yang ada di IBAP Banjar Kemuning meliputi alat elektronik untuk menunjang aktivitas

perkantoran, AC, Pompa Air dan utamanya adalah penggunaan aerator untuk proses budidaya udang dilampirkan pada Tabel 1 dibawah ini.

Tabel 1. Beban Kelistrikan IBAP Banjar Kemuning

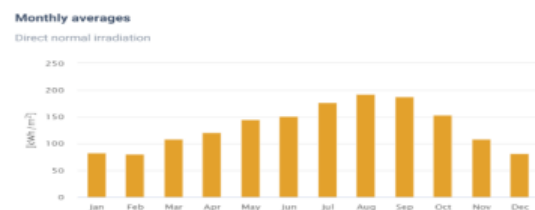
No.	Nama Barang	Waktu Menyala	Jam	Jumlah	Daya	Total Daya	Energi
1.	Lampu Tambak	17.30 – 05.30	12 Jam	13	50 watt	650 watt	7.800 Wh
2.	Lampu Kantor	17.30 – 05.30	12 Jam	10	15 watt	150 watt	1.800 Wh
3.	Aerator	00.00 – 23.59	24 Jam	4	745 watt	2.980 watt	71.520 Wh
4.	Kulkas	00.00 – 23.59	24 Jam	1	75 watt	75 watt	1.800 Wh
5.	Dispenser	09.00 – 12.00	3 Jam	1	185 watt	185 watt	555 Wh
6.	AC	09.00 – 14.00	5 Jam	7	373 watt	1.119 watt	5.595 Wh
7.	Pompa Air	06.00 – 09.00	3 Jam	1	25 watt	125 watt	375 Wh
Total						5284 watt	89.445 Wh

E. Data Suhu dan Radiasi IBAP Banjar Kemuning Setahun Terakhir

Radiasi matahari yang diterima oleh panel surya dapat bervariasi sepanjang hari dan sepanjang tahun tergantung pada lokasi geografis, cuaca. Pengukuran radiasi membantu dalam menghitung daya yang dihasilkan oleh panel surya, yang penting untuk perencanaan energi dan pemantauan kinerja. Gambar 4 merupakan data radiasi wilayah Banjar Kemuning dalam setahun terakhir.

Data suhu dan radiasi membantu dalam membuat estimasi produksi energi yang lebih akurat dari sistem PLTS. Ini sangat berguna untuk perencanaan penggunaan energi dan dapat membantu pemilik sistem dalam mengoptimalkan pengaturan dan pemeliharaan. Gambar 5

merupakan data suhu dalam rata-rata setahun terakhir.



Gambar 4. Data Radiasi IBAP Banjar Kemuning

Map data			Per year
Specific photovoltaic power output	PVOUT specific	1609.5	kWh/kWp °
Direct normal irradiation	DNI	1582.4	kWh/m² °
Global horizontal irradiation	GHI	2016.5	kWh/m² °
Diffuse horizontal irradiation	DIF	850.5	kWh/m² °
Global tilted irradiation at optimum angle	GTI opta	2056.1	kWh/m² °
Optimum tilt of PV modules	OPTA	12 / 0	°
Air temperature	TEMP	28.0	°C °
Terrain elevation	ELE	1	m °

Gambar 5. Data Suhu IBAP Banjar Kemuning

F. Perhitungan Area Potensi PV

Luas total ruang yang tersedia di lokasi memainkan peran penting dalam menentukan kapasitas sistem PV yang dapat dipasang. Semakin besar area yang tersedia, semakin banyak panel surya yang dapat dipasang, dan semakin besar potensi produksi energinya. PV yang digunakan pada project kali ini menggunakan kapasitas 550 Wp. Perhitungan mengenai potensi yang dihasilkan pada area potensial akan dijelaskan pada tabel dibawah. Adapun spesifikasi panel surya yang digunakan dapat dilihat pada Gambar 6.

Gambar 6. Data Sheet PV yang Digunakan

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. PV Layout Area yang Digunakan

Pemerintah melalui Kementerian ESDM telah menerbitkan Peraturan Menteri No. 26/2021 tentang PLTS. Bahwasanya pemasangan PLTS hanya maksimum 85% dari daya terpasang PLN. Berdasarkan area PV yang telah dihitung menggunakan persamaan potensi PV didapatkan area 1 sampai 4 seperti Gambar 7 yang digunakan dalam projek kali ini. Untuk penjelasan mengenai potensi PV yang digunakan pada project kali ini akan dijelaskan melalui Tabel 2 dibawah ini.



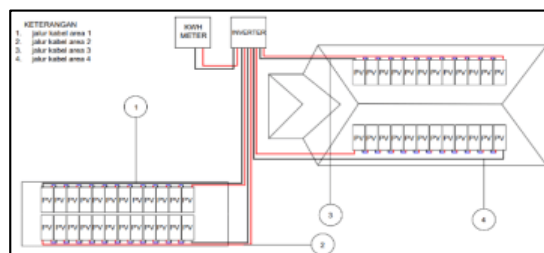
Gambar 7. Area Potensial Pemasangan PV

Tabel 2. Area Potensi PV yang Digunakan

No.	TAG	NAMA LOKASI	LUAS AREA	POTENSI PV
1.	Area 1	Parkiran Sisi Selatan	42,51 m ²	8,92 Kwp
2.	Area 2	Parkiran Sisi Utara	42,51 m ²	8,92 Kwp
3.	Area 3	Kantor Sisi Selatan	54,79 m ²	11,50 Kwp
4.	Area 4	Kantor Sisi Utara	54,79 m ²	11,50 Kwp
TOTAL				40,84 kWp

Berdasarkan perhitungan potensi PV pada area 1 sampai 4 didapatkan hasil 40,84 kWp. Dari hasil perhitungan potensi PV didapatkan area 1 sampai 4 yang akan digunakan untuk pemasangan PLTS di IBAP Banjar Kemuning. Area tersebut kemudian digambarkan untuk menunjukkan area potensial yang digunakan untuk pemasangan PLTS, Dimana pemasangan PLTS masing-

masing area dihubungkan secara seri seperti pada Gambar 8.



Gambar 8. Site Layout Area PV

B. *Inverter yang Digunakan*

Dengan menggunakan panel surya 550 Wp didapatkan PV yang terpasang sesuai dengan ukuran real pada IBAP Banjar Kemuning adalah sebanyak 48 panel surya 550 Wp. Dengan demikian dari gambar layout area PV dapat disimpulkan bahwa total energi yang dapat dihasilkan sebesar 26.400 Wp.

Tabel 3. Total Daya PV yang Digunakan

Jumlah PV	Daya
48	550 Wp
Total Daya	26.400 Wp

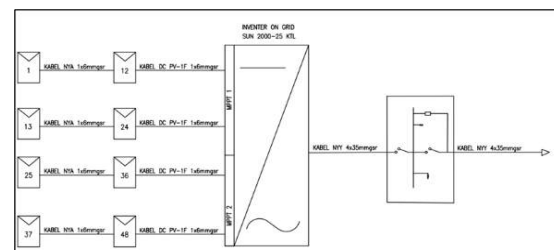
Sesuai dengan Tabel 3 total maksimum daya yang nantinya dikeluarkan sebesar 26.400 Wp, total daya tersebut tidak melebihi dengan peraturan pemerintah yang ada. Hal ini tercantum dalam peraturan Pemerintah melalui Kementerian ESDM telah menerbitkan Peraturan Menteri No. 26/2021 tentang PLTS. Bahwasanya pemasangan PLTS hanya maksimum 85% dari daya terpasang PLN, Dimana jumlah daya yang dikeluarkan panel tidak melebihi daya terpasang pada IBAP yaitu sebesar 41.500 VA. Setelah mengetahui jumlah panel yang akan dipasang, nantinya akan dapat menentukan tipe *Inverter* yang digunakan. Tipe *Inverter* yang akan digunakan pada project kali ini yaitu dengan menggunakan tipe *Inverter* CPS SCA25KTL dengan kapasitas daya sebesar 25.000 VA. Penggunaan *Inverter* dengan kapasitas daya sebesar 25.000 VA dikarenakan daya yang dikeluarkan oleh panel maksimal sebesar 26. 400 Wp. Gambar 9 merupakan data *Inverter* yang digunakan.

Berdasarkan aturan Dewan Energi Bersih untuk pemasangan terakreditasi, kapasitas panel surya hanya boleh melebihi kapasitas *Inverter* sebesar 33%. Dari pemasangan sesuai dengan ukuran asli PV yang bisa dipasang adalah sebanyak 48 PV.

Pembagian tersebut digambarkan pada Gambar 10.

Technical Specifications	
Input (DC)	
Recommended PV input power	32500W
Max DC power for single MPPT	16000W
Number for independent MPPT	2
Number for DC inputs	3 for each MPPT
Max. input voltage	1100V
Start-up input voltage	250V
Rated input voltage	600V
MPPT voltage range	230V-960V
Full load DC voltage range	460V-850V
Max. input MPPT current	28A/28A
Max. DC input short circuit current per MPPT	35A
Output (AC)	
Rated power	25000W
Max. AC power	27500VA
Max. output current	40A
Nominal grid voltage	3/N/PE, 220V/380Vac, 230V/400Vac, 240/415Vac
Grid voltage range	310Vac-480Vac (According to local standard)
Nominal frequency	50/60Hz
Grid frequency range	45Hz-55Hz/54Hz-60Hz (According to local standard)
Active power adjustable range	0-100%
THD	<3%
Power factor	1 default (adjustable +0.8)

Gambar 9. Datasheet *Inverter*



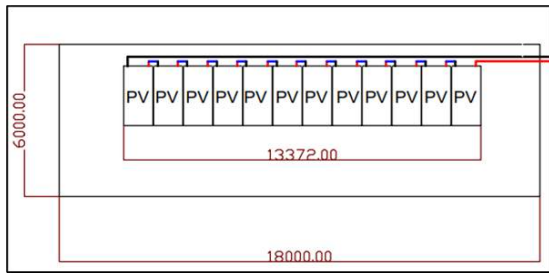
Gambar 10. Single Line Diagram Pembagian *Inverter*

Berdasarkan *single line diagram* pembagian *inverter*, maka tiap input MPPT diisi maksimum 3 *input string*. Namun pada proyek kali ini menggunakan 2 *input string* pada tiap MPPT. Tiap MPPT berisi 24 PV, dimana tiap *string* berisi 12 PV.

C. Penghematan Energi yang Dihasilkan pada Area 1

Area 1 merupakan area parkir sisi selatan, dimana pada area 1 merupakan area yang berpotensi untuk dilakukannya pemasangan panel surya. Pada area 1 nantinya akan dilakukan pemasangan panel surya sebesar 550 Wp sebanyak 12 panel surya sesuai dengan luasan atap yang tersedia serta luasan panel yang dipilih. Pemasangan panel surya pada area 1 dapat menghasilkan daya puncak sebesar 6,6 kWp. Gambaran pemasangan panel surya pada area 1 digambarkan pada Gambar 11.

Dari hasil potensi PV area 1 dihasilkan energi sebesar 9,5 KWh. Hasil dari penghematan tiap bulan dari sisi selatan area parkir IBAP Banjar Kemuning dijelaskan melalui Tabel 4.

**Gambar 11.** Potensi PV Area 1**Tabel 4.** Penghematan Energi Area 1

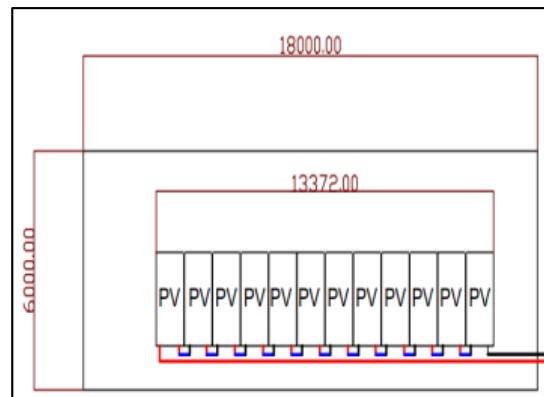
BULAN	PRODUKSI ENERGI PLTS (kWh)	PENGHEMATAN (Rupiah)
Januari	772,4 kWh	Rp. 1.014.253
Februari	704 kWh	Rp. 1.160.052
Maret	805,2 kWh	Rp. 1.067.703
April	741,1 kWh	Rp. 1.037.736
Mei	720,3 kWh	Rp. 957.633
Juni	664,7 kWh	Rp. 1.078.652
Juli	748,7 kWh	Rp. 1.263.638
Agustus	877,1 kWh	Rp. 1.399.064
September	971,1 kWh	Rp. 1.402.089
Oktober	973,2 kWh	Rp. 1.211.052
November	840,6 kWh	Rp. 1.118.848
Desember	776,6 kWh	Rp. 1.014.253
Total =	9.595 kWh	Rp. 13.724.973
Rata – Rata =	799,58 kWh	Rp. 1.143.747

Dari Tabel 4 penghematan yang dihasilkan oleh area 1 dengan menggunakan panel surya ukuran 550 Wp maka dapat dihasilkan rata-rata energi

yang dihasilkan dalam setahun sebesar 799,58 KWh dengan penghematan pertahun nilai rupiah sebesar Rp. 13.729.973.

D. Penghematan Energi yang Dihasilkan pada Area 2

Area 2 merupakan area parkir sisi utara, dimana pada area 2 merupakan area yang berpotensi untuk dilakukannya pemasangan panel surya. Pada area 2 nantinya akan dilakukan pemasangan panel surya sebesar 550 Wp sebanyak 12 panel surya sesuai dengan luasan atap yang tersedia serta luasan panel yang dipilih. Gambaran pemasangan panel surya pada area 2 digambarkan pada Gambar 12.

**Gambar 12.** Potensi PV Area 2

Dari hasil potensi PV area 2 dihasilkan penghematan energi sebesar 10,2 hasil dari penghematan tiap bulan dari sisi utara area parkir IBAP Banjar Kemuning dijelaskan melalui Tabel 5.

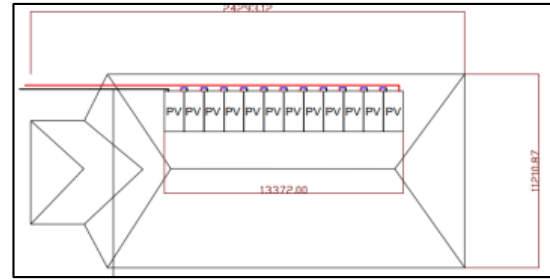
Dari Tabel 5 penghematan yang dihasilkan oleh area 1 dengan menggunakan panel surya ukuran 550 Wp maka dapat dihasilkan rata-rata energi yang dihasilkan dalam setahun sebesar 858,33 KWh dengan penghematan pertahun nilai rupiah sebesar Rp. 14.839.210.

Tabel 5. Penghematan Energi Area 2

BULAN	PRODUKSI ENERGI PLTS (kWh)	PENGHEMATAN (Rupiah)
Januari	700 kWh	Rp. 1.008.490
Februari	700 kWh	Rp. 1.008.490
Maret	800 kWh	Rp. 1.152.560
April	800 kWh	Rp. 1.152.560
Mei	900 kWh	Rp. 1.296.630
Juni	900 kWh	Rp. 1.296.630
Juli	1000 kWh	Rp. 1.440.700
Agustus	1000 kWh	Rp. 1.440.700
September	1000 kWh	Rp. 1.440.700
Oktober	1000 kWh	Rp. 1.440.700
November	800 kWh	Rp. 1.152.560
Desember	700 kWh	Rp. 1.008.490
Total =	10.300 kWh	Rp. 14.839.210
Rata – Rata =	858,33 kWh	Rp. 1.236.600

E. Penghematan Energi yang Dihasilkan pada Area 3

Area 3 merupakan bagian atap kantor sisi selatan dengan luasan area 54,79 m². Setelah pembagian string PV dengan inverter yang digunakan sebesar 25.000 maka didapatkan bahwa pemasangan PV pada atap kantor sisi selatan IBAP Banjar Kemuning dapat dipasang sebanyak 12 PV. Banyaknya PV disesuaikan dengan ukuran real yang dapat dipasang PV atau area yang bebas dari gangguan shading. Gambar potensi PV pada area sisi selatan kantor IBAP digambarkan pada Gambar 13.

**Gambar 13.** Potensi PV Area 3

Dari hasil potensi PV area 3 dihasilkan energi sebesar 9,5 KWh. Hasil dari penghematan tiap bulan dari sisi selatan area kantor IBAP Banjar Kemuning dijelaskan melalui Tabel 6.

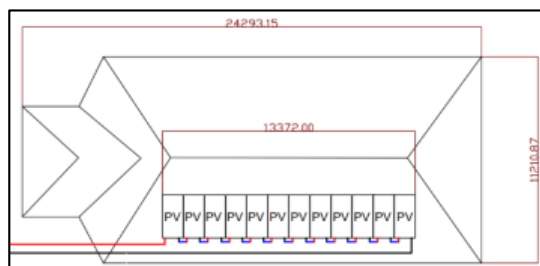
Tabel 6. Penghematan Energi Area 3

BULAN	PRODUKSI ENERGI PLTS (kWh)	PENGHEMATAN (Rupiah)
Januari	772,4 kWh	Rp. 1.014.253
Februari	704 kWh	Rp. 1.160.052
Maret	805,2 kWh	Rp. 1.067.703
April	741,1 kWh	Rp. 1.037.736
Mei	720,3 kWh	Rp. 957.633
Juni	664,7 kWh	Rp. 1.078.652
Juli	748,7 kWh	Rp. 1.263.638
Agustus	877,1 kWh	Rp. 1.399.064
September	971,1 kWh	Rp. 1.402.089
Oktober	973,2 kWh	Rp. 1.211.052
November	840,6 kWh	Rp. 1.118.848
Desember	776,6 kWh	Rp. 1.014.253
Total =	9.595 kWh	Rp. 13.724.973
Rata – Rata =	799,58 kWh	Rp. 1.143.747

Dari Tabel 6 penghematan yang dihasilkan oleh area 3 dengan menggunakan panel surya ukuran 550 Wp maka dapat dihasilkan rata-rata energi yang dihasilkan dalam setahun sebesar 799,58 KWh dengan penghematan pertahun nilai rupiah sebesar Rp. 13.729.973.

F. Penghematan Energi yang Dihasilkan pada Area 4

Area 4 merupakan bagian atap kantor sisi utara dengan luasan area 54,79 m². Setelah pembagian string PV dengan inverter yang digunakan sebesar 25.000 maka didapatkan bahwa pemasangan PV pada atap kantor sisi utara IBAP Banjar Kemuning dapat dipasang sebanyak 12 PV. Banyaknya PV disesuaikan dengan ukuran real yang dapat dipasang PV atau area yang bebas dari gangguan shading. Gambar potensi PV pada area sisi selatan kantor IBAP digambarkan pada Gambar 14.



Gambar 14. Potensi PV Area 4

Dari hasil potensi PV area 4 dihasilkan penghematan energi sebesar 10,2 hasil dari penghematan tiap bulan dari sisi utara area kantor IBAP Banjar Kemuning dijelaskan melalui Tabel 7.

Dari Tabel 7 penghematan yang dihasilkan oleh area 4 dengan menggunakan panel surya ukuran 550 Wp maka dapat dihasilkan rata-rata energi yang dihasilkan dalam setahun sebesar 858,33 KWh dengan penghematan pertahun nilai rupiah sebesar Rp. 14.839.210.

Tabel 7. Penghematan Energi Area 4

BULAN	PRODUKSI ENERGI PLTS (kWh)	PENGHEMATAN (Rupiah)
Januari	700 kWh	Rp. 1.008.490
Februari	700 kWh	Rp. 1.008.490
Maret	800 kWh	Rp. 1.152.560
April	800 kWh	Rp. 1.152.560
Mei	900 kWh	Rp. 1.296.630
Juni	900 kWh	Rp. 1.296.630
Juli	1000 kWh	Rp. 1.440.700
Agustus	1000 kWh	Rp. 1.440.700
September	1000 kWh	Rp. 1.440.700
Oktober	1000 kWh	Rp. 1.440.700
November	800 kWh	Rp. 1.152.560
Desember	700 kWh	Rp. 1.008.490
Total =	10.300 kWh	Rp. 14.839.210
Rata – Rata =	858,33 kWh	Rp. 1.236.600

G. Penghematan Energi Total Area

Dari perhitungan potensi tiap area yang digunakan dalam pemasangan PLTS di IBAP Banjar Kemuning didapatkan bahwa penghematan yang dihasilkan cukup besar. Hal ini akan membantu menekan biaya tagihan Listrik yang ada di IBAP. Penghematan ini sangat baik untuk keberlangsungan proses budidaya dari area 1 sampai 4 pada parkir dan atap kantor IBAP didapatkan penghematan total yang dihasilkan dalam setahun seperti pada Tabel 8.

Tabel 8. Penghematan Energi Total Area

AREA	PRODUKSI ENERGI PLTS (kWh) / Tahun	PENGHEMATAN (Rupiah) / Tahun
Area 1	9.595 kWh	Rp. 13.724.973
Area 2	10.300 kWh	Rp. 14.839.210
Area 3	9.595 kWh	Rp. 13.724.973
Area 4	10.300 kWh	Rp. 14.839.210
Total	39.790 kWh	Rp. 57.128.366
Rata - Rata	9.947,5 kWh	Rp. 14.282.091

Pada Tabel 8 menjelaskan bahwasannya besarnya penghematan produksi energi PLTS pertahun mencapai sebesar 39.790 kWh dengan penghematan biaya pertahun maksimal sebesar 14.289.091. Hal ini menunjukkan bahwa pemasangan PLTS di IBAP Banjar Kemuning menghasilkan potensi energi yang cukup besar untuk mengurangi biaya tagihan Listrik tiap bulan yang dikeluarkan.

IV. SIMPULAN

Pemasangan PLTS pada Tambak Udang IBAP Banjar Kemuning menggunakan Panel Surya ukuran 550 Wp dengan jumlah 48 PV dan menggunakan Inverter SUN2000-25KTL. Energi yang dihasilkan PLTS tersebut sebesar 26.400 Wp. Hasil dari energi yang dihasilkan panel surya juga tidak melebihi aturan yang berlaku yaitu sebesar 85% dari daya terpasang IBAP Banjar Kemuning yaitu 41.500 VA. Sehingga perhitungan produksi energi PLTS di IBAP Banjar Kemuning mencapai 9.947,5 kWh, dengan penghematan rata – rata pertahun mencapai

Rp. 14.282.091. Dalam hal ini penghematan yang dilakukan PLTS dapat menekan tagihan Listrik bulanan pada IBAP Banjar Kemuning.

Pemasangan PLTS harus memperhatikan undang – undang yang berlaku di pemerintah atau sebesar 85% dari daya terpasang. Hal ini dilakukan untuk mematuhi aturan yang berlaku di Indonesia. Kemudian pemasangan harus selalu diperhatikan untuk pemasangan panel surya pada area yang akan dipasang apakah ada shading atau ada hambatan lain yang dapat menutupi panel surya, hal ini dilakukan agar panel surya yang terpasang dapat bekerja optimal.

V. RUJUKAN

- [1] N. H. Sudarjo, M. Haddin, dan A. Suprajitno, “Analisa Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya Atap dengan Sistem Hybrid di PT. Koloni Timur,” *Elektrika*, Vol. 14, No. 1, 2022.
- [2] M. Dwi et al., “Perancangan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) pada Kolam Budidaya di Daerah Sentono Menggunakan Software PVsyst,” *JUPITER (Jurnal Pendidikan Teknik Elektro)*, Vol. 06, No. 1, 2021.
- [3] A. G. Hutajulu, M. R. T. Siregar, dan M. P. Pambudi, “Rancang Bangun Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) on Grid Di Ecopark Ancol,” *TESLA: Jurnal Teknik Elektro*, Vol. 22, No. 1, 2020.
- [4] A. Ardiansyah, I. N. Setiawan, dan I. W. Sukerayasa, “Perancangan Plts Atap on Grid System Pada Kantor Badan Perencanaan Pembangunan Daerah Penelitian Dan Pengembangan Kota Probolinggo,” *Jurnal SPEKTRUM*, Vol. 8, No. 4, 2022.
- [5] E. Radwitya dan Y. Chandra, “Perencanaan Plts on Grid Dilengkapi

- Panel ATS Di Laboratorium Teknik Elektro Politeknik Negeri Ketapang,” *EPIC Journal of Electrical Power Instrumentation and Control*, Vol. 3, No. 1, 2020.
- [6] F. Husnayain dan D. Luthfy, “Analisis Rancang Bangun PLTS On-Grid Hybrid Baterai Dengan PVsyst Pada Kantin Teknik FTUI,” *ELECTRICES: Jurnal Otomasi Kelistrikan dan Energi Terbarukan*, Vol. 2, No. 1, 2020.
- [7] I. Kumara dan I. Setiawan, “Grid Tie Inverter Untuk PLTS Atap Di Indonesia: Review Standar Dan Inverter Yang Compliance Di Pasar Domestik,” *Jurnal SPEKTRUM*, Vol. 7, No. 2, 2020.
- [8] V. P. Hadiano, I. Ayu, S. Adnyani, A. Natsir, I. Ketut, dan P. Putra, “Analisis Ekonomis Pembangkit Listrik Tenaga Surya On-Grid 10 kWp di Universitas Al-Azhar Mataram,” *Dielektrika*, Vol. 10, No. 1, 2023.
- [9] S. Prayogo, “Pengembangan Sistem Manajemen Baterai Pada PLTS Menggunakan On-Off Grid Tie Inverter,” *Jurnal Teknik Energi*, Vol. 9, No. 1, 2019.
- [10] N. Febriana Pratiwi, A. Pudir, dan W. B. Mursanto, “Perancangan PLTS Atap On Grid Kapasitas 163,8 kWp untuk Suplai Daya Industri Tekstil,” *Prosiding Industrial Research Workshop and National Seminar*, Vol. 13, No. 1, 2022.
- [11] B. Y. Dewantara, I. D. P. Karyatanti, D. Rahmatullah, dan I. Winarno, “Pemanfaatan Energi Surya Sebagai Pengisi Daya Kendaraan Listrik,” Surabaya: Hang Tuah University Press, 2024.
- [12] B. Y. Dewantara, “Potensi Pemanfaatan Kotoran Sapi untuk Bahan Bakar PLT Biogas di Kecamatan Bluto Desa Kapedi,” *Cyclotron*, Vol. 07, No. 02, 2024.
- [13] B. Y. Dewantara, “Perhitungan Kebutuhan Daya Listrik untuk Penggerak Perahu Nelayan Bertenaga Surya,” *Cyclotron*, Vol. 03, No. 01, 2024.
- [14] B. Y. Dewantara, “Perancangan Perahu Nelayan Ramah Lingkungan Menggunakan Motor Listrik Bertenaga Surya,” *Cyclotron*, Vol. 2, No. 1, 2019.
- [15] M. T. Setiawan, I. Winarno, dan B. Y. Dewantara, “Implementasi Internet of Things Dalam Rancang Bangun Sistem Monitoring Pada Solar Cell Berbasis Web,” *Journal of Electrical Engineering and Computer*, Vol. 03, No. 01, 2021.

Planning For Wind turbine Installation On The Suramadu Bridge, East Java

Yasmin Fakhira Ichsan¹, Nur Ulfa Mauludina², Muchaerini Khasanah³

^{1,2}Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya

³Universitas Pembangunan Nasional Veteran Cabang Jawa Timur, Surabaya

Korespondensi: yasminfkhra@gmail.com

Received: Maret 2023; Accepted: Mei 2023; Published: Juli 2023

DOI: <https://doi.org/10.30649/je.v5i1.119>

Abstrak

Pemasangan turbin angin sebagai sumber energi untuk lampu Penerangan Jalan Umum (PJU) di Jembatan Suramadu adalah inisiatif yang diambil dengan mempertimbangkan beberapa faktor penting. Berbagai aspek latar belakang perencanaan ini melibatkan keberlanjutan, efisiensi energi, dan dampak lingkungan. Integrasi turbin angin di Jembatan Suramadu sejalan dengan tekad untuk mengadopsi sumber energi terbarukan dan berkelanjutan. Tujuan utama dari penelitian ini adalah merencanakan pemasangan turbin angin untuk memasok energi lampu PJU di Jembatan Suramadu. Dengan merujuk pada hasil survei kecepatan angin di Jembatan Suramadu pada tanggal 5 November 2023, dapat diamati bahwa kecepatan angin pada waktu tersebut tergolong rendah. Oleh karena itu, dipilih turbin angin jenis Savonius tipe U dengan diameter 1,11 meter sebagai solusi yang tepat. Melalui perhitungan geometri dan daya yang dihasilkan, turbin ini mampu mencapai daya maksimum sebesar 120,84 watt pada kecepatan angin 4 m/s. Dengan menginstal turbin angin Savonius ini di Jembatan Suramadu, potensi energi angin dapat dimanfaatkan untuk menghasilkan daya listrik. Meskipun daya yang dihasilkan belum cukup untuk memenuhi seluruh kebutuhan penerangan jalan umum di malam hari, namun dapat menjadi sumber energi tambahan yang ramah lingkungan.

Kata kunci: angin, *wind turbine*, Jembatan Suramadu, energi

Abstract

The installation of wind turbines as a source of energy for Public Street Lighting (PJU) on the Suramadu Bridge is an initiative taken considering several crucial factors. Various aspects of the background planning involve sustainability, energy efficiency, and environmental impact. The integration of wind turbines on the Suramadu Bridge aligns with the commitment to adopt renewable and sustainable energy sources. The main goal of this research is to plan the installation of wind turbines to supply energy for PJU lights on the Suramadu Bridge. Referring to the results of the wind speed survey on the Suramadu Bridge on November 5, 2023, it can be observed that the wind speed at that time was relatively low. Therefore, the Savonius type U wind turbine with a diameter of 1.11 meters was chosen as the appropriate solution. Through geometric calculations and the power generated, this turbine is capable of reaching a maximum power of 120.84 watts at a wind speed of 4 m/s. By installing this Savonius wind turbine on the Suramadu Bridge, the potential wind energy can be utilized to generate electrical power. Although the generated

power may not be sufficient to meet the entire lighting needs of public roads at night, it can serve as an additional environmentally friendly energy source.

Key words: *wind, wind turbine, Suramadu Bridge, energy*

I. PENDAHULUAN

Keberlanjutan energi dan penurunan emisi karbon menjadi fokus global dalam menghadapi tantangan perubahan iklim. Pemasangan sumber energi terbarukan seperti *wind turbin* di berbagai infrastruktur, termasuk jembatan, menjadi strategi untuk memitigasi dampak negatif perubahan iklim. Kesadaran akan pentingnya beralih ke sumber energi terbarukan telah meningkat secara internasional. Banyak negara dan organisasi berkomitmen untuk mencapai target energi bersih dan memanfaatkan potensi angin sebagai salah satu solusinya.

Kemajuan dalam teknologi *wind turbin*, termasuk peningkatan dalam desain aerodinamika, efisiensi konversi energi, dan keandalan operasional, telah memperkuat kasus untuk memilih angin sebagai sumber energi yang layak dan efisien. Pertumbuhan populasi dan perkembangan ekonomi di daerah setempat meningkatkan konsumsi energi. Oleh karena itu, mencari solusi berkelanjutan untuk memenuhi kebutuhan energi menjadi penting, dan pemasangan *wind turbin* adalah salah satu opsi yang dijelaskan.

Dengan meningkatnya mobilitas dan perkembangan infrastruktur, seperti jembatan, kebutuhan akan penerangan jalan umum juga meningkat. Pemasangan *wind turbin* di Jembatan Suramadu dapat menjadi langkah terpadu untuk memenuhi kebutuhan ini dengan cara yang ramah lingkungan. Adanya kebijakan dan insentif pemerintah yang mendukung pengembangan energi terbarukan di tingkat nasional maupun regional menjadi faktor kunci dalam memandu keputusan perencanaan pemasangan *wind turbin*. Pemasangan *wind turbin* sebagai sumber

energi untuk lampu Penerangan Jalan Umum (PJU) di Jembatan Suramadu merupakan inisiatif yang diambil dengan mempertimbangkan beberapa faktor yang esensial.

Beberapa aspek latar belakang perencanaan ini melibatkan keberlanjutan, efisiensi energi, dan dampak lingkungan. Pemasangan *wind turbin* di Jembatan Suramadu sejalan dengan komitmen untuk mengadopsi sumber energi terbarukan dan berkelanjutan. Angin sebagai sumber energi tidak hanya merupakan pilihan yang ramah lingkungan tetapi juga dapat memberikan kontribusi signifikan terhadap diversifikasi portofolio energi daerah tersebut. Telah diidentifikasi bahwa Jembatan Suramadu memiliki potensi energi angin yang cukup signifikan.

Potensi ini menjadi dasar untuk memanfaatkan angin sebagai sumber daya alam yang dapat dikonversi menjadi energi listrik untuk memenuhi kebutuhan penerangan jalan umum. Pemasangan *wind turbin* di Jembatan Suramadu juga dimotivasi oleh keinginan untuk mengurangi ketergantungan pada sumber energi konvensional. Dengan mengintegrasikan sumber energi terbarukan, daerah tersebut dapat mengurangi emisi karbon dan meningkatkan keberlanjutan energi dalam jangka panjang. *Wind turbin* terkini memiliki tingkat efisiensi yang tinggi dan biaya operasional yang relatif rendah.

Dengan memanfaatkan teknologi terbaru, pemasangan *wind turbin* di Jembatan Suramadu diharapkan dapat memberikan solusi yang ekonomis dan berkelanjutan dalam penyediaan energi untuk penerangan jalan umum. Dengan mempertimbangkan Perencanaan pemasangan *wind turbin* untuk lampu PJU di Jembatan Suramadu diharapkan dapat

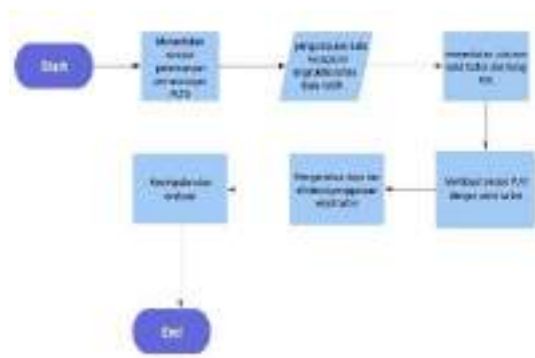
memberikan manfaat yang berkelanjutan bagi masyarakat setempat dan lingkungan sekitar. Hasil Survey ini juga diharapkan dapat menjadi contoh bagi daerah lain untuk mengadopsi sumber energi terbarukan dalam infrastruktur perkotaan mereka.

Berdasarkan latar belakang di atas, maka tujuan dari penelitian ini adalah untuk perencanaan pemasangan *wind turbin* untuk lampu PJU di Jembatan Suramadu, peningkatan efisiensi energi dengan mengonversi potensi angin yang tersedia di sekitar Jembatan Suramadu menjadi listrik yang dapat digunakan untuk lampu PJU, dan memberikan solusi ekonomis jangka panjang dengan mengurangi biaya operasional dan pemeliharaan, serta memanfaatkan sumber energi yang tidak dikenakan biaya bahan bakar.

II. METODE PENELITIAN

• Eksperimen

Metode penelitian dalam penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Alur Penelitian

Metode penelitian ini dilaksanakan melalui serangkaian langkah yang terstruktur untuk merinci dan mengevaluasi perencanaan pemasangan Pembangkit Listrik Tenaga Bayu (PLTB) pada tiang Penerangan Jalan Umum (PJU). Tahap awal melibatkan penentuan lokasi

strategis untuk pemasangan PLTB, yang mencakup aspek-aspek perencanaan seperti ketinggian, kecepatan angin, dan kebutuhan daya listrik. Selanjutnya, dilakukan pengumpulan data secara rinci terkait dengan kecepatan angin di lokasi tersebut dan estimasi kebutuhan daya listrik untuk memastikan kehandalan PLTB. Setelah itu, dilakukan penentuan ukuran *wind turbin* yang akan dipasang pada tiang PJU, dengan mempertimbangkan parameter teknis yang diperlukan.

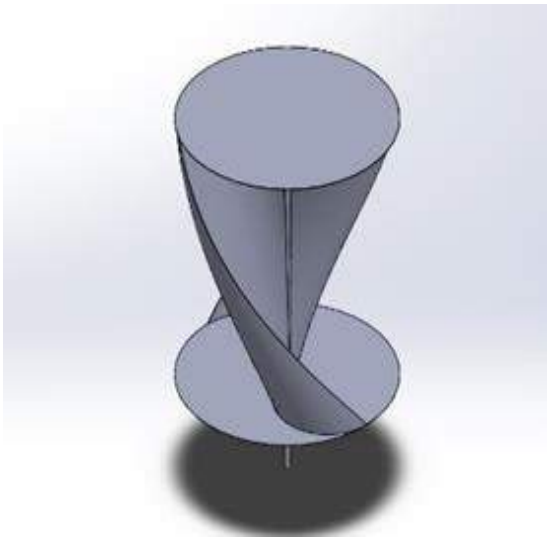
Langkah selanjutnya melibatkan proses perancangan sistem PJU yang terintegrasi dengan *wind turbin*. Desain ini mencakup aspek estetika, keamanan, dan efisiensi energi. Setelah desain PLTB-PJU selesai, dilakukan analisis terperinci terkait dengan daya yang dihasilkan dan efisiensi penggunaan *wind turbin* pada kondisi lingkungan tertentu. Hasil analisis ini menjadi dasar untuk mengevaluasi kelayakan dan potensi PLTB pada lokasi tersebut. Tempat perencanaan pemasangan *wind turbin* ini di sepanjang jalan causeway jembatan suramadu untuk mensuplay listrik pada lampu penerangan jalan umum (PJU). Titik pemasangan PJU dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Titik Pemasangan PJU

Jembatan nasional suramadu memiliki kecepatan angin yang rendah sehingga Turbin angin yang di gunakan

adalah jenis *savonius* tipe U .jenis turbin angin ini di gunkan karena jenis ini cocok untuk daerah yang kecepatan anginnya rendah .Turbin angin ini memiliki ukuran turbin angin *Savonius* tipe U dengan diameter 1,11 meter, tinggi 1,4 meter, jari-jari 0,555 meter, panjang lengan 0,54 meter, dan luas penampang 1,22 meter². Turbin *Savonius* Tipe U dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Turbin *Savonius* Tipe U

Penerangan jalan umum jembatan suramadu saat ini menggunakan lampu led 100 watt dan generator 100 watt sehingga setiap pju membutuhkan satu turbin angin dengan ukuran di atas. Desain pju dengan wind turbin dapat di liat pada gambar di bawah. suramadu memiliki kecepatan angin yang rendah sehingga Turbin angin yang di gunakan adalah jenis *savonius* tipe U .jenis turbin angin ini di gunkan karena jenis ini cocok untuk daerah yang kecepatan anginnya rendah .Turbin angin ini memiliki ukuran turbin angin *Savonius* tipe U dengan diameter 1,11 meter, tinggi 1,4 meter, jari-jari 0,555 meter, panjang lengan 0,54 meter, dan luas penampang 1,22 meter².

Gambar 4 merupakan desain perencanaan pemasangan jembatan suramadu untuk mesnuplay listrik lampu pju. Tiang lampu pju memiliki tinggi 10

meter dan tinggi turbin 1,4 meter lampu yang di gunakan adalah lampu led 100 watt.



Gambar 4. Desain PJU

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

- **Kecepatan Angin**

Tabel 1 merupakan hasil survey kecepatan angin di jembatan suramadu. Data tersebut di ambil pada tiga titik sisi jembatan yakni di ujung Surabaya, ujung madura dan di tengah-tengah antara madura dan Surabaya. Pengambilan data ini dilakukan dalam 4 waktu yang berbeda yakni pada pagi, siang, sore dan malam hari agar data yang dihasilkan dapat optimal. Arah angin setiap waktunya berbeda beda Ketika pagi angin berhembus dari arah barat ke timur, siang dari arah timur ke barat, sore hari dari arah selatan ke utara dan pada malam hari dari arah timur ke arah barat. Dalam mengukur kecepatan angin menggunakan Anemometer.

Dari Tabel 1 Dapat di simpulkan bahwa dari hasil pengukuran kecepatan angin yang di dapat, kecepatan angin yang ada di jembatan suramadu pada tanggal 5 November 2023 tergolong dalam kecepatan angin yang rendah sesuai dengan data tingkat kecepatan angina pada

Tabel 2. Maka turbin angin yang pas atau yang cocok di gunakan adalah turbin angin jenis *savonius* tipe helik.

Tabel 1. Kecepatan Angin

PRO	WAKTU	KEC. ANGIN	KECEPATAN	KEKUALIFITAN
1	01:00-01:30	1. 1.124 2. 1.448 3. 1.878	1. 112 2. 201 3. 250	
2	01:30-02:00	1. 1.275 2. 1.113 3. 1.502	1. 121 2. 113 3. 110	
3	02:00-02:30	1. 1.302 2. 1.798 3. 1.474	1. 121 2. 110 3. 110	
4	02:30-03:00	1. 1.212 2. 1.080 3. 1.880	1. 112 2. 110 3. 116	

Jika menggunakan turbin angin *Savonius* tipe U dengan diameter 1,11 meter, tinggi 1,4 meter, jari-jari 0,555 meter, panjang lengan 0,54 meter, dan luas penampang 1,22 meter² seperti terlihat pada Gambar 3, maka geometri dari luasan rotor adalah:

$$\begin{aligned}
 (\text{sweep area}) &= h \times D \\
 &= 1,4 \text{ m} \times 1,11 \text{ m} \\
 &= 1,554 \text{ m}^2
 \end{aligned}$$

Oleh karena itu, daya maksimum yang bisa dihasilkan oleh turbin *Savonius blade U* pada kecepatan angin 4 m/s adalah:

$$\begin{aligned}
 \text{Power max} &= \frac{1}{2} \times \rho \times A \times V^3 \times c_p \\
 &= \frac{1}{2} \times 5,225 \text{ Kg} \times 1,22 \text{ m}^2 \times 4^3 \times 0,593 \\
 &= 120,84 \text{ Watt}
 \end{aligned}$$

Tabel 2. Tingkat Kecepatan Angin

TINGKAT KECEPATAN ANGIN 10 METERI DI ATAS PERMUKAAN TANAH		
KELAS ANGIN	KECEPATAN ANGIN	KONDISI ALAM DI DARATAN
1	0,00-0,02	
2	0,3-1,5	Angin tenang, asap lurus ke atas
3	1,6-3,3	Asap bergerak mengikuti arah angin
4	3,4-5,4	Wajah terasa ada angin daun-daun bergoyang pelan, petunjuk arah angin bergerak
5	5,5-7,9	Debu jalan, kertas berterbangan, ranting pohon bergoyang
6	8,0-10,7	Ranting pohon bergoyang, bendera berkibar
7	10,8-13,8	Ranting pohon besar bergoyang, air pelampung berombak kecil
8	13,9-17,1	Ujung pohon melengkung. Hembusan angin terasa di telinga
9	17,2-20,7	Dapat mematahkan jalan berat melawan arah angin
10	20,8-24,4	Dapat mematahkan ranting pohon, rumah rubuh
11	24,5-28,4	Dapat merubuhkan pohon, menimbulkan kerusakan
12	28,5-32,6	Menimbulkan kerusakan parah
13	32,7-36,8	Tornado

Untuk mengetahui torsi yang dihasilkan oleh turbin angin *Savonius blade U* pada saat berputar pertama kali adalah:

$$\begin{aligned}
 \text{Torsi} &= \text{ps} / \omega \\
 &= 120,84 / 8,73 \\
 &= 13,84 \text{ Nm}
 \end{aligned}$$

Dan untuk mendapatkan putaran yang dihasilkan oleh turbin angin *Savonius blade U* pada kecepatan angin 4 m/s adalah:

$$\begin{aligned}\text{Kecepatan putar rotor} &= 60 \cdot \omega / 2 \pi \\ &= 60 \cdot 8,73 / 2 \pi \\ &= 83,365 \text{ rpm}\end{aligned}$$

Maka nilai *Tip Speed Ratio* yang merupakan perbandingan kecepatan ujung blade dengan kecepatan angin adalah:

$$\begin{aligned}T_{sr} &= \frac{\text{speed of rotor tip}}{\text{wind speed}} = \frac{\omega r}{v} \\ &= \frac{8,73 \cdot 0,555}{4} \\ &= 1,21\end{aligned}$$

Dan Tabel 3 adalah data dari seluruh perhitungan yang telah dilakukan.

Tabel 3. Tabel Hasil Perhitungan

NO	PERHITUNGAN	JUMLAH
1	Volume Udara	5,836
2	Massa Udara	5,225 (Kg)
3	Energi Kinetik	82,63 (J)
4	Daya Angin	82,63 (W)
5	Percepatan Angin	4 (m/s)
6	Gaya Dorong Angin	34,33 (N)
7	Torsi	18,3 (Nm)
8	Kecepatan Sudut Rotor	8,73 (rad/s)
9	Kecepatan Putaran Rotor	83,365 rpm
10	Daya Output/Daya Rotor	120,84 watt
11	Koefisiensi Daya	1,93

- Kebutuhan Daya Listrik
Jembatan suramadu memiliki Panjang 5.438 m, lebar 30 m, dan tinggi 146 m. Ketika malam hari jembatan suramadu memiliki kebutuhan penerangan jalan umum untuk menerangi pengendara

ketika melintasi jembatan suramadu pada saat malam hari.

Pada Tabel 4, jumlah lampu yang di gunakan untuk penerangan jalan di jembatan suramadu sebanyak 168 lampu PJU. Setiap lampu PJU menggunakan lampu led 100 watt sehingga daya yang di butuhkan setiap harinya untuk lampu PJU di jembatan suramadu adalah 16.800 watt perharinya. Sedangkan *wind turbin* yang digunakan gunkan dapat menghasilkan daya sebesar 120 watt dan untuk generator yang digunakan adalah generator 100 watt.

Tabel 4. Jumlah Tiang PJU

NO	TEMPAT	JUMLAH
3	Causeway sisi Surabaya	72 tiang pju
4	Causeway sisi Madura	96 tiang pju
	JUMLAH TIANG PJU	168 tiang PJU

IV. SIMPULAN

Berdasarkan hasil survei kecepatan angin di Jembatan Suramadu, terlihat bahwa kecepatan angin pada tanggal 5 November 2023 tergolong rendah. Oleh karena itu, pilihan turbin angin yang tepat adalah jenis *Savonius* tipe U dengan diameter 1,11 meter. Melalui perhitungan geometri dan daya yang dihasilkan, turbin ini mampu menghasilkan daya maksimum sebesar 120,84 watt pada kecepatan angin 4 m/s. Dengan memasang turbin angin *Savonius* tersebut pada Jembatan Suramadu, kita dapat memanfaatkan energi angin untuk menghasilkan daya listrik. Meskipun daya yang dihasilkan oleh turbin angin tidak mencukupi untuk memenuhi kebutuhan penerangan jalan umum di malam hari secara keseluruhan, tetapi dapat menjadi sumber tambahan yang ramah lingkungan.

Dalam perhitungan kebutuhan daya listrik untuk penerangan jalan umum di Jembatan Suramadu, diketahui bahwa

terdapat 168 lampu PJU dengan masing-masing menggunakan lampu LED 100 watt. Total daya yang dibutuhkan per harinya adalah 16.800 watt. Meskipun turbin angin menghasilkan daya 120,84 watt, hal ini dapat menjadi langkah awal dalam mengurangi ketergantungan pada sumber energi konvensional. Meski demikian, perlu dipertimbangkan untuk meningkatkan jumlah turbin angin atau menggabungkannya dengan sumber energi lainnya agar dapat memenuhi kebutuhan energi yang lebih besar. Selain itu, perlu dilakukan evaluasi lebih lanjut terkait efisiensi, keberlanjutan, dan kelayakan ekonomi dari implementasi turbin angin di Jembatan Suramadu. Dengan adanya pemanfaatan sumber energi terbarukan, diharapkan dapat memberikan kontribusi positif terhadap upaya pelestarian lingkungan dan pengurangan emisi gas rumah kaca. Saran harus dikaitkan dengan hasil penelitian, logis dan tidak mengada-ada.

Saran yang dapat diberikan adalah untuk mendapatkan perspektif lebih luas, penelitian ini dapat diperluas ke wilayah-wilayah lain yang memiliki kondisi angin serupa, sehingga temuan dan rekomendasi yang dihasilkan dapat diaplikasikan secara lebih umum. Dengan melakukan perbaikan dan pengembangan berdasarkan saran ini, penelitian ini dapat memberikan kontribusi yang lebih signifikan dalam upaya pemanfaatan energi terbarukan dan berkelanjutan di Jembatan Suramadu dan daerah sekitarnya.

V. RUJUKAN

- [1] R. E. Setyawan, S. P. Fitri, "Analisis Dan Pemodelan Savonius Vertical Axis Wind Turbine Dengan Variasi Blade Terhadap Aliran Udara Dengan Metode cfd (Computational Fluid Dynamics)," Skripsi, Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember, 2018.
- [2] Aryanto, Firman, Made Mara, dan Made Nuarsa, "Pengaruh kecepatan angin dan variasi jumlah sudu terhadap unjuk kerja turbin angin poros horizontal." *Dinamika Teknik Mesin*, Vol. 3, No. 1, 2013.
- [3] Sigit Hernowo, "Rancang Bangun Turbin Angin Sumbu Horizontal Sederhana Dengan Panjang Sudu 1," *Journal Vouering*, Vol. 5, No. 1, 2020.
- [4] R. Pangestu dan S. A. Andriani H., "Perancangan Turbin Angin Poros Vertikal Tipe Savonius Bertingkat Dengan Variasi Blade "Savonius Helical L Rotor"," Laporan Tugas, Bandung: Politeknik Negeri Bandung, 2017.
- [5] M. R. Fachri dan H. Hendrayana, "Analisa Potensi Energi Angin dengan Distribusi Weibull Untuk Pembangkit Listrik Tenaga Bayu (PLTB) Banda Aceh," *CIRCUIT: Jurnal Ilmiah Pendidikan Teknik Elektro*, Vol. 1, No. 1, 2017.
- [6] B. Y. Dewantara, I. D. P. Karyatanti, D. Rahmatullah, dan I. Winarno, "Pemanfaatan Energi Surya Sebagai Pengisi Daya Kendaraan Listrik," Surabaya: Hang Tuah University Press, 2024.
- [7] B. Y. Dewantara, "Potensi Pemanfaatan Kotoran Sapi untuk Bahan Bakar PLT Biogas di Kecamatan Bluto Desa Kapedi," *Cyclotron*, Vol. 07, No. 02, 2024.
- [8] B. Y. Dewantara, "Perhitungan Kebutuhan Daya Listrik untuk Penggerak Perahu Nelayan Bertenaga Surya," *Cyclotron*, Vol. 03, No. 01, 2024.
- [9] B. Y. Dewantara, "Perancangan Perahu Nelayan Ramah Lingkungan Menggunakan Motor Listrik Bertenaga Surya," *Cyclotron*, Vol. 2, No. 1, 2019.
- [10] M. T. Setiawan, I. Winarno, dan B. Y. Dewantara, "Implementasi Internet of Things Dalam Rancang Bangun Sistem Monitoring Pada Solar Cell Berbasis

Web,” *Journal of Electrical Engineering and Computer*, Vol. 03, No. 01, 2021.

Desain SVPW Minverter Sebagai Driver Motor Induksi Tiga Fasa Menggunakan ANFIS

Dimas Rhocky Endika Putra¹

¹PT. Securindo Packatama Indonesia
Korespondensi: rhockydimas@gmail.com

Received: Maret 2023; Accepted: Mei 2023; Published: Juli 2023

DOI: <https://doi.org/10.30649/je.v5i1.123>

Abstrak

Di dunia industri banyak digunakan motor induksi sebagai penggerak berbagai peralatan karena keunggulan yang dimiliki oleh motor induksi tersebut dalam hal harga, ukuran, berat, konstruksi, perawatan, dan efisiensi. Namun motor induksi ini lebih dipilih untuk sistem penggerak yang membutuhkan kecepatan putar yang konstan. Hal itu terjadi karena kontrol kecepatan pada motor induksi jauh lebih sulit dibandingkan pada motor DC. Untuk mengatasi permasalahan ini maka dikembangkan metode *switching inverter* untuk mengatasi kelemahan motor induksi. Untuk *driver* motor induksi dengan metode *switching inverter* itu sendiri masih memerlukan *inverter* untuk memberikan tegangan pada motor. Dalam penelitian ini akan diteliti penggunaan kontroler ANFIS pada inverter sebagai pengendali kecepatan motor induksi. Kontroler ANFIS digunakan sebagai rangkaian *switching inverter*, perancangan inverter ini berdasarkan metode inverter yang telah ada yaitu metode SVPWM. Inverter kontroler ANFIS yang dihasilkan kemudian disimulasikan pada motor induksi sehingga didapatkan suatu bentuk inverter yang dapat mengontrol kecepatan motor induksi dengan respon kecepatan terhadap waktu yang baik. Dari simulasi yang telah dilakukan telah didapatkan hasil yang bagus baik dari segi respon kecepatan rotor, arus stator, dan torsi pada motor induksi tiga fasa. Adapun hasil yang diperoleh yaitu *error* 0,16 % dibawah 5 rpm pada keadaan motor induksi tidak berbeban.

Kata kunci: ANFIS, inverter, *switching inverter*

Abstract

In the industrial world, induction motors are widely used as drivers for various equipment because of the advantages of induction motors in terms of price, size, weight, construction, maintenance, and efficiency. However, this induction motor is preferred for drive systems that require constant rotational speed. This is because speed control on induction motors is much more difficult than on DC motors. To solve this problem, developed a method switching inverter to overcome the disadvantages of an induction motor. For drivers induction motor with inverter switching method itself still requires an inverter to provide voltage to the motor. This research investigated the use of ANFIS controller inverter speed control induction motor. ANFIS controller is used as a switching circuit inverter, inverter design is based on the existing inverter method is the method of SVPWM. Inverter ANFIS controller is then simulated in induction motors to obtain a form inverter to control the speed of the induction motor with the speed of response to a good time. From the simulation has been done has obtained good results in terms of both response speed

of the rotor, stator current, and torque at three phase induction motor. The results obtained by the error of 0.16 % below 5 rpm on the state of the induction motor is not loaded.

Key words: ANFIS, Inverter, Switching inverter

I. PENDAHULUAN

Motor DC merupakan motor yang mudah untuk diaplikasikan. Karena kemudahannya, pada saat ini motor DC sering digunakan untuk macam – macam keperluan, seperti peralatan industri maupun rumah tangga [1]. Namun, motor DC memiliki kekurangan dimana ketika diberikan kendala akan mengakibatkan kecepatan motor DC akan terganggu [2]. Karena adanya kelemahan pada motor dc tersebut maka aplikasi pada industri telah banyak digantikan dengan motor induksi. Keunggulan yang dimiliki oleh motor induksi tersebut dalam hal harga, ukuran, berat, konstruksi, perawatan, dan efisiensi [3]. Namun motor induksi ini lebih dipilih untuk sistem penggerak yang membutuhkan kecepatan putar yang konstan. Hal itu terjadi karena kontrol kecepatan pada motor induksi jauh lebih sulit dibandingkan pada motor DC [4]. Pada dasarnya pengaturan kecepatan motor induksi dapat dilakukan dengan mengubah jumlah kutub motor atau mengubah frekuensi suplai motor. Pengaturan kecepatan dengan mengubah kutub motor sangat sulit dilakukan karena harus mengubah bentuk fisik motor, jadi pengaturan kecepatannya sangat terbatas [5].

Dalam aplikasinya motor induksi untuk pengendali kecepatannya sulit dilakukan, setelah adanya metode transformasi vektor masalah tersebut dapat diatasi sehingga motor induksi banyak digunakan diindustri. Metode transformasi vektor adalah pengaturan melalui pemisah (*decoupling*) variabel stator dan rotor, sehingga motor dapat dioperasikan seperti motor DC penguat terpisah. Untuk pengendali kecepatan motor induksi

menggunakan inverter dengan *switching* SVPWM karena memiliki distorsi harmonik yang rendah. Dalam penelitian tersebut nilai THD yang didapatkan sudah cukup baik, oleh karena itu dalam pemilihan metode untuk PWM peneliti memilih untuk menggunakan metode *Space Vector* PWM [6].

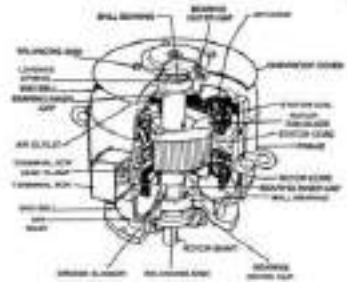
Pada penelitian ini, peneliti juga mengambil referensi dari penelitian sebelumnya yang menggunakan *fuzzy logic* sebagai pengatur *switching* SVPWM untuk pengendalian kecepatan motor induksi. Dalam penelitian tersebut respon tegangan terhadap kecepatan sudah cukup baik, namun belum ada pengujian untuk kecepatan rendah motor induksi 3 fasa [7].

Dalam skripsi ini peneliti menggunakan *Adaptive Fuzzy Inference System (ANFIS)* Di mana terdapat 2 buah *controller* yang seolah – olah digabungkan, namun untuk *controller* PI-Fuzzy ini, fuzzy digunakan untuk memperbaiki nilai yang diset pada *controller* PI. Dalam penelitian ini nantinya *controller* ini akan digunakan untuk mengontrol proses *switching* inverter yang akan mempengaruhi respon kecepatan rotor. Pada penelitian ini telah dibuktikan bahwa apabila menggunakan *controller ANFIS* maka akan mendapatkan nilai *error* sebesar 0,16% di bawah 5 rpm pada keadaan motor tanpa beban. Sedangkan untuk performa motor induksi dengan beban tetap memiliki nilai *error* 1,07% dibawah 10 rpm, untuk beban bertingkat 1,52% dibawah 35,6 rpm, dan untuk beban seketika 0,72% dibawah 19 rpm.

II. METODE PENELITIAN

Motor Induksi Tiga Fasa

Motor induksi adalah suatu mesin listrik yang merubah energi listrik menjadi energi gerak dengan menggunakan gandengan medan listrik dan mempunyai slip antara medan stator dan medan rotor. Motor induksi merupakan motor yang paling banyak kita jumpai dalam industri [7].

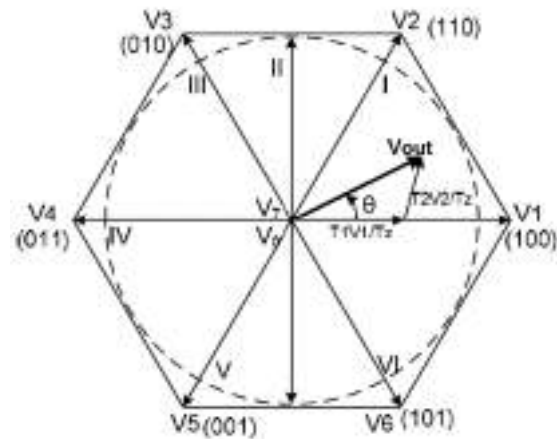


Gambar 1. Konstruksi Motor Induksi

Motor induksi merupakan motor arus bolak balik (AC) yang paling luas digunakan, terutama pada industri-industri. Prinsip kerja motor ini berdasarkan proses induksi yang terjadi pada bagian rotor, dimana arus yang mengalir pada kumparan rotor merupakan arus yang terinduksi sebagai akibat adanya perbedaan putaran rotor dengan medan putar stator, yang dihasilkan oleh kumparan stator.

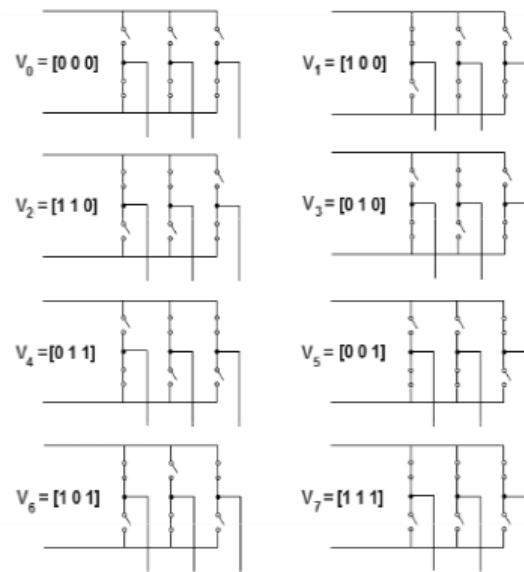
Space Vector PWM

SVPWM merupakan pengembangan dari metode PWM sebelumnya. Metode ini biasanya diterapkan pada inverter tiga fasa. Dibandingkan dengan metode PWM sebelumnya SVPWM membangkitkan distorsi harmonik lebih sedikit dan lokus vektor referensi berada didalam lingkaran dengan radius $1/\sqrt{3} V_{dc}$, utilasi tegangan SVPWM = $2/\sqrt{3}$ kali sinusoidal PWM. Metode PWM yang satu ini didasarkan pada adanya ruang vektor pada koordinat *abc* 3 fasa [8]. Ruang vektor ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Ruang vektor SVPWM inverter

Tegangan output SVPWM mempunyai 8 vektor tegangan inverter (V_0 - V_7). Seperti pada Gambar 3 berikut.



Gambar 3. Kondisi 8 vektor tegangan output

Kontroler ANFIS

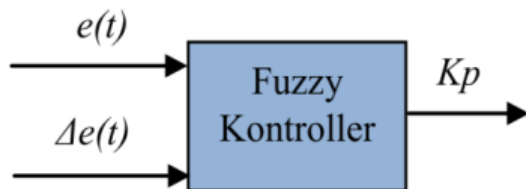
Fuzzy Neural Network atau Jaringan Syaraf Kabur atau *system neuro-fuzzy* adalah mesin belajar yang menemukan parameter sistem kabur (yaitu, himpunan *fuzzy*, aturan *fuzzy*) dengan memanfaatkan teknik pendekatan dari jaringan syaraf.

Jaringan syaraf dan *system fuzzy* memiliki beberapa kesamaan. Jika sudah tidak ada model matematika dari masalah

yang diberikan, maka keduanya dapat digunakan untuk memecahkan masalah (misalnya *pattern recognition*, *regression* atau *density estimation*). Jaringan syaraf dan *system fuzzy* hanya mempunyai kelemahan dan kelebihan yang hampir sepenuhnya hilang dengan menggabungkan kedua konsep-konsep tertentu.

Jaringan syaraf hanya dapat ikut berperan jika masalah yang ada diungkapkan oleh contoh yang diamati (dengan jumlah yang cukup). Observasi ini digunakan untuk pelatihan secara *blackbox*. Di satu sisi tidak ada pengetahuan tentang masalah ini perlu diberikan. Disisi lain, bagaimanapun, adalah tidak mudah untuk mengekstrak aturan yang mudah dipahami dari struktur jaringan syaraf tersebut.

Sebaliknya, sistem kabur menuntut aturan linguistic sebagai pengganti contoh pembelajaran sebagai pengetahuan sebelumnya. Selanjutnya variabel input dan output harus dijelaskan secara linguistik/bahasa. Jika pengetahuan tidak lengkap, salah atau bertentangan, maka sistem fuzzy harus disetel (*tuned*). Karena tidak ada pendekatan formal untuk itu, *tuning* dilakukan dengan cara heuristik. Hal ini biasanya sangat memakan waktu dan rawan kesalahan. Berikut merupakan perbedaan antara jaringan syaraf dan sistem fuzzy [9].



Gambar 4. Blok diagram kontroller fuzzy

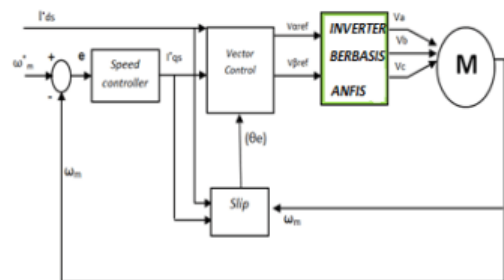
Output dari kontroller masih berupa variabel fuzzy untuk itu perlu dilakukan proses *defuzzyfikasi* untuk mengubah variabel *fuzzy* menjadi variabel linguistik. Output dari kontroller yang telah didefuzzyfikasi digunakan untuk

menentukan nilai dari parameter-parameter K_p . Fungsi *fuzzy logic* controller adalah untuk mengatur parameter PI secara otomatis.

Pada dasarnya kontroler *PI-Fuzzy* merupakan metode pengendali yang tersusun dari pengendali konvensional dan kecerdasan buatan. Pada pengendali konvensional terdapat kontroler PI yang terdiri dari kontroler proporsional (K_p) bahwa salah satu memiliki *error* dan juga perubahan *error input*, dan kontroler integral (K_i) kebutuhan hanya untuk mengintegrasikan *output* dari kontroler.

Sedangkan, pada kecerdasan buatan terdapat kontroler *Fuzzy* yang memiliki sifat mampu bekerja menirukan logika manusia untuk mempertimbangkan output pengontrol bukan sebagai sinyal kontrol, tetapi sebagai perubahan sinyal kontrol [10].

Secara keseluruhan sistem dapat dinyatakan dalam diagram blok agar mudah memahami cara kerja sistem ini. Diagram blok sistem ini ditunjukkan pada Gambar 5.



Gambar 5. Diagram Blok Sistem

Terdapat beberapa bagian dari sistem yang mempunyai fungsi-fungsi tertentu yaitu *plant* dalam sistem motor induksi tiga fasa. Sumber tegangan motor induksi didapatkan dari inverter terkendali. Terdapat variasi untuk menguji kehandalan sistem ini.

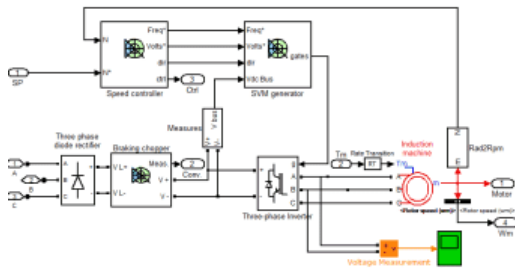
Perancangan Simulasi Sistem

Perancangan simulasi sistem ini terdiri dari beberapa bagian yaitu

perancangan pemodelan motor induksi tiga fasa, *switching* SVPWM inverter, dan kontroler PI – *Fuzzy Hybrid*.

Pemodelan Motor Induksi Tiga Fasa

Model $d-q$ motor induksi merupakan dasar pengaturan kecepatan motor induksi dengan metode transformasi vektor. Sistem koordinat tiga fasa statis ditransformasikan ke koordinat dinamis $d-q$, koordinat ini berputar mengikuti kecepatan sinkron motor atau medan putar stator. Dengan transformasi ini didapatkan model motor induksi yang lebih sederhana, model tegangan dan arus pada persamaan ini merupakan variabel dengan referensi koordinat $d-q$, transformasi tegangan tiga fasa ke koordinat $d-q$ menggunakan transformasi park seperti ditunjukkan pada persamaan. Bentuk pemodelan motor induksi dapat dilihat pada Gambar 6.



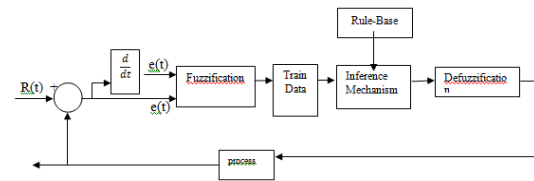
Gambar 6. Pemodelan motor induksi tiga fasa dengan SVPWM inverter

Pemodelan Kontroler ANFIS

Pada penelitian ini kontroler ANFIS digunakan untuk mengatur sudut penyalan dari *thyristor*. Penggunaan kontroler ANFIS diharapkan dapat mempercepat proses peredaman osilasi daya. Berikut ini adalah gambar diagram blok dari kontroler ANFIS yang digunakan dalam penelitian ini yang ditunjukkan pada Gambar 7.

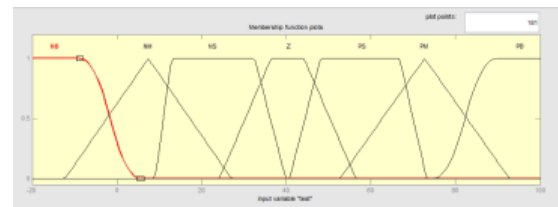
Dalam perancangan inverter pada tugas akhir ini dipergunakan fungsi keanggotaan himpunan *fuzzy input* dan *output* yang dinamis sesuai dengan *input* referensi atau setpoint. Fungsi keanggotaan *fuzzy* untuk kedua *input* dan output dibuat

menjadi 4 macam yaitu *zmf*, *trimf*, *trapf*, dan *smf* dengan distribusi sebanyak 7 jenis himpunan *fuzzy*. Bentuk fungsi keanggotaan *input* seperti pada Gambar 8.

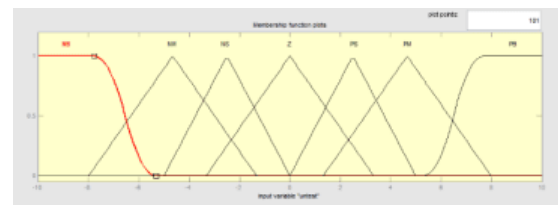


Gambar 7. Diagram simulink kontroler logika fuzzy

Dari percobaan menggunakan respon *close loop* didapatkan *range* sinyal kesalahan (*error*) yang dihasilkan antara -20 sampai 100. Untuk mendapatkan nilai perubahan sinyal kesalahan (*delta error*) dengan cara menunda sinyal kesalahan satu sampling, maka didapat nilai perubahan sinyal kesalahan (*delta error*) bervariasi dari -10 sampai 10. Derajat keanggotaan untuk sinyal perubahan kesalahan ditunjukkan pada Gambar 9.

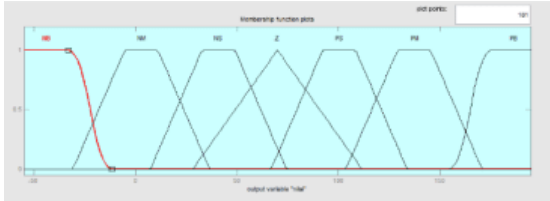


Gambar 8. Derajat keanggotaan sinyal kesalahan (*error*)



Gambar 9. Derajat keanggotaan perubahan sinyal kesalahan (*delta error*)

Derajat keanggotaan keluaran ditentukan antara -55 sampai dengan 195 yang dibagi menjadi 7 bagian. Derajat keanggotaan sinyal keluaran ditunjukkan pada Gambar 10.



Gambar 10. Derajat keanggotaan keluar (output)

Rule base yang akan digunakan ditunjukkan pada Tabel 1 yang merupakan tabel kesalahan yang terdiri dari 7 anggota dan memiliki keluaran sebanyak 49 anggota.

NB : *Negative Big*
 PS : *Positive Small*
 NP : *Negative Medium*
 PM : *Positive Medium*
 NS : *Negative Small*
 PB : *Positive Big*
 Z : *Zero*

Tabel 1. Rule Base Kontroler Logika Fuzzy

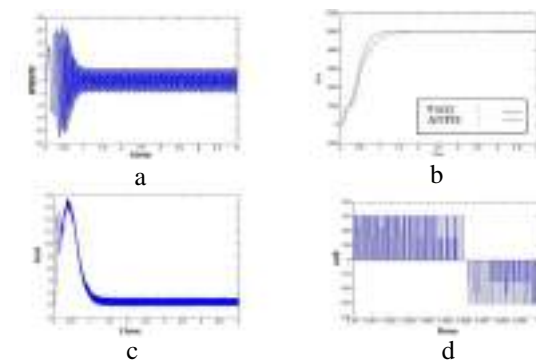
e/de	NB	NM	NS	Z	PS	PM	PB
NB	NB	NB	NB	NB	NM	NS	Z
NM	NB	NB	NB	NM	NS	Z	PS
NS	NB	NB	NM	NS	Z	PS	PM
Z	NB	NM	NS	Z	PS	PM	PB
PS	NM	NS	Z	PS	PM	PB	PB
PM	NS	Z	PS	PM	PB	PB	PB
PB	Z	PS	PM	PB	PB	PB	PB

Sedangkan untuk kontroler PI pada penelitian ini digunakan untuk mendukung kinerja dari kontroler *fuzzy*. Untuk pengaturan kontroler PI sendiri akan disesuaikan dengan output dari kontroler fuzzy karena dalam penelitian ini output dari fuzzy controller akan mengestimasi nilai dari Kp pada PI controller. Sedangkan untuk nilai Ki masih diatur secara manual, namun dalam penelitian ini peneliti mendapatkan nilai Ki yang konstan yakni 0.002 pada setiap kecepatan pada motor induksi tiga fasa.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Simulasi Motor Tanpa Beban dengan Kecepatan Referensi 1000 rpm

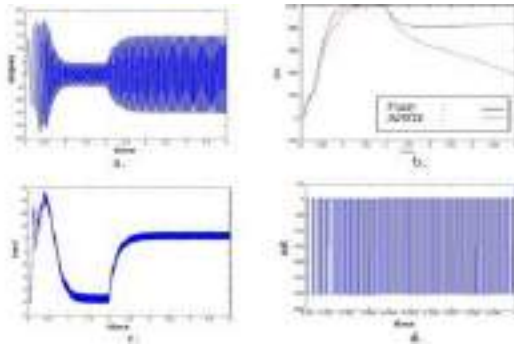
Gambar 11 adalah hasil simulasi motor induksi tiga fasa tanpa beban dengan kecepatan referensi 1000 rpm. Pada Gambar 11 bagian (a) menunjukkan tegangan output inverter, bagian (b) menunjukkan bahwa kontroler ANFIS dapat memperbaiki keadaan *overshoot* lebih baik bila dibandingkan dengan kontroler *fuzzy* yang memiliki *overshoot error* 0.12 % bila dibandingkan dengan kontroler *fuzzy* yakni 0.5 % lalu kontroler ANFIS memiliki nilai *steady state error* dan *rising time* yang juga lebih baik daripada kontroler *fuzzy* yakni 0.09 % dan 0,82 s dibandingkan dengan kontroler *fuzzy* yakni 0.13 % dan 1.73 s, bagian (c) adalah grafik arus stator, dan bagian (d) adalah grafik torsi motor. Sedangkan untuk nilai *total harmonic distortion* adalah 0,5626.



Gambar 11. (a.) tegangan *output inverter*, (b.) perbandingan ANFIS dan *fuzzy*, (c.) Arus stator, (d.) Torsi motor

Hasil Simulasi Kontroler Fuzzy dan Kontroler ANFIS Beban Tetap 10 Nm dengan Kecepatan Referensi 1000 rpm.

Gambar 12 adalah hasil simulasi motor induksi tiga fasa beban tetap 10 Nm dengan kecepatan referensi 1000 rpm.

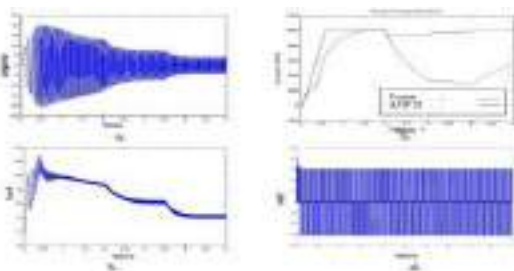


Gambar 12. (a.) tegangan *output inverter*, (b.) perbandingan ANFIS dan *fuzzy*, (c.) Arus stator, (d.) Torsi motor

Pada Gambar 12 bagian (a) adalah tegangan *output inverter*, bagian (b) menunjukkan bahwa kontroler ANFIS dapat memperbaiki keadaan *overshoot* lebih yaitu senilai 0.52 % bila dibandingkan dengan kontroler *fuzzy* yakni 1.1 % lalu kontroler ANFIS memiliki nilai *steady state error* dan *rising time* yang juga lebih baik yakni 1 % dan 0.82 s dibandingkan dengan kontroler *fuzzy* yakni 62.5 % dan 1.52 s. Bagian (c) adalah grafik arus stator dan bagian (d) adalah torsi motor. Sedangkan untuk nilai *total harmonic distortion* adalah 0.463.

Hasil Simulasi Kontroler *Fuzzy* dan Kontroler ANFIS Beban Bertingkat 15, 10, 5 Nm dengan Kecepatan Referensi 1000 rpm.

Gambar 13 adalah hasil simulasi motor induksi tiga fasa beban bertingkat 15, 10, 5 Nm dengan kecepatan referensi 1000 rpm.

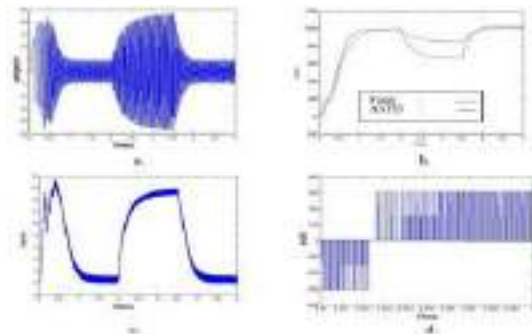


Gambar 13. (a.) tegangan *output inverter*, (b.) perbandingan ANFIS dan *fuzzy*, (c.) Arus stator, (d.) Torsi motor

Pada Gambar 13 bagian (a) adalah tegangan *output inverter*, bagian (b) menunjukkan bahwa kontroler ANFIS dapat memperbaiki keadaan *overshoot* lebih yaitu senilai 0.52 % bila dibandingkan dengan kontroler *fuzzy* yakni 1.1 % lalu kontroler ANFIS memiliki nilai *steady state error* dan *rising time* yang juga lebih baik yakni 3.56 % dan 0.82 s dibandingkan dengan kontroler *fuzzy* yakni 45.5 % dan 1.52 s. Bagian (c) adalah grafik arus stator dan bagian (d) adalah torsi motor. Sedangkan untuk nilai *total harmonic distortion* adalah 0.4803.

Hasil Simulasi Perbandingan Kontroler *Fuzzy* dengan Kontroler ANFIS Beban Seketika 15 Nm dengan Kecepatan Referensi 1000 rpm.

Gambar 14 adalah hasil simulasi motor induksi tiga fasa beban seketika 2 Nm dengan kecepatan referensi 1000 rpm.



Gambar 14. (a.) tegangan *output inverter*, (b.) perbandingan ANFIS dan *fuzzy*, (c.) Arus stator, (d.) Torsi motor

Pada Gambar 14 bagian (a) adalah tegangan *output inverter*, bagian (b) menunjukkan bahwa kontroler ANFIS dapat memperbaiki keadaan *overshoot* lebih yaitu senilai 0.52 % bila dibandingkan dengan kontroler *fuzzy* yakni 1.1% lalu kontroler ANFIS memiliki nilai *steady state error* dan *rising time* yang juga lebih baik yakni 1.9 % dan 0.82 s dibandingkan dengan kontroler *fuzzy* yakni 2.67 % dan 1.52 s. Bagian (c) adalah grafik arus stator dan bagian (d) adalah torsi motor. Sedangkan untuk nilai *total*

harmonic distortion adalah 0.4468. Sementara itu, pada Tabel 2 merupakan rangkuman hasil perbandingan antara kontroler *ANFIS* dan kontroler *Fuzzy*.

Dari Tabel 2 maka dapat disimpulkan bahwa secara umum penggunaan kontroler logika *ANFIS* pada SVPWM inverter motor induksi dapat memperbaiki respon yang dihasilkan oleh *switching inverter* yang memiliki respon *output* berkisar maksimal, nol dan satu. Baik itu dari segi *overshoot error*, *steady state error*, maupun *rising time* yang memiliki nilai relatif lebih kecil apabila dibandingkan dengan kontroler *fuzzy*. Respon yang dihasilkan lebih halus dengan kesalahan pada saat stabil lebih kecil. Dari hasil pengujian juga didapatkan bahwa kontroler logika *ANFIS* yang diterapkan pada *switching SVPWM inverter* dapat bekerja dengan baik pada torsi beban antara 2Nm-15Nm.

Tabel 2. Rangkuman hasil perbandingan antara kontroler *ANFIS* dan kontroler *fuzzy*

Kontroller	<i>Overshoot Error (%)</i>	<i>Steady State Error (%)</i>	<i>Rising Time (sec)</i>
<i>PI-Fuzzy Hybrid</i>	3.12	1.31	1.154
<i>Fuzzy</i>	6.6	10.91	1.877

IV. SIMPULAN

Dari hasil yang telah diperoleh maka dapat disimpulkan penggunaan kontroler *PI-fuzzy hybrid* pada SVPWM inverter motor induksi dapat memperbaiki respon yang dihasilkan oleh *switching inverter* yang memiliki respon *output* berkisar maksimal, nol dan satu. Respon yang dihasilkan lebih halus dengan kesalahan pada saat stabil lebih kecil. Dari hasil pengujian juga didapatkan bahwa kontroler *ANFIS* yang diterapkan pada *switching*

SVPWM inverter dapat bekerja dengan baik pada torsi beban antara 2Nm -15Nm.

Dan dari hasil pengujian ini juga didapatkan bahwa kontroler *ANFIS* yang diterapkan pada *switching SVPWM inverter* memiliki kesalahan dalam keadaan variasi beban, yaitu :

- Tanpa beban memiliki nilai *error* maksimal 0.52% dibawah 5 rpm.
- Tanpa beban dengan kecepatan bertingkat memiliki nilai *error* maksimal 0.45% dibawah 8 rpm
- Beban tetap memiliki nilai *error* maksimal 3.07% dibawah 10 rpm
- Beban bertingkat memiliki nilai *error* maksimal 2.99% dibawah 35,6 rpm
- Beban seketika memiliki nilai *error* maksimal 0.72% dibawah 19 rpm

V. RUJUKAN

- [1] Rosalina, I. Qosim, M. Mujiurudin, "Analisis Pengaturan Kecepatan Motor DC Menggunakan Kontrol PID (Proportional Integral Derivative)," *Proceeding of TEKNOKA National Seminar* - 2, Vol. 2, 2017.
- [2] Miftachul, M. R. R. Mustofa, K. Aji, "Simulasi Pengendalian Motor DC Pada Komunikasi Serial Delphi 7 Menggunakan ATmega16," *J-Eltrik*, Vol. 4, No. 1, 2022.
- [3] Anton, T. Angraini, "Unjuk Kerja Dan Pemanfaatan Inverter Sebagai Pengendali Kecepatan Motor Induksi 3 Fasa," *Jurnal Elektron*, Vol. 5, No. 2, 2013.
- [4] F. Arvianto, M. Rameli, "Pengaturan Kecepatan Motor Induksi Tiga Fasa Menggunakan Metode Flux Vector Control Berbasis Self-Tuning PI," *JURNAL TEKNIK ITS*, Vol. 6, No. 2, 2017.
- [5] R. Hutabalian, A. Hamzah, "Desain dan Analisa Inverter Tiga Fasa Dengan Metode SVPWM Sebagai Penggerak Motor Induksi Tiga Fasa Pada Aplikasi

- Sepeda Listrik,” *JOM FTEKNIK*, Vol. 3, No. 2, 2016.
- [6] B. M. Dikhrillah, “Perancangan Dan Simulasi SVPWM *Two Level Inverter* Sebagai Pengendali Kecepatan Motor Induksi Tiga Fasa,” Skripsi, Surabaya: Universitas Hang Tuah, 2015.
- [7] B. Y. Dewantara, “Desain SVPWM Inverter Sebagai Driver Pengendali Kecepatan Motor Induksi Tiga Fasa Berbasis Fuzzy Logic Controller,” Skripsi, Surabaya: Universitas Hang Tuah, 2014.
- [8] H. W. Van Der Broeck, Philips F., Aachen, West G., H. -C. Skudelny, G. V. Stanke, “Analysis and realization of a pulsewidth modulator based on voltage space vectors,” *IEEE Transactions on Industry Applications*, Vol. 24, No. 1, 1988.
- [9] M. A. A. Lubis, G. Prabowo, A. Jaya, E. Purwanto, “Pengaturan Kecepatan Motor Induksi Tiga Fasa Dengan Teknik Artificial Intelegent Berbasis Vektor Kontrol,” Tugas Akhir, Surabaya: Politeknik Elektronika Negeri Surabaya, 2010.
- [10] N. Ramadhani, M. S. Zuhrie, “Perancangan Sistem Pengendali Temperatur Pada Continuous Stirred Tank Reactor (CSTR) Menggunakan Kontroler PI-Fuzzy,” Skripsi, Surabaya: Universitas Negeri Surabaya, 2016.

Sistem Kontrol Otomatis dan Monitoring Ketersediaan Oksigen pada Pasien Klinik Berbasis IoT

Muhammad Ridho Cahyono¹, Edy Kurniawan², Jawwad Sulthon Habiby³

^{1,2,3} Program Studi Teknik Elektro, Universitas Muhammadiyah Ponorogo
Korespondensi: edy@umpo.ac.id

Received: Maret 2023; Accepted: Mei 2023; Published: Juli 2023

DOI: <https://doi.org/10.30649/je.v5i1.118>

Abstrak

Oksigen merupakan kebutuhan tubuh manusia. Dari total berat tubuh, oksigen beratnya hanya 2 persen. Bagian tubuh yaitu otak membutuhkan oksigen sekitar 20 persen. Jika otak kekurangan oksigen dapat berakibat hipoksia, dimana sel dan jaringan tubuh kekurangan oksigen yang dapat menyebabkan kerusakan saraf otak, hati, dan kematian. Pada tempat pelayanan kesehatan yang baik adalah menggunakan sistem instalasi sentral oksigen. Dalam peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia nomor 4 tahun 2016 tentang gas medik dan vakum medik pada fasilitas pelayanan kesehatan, disebutkan standar keluaran tekanan dari sentral oksigen cair atau sentral oksigen tabung minimal adalah 4-5bar. Perpindahan *supply* oksigen secara otomatis menggunakan kontrol PLC Outseal dan monitoring tekanan oksigen, volume aliran oksigen secara IoT(*Internet of Things*). Metode yang digunakan adalah mendeteksi tekanan oksigen pada masing-masing tabung kemudian data sensor diproses PLC Outseal. Jika tekanan tabung oksigen <4 bar maka *supply* oksigen akan berpindah ke tabung oksigen yang memiliki tekanan >4 bar. Data nilai *pressure sensor*, *flow sensor* dan kondisi tabung oksigen ditampilkan pada HMI dan dimonitoring dengan aplikasi *Haiwell Cloud* menggunakan *smartphone* dimana saja dan kapan saja. Hasil pengujian sensor tekanan bekerja dengan *error* rata-rata sensor tekanan A sebesar 0,18% dan sensor tekanan B sebesar 0,079% serta *flow sensor* dengan *error* rata-rata sebesar 0,89%.

Kata kunci: Hipoksia, PLC Outseal, IoT(*Internet of Things*), HMI (*Human Machine Interface*)

Abstract

Oxygen is a vital need for the human body. Although oxygen makes up only 2% of the total body weight, the brain requires about 20% of the body's oxygen. A deficiency in oxygen can result in hypoxia, where cells and tissues lack sufficient oxygen, potentially causing damage to the brain, liver, and even leading to death. A good healthcare facility should utilize a central oxygen system. According to Indonesian Minister of Health Regulation number 4 of 2016 on medical gases and medical vacuum systems in healthcare facilities, the minimum output pressure standard for central oxygen, whether liquid or in cylinders, is 4-5 bar. The oxygen supply can be automatically switched using a PLC Outseal control and IoT-based monitoring of oxygen pressure and flow volume. The method involves detecting the oxygen pressure in each cylinder, and the sensor data is processed by the PLC

Outseal. If the pressure in a cylinder drops <4 bar, the oxygen supply will automatically switch to a cylinder with a pressure >4 bar. Data from the pressure sensors, flow sensors, and the condition of the oxygen cylinders are displayed on an HMI and monitored through the Haiwell Cloud application via a smartphone, anytime and anywhere. Test results show that the pressure sensors have an average error of 0.18% for pressure sensor A and 0.079% for pressure sensor B, while the flow sensor has an average error of 0.89%.

Key words: *Hipoksia, PLC Outseal, IoT (Internet of Things), HMI (HumanMachine Interface)*

I. PENDAHULUAN

Oksigen merupakan kebutuhan tubuh manusia. Salah satu organ tubuh yaitu otak membutuhkan oksigen sekitar 20 persen dari 2 persen berat tubuh. Jika otak kekurangan oksigen dalam jangka enam sampai sembilan menit, maka berakibat gangguan otak serius, hal ini dapat disebut *hipoksia*. *Hipoksia* adalah kondisi dimana sel dan jaringan tubuh kekurangan oksigen yang dapat menyebabkan kerusakan saraf otak, hati, dan kematian [1]. Gejala-gejala yang terdapat pada hipoksia adalah detak jantung berdetak sangat cepat (takikardia), napas menjadi cepat, pusing dan lemas [2].

Pada tempat pelayanan kesehatan baik rumah sakit, puskesmas, ataupun UKS sekolah harus menyediakan oksigen medis dalam tabung. Pada tempat pelayanan kesehatan yang baik adalah menggunakan sistem instalasi sentral oksigen. Dalam peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia nomor 4 tahun 2016 yang mengatur penggunaan gas medik dan vakum medik pada fasilitas pelayanan kesehatan, disebutkan bahwa standar keluaran tekanan dari sentral oksigen cair atau sentral oksigen tabung minimal adalah 4 - 5 bar [3].

Melalui jaringan internet, *Internet of Things* (IoT) memiliki kemampuan untuk memfasilitasi proses komunikasi yang efisien antara mesin, perangkat, *sensor*, dan manusia. Hal ini memungkinkan kontrol dan pengawasan yang lebih baik atas sistem dan proses yang terhubung ke

dalam jaringan IoT, serta mempermudah akses informasi dan pengambilan keputusan bagi pengguna manusia [4]. Internet of thing (IoT) bisa dimanfaatkan pada gedung untuk mengendalikan peralatan elektronik seperti lampu ruangan yang dapat dioperasikan dari jarak jauh melalui jaringan komputer [5].

Berdasarkan permasalahan yang ada, maka penulis akan membuat “Sistem Kontrol Otomatis dan Monitoring ketersediaan Oksigen Pada Pasien Klinik Berbasis IoT”. Dengan prinsip kerja, pergantian tabung A ke tabung B (tabung B ke tabung A) secara otomatis dengan *solenoid valve* yang diproses oleh PLC *Outseal* berdasarkan sensor tekanan sebagai penentu indikasi tekanan oksigen seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1. Dimana kondisi dan volume aliran oksigen akan divisualisasikan pada HMI (*Human Machine Interface*) yang sudah terhubung dengan *cloud* sehingga dapat dimonitoring menggunakan *smartphone* dimana saja dan kapan saja. *Programmable Logic Controller* (PLC) merupakan perangkat elektronik yang dirancang khusus untuk mengontrol dan mengotomatisasi mesin-mesin dalam proses industri atau otomatisasi tertentu. PLC didefinisikan sebagai sistem elektronik yang beroperasi secara digital dan dirancang untuk digunakan di lingkungan industri [6]. Sistem ini memanfaatkan memori yang dapat diprogram untuk menyimpan instruksi-instruksi internal yang melaksanakan fungsi tertentu seperti

logika, urutan, pengaturan waktu, pencacahan, dan operasi aritmatika untuk mengontrol mesin atau proses melalui modul-modul I/O baik digital maupun analog [7].

HMI, singkatan dari *Human Machine Interface*, adalah antarmuka yang menghubungkan manusia dengan mesin atau sistem kontrol [8]. HMI memungkinkan pengguna untuk berinteraksi dengan sistem secara visual dan intuitif. Antarmuka ini tidak hanya menampilkan visualisasi sistem kontrol, tetapi juga menyediakan informasi seperti waktu, alarm, kondisi sensor, dan *trend* grafik [9].

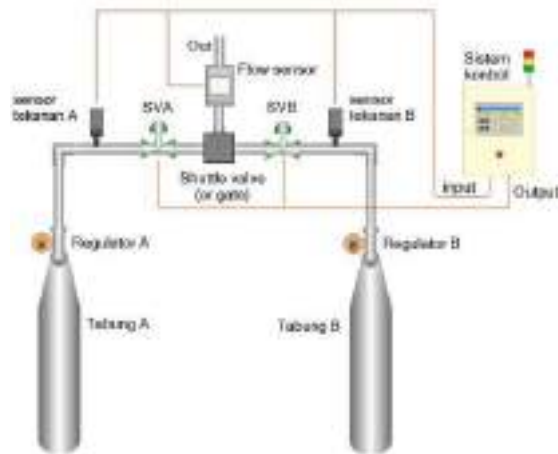
Sensor tekanan bekerja dengan mengubah tegangan mekanik menjadi listrik. Membaca nilai tekanan dari cairan maupun materi gas. Prinsip kerjanya didasarkan pada perubahan tahanan penghantar yang terjadi seiring dengan perubahan panjang dan luas penampang bahan penghantar. Ketika daya diberikan pada sensor, itu menyebabkan perubahan bentuk atau bengkok pada kawat, yang mengubah nilai tahananannya. *Pressure Transmitter*, yang merupakan jenis *sensor* tekanan yang digunakan, sangat efektif dalam mengukur tekanan dalam sistem pemrosesan industri [3].

Flow Sensor merupakan sebuah perangkat *sensor* yang digunakan untuk mengukur debit aliran gas, cairan, uap. Pengukuran aliran terdiri dari transduser dan juga transmitter. Metode pengukurannya didasarkan pada metode kehilangan panas termal. Konstruksi *bypass* mengurangi kerentanan terhadap partikel dan kelembapan. Nilai *flow* ditransmisikan ke pengontrol yang terhubung sebagai sinyal *switching*, sinyal analog [10].

II. METODE PENELITIAN

Perbedaan penelitian ini dengan penelitian sebelumnya yaitu apabila penelitian sebelumnya hanya melakukan monitoring tekanan dan pertukaran tabung

gas oksigen utama yang habis ke tabung gas oksigen sekunder yang masih penuh secara otomatis [10]. Sedangkan pada penelitian ini didesain suatu alat yang dapat melakukan pertukaran tabung oksigen yang habis, monitoring tekanan, monitoring volume aliran dan dapat di monitoring secara IoT dari manapun dan kapanpun.



Gambar 1. Desain sistem

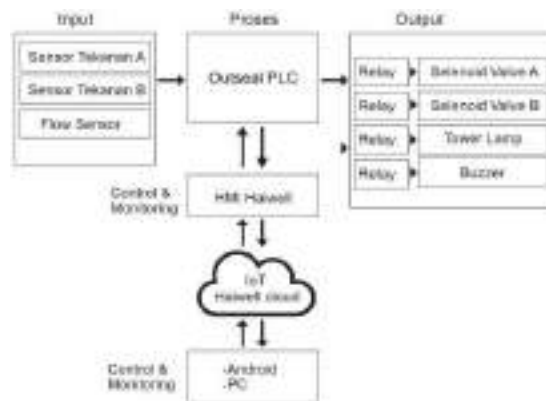
Pada Gambar 1, merupakan gambar desain sistem alat yang dibuat. Sistem kontrol merupakan pusat kendali alat, dimana data dari sensor tekanan dan *flow sensor* akan masuk untuk diolah dan data akan ditampilkan pada HMI dan juga untuk mengatur perpindahan aliran oksigen dengan mengendalikan *solenoid valve*. HMI pada sistem kontrol juga terhubung dengan *Haiwell Cloud* sebagai sistem IoT, sehingga dapat di monitoring dan kontrol melalui *smartphone* dari mana saja dan kapan saja.

Sensor tekanan A dan Sensor tekanan B terpasang setelah regulator masing-masing tabung oksigen. Sensor tekanan berfungsi membaca nilai tekanan oksigen. *Flow sensor* terpasang pada output aliran, yang berfungsi untuk mengukur volume aliran yang di distribusikan.

Solenoid valve A (SVA) dan *solenoid valve* B (SVB) terpasang pada masing-masing tabung oksigen setelah sensor

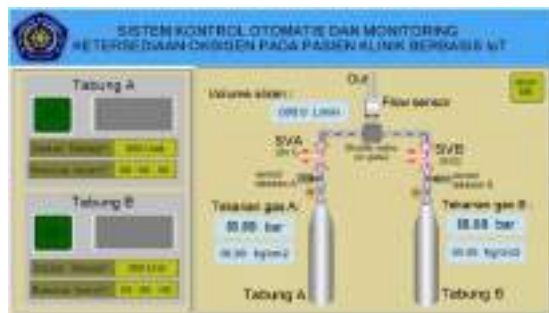
tekanan, dimana berfungsi untuk membuka atau menutup aliran oksigen yang dikendalikan oleh PLC *Outseal* pada sistem kontrol.

Berdasarkan diagram blok sistem pada Gambar 2 sensor tekanan akan membaca besarnya tekanan pada dua tabung oksigen yaitu tabung A dan tabung B. kemudian data akan di proses oleh PLC *Outseal* untuk menentukan kondisi tabung apakah masih ada isinya atau kosong. Apabila kondisi masih terisi (>4bar) maka *Outseal* akan mengaktifkan *solenoid valve* A untuk membuka aliran dari tabung oksigen A.



Gambar 2. Diagram blok sistem

Apabila tabung A kosong (<4bar) maka *Outseal* akan mengaktifkan selenoid valve B untuk membuka aliran pada tabung oksigen B, begitu juga sebaliknya. *Outseal* PLC juga dihubungkan dengan HMI untuk kontrol dan visualisasi kondisi sistem. HMI terhubung dengan *Haiwell Cloud* sebagai sistem IoT untuk dilakukan monitoring melalui *smartphone* dari mana saja dan kapan saja.



Gambar 3. Desain HMI

Pada Gambar 3, merupakan desain HMI (*Human Machine Interface*) sebagai monitoring dan kontrol dari sistem. Terdapat gambar visualisasi instalasi tabung yang berfungsi untuk memantau kondisi sistem secara *realtime*. Data sensor dan kondisi aktuator juga ditampilkan.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian dilakukan pada keseluruhan sistem untuk mengetahui keakurasian dari sensor untuk ditampilkan pada HMI. Pengujian dilakukan dengan membandingkan nilai yang dibaca sensor dengan manometer gauge dan *flow* meter digital. Dari hasil pengujian kemudian dihitung tingkat kesalahan / *error* pembacaan nilai pada sensor dengan menggunakan rumus (1) dan rata-rata *error*(2).

$$\text{Error}(\%) = \frac{ns - nsy}{nsy} \times 100\% \quad (1)$$

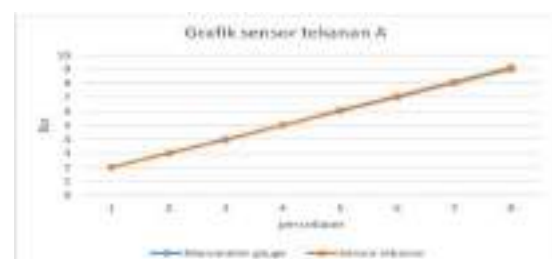
$$\text{Rata - rata error} = \frac{\text{Error total}}{\text{Jumlah sampel}} \quad (2)$$

Keterangan :

ns = nilai sensor

nsy = nilai sebenarnya

Pengujian sensor tekanan dengan *manometer gauge*. Dimana nilai tekanan ditentukan dari 2 bar sampai 9 bar untuk diuji. Kemudian dari hasil pembacaan sensor tekanan akan di hitung tingkat *error* pembacaan. Kemudian data nilai dimasukkan pada Tabel 1.



Gambar 4. Grafik pengujian sensor tekanan A

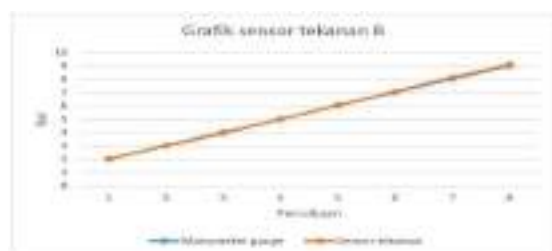
Tabel 1. Pengujian sensor tekanan A

No.	Manometer Gauge (bar)	Sensor Tekanan (bar)	Error(%)
1	2	1,99	-0,5%
2	3	2,98	-0,66%
3	4	3,95	-1,25%
4	5	5	0%
5	6	6,07	1,16%
6	7	7,07	1%
7	8	8,10	1,25%
8	9	9,13	1,4%

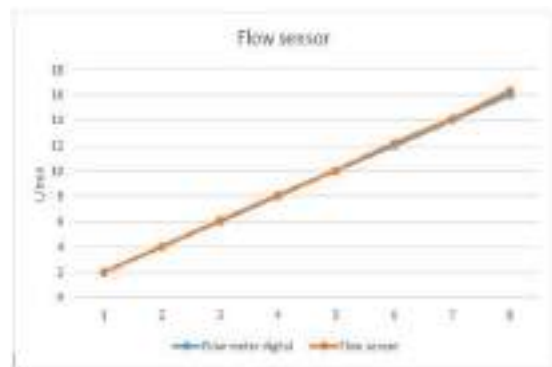
Dari hasil pengujian sensor tekanan A dapat dilihat pada Tabel 1 dan grafik Gambar 4 serta pengujian sensor tekanan B dapat dilihat pada Tabel 2 dan grafik Gambar 5. Hasil dari tabel dan grafik menunjukkan bahwa pembacaan kedua sensor tekanan sangat baik dengan nilai *error* rata-rata sensor tekanan A sebesar 0,18% dan sensor tekanan B sebesar 0,079%.

Tabel 2. Pengujian sensor tekanan B

No.	Manometer Gauge (bar)	Sensor Tekanan (bar)	Error(%)
1	2	1,99	-0,5%
2	3	2,98	-0,66%
3	4	3,93	-1,75%
4	5	4,99	-0,2%
5	6	6,04	0,66%
6	7	7,04	0,57%
7	8	8,13	1,62%
8	9	9,08	0,88%

**Gambar 5.** Grafik pengujian sensor tekanan B**Tabel 3.** Pengujian flow sensor

No.	Manometer Gauge (bar)	Sensor Tekanan (bar)	Error(%)
1	2	2,0	0%
2	4	4,0	0%
3	6	6,1	1,6%
4	8	8,1	1,25%
5	10	10,0	0%
6	12	12,2	1,6%
7	14	14,1	0,71%
8	16	16,3	1,87%

**Gambar 6.** Grafik flow sensor

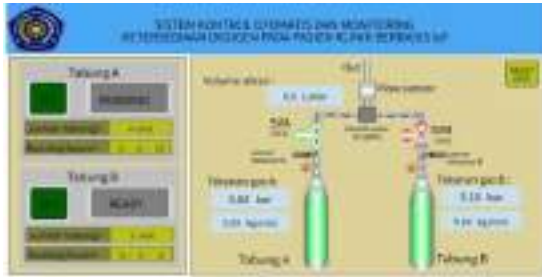
Pada hasil pengujian *flow sensor* dapat dilihat pada Tabel 3 dan grafik Gambar 6. Dari hasil data yang diperoleh bahwa pembacaan *flow sensor* sangat baik dengan rata-rata *error* sebesar 0,89%.

Pengujian keseluruhan sistem, Pengujian dengan mengatur tekanan tabung A dibawah <4 bar dan melihat apakah sistem dapat melakukan perpindahan otomatis ke tabung B atau tidak dan dilakukan monitoring secara IoT menggunakan smartphone.

Pada Tabel 4 menunjukkan perpindahan otomatis dari tabung oksigen A ke tabung oksigen B ketika tekanan dikurangi secara manual hingga tekanan tabung A <4 bar. Pada HMI menunjukkan kondisi masing-masing tabung oksigen baik running, ready, atau kosong. Volume aliran juga terbaca dengan baik dengan satuan L/min.

Tabel 4. Pengujian perpindahan *supply* oksigen

No.	Tekanan Oksigen Tabung (bar)		<i>Solenoid valve</i>		Alarm		Alarm <i>Emergency</i>
	A	B	A	B	A	B	
1	<4	<4	<i>Close</i>	<i>Close</i>	<i>On</i>	<i>On</i>	<i>On</i>
2	>4	<4	<i>Open</i>	<i>Close</i>	<i>Off</i>	<i>On</i>	<i>Off</i>
3	<4	>4	<i>Close</i>	<i>Open</i>	<i>On</i>	<i>Off</i>	<i>Off</i>
4	>4	>4	<i>Open</i>	<i>Close</i>	<i>Off</i>	<i>Off</i>	<i>Off</i>

**Gambar 7.** Monitoring *Haiwell Cloud*

Pada Gambar 7 dijelaskan pengujian IoT dengan menggunakan aplikasi *Haiwell Cloud* pada *smartphone*. Terlihat kontrol dan monitoring berhasil termonitoring pada *smartphone* dengan tampilan yang sama dengan tampilan visualisasi pada HMI (*Human Machine Interface*). Data nilai sensor dan visualisasi aliran oksigen terlihat pada *smartphone*.

IV. SIMPULAN

Berdasarkan hasil dan analisa disimpulkan dapat disimpulkan:

- Ketika tekanan oksigen tabung A kurang dari 4 bar (<4bar), maka alarm A aktif dan *solenoid valve* A (SVA) aktif yang membuka aliran tabung oksigen B.
- Sebaliknya ketika tekanan oksigen tabung B kurang dari 4 bar (<4bar), maka alarm B aktif dan *solenoid valve* B (SVB) aktif yang membuka aliran tabung oksigen A.
- Jika tekanan oksigen A dan tekanan oksigen B kurang dari 4 bar (<4bar), maka alarm *emergency* aktif dengan ditandai lampu merah pada tower

lampu menyala dan *buzzer* menyala putus-putus cepat.

- Hasil pengujian kedua sensor tekanan dengan *error* sensor tekanan A rata-rata 0,18% dan sensor tekanan B rata-rata 0,079 %.
- Hasil pengujian *flow sensor* dengan *error* rata-rata sebesar 0,89 %.

Sistem IoT yang ada pada HMI *Haiwell* dapat diakses menggunakan *smartphone* dengan aplikasi *Haiwell Cloud*. Pada *smartphone* dapat menampilkan data kondisi alat dengan tampilan sama dengan pada tampilan HMI (*Human Machine Interface*).

V. RUJUKAN

- [1] J. E. Hall, A. C. Guyton, “*Buku Ajar Fisiologi Kedokteran, 12th ed., vol. 12,*” Amerika Serikat: Elsevier, 2019.
- [2] E. Agustina, E. R. Widasari, D. Syauqy, “Sistem Deteksi Hipoksia menggunakan Metode Decision Tree berdasarkan Detak Jantung dan Kadar Oksigen,” *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer*, Vol. 7, No. 1, 2023.
- [3] Mulyatno, E. Jaenuri, Gunawan, “Alat Monitoring Tekanan pada Tabung Gas Medik dengan Notifikasi SMS (*Short Message Service*),” *J. Hosp. Technol. Mechatronics*, Vol. 1, No. 1, 2020.
- [4] Y. Yudhanto, A. Azis, “*Pengantar Teknologi Internet of Things (IoT),*” Surakarta: UNSPress, 2019.

- [5] Y. Efendi, "Internet Of Things (Iot) Sistem Pengendalian Lampu Menggunakan Raspberry Pi Berbasis Mobile," *Jurnal Ilmiah Ilmu Komputer*, Vol. 4, No. 1, 2018.
- [6] Surdianto, "Sistem Kontrol Kualitas Produksi Air Minum Berbasis PLC *Outseal*," Skripsi, Ponorogo: Universitas Muhammadiyah Ponorogo, 2023.
- [7] A. Bakhtiar, "*Panduan Dasar Outseal PLC*, 1st ed," Sidoarjo: Outseal Indonesia, 2020.
- [8] A. M. Prasetya, T. Hariyanto, A. Huda, L. Sartika, F. Fitriani, "Monitoring Dan Kendali Kecepatan Motor Universal Menggunakan *Human Machine Interface* (HMI)," *Elektr. Borneo*, Vol. 9, No. 1, 2023.
- [9] K. A. Syahputra, F. R. A. Bukit, Suherman, "Perancangan HMI (*Human Machine Interface*) Sebagai Pengontrol Dan Pendeteksi Dini Kerusakan Kapasitor Bank Berbasis PLC," *J. Energy Electr. Eng.*, Vol. 3, No. 2, 2022.
- [10] Miasih, B. G. Irianto, A. Kholiq, "Pengembangan Monitoring Volume Oksigen Sebagai Dasar Penentu Tarif dengan Waktu Real Time Berbasis IoT," *Pros. Semin. Nas. Kesehatan*, Vol. 2, No. 1, 2020.

Speed Sensorless Pembaca Kecepatan Motor Induksi 3 Phase Berbasis *Constructive Backpropagation*

Yogi Arrachman¹, Iradiratu Diah Prahmana Karyatanti²

Teknik Elektro, Fakultas Teknik dan Ilmu Kelautan, Universitas Hang Tuah
Korespondensi: iradiratu@hangtuah.ac.id

Received: Maret 2023; Accepted: Mei 2023; Published: Juli 2023

DOI: <https://doi.org/10.30649/je.v5i1.130>

Abstrak

Motor induksi banyak dipakai diberbagai jenis industri. Untuk membuat system aplikasi menggunakan motor induksi salah satu piranti yang terpenting untuk mengetahui berapa besar kecepatan pada saat itu adalah menggunakan sensor kecepatan. Sensor kecepatan mempunyai beberapa kelemahan. *Speed Sensorless* berbasis *Constructive Backpropagation* yang hanya memerlukan masukan arus dan tegangan dirancang untuk mengestimasi kecepatan motor induksi sehingga dapat menggantikan fungsi sensor kecepatan. Algoritma pembelajaran backpropagasi terkonstruksi (*Constructive Backpropagation*) digunakan sebagai metode pembelajaran prototype sensorless. *Speed sensorless* yang hanya memerlukan masukan arus dan tegangan yang nantinya arus dan tegangan itu akan dibaca oleh prototype tersebut, sehingga *prototype* ini nantinya dapat digunakan sebagai pengganti dari sensor kecepatan untuk memperoleh hasil pembacaan putaran motor yang lebih akurat. Hasil dari penelitian ini perbandingan pembacaan kecepatan motor menggunakan *speed sensorless* didapat error persen rata-rata sebesar 0.575%.

Kata kunci: Motor Induksi, *Constructive Backpropagation*, dan *Speed Sensorless*

Abstract

Induction motors are widely used in various types of industries. To make the application system using induction motors one the most important tools to determine how much speed at that moment is to use the speed sensor. The speed sensor has several weaknesses. Speed Sensorless based Constructive Backpropagation which only requires the input current and voltage are designed to estimate the speed of the induction motor so it can replace the function of the speed sensor. The learning algorithm backpropagasi constructed (Constructive Backpropagation) is used as a learning method prototype sensorless. Speed Sensorless which only requires the input current and voltage current and voltage that will be read by the prototype, so this prototype will be used instead of the speed sensor to obtain readings more accurate motor rotation. The results of this study a comparative reading of the motor speed using Speed Sensorless obtained error percent on average by 0575%.

Key words: Induction Motor, *Constructive Backpropagation*, and *Speed sensorless*

I. PENDAHULUAN

Motor induksi adalah salah satu jenis dari motor-motor listrik yang bekerja berdasarkan induksi elektromagnet. Motor induksi merupakan mesin yang kokoh, andal, dan murah dibandingkan dengan motor DC. Dalam aplikasi motor induksi pada industri diperlukan pengoperasian kecepatan variabel, untuk mendapatkan kecepatan variabel dapat dilakukan dengan sistem loop tertutup oleh karena itu diperlukan sensor kecepatan [1]. Namun sensor kecepatan memiliki kelemahan, seperti susahnya mengukur motor yang besar dan berkecepatan tinggi [2]. Karena kelemahan-kelemahan penggunaan sensor tersebut maka pada penelitian ini akan dirancang suatu prototy pesensorless pembaca kecepatan motor induksi 3 fasa berbasis *Constructive Backpropagation* yang lebih efektif dan dapat membaca kecepatan motor induksi menggantikan fungsi sensor kecepatan.

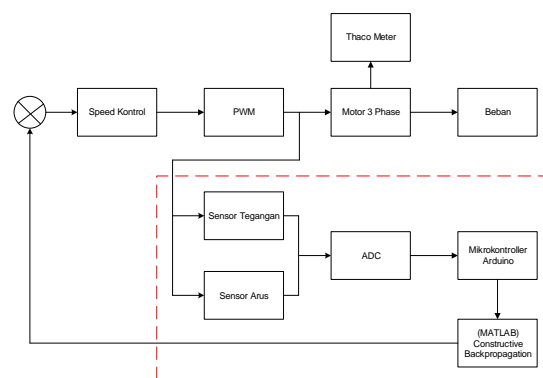
Metode kontrol vektor tanpa sensor kecepatan (*speed sensorless vector control methods*) untuk motor induksi berkembang begitu pesat. Dalam aplikasi sistem penggerak, kontrol loop tertutup mempunyai beberapa variabel yang penting yaitu torsi, kecepatan, dan posisi. Untuk memperoleh respon arus yang cepat, sebuah loop torsi akan digunakan untuk sistem pengaturan kecepatan dan posisi dari perubahan tegangan [3].

Pada thesis perancangan *Neural Network Observer* untuk Identifikasi Kecepatan Motor Induksi (Iradiratu, 2003) digunakan *Neural Network Observer* dengan pembelajaran *Constructive Backpropagation* yang merupakan salah satu pengembangan observe yang dapat menunjukkan unjuk kerja yang sangat baik sehingga dalam hasil simulasinya akan diperoleh *error* kecepatan yang sebenarnya dan kecepatan yang diramalkan dapat dijaga dengan interval yang kecil. Pada tugas akhir ini akan digunakan metode

yang sama yaitu *Constructive Backpropagation* untuk membaca kecepatan motor induksi 3 fasa. Namun pada tugas akhir ini bukan lagi sebuah penelitian dengan menggunakan simulasi, tetapi akan dibuat sistem secara nyata dengan Hardware yang digunakan untuk membaca kecepatan motor induksi 3 fasa. Hardware yang dibuat dengan menggunakan mikrokontroller yang di hubungkan dengan program Matlab yang telah diprogram dengan *Constructive Backpropagation*.

II. METODE PENELITIAN

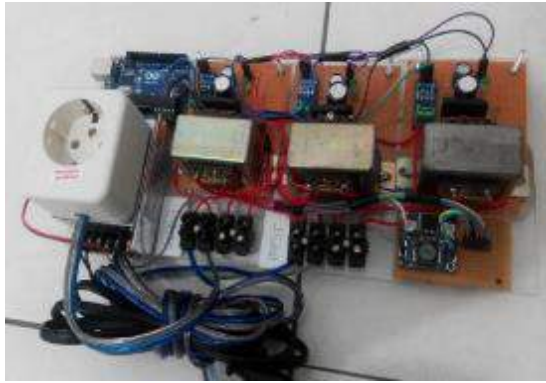
Untuk mengetahui hasil dari alat pembaca kecepatan motor tanpa menggunakan sensor kecepatan, maka perlu dilakukan pengujian dan analisa terhadap alat dan program yang dibuat. Sebelum dilakukan pengujian dan analisa tersebut, adapun konfigurasi sistem pada tugas akhir ini akan digambarkan secara umum dengan diagram blok yang ditunjukkan oleh Gambar 1.



Gambar 1. Diagram Blok Sistem



Gambar 2. Alat Secara Keseluruhan



Gambar 3. *Sensorless* pembaca kecepatan motor induksi 3 phase berbasis *constructive backpropagation*

Gambar 1 adalah diagram blok secara umum, namun fokus topik pada tugas akhir ini adalah pada sistem yang diberi tanda kotak warna merah tersebut. Dimana pada tugas akhir ini akan dibuat sistem untuk mengukur atau membaca kecepatan motor induksi 3 phase tanpa menggunakan alat ukur kecepatan motor yaitu *Tachometer*. Gambar 2 merupakan gambar alat secara keseluruhan. Sedangkan Gambar 3 adalah alat *Sensorless* pembaca kecepatan motor induksi 3 phase berbasis *constructive backpropagation* yang telah dibuat.

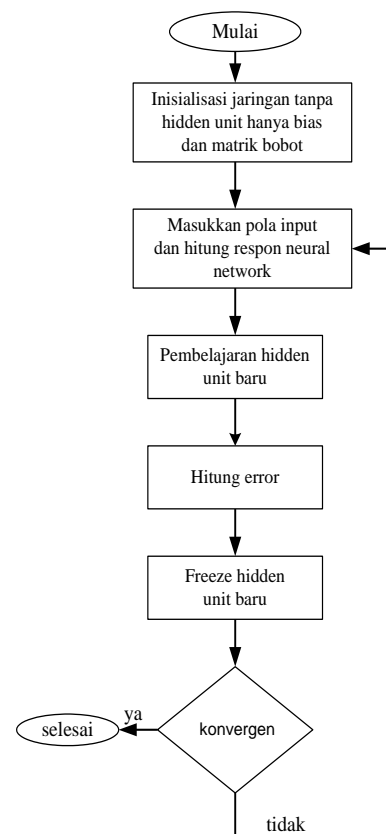
Pengukuran atau pembacaan kecepatan dilakukan dengan cara mengamati perubahan tegangan dan arus yang mengalir pada motor 3 phase ketika motor diberi beban. Pembacaan nilai tegangan dan arus dilakukan oleh sensor tegangan dan sensor arus, kemudian output dari kedua sensor tersebut dihubungkan dengan ADC pada mikrokontroler *Arduino Uno*. Setelah data arus dan tegangan diterima oleh *Arduino Uno*, data tersebut selanjutnya akan dikirim menuju *Matlab* dengan menggunakan komunikasi serial *USB*.

Proses pada *Matlab* adalah mengolah data arus dan tegangan tersebut dengan menggunakan metode *Neural Network Constructive Backpropagation*. Dimana pada proses *Constructive Backpropagation*

tersebut data arus dan tegangan tersebut akan dilatih dan dimasukkan pada variabel kecepatan yang didapatkan dari *Tachometer* sebagai acuan pembacaan kecepatan untuk sementara. Setelah proses pelatihan pada setiap beban yang berbeda dilakukan, maka untuk selanjutnya tidak memerlukan *Tachometer* untuk melakukan pengukuran kecepatan, melainkan sistem akan mengingat nilai arus dan tegangan pada setiap perubahan kecepatan yang dipengaruhi oleh beban.

Konfigurasi sistem serta penguraian yang telah dijelaskan diatas, kemudian dilakukan pengujian dan analisa terhadap alat dan program yang dibuat yang meliputi pengujian perangkat keras dan pengujian perangkat lunak, serta pengujian secara keseluruhan.

Constructive Backpropagation



Gambar 4. Diagram alir backpropagasi terkonstruksi

Algoritma dapat digambarkan dalam bentuk diagram alir pada Gambar 4. Algoritma dasar dari backpropagasi terkonstruksi adalah:

1. Inisialisasi:
Jaringan tidak mempunyai *hidden unit*. Bias pembobot dan hubungan langsung (hubungan *short cut*) dari *input* ke *output* unit setelah pembelajaran pembobot dari konfigurasi inisialisasi adalah tetap.
2. Pembelajaran *hidden unit* baru :
Menghubungkan *input* ke unit baru (unit baru adalah unit ke- i , $i > 0$) dan menghubungkan outputnya ke *output* unit. Mengatur semua pembobot yang dihubungkan ke unit baru.
3. Pembekuan (*freeze*) *hidden unit* baru.
Menetapkan pembobot yang dihubungkan ke unit baru.
4. Pengetesan konvergensi
Jika jumlah *hidden unit* sekarang menghasilkan solusi yang bisa diterima (konvergen) maka pembelajaran berhenti jika tidak maka kembali ke langkah 2.

Dari rancangan pembuatan alat dan *neural network* di atas, maka terbentuklah sebuah alat *prototype speed Sensorless* dan *neural network constructive backpropagation*. Setelah pembuatan alat *prototype speed Sensorless* dan *neural network constructive backpropagation* selesai, maka akan dilakukan pengambilan data pembelajaran *constructive backpropagation*. Dari data pembelajaran *constructive backpropagation* tersebut akan dilakukan pembelajaran *constructive backpropagation* yang menghasilkan *prototype speed sensorless* berbasis *constructive backpropagation* yang dapat menggantikan *Tachometer*. *Prototype speed sensorless* berbasis *constructive backpropagation* kemudian dianalisis dan diperoleh suatu hasil serta kesimpulan dan saran dari data yang telah dianalisis tersebut.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Untuk mengetahui apakah sistem atau alat yang dirancang bisa berfungsi dengan baik maka perlu diadakan pengujian di lapangan agar bisa dilakukan perhitungan langsung. Pengambilan data didapatkan tiga data yang akan dijadikan acuan dalam pengujian, dan dua diantaranya akan dijadikan data pelatihan untuk *Constructive Backpropagation*. Data pertama yang didapat adalah tegangan dari fasa V2 yang terbaca oleh alat dan *interface matlab*, data yang kedua adalah kecepatan motor yang didapat dari mengukur motor secara langsung dengan menggunakan *tachometer*, dan data yang ketiga adalah *output* frekuensi dari inverter yang digunakan untuk mengatur kecepatan putar motor. Tabel 1 adalah hasil dari pengambilan data.

Tabel 1. Hasil Pengambilan Data Pelatihan *Constructive Backpropagation*

No	Frekuensi	Tegangan	Kecepatan
1	0	0	0
2	15	26	366
3	25	61	662
4	35	83	956
5	40	94	1075
6	45	106	1245
7	50	115	1025

Dari Tabel 1, nilai tegangan yang berubah terhadap perubahan frekuensi dan putaran motor hanya tegangan pada v2, untuk itu dalam pengambilan data untuk pelatihan hanya menggunakan tegangan pada v2, sedangkan untuk arus yang mengalir tidak dapat terbaca oleh sensor arus karena tegangan keluaran dari v2 tidak lebih dari 200Vac.

Pada perbandingan pembacaan kecepatan putaran motor 3 fasa ini hasil selisih perbandingan tidak terlalu besar, jika selisihnya besar itu terjadi karena sensor tegangan yang digunakan adalah dari transformator bukan dari modul, maka

semakin kecil tegangan yang masuk, semakin kecil perubahan tegangan yang terjadi, semakin banyak juga *error* pembacaannya. Namun *Observer Constructive Backpropagation* masih mampu mengikuti pola kecepatan putaran motor dengan cukup baik maka *Prototype Speed Sensorless* ini layak digunakan untuk mengukur atau membaca kecepatan putaran motor 3 phasa. Hasil perbandingan ini ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil Perbandingan Pembacaan Kecepatan Putaran Motor

Frek (Hz)	Tachometer	Prototype speed sensorless	Error
10.0	365 rpm	367 rpm	0,5%
20.0	666 rpm	662 rpm	0,4%
35.0	1081 rpm	1075 rpm	0,5%
45.0	1015 rpm	1025 rpm	0,9%

IV. SIMPULAN

Dari hasil pengujian dan analisa yang telah dilakukan oleh penulis, maka pada tugas akhir ini dapat ditarik beberapa kesimpulan, yaitu:

1. Arus listrik pada system ini tidak dapat terbaca karena sensor yang digunakan adalah sensor arus ACS 712 yang memiliki kekurangan tidak dapat membaca arus listrik AC pada tegangan kurang dari 200Vac.
2. Hasil pembacaan dari *Constructive Backpropagation* sudah cukup baik, karena selisih pembacaan yang tidak terlalu jauh dari hasil pembacaan dengan menggunakan *Tachometer*.

Prototype Speed Sensorless ini dapat menggantikan fungsi *Tachometer* sebagai pembaca kecepatan putaran motor. Terutama untuk pembacaan kecepatan putaran motor yang penempatan motornya sulit dijangkau atau jauh, dan juga motor yang berukuran besar.

V. RUJUKAN

- [1] A. Enayati, J. Hemingway, P. Garner, "Electronic mosquito repellents for preventing mosquito bites and malaria infection (Review)," Bethesda: The Cochrane Collaboration, 2010.
- [2] W. Denny, "Gelombang Ultrasonik Sebagai Alat Pengusir Tikus Menggunakan Mikrokontroller Atmega 8," *Jurnal Teknologi Informatika Dan Terapan*, Vol. 04, No. 01, 2017.
- [3] K. A. Tsauqi, "Saklar Otomatis Berbasis Light Dependent Resistor (LDR) Pada Mikrokontroller Arduino Uno," *Prosiding Seminar Nasional Fisika (E-Journal)*, Vol. V, 2016.
- [4] I. D. P. Karyatanti, "Perancangan Neural Network Observer Untuk Identifikasi Kecepatan Motor Induksi," Thesis, Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember, 2003.
- [5] Agus P., "Definisi, Kontruksi, dan Prinsip Kerja Transformator," 2013, (<http://elektronika-dasar.web.id/teori-elektronika/definisi-konstruksi-dan-prinsip-kerja-transformator/>, diakses 17 April 2015).
- [6] A. Muhamad, "Teknik Kendali Motor Induksi Tiga Fasa," Yogyakarta: Graha Ilmu, 2001.
- [7] Arduino, "Schematic Arduino Uno," 2015, (<https://www.arduino.cc/en/uploads/Main/arduino-uno-schematic.pdf>, diakses 18 Oktober 2015).
- [8] Depokinstruments, "DI-Smart ACS712-5A (Electric-Current Sensor 5A)," 2016, (<http://depokinstruments.com/2012/09/12/di-smart-ac712-5a-electric-current-sensor-5a/>, diakses 27 Oktober 2015).
- [9] H. M. Agil, "Estimasi Kecepatan Motor Induksi 3 Phasa Berbeban dengan

- Menggunakan Neural Network,” Skripsi, Surabaya: Universitas Hang Tuah, 2008.
- [10] K. Sri, “*Membangun Jaringan Syaraf Tiruan Menggunakan Matlab dan Excel Link*,” Yogyakarta: Graha Ilmu, 2004.
- [11] Rahman FZR., “*Motor Induksi 3 Phase*,” 2013, (<http://smart-chameleon.blogspot.com/2013/10/motor-induksi-3-phase.html>, Diakses 15 April 2015).