

PERANCANGAN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA BAYU MINI MENGGUNAKAN AC SERVO MOTOR SEBAGAI SUMBER ENERGI PETI PENDINGIN IKAN PADA KAPAL NELAYAN TRADISIONAL

Maulana Ifdil Hanafi¹, Drs. Suwasti Broto, M.T², Eka Purwa Laksana, S.T, M.T³

Program Studi Teknik Elektro, Universitas Budi Luhur, Jakarta, Indonesia

1952500021@student.budiluhur.ac.id, suwasti.broto@budiluhur.ac.id

eka.purwalaksana@budiluhur.ac.id

ABSTRAK

kebutuhan listrik pada kapal nelayan tradisional menjadi salah satu penyebab utama karena pada kapal nelayan tradisional tidak memiliki pembangkit listrik, maka dibuatlah pembangkit listrik tenaga bayu mini sebagai energi terbarukan dengan menggunakan AC Servo Motor sebagai generator, dan rectifier sebagai penyearah tegangan, SCC (Solar Charge Controller) sebagai control input dan output, Arduino Uno sebagai microcontroller, dan turbin ventilator. dengan memanfaatkan tekanan angin laut sebesar 13,73 m/s, dengan RPM pada rotor ac servo motor sebesar 225, dan menghasilkan nilai tegangan sebesar 14,51 VDC, nilai arus sebesar 12,2 mA, dan daya sebesar 177,022 mW. Nantinya tegangan yang dihasilkan oleh PLTB (Pembangkit Listrik Tenaga Bayu) sebagai sumber energi untuk Pengisian daya aki dengan lama pengisian daya sebesar 15 menit per 0,1 VDC, dan penggunaan baterai sebagai sumber energi cold storage selama 6 jam dengan suhu terendah pada coldstorage sebesar 6,7°C.

Kata Kunci : PLTB, Ac Servo Motor, Solar Charge Controller, Rectifier, Energi Terbarukan, Cold Storage

ABSTRACT

the need for electricity on traditional fishing boats is one of the main causes because traditional fishing boats do not have a power plant, so a mini wind power plant is made as a renewable energy by using an AC Servo Motor as a generator, and a rectifier as a voltage rectifier, SCC (Solar Charge Controller) as input and output control, Arduino Uno as microcontroller, and turbine ventilator. by utilizing sea breeze pressure of 13.73 m/s, with RPM on the rotor of the ac servo motor of 225, and producing a voltage value of 14.51 VDC, a current value of 12.2 mA, and a power of 177.022 mW. Later the voltage generated by PLTB (Wind Power Plant) will be used as an energy source for charging the battery with a charging time of 15 minutes per 0.1 VDC, and using the battery as a source of cold storage energy for 6 hours with the lowest temperature on cold storage of 6,7°C.

Keywords : PLTB, Ac Servo Motor, Solar Charge Controller, Rectifier, Renewable Energy, Cold Storage

I. PENDAHULUAN

Energi dari sumber fosil saat ini menyumbang 87,7% dari total permintaan energi dunia dan diperkirakan akan berkurang karena cadangan baru tidak lagi ditemukan. Cadangan energi fosil dunia diperkirakan hanya 40 tahun untuk minyak, 60 tahun untuk gas alam, dan 200 tahun untuk batu bara. Permintaan energi dunia meningkat dari tahun ke tahun (konsumsi energi meningkat sebesar 4,3% pada tahun 2004 saja), serta kebutuhan untuk melindungi bumi dari pemanasan global dan pencemaran lingkungan. Situasi energi yang terbatas memerlukan realisasi segera teknologi baru untuk energi terbarukan [1]. Keterbatasan ketergantungan pada listrik berbasis bahan bakar fosil memaksa pemerintah untuk merespon dengan melihat sumber lain untuk menemukan berbagai cara untuk mengatasi masalah tersebut. Indonesia merupakan negara dengan potensi energi alam yang melimpah, antara lain surya, air, dan angin, dan ini merupakan peluang energi alternatif yang dapat dimanfaatkan pemerintah semaksimal mungkin. Baru-baru ini yang populer adalah pemanfaatan tenaga air dan tenaga angin. Banyak orang membangun kincir angin dan kincir air untuk mengubahnya menjadi listrik. Kedua jenis kincir angin membutuhkan generator untuk mengubah energi mekanik menjadi energi listrik yang sesuai [2]. Berdasarkan data satelit, potensi energi angin di wilayah laut Indonesia dipengaruhi oleh angin musim yang melewati wilayah Indonesia, dan potensi energi angin yang dapat dimanfaatkan untuk membangkitkan energi angin adalah potensi energi angin dengan kecepatan angin minimal sebesar 4,16 m/s [3].

Pada dasarnya tegangan yang dihasilkan oleh turbin angin selalu berubah-ubah. Hal ini disebabkan oleh kecepatan angin yang tidak stabil. Oleh karena itu perlu digunakan pengaturan tegangan DC pada genset. Proses penyetelan ini dimaksudkan untuk menstabilkan tegangan yang dihasilkan. Sebagai contoh, pada prototipe pembangkit listrik tenaga angin terdapat generator DC sebagai pembangkit tegangan [4].

Penggunaan energi fosil untuk pembangkit tenaga listrik telah memicu krisis listrik di Indonesia dan juga energi fosil memberikan dampak pada peningkatan pencemaran lingkungan. Ketergantungan terhadap energi fosil perlu diakhiri dengan memanfaatkan potensi energi alternatif yang ada di seluruh wilayah Indonesia seperti tenaga air, angin, panas bumi, dan biomass. Potensi energi alternatif yang sangat menjanjikan untuk dimanfaatkan adalah panas bumi, karena negara Indonesia memiliki cadangan terbesar di dunia yakni 40%, selain itu penggunaan panas bumi sangat efisien dan ekonomis serta ramah lingkungan dibandingkan dengan energi fosil. Maka dapat disimpulkan pemanfaatan sumber energi yang berasal dari alam Indonesia sangat memungkinkan

dapat digunakan sebagai sumber daya energi listrik khususnya sumber daya angin [6]. kondisi angin pada setiap harinya dan setiap jam nya tidak sama atau tidak stabil yang menyebabkan tegangan, arus, dan daya yang dihasilkan juga tidak stabil, karena kecepatan angin berbanding lurus dengan daya yang dihasilkan oleh pembangkit listrik tenaga angin, maka tegangan yang dihasilkan oleh turbin vertikal setelah masuk ke baterai sebesar rata-rata adalah 12 Volt, dan arus rata – rata sebesar 4 Ampere sedangkan daya yang dihasilkan dapat mencapai 50 Watt, maka suhu tidak berpengaruh terhadap daya keluaran yang dihasilkan oleh pembangkit listrik pembangkit tenaga angin [7].

II. TINJAUAN PUSTAKA

➤ Turbin Ventilator

Turbin ventilator adalah turbin angin dengan sumbu putar vertikal, yang memiliki fungsi turbin angin dan kipas hisap. Ventilator turbo diklasifikasikan sebagai strategi ventilasi aktif meskipun tidak menggunakan listrik untuk memutarinya. Itu karena bilah putar yang terus bergerak, digerakkan oleh angin eksternal ditemukan sebagai faktor utama yang menciptakan gaya sentrifugal pada turbin, yang merupakan pemanis menarik udara panas dari gedung. Berikut gambar Turbin Ventilator yang ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Turbin Ventilator

➤ Arduino Uno

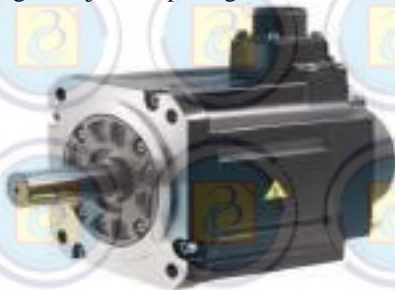
Arduino uno adalah Mikrokontroler komputer dengan ukuran kecil yang berbentuk chip IC (Integrated Circuit) yang dirancang sebagai kendali atau operasi tertentu. Pada penelitian ini menggunakan kontroler Ardiuno Mega2560, sebuah versi yang lebih canggih dan memiliki lebih banyak pin dengan 54 pin input/output, dengan mikrokontroler ATMega2560. Berikut gambar Arduino Mega2560 yang ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Arduino Mega2560

➤ Ac Servo Motor

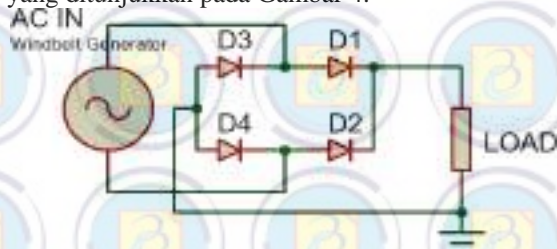
Ac servo motor adalah alat yang mengubah energi listrik menjadi energi kinetik, kemudian mengubah energi kinetik menjadi energi listrik. Konsepnya menggunakan prinsip elektromagnetisme, yaitu membangkitkan gaya gerak listrik induksi (GGL) dengan cara memutar kumparan atau magnet. dalam kumparan berputar dalam medan magnet. Induksi EMF (electromotive force) pada generator atau genset dapat diperbesar dengan menambah dan menambah jumlah lilitan kawat pada kumparan, menambahkan inti besi lunak pada kumparan, mempercepat putaran rotor, atau menggunakan magnet permanen untuk menjadi lebih kuat dan tahan panas. Berikut gambar Ac servo motor yang ditunjukkan pada gambar 3.



Gambar 1. Ac Servo Motor

➤ Rectifier

Penyearah atau penyearah adalah komponen yang mengubah tegangan bolak-balik (alternating current) menjadi arus searah (direct current). Pada tugas akhir ini, penyearah yang digunakan adalah penyearah gelombang penuh satu fasa, dan sistem jembatan menggunakan dua pasang dioda yang bekerja secara bergantian. Berikut gambar Rectifier yang ditunjukkan pada Gambar 4.



Gambar 4. Rectifier

➤ Sensor INA219

Sensor INA219 memiliki ADC 12-bit internal. Cukup untuk membuat pembacaan arus yang akurat. Menggunakan nilai ADC 12-bit, sensor arus dapat secara optimal mengukur arus $\pm 3,2A$ dengan rentang resolusi $0,8mA$. Ada juga tegangan optimal yang dapat dibaca, yaitu hingga $\pm 26VDC$, meskipun modul menggunakan tegangan suplai VCC 3 atau 5V. Untuk berkomunikasi dengan mikrokontroler, sensor berkomunikasi menggunakan I2C dan dapat dihubungkan ke Arduino. Kami hanya menggunakan 2 pin, SDA pada pin A4 dan SCL pada pin A5. Resistor shunt dengan nilai $0,1 \text{ Ohm } 1\% 2W$ digunakan pada papan modul. Modul sensor INA219 memiliki 2 pin input IN+ dan IN- yang terhubung ke resistor shunt. Berikut gambar sensor INA219 yang ditunjukkan pada Gambar 5.



Gambar 5. Sensor INA219

➤ Sensor Kecepatan Angin

Anemometer adalah alat yang fungsinya untuk mengukur kecepatan angin yang bertiup. Sensor ini biasa digunakan pada sistem pemantauan kecepatan angin di PLTB (pembangkit listrik tenaga bayu) dan proyek-proyek yang menggunakan angin sebagai sumber tenaga. Berikut gambar sensor kecepatan angin yang di tunjukkan pada gambar 6.



Gambar 2. Sensor Kecepatan Angin

➤ SCC (Solar Charge Controller)

Solar charge controller adalah perangkat elektronik yang mengatur aliran arus searah untuk mengisi baterai dan dari baterai ke beban. Pengontrol muatan surya mengatur pengisian berlebih (*overcharging* - karena baterai "penuh") dan tegangan berlebih dari baterai. Tegangan dan pengisian yang berlebihan akan mempersingkat masa pakai baterai. Pengontrol muatan tenaga

bayu menggunakan teknologi modulasi lebar pulsa (PWM) untuk mengatur fungsi pengisian baterai dan mengalirkan arus dari baterai ke beban. Berikut gambar LCD16x2 I2C yang ditunjukkan pada Gambar 7.



Gambar 7. SCC (Solar Charge Controller)

➤ Buck Converter CC/CV

LM25116 adalah pengontrol uang sinkron ditujukan untuk aplikasi regulator step-down dari tegangan tinggi atau suplai input yang sangat bervariasi. Itu metode kontrol didasarkan pada kontrol mode saat ini menggunakan ramp arus yang ditiru. Mode saat ini kontrol menyediakan garis umpan maju yang melekat, pembatasan arus siklus-demi-siklus dan kemudahan kompensasi loop. Berikut gambar Buck Converter CC/CV yang ditunjukkan pada Gambar 8.



Gambar 8. Buck Converter CC/CV

➤ Liquid Crystal Display 20 x 4

LCD 20x4 adalah perangkat elektronik dengan 20 kolom dan 4 baris yang berfungsi untuk menampilkan data menggunakan komunikasi I2C (Inter-Integrated Circuit) pada Arduino yaitu pin SCL dan SDA. Berikut gambar LCD 20 x 4 yang ditunjukkan pada Gambar 9.



Gambar 9. LCD 20 X 4

➤ Modul Micro SD

Modul Micro SD adalah modul elektronik yang fungsinya membaca dan menulis data melalui sistem antarmuka SPI (Serial Parallel Interface) untuk mengakses kartu micro SD. Modul ini biasanya digunakan pada sistem absensi, sistem pencatatan data, dan sistem pengambilan tiket antrian. Berikut gambar modul micro SD yang ditunjukkan pada Gambar 10.



Gambar 10. Servo

➤ Thermometer Digital

Alat ini digunakan untuk mengukur suhu tubuh secara digital melalui mulut, ketiak atau dubur, serta menampilkan hasil pengukuran melalui layar LCD, memberikan pengukuran suhu yang akurat, aman dan cepat. Termometer adalah alat yang digunakan untuk mengukur suhu zat gas, cair atau padat, atau reaksi kimia seperti api. Seperti disebutkan sebelumnya, fungsi termometer tergantung pada jenis dan metode penggunaannya. Berikut gambar modul micro SD yang ditunjukkan pada Gambar 11.



Gambar 11. Thermometer Digital

➤ SPDT Switch

Kode / Istilah SPDT adalah singkatan dari *Single Pole Double Throw*. Jika di Bahasa Indonesia disebut satu sumber Dua arah. switch jenis ini menunjukkan dapat menghubungkan dan memutuskan satu sambungan arus listrik pada dua

arah sambungan. Salah satu saklar yang mengambil cara ini adalah saklar tukar. Hanya saja saklar tukar tidak memiliki kondisi Off sedangkan SPDT sesungguhnya memiliki kondisi OFF. Berikut gambar SPDT Switch yang ditunjukkan pada Gambar 12.



Gambar 12. SPDT Switch

➤ Paltier
Peltier adalah elemen termoelektrik yang memompa panas dari satu sisi ke sisi lain tergantung pada arah aliran arus tertentu. Prinsip kerja elemen Peltier didasarkan pada efek Peltier, Joule, Seebeck dan Thomson. Ketika arus searah dialirkan ke elemen Peltier, menyebabkan satu sisi elemen Peltier menjadi dingin (menyerap panas) dan sisi lainnya memanaskan (melepaskan panas). Berikut gambar SPDT Switch yang ditunjukkan pada Gambar 13.



Gambar 13. Palatier

➤ Kipas DC
Kipas DC adalah suatu alat yang digunakan untuk membantu mengalirkan kalor dari sisi panas. Kipas DC menggunakan sumber tegangan searah yang bisa dikatakan kipas dengan tegangan searah. Tegangan yang digunakan sebesar 12 Volt, 4 Ampere, dan 48 Watt. Berikut gambar SPDT Switch yang ditunjukkan pada Gambar 14.



Gambar 14. Kipas DC

➤ Sensor Kecepatan FC-03

Sensor optocoupler adalah sensor yang berisi sumber cahaya dan detektor cahaya. Untuk meminimalkan interferensi dari sumber cahaya lain, sumber cahaya pada sensor menghasilkan cahaya pada frekuensi yang jarang digunakan seperti inframerah. Berikut gambar SPDT Switch yang ditunjukkan pada Gambar 15.

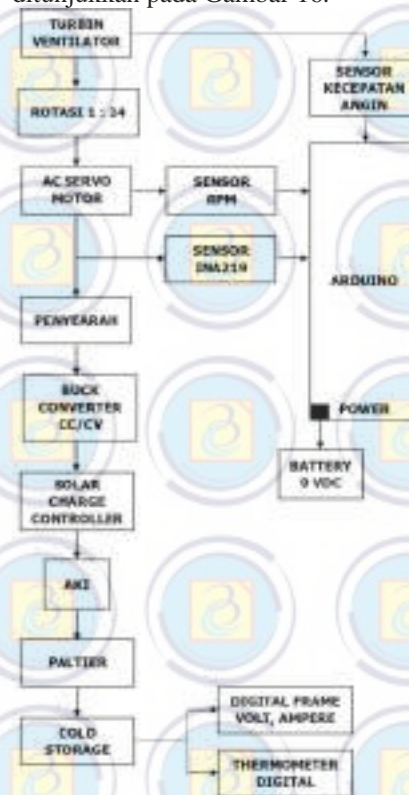


Gambar 15. Sensor Kecepatan FC-03

III. PERANCANGAN SISTEM

A. Diagram Blok Sistem

Berikut gambar diagram blok sistem yang ditunjukkan pada Gambar 16.



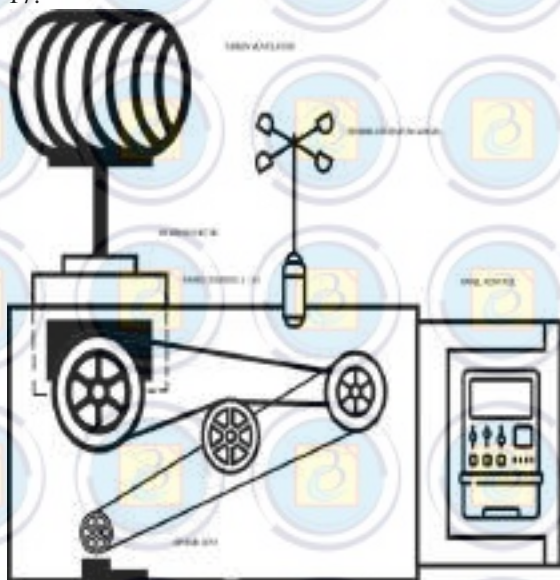
Gambar16.. Diagram Blok Sistem

Berdasarkan Gambar 16 dapat dijelaskan bahwa sistem Pembangkit Listrik Tenaga Angin terdiri dari Turbin Ventilator, Rotasi 1 : 24, Dinamo Mesin Cuci, Penyearah, Buck Converter CC / CV, SCC (SOLAR CHARGE CONTROLLER), Aki, Paltier, Cold Storage, Digital Parameter Suhu, Sensor

INA219, Sensor Kecepatan Angin, Sensor RPM, Arduino, LCD 20x4, dan Modul Micro SD. Ketika turbin ventilator berputar maka rotasi 1: 24 berfungsi sebagai percepatan putaran, ketika rotasi mengalami percepatan putaran maka ac servo motor juga berputar dan menghasilkan tegangan listrik AC, dan disearahkan oleh rectifier sehingga tegangan yang di keluarkan oleh retifier menjadi tegangan DC, lalu tegangan DC melewati Buck Converter CC/CV yang berfungsi sebagai penstabil tegangan, setelah tegangan stabil akan melalui SCC sebagai control pengisian daya dan kontrol keluaran. Fungsi dari mikrokontroler Arduino sebagai kontrol pembaca tegangan, arus, daya, kecepatan angin, dan rpm.

B. Perancangan Desain Alat

Berikut Desain alat ditunjukkan pada Gambar 17.

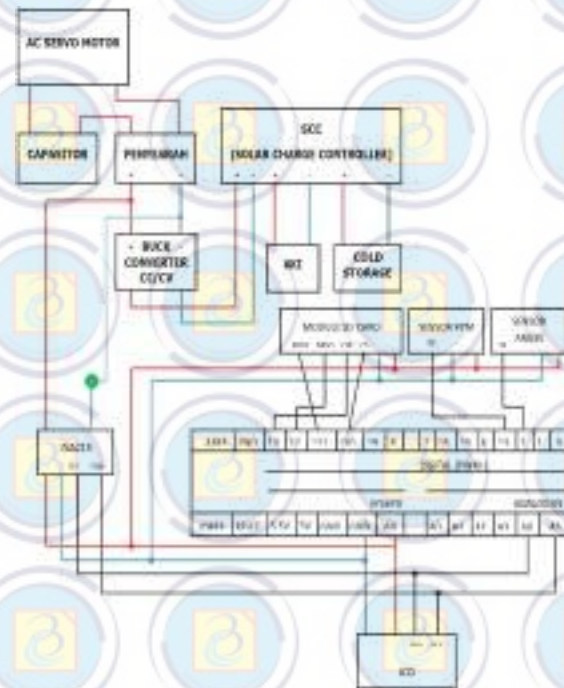


Gambar 17. Perancangan Desain Alat

Berdasarkan Gambar 17 Sebagai perancangan desain alat.

C. Rangkaian Keseluruhan

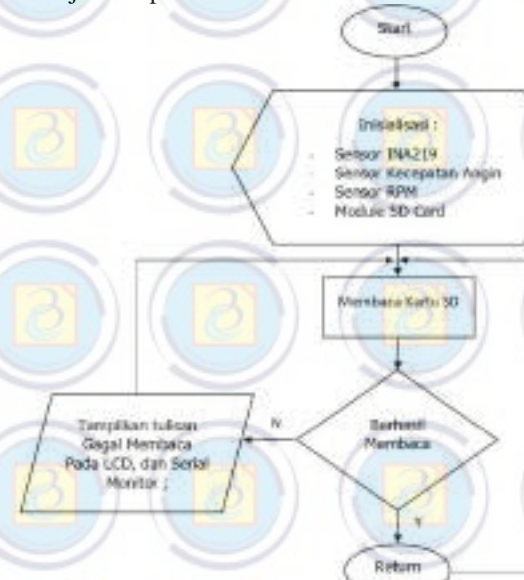
Berikut gambar rangkaian keseluruhan yang ditunjukkan pada Gambar 18.



Gambar 18. Rangkaian Keseluruhan

D. Diagram Alir (Flowchart)

Berikut gambar diagram alir (flowchart) yang ditunjukkan pada Gambar 19.



Gambar 19.. Diagram Alir (Flowchart)

Berdasarkan Gambar 19, diagram alir menjelaskan alur program untuk perancangan sistem. Memberikan inialisasi perintah untuk input dan output. Pembacaan sensor ina219 sebagai pembaca tegangan, arus, dan daya, sensor kecepatan angin sebagai pembacaan kecepatan anign, sensor RPM sebagai pembacaan kecepatan putar ac servo motor, ketika semua telah selesai di baca maka disimpan di sd card, jika berhasil tersimpan tegangan, arus, daya, kecepatan angin, dan rpm akan di tampilkan pada

layar lcd.

E. Uji Akurasi

Pengujian akurasi ini dilakukan untuk mencari nilai Error untuk pengujian sensor-sensor. Berikut perhitungan untuk mencari nilai Error.

$$\frac{(\text{Nilai tegangan sensor} - \text{Nilai tegangan multimeter})}{\text{Nilai tegangan multimeter}} \times 100\%$$

IV. PENGUJIAN DAN ANALISA

A. Uji Sensor INA219

untuk mendapatkan perbandingan dari nilai tegangan, arus, dan daya menggunakan multimeter dan sensor INA219 pada penyearah, Perbandingan tersebut dimasukkan kedalam tabel. Pengujian ini dilakukan dengan cara menghubungkan multimeter dengan penyearah / rectifier, dan pengujian sensor INA219. Berikut hasil uji sensor INA219 yang ditunjukkan pada Tabel 1, Tabel 2, Tabel 3.

Tabel 1. Tabel Uji Pengukuran Tegangan

Tegangan Multimeter (V)	Tegangan Sensor (V)	Error (%)
0 V	1,72 V	1
2 V	5,71 V	0,6497373
2,3 V	5,55 V	0,58558559
2,9 V	5,51 V	0,47368421
5,3 V	6,13 V	0,13539967
5,5 V	6,52 V	0,15644172
5,4 V	5,52 V	0,02173913
5,5 V	5,56 V	0,01079137
5,3 V	5,5 V	0,03636364
5,3 V	5,45 V	0,02752294

Tabel 2. Tabel Uji Pengukuran Arus

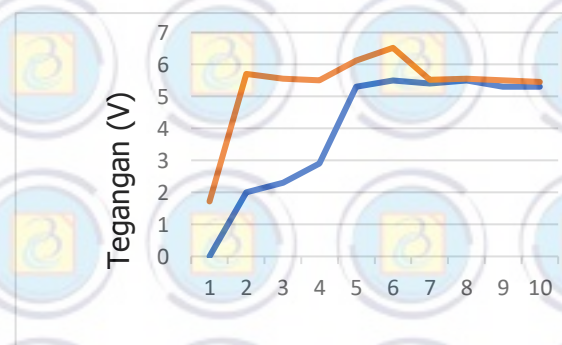
Arus Multimeter (mA)	Arus Sensor (mA)	Error (%)
0 mA	0 mA	0
2,4 mA	3,7 mA	0,541666667
2,1 mA	3,3 mA	0,571428571
2,3 mA	3,3 mA	0,434782609
3,8 mA	3,9 mA	0,026315789
2,3 mA	3,7 mA	0,608695652
2,3 mA	3,3 mA	0,434782609
3,4 mA	3,4 mA	0
2,3 mA	3,9 mA	0,695652174

3,3 mA	3,7 mA	0,121212121
--------	--------	-------------

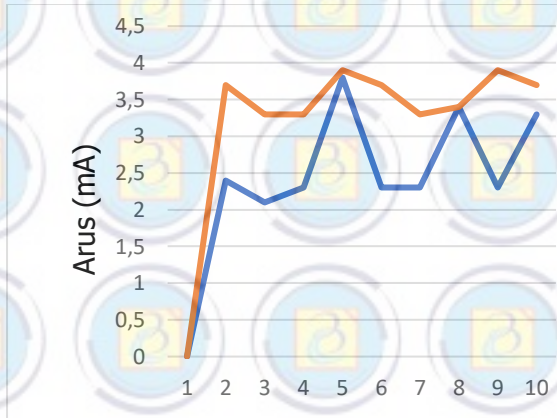
Tabel 3. Tabel Uji Pengukuran Daya

Daya Multimeter (mW)	Daya Sensor (mW)	Error (%)
$P = V.I$	$P = V.I$	
0 mW	1,72 mW	1
4,92 mW	21,12 mW	3,29268293
4,96 mW	18,31 mW	2,69153226
6,78 mW	18,18 mW	1,68141593
20,4 mW	23,9 mW	0,17156863
12,65 mW	24,12 mW	0,90671937
12,63 mW	18,21 mW	0,44180523
18,92 mW	18,9 mW	-0,0010571
12,45 mW	21,45 mW	0,72289157
17,91 mW	20 mW	0,11669458

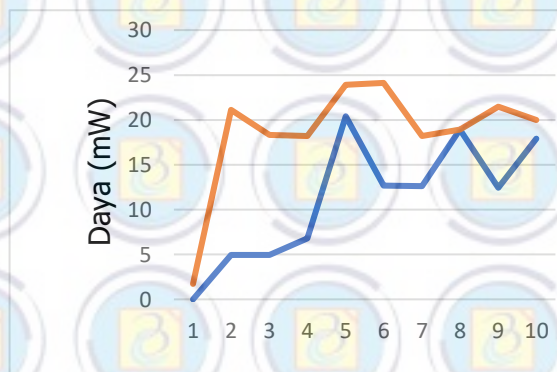
Berdasarkan Tabel 1 sampai Tabel 3, didapatkan Nilai Error bertujuan untuk mengukur kesalahan prediksi atau ketepatan dalam memperkirakan nilai tegangan, arus, dan daya sebenarnya. Perhitungan menggunakan *microsoft excel*. Berikut gambar grafik Error ditunjukkan pada Gambar 20 sampai Gambar 22.



Gambar 20. Grafik Error Pengukuran Tegangan



Gambar 21. Grafik Error Pengukuran Arus



Gambar 22. Grafik Error Pengukuran Daya

Berdasarkan Gambar grafik, nilai Error antara sensor INA219 dan multimeter memiliki pola naik turun dengan nilai error sebesar 0% - 3%.

B. Uji Sensor Kecepatan Angin

Pengujian kecepatan angin menggunakan sensor Anemometer dilakukan dengan menggunakan tekanan angin yang di hembuskan oleh blower. Pengujian ini dilakukan dengan cara menghubungkan sensor Anemometer dengan Arduino uno sehingga sensor Anemometer dapat membaca kecepatan angin yang dihasilkan oleh tekanan angin dari blower. Berikut contoh skema pengujian pengukuran sensor kecepatan angin dapat dilihat pada Gambar 23.



Gambar 23. Skema Pengujian Kecepatan Angin

Hasil pengujian kecepatan angin dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Hasil Pengukuran Kecepatan Angin Dari Blower

Anemometer Digital (m/s)	Sensor Kecepatan Angin (m/s)	Error (%)
0 m/s	0 m/s	0
0 m/s	0 m/s	0
2,62 m/s	2,83 m/s	0,08015267
2,92 m/s	3,96 m/s	0,35616438
3,11 m/s	3,96 m/s	0,2733119
11,3 m/s	11,88 m/s	0,05132743
12,4 m/s	12,44 m/s	0,00322581
7,26 m/s	8,48 m/s	0,16804408
3,61 m/s	5,65 m/s	0,56509695
3,69 m/s	4,52 m/s	0,22493225
Total Error (%)		1,722255

Berdasarkan Tabel 4 maka didapatkan grafik yang akan ditunjukkan pada gambar 24.



Gambar 24. Grafik Perbandingan Pengukuran Kecepatan Angin

Berdasarkan Gambar grafik, nilai Error antara sensor Kecepatan Angin dan Anemometer memiliki pola naik turun dengan nilai error sebesar sebesar 1,7%.

C. Uji Turbin Ventilator

Pada pengujian turbin ventilator dilakukan di tepi pantai indah kapuk dengan bertujuan untuk membanding hasil dari kecepatan putar yang dihasilkan oleh turbin ventilator biasa dan turbin ventilator yang menggunakan desain airfoil serta penambahan pada bentang sayap, sehingga hasil

yang didapat dari pengujian dalam bentuk satuan RPM. Pengujian dilakukan dengan 2 metode yaitu pengujian pada turbin ventilator biasa, dan pengujian pada turbin ventilator baru. Berikut gambar contoh pengujian turbin ventilator ditunjukkan pada Gambar 25.

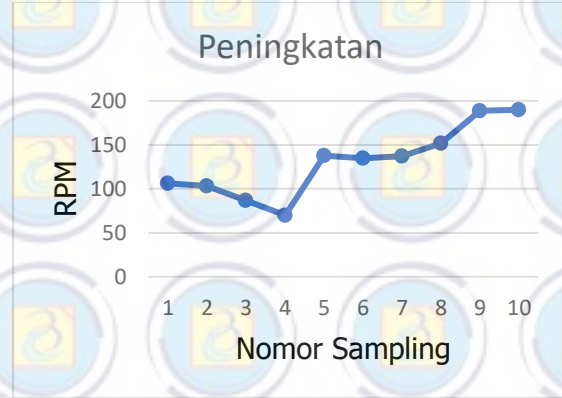


Gambar 25. Pengujian Turbin Ventilator
Hasil pengujian kecepatan angin dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Hasil Pengujian Turbin Ventilator

Turbin Ventilator Biasa (RPM)	Turbin Ventilator Baru (RPM)	Peningkatan RPM
15	121	106
18	121	103
34	121	87
56	126	70
61	199	138
65	200	135
88	225	137
88	240	152
89	278	189
88	278	190

Berdasarkan Tabel 5 maka didapatkan grafik yang akan ditunjukkan pada gambar 26.

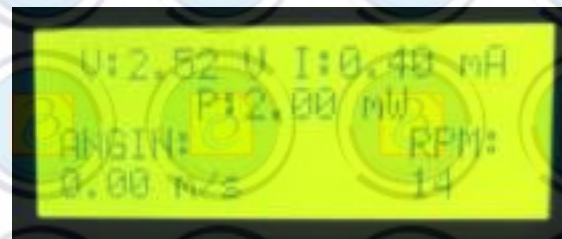


Gambar 26. Grafik Trendline Peningkatan RPM

Berdasarkan Gambar 26, hasil pengujian turbin ventilator biasa dan turbin ventilator baru maka didapatkan analisa bahwa pada turbin ventilator biasa memiliki nilai rpm tertinggi sebesar 89, dan nilai rpm terendah sebesar 15 rpm, jika dibandingkan dengan turbin ventilator baru yang memiliki rpm tertinggi sebesar 278, dan nilai terendah sebesar 70, dengan selisih perbandingan sebesar (106-190 rpm) hal itu dapat terjadi karena pada turbin ventilator baru memiliki penambahan pada bagian dalam turbin (Airfoil), dan penambahan bentang pada bagian sayap sehingga turbin ventilator dapat berputar lebih cepat dengan torsi yang kuat, sehingga dapat disimpulkan bahwa turbin ventilator mendapatkan peningkatan rpm sampai sebesar 190 rpm.

D. Uji Keseluruhan Sistem Menggunakan Dinamo 1 Phasa Sebagai Penggerak Ac Servo Motor

Pada pengujian keseluruhan sistem menggunakan dinamo 1 phasa, didapatkan tegangan, arus, dan daya pada penyearah sebesar 2,4 - 6 VDC. Sedangkan pengujian pengukuran output tegangan, arus, dan daya pada output Buck Converter CC/CV sebesar 14 VDC yang nantinya tegangan tersebut sebagai sumber tegangan untuk menghidupkan SCC (Solar Charge Controller) dengan batas bawah charging aki sebesar 10,7 VDC, batas atas sebesar 14,4 Vdc, dan penggunaan output pada rectifier dengan tegangan sebesar 12,6 VDC. Pengukuran pada output rectifier sebesar 14,51 VDC, 12,2 mA, dan 177,022 mW, kecepatan angin sebesar 13,73 m/s, dan RPM sebesar 225. Berikut contoh gambar pengujian keseluruhan sistem menggunakan dinamo 1 phasa ditunjukkan pada Gambar 27.



Gambar 27. Traffic Light Saat Status Banjir

Hasil pengujian keseluruhan sistem menggunakan dinamo 1 fase dapat dilihat pada tabel 6.

Tabel 6. Pengujian Keseluruhan Sistem

PENGUJIAN KESELURUHAN SISTEM					
Date (Second)	Tegangan (V)	Arus (mA)	Daya (P)	Angin	R
			P = V.I	(M/S)	P
01.00	11,5 V	10,9 mA	125,35 mW	10,18 m/s	206
02.00	11,8 V	10,3 mA	121,54 mW	10,18 m/s	206
03.00	12,68 V	10,4 mA	131,872 mW	10,18 m/s	206
04.00	13,85 V	12,3 mA	170,355 mW	13,01 m/s	206
05.00	12,74 V	10,4 mA	132,496 mW	10,18 m/s	206
06.00	12,73 V	10,5 mA	133,665 mW	10,18 m/s	206
07.00	12,77 V	10,8 mA	137,916 mW	10,18 m/s	209
08.00	14,51 V	12,2 mA	177,022 mW	13,73 m/s	206
09.00	12,68 V	10,4 mA	131,872 mW	10,18 m/s	209
10.00	13 V	10,7 mA	139,1 mW	12 m/s	206
11.00	14,46 V	12,1 mA	174,966 mW	13,73 m/s	206
12.00	14,23 V	12,3 mA	175,029 mW	13,73 m/s	206

Dari hasil pengujian keseluruhan sistem pada hari pertama maka didapatkan analisa dengan



mengambil 2 sample data dari hasil pengujian yaitu dengan mengambil sample data kecepatan angin terendah dan kecepatan angin tertinggi, bahwa pada kecepatan angin sebesar 10,18 m/s dengan rpm sebesar 206 didapatkan nilai tegangan sebesar 11,5 VDC, arus sebesar 10,9 mA, daya sebesar 125,35 mW, dan dengan kecepatan angin sebesar 13,73 m/s dengan rpm sebesar 231 didapatkan nilai tegangan sebesar 14,23 VDC, arus sebesar 12,3 mA, dan daya sebesar 175,029 mW, maka didapatkan kesimpulan bahwa dengan kecepatan angin sebesar 10,18 m/s menghasilkan daya sebesar 125,35 mW, dan kecepatan angin sebesar 13,73 m/s menghasilkan daya sebesar 175,029 mW. Nantinya tegangan, arus, dan daya sebagai sumber tegangan SCC (Solar Charge Controller) untuk mengisi daya pada aki, dan juga sebagai kontrol load pada paltier. Hasil pengecasan dapat dilihat pada gambar 28.



Gambar 28. Tampilan Tegangan Hasil Pengecasan Aki

Pada gambar 4.22 tegangan awal pada baterai sebesar 12,6 VDC. pada pengujian keseluruhan sistem menggunakan dinamo 1 fase berhasil mengisi baterai sehingga tegangan pada baterai setelah mengalami pengisian sebesar 13,0 VDC. Data hasil pengukuran keseluruhan sistem dapat dilihat pada Tabel 7.

Tabel 7. Hasil Pengecasan Aki

HASIL PENGEKASAN AKI	
WAKTU	TEGANGAN Batterai (V)
13:15	12,6
13:30	12,7
13:45	12,8
14:00	12,9

E. Pengujian Keseluruhan Sistem Menggunakan Angin di Tepian Pantai Indah Kapuk Pada Hari Pertama

Pada pengujian keseluruhan sistem dengan angin laut di tepian pantai indah kapuk hari pertama yang di lakukan pada waktu sore hari didapatkan analisa kecepatan angin sebesar 5,65 m/s, dengan RPM sebesar 215, maka didapatkan hasil nilai tegangan sebesar 6,44 VDC , nilai arus sebesar 4,1 mA , dan nilai daya sebesar 26,363 mW. Dari hasil analisa pengujian keseluruhan sistem pada hari pertama maka dapat disimpulkan bahwa dengan kecepatan

angin 5,65 m/s menghasilkan daya sebesar 26,363 mW. Pengujian keseluruhan sistem dapat dilihat pada gambar 29.

Gambar 29. Pengujian Keseluruhan Sistem Pada Hari Pertama

Hasil Pengukuran keseluruhan sistem dapat dilihat pada tabel 7.

Tabel 7. Pengujian keseluruhan sistem pada hari pertama

PENGUJIAN KESELURUHAN SISTEM DENGAN ANGIN LAUT DI TEPIAN PANTAI INDAH KAPUK HARI PERTAMA					
WAKTU (Second)	Tegangan (V)	Arus (mA)	Daya (P)	Angin (m/s)	RPM
01.00	5,71 V	3,7 mA	21,127 mW	1,7 m/s	121
02.00	5,55 V	3,3 mA	18,315 mW	1,7 m/s	121
03.00	5,51 V	3,3 mA	18,183 mW	1,7 m/s	121
04.00	6,13 V	3,9 mA	23,907 mW	5,65 m/s	278
05.00	6,52 V	3,7 mA	24,124 mW	5,65 m/s	215
06.00	5,52 V	3,3 mA	18,216 mW	5,09 m/s	121
07.00	5,56 V	3,4 mA	18,904 mW	1,7 m/s	121
08.00	5,55 V	3,9 mA	21,645 mW	1,7 m/s	126
09.00	5,45 V	3,5 mA	19,075 mW	1,7 m/s	125
10.00	5,56 V	3,3 mA	18,348 mW	1,7 m/s	125
11.00	5,18 V	3 mA	15,54 mW	1,7 m/s	125
12.00	5,31 V	3,1 mA	16,461 mW	1,7 m/s	125
13.00	5,93 V	3,5 mA	20,755 mW	1,7 m/s	125
14.00	6,43 V	4,1 mA	26,363 mW	5,65 m/s	215

15.00	5,51 V	3,3 mA	18,183 mW	1,7 m/s	215
16.00	6,44 V	4,1 mA	26,404 mW	6,22 m/s	215
17.00	6,26 V	3,9 mA	24,414 mW	6,22 m/s	215
18.00	5,58 V	4,1 mA	22,878 mW	1,7 m/s	126

F. Pengujian Keseluruhan Sistem Menggunakan Angin di Tepian Pantai Indah Kapuk Pada Hari Kedua

Pada pengujian keseluruhan sistem dengan angin laut di tepian pantai indah kapuk hari pertama yang di lakukan pada waktu sore hari didapatkan analisa kecepatan angin sebesar 13,83 m/s, dengan RPM sebesar 231, maka didapatkan hasil nilai tegangan sebesar 13,75 VDC, nilai arus sebesar 11,3 mA, dan nilai daya sebesar 155,375 mW. Dari hasil analisa pengujian keseluruhan sistem pada hari pertama maka dapat disimpulkan bahwa dengan kecepatan angin 13,83 m/s menghasilkan daya sebesar 155,375 mW, maka semakin kencang kecepatan angin maka daya yang di hasilkan semakin besar. Pengujian keseluruhan sistem dapat dilihat pada gambar 30.



Gambar 30. Pengujian keseluruhan sistem pada hari kedua

Hasil Pengukuran keseluruhan sistem dapat dilihat pada tabel 8.

Tabel 8. Pengujian Keseluruhan sistem pada hari kedua

PENGUJIAN KESELURUHAN SISTEM HARI KEDUA					
WAKTU (Second)	TEGANAN (V)	ARUS (mA)	DAYA (P) (mW)	ANGIN (m/s)	RP M
01.00	12,6 V	10,9 mA	137,34 mW	10,18 m/s	206
02.00	12,63 V	10,3 mA	130,089 mW	10,18 m/s	206
03.00	12,68 V	10,4 mA	131,872 mW	10,18 m/s	206
04.00	13,85 V	12,3 mA	170,355 mW	13,01 m/s	206
05.00	12,74 V	10,4 mA	132,496 mW	10,18 m/s	206
06.00	12,73 V	10,5 mA	133,665 mW	10,18 m/s	206
07.00	12,77 V	10,8 mA	137,916 mW	10,18 m/s	209
08.00	14,51 V	12,2 mA	177,022 mW	13,73 m/s	225
09.00	12,68 V	10,4 mA	131,872 mW	10,18 m/s	209
10.00	13 V	10,7 mA	139,1 mW	12 m/s	222
11.00	14,46 V	12,1 mA	174,966 mW	13,73 m/s	231

12.00	14,23 V	12,3 mA	175,029 mW	13,73 m/s	231
13.00	13,66 V	11,8 mA	161,188 mW	13,83 m/s	231
14.00	13,75 V	11,3 mA	155,375 mW	13,83 m/s	231
15.00	12,85 V	10,6 mA	136,21 mW	10,18 m/s	222
16.00	14,36 V	12 mA	172,32 mW	13,74 m/s	231
17.00	13,12 V	10,8 mA	141,696 mW	13,83 m/s	231
18.00	13 V	10,7 mA	139,1 mW	13,01 m/s	231
19.00	13,83 V	11,6 mA	160,428 mW	13,73 m/s	231
20.00	14,4 V	12,3 mA	177,12 mW	13,73 m/s	231
21.00	13 V	11,1 mA	144,3 mW	10,18 m/s	231
22.00	10,42 V	8,3 mA	86,486 mW	10,18 m/s	199

G. Pengujian Pelatier Berdasarkan Lama Waktu Penguanaan

Pada pengujian *peltier* dilakukan dengan maksud untuk mengetahui penggunaan *paltier* untuk mendinginkan Cold Storage serta berapa daya yang diperlukan untuk mendinginkan *Cold Storage*, serta mengetahui *temperature* / Suhu yang berada pada *Cold Storage*. Pengujian *paltier* dan konsumsi daya dapat dilihat pada gambar 31.



Gambar 31. Pengujian Peltier dan Konsumsi Daya

Hasil pengujian *paltier* dan konsumsi daya dapat dilihat pada tabel 9.

Tabel 9. Hasil pengujian *paltier* dan konsumsi daya

PEGUJIAN PALTIER DAN KOMSUMSI DAYA BERDASARKAN LAMA WAKTU	
-----------------------------------------------------------	--

PENGUNAAN		
WAKTU (Jam)	TEGANGAN (V)	TEMPERATUR E (°C)
09.00	13,7 V	31,7 °C
09.30	13,4 V	29,2 °C
10.00	13 V	26,2 °C
10.30	12,8 V	23,7 °C
11.00	12,6 V	20,8 °C
11.30	12,3 V	18,2 °C
12.00	12 V	15,6 °C
12.30	11,8 V	13,3 °C
13.00	11,6 V	11 °C
13.30	10,9 V	8,9 °C
14.00	10,7 V	6,7 °C

Dari hasil pengujian peltier didapatkan analisa bahwa pengujian dilakukan selama 6 jam dengan kondisi aki penuh dengan waktu pengambilan data setiap 30 menit sekali. Tegangan maksimal pada aki sebesar 13,7 VDC dan tegangan *drop* pada aki sebesar 10,7 VDC dengan penurunan sebesar 0,2-0,4 VDC per 30 menit. Pada temperature awal *cold Storage* sebesar 31,7°C dan suhu terendah mencapai 6,9°C. Maka didapatkan kesimpulan bahwa aki dapat digunakan selama 6 jam untuk mendinginkan *cold storage* dengan suhu terendah sebesar 6,7°C.

V. KESIMPULAN

1. Sensor INA219 yang digunakan memiliki rata-rata error sebesar 0,58% dengan tingkat akurasi sebesar 99%.
2. Sensor kecepatan angin yang digunakan memiliki rata-rata error sebesar 0,17% dengan tingkat akurasi 100%.
3. Turbin Ventilator yang digunakan memiliki perbedaan, dari perbedaan tersebut memiliki rata-rata error 2,8% dengan tingkat akurasi 97%, dengan perbandingan RPM sebesar 190.
4. SCC (*Solar Charge Controller*) dapat melakukan pengisian daya pada aki dengan lama waktu 15 menit per 1 Volt.
5. AC Servo Motor menghasilkan tegangan AC sebesar 30 VAC.
6. Rasio pada gearbox hanya mendapatkan perbandingan 1 : 24.
7. Dengan kecepatan angin sebesar 13,73 m/s, dan RPM sebesar 225, Nilai tegangan, arus, dan daya, sebesar
8. 14,51 VDC, 12,2 mA, dan 177,022 mW.

9. Peltier mampu mendinginkan *cold storage* dengan suhu terendah mencapai 6,7°C.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] H. Asy'ari, Jatmiko, and A. Ardiyatmoko, "Desain Generator Magnet Permanen Kecepatan Rendah untuk Pembangkit Listrik Tenaga Angin atau Bayu (PLTB)," *Tek. Elektro*, vol. 12, no. 01, pp. 59–67, 2012.
- [2] A. Dimas Priyambodo and A. I. Agung, "PROTOTYPE PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA ANGIN MENGGUNAKAN GENERATOR DC DI PELABUHAN TANJUNG PERAK SURABAYA Achmad Imam Agung," *J. Tek. Elektro*, vol. 8, no. 2, pp. 285–292, 2019, [Online]. Available: file:///D:/FILE VEBO/Teknik Penerbangan 2018/SKRIPSI/Vebo/KOMPOSIT/Jurnal Kincir Angin/document.pdf
- [3] H. P. Dida, S. Suparman, and D. Widhiyanuriyawan, "Pemetaan Potensi Energi Angin di Perairan Indonesia Berdasarkan Data Satelit QuikScat dan WindSat," *J. Rekayasa Mesin*, vol. 7, no. 2, pp. 95–101, 2016, doi: 10.21776/ub.jrm.2016.007.02.7.
- [4] Rimbawati, N. Ardiansyah, and N. Evalina, "Perancangan Sistem Pengontrolan Tegangan pada PLTB Menggunakan Potensio DC," *Semnastek Uisu*, p. Universitas Muhamadiyah Sumatera Utara, 2019.
- [5] I. Muhammad, "Pembuatan sistem pembangkit listrik tenaga angin berkapasitas 100 watt," *Tek. Elektro*, pp. 1–30, 2018.
- [6] A. I. Agung, "Potensi Sumber Energi Alternatif Dalam Mendukung Kelistrikan Nasional," *J. Pendidik. Tek. Elektro*, vol. 2, no. 2, pp. 892–897, 2013.
- [7] rahayu deny danar dan alvi furwanti Alwie, A. B. Prasetio, R. Andespa, P. N. Lhokseumawe, and K. Pengantar, "Tugas Akhir Tugas Akhir," *J. Ekon. Vol. 18, Nomor 1 Maret 201*, vol. 2, no. 1, pp. 41–49, 2020.
- [8] A. Nurdianto, "Rancang Bangun Prototype Pembangkit Listrik Tenaga Angin Menggunakan Turbin Angin Savonius," *J. Tek. Elektro*, vol. 09, no. 01, pp. 711–717, 2020.
- [9] B. S. Mamat Riyadi, Untung Biduarto, Ari Wibawa, "Analisa Teknis Dan Ekonomis Penggunaan Sistem Pendingin Refrigerated Sea Water (Rsw) Pada Kapal Ikan Tradisional," *J. Tek. Perkapalan*, vol. 4, no. 1, pp. 101–112, 2016.
- [10] T. Akhir and A. Rakhman, "TA Aul," 2022.
- [11] M. Ismail and A. M. Abdul Rahman, "Rooftop Turbine Ventilator: A Review and Update," *J. Sustain. Dev.*, vol. 5, no. 5, pp.

- 121–131, 2012, doi: 10.5539/jsd.v5n5p121.
- [12] A. Saputra, H. E. Priyono, I. Hidayat, L. Iryani, and D. M. Gunara, “Modifikasi Airfoil Sayap Pesawat Conceptual Transport RM-001,” *J. Ind. Elektro dan Penerbangan*, vol. 6, no. 1, pp. 41–45, 2016.
- [13] M. T. Student *et al.*, “No 主観的健康感を中心とした在宅高齢者における健康関連指標に関する共分散構造分析Title,” *Front. Neurosci.*, vol. 14, no. 1, pp. 1–13, 2021.
- [14] D. Information and T. Application, *LM25116 Wide-Range Synchronous Buck Controller*. 2016.
- [15] J. W. Nam, J. G. Joung, Y. S. Ahn, and B. T. Zhang, “Two-step genetic programming for optimization of RNA common-structure,” *Lect. Notes Comput. Sci. (including Subser. Lect. Notes Artif. Intell. Lect. Notes Bioinformatics)*, vol. 3005, no. November, pp. 73–83, 2004, doi: 10.1007/978-3-540-24653-4_8.
- [16] I. A. DHARMAWAN, “No 主観的健康感を中心とした在宅高齢者における健康関連指標に関する共分散構造分析Title,” *Budid. AYAM RAS PETELUR (Gallus sp.)*, vol. 21, no. 58, pp. 99–104, 1990, [Online]. Available: <https://www.unhcr.org/publications/manuals/4d9352319/unhcr-protection-training-manual-european-border-entry-officials-2-legal.html?query=excom> 1989
- [12] A. Setiawan, “Terbentuknya Angin Darat dan Angin Laut,” *Guru Geografi*, 2017. <https://www.gurugeografi.id/2017/01/terbentuknya-angin-darat-dan-angin-laut.html> (accessed April. 8, 2023).
- [13] Gnet, “Turbin Ventilator Solusi Hunian Bebas Panas Listrik” <https://gnetindonesia.com/blogs/turbin-ventilator-solusi-hunian-bebas-panas-tanpa-listrik> (accessed April. 8, 2023).
- [14] Tirto.id, “Hukum Newton 3” <https://tirto.id/hukum-newton-1-2-3-bunyi-rumus-contoh-beserta-soal-jawaban-gbwf> (accessed April. 8, 2023).
- [15] Fisikabc, “Hukum Newton 3” <https://www.fisikabc.com/2018/06/hukum-newton-3.html> (accessed April. 8, 2023).
- [16] Slideshare, “Centrifugation Engineering for Separation Process on Bio-Diesel” <https://pt.slideshare.net/renggarenjani/kelikjatmiko-15971-sentrifugal/6?smtNoRedir=1> (accessed April. 8, 2023).