

Pembangkit Listrik Tenaga Arus Laut Menggunakan *Surface Current Turbine Vertical Axis Type Savonius*

Husni Rangga Satria, Budhy Setiawan, Tundung Subali Patma

Abstrak — Saat ini sumber daya energi yang biasa diolah masyarakat Indonesia banyak menggunakan sumber daya dari bahan bakar fosil. Indonesia mempunyai banyak sumber daya alam yang melimpah, terutama yang ada di pantai. Sumber daya alam seperti arus laut, angin, dan matahari itu dapat digunakan. Untuk itulah alat “Pembangkit Listrik Tenaga Arus Laut Menggunakan *Surface Current Turbine Vertical Axis type Savonius*” untuk dapat memanfaatkan arus laut. Memanfaatkan kincir *vertical axis* yang berputar dengan dipengaruhi arus laut dapat menggerakkan generator. Generator yang digunakan adalah Generator AC 3 fasa. Untuk dapat mengetahui tegangan dan arus yang dihasilkan dari alat ini menggunakan sensor arus ACS712 untuk display arus(A), sensor tegangan(V), dan sensor *Obstacle* untuk mengetahui kecepatan putaran generator(rpm). Dengan adanya regulator *step up step down* tegangan yang didapatkan dari generator yaitu sebesar 2,7V – 2,93V dan arus sebesar 0,1A – 0,11A dengan kecepatan rpm 40 – 69 dapat dinaikkan menjadi 5,33V – 9,19V.

Kata kunci : *Surface current vertical axis type savonius*, energi arus laut

Banyaknya pantai di Indonesia terutama di pantai selatan memiliki potensi energi alam yang melimpah seperti, arus laut, angin laut, dan matahari. Dari banyaknya energi alam yang ada di pantai, arus laut masih jarang di dimanfaatkan di Indonesia. Di Indonesia belum banyak yang membuat alat ini. Dengan dilengkapi regulator tegangan nantinya anergi yang didapatkan dari kurang maksimal, akan menjadi lebih maksimal, karena arus laut dipengaruhi pasang dan surut yang menjadikan kecepatan arus laut naik turun. Dalam alat ini nanti akan dilengkapi dengan regulator *step up dan step down* agar nantinya bisa mendapatkan tegangan yang lebih maksimal.

Surface Current Turbines Vertical Axis tipe savonius ini dibuat untuk memanfaatkan energi arus laut permukaan tersebut. Dengan kincir *vertical axis type savonius* yang di letakkan di dalam air laut yang mempunyai arus laut , dari putaran kincir yang diberi tenaga arus laut tadi akan mampu untuk menggerakkan generator, sehingga generator akan menghasilkan energi listrik. Dengan dilengkapi regulator *step up dan step down* maka tegangan yang didapatkan akan lebih maksimal dan setabil yang kedepanya dapat di dimanfaatkan masyarakat sekitar pantai terutama di daerah pantai selatan.

I. PENDAHULUAN

Pada saat ini rakyat Indonesia masih banyak menggunakan bahan bakar dari fosil, contohnya bahan bakar minyak, gas, dan batu bara. Semakin lama sumber daya fosil semakin habis, sehingga Indonesia menjadi pengimpor BBM dan itu membuat Indonesia semakin terbebani karena naiknya harga BBM di pasaran dunia.

Indonesia mempunyai sumberdaya alam yang melimpah untuk mengganti sumber daya fosil tersebut, salah satu contohnya laut. Banyaknya laut di Indonesia dapat membantu meringankan beban karena mahalnya harga BBM di pasaran dunia. Dengan memanfaatkan arus laut menggunakan *Surface Current Turbine Vertical Axis* tipe Savonius kita dapat memanen energi alam di Indonesia.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Arus Laut

Indonesia masih minim sekali pembuatan energi listrik tenaga arus laut, maka dari itu alat ini dibuat. pembangkit listrik tenaga arus laut ini prinsipnya sama dengan prinsip pembangkit listrik tenaga angin yang telah berkembang saat ini. Terdapat banyak arus air laut di tinjau dari letaknya dapat di bagi menjadi 3, yaitu :

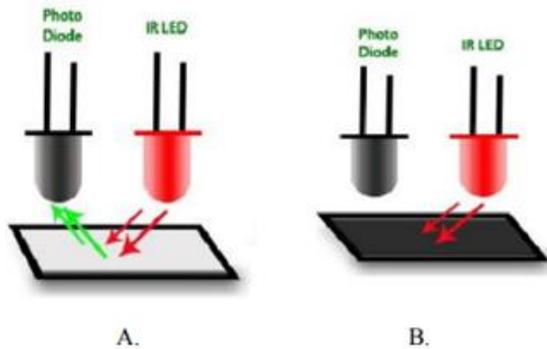
1. Arus permukaan
Arus jenis ini berkedalaman < 20m
2. Arus sedang
Arus jenis ini berkedalaman 20m-40m
3. Arus Dalam
Deangan Kedalaman 40m++

Garis besarnya energi arus laut ini menggunakan turbin, sistem transmisi, dan generator. Pada penelitian ini yang digunakan adalah arus permukaan.[1]

Husni Rangga Satria adalah mahasiswa D4 Teknik Elektronika Politeknik Negeri Malang , email : husniranggasatria@gmail.com
Budhy Setiawan dan Tundung Subali Patma adalah dosen Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Malang, email: budhy.setiawan@polinema.ac.id , tundung.subali@polinema.ac.id

Pada Gambar 1A dan 1B adalah desain photodiode untuk memberikan output photodiode adar dapat berlogika low atau logika high dikarenakan adanya warna permukaan yang berfungsi untuk mamantulkan cahaya dari led sebagai transmitter.

Gambar 1A photodiode dipasang bersebelahan antara photodiode (reciver) dan led (transmitter). Photodiode dihadapkan dengan kertas berwarna putih agar dapat memantulkan cahaya dari led untuk dipancarkan ke photodiode sehingga output dari photodiode berlogika low sedangkan pada Gambar 1B diletakkan kertas berwarna hitam agar cahaya dari led tidak dapat memantul sehingga photodiode tidak dapat menerima cahaya dari led dan akan berlogika high. [2]



Gambar 1 Prinsip Kerja Sensor PhotoDiode[3]

2.2 Turbin

Turbin vertical axis adalah sebuah alat yang berbentuk seperti kincir angin dengan posisi bladenya vertical dan mempunyai 3 blade. Turbin digerakkan oleh arus laut, dengan begitu turbin akan memutar generator yang kemudian akan menghasilkan tegangan listrik.[4]



Gambar 2. Turbin Vertical Axis Type Savonius [13]

2.3 Generator

Generator merupakan sebuah mesin yang berfungsi untuk mengubah energi mekanik menjadi energi listrik[5]. Pada alat penelitian dan pengembangan ini menggunakan

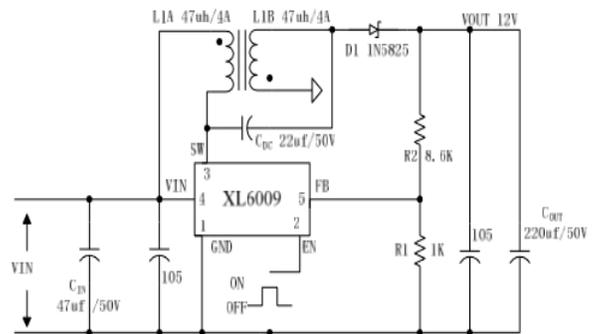
generator magnet permanen. Spesifikasi generator dapat dilihat pada tabel I.

Tabel I. Tabel Spesifikasi Generator

No.	Spesifikasi	Keterangan
1.	Tipe	SGM GH-13DCA6H Yasakawa Electric
2.	Maks. Daya	100 W
3.	Torsi	5.34 Nm
4.	Maks. RPM	1500 r/min
5.	Maks. Arus	2.4 A
6.	Maks. Tegangan	150

2.5 Rangkaian Regulator Step up Step Down

Rangkaian regulator step up step down adalah rangkaian elektrik yang berfungsi untuk menurunkan atau menaikkan tegangan. Rangkaian ini adalah salah satu jenis konverter DC tipe sepic. Rangkaian ini terdiri dari induktor, kapasitor, dioda, dan mosfet sebagai komponen pensaklaran dan rangkaian kontrol untuk menghidupkan dan mematikan mosfet. Rangkaian ini dapat menurunkan atau menaikkan tegangan dengan cara mengubah duty cycle dari rangkaian kontrolnya[6].



Gambar 3. Rangkaian Regulator Step Up Step Down [7]

2.6 Mikrokontroler Arduino Uno

Arduino Uno merupakan board berbasis mikrokontroler pada ATmega328. Board ini memiliki 14 digital input/output pin (dimana 6 pin dapat berfungsi sebagai output PWM), 6 input analog, 16 MHz osilator Kristal, koneksi USB, jack listrik, dan tombol reset. Pin-pin ini berisi semua yang diperlukan untuk mendukung mikrokontroler, hanya dapat terhubung ke komputer dengan kabel USB atau sumber tegangan bisa didapat dari adaptor AC-DC atau baterai untuk menggunakannya[8].

Berikut in adalah spesifikasi dari Arduino Uno:

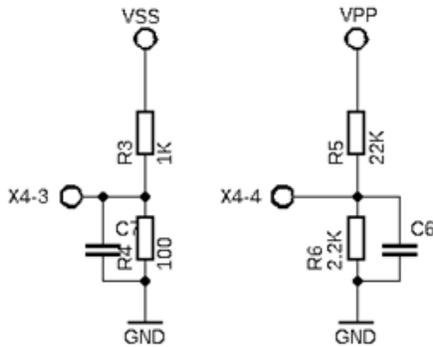
Tabel II. Tabel Spesifikasi Arduino [9]

No	Mikrokontroler	ATMega328
1.	Operasi Voltage	5V
2.	Input Voltage	7 - 12V (Rekomendasi)
3.	Input Voltage	6 - 20V (limits)
4.	I/O	14 pin (6 pin untuk PWM)
5.	Arus	50 mA
6.	Flash Memory	32 KB
7.	Bootloader	SRAM 2 KB
8.	EEPROM	1 KB
9.	Kecepatan	16 MHz

2.7 Sensor Tegangan

Sensor tegangan digunakan untuk mendeteksi besarnya tegangan pada suatu sistem. Sensor tegangan yang umum digunakan adalah *voltage divider* yang terdiri dari minimal dua buah resistor atau lebih yang diparalel seperti pada gambar 5.

Sesuai dengan namanya yaitu *voltage divider*, fungsi resistor disini adalah untuk membagi tegangan *input* dari baterai sehingga dapat dibaca oleh mikrokontroler. Tegangan *input* perlu dibagi, karena tegangan *input* pada mikrokontroler maksimal hanya 5 volt[10].



Gambar 4. Rangkaian Pembagi Tegangan [10]

2.8 LCD (*Liquid Crystal Display*)

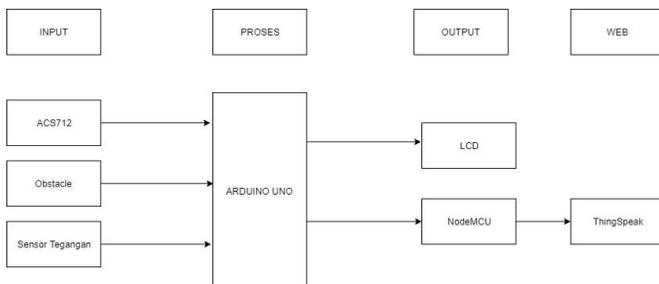
LCD merupakan perangkat *display* yang paling umum dipasangkan ke mikrokontroler, mengingat ukurannya yang kecil dan kemampuan menampilkan karakter atau grafik yang lebih baik dibandingkan *display 7 segment* ataupun *alphanumeric*[11].

2.9 Sensor Arus ACS712.

Sensor arus ACS712 adalah Modul yang dapat mendeteksi arus listrik (AC atau DC) dirangkaian listrik, dan menghasilkan sinyal sebanding dengan itu. Sinyal yang dihasilkan bisa berupa tegangan analog atau arus bahkan digital. Hal ini dapat digunakan untuk menampilkan arus yang akan diukur dalam ampermeter atau dapat disimpan untuk analisis lebih lanjut dalam sistem akuisisi data atau dapat dimanfaatkan untuk tujuan kontrol. Sensor ACS712 ini bertujuan hanya untuk display saja. [12]

III. METODE PENELITIAN

3.1 Diagram Blok Sistem

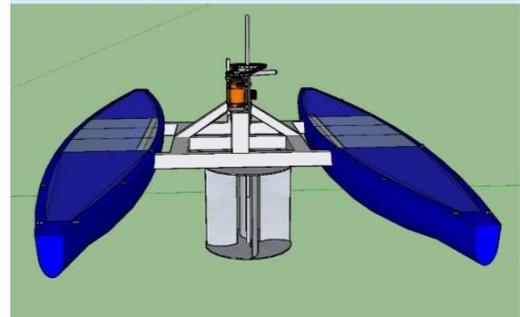


Gambar 5. Diagram Blok Sistem

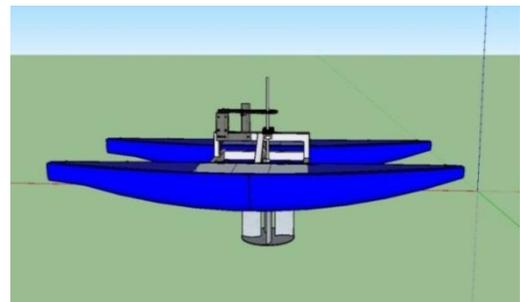
Prinsip kerja alat ini adalah Setelah generator menghasilkan tenaga listrik, maka sensor acs dan sensor tegangan akan mendeteksi berapa tegangan dan arus yang didapatkan. Sensor *obstacle* akan membaca kecepatan putaran *turbine*, setelah itu hasil pembacaan dari tiga sensor diatas akan diproses oleh arduino uno untuk dapat ditampilkan di lcd, selain itu arduino uno juga akan mengirim semua data pembacaan sensor ke nodemcu dan akan ditampilkan pada web.

3.2 Desain Mekanik

Gambar mekanik pada pembangkit listrik tenaga arus laut:



Gambar 6. Gambar Mekanik Tampak Depan

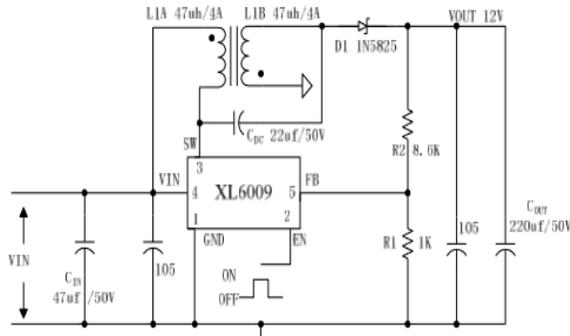


Gambar 7. Gambar Mekanik Tampak Samping

3.3 Perancangan Rangkaian Regulator Step Up/Step Down

Modul ini mempunyai dua prinsip kerja, yaitu saat switch on dan saat switch off. Pada saat switch on, inductor akan mendapatkan tegangan dari input yang mengakibatkan adanya arus melewati inductor, pada waktu yang sama kondisi kapasitor adalah membuang (*discharge*) dan akan menjadi sumber tegangan dan arus dibeban, disaat switch off, tegangan input akan terputus dan akan menyebabkan penurunan arus maka akan menyebabkan ujung dioda bernilai negatif dan inductor mengisi kapasitor (*charge*). Jadi disaat switch on arus beban akan di isi oleh kapasitor, namun disaat switch off akan diisi oleh inductor.

Modul ini dapat menaikkan dan menurunkan tegangan, dengan tegangan input yang didapatkan dari generator yaitu 1V-10V, modul ini dapat menaikkan atau menurunkan hingga 5V-60V.

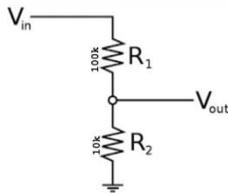


Gambar 8. Rangkaian Konverter Buck-Boost

3.4 Perancangan Rangkaian Sensor Tegangan

Pegunaan dari sensor ini adalah untuk mendeteksi tegangan. Sebelum membuatnya kita harus mengetahui berapa keluaran tegangan dari alat ini. Dengan diketahuinya tegangan yang di dapatkan oleh *surface current turbine vertical axis type savonius* yang sudah disearahkan oleh dioda penyearah (*Rectrifier*) dari AC ke DC yaitu 0V - 10V

Setelah diketahui tegangan yang didapatkan tadi, maka rangkaian sensor tegangan bisa dibuat sesuai kebutuhan sistem. Rangkaian ini dibuat untuk pembacaan tegangan keluaran dari generator yang telah disearahkan menjadi sumber DC dan regulator. Penggunaan rangkaian ini juga dimaksudkan agar arduino dapat menerima tegangan tidak melebihi batas yaitu 5VDC, karena bila melebihi 5VDC maka Arduino akan rusak karena batas maksimal tegangan analog yang dapat diterima arduino adalah 5V. Dapat dilihat rangkaian sensor tegangan pada Gambar 9.



Gambar 9. Rangkaian Sensor Tegangan

Perhatikan titik Vout. Nilai tegangan pada Vout adalah :

$$V_{out} = \frac{R_2}{R_1+R_2} \times V_{in} \tag{1}$$

$$V_{out} = \frac{10K}{100K+10K} \times V_{in}$$

$$V_{out} = V_{in}$$

Dengan adanya perubahan nilai tegangan generator maka Vin juga ikut berubah, maka dari itu Vin bisa di asumsikan sebagai nilai variabel. Seperti persamaan di atas yaitu Vout = Vin dengan nilai Vin = Vgenerator.

Titik Vout tersebut yang akan disambungkan pada pin analog Arduino, bukan tegangan langsung dari generator dan regulator, agar pada saat tegangan 10V nilai dari Vout ini bernilai 5V (batas yang dapat diterima Arduino) maka R1 100k ohm dan R2 10k ohm. Berhubung resistor yang tersedia di pasaran tidak akurat nilai resistansinya (memiliki toleransi 1-5%) maka disini menggunakan potensiometer untuk R2nya

yang bernilai 10K. Dengan demikian akan didapatkan nilai tegangan output representasi dari tegangan sebenarnya (tegangan generator dan regulator) menggunakan sensor tegangan diatas, saat tegangan generator 0V maka tegangan output sensor 0V, dan saat tegangan generator 50V maka tegangan output sensor 5V.

Tegangan dari titik Vout diatas akan dikonversi ADC internal Arduino dengan resolusi 10 bit. Sebagai gambaran, mulai dari tegangan generator (tegangan sebenarnya yang akan diukur), tegangan output sensor tegangan (rangkain pembagi teganga), dan nilai digital yang akan terbaca oleh Arduino. Saat tegangan generator 0V dan tegangan output sensor 0V maka nilai digital yang terbaca oleh Arduino adalah 0, dan saat tegangan generator 50V dan tegangan output sensor 5V maka nilai digital yang terbaca oleh Arduino 1023.

Pada Arduino harus menambahkan script yang digunakan untuk membaca tegangan analog di pin analog yang akan terhubung dengan sensor. Disini pin pada Arduino yang digunakan adalah pin A1 dan A2 maka, script yang harus digunakan adalah :

-Int sensor = analogRead(A0)

Dengan demikian, nilai digital representasi sensor akan disimpan sementara di variabel sensor bertipe integer diatas. Untuk mendapatkan nilai tegangan generator yang sebenarnya, maka tinggal membagi variabel sensor dengan angka 68.2 . angka ini didapatkan dengan membagi 1023 (angka maksimal nilai digital yang terbaca Arduino) dengan 50V (angka maksimal tegangan yang diukur/ tegangan generator).

-Float tegangan_generator = sensor / 68.2;

Setelah itu variabel tegangan_generator diatas dapat ditampilkan ke LCD.

IV. HASIL DAN ANALISA

4.1 Pengujian Sensor Tegangan

Pengujian dilakukan dengan cara mengkalibrasi sehingga hasil pembacaan dari sensor dapat sesuai dengan pembacaan *volt* meter. Tegangan masukan akan dibaca oleh sensor tegangan berupa rangkaian pembagi tegangan. Setelah itu hasil pembacaan dari sensor tegangan yang berupa nilai ADC (*analog to digital converter*), akan diproses oleh mikrokontroler sehingga dapat dikonversikan menjadi nilai tegangan analog. Hasil pengujian rangkaian sensor tegangan dapat ditunjukkan pada tabel III.

Tabel III.

Hasil Pengujian Rangkaian Sensor Tegangan

No	Pembacaan Avometer (V)	Pembacaan Sistem (Sensor Tegangan) (V)	Error (%)
1.	20.2V	20.25V	0.2%
2.	19.3V	19.38V	0.4%
3.	18.4V	18.48V	0.4%
4.	17.5V	17.53V	0.1%
5.	17.0V	17.06V	0.3%
6.	15.5V	15.54V	0.2%
7.	15.0V	15.04V	0.2%
8.	14.3V	14.37V	0.4%
9.	14.0V	14.07V	0.5%
10.	13.0V	13.04V	0.3%
11.	12.0V	12.05V	0.4%

12.	11.1V	11.12V	0.1%
13.	7.5V	7.56V	0.8%
14.	5.0V	5.06V	1.2%
15.	3.3V	3.34V	1.2%
Rata – rata Error			0.45%

Berdasarkan hasil pengujian pada tabel III nilai kesalahan rata-rata yang diperoleh adalah 0.45%. Kebutuhan nilai titik acuan (*setpoint*) standar adalah 12V, maka dapat disimpulkan bahwa sensor tegangan ini dapat digunakan pada penelitian.

4.2 Pengujian Sensor ACS712

Pengujian sensor ini yaitu dengan mempararel rangkaian dengan ACS712 dan untuk menguji dengan multimeter dengan cara memutus salah satu sumber.

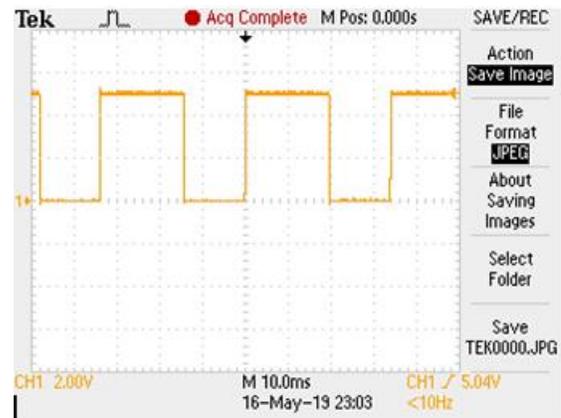
Tabel IV
Hasil Pengujian Sensor ACS712

No	Sensor ACS712	Multimeter	Error
1	0,05 A	0,09 A	1,5%
2	0,23 A	0,26 A	1%
3	0,30 A	0,31 A	3%
4	0,6 A	0,62 A	3%
5	0,70 A	0,72 A	2,7%
6	1,1 A	1,00 A	0,1%
7	1,9 A	1,97 A	0,1%
8	1,9 A	2,03 A	0,1%

Pengujian pada sensor Arus ini bertujuan untuk menemukan nilai kesalahan (*error*), dengan membandingkan nilai dari pembacaan oleh sensor tegangan terhadap tegangan masukan. Berdasarkan tabel IV, nilai kesalahan rata-rata yang diperoleh adalah 1,4%.

4.3 Pengujian Sensor *Obstacle Photodiode*

Pengujian rangkaian sensor *obstacle photodiode* dilakukan dengan menghubungkan pin- pin pada sensor *obstacle photodiode*, kemudian 3pin dihubungkan ke *Arduino Uno*. Pin (+) pada sensor *obstacle photodiode* di hubungkan ke probe COMP Osiloskop dan pin GND sensor *obstacle photodiode* di hubungkan ke probe ground pada Osiloskop.



Gambar 10 Pengujian Sensor *Obstacle Photodiode*

Hasil pengujian sensor *obstacle photodiode* diatas dapat diketahui bahwa sensor *obstacle photodiode* telah memenuhi spesifikasi sesuai dengan pengujian yang telah dilakukan yaitu dengan menguji tegangan keluaran dan pulsa pada osiloskop saat sensor bekerja dan diketahui tegangan yang di dihasilkan adalah 5V.

Tabel V
Hasil Pengujian Sensor *Obstacle Photodiode*

No	Sensor rpm	Tacho	Error
1	21	21.4	1,8%
2	29	29.3	1%
3	30	30.4	1,3%
4	34	34.5	1,4%
5	37	37.7	1,8%
6	39	39.3	0,74%
7	41	40,8	0,4%
8	46	46.7	1,4%

Pengujian sensor *obstacle photodiode* dilakukan dengan cara menemukan *error* sensor, diperoleh dari perbandingan hasil sensor terhadap kecepatan AS turbin yang digerakkan oleh arus laut yang tertampil pada LCD 20x4 dengan alat ukur kecepatan *tachometer*.

Hasil pengujian sensor *obstacle photodiode* membuktikan bahwa terdapat perbedaan hasil sensor dengan *tachometer*. Rata-rata dari *error* setiap pembacaan sensor terhadap perubahan adalah 1,2%. Hal ini menunjukkan bahwa *error* tersebut masih dapat ditoleransi dan sensor *obstacle photodiode* tersebut layak digunakan.

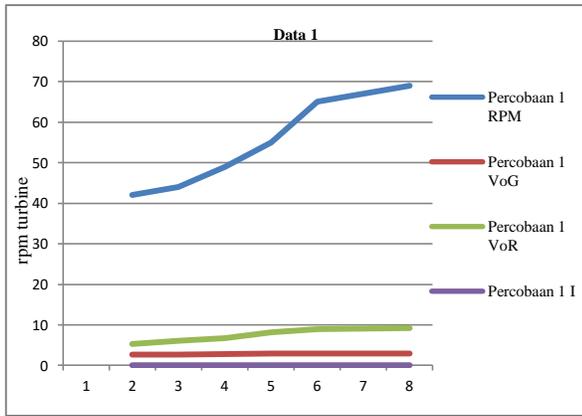
Selain itu, hasil sensor yang tertampil pada LCD tidak dapat menampilkan nilai yang pasti, selalu berubah-ubah namun pada *range* tertentu. Hasil pada *tachometer* juga demikian. Hal ini yang menyebabkan terjadinya *error* namun tidak terlalu besar.

4.4 Analisa Data

Untuk mengetahui bahwa sisitem alat ini bekerja dengan baik maka, dilakukanlah pengambilan data percobaan sampai tiga kali.

Tabel VI
Data Percobaan 1

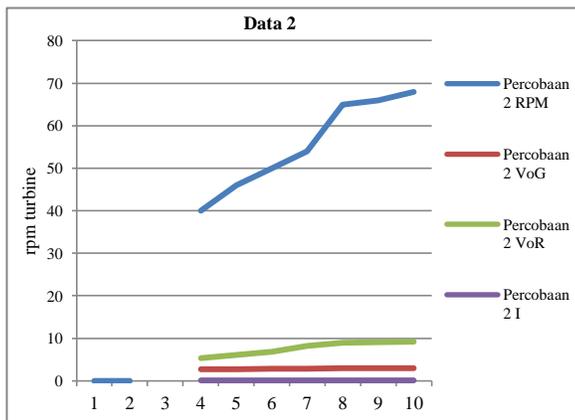
No	rpm	VoG	VoR	I
1	42	2.74 V	5.33 V	0.1 A
2	44	2.74 V	6.11 V	0.1 A
3	49	2.8 V	6.79 V	0.1 A
4	55	2.93 V	8.21 V	0.11 A
5	65	2.93 V	8.9 V	0.11 A
6	67	2.93 V	9.04V	0.11 A
7	69	2.93 V	9.19V	0.11 A



Gambar 11 Grafik Data Percobaan 1

Tabel VII
Data Percobaan 2

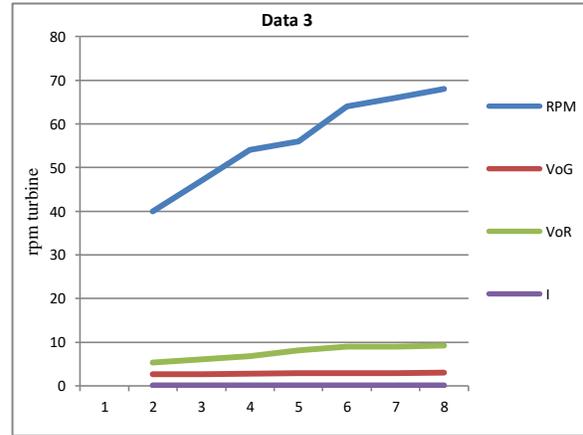
No	rpm	VoG	VoR	I
1	40	2.7 V	5.29 V	0.1 A
2	46	2.74 V	6.12 V	0.1 A
3	50	2.8 V	6.79 V	0.1 A
4	54	2.9 V	8.21 V	0.11 A
5	65	2.93 V	9 V	0.11 A
6	66	2.93 V	9.04 V	0.11 A
7	68	2.93 V	9.19 V	0.11 A



Gambar 12 Grafik Data Percobaan 2

Tabel VIII
Data Percobaan 3

No	rpm	VoG	VoR	I
1	42	2.74 V	5.33 V	0.1 A
2	44	2.74 V	6.11 V	0.1 A
3	49	2.8 V	6.79 V	0.1 A
4	55	2.93 V	8.21 V	0.11 A
5	65	2.93 V	8.9 V	0.11 A
6	67	2.93 V	9.04 V	0.11 A
7	69	2.93 V	9.19 V	0.11 A



Gambar 13 Grafik Data Percobaan 3

Berdasarkan tiga percobaan di atas dengan simulasi arus laut menggunakan wind tunnel untuk menggerakkan turbin dan didapatkanlah data diatas dan itu menunjukkan bahwa sistem alat ini bekerja dengan baik. Pada percobaan ini output dari VoR di beri beban lampu 12V dan didapatkan arus sebesar 0.11A, sehingga dengan adanya dua data tersebut dapat ditemukan daya (Watt) yang didapatkan dari percobaan ini dengan rumus berikut :

$$P = I \times V \tag{2}$$

Keterangan :

P = daya (watt)

I = arus (A)

V = tegangan (V)

Pada rpm rendah

$$P = I \times V$$

$$P = 0,1 \times 5$$

$$P = 0,5 \text{ Watt}$$

Pada rpm tinggi

$$P = I \times V$$

$$P = 0,11 \times 9$$

$$P = 1 \text{ Watt}$$

Sehingga daya hasil yang didapatkan dari simulasi menggunakan wind tunnel ini minimal hasil yang didapatkan adalah 0,5watt dan maksimal 1 watt.

V. PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Dari semua data yang didapatkan bahwa :

1. Desain turbin *vertical axis type savonius* berukuran 50 cm x 50 cm dapat memutar generator dengan kecepatan rpm 40 - 69.
2. Cara mengkonversikan energi arus laut permukaan menjadi energi listrik adalah dengan memutar generator menggunakan turbin yang digerakkan oleh arus laut permukaan dapat menghasilkan tegangan listrik pada kecepatan rpm 40 - 69 menghasilkan

tegangan 2,7V – 2,93V dengan arus sebesar 0,1A – 0,11A.

- Untuk dapat menaikkan dan menurunkan tegangan alat ini dilengkapi regulator *step up dan step down*, dengan begitu tegangan yang didapatkan dari generator dapat dinaikkan hingga 5,33V – 9,19V dengan arus 0,1A – 0,11A.

5.2 Saran

- Untuk alat pembangkit listrik tenaga arus laut kita harus menyiapkan kapal yang lebih besar agar dapat dinaiki dan mempermudah untuk mengontrolnya, selain itu kita dapat memperbesar ukuran turbin dan menggunakan generator yang lebih besar dayanya agar bisa mendapat energy listrik yang lebih besar.
- Pada regulator diberikan metode control fuzzy atau PID dengan mengatur PWMnya agar kita tidak perlu lagi untuk mengatur teganganya dengan manual dan bisa mendapatkan tegangan yang lebih stabil.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Fivid Rivantoro, Irfan Syarif Arief. Studi Pemilihan Desain Pembangkit Listrik Tenaga Arus Laut (PLTAL) Menggunakan Metode *Analytical Hierarchy Process (AHP)*. Jurnal Teknik ITS Vol. 4, No. 2, (2015) ISSN: 2337-3539 (2301-9271 Print).
- [2] Bilshop, Dasar-dasar Elektronika”, terj. Irzam Harmein, 2004: 45-46
- [3] Elektronika-dasar.web.id”sensor photodiode”.2012[3] Albert, P. Malvino. 1994. *Prinsip-Prinsip Dasar Elektronika*. Penerbit Erlangga.
- [4] Halida Rahmi L. *, Budi Dharmala S, dkk. April 2015. *Optimasi Pembangkit Listrik Tenaga Arus Laut Menggunakan Sistem Turbin Savonius Termodifikasi*.
- [5] Pradinata, Ryan. 2017. *Analisa Pengaruh Beban Terhadap Efisiensi Generator Di PLTG CNG Jakabaring*. Thesis. Politeknik Negeri Sriwijaya.
- [6] Saleh, Azmi, dkk. 2017. *Desain Kontrol Maximum Power Point Tracker (MPPT) Menggunakan Incremental Conductance (INC) Pada DC/DC Tipe Sepic*. Seminar Nasional Sains dan Teknologi 2017. P-ISSN : 2407 – 1846. E – ISSN : 2460 – 8416
- [7] Datasheet Step up dan Step dow.
- [8] Ahmad, Nur H, dkk. 2012. *Pemanfaatan RFID (Radio Frequency Identification) Untuk Keamanan Pintu Lemari Berbasis Mikrokontroler ATmega 328*. Jurnal Teknologi Informasi dan Komunikasi. STMIK Subang. ISSN: 2252-4517.
- [9] Datasheet Arduino Uno, Radiospares, Radionics.
- [10] Albert, P. Malvino. 1994. *Prinsip-Prinsip Dasar Elektronika*. Penerbit Erlangga
- [11] Arief, Ulfah Mediaty. 2011. *Pengujian Sensor Ultrasonik PING Untuk Pengukuran Level Ketinggian dan Volume Air*. Jurnal Ilmiah “Elektrikal Enjiniring” UNHAS. Volume 09/No. 2/Mei-Agustus/2011.
- [12] Datasheet Sensor ACS712.
- [13] <https://www.energy-xprt.com/products/vertogen-vertical-axis-wind-turbines-vaw-t-642506>.

LAMPIRAN

Foto Pembangkit Listrik Tenaga Arus Laut Menggunakan *Surface Current Turbine Vertical Axis type Savonius*



Foto 1 Vertical Axis Turbine Type Savonius



Foto 2 Penempatan Posisi Turbine Pada Kapal



Foto 3 Percobaan Alat Di Pantai Selatan