

# Prototype Underwater Turbine Generator sebagai Komponen *Microgrid*

R. Y. Adhitya, Sryang. T. Sarena, M. Muzaki Solichin, Dana Hartono  
Jurusan Teknik Kelistrikan Kapal  
Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya  
Surabaya, Indonesia  
email : ryanyudhaadhitya@ppns.ac.id

**Abstract**— Masalah krisis bahan bakar fosil, baik minyak bumi maupun batu bara, serta fenomena perubahan iklim akibat pemanasan global, memicu digunakannya energi terbarukan yang dapat mengatasi masalah-masalah tersebut. *Microgrid* mulai berkembang untuk menghubungkan pembangkit-pembangkit kecil yang terdistribusi di sekitar beban listrik. Pembangkit-pembangkit tersebut pada umumnya dibangkitkan oleh energi terbarukan seperti matahari, angin, air, dan sebagainya. Pada penelitian ini, dirancang dan dibangun prototipe generator energi listrik yang dibangkitkan oleh gelombang arus dalam air (*underwater turbine generator*). Prototipe ini merupakan lanjutan dari penelitian sebelumnya mengenai *solar tracker* sebagai salah satu komponen *microgrid*. Masukan terhadap sistem adalah daya mekanik dari arus air yang menggerakkan baling-baling (*fan blade*) turbin generator. Material utama *fan blade* adalah plat ringan dan material tabung silinder adalah PVC. Keluaran dari sistem ini berupa daya listrik yang digunakan untuk pengisian daya baterai, dimana daya rata-rata yang dihasilkan *underwater generator portable* sebesar 2.264 watt untuk laju aliran 27.47 l/s dengan kondisi beban berupa baterai lithium ion 4V, 6400 mAh.

**Keywords**—energi terbarukan; *underwater generator*; *microgrid*

## I. PENDAHULUAN

Fenomena-fenomena perubahan iklim yang terjadi akhir-akhir ini semakin memperjelas tanda-tanda pemanasan global. Fenomena tersebut berupa musim dingin berkepanjangan dengan dengan temperatur ekstrim lebih dari 10 derajat celcius dibawah nol pada suatu tempat yang dapat terjadi bersamaan dengan musim panas berkepanjangan yang menimbulkan kekeringan di belahan dunia lain, serta bencana alam seperti banjir, badai dan angin topan yang frekuensinya semakin besar tanpa dapat diprediksi.

Untuk mencegah berlanjutnya pemanasan global serta kerusakan lapisan ozon yang dapat memperparah keadaan, emisi GHG [1] harus dihentikan atau dikurangi. Sementara itu, pembangkitan energi listrik konvensional yang menggunakan bahan bakar fosil seperti minyak bumi atau batu bara merupakan penyumbang emisi GHG terbesar di dunia. Karena

itu energi terbarukan semakin marak digunakan untuk pembangkitan energi listrik.

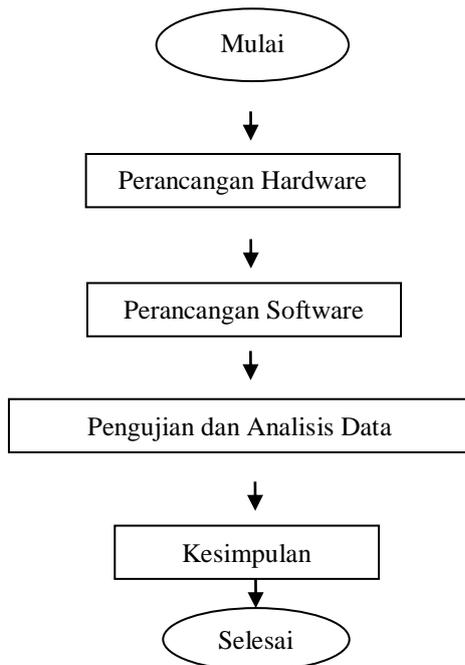
Namun penggunaan energi terbarukan memiliki tantangan tersendiri, yaitu intensitas daya berdasarkan alam, tidak dapat diatur dan susah untuk diprediksi. Oleh sebab itu, digunakan sistem *microgrid*, dimana pembangkit-pembangkit listrik dalam skala kecil, dihibrida dengan pembangkitan konvensional, sehingga beban listrik masih terlindungi bila intensitas daya listrik dari energi terbarukan tidak memadai. Meskipun dengan demikian tidak melepaskan pembangkit konvensional sepenuhnya, hal ini dapat membantu mengurangi emisi GHG dengan mengurangi ketergantungan terhadap pembangkit konvensional.

Suatu sistem *microgrid* terdiri dari elemen-elemen pembangkit, penyimpan daya, beban dan pengendali [2]. Pada penelitian kali ini, akan dibuat prototipe salah satu elemen pembangkit tenaga listrik dengan menggunakan daya mekanik dari arus air dalam skala kecil. Penelitian ini sebagai lanjutan dari penelitian kami sebelumnya yang mengembangkan salah satu prototipe elemen lain dalam *microgrid* [3], yaitu sistem *solar tracker* untuk panel surya. Hasil dari penelitian elemen-elemen ini nantinya akan dilanjutkan dan digunakan dalam penelitian elemen pengendali atau manajemen energi dari suatu *microgrid*.

Masukan terhadap *underwater turbine generator* ini berupa daya mekanik dari gelombang arus dalam air. Daya mekanik tersebut akan memutar turbin yang akan menggerakkan rotor generator dan nantinya dapat menghasilkan arus listrik. Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat memaksimalkan pemanfaatan daya mekanik dari arus air skala kecil. Keluaran dari prototipe ini menyajikan besarnya daya listrik yang dihasilkan dari beberapa variasi kekuatan gelombang arus air berdasarkan eksperimen yang akan diadakan di beberapa titik daerah aliran sungai.

## II. METODOLOGI

Metodologi pada penelitian ini dibagi menjadi beberapa tahap diantaranya :



Gambar 1. Diagram Alir Metodologi Penelitian

Prototipe generator pada penelitian ini dirancang dengan bentuk yang minimalis dengan dimensi utama 30cm x 10cm. menggunakan baterai tipe lithium – Ion berkapasitas 6400 mAh dengan keluaran daya yang diharapkan dikisaran 7.5 hingga 10 watt. Fan blade atau baling – baling yang digunakan berbahan dasar aluminium dengan lapisan waterproof coating.



Gambar 2. Tampilan Awal Fisik Generator

Generator DC [4] dipilih karena pada penelitian ini daya listrik yang dibangkitkan langsung disimpan kedalam baterai. Berbeda ketika penggunaannya dibebankan pada instalasi

listrik sebagai catu daya perangkat elektronik lain dengan karakteristik arus bolak – balik maka lebih disarankan menggunakan generator AC dengan tambahan komponen berupa transformator step up [2].

Komponen berikutnya adalah sensor, beberapa sensor yang digunakan pada penelitian ini diantaranya sensor tegangan, sensor arus dan flow meter sensor. Ketiga sensor tersebut dipakai untuk mendapatkan informasi tiga variabel proses yaitu sensor dan tegangan, dimana hasil kalkulasi kedua variabel tersebut di simpan untuk mengetahui informasi kapasitas daya listrik yang dihasilkan tiap detik atau tiap jam (watt per Hour). Sedangkan flow atau laju aliran air digunakan sebagai informasi tambahan untuk menganalisis lebih lanjut hubungan antara debit aliran air sungai dengan daya listrik yang dihasilkan.

Ketiga sensor tersebut terhubung langsung dengan mikrokontroler yang ditempatkan di ruang yang sama dengan posisi baterai. Mikrokontroler berfungsi sebagai otak untuk mengirimkan data ketiga variabel proses melalui kabel USB menggunakan protokol komunikasi serial. Serta memberikan perintah untuk mengaktifkan relay yang berfungsi memutus aliran arus dari generator DC ke baterai ketika baterai sudah terisi penuh.

Ketika baterai sudah terisi penuh maka user akan menerima notifikasi yang dapat diakses melalui PC yang sudah terhubung dengan USB. Dan pada saat yang bersamaan pengguna dapat mengangkat underwater turbine generator dan mengganti baterai yang sudah penuh dengan baterai kosong atau secara langsung memanfaatkan daya baterai sebagai catu daya perangkat elektronik.

### 2.1 Perancangan Hardware

Sistem perancangan hardware pada gambar 1 dibangun untuk mendapatkan informasi berupa daya yang dihasilkan oleh generator di setiap interval waktu tertentu. Terdapat dua sensor utama diantaranya modul sensor tegangan dengan prinsip rangkaian pembagi tegangan, sensor ini dapat melakukan pembacaan tegangan hingga 25 Volt DC. Kedua adalah sensor arus ACS712, sensor arus ini memiliki prinsip kerja efek hall memanfaatkan teori medan magnet dan memiliki kapasitas pembacaan arus hingga maksimum 5 Ampere.



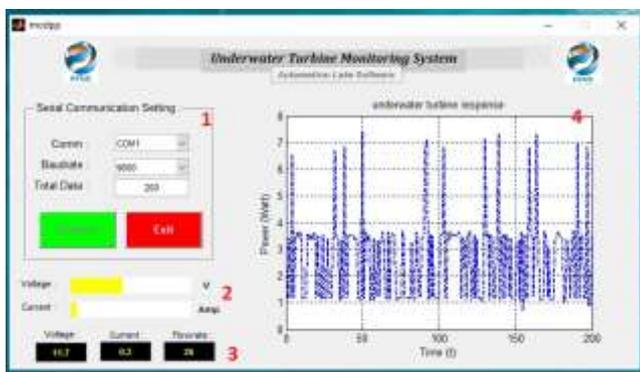
Gambar 3. Rangkaian Elektronik dalam Turbin

Selanjutnya adalah buck converter yang berfungsi untuk mensinkronkan tegangan searah keluaran generator yang dibutuhkan baterai, keluaran dari buck converter ini terhubung

langsung dengan sensor arus dan sensor tegangan sehingga distribusi daya yang dihasilkan oleh generator dapat diketahui secara langsung (real time). Data tegangan dan arus yang didapatkan akan dibaca oleh mikrokontroler melalui fasilitas ADC beresolusi 10 bit yang mampu melakukan pembacaan arus dan tegangan hingga ketelitian 1 angka dibelakang koma. Instrumen terakhir pada penelitian ini adalah baterai, baterai ini dilengkapi dengan fasilitas smart charger, yaitu relay elektrik yang mampu memutus aliran arus ketika baterai sudah terisi penuh. Sehingga resiko terjadinya overcapacity pada baterai dapat diminimalisir.

## 2.2 Perancangan Software

Software yang digunakan disini berupa software desktop yang dapat diakses menggunakan personal computer. Software ini menggunakan aplikasi Graphical User Interface MATLAB dengan fasilitas berupa grafik distribusi daya, informasi arus dan tegangan yang dihasilkan oleh generator beserta notifikasi ketika baterai sudah terisi penuh. Pertukaran data dari mikrokontroler ke personal computer menggunakan protokol komunikasi serial. Gambar 4 merupakan tampilan software tatap muka pada penelitian ini.



Gambar 4. Tampilan Perangkat Lunak Tatap Muka pada Underwater Turbine Generator

Berikut keterangan lebih lanjut tentang aplikasi perangkat lunak yang digunakan pada penelitian ini :

1. Menu untuk merubah parameter komunikasi serial, meliputi port komunikasi serial yang digunakan, kecepatan transfer data (baudrate) dan jumlah data (total data) yang dibutuhkan untuk keperluan analisis. Pada menu ini juga terdapat dua buah tombol, connect yang berfungsi untuk mengkoneksikan antara computer dengan generator secara real time serta tombol exit untuk keluar aplikasi, dan sesaat setelah aplikasi ditutup maka keseluruhan data akan disimpan pada file berekstensi .xls.
2. Indikator interaktif berupa kondisi level tegangan dan arus dalam bentuk level bar sehingga pengguna dapat mengetahui level tegangan dan arus secara langsung atau real time.
3. Informasi nominal nilai tegangan arus dan laju aliran.

4. Grafik respon daya yang merupakan kalkulasi perkalian data tegangan dan arus.

## III. PENGUJIAN DAN ANALISIS DATA

Pengujian dilakukan untuk mengetahui performa underwater turbin generator, pengujian ini dilakukan pengambilan data dengan 5 lokasi titik pengujian yang berbeda pada sungai yang sama, sehingga akan didapatkan informasi daya rata – rata yang mampu dihasilkan oleh underwater turbin generator ini. Lokasi pengambilan data di muara sungai air terjun dolo, 29 km dari kota Kediri.

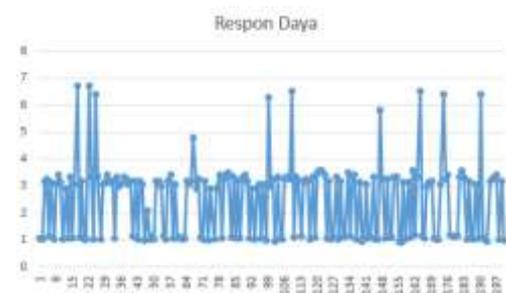


Gambar 5. Lokasi Pengujian Alat

Masing – masing titik pengujian diambil 200 data dengan interval sampling 0.2 detik. Berikut adalah respon daya yang dihasilkan untuk ke – 5 titik pengujian.

### 3.1 Respon Titik Pengujian Pertama

Beban generator pada penelitian ini hanya berupa baterai berkapasitas 4V, 6400mAh. Pengisian baterai dilakukan dengan menggunakan daya keluaran generator yang berada pada kisaran 0 – 24 VDC yang terlebih dahulu diturunkan tegangannya menggunakan DC to DC buck converter.

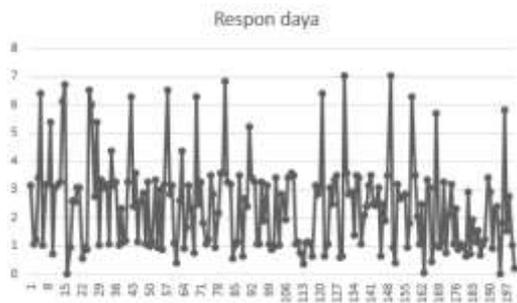


Gambar 6. Respon Daya Titik Pertama

Daya yang dihasilkan pada titik pertama lokasi pengambilan data menunjukkan bahwa kisaran daya keluaran underwater turbine generator ini sebesar 1 sampai dengan 7 watt. Dengan kapasitas daya rata – rata 2.457 watt.

### 3.2 Respon Titik Pengujian Kedua

Berikut adalah respon daya untuk titik pengujian yang kedua :

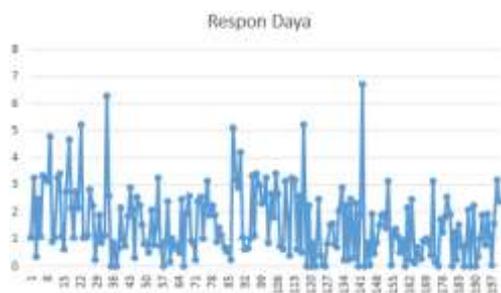


Gambar 7. Respon Daya Titik Kedua

Daya yang dihasilkan pada titik kedua lokasi pengambilan data menunjukkan bahwa kisaran daya keluaran underwater turbine generator ini sebesar 0 sampai dengan 7 watt. Dengan kapasitas daya rata – rata yang dihasilkan adalah 2.445 watt.

### 3.3 Respon Titik Pengujian Ketiga

Berikut adalah respon daya untuk titik pengujian yang ketiga :

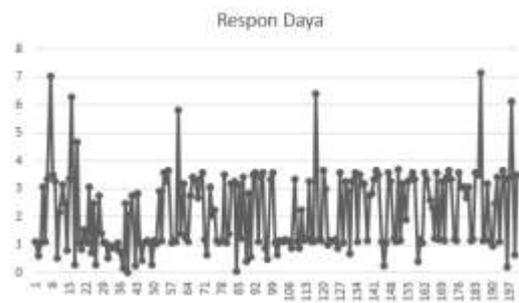


Gambar 8. Respon Daya Titik Ketiga

Daya yang dihasilkan pada titik ketiga lokasi pengambilan data menunjukkan bahwa kisaran daya keluaran underwater turbine generator ini sebesar 0 sampai dengan 7 watt. Dengan kapasitas daya rata – rata yang dihasilkan adalah 1.577 watt.

### 3.4 Respon Titik Pengujian Keempat

Berikut adalah respon daya untuk titik pengujian yang keempat :

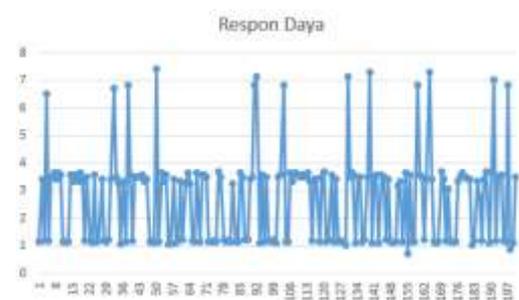


Gambar 9. Respon Daya Titik Keempat

Daya yang dihasilkan pada titik keempat lokasi pengambilan data menunjukkan bahwa kisaran daya keluaran underwater turbine generator ini sebesar 0 sampai dengan 7 watt. Dengan kapasitas daya rata – rata yang dihasilkan adalah 2.151 watt.

### 3.5 Respon Titik Pengujian Kelima

Berikut adalah respon daya untuk titik pengujian yang kelima:



Gambar 10. Respon Daya Titik Kelima

Daya yang dihasilkan pada titik kelima lokasi pengambilan data menunjukkan bahwa kisaran daya keluaran underwater turbine generator ini sebesar 1 sampai dengan 8 watt. Dengan kapasitas daya rata – rata yang dihasilkan adalah 2.691 watt. Sehingga dari lima kali pengujian alat didapatkan rekapitulasi parameter daya sebagai berikut :

Tabel 1. Informasi Parameter Daya Dan Laju Aliran

Titik	Tegangan (V)	Arus (A)	Daya (Watt)	Flow (l/s)
1	10.703	0.23	2.457	27.585
2	9.1085	0.267	2.445	27.425
3	6.58	0.24	1.577	27.173
4	9.779	0.218	2.151	27.492
5	11.604	0.231	2.691	27.675
rata - rata			2.264	27.47

Pada tabel 1 jelas terlihat hubungan antara laju aliran dan perubahan tegangan yang dihasilkan oleh generator. Perubahan laju aliran berbanding lurus dengan daya yang dihasilkan generator. Prototype underwater turbin generator ini mampu menghasilkan keluaran daya rata - rata 2.264 watt untuk laju aliran 27.47 l/s dengan kondisi beban berupa baterai lithium ion 4V, 6400 mAh.

#### **IV. KESIMPULAN DAN SARAN**

##### **Kesimpulan :**

Telah dibangun sebuah underwater turbin generator skala prototipe, dari 5 titik kondisi pengujian generator ini mampu menghasilkan daya rata – rata mencapai 2.264 watt untuk laju aliran 27.47 l/s

##### **Saran :**

- a. Modifikasi blade perlu dilakukan untuk mendapatkan putaran generator yang optimum.
- b. Proses pemodelan berbasis statistik dapat dilakukan untuk mengetahui hubungan antara laju aliran dengan daya keluaran generator yang dihasilkan.

#### **DAFTAR PUSTAKA**

[1] “A blanket around the Earth”, NASA science. [climate.nasa.gov](http://climate.nasa.gov).

[2] Biren Pattanaik; D. Leo; Y. V. Narasimha Rao; Purnima Jalihal, “Design and development of subsea power and instrumentation system for new ocean current turbine power module”, 2016 IEEE Annual India Conference (INDICON), Year: 2016, Pages: 1 – 5.

[3] A. A. Navasardian, “Underwater hydro unit with the combined energy extraction”, 2014 International Conference on Renewable Energy Research and Application (ICRERA), Year: 2014, Pages: 158 – 161.

[4] Li Wang; Su-Jen Chen; Shen-Ron Jan; Hao-Wen Li, “Design and Implementation of a Prototype Underwater Turbine Generator System for Renewable Microhydro Power Energy”. IEEE Transactions on Industry Applications, Year: 2013, Volume: 49, Issue: 6, Pages: 2753 – 2760.

Halaman ini sengaja dikosongkan