

Desain dan Simulasi Prototipe Pembangkit Listrik Tenaga Nano Hidro Portabel

Fitri¹, Indrawan Nugrahanto², Rahma Nur Amalia³ dan Amalia Devi Kusuma Wardani⁴
^{1,2,3,4} Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Malang
Jl. Soekarno Hatta No.9, Kota Malang, Jawa Timur 65141
e-mail: fitri@polinema.ac.id

Abstrak— Banyak sekali kegiatan di luar ruangan atau di alam bebas yang dapat dilakukan oleh masyarakat. Salah satu yang dibutuhkan saat kegiatan tersebut adalah perangkat pengisi daya yang mudah dan praktis seperti *power bank*. Alat tersebut digunakan untuk pengisian daya dari perangkat elektronik yang diperlukan. Namun, untuk penggunaan pengisi daya dalam waktu yang lama dan berkelanjutan, dibutuhkan sebuah pembangkit listrik berskala kecil yang dapat memanfaatkan potensi alam disekitar seperti memanfaatkan adanya aliran air. Oleh karena itu, dikembangkan sebuah pembangkit listrik mini yang memanfaatkan energi kinetik dari aliran air sehingga dapat menggerakkan generator untuk memproduksi energi listrik. Untuk mencapai nilai keluaran yang diinginkan, dilakukan pemilihan jenis dan bentuk propeller serta variasi kemiringan sudu yang tepat. Pada studi ini akan menggunakan pengujian secara realtime. Pengujian dilakukan pada tiga variasi kemiringan sudu yaitu 5°, 10°, dan 15°. Dari hasil pengujian didapatkan data kemiringan sudu yang paling efisien ada pada kemiringan sudu 15°. Keluaran yang dihasilkan generator akan di tingkatkan menggunakan *boost converter* dengan jangkauan tegangan sebesar 0.3 – 13.6 V pada kecepatan 54.7 – 543.2 rpm sehingga dapat mencapai tegangan yang dibutuhkan oleh modul pengisian baterai. Dengan mengetahui dua aspek penting tersebut, harapannya alat ini dapat memudahkan pengguna untuk memenuhi kebutuhan pengisian daya perangkat elektronik di alam terbuka.

Kata kunci: *Nano hidro, pembangkit listrik, portabel.*

Abstract— *The community can do many outdoor activities or in the wild. An easy and practical charging device such as a power bank is needed during these activities. The device is used for charging the required electronic devices. However, for using chargers for a long time and sustainably, a small-scale power plant is needed to take advantage of its natural potential, such as utilizing the flow of water. Therefore, a mini power plant was developed that utilizes kinetic energy from the flow of water so that it can drive a generator to produce electrical energy. The selection of the type and shape of the propeller as well as the appropriate variation of the blade slope is carried out to achieve the desired output value. In this study, we will use real-time testing. Tests were carried out on three variations of the blade slope, namely 5°, 10°, and 15°. The test results show that the most efficient blade slope data is at a blade slope of 15°. The output generated by the generator will be increased using a boost converter with a voltage range of 0.3 – 13.6 V at a speed of 54.7 – 543.2 rpm so that it can reach the voltage required by the battery charging module. By knowing these two essential aspects, it is hoped that this tool can make it easier for users to meet the needs of charging electronic devices in the open nature.*

Keywords: *Nano hydro, power plant, portable.*

I. PENDAHULUAN

Energi listrik merupakan salah satu sumber energi utama yang dimanfaatkan oleh manusia. Memanfaatkan potensi sumber daya alam dan topografi alam Indonesia, pembangkit listrik menghasilkan energi listrik. Salah satu jenis pembangkit listrik yang memanfaatkan sumber daya alam dan ramah lingkungan, salah satunya digerakkan oleh pergerakan air.

Berbagai kegiatan, seperti mendaki gunung, berkemah, bepergian, dan melakukan penelitian, dapat dilakukan di alam terbuka. Sepanjang aksi, pasokan energi listrik diperlukan untuk mengisi ulang gadget elektronik yang diperlukan. *Power bank* merupakan salah satu perangkat

elektronik yang digunakan oleh masyarakat sebagai pengisi daya perangkat komunikasi dan penerangan. Namun, jika aktivitas di luar ruangan memakan waktu beberapa hari, kapasitas penyimpanan *power bank* tidak dapat memenuhi kebutuhan energi listrik. Oleh karena itu, diperlukan pembangkit listrik skala kecil yang dapat memanfaatkan sumber daya alam di sekitarnya dengan memanfaatkan aliran air sebagai sumber dayanya.

Pembangkit listrik tenaga nano hidro portabel ini adalah contoh teknologi alternatif yang dapat digunakan untuk menghasilkan listrik di udara terbuka. Pembangkit listrik tenaga mikro hidro ini dibuat agar mudah digunakan dan fungsional[1]–[5]. Baling-baling baling-baling dapat digerakkan oleh energi kinetik yang diciptakan oleh aliran

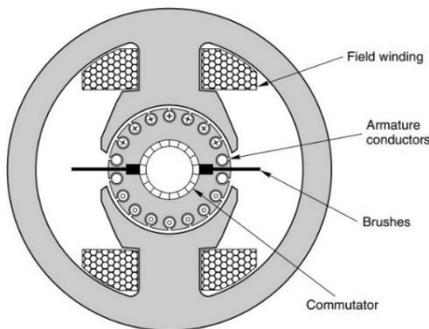
air ke dalam baling-baling. Baling-baling sangat cocok untuk digunakan di sungai dengan arus datar dan saluran irigasi terbuka.

Berdasarkan konteks tersebut, penulis mengangkat judul penelitian “Desain dan Simulasi Prototipe Pembangkit Listrik Tenaga Nano Hidro Portabel”. Diharapkan dengan diproduksinya alat ini dapat membantu kemajuan teknologi industri elektronika.

II. STUDI PUSTAKA

A. Generator DC

Generator adalah motor yang menghasilkan listrik dengan menggunakan energi mekanik sebagai tenaga penggerak. Ketika rotor generator berputar, belitan pada kutub magnet menjadi magnet, sehingga terjadi perbedaan tegangan. Pembentukan perbedaan tegangan dapat mengakibatkan pembentukan arus listrik.



Gambar 1. Konstruksi Generator DC [10], [11]

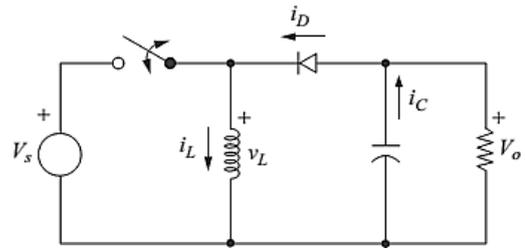
Rotor dan stator adalah dua komponen penting dari keseluruhan arsitektur generator. Rotor adalah komponen generator yang berputar pada porosnya. Komponen rotor termasuk inti, koil, cincin geser, dan sikat. Sedangkan Stator merupakan komponen statis atau silent. Stator menampung poles primer dan sekunder, kutub dan belitan bantu, dan bantalan poros.

Stator generator DC terdiri dari rangka motor, belitan stator, sikat arang, bantalan, dan kotak terminal. Sebaliknya, rotor terdiri dari komutator, belitan rotor, kipas rotor, dan poros rotor. Jika rotor berputar di bawah pengaruh medan magnet, gulungan kawat di rotor akan melintasi medan magnet. Ini akan menciptakan tegangan listrik. Di tempat ini, medan magnet memotong konduktor hingga batas terbesarnya. Ketika ujung belitan rotor dihubungkan ke dua cincin, dihasilkan AC (arus bolak-balik) sinusoidal. Ketika ujung belitan rotor dihubungkan ke komutator cincin tunggal dengan dua bagian, dua gelombang positif arus searah dihasilkan.

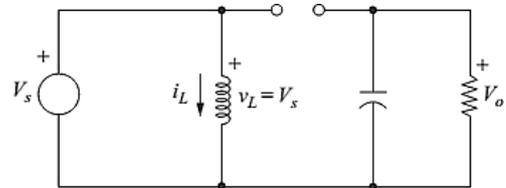
Generator DC Mini 12V digunakan dalam pembuatan sistem Pembangkit Listrik Tenaga Nano Hidro Portabel.

B. DC-DC Buck-Boost Converter

DC-DC Buck-Boost Converter adalah konverter DC-DC yang dapat memberikan tegangan keluaran yang lebih tinggi atau lebih rendah dari tegangan masukan. Tegangan keluaran dari DC-DC Buck-Boost Converter memiliki polaritas yang berlawanan dengan tegangan masukan [6], [7].

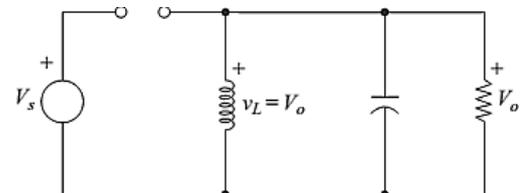


Gambar 2. Rangkaian Dasar Buck-Boost Converter



Gambar 3. Rangkaian Dasar Buck-Boost Converter Switch ON

Tegangan input akan dihubungkan ke induktor setiap kali sakelar dalam posisi tertutup atau ketika dalam keadaan ON. Terapkan sejumlah energi ke beban pada saat yang sama.



Gambar 4. Rangkaian Dasar Buck-Boost Converter Switch OFF

Karena induktor terhubung ke output dan kapasitor saat sakelar dalam posisi terbuka atau dalam posisi OFF, energi dapat mengalir dari induktor ke kapasitor dan kemudian ke beban.

C. B-Series Propeller

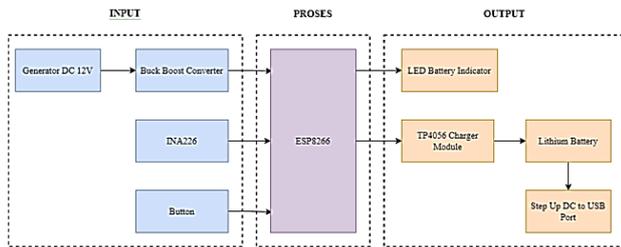
Salah satu jenis baling-baling yang aplikasinya tersebar luas, khususnya di industri perkapalan, dikenal sebagai B-Series Propeller. Baling-baling Seri-A adalah pendahulu dari Baling-Baling Seri-B, yang merupakan jenis baling-baling yang telah mengalami kemajuan signifikan sejak diperkenalkan.

Gaya baling-baling khusus ini memiliki daun yang lebih lebar di ujungnya (ujung bilah). Desain Propeller B-Series telah diubah sebagai hasil dari berbagai uji coba yang telah dilakukan. Model baling-baling ini telah mengalami revisi berkala, di mana perubahan pada pitch, area bilah, dan jumlah bilah telah diperiksa secara menyeluruh. Seri ini dibuat menggunakan kurva yang dirancang untuk mencerminkan fitur uji perairan terbuka, dan dilakukan dengan menggunakan total 120 baling-baling yang diuji di Basin Model Kapal Belanda [8]. B-Series Propeller, yang juga dikenal sebagai Troost-Series, telah digunakan secara luas di negara-negara Eropa karena fakta bahwa ia memiliki efisiensi blade yang baik dan fitur kavitasitas yang tidak seburuk opsi lainnya.

III. METODE

A. Perancangan Sistem

Diagram blok sistem pembangkit listrik tenaga nano hidro portabel ditunjukkan pada Gambar 5. Sistem ini menerima masukan dari energi kinetik aliran air pada sudu-baling-baling. Energi kinetik akan menggerakkan bilah baling-baling dan menghasilkan generator DC, yang memungkinkannya memberikan keluaran energi listrik arus dan tegangan.

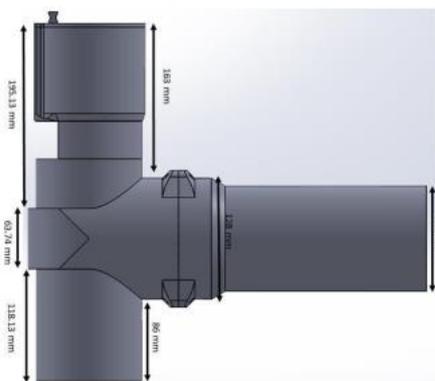


Gambar 5. Diagram Blok Sistem

Buck-Boost Converter akan menaikkan atau menurunkan tegangan yang dihasilkan oleh generator DC hingga mencapai nilai yang ditentukan. Jika tegangan telah tercapai, Baterai Lithium-Ion 18650 akan terus mengisi dan menyimpan energi hingga mencapai kapasitas maksimumnya. Kedua LED indikator pada modul pengisian IC TP4056 otomatis mati saat baterai terisi penuh. ESP8266 berfungsi sebagai pengontrol tegangan dan arus yang terekam oleh Sensor INA226. Pembangkit listrik tenaga nano hidro portabel ini dilengkapi dengan port USB untuk mengisi daya perangkat komunikasi pengguna.

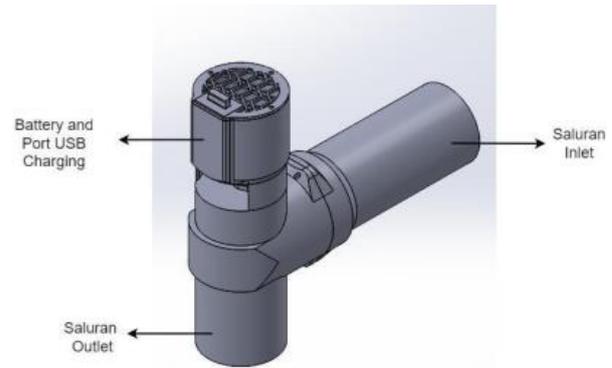
B. Perancangan Mekanik

Desain perangkat keras terdiri dari dimensi ukuran alat dan tampilan keseluruhan desain mekanis. Performa alat akan dipengaruhi oleh desain perangkat kerasnya. Semua komponen mekanis pembangkit listrik tenaga nano hidro portabel diproduksi menggunakan printer 3D setelah dikembangkan menggunakan perangkat lunak CAD [2], [9]. Berikut adalah desain perangkat keras untuk pembangkit listrik tenaga nano hidro portabel:



Gambar 6. Dimensi tampak samping pembangkit listrik tenaga nano hidro portabel

Karena dimaksudkan untuk dibawa dari satu tempat ke tempat lain, Pembangkit Listrik Tenaga Nano Hidro Portabel terdiri dari tiga bagian utama yang dapat dipertukarkan. Komponen pertama adalah port yang dapat dilepas untuk mengisi daya perangkat. Untuk memastikan bahwa Port Pengisian dapat dilepas dan digunakan bahkan setelah LED



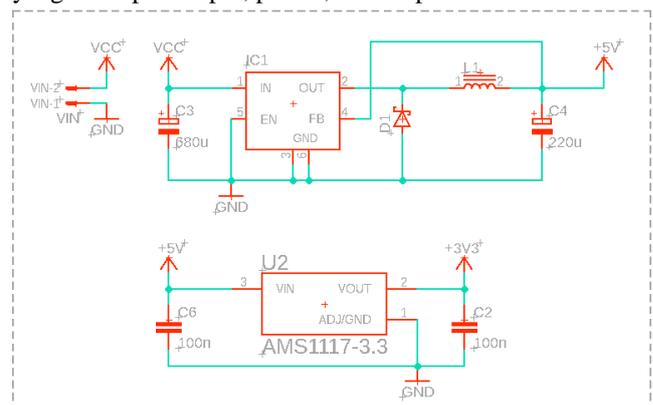
Gambar 7. Detail bagian pembangkit listrik tenaga nano hidro portabel

pada Indikator Level Baterai menunjukkan bahwa baterai telah terisi penuh, posisi alat tidak perlu diubah di tempat di mana alat itu berada. digunakan. Jika Anda ingin mengisi ulang baterai, yang harus Anda lakukan adalah menyambungkan kembali Port Pengisian Daya ke perangkat yang telah dipasang di tempat pertama kali dipasang. Bagian nomor dua adalah bagian masuknya aliran air yang menuju ke bagian nomor tiga, yaitu bagian aliran air yang merupakan outlet. Sedangkan bagian nomor tiga adalah bagian aliran air yang merupakan outlet.

Putaran baling-baling yang dihubungkan ke motor melalui poros dapat menggerakkan Generator DC 12V, yang berfungsi sebagai pembangkit listrik dan mampu menghasilkan tegangan dan arus. Arus air menyebabkan baling-baling berputar pada kecepatan yang ditentukan, yang memungkinkannya memberi daya pada generator saat melakukannya.

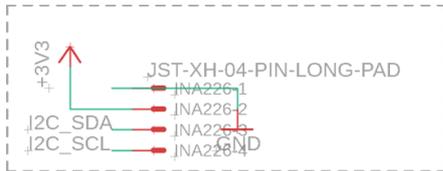
C. Perancangan Elektronik

Selain pentingnya pengembangan perangkat keras dan alat mekanis lainnya, desain sistem kelistrikan juga sangat penting. Dalam hal kinerja sistem mekanis, memiliki sistem kelistrikan yang dibangun dengan baik akan berdampak positif, sehingga berfungsi dengan baik dan potensi maksimalnya. Untuk itu, sangat penting untuk membangun sistem kelistrikan yang baik di Pembangkit Listrik Tenaga Nano Hidro Portabel sehingga seluruh sistem dapat bekerja dengan baik sebagaimana mestinya. Sistem kelistrikan yang ditempatkan di dalam Pembangkit Listrik Tenaga Nano Hidro Portabel telah dibagi menjadi tiga komponen utama untuk kenyamanan Anda. Secara khusus, sistem kelistrikan yang hadir pada input, proses, dan output.



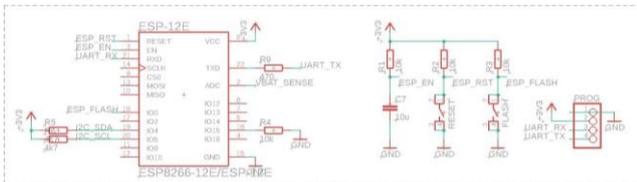
Gambar 8. Rangkaian regulator tegangan

Rangkaian listrik yang pertama merupakan rangkaian input yang terdiri dari rangkaian *buck-boost converter* dan rangkaian pengatur tegangan. Ada dua jenis rangkaian pada rangkaian regulator tegangan yaitu rangkaian DC *buck converter* dan rangkaian Regulator Tegangan LDO (*Low Drop Out*). IC LM2596 digunakan pada rangkaian buck converter sebagai kontrol switching untuk menurunkan tegangan input dari *buck boost* menjadi 5V. Tegangan 5V digunakan untuk memasukkan tegangan pengisian baterai. Tegangan 5V kemudian diturunkan menjadi 3.3V dengan menggunakan IC AMS117 LDO (*Low Drop Out*) untuk mensuplai tegangan input komponen digital seperti mikrokontroler ESP8266 dan sensor INA226.



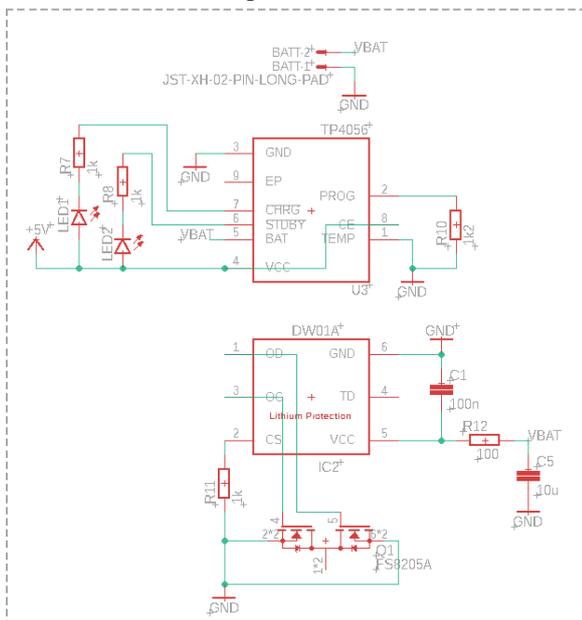
Gambar 9. Rangkaian sensor INA226

Selain itu, protokol komunikasi I2C diimplementasikan pada desain kelistrikan bagian sensor, khususnya sensor INA226, sehingga data dapat dikirimkan ke mikrokontroler. Protokol komunikasi I2C adalah protokol serial yang menggunakan dua kabel, yang dikenal sebagai SDA (Serial Data) untuk jalur transmisi data dan SCL (Serial Clock) untuk produksi sinyal clock. Kedua kabel ini terhubung secara serial satu sama lain.



Gambar 10. Rangkaian mikrokontroler

Mikrokontroler NodeMCU ESP8266 digunakan dalam desain listrik yang disajikan di bagian prosedur. ESP8266 harus terhubung ke jaringan WiFi agar berfungsi dengan baik sebagai perangkat IoT (*Internet of Things*). Melalui penggunaan aplikasi Blynk, pembacaan tegangan generator akan dikirimkan ke smartphone.



Gambar 10. Rangkaian charge regulator

IC TP4056 digunakan dalam pembuatan sistem kelistrikan di bagian kontrol pengisian baterai. Tegangan input untuk bagian ini diatur pada 5V, dan arusnya adalah 1A. Pada saat baterai terisi penuh tegangannya sebesar 4,2 volt, dan baterai yang digunakan adalah Baterai Lithium Ion 18650 yang dirangkai secara paralel. Baterai dapat menampung hingga 4400 mAh pada kapasitas tertinggi.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian kinerja sistem terdiri dari tiga buah pengujian, yaitu pengujian generator tanpa beban, pengujian keluaran buck-boost converter tanpa beban di sungai, pengujian generator dengan beban di sungai.

Pada pengujian generator tanpa beban dihasilkan data analisa akurasi sebagai berikut.

Tabel 1. Pengujian Generator Tanpa Beban

Pengujian ke-	Kecepatan Putar Generator (rpm)			Tegangan Generator (volt)		
	5 ^o	10 ^o	15 ^o	5 ^o	10 ^o	15 ^o
1	54.7	58.9	67	0.3	0.5	0.9
2	151.8	183.8	196.5	0.8	1.2	1.4
3	176	223.3	246.8	1.1	1.2	1.7
4	231.3	260.4	291.2	1.3	1.3	2.2
5	279.7	390.1	445	1.8	2.6	2.6
6	341.7	411.1	467.3	2.1	2.6	2.7
7	388.2	472.5	498.9	2.2	2.7	2.7
8	437.9	480.2	530	2.2	2.7	2.7
9	451.2	482.3	541.5	2.4	2.7	2.7
10	471	491.6	543.2	2.7	2.7	2.74

Dapat ditarik kesimpulan dari tabel 1 bahwa nilai tegangan maksimum yang mampu dihasilkan oleh generator sebanding dengan nilai kecepatan putar generator, yang dapat ditemukan pada tabel. Ketika generator menyalakan sudu yang memiliki kemiringan sudu 5 derajat, nilai kecepatan putar awal adalah 54,7 putaran per menit, dan tegangan yang dihasilkan adalah 0,3 volt. Dan ketika generator berputar pada kecepatan putaran puncaknya yaitu 471 putaran per menit, tegangan yang dihasilkan adalah 2,7 volt.

Nilai kecepatan awal saat generator berputar adalah 58,9 rpm, dan tegangan yang dihasilkan sebesar 0,5V. Hal ini terjadi pada sudu yang memiliki kemiringan sudu 10 derajat. Dan ketika generator beroperasi pada kecepatan putaran puncaknya, yaitu 491,6 putaran per menit, tegangan yang dihasilkan adalah 2,7 volt.

Ketika generator berputar pada sudu yang memiliki kemiringan sudu 15 derajat, nilai kecepatan awal adalah 67 putaran per menit, dan tegangan yang dihasilkan adalah 0,9 volt. Saat generator berputar pada kecepatan tertinggi, yaitu 543,2 putaran per menit (rpm), tegangan yang dihasilkan adalah 2,74 volt.

Pada pengujian keluaran buck-boost converter tanpa beban di sungai dihasilkan data analisa akurasi sebagai berikut.

Tabel 2. Pengujian Keluaran Buck-Boost Converter Tanpa Beban di Sungai (dengan kelajuan aliran air 0.415 m/s sampai dengan 3.2 m/s)

Pengujian ke-	Kecepatan Putar Generator (rpm)			Tegangan Buck-Boost (volt)		
	5 ^o	10 ^o	15 ^o	5 ^o	10 ^o	15 ^o
1	54.7	58.9	67	0.001	0.001	0.001
2	151.8	183.8	196.5	0.001	0.001	0.001
3	176	223.3	246.8	0.001	0.001	0.001
4	231.3	260.4	291.2	0.001	0.001	0.001
5	279.7	390.1	445	0.001	0.001	0.001
6	341.7	411.1	467.3	0.001	0.001	12.75
7	388.2	472.5	498.9	0.001	12.84	12.82
8	437.9	480.2	530	0.001	12.72	12.88
9	451.2	482.3	541.5	0.001	12.81	13.32
10	471	491.6	543.2	12.61	12.76	13.6

Informasi dalam tabel 2 dapat digunakan untuk analisis; misalnya *buck boost* dengan tegangan input 2,7V dan tegangan output 12,61V pada baling-baling dengan kemiringan blade 5. Nilai output *buck boost* adalah 0 volt jika tegangan input kurang dari 2,7 volt. Jika tegangan input rangkaian *buck boost* adalah 2,7 volt, maka tegangan maksimum yang dapat dihasilkan oleh propeller dengan kemiringan sudu 10 derajat adalah 12,72 sampai 12,84 volt. Untuk tegangan input di bawah 2.7V, *buck boost* akan memberikan output 0V. Jika tegangan input pada rangkaian *buck boost* adalah 2,7 volt, maka tegangan maksimum yang dapat dihasilkan oleh baling-baling dengan kemiringan sudu 15 derajat adalah antara 12,75 dan 13,6 volt. *Buck boost* hanya akan menghasilkan nilai 0V pada outputnya jika tegangan input lebih besar dari 2,7V.

Pada pengujian generator dengan beban di sungai dihasilkan data analisa akurasi sebagai berikut.

Tabel 3. Pengujian Generator Dengan Beban di Sungai (Tegangan)

Pengujian ke-	Kecepatan Putar Generator (rpm)			Tegangan Generator (volt)		
	5 ^o	10 ^o	15 ^o	5 ^o	10 ^o	15 ^o
1	54.7	58.9	67	0.3	0.5	0.9
2	151.8	183.8	196.5	0.8	1.2	1.4
3	176	223.3	246.8	1.1	1.22	1.7
4	231.3	260.4	291.2	1.3	1.3	2.2
5	279.7	390.1	445	1.8	2.6	2.6
6	341.7	411.1	467.3	2.1	2.6	2.7
7	388.2	472.5	498.9	2.2	2.7	2.7
8	437.9	480.2	530	2.2	2.7	2.7
9	451.2	482.3	541.5	2.4	2.7	2.7
10	471	491.6	543.2	2.7	2.71	2.74

Tabel 4. Pengujian Generator Dengan Beban di Sungai (Arus)

Pengujian ke-	Kecepatan Putar Generator (rpm)			Arus Generator (mA)		
	5 ^o	10 ^o	15 ^o	5 ^o	10 ^o	15 ^o
1	54.7	58.9	67	2.8	4.21	9.1

2	151.8	183.8	196.5	7.6	11.3	13.2
3	176	223.3	246.8	10.2	11.7	16.4
4	231.3	260.4	291.2	11.6	12.2	22.4
5	279.7	390.1	445	17.4	24	25.1
6	341.7	411.1	467.3	20.7	25.1	26.3
7	388.2	472.5	498.9	21	26.2	26.6
8	437.9	480.2	530	21.6	26.7	26.6
9	451.2	482.3	541.5	23.3	26.7	27
10	471	491.6	543.2	26.4	26.9	27

Analisis data dapat diambil dari tabel 4 yang terletak di atas. Khusus pada baling-baling yang memiliki kemiringan sudu 5 derajat, nilai kecepatan putar awal generator sebesar 54,7 rpm, dan nilai tegangan generator sebesar 0,3V, sedangkan nilai arus generator sebesar 2,8 mA. Angka terbesar untuk kecepatan putar generator adalah 471 putaran per menit, sedangkan tegangan generator adalah 2,7 volt dan arus generator adalah 26,4 miliampere.

Pada baling-baling dengan kemiringan sudu 10 derajat, nilai kecepatan putar awal generator adalah 58,9 putaran per menit. Generator memiliki nilai tegangan 0,5 volt dan nilai arus 4,21 miliampere. Dengan nilai tegangan generator 2,71V dan nilai arus generator 26,9 mA, nilai tertinggi untuk kecepatan putar generator adalah 491,6 rpm.

Kecepatan putar awal generator adalah 67 rpm pada propeller dengan kemiringan sudu 15 derajat. Tegangan generator adalah 0,9V, dan arus generator adalah 9,1 mA. Nilai terbesar untuk kecepatan putar generator adalah 543,2 rpm, dengan nilai tegangan generator 2,74V dan nilai arus generator 27mA.

V. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian dan analisis yang diperoleh dapat disimpulkan bahwa pembangkit listrik tenaga nano hidro portabel yang telah dibuat dapat menghasilkan arus dan tegangan sesuai dengan spesifikasi arus dan tegangan pada perancangan dengan tingkat kestabilan yang cukup baik yang dibuktikan dengan data analisis sebelumnya. Untuk perbaikan sistem, perlu dilakukan desain ulang sudu bilah untuk memperbesar energi kinetik yang diterima dan mempertimbangkan penggunaan generator dengan keluaran yang lebih besar.

REFERENSI

- [1] S. A. Fornanda, M. R. T. Siregar, and H. S. Dini, "RANCANG BANGUN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA NANO HIDRO BERBASIS GENERATOR FLUKS AKSIAL MAGNET PERMANEN." INSTITUT TEKNOLOGI PLN, 2020.
- [2] L. G. R. Priyawan and S. T. Tindyo Prasetyo, "Rancang Bangun Prototipe Pembangkit Listrik Tenaga Nano Hidro Portable Sebagai Sumber Energi Alternatif." Universitas Muhammadiyah Surakarta, 2021.
- [3] A. Supardi and M. Y. Raya, "Development of a Low Cost Portable Hydro and Wind Power as Emergency Power Source," in *Journal of Physics: Conference Series*, 2021, vol. 1858, no. 1, p. 12049.
- [4] A. Supardi, "Rancang Bangun Pembangkit Nanohidro Untuk Keperluan Darurat Di Alam Terbuka," *JTEV (Jurnal Tek. Elektro dan Vokasional)*, vol. 5, no. 1.1, pp. 85–89, 2019.

- [5] G. Gurum Ahmad Pauzi, M. R. Muhammad Ridwan, A. S. AMIR SUPRIYANTO, and S. W. Suciwati, "Design of Portable Nano-hydro Generator for Lighting in Mountain Areas," *J. Energy, Mater. Instrum. Technol.*, vol. 3, no. 2, pp. 50–56, 2022.
- [6] S. N. Soheli, G. Sarowar, M. A. Hoque, and M. S. Hasan, "Design and analysis of a dc-dc buck boost converter to achieve high efficiency and low voltage gain by using buck boost topology into buck topology," in *2018 International Conference on Advancement in Electrical and Electronic Engineering (ICAEEE)*, 2018, pp. 1–4.
- [7] E. H. Marquez, R. S. Ortigoza, J. R. G. Sanchez, V. H. G. Rodriguez, and J. N. A. Juarez, "A New 'DC/DC Buck-Boost Converter-DC Motor' System: Modeling and Experimental Validation," *IEEE Lat. Am. Trans.*, vol. 15, no. 11, pp. 2043–2049, 2017.
- [8] M. M. Barnitsas, D. Ray, and P. Kinley, "KT, KQ and efficiency curves for the Wageningen B-series propellers," University of Michigan, 1981.
- [9] A. C. P. Brasil Junior, R. C. F. Mendes, T. Wirrig, R. Noguera, and T. F. Oliveira, "On the design of propeller hydrokinetic turbines: the effect of the number of blades," *J. Brazilian Soc. Mech. Sci. Eng.*, vol. 41, no. 6, pp. 1–14, 2019.
- [10] A. Hughes and B. Drury, *Electric motors and drives: fundamentals, types and applications*. Newnes, 2019.
- [11] A. Sakura, A. Supriyanto, and A. Surtono, "Rancang bangun generator sebagai sumber energi listrik nanohidro," *J. Teor. dan Apl. Fis.*, vol. 5, no. 2, pp. 129–134, 2017.