

Pengaruh Sudut Propeller Jenis Pelton terhadap Performa Pembangkit Listrik Nano Hidro Portabel dalam Kegiatan Luar Ruangan

Fitri¹, Anindya Dwi Risdhayanti², Dinda Ayu Permatasari³, Wahyu Tri Wahono, Galih Putra Riatma⁵

e-mail: fitri@polinema.ac.id, risdhayanti@polinema.ac.id, prmtsrdinda@gmail.com,
wahyu_tri@polinema.ac.id, griatma@polinema.ac.id

^{1,2,3,4,5}Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Malang, Jalan Soekarno Hatta No.9 Malang, Indonesia

Informasi Artikel

Riwayat Artikel

Diterima 18 Juni 2023

Direvisi 25 Juli 2023

Diterbitkan 31 Juli 2023

Kata kunci:

Nano hidro

Pembangkit listrik

Portabel

ABSTRAK (9 PT)

Ada banyak hal yang dapat dilakukan oleh masyarakat di luar atau di alam. Salah satu hal yang paling penting untuk kegiatan ini adalah perangkat pengisian daya fleksibel dan portabel, seperti bank daya. Tetapi untuk kebutuhan pengisian daya jangka panjang dan berkelanjutan, pembangkit listrik skala kecil diperlukan yang dapat menggunakan sumber daya alam di daerah tersebut, seperti aliran air. Jadi, pembangkit listrik mini telah dibuat yang menggunakan energi kinetik aliran air untuk menggerakkan mesin dan menghasilkan listrik, terdapat kendala yaitu listrik yang dibangkitkan hanya kecil sekitar 8-10V. Dari hal tersebut, maka penelitian ini merancang jenis dan bentuk propeller menggunakan jenis Pelton untuk mendapatkan tingkat output yang diinginkan. Untuk mendapatkan tingkat output yang diinginkan, jenis dan bentuk propeller yang tepat dipilih, dan sudut kemiringan pada sendok propeller diubah. Penelitian ini juga melibatkan tes waktu nyata, di mana kemiringan sudu dibuat 3 variasi yaitu 10° , 15° dan 20° . Dari hasil tes ini, data menunjukkan bahwa kemiringan 20° adalah cara yang paling efektif untuk menghasilkan energi. Hasil generator ini kemudian akan ditingkatkan dengan menggunakan konverter dengan kisaran tegangan antara 0.4 dan 13.7 V dan kecepatan rotasi antara 55.7 dan 544.2 rpm, sehingga tingkat tegangan yang dibutuhkan oleh modul pengisian baterai dapat dicapai. Dengan pengetahuan tentang dua faktor penting ini, alat ini harus memudahkan orang untuk mengisi daya perangkat elektronik mereka di luar. Ada banyak hal yang dapat dilakukan oleh masyarakat di luar atau di alam. Salah satu hal yang paling penting untuk kegiatan ini adalah perangkat pengisian daya fleksibel dan portabel, seperti bank daya. Tetapi untuk kebutuhan pengisian daya jangka panjang dan berkelanjutan, pembangkit listrik skala kecil diperlukan yang dapat menggunakan sumber daya alam di daerah tersebut, seperti aliran air. Jadi, pembangkit listrik mini telah dibuat yang menggunakan energi kinetik aliran air untuk menggerakkan mesin dan menghasilkan listrik. Untuk mendapatkan tingkat output yang diinginkan, jenis dan bentuk propeller yang tepat dipilih, dan sudut kemiringan pada sendok propeller diubah. Penelitian ini juga melibatkan tes waktu nyata, di mana kemiringan sudu dibuat 3 variasi yaitu 10° , 15° dan 20° . Dari hasil tes ini, data menunjukkan bahwa kemiringan 20° adalah cara yang paling efektif untuk menghasilkan energi. Hasil generator ini kemudian akan ditingkatkan dengan menggunakan konverter dengan kisaran tegangan antara 0.4 dan 13.7 V dan kecepatan rotasi antara 55.7 dan 544.2 rpm, sehingga tingkat tegangan yang dibutuhkan oleh modul pengisian baterai dapat dicapai. Dengan pengetahuan tentang dua faktor penting ini, alat ini harus memudahkan orang untuk mengisi daya perangkat elektronik mereka di luar.



ABSTRACT (9 PT)

Keywords:

First keyword
Second keyword
Third keyword

There are many things that people can do outside or in nature. One of the most important things for these activities is a flexible and portable charging device, such as a power bank. But for long-term and sustainable charging needs, small-scale power plants are needed that can use natural resources in the area, such as water flow. So, a mini power plant has been made that uses the kinetic energy of water flow to drive the engine and generate electricity, there is an obstacle that the electricity generated is only small around 8-10V. From this, this research designs the type and shape of the propeller using the Pelton type to get the desired output level. To get the desired output level, the right type and shape of propeller is selected, and the angle of inclination on the propeller scoop is changed. The research also involves real-time tests, where the tilt of the blades is made 3 variations namely 100, 150 and 200. From the results of these tests, the data shows that a tilt of 200 is the most effective way to generate energy. The output of this generator will then be scaled up using converters with a voltage range between 0.4 and 13.7 V and a rotational speed between 55.7 and 544.2 rpm, so that the voltage levels required by the battery charging module can be achieved. With knowledge of these two important factors, this tool should make it easier for people to charge their electronic devices outside.

Penulis Korespondensi:

Fitri,
Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Malang,
Jalan Soekarno Hatta No.9 Malang, Indonesia, 65141.
Email: fitri@polinema.ac.id
Nomor HP/WA aktif: +62 812-3365-230

1. PENDAHULUAN

Pemanfaatan energi terbarukan menjadi semakin penting dalam menghadapi tantangan global yang terkait dengan keberlanjutan lingkungan dan keterbatasan sumber daya energi konvensional. Salah satu sumber energi terbarukan yang menarik perhatian adalah energi hidrokinetik, yaitu energi yang dihasilkan dari aliran air seperti sungai, sungai kecil, atau sungai terjun. Energi hidrokinetik memiliki potensi besar untuk menghasilkan listrik yang bersih dan berkelanjutan.

Namun, implementasi pembangkit listrik tenaga air tradisional sering kali terkendala oleh faktor-faktor seperti ukuran dan biaya infrastruktur yang besar, serta ketergantungan pada lokasi yang memiliki aliran air yang kuat dan konstan. Untuk mengatasi hambatan-hambatan tersebut, penelitian terus dilakukan untuk mengembangkan solusi yang inovatif dan portabel yang dapat menghasilkan listrik dari energi hidrokinetik. Salah satu pendekatan yang menjanjikan adalah menggunakan teknologi nano hidro, yaitu pemanfaatan nano generator hidrokinetik. Nano generator hidrokinetik adalah suatu perangkat yang dapat mengubah energi kinetik dari air menjadi energi listrik melalui interaksi antara air dan struktur nano-skala. Teknologi nano hidro menawarkan berbagai keunggulan, seperti ukuran yang kecil, bobot ringan, dan kemampuan untuk menghasilkan listrik bahkan dari aliran air dengan kecepatan rendah [1]–[5].

Dalam konteks kegiatan luar ruangan, seperti pendakian, camping, atau eksplorasi alam, akses terhadap sumber listrik yang portabel menjadi sangat penting. Banyak peralatan elektronik yang dibutuhkan, seperti lampu penerangan, peralatan komunikasi, dan pengisian daya perangkat elektronik pribadi seperti ponsel atau GPS. Penggunaan pembangkit listrik tenaga nano hidro (PLTNH) portabel dapat memberikan solusi yang efisien dan ramah lingkungan untuk memenuhi kebutuhan energi di lingkungan terpencil dan jauh dari sumber listrik konvensional. Pada jurnal ini penulis bertujuan untuk mengeksplorasi potensi PLTNH portabel sebagai sumber tenaga listrik kegiatan luar ruangan. Penulis akan meninjau berbagai studi terkait yang telah dilakukan sebelumnya untuk memahami perkembangan terbaru dalam teknologi nano hidro dan penerapannya dalam konteks kegiatan luar ruangan. Penulis juga akan mengidentifikasi tantangan dan peluang dalam menerapkan teknologi ini secara

p-ISSN: 2356-0533; e-ISSN: 2355-9195



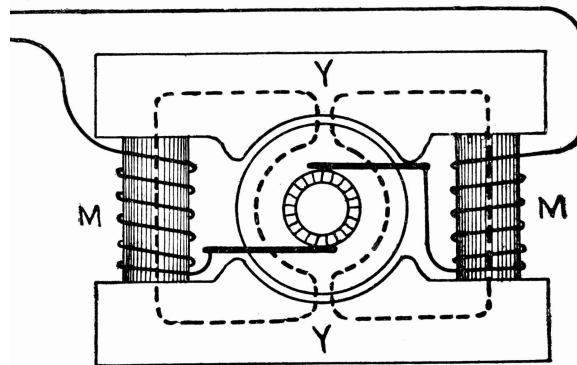
lebih luas serta menjelaskan bagaimana teknologi ini dapat berkontribusi dalam memenuhi kebutuhan energi portabel di luar ruangan.

Berdasarkan konteks tersebut, penulis mengangkat judul penelitian "Pembangkit Listrik Tenaga Nano Hidro Portabel sebagai Sumber Energi Kegiatan Luar Ruang". Yang ke depan dapat membantu majunya teknologi di bidang industri elektronika.

2. STUDI PUSTAKA

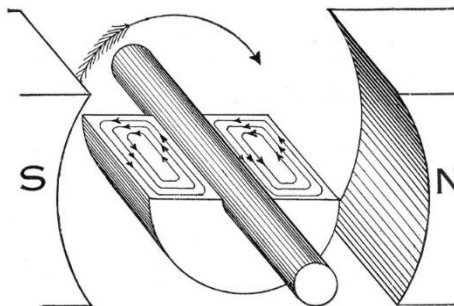
2.1 Generator DC

Generator arus searah (DC) adalah perangkat elektromekanis yang merubah energi mekanik menjadi energi listrik arus searah. Prinsip dasar operasi generator DC didasarkan pada hukum elektromagnetisme Faraday, yang menyatakan bahwa perubahan fluks magnetik melalui suatu kumparan akan menginduksi tegangan listrik di dalamnya. Gambar 1 menunjukkan konstruksi Generator DC [6], [7]. Generator DC telah digunakan secara luas dalam berbagai aplikasi, termasuk pembangkit listrik, industri, transportasi, dan komunikasi.



Gambar 1: Konstruksi Generator DC

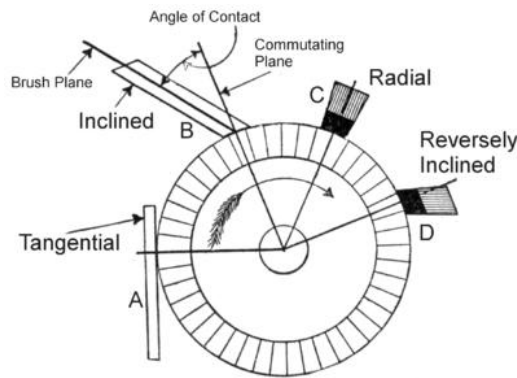
Pembangkitan tegangan DC dalam generator dilakukan melalui dua proses utama: induksi elektromagnetik dan komutasi. Induksi elektromagnetik pada generator DC tampak pada Gambar 2. Proses induksi elektromagnetik melibatkan rotasi penghasil (rotor) yang terdiri dari lilitan kawat yang ditempatkan di dalam medan magnet permanen atau medan magnet yang dihasilkan oleh kumparan medan. Ketika rotor berputar, lilitan rotor memotong medan magnet, menyebabkan terjadinya fluks magnetik berubah. Hal ini menghasilkan induksi tegangan pada lilitan rotor sesuai dengan hukum Faraday. Tegangan yang dihasilkan pada lilitan rotor kemudian dihubungkan ke lilitan keluaran (stator) melalui proses komutasi.



Gambar 2: Induksi Elektromagnetik pada Generator DC

Proses komutasi terjadi dengan menggunakan cincin komutator dan sikat, yang menghubungkan lilitan rotor dengan lilitan stator secara bergantian saat rotor berputar. Cincin komutator terdiri dari segmen-segmen konduktif terpisah yang terhubung ke lilitan rotor tampak pada Gambar 3. Ketika segmen-segmen komutator berhubungan dengan sikat yang terpasang secara tetap, tegangan induksi yang dihasilkan pada lilitan rotor dapat dialirkan melalui lilitan stator dan dihasilkan sebagai tegangan output DC.



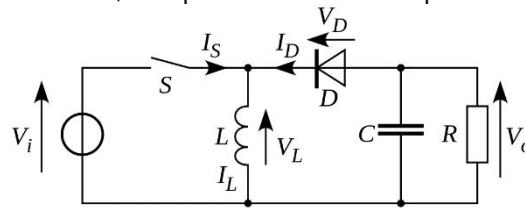


Gambar 3: Komutator pada Generator DC

Generator DC memiliki banyak aplikasi dalam berbagai bidang. Salah satu aplikasi yang paling umum adalah dalam pembangkit listrik, baik dalam skala besar maupun skala kecil. Generator DC sering digunakan dalam pembangkit listrik tenaga air mikro, sistem pembangkit listrik hybrid, dan sumber energi terbarukan lainnya. Selain itu, generator DC juga digunakan dalam industri, seperti mesin-mesin industri, peralatan pengelasan, dan mesin-mesin penggerak.

2.2 Konverter Buck-Boost

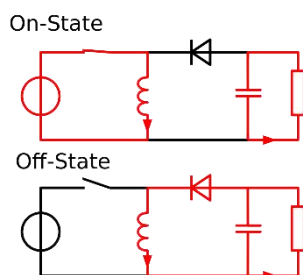
Konverter Buck Boost merupakan perangkat elektronik untuk mengubah tegangan DC dari satu tingkat tegangan menjadi tingkat tegangan yang lebih rendah atau lebih tinggi. Konverter ini menggunakan prinsip-switching untuk mengatur aliran energi dan menghasilkan tegangan keluaran yang diinginkan tampak pada Gambar 4 [8], [9]. Konverter Buck Boost memiliki aplikasi yang luas dalam berbagai sistem daya, seperti sistem penyimpanan energi, kendaraan listrik, komunikasi nirkabel, dan peralatan elektronik portabel.



Gambar 4: Skematik Konverter Buck Boost

Konverter Buck Boost bekerja berdasarkan prinsip switch-mode power supply, dengan transistor daya (biasanya MOSFET) difungsikan menjadi saklar elektronik untuk mengendalikan arus listrik, untuk status pengoperasian dari konverter buck-boost tampak pada Gambar 5. Konverter ini terdiri dari induktor, kapasitor, transistor daya, dan dioda. Prinsip dasar operasinya adalah sebagai berikut: 1) Mode Buck: Transistor daya diaktifkan untuk periode tertentu, sehingga arus mengalir melalui induktor dan dioda ke beban. Induktor menyimpan energi dalam bentuk medan magnetik. Tegangan keluaran lebih rendah dari tegangan input, dan 2) Mode Boost: Transistor daya dimatikan dan energi dalam induktor dilepaskan. Medan magnetik di induktor runtuh, menyebabkan arus berlanjut melalui dioda dan kapasitor. Kapasitor mengisi energi dan tegangan keluaran lebih tinggi dari tegangan input. Prinsip-switching yang digunakan dalam Konverter Buck Boost memungkinkan efisiensi yang tinggi, pengaturan tegangan yang presisi, dan kemampuan mengatasi fluktuasi tegangan input.



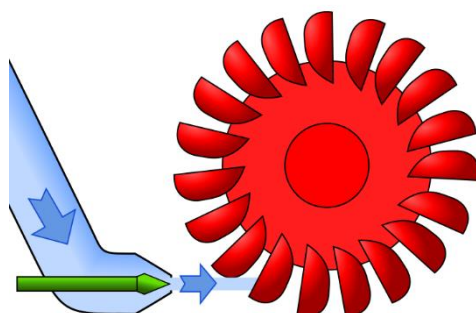


Gambar 5: Status Pengoperasian dari *Konverter Buck Boost*

Konverter Buck Boost digunakan dalam berbagai aplikasi di mana konversi tegangan DC diperlukan, terutama saat menghadapi perubahan tegangan input yang luas. Beberapa aplikasi utama dari Konverter Buck Boost adalah: 1) Sistem Penyimpanan Energi: Konverter Buck Boost digunakan dalam sistem penyimpanan energi seperti baterai dan superkapasitor untuk mengoptimalkan tegangan dan mengatur arus pengisian dan pengosongan, 2) Kendaraan Listrik: Dalam kendaraan listrik, Konverter Buck Boost digunakan untuk mengatur tegangan baterai agar sesuai dengan kebutuhan sistem daya seperti motor penggerak atau sistem pengisian, 3) Komunikasi Nirkabel: Konverter Buck Boost digunakan dalam perangkat komunikasi nirkabel untuk menghasilkan tegangan yang diperlukan untuk operasi perangkat elektronik yang efisien, dan 4) Peralatan Elektronik Portabel: Konverter Buck Boost digunakan dalam perangkat elektronik portabel seperti ponsel pintar dan tablet untuk mengubah tegangan baterai menjadi tingkat yang sesuai dengan kebutuhan perangkat.

2.3 Kincir Air Pelton

Kincir air Pelton adalah jenis kincir air yang digunakan untuk mengubah energi kinetik aliran air menjadi energi mekanik yang dapat digunakan untuk menggerakkan mesin atau menghasilkan listrik. Kincir air Pelton dikembangkan oleh Lester Allan Pelton pada tahun 1870 dan telah menjadi salah satu desain paling efisien untuk pembangkit listrik tenaga air. Sketsa dari kincir air pelton tampak pada Gambar 6.



Gambar 6: Sketsa Kincir Air Pelton

Prinsip dasar operasi kincir air Pelton didasarkan pada hukum kekekalan energi. Aliran air dengan tekanan tinggi dan kecepatan tinggi diarahkan melalui saluran yang diarahkan ke nozzle. Nozzle mengubah energi potensial air menjadi energi kinetik, sehingga air keluar dari nozzle dalam bentuk jet tinggi ke arah corong kincir. Corong kincir memiliki sudut yang tepat untuk mengarahkan jet air ke sudut yang sesuai dengan sudut sudu kincir. Jet air memasuki sudut sudu kincir dan menyebabkan sudu kincir berputar. Ketika air menumbuk sudu kincir, energi kinetiknya diubah menjadi energi mekanik yang digunakan untuk menggerakkan poros kincir. Poros ini dapat digunakan untuk menggerakkan berbagai jenis mesin, seperti generator untuk menghasilkan listrik [10], [11].

Kincir air Pelton memiliki beberapa keunggulan yang membuatnya menjadi pilihan populer dalam pembangkit listrik tenaga air: 1) Efisiensi Tinggi: Kincir air Pelton memiliki efisiensi yang tinggi dalam mengubah energi air menjadi energi mekanik. Desain sudu yang khas dan kemampuan untuk mengatur aliran air dengan tepat menghasilkan efisiensi yang optimal, 2) Cocok untuk Ketinggian Tinggi: Kincir air Pelton sangat cocok untuk daerah dengan ketinggian yang tinggi dan aliran air yang kuat. Hal ini memungkinkan pemanfaatan potensi energi air yang

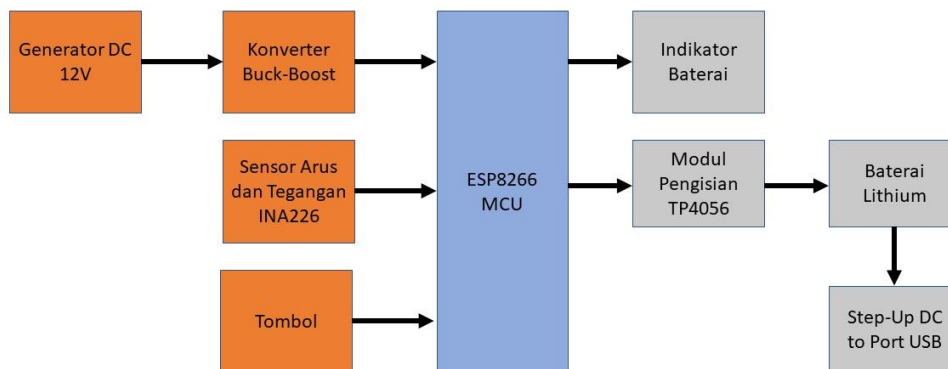


tinggi untuk menghasilkan daya yang signifikan, 3) Kontrol yang Baik: Kincir air Pelton dapat dengan mudah dikontrol dan diatur. Aliran air dapat disesuaikan dengan kebutuhan, sehingga memberikan fleksibilitas dalam menghasilkan daya yang diinginkan, dan 4) Tahan Lama dan Dapat Dipergunakan: Desain kincir air Pelton yang sederhana dan tahan lama membuatnya dapat digunakan dalam jangka waktu yang lama dengan perawatan yang minimal.

3. METODE PENELITIAN

3.1 Rancangan Sistem

Gambar 7 memperlihatkan blok diagram sistem PLTNH portabel. Sistem ini mendapatkan input energi kinetik dari aliran air yang terdapat pada sudut-sudut kincir air. Energi kinetik kemudian akan membuat bilah-bilah baling-baling bergerak dan menghasilkan keluaran berupa tegangan melalui generator DC. Dengan adanya generator DC ini, sistem memiliki kemampuan untuk menghasilkan output berupa energi listrik dalam bentuk daya listrik.

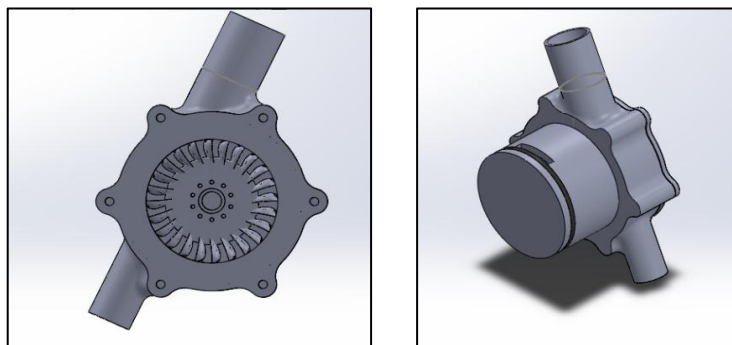


Gambar 7: Blok diagram Sistem PLTNH Portabel

Sedangkan bagian konverter buck-boost digunakan untuk mengatur besarnya tegangan output dari generator DC agar sesuai dengan yang diinginkan. Kemudian, baterai akan terus mengisi dan menyimpan energi sampai mendekati titik maksimum. Modul pengisian baterai dilengkapi dengan dua LED indikator yang secara otomatis mati ketika baterai telah terisi penuh. Bagian mikrokontroler berfungsi mengendalikan tegangan dan arus yang tercatat sensor arus dan tegangan. Sistem PLTNH portabel ini juga dilengkapi port USB yang berfungsi untuk mengisi energi perangkat listrik pengguna.

3.2 Desain Mekanik

Desain perangkat keras mencakup dimensi dan tampilan keseluruhan dari alat, dan unjuk kerja alat tersebut akan dipengaruhi oleh desain perangkat kerasnya. Komponen mekanis dari PLTNH portabel diproduksi menggunakan printer 3D setelah didesain menggunakan perangkat lunak CAD. Desain mekanik yang digunakan untuk PLTNH portabel tampak pada Gambar 8.



Gambar 8: Desain Mekanik Pembangkit Listrik Tenaga Nano Hidro Portabel

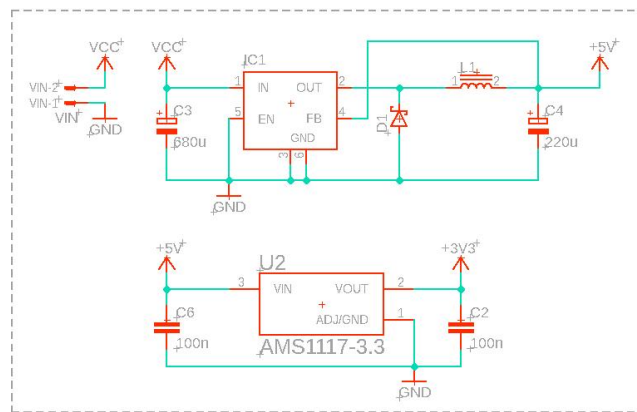


PLTNH Portabel terdiri dari tiga bagian utama yang dapat dibongkas pasang karena tujuannya untuk dipindahkan dari satu tempat ke tempat lain. Komponen pertama adalah port pengisian daya yang dapat dilepas. Port pengisian ini dirancang agar tetap dapat digunakan bahkan setelah penunjuk level baterai mengindikasikan baterai telah terisi penuh. Tidak perlu mengubah letak alat saat menggunakan port pengisian ini di tempat yang sedang digunakan. Jika ingin mengisi ulang baterai, Pengguna hanya perlu menyambungkan kembali port pengisian daya ke perangkat seperti saat pertama terhubung.

Bagian berikutnya merupakan bagian masukan aliran air yang mengarah ke bagian ketiga, yaitu bagian outlet aliran air. Di bagian ketiga ini terdapat baling-baling yang terhubung dengan motor melalui poros. Putaran baling-baling ini membuat Generator DC 12V berfungsi sebagai pembangkit listrik. Generator ini dapat memproduksi tegangan dan arus listrik. Aliran air membuat baling-baling berputar pada kecepatan yang diinginkan, sehingga memberikan daya pada generator.

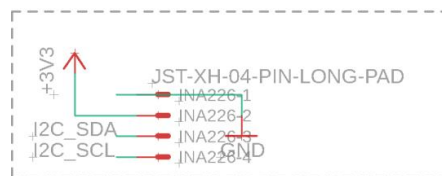
3.3 Desain Elektronik

Desain sistem kelistrikan juga memiliki tingkat penting yang tinggi. Keberhasilan kinerja bagian mekanik sangat dipengaruhi oleh adanya sistem kelistrikan yang dirancang dengan baik. Dengan memiliki bagian elektronik yang terintegrasi dengan baik, PLTNH Portabel dapat berfungsi dengan baik dan mencapai potensinya yang maksimal. Oleh karena itu, desain elektronik yang baik di dalam PLTNH menjadi sangat penting agar seluruh sistem dapat beroperasi dengan optimal. Bagian elektronik yang diterapkan dalam PLTNH Portabel terbagi menjadi tiga bagian utama, yaitu input, proses, dan output, untuk memastikan kenyamanan pengguna.



Gambar 9: Rangkaian Regulator Tegangan

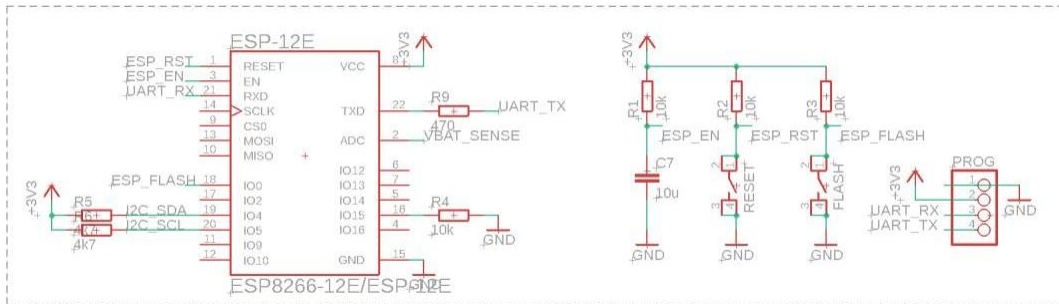
Rangkaian listrik pertama yang terdapat dalam PLTNH Portabel adalah rangkaian masukan, yang terdiri dari Konverter Buck Boost dan regulasi tegangan. Pada rangkaian pengatur tegangan terdapat dua jenis, yaitu konverter buck boost dan regulasi tegangan tampak pada Gambar 9. Rangkaian buck converter digunakan sebagai kontrol switching untuk menurunkan tegangan input dari buck boost menjadi 5V. Nilai tegangan sebesar 5V digunakan sebagai masukan untuk pengisian baterai. Selanjutnya, tegangan sebesar 5V dirubah menjadi tegangan 3.3V guna memberikan tegangan input yang tepat untuk bagian digital seperti sistem pemroses dan sensor arus-tegangan.



Gambar 10: Rangkaian Sensor Arus dan Tegangan

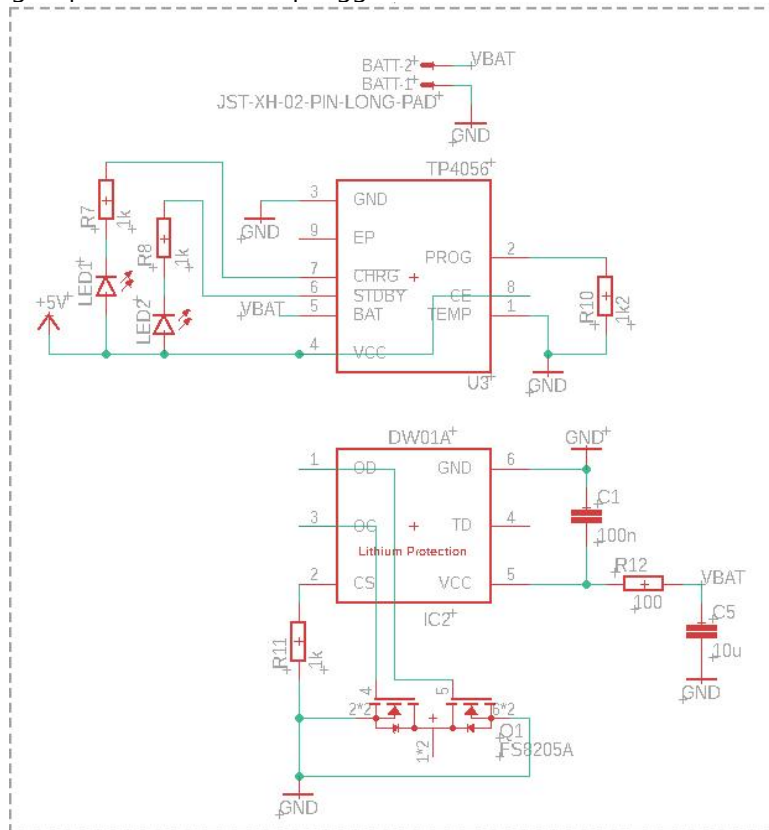


Selain itu, dalam desain kelistrikan bagian sensor, terdapat implementasi protokol komunikasi I2C yang memungkinkan transfer data dari sensor arus dan tegangan ke sistem kontrol. Protokol I2C merupakan protokol serial dengan dua kabel, yaitu SDA (Serial Data) sebagai piranti transmisi data, dan SCL (Serial Clock) sebagai sinyal pengaturan clock. Keduanya dihubungkan secara serial untuk memfasilitasi komunikasi antara sensor dan mikrokontroler.



Gambar 11: Rangkaian Sistem Kontrol

Mikrokontroler diintegrasikan dalam desain elektronik yang dijelaskan dalam bagian desain elektronik. Untuk memastikan kinerjanya sebagai perangkat IoT (Internet of Things) yang optimal, mikrokontroler harus terhubung ke jaringan WiFi. Aplikasi Blynk digunakan untuk pembacaan tegangan dari generator yang akan dikirimkan secara langsung ke piranti komunikasi pengguna.



Gambar 12: Rangkaian Pengatur Pengisian

IC jenis TP-4056 dimanfaatkan dalam pengembangan desain elektronik sebagai bagian pengatur pengisian baterai. Pada bagian ini, tegangan masukan diatur pada 5V, dan arus pengisian yang digunakan adalah sebesar 1A. Ketika baterai telah mencapai kapasistas maksimal, tegangan akan mencapai 4,2 volt. Jenis baterai yang digunakan



merupakan jenis Lithium yang terhubung paralel. Kapasitas maksimum baterai mencapai 4000 mAh, yang memungkinkannya menyimpan daya dengan jumlah yang signifikan.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada tahap pengujian kinerja sistem, terdapat tiga jenis pengujian yang dilakukan. Pertama, adalah uji unjuk kerja generator tanpa beban, kedua, uji unjuk kerja keluaran konverter tanpa beban di lingkungan sungai, dan ketiga, uji unjuk kerja generator dengan beban di lingkungan sungai. Selama uji unjuk kerja generator tanpa beban, dilakukan analisis akurasi untuk mendapatkan data yang berkaitan. Hasil analisis akurasi dari uji unjuk kerja tersebut adalah sebagai berikut.

4.1 Pengujian Generator Tanpa Beban

Dari analisis yang tercantum dalam Tabel 1, dapat disimpulkan bahwa tegangan maksimum yang didapatkan oleh generator berbanding lurus dengan kecepatan putaran generator, sebagaimana terlihat dalam tabel tersebut. Pada saat sudu generator dengan kemiringan 10° berputar pada kecepatan awal sebesar 55,7 rpm, tegangan yang didapatkan sebesar 0,4V. Saat generator berputar pada kecepatan tertinggi, yaitu 472 rpm, tegangan yang didapatkan sebesar 2,8V.

Selanjutnya, ketika sudu generator dengan sudut sudu 15° berputar pada kecepatan awal sebesar 59,9 rpm, tegangan yang didapatkan adalah 0,6V. Pada kecepatan putaran puncaknya, yaitu 492,6 rpm, tegangan yang didapatkan mencapai 2,8V. Selain itu, ketika generator berputar pada sudu dengan kemiringan sudu 20° , kecepatan awal sebesar 68 rpm menghasilkan tegangan sebesar 1V. Pada kecepatan tertinggi, yaitu 544,2 rpm, tegangan yang didapatkan mencapai 2,84V.

TABEL 1. PENGUJIAN GENERATOR TANPA BEBAN

Uji ke-	Kecepatan Generator (rpm)			Tegangan Generator (Volt)		
	10°	15°	20°	10°	15°	20°
1	55.7	59.9	68	0.4	0.6	1
2	152.8	184.8	197.5	0.9	1.3	1.5
3	177	224.3	247.8	1.2	1.3	1.8
4	232.3	261.4	292.2	1.4	1.4	2.3
5	280.7	391.1	446	1.9	2.7	2.7
6	342.7	412.1	468.3	2.2	2.7	2.8
7	389.2	473.5	499.9	2.3	2.8	2.8
8	438.9	481.2	531	2.3	2.8	2.8
9	452.2	483.3	542.5	2.5	2.8	2.8
10	472	492.6	544.2	2.8	2.8	2.84

4.2 Pengujian Konverter Buck Boost Tanpa Beban di Sungai

Dalam uji unjuk kerja keluaran Konverter tanpa beban di lingkungan sungai, terdapat data analisis akurasi yang sangat relevan dalam Tabel 2. Data tersebut dapat digunakan untuk melakukan analisis lebih lanjut. Sebagai contoh, jika kita menggunakan Konverter Buck Boost dengan tegangan input sebesar 2,8V dan tegangan output sebesar 12,71V dengan kemiringan sudu baling-baling 10° . Dalam hal ini, jika tegangan input Konverter Buck Boost kurang dari 2,8V, maka nilai output yang dihasilkan adalah 0V. Namun, jika tegangan masukan rangkaian konverter adalah 2,8V, maka tegangan maksimum yang dapat dihasilkan oleh baling-baling dengan kemiringan sudu 15° berada dalam kisaran antara 12,82V hingga 12,94V. Selanjutnya, jika tegangan input berada di bawah 2,8V, konverter akan menghasilkan output sebesar 0V. Selain itu, jika tegangan input pada rangkaian konverter adalah 2,8V, kita dapat melihat bahwa tegangan maksimum yang dapat dihasilkan oleh baling-baling dengan kemiringan



sudu 20 derajat berada dalam rentang antara 12,85V dan 13,7V. Perlu diperhatikan bahwa konverter hanya akan menghasilkan keluaran sebesar 0V jika tegangan masukan lebih tinggi dari 2,8V.

TABEL 2. PENGUJIAN KELUARAN KONVERTER TANPA BEBAN DI LINGKUNGAN SUNGAI (LAJU ALIRAN AIR 0,435 M/S - 3,35 M/S)

Uji ke-	Kecepatan Generator (rpm)			Tegangan Buck-Boost (volt)		
	10 ⁰	15 ⁰	20 ⁰	10 ⁰	15 ⁰	20 ⁰
1	55.7	59.9	68	0.002	0.002	0.002
2	152.8	184.8	197.5	0.002	0.002	0.002
3	177	224.3	247.8	0.002	0.002	0.002
4	232.3	261.4	292.2	0.002	0.002	0.002
5	280.7	391.1	446	0.002	0.002	0.002
6	342.7	412.1	468.3	0.002	0.002	12.85
7	389.2	473.5	499.9	0.002	12.94	12.92
8	438.9	481.2	531	0.002	12.82	12.98
9	452.2	483.3	542.5	0.002	12.91	13.42
10	472	492.6	544.2	12.71	12.86	13.7

4.3 Pengujian Generator dengan Beban di Sungai

Dalam uji unjuk kerja generator dengan beban di lingkungan sungai, terdapat data analisis akurasi yang dapat diambil dari Tabel 3 yang disajikan di atas. Secara khusus, pada baling-baling dengan kemiringan sudu 10⁰, nilai kecepatan putar awal generator adalah 55,7 rpm, sementara tegangan generator memiliki nilai sebesar 0,4V, dan arus generator sebesar 2,9 mA. Kecepatan putar generator mencapai nilai tertinggi pada 472 rpm, dengan tegangan generator mencapai 2,8V dan arus generator sebesar 26,5 mA.

Pada baling-baling dengan kemiringan sudu 15⁰, kecepatan putar awal generator adalah 59,9 rpm. Tegangan generator memiliki nilai 0,6V, sedangkan arus generator sebesar 4,31 mA. Ketika tegangan generator mencapai 2,81V dan arus generator mencapai 27 mA, kecepatan putar generator mencapai nilai tertinggi yaitu 492,6 rpm.

Sedangkan pada propeller dengan kemiringan sudu 20⁰, kecepatan putar awal generator adalah 68 rpm. Tegangan generator memiliki nilai 1V, dan arus generator sebesar 9,2 mA. Kecepatan putar generator mencapai nilai tertinggi yaitu 544,2 rpm, dengan tegangan generator mencapai 2,84V dan arus generator sebesar 27,1 mA.

TABEL 3. UJI UNJUK KERJA GENERATOR DENGAN BEBAN DI SUNGAI

Uji ke-	Kecepatan Generator (rpm)			Tegangan Generator (V)			Arus Generator (mA)		
	10 ⁰	15 ⁰	20 ⁰	10 ⁰	15 ⁰	20 ⁰	10 ⁰	15 ⁰	20 ⁰
1	55.7	59.9	68	0.4	0.6	1	2.9	4.31	9.2
2	152.8	184.8	197.5	0.9	1.3	1.5	7.7	11.4	13.3
3	177	224.3	247.8	1.2	1.32	1.8	10.3	11.8	16.5
4	232.3	261.4	292.2	1.4	1.4	2.3	11.7	12.3	22.5
5	280.7	391.1	446	1.9	2.7	2.7	17.5	24.1	25.2
6	342.7	412.1	468.3	2.2	2.7	2.8	20.8	25.2	26.4
7	389.2	473.5	499.9	2.3	2.8	2.8	21.1	26.3	26.7
8	438.9	481.2	531	2.3	2.8	2.8	21.7	26.8	26.7
9	452.2	483.3	542.5	2.5	2.8	2.8	23.4	26.8	27.1
10	472	492.6	544.2	2.8	2.81	2.84	26.5	27	27.1



5. KESIMPULAN

Berdasarkan data hasil uji unjuk kerja dan analisis yang telah dilakukan pada tiga kondisi yaitu uji generator tanpa beban, uji konverter tanpa beban dan uji generator dengan beban disungai, ditarik kesimpulan bahwa PLTNH portabel yang telah dirancang mampu memproduksi arus dan tegangan sesuai dengan detail spesifikasi yang telah ditentukan pada kemiringan sudu 200 dengan menghasilkan range tegangan sebesar 0.4 – 13.7V, kecepatan generator 55.7 – 544.2 dan range arus 2.9 – 27.1 mA. Stabilitas sistem juga terbukti relatif baik, sebagaimana terlihat dari data analisis sebelumnya. Untuk meningkatkan kinerja sistem, direkomendasikan untuk melakukan desain ulang pada sudu bilah agar dapat meningkatkan energi kinetik yang diterima. Selain itu, perlu dipertimbangkan penggunaan generator dengan keluaran yang lebih besar guna meningkatkan kapasitas pembangkit listrik. Tindakan perbaikan ini diharapkan dapat mengoptimalkan kinerja dan efisiensi sistem PLTNH portabel yang telah dibuat. Berdasarkan data hasil uji unjuk kerja dan analisis yang telah dilakukan, ditarik kesimpulan bahwa PLTNH portabel yang telah dirancang mampu memproduksi arus dan tegangan sesuai dengan detail spesifikasi yang telah ditentukan. Stabilitas sistem juga terbukti relatif baik, sebagaimana terlihat dari data analisis sebelumnya. Untuk meningkatkan kinerja sistem, direkomendasikan untuk melakukan desain ulang pada sudu bilah agar dapat meningkatkan energi kinetik yang diterima. Selain itu, perlu dipertimbangkan penggunaan generator dengan keluaran yang lebih besar guna meningkatkan kapasitas pembangkit listrik. Tindakan perbaikan ini diharapkan dapat mengoptimalkan kinerja dan efisiensi sistem PLTNH portabel yang telah dibuat.

6. UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih disampaikan kepada Politeknik Negeri Malang atas bantuan pendanaan yang telah diberikan pada penelitian skema DIPA Reguler ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [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, "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.
- [4] 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.
- [5] G. Gurum Ahmad Pauzi, M. R. Muhammad Ridwan, A. S. AMIR SUPRIYANTO, and S. W. Suciyati, "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] A. Hughes and B. Drury, *Electric motors and drives: fundamentals, types and applications*. Newnes, 2019.
- [7] 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.
- [8] J. Li and J. Liu, "A novel buck–boost converter with low electric stress on components," *IEEE Trans. Ind. Electron.*, vol. 66, no. 4, pp. 2703–2713, 2018.
- [9] M. Veerachary and M. R. Khuntia, "Design and analysis of two-switch-based enhanced gain buck–boost converters," *IEEE Trans. Ind. Electron.*, vol. 69, no. 4, pp. 3577–3587, 2021.
- [10] S. Bhattarai, P. Vichare, K. Dahal, A. Al Makky, and A. G. Olabi, "Novel trends in modelling techniques of Pelton Turbine bucket for increased renewable energy production," *Renew. Sustain. Energy Rev.*, vol. 112, pp. 87–101, 2019.
- [11] M. Eguasquiza, E. Eguasquiza, C. Valero, A. Presas, D. Valentin, and M. Bossio, "Advanced condition monitoring of Pelton turbines," *Measurement*, vol. 119, pp. 46–55, 2018.

