



Reihan Maulidhisna
 Ilham¹
 Priska Adelina
 Tobing²
 Bhupinder Singh³

RANCANG BANGUN PROTOTYPE MICRO HYDROPOWER MENGGUNAKAN KINCIR OVERSHOT WHEEL PADA INSTALASI PEMBUANGAN AIR LIMBAH SUWUNG

Abstrak

Bali yang terletak di wilayah tropis, memiliki cahaya matahari yang melimpah sepanjang tahun, menjadikannya lokasi yang ideal untuk pengembangan Pembangkit Listrik Tenaga Micro Hydro (PLTMH). Terutama selama musim kemarau, intensitas sinar matahari di Bali sangat tinggi, mendukung produksi energi surya yang optimal. Pemerintah Provinsi Bali dan pemerintah daerah secara aktif mendukung perkembangan PLTMH. Sektor pariwisata Bali menjadi salah satu yang paling proaktif dalam mengadopsi PLTMH. Banyak resort, hotel, mal, dan fasilitas pariwisata lainnya telah memasang panel surya untuk memenuhi sebagian besar kebutuhan listrik mereka. Metode pengumpulan data yang digunakan dalam pengerjaan capstone project ini adalah metode observasi dan kepustakaan. Tujuan utama penelitian ini adalah meningkatkan efisiensi operasional dan keandalan pada pembangkit listrik. Melalui IoT, penelitian ini diharapkan dapat memberikan solusi inovatif dalam memonitor kinerja PLTMH yang dapat dipantau dari jarak jauh. Metode penelitian ini dilakukan dengan melakukan observasi terhadap sistem kendali PLTMH berkendali IoT. Adapun hasil dari penelitian ini bahwa telah dirancang dan dibangun Prototype PLTMH menggunakan kincir overshoot wheel dengan lebar kincir 40 cm, diameter kincir 70 cm dan jumlah sudu sebanyak 16 buah. Pembuatan kincir dan sudu menggunakan plat besi 2 mm. Prototype ini mampu menghasilkan putaran kincir sebelum diberi beban sebesar 68 rpm dengan putaran maksimal generator 120 rpm dan tegangan yang dihasilkan sebesar 14,7 V. Dilakukan pula pengujian pengaruh pembebanan dengan memasang lampu 25 W dan didapat nilai putaran kincir setelah diberi beban yaitu sebesar 63 rpm dengan putaran maksimal generator 120 rpm. Tegangan yang dihasilkan setelah diberi beban sebesar 13,9 V dengan resistansi sebesar 7,73 Ω , arus sebesar 1,8 A dan daya sebesar 25,03 Watt. Efisiensi energi yang tercapai yaitu 9,82%. Proses perancangan pada komponen PLTMH yaitu kincir melalui perhitungan teknis teoritis yang meliputi perancangan diameter yang dibangun, sudu dan kecepatan kincir. Perancangan ini berdasarkan kondisi Head dan Kecepatan aliran air pada IPAL Suwung. Terjadi Penurunan putaran kincir setelah diberi beban yang mempengaruhi putaran pada kincir sehingga tegangan yang dihasilkan oleh generator berkurang.

Kata Kunci: Prototype Micro Hydropower, Kincir Overshoot Wheel

Abstract

Bali, which is located in the tropics, has abundant sunlight throughout the year, making it an ideal location for the development of Micro Hydro Power Plants (PLTMH). Especially during the dry season, the intensity of sunlight in Bali is very high, supporting optimal solar energy production. The Bali Provincial Government and local governments actively support the development of PLTMH. Bali's tourism sector is one of the most proactive in adopting PLTMH. Many resorts, hotels, malls, and other tourism facilities have installed solar panels to meet most of their electricity needs. The data collection method used in the work of this capstone project is observation and literature method. The main goal of this study is to improve operational efficiency and reliability in power plants. Through IoT, this research is expected to provide innovative solutions in monitoring the performance of PLTMH that can be monitored remotely.

^{1,2,3)} Teknik Elektro, Universitas Udayana
 email: reihanmi2412@gmail.com

This research method is carried out by observing the IoT-controlled PLTMH control system . The results of this study are that the PLTMH Prototype has been designed and built using an overshoot wheel with a wheelwheel width of 40 cm, a diameter of 70 cm and a number of 16 spoons. The manufacture of mills and t-spoons uses 2 mm iron plates. This prototype is able to produce a spinning wheel before being loaded at 68 rpm with a maximum generator speed of 120 rpm and a voltage of 14.7 V. Influence testing also carried out loading by installing a 25 W lamp and obtaining the value of the rotation of the wheelwheel after being loaded, which is 63 rpm with a maximum rotation of the generator of 120 rpm. The voltage produced after being loaded is 13.9 V with a resistance of 7.73 Ω , a current of 1.8 A and a power of 25.03 Watts. The energy efficiency achieved is 9.82%. The design process for PLTMH components is a mill through theoretical technical calculations which include the design of the diameter built , blade and speed of the mill. This design is based on the condition of the Head and the speed of water flow at the Suwung WWTP . There is a decrease in the rotation of the turbine after being subjected to a load that affects the rotation of the turbine so that the voltage generated by the generator is reduced.

Keywords: Micro Hydropower Prototype, Overshoot Wheel Wheel

PENDAHULUAN

Energi listrik adalah salah satu kebutuhan vital manusia terutama pada sektor kebutuhan rumah tangga dan industri. Energi listrik bisa diperoleh dari dua jenis energi yakni energi tak terbarukan dan energi terbarukan. Energi tak terbarukan seperti minyak bumi dan batu bara masih digunakan sebagai sumber energi listrik di Indonesia yang secara langsung atau tidak langsung hal ini mengakibatkan dampak negatif terhadap lingkungan dan kesehatan makhluk hidup karena sisa pembakaran energi fosil ini menghasilkan zat-zat pencemar yang berbahaya. Untuk itu, pemerintah terus mengembangkan energi alternatif diantaranya energi terbarukan. Energi Baru dan Terbarukan (EBT) merupakan energi yang bersumber dari alam dan dapat digunakan secara berkelanjutan. EBT dapat bersumber dari Tenaga Micro Hydro, tenaga panas bumi, tenaga laut, dan tenaga air. Sumber-sumber energi ini diperoleh dari sumber daya alam yang dapat diperbarui dalam periode waktu yang relatif singkat atau memiliki siklus yang panjang sehingga dapat diandalkan untuk jangka waktu yang lama. Salah satu cara pemanfaatan energi terbarukan adalah pemanfaatan Pembangkit Listrik Tenaga Micro Hydro (PLTMH).

Pembangkit Listrik Tenaga Micro Hydro (PLTMH) adalah sistem pembangkit listrik bersumber energi matahari melalui photovoltaic module menjadi energi listrik yang lebih efektif dalam memenuhi kebutuhan listrik jangka panjang dan termasuk sebagai energi hijau serta terbarukan sehingga ramah lingkungan. Pembangkit listrik Tenaga Micro Hydro dapat menjadi jawaban sektor industri maupun rumah tangga sebagai alternatif sumber energi listrik dengan energi terbarukan jangka panjang (Hutajulu, dkk., 2020). Potensi besar dari PLTMH membuat Pemerintah Indonesia Mengeluarkan Kebijakan Energi Nasional (KEN). Dalam formulasi Kebijakan Energi Nasional (KEN), tujuan untuk peran Energi Baru dan Energi Terbarukan pada tahun 2025 minimal sebesar 23% dan pada tahun 2050 setidaknya 31% selama pemenuhan keekonomiannya (PP. No 79 Tahun 2014). Karena letaknya di garis khatulistiwa, Indonesia memiliki potensi energi surya yang lebih besar dibandingkan dengan negara lain, yaitu 4,8 kWh/m²/hari. Kemudian, Pemerintah menciptakan Rencana Umum Energi Nasional (RUEN) sebagai kebijakan tingkat nasional untuk tercapainya sasaran KEN. Berdasarkan RUEN, Indonesia diharapkan dapat menghasilkan 45 GW energi terbarukan pada tahun 2025. Energi terbarukan tenaga yang diharapkan antara lain tenaga angin sebesar 1,8 GW (4%), panas bumi sebesar 7,2 GW (16%), tenaga air sebesar 17,9 GW (40%), minihidro dan mikrohidro sebesar 3,0 GW (7%), bioenergi sebesar 5,5 GW (12%), Tenaga Micro Hydro sebesar 6,5 GW (14%), dan EBT lainnya sebesar 3,0 GW (7%). Sasaran Kebijakan Energi Nasional (KEN) dalam meningkatkan pemanfaatan Energi Baru Terbarukan (EBT) pada tahun 2025 adalah mencapai 23%, setara dengan 92,2 MTOE, dengan target khusus penggunaan energi surya sebesar 6,5 GW. Namun, saat ini, penggunaan Pembangkit Listrik Tenaga Micro Hydro (PLTMH) secara nasional masih berada pada angka 137 MW (Kementerian ESDM, 2017). 7,2 GW (16%), tenaga air sebesar 17,9 GW (40%), minihidro dan mikrohidro sebesar 3,0 GW (7%), bioenergi sebesar 5,5 GW (12%), Tenaga Micro Hydro sebesar 6,5 GW (14%), dan EBT

lainnya sebesar 3,0 GW (7%). Sasaran Kebijakan Energi Nasional (KEN) dalam meningkatkan pemanfaatan Energi Baru Terbarukan (EBT) pada tahun 2025 adalah mencapai 23%, setara dengan 92,2 MTOE, dengan target khusus penggunaan energi surya sebesar 6,5 GW. Namun, saat ini, penggunaan Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hydro (PLTMH) secara nasional masih berada pada angka 137 MW (Kementerian ESDM, 2017).

Bali yang terletak di wilayah tropis, memiliki cahaya matahari yang melimpah sepanjang tahun, menjadikannya lokasi yang ideal untuk pengembangan Pembangkit Listrik Tenaga Micro Hydro (PLTMH). Terutama selama musim kemarau, intensitas sinar matahari di Bali sangat tinggi, mendukung produksi energi surya yang optimal. Pemerintah Provinsi Bali dan pemerintah daerah secara aktif mendukung perkembangan PLTMH. Sektor pariwisata Bali menjadi salah satu yang paling proaktif dalam mengadopsi PLTMH. Banyak resort, hotel, mal, dan fasilitas pariwisata lainnya telah memasang panel surya untuk memenuhi sebagian besar kebutuhan listrik mereka. Tidak hanya mengurangi biaya operasional, tetapi juga mengurangi dampak lingkungan sektor pariwisata. Menurut RUEN, Provinsi Bali memiliki target untuk mengembangkan Pembangkit Listrik Tenaga Micro Hydro (PLTMH) sebesar 8,62%, atau setara dengan 108,2 MW dari total potensinya yang mencapai 1.254 MW sedangkan menurut Dewan Energi Nasional (DEN) pada tahun 2025, Provinsi Bali diperkirakan hanya berhasil memanfaatkan Energi Baru Terbarukan (EBT) sebanyak 11,15%, dan diperkirakan akan meningkat menjadi 20,50% pada tahun 2050 (DEN, 2019). Saat ini, kapasitas Pembangkit Listrik Tenaga Micro Hydro (PLTMH) yang telah terpasang di Bali masih mencapai 3,44%, yang merupakan persentase dari target yang ditetapkan oleh Rencana Umum Energi Nasional (RUEN) sebesar 108 MW pada tahun 2025. Bali memiliki potensi energi surya sebesar 5,3 kWh/m²/hari, yang membuatnya salah satu provinsi di Indonesia yang diharapkan dapat mengembangkan pemanfaatan energi surya. Pembangkit Listrik Tenaga Micro Hydro (PLTMH) Nusa Penida menjadi PLTMH perdana yang didirikan pada tahun 2007 dengan kapasitas 16,6 kWp, dan total kapasitas PLTMH mencapai 47,02 kWp. Pada tahun 2013, terjadi peningkatan yang signifikan dalam kapasitas PLTMH, mencapai 2.349,42 kWp, yang diakibatkan oleh bantuan PLTMH sebesar 2,1 juta kilowatt-jam. Hingga tahun 2020, kapasitas keseluruhan PLTMH mencapai 3.712,53 kWp. Agar Provinsi Bali dapat mencapai target tersebut, Pemerintah Bali perlu memprioritaskan pembangunan PLTMH dengan total kapasitas sebesar 17,38 MWp per tahun hingga mencapai tahun 2025 (Pawitra, dkk. 2020). Demi mewujudkan hal tersebut, peneliti merencanakan pembangkit listrik Tenaga Micro Hydro dengan memanfaatkan lokasi di Trans Studio Mall Denpasar.

Trans Studio Mall Bali terletak di Jalan Imam Bonjol, Pemecutan Klod, Denpasar Barat. Trans Studio Mall Bali dimiliki dan dikembangkan oleh CT Corp melalui salah satu anak perusahaannya. Trans Studio Mall menyuguhkan beberapa hiburan dan tempat perbelanjaan guna menyediakan keperluan masyarakat di Provinsi Bali. Lokasi Trans Studio Mall Bali dapat dilihat pada gambar di bawah.

Pembangunan PLTMH juga tidak lepas dari pentingnya pengukuran potensi energi matahari di lokasi yang diinginkan untuk instalasi sistem PLTMH yang akan mempengaruhi kesuksesan pengimplementasiannya karena potensi energi yang dihasilkan akan tergantung oleh tingkat sinar matahari pada wilayah tersebut (Redweik, dkk., 2013). Salah satu faktor yang penting untuk diperhatikan dalam mengevaluasi potensi energi listrik dari PLTMH pada atap bangunan misalnya karakteristik arsitektur bangunan itu sendiri yakni permukaan atap yang miring maupun datar, jumlah lantai bangunan dan klasifikasi bentuk atap bangunan tersebut (Orioli & Di Gangi, 2014). Bangunan atap TSM Bali memiliki volume atap dengan luas 10.895 m² yang dilengkapi dengan insulation. Dilihat dari bentuk atap Trans Studio Mall Denpasar, atap mall ini sangat efisien untuk dilakukan pemasangan panel surya karena bentuknya yang miring dan datar serta tidak ada penghalang di sekitar gedung. Maka dari itu peneliti tertarik untuk melakukan penelitian Rancang Bangun Purwarupa Pembangkit Listrik Tenaga Micro Hydro Pola Atap dengan Sistem Berbasis IOT pada Trans Studio Mall Denpasar guna mendukung pembangunan PLTMH dalam mencapai target RUEN pada tahun 2025 sekaligus untuk mengurangi biaya operasional yang sangat besar dikeluarkan oleh Trans Studio Mall Denpasar setiap bulannya.

Dalam penelitian ini, peneliti berfokus pada pengembangan PLTMH Berkendali Internet

of Things (IoT). Tujuan utamanya adalah meningkatkan efisiensi operasional dan keandalan pada pembangkit listrik. Melalui IoT, penelitian ini diharapkan dapat memberikan solusi inovatif dalam memonitor kinerja PLTMH yang dapat dipantau dari jarak jauh. Penelitian ini sejalan dengan penerapan dari pengembangan teknologi di era revolusi industri 4.0 yang bertema Internet of Things dimana saat ini IoT tengah dikembangkan di hampir semua aspek kehidupan masyarakat (Firdaus, dkk 2020).

METODE

Metode pengumpulan data yang digunakan dalam pengerjaan capstone project ini adalah metode observasi dan kepustakaan. Metode penelitian ini dilakukan dengan melakukan observasi terhadap sistem kendali PLTMH berkendali IoT. Sistem ini menggunakan mikrokontroler ESP32 sebagai otak pengontrol, sensor PZEM-004T untuk mengukur arus dan tegangan listrik yang dihasilkan, serta Relay sebagai perangkat pengendali saklar. Proses observasi dilakukan dengan memantau secara langsung interaksi antara mikrokontroler ESP32, sensor PZEM-004T, dan Relay. Berbagai parameter diukur dan dicatat, termasuk data arus dan tegangan yang dihasilkan oleh sensor PZEM-004T, respons Relay terhadap perubahan nilai arus, dan interaksi antara semua komponen sistem. Metode Kepustakaan, Metode dokumentasi dilakukan dengan cara mengumpulkan data-data yang berkaitan dengan judul usulan capstone project, yaitu Rancang Bangun Prototype Micro Hydropower Berkendali Internet Of Things pada Instalasi Pembuangan Air Limbah Suwung. Data - data tersebut meliputi desain sistem, spesifikasi alat, diagram alir, kode program, dan hasil pengujian. Data-data tersebut kemudian dianalisis dan disajikan dalam bentuk tabel, grafik, dan gambar, dengan cara mengumpulkan buku, dokumen, terbitan berkala atau bahan pustaka lain yang berkaitan dengan penelitian.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Design Prototype Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro

Prototype Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH) adalah suatu instalasi pembangkit listrik skala kecil dengan kapasitas pembangkitan rendah yang memanfaatkan aliran air dengan kincir atau turbin sebagai penggerakannya. Jenis kincir pada penelitian ini adalah kincir overshoot wheel. Sistem kerja dari Prototype ini yaitu memanfaatkan beda ketinggian, jatuh air dan jumlah debit air per detik yang ada pada aliran air. Aliran air ini nantinya akan memutar poros kincir sehingga menghasilkan energi mekanik. Putaran yang dihasilkan oleh kincir akan memutar pulley kincir melalui poros as yang dimana pulley kincir ini juga terhubung pada pulley generator melalui belt sehingga generator mampu menghasilkan listrik. Putaran pada kedua pulley diukur menggunakan tachometer untuk mengetahui kecepatan pada masing-masing pulley sedangkan untuk mengukur arus, tegangan, frekuensi, energi, dan daya pada generator, digunakan sensor PZEM 004T. Hasil dari pengukuran dari sensor akan ditampilkan di LCD dan juga Blynk. Digunakan juga alat ukur AVO Meter sebagai perbandingan pengukuran pada generator.

Realisasi Prototype PLTMH Menggunakan Kincir Air Overshot Wheel

Realisasi Kincir Air Overshot Wheel

Pada penelitian ini, Prototype yang digunakan adalah jenis kincir air overshoot wheel. Kincir air yang digunakan sebagai penggerak ini dibuat menggunakan besi plat 2 mm, memiliki diameter 70 cm dengan lebar kincir 45 cm sedangkan sudu kincir dibuat menggunakan bahan plat besi 2 mm dengan jumlah sudu sebanyak 16 sudu dengan panjang masing masing sudu 10 cm.

Pengukuran Prototype PLTMH menggunakan Kincir Overshot Wheel

Pengukuran pada Prototype PLTMH menggunakan kincir overshoot wheel bertujuan untuk mengetahui dan menguji bagaimana kesesuaian perencanaan dengan hasil realisasi Prototype PLTMH menggunakan kincir overshoot wheel. Data parameter yang diperoleh pada saat pengukuran digunakan sebagai sumber datasheet atau spesifikasi dari Prototype. Pengukuran pada penelitian ini dilakukan dengan 2 pengujian, diantaranya yaitu:

1. Pengujian prototype PLTMH menggunakan kincir overshoot wheel terkait putaran kincir, putaran generator dan tegangan yang dihasilkan dalam kondisi tanpa beban.
2. Pengujian prototype PLTMH menggunakan kincir overshoot wheel terkait putaran kincir,

putaran generator, tegangan, resistansi, arus dan daya dalam kondisi berbeban.

3. Analisa perhitungan prototype PLTMH dengan hasil pengukuran penggunaan prototype PLTMH.

Pada penelitian ini pengukuran dilakukan dengan menggunakan AVO Meter. Uji coba manual bertujuan untuk perbandingan data dan keakuratan sensor dalam memonitoring Prototype. Pengujian prototype dilaksanakan selama 7 hari berturut-turut dan dilakukan pengujian prototype sebanyak 2x dalam 1 hari.

Pengujian Prototype PLTMH Dalam Keadaan Tanpa Beban

Pengujian pada Prototype PLTMH menggunakan kincir overshoot wheel ini bertujuan untuk mengetahui kinerja Prototype ketika generator belum terhubung dengan beban. Dalam pengujian ini dilakukan beberapa pengukuran untuk mengetahui tegangan yang dihasilkan oleh generator.

Pengukuran Putaran Kincir

Dari hasil pengukuran yang telah dilakukan dapat dilihat hasil daripada putaran kincir, terjadi penurunan putaran setelah kincir dikopel generator. Hal ini disebabkan karena terjadinya pembebanan yang diterima kincir oleh generator melalui belt yang terhubung antara pulley kincir dengan pulley generator sehingga terjadinya peningkatan torsi pada kincir yang menyebabkan putaran kincir menurun. Selain itu, debit aliran air dan kecepatan air juga berpengaruh pada putaran kincir yang dihasilkan dimana semakin besar debit dan aliran air yang diterima oleh kincir maka semakin tinggi putaran kincir.

Tabel 1. Hasil Pengukuran Putaran Kincir

No	Tanggal dan Waktu Pengukuran	Sebelum di kopel Generator (RPM)	Rata-rata (RPM)	Sesudah Dikopel Generator (RPM)	Rata-rata (RPM)
1	Kamis, 18 Juli 2024 09.00 – 10.00	68	65,5	63	60,5
	Kamis, 18 Juli 2024 13.00 – 14.00	63		58	
3	Jum'at, 19 Juli 2024 09.00 – 10.00	63	62	57	56
	Jum'at, 19 Juli 2024 13.00 – 14.00	61		55	

5	Sabtu, 20 Juli 2024 09.00 – 10.00	68	65	62	60
6	Sabtu, 20 Juli 2024 13.00 – 14.00	62		58	
7	Minggu, 21 Juli 2024 09.00 – 10.00	60	61,5	57	58
8	Minggu, 21 Juli 2024 13.00 – 14.00	63		59	
9	Senin, 22 Juli 2024 09.00 – 10.00	68	65	63	61
10	Senin, 22 Juli 2024 13.00 – 14.00	62		59	
11	Selasa, 23 Juli 2024 09.00 – 10.00	63	61,5	58	57,5
12	Selasa, 23 Juli 2024 13.00 – 14.00	60		57	
13	Rabu, 24 Juli 2024 09.00 – 10.00	63	61	60	58,5
14	Rabu, 24 Juli 2024 13.00 – 14.00	59		57	
Rata - rata		Sebelum di kopel Generator	63	Setelah Dikopel Generator	59

Pengukuran Putaran Generator Tanpa Beban

Dari hasil pengukuran yang telah dilakukan, terlihat adanya ketidakstabilan putaran pada generator selama setiap waktu pengujian. Ketidakstabilan ini disebabkan oleh perubahan putaran kincir. Selain itu, debit dan kecepatan aliran air juga mempengaruhi putaran generator. Semakin besar volume air yang masuk dan semakin cepat aliran air mengalir ke sudu kincir, putaran kincir akan meningkat, yang pada gilirannya meningkatkan putaran generator. Sebaliknya, jika debit air berkurang dan aliran air melambat, putaran kincir dan generator juga akan menurun.

Tabel 2. Pengukuran Putaran Generator Tanpa Beban

No	Tanggal dan Waktu Pengukuran	Putaran Generator (RPM)	Rata-rata (RPM)
1	Kamis, 18 Juli 2024 09.00 – 10.00	120	119
2	Kamis, 18 Juli 2024 13.00 – 14.00	118	
3	Jum'at, 19 Juli 2024 09.00 – 10.00	119	118,5
4	Jum'at, 19 Juli 2024 13.00 – 14.00	118	
5	Sabtu, 20 Juli 2024 09.00 – 10.00	120	118,5
6	Sabtu, 20 Juli 2024 13.00 – 14.00	117	
7	Minggu, 21 Juli 2024 09.00 – 10.00	116	117
8	Minggu, 21 Juli 2024 13.00 – 14.00	118	
9	Senin, 22 Juli 2024 09.00 – 10.00	120	119
10	Senin, 22 Juli 2024 13.00 – 14.00	118	
11	Selasa, 23 Juli 2024 09.00 – 10.00	119	117,5
12	Selasa, 23 Juli 2024 13.00 – 14.00	116	
13	Rabu, 24 Juli 2024 09.00 – 10.00	118	116,5
14	Rabu, 24 Juli 2024 13.00 – 14.00	115	
Rata – rata		118	

Hasil Pengukuran Tegangan Generator Tanpa Beban

Output dari generator ini dihubungkan oleh sensor PZEM-004T dimana hasil dari monitoring ditampilkan pada LCD dan Blynk. Untuk melakukan perbandingan data, dilakukan pengukuran manual melalui AVO Meter yang dihubungkan ke output generator. Karena generator pada penelitian ini menggunakan generator AC 3 Phase, rangkaian yang dipakai di generator adalah rangkaian star (bintang) agar tegangan yang dihasilkan maksimal. Pengukuran ini dilakukan untuk mengetahui besaran dari putaran generator dimana dalam pengukuran ini dilakukan secara berulang selama 7 hari agar pengukuran memperoleh hasil yang lebih akurat.

Tabel 3. Hasil Pengukuran Tegangan Generator Tanpa Beban

No	Tanggal dan Waktu Pengukuran	Pengukuran Tegangan AVO Meter (V)
1	Kamis, 18 Juli 2024 09.00 – 10.00	14,7
2	Kamis, 18 Juli 2024 13.00 – 14.00	13,7
3	Jum'at, 19 Juli 2024 09.00 – 10.00	13,9
4	Jum'at, 19 Juli 2024 13.00 – 14.00	13,7
5	Sabtu, 20 Juli 2024 09.00 – 10.00	14,7
6	Sabtu, 20 Juli 2024 13.00 – 14.00	13,4
7	Minggu, 21 Juli 2024 09.00 – 10.00	13,7
8	Minggu, 21 Juli 2024 13.00 – 14.00	13,4
9	Senin, 22 Juli 2024 09.00 – 10.00	14,7
10	Senin, 22 Juli 2024 13.00 – 14.00	13,7
11	Selasa, 23 Juli 2024 09.00 – 10.00	13,9
12	Selasa, 23 Juli 2024 13.00 – 14.00	12,9
13	Rabu, 24 Juli 2024 09.00 – 10.00	13,7
14	Rabu, 24 Juli 2024 13.00 – 14.00	13,4
	Rata-Rata	13,82 V

Pengujian Prototype Kincir Overshot Wheel Dalam Keadaan Berbeban

Pengujian pada prototype PLTMH menggunakan kincir overshot wheel ini bertujuan untuk mengetahui kinerja prototype ketika generator diberi beban menggunakan lampu 5 W dan 20 W. Pengukuran dilakukan sebanyak 7 kali untuk setiap parameternya agar mengurangi kesalahan dalam pengukuran dan didapatkandata yang akurat.

Pengukuran Putaran Kincir dan Generator Dalam Keadaan Berbeban

Dari hasil pengukuran yang telah dilakukan, terlihat putaran pada generator mengalami penurunan setelah dihubungkan dengan beban. Hal ini disebabkan resistansi dalam sistem meningkat, beban tambahan pada generator juga meningkatkan torsi yang diperlukan dari kincir untuk mempertahankan kecepatan putaran.

Hasil Pengukuran Tegangan dan Resistansi Generator Dalam Keadaan Berbeban

Berdasarkan hasil pengukuran, ketika resistansi meningkat, arus akan menurun jika tegangan tetap konstan, karena arus memiliki hubungan terbalik dengan resistansi, hal ini juga berlaku untuk daya. Sebaliknya, jika tegangan meningkat, arus yang mengalir juga akan meningkat jika resistansi tetap konstan, karena arus berhubungan langsung dengan tegangan, hal ini juga berlaku untuk pengukuran daya. Namun, pada beban induktif, arus tidak sepenuhnya sebanding dengan tegangan karena adanya faktor fase antara tegangan dan arus, di mana daya nyata (P) lebih rendah daripada daya semu (S) yang mempengaruhi faktor daya ($\cos \phi$). Dalam pengujian arus dan daya, peneliti mengasumsikan faktor daya ($\cos \phi$) sebesar 1, sesuai dengan

spesifikasi generator yang memiliki faktor daya ($\cos \phi$) 1.

Perhitungan Torsi

Dari hasil perhitungan, terlihat bahwa torsi berbanding terbalik dengan kecepatan sudut (ω). Saat putaran kincir (rpm) meningkat, kecepatan sudut juga meningkat, yang berarti bahwa untuk daya yang sama, torsi akan menurun. Beban juga berpengaruh pada torsi dimana ketika beban meningkat maka torsi yang dihasilkan juga meningkat. Sebaliknya, jika beban menurun maka torsi yang dibutuhkan untuk mempertahankan daya yang sama akan menurun.

Perhitungan Efisiensi Sistem PLTMH

Efisiensi PLTMH merupakan perbandingan antara daya input dengan daya output. Pada pengujian ini daya input yang digunakan adalah potensi daya rata-rata air yang sudah diketahui sebelumnya, sedangkan daya output yang digunakan adalah daya rata-rata yang dihasilkan generator setelah diberi pembebanan. Dari perhitungan efisiensi ini dapat diketahui seberapa besar daya yang mampu dihasilkan prototype dalam memenuhi potensi daya yang dibangkitkan.

Efisiensi sebesar 9,82% menunjukkan bahwa ada potensi signifikan untuk perbaikan dalam sistem PLTMH yang dianalisis. Mengidentifikasi dan mengatasi faktor-faktor yang menyebabkan kerugian energi dapat membantu meningkatkan efisiensi keseluruhan, sehingga meningkatkan output listrik yang dihasilkan dari daya input yang tersedia.

SIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang penulis lakukan pada capstone project rancang bangun prototype micro hydropower berkendali internet of things pada instalasi pembuangan air limbah suwung, dapat disimpulkan bahwa:

1. Telah dirancang dan dibangun Prototype PLTMH menggunakan kincir overshot wheel dengan lebar kincir 40 cm, diameter kincir 70 cm dan jumlah sudu sebanyak 16 buah. Pembuatan kincir dan sudu menggunakan plat besi 2 mm. Prototype ini mampu menghasilkan putaran kincir sebelum diberi beban sebesar 68 rpm dengan putaran maksimal generator 120 rpm dan tegangan yang dihasilkan sebesar 14,7 V. Dilakukan pula pengujian pengaruh pembebanan dengan memasang lampu 25 W dan didapat nilai putaran kincir setelah diberi beban yaitu sebesar 63 rpm dengan putaran maksimal generator 120 rpm. Tegangan yang dihasilkan setelah diberi beban sebesar 13,9 V dengan resistansi sebesar 7,73 Ω , arus sebesar 1,8 A dan daya sebesar 25,03 Watt. Efisiensi energi yang tercapai yaitu 9,82%.
2. Proses perancangan pada komponen PLTMH yaitu kincir melalui perhitungan teknis teoritis yang meliputi perancangan diameter yang dibangun, sudu dan kecepatan kincir. Perancangan ini berdasarkan kondisi Head dan Kecepatan aliran air pada IPAL Suwung.
3. Terjadi Penurunan putaran kincir setelah diberi beban yang mempengaruhi putaran pada kincir sehingga tegangan yang dihasilkan oleh generator berkurang.

DAFTAR PUSTAKA

- Ageng, S. & .I .S., 2020. Prototype Alat Kendali Otomatis Penjemur Pakaian Menggunakan NodeMCU ESP32 Dan Telegram Bot Berbasis Internet of Things (IOT), Volume 1 (1), PP. 17 – 24.
- Sungkar, M. S., Ramady, G. D., Mahardika, A. G., Fadriani, H., & Mutaqin, A. H. (2021). Rancang Bangun Prototipe Pembangkit Listrik Tenaga Air Berbasis Kontrol Arduino Uno. *Power Elektronik: Jurnal Orang Elektro*, 10(2), 91-96.
- Muhammad, N., Haris, Y., Zunita, W., 2022. Mikrokontroler Esp 32 Sebagai Alat Monitoring Pintu Berbasis Web. *Jurnal Mahasiswa Teknik Informatika*, Volume 6 (2).
- Alexander, O., 2015. Pengembangan Sistem Relay Pengendalian Dan Penghematan Pemakaian Lampu Berbasis Mobile. *Seminar Nasional Informatika 2015*, ISSN: 1979-2328.
- Irsadilla, A., 2021. Perangkat Keras Mini Tinjauan Jaringan Nirkabel.
- Dhiaul, Q., Yuliar, A., & A., 2021. Analisis Tingkat Kinerja Jaringan Wireless IEEE 802.11n Menggunakan Mikrotik. *Jurnal Komputer, Teknologi Informasi, dan Elektro*, Vol.6 No.2 2021: 21-26.
- Tiffani, B., Mamahit, J., Sompie, A., 2015. Rancang Bangun Uninterruptible Power Supply Menggunakan Tampilan LCD Berbasis Mikrokontroler. *E-journal Teknik Elektro dan*

- Komputer (2015), ISSN : 2301-8402.
- Indra, G., Taufik, A., Giyandhi, I., 2020. Prototipe Penerapan Internet Of Things (IoT) Pada Monitoring Level Air Tandon Menggunakan Nodemcu Esp8266 Dan Blynk. *Jurnal Informatika dan Teknologi*, Vol. 3 No. 1, Januari 2020, hal 1 – 7.
- Daniel, K., Ibi, W., & Lie, J., 2018. Studi Analisis Pengaruh Perubahan Posisi Nozzle Terhadap Pout Pada Prototipe PLTMH. *Majalah Ilmiah Teknologi Elektro*, Vol. 17, No. 2, Mei - Agustus 2018 DOI: <https://doi.org/10.24843/MITE.2018.v17i02.P13>
- Akhmad, F., Asroful, H., 2018. UJI KINERJA KINCIR MIKRO HIDRO DENGAN VARIASI JUMLAH SUDU BERBENTUK SETENGAH LINGKARAN. *Jurusan Teknik Mesin Universitas Widyagama Malang, PROTON*, Vol. 10No. 2/ Hal. 7-11.
- Budiarsana, S., Ibi, W., & Lie, J., 2017. Rancang Bangun Pemodelan Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH) Menggunakan Kincir Overshot wheel. *Teknologi Elektro*, Vol. 16, No. 02, Mei - Agustus 2017.
- Lie, J., Ardana., Ardyono, P., Hery P., 2017. *Buku Mikro Hidro Strategi Memanfaatkan Energi Murah dan Ramah Lingkungan*. Yogyakarta: Teknosain.
- I. Syukhron, R. Rahmadewi, Ibrahim, “Penggunaan Aplikasi Blynk Untuk Monitoring dan Kontrol Jarak Jauh pada Sistem Kompos Pintar Berbasis IoT”. *Jurnal Rekayasa dan Teknologi Elektro*, Volume 15, No. 1.
- A. R. C. Baswara, R. Alfaqi, ” Rancang Bangun Sistem Monitoring Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro Berbasis Internet Of Things (IoT)”. *Jurnal Teknologi Elektro*, Vol. 14, No. 1
- M. Zaini, Safrudin, M. Bachrudin, “PERANCANGAN SISTEM MONITORING TEGANGAN, ARUS DAN FREKUENSI PADA PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA MIKROHIDRO BERBASIS IOT”. *TESLA*, Vol. 22, No. 2.