

Rancang Bangun Pembangkit Listrik Tenaga Picohydro Dengan Daya 72 W Berbasis Kendali Proportional Integral Derivative (PID) pada Konverter DC-DC Di Desa Purwoharjo Kecamatan Ampelgading Kabupaten Malang

Novan Pratama¹, Oktriza Melfazen², Bambang Minto Basuki³

¹ Universitas Islam Malang

Universitas Islam Malang², Universitas Islam Malang³

novanpratama@gmail.com, oktrizamelfazen@unisma.ac.id, bambangminto@unisma.ac.id

Abstract

Energy use in Indonesia is increasing rapidly in line with economic growth and population growth. The need for energy continues to increase with time. To meet the national electricity demand, the role of New and Renewable Energy (EBT) is very much needed. The potential for renewable energy sources in Indonesia currently for hydro power is around 75.67 GW. Based on these thoughts, it is necessary to carry out an innovation by designing a floating pico hydro power plant (PLTPH). From the problems in the people of Purwoharjo Village, Ampelgading District, Malang Regency, the high use of electrical energy resulting in a lack of utilization of surrounding resources, a study was carried out to utilize the power of a river for hydroelectric power plants as an effort to utilize surrounding resources. In the experiments that have been carried out, the voltage that comes out of the generator reaches 36V-39V. Because the voltage generated by the generator is unstable, the PID system is used to stabilize the voltage. For the application of the PID system on the picohydro, it succeeded in stabilizing the voltage with an output voltage of 36V. To get an ideal PID value, the test was carried out many times so that the value $K_p = 8.5$, $K_i = 0.7$ and $K_d = 1$. The voltage results using PID are 35.92 – 36.11 with an average generator speed of 1024rpm. From these data it can be seen that the use of PID can reduce generator voltage fluctuations which originally reached 3V can be reduced to 0.54V or 82%.

Keywords— *Pico Hydro, Power Generation, Arduino.*

Abstraksi

Penggunaan energi di Indonesia meningkat pesat sejalan dengan pertumbuhan ekonomi dan pertambahan penduduk. Kebutuhan akan energi terus meningkat seiring dengan bertambahnya waktu. Untuk memenuhi kebutuhan energi listrik nasional, maka peran Energi Baru Terbarukan (EBT) sangat diperlukan. Potensi sumber energi terbarukan yang ada di Indonesia saat ini untuk tenaga air sekitar 75.67 GW. Berdasarkan pemikiran tersebut maka perlu dilakukan suatu inovasi dengan mendesain pembangkit listrik tenaga piko hidro terapung (PLTPH). Dari permasalahan pada masyarakat Desa Purwoharjo Kecamatan Ampelgading Kabupaten Malang maraknya pada penggunaan energi listrik yang tinggi sehingga kurangnya pemanfaatan sumber daya sekitar maka dilakukan penelitian memanfaatkan daya sebuah aliran sungai untuk pembangkit listrik tenaga air sebagai upaya pemanfaatan sumber daya sekitar. Pada percobaan yang sudah dilakukan tegangan yang keluar dari generator mencapai 36V-39V. Karena tegangan yang dihasilkan generator tidak stabil maka digunakan system PID untuk menstabilkan tegangan. Untuk Penerapan sistem PID pada picohidro berhasil menstabilkan tegangan dengan hasil tegangan keluaran sebesar 36V.. Untuk mendapatkan nilai PID yang ideal dilakukan pengujian berkali kali sehingga mendapatkan nilai $K_p=8,5$, $K_i=0,7$ dan $K_d=1$. Hasil tegangan yang menggunakan PID sebesar 35,92 – 36,11 dengan kecepatan generator rata rata 1024rpm. Dari data tersebut dapat diketahui penggunaan PID dapat menurunkan fluktuasi tegangan generator yang semula mencapai 3V dapat dirunkan menjadi 0,54V atau sebesar 82%.

Kata Kunci— *Pico Hydro, Pembangkit Listrik, Arduino.*

I. PENDAHULUAN

Energi mempunyai peran yang sangat penting dalam pencapaian tujuan sosial, ekonomi dan lingkungan untuk pembangunan berkelanjutan serta merupakan pendukung bagi kegiatan ekonomi nasional. Penggunaan energi di Indonesia meningkat pesat sejalan dengan pertumbuhan ekonomi dan pertambahan penduduk. Keterbatasan akses ke energi komersial telah menyebabkan pemakaian energi perkapita masih rendah dibandingkan dengan negara lainnya.

Dalam hal tersebut dilakukan analisa terhadap Ada beberapa macam energi yang bisa dimanfaatkan, salah satunya adalah Energi Baru Terbarukan (EBT) yang merupakan energi yang berasal dari alam dan dapat diperbaharui. Apabila energi tersebut digunakan dengan baik, maka energi tersebut tidak akan habis. Pemanfaatan energi terbarukan terbagi menjadi energi yang sudah dikembangkan namun secara terbatas, dan yang sudah dikembangkan namun masih pada tahap penelitian memiliki potensi yang cukup besar di Indonesia.[2]

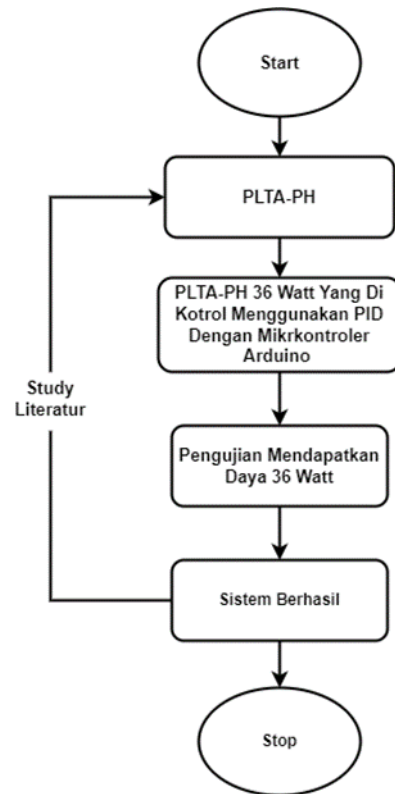
Potensi sumber energi terbarukan yang ada di Indonesia saat ini untuk tenaga air sekitar 75.67 GW dan baru dimanfaatkan sekitar 4.2 GW. Diversifikasi energi pada saat ini diarahkan pada penggunaan energi terbarukan yang ada di alam. Berdasarkan pemikiran tersebut maka perlu dilakukan suatu inovasi dengan mendesain pembangkit listrik tenaga piko hidro terapung (PLTPHT).

Dari permasalahan pada masyarakat Desa Purwoharjo Kecamatan Ampelgading Kabupaten Malang maraknya pada penggunaan energi listrik yang tinggi sehingga kurangnya pemanfaatan sumber daya sekitar maka peneliti akan memanfaatkan dari sebuah aliran sungai untuk pembangkit listrik tenaga air sebagai upaya pemanfaatan sumber daya sekitar. Salah satu alternatif yang dapat digunakan untuk memperoleh energi listrik yaitu menggunakan pembangkit tenaga listrik tenaga pikohidro.

II. METODE PENELITIAN

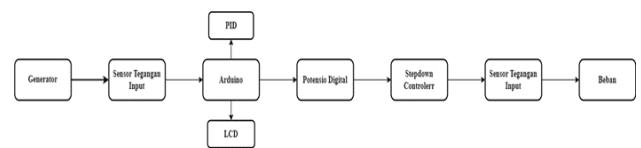
2.1. Diagram Alir Penelitian

Pada diagram ini menjelaskan beberapa tahap penelitian yang akan dilakukan yang pertama yaitu membuat Rangkaian PLTA-PH, sebagai alat untuk penelitian. Lalu selanjutnya mengimplementasikan alat PLTA-PH dengan menggunakan mikrokontroler Arduino dengan daya 72 Watt selanjutnya melakukan pengujian dan yang terakhir system berahir apabila mendapatkan eror akan mengulang lagi membuat rangkaian.



Gambar 2.1 Diagram Alir Penelitian

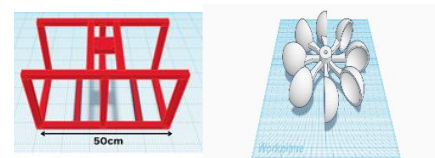
2.2. Blok Diagram Sistem



Gambar 2.2 Blok Diagram Sistem

2.3. Desain Mekanik Picohidro

Pada tahap ini dilakukan perencanaan pemipaan dari sungai ke penampung dan dari penampung ke generator, lalu perencanaan rangka dari penopang generator.

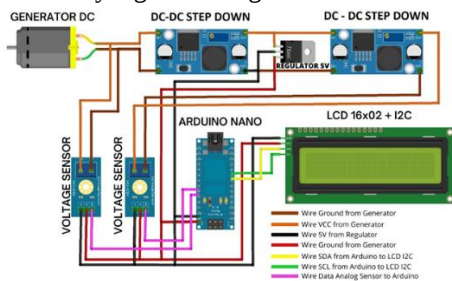


Gambar 2.3 Desain Mekanik Picohidro

2.4. Desain Elektrik Picohidro

Terdapat beberapa komponen yang saling terhubung untuk membentuk suatu sistem. Yang pertama terdapat sebuah motor generator yang berfungsi sebagai sumber tegangan untuk menjalankan sistem. Yang kedua terdapat sebuah sensor arus acs712 untuk mengukur arus yang telah di hasilkan oleh generator. Yang ketiga terdapat 3 buah Ic regulator yang berfungsi untuk menstabilkan tegangan yang

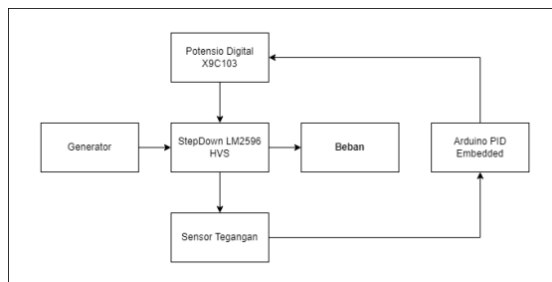
akan di alirkan ke rangkaian mikrokontroller, karena tegangan yang dihasilkan generator cenderung tidak stabil maka digunakan regulator berjenis 7812,7809 dan 7805 masing masing 1 buah. Yang keempat terdapat sebuah mikrokontroller arduino nano yang berfungsi sebagai pusat kendali dari sistem. Yang kelima terdapat 2 buah sensor tegangan dc yang masing masing memiliki tugas yang berbeda, dimana 1 buah untuk mengukur tegangan input dan 1 buah untuk mengukur tegangan output. Yang keenam terdapat sebuah potensio digital yang dapat diatur oleh arduino nano. Yang ketujuh terdapat sebuah stepdown buck konverter yang bertugas untuk menurunkan tegangan agar tepat menjadi 5volt. Ketujuh terdapat sebuah LCD I2C 16x2 yang berfungsi untuk menampilkan hasil pembacaan sensor sensor yang terhubung ke arduino nano.



Gambar 2.4 Rangkaian Sistem PLTPH

2.5. Desain Kontrol PID

Desain system PID bertujuan untuk mengetahui cara kerja system PID pada komponen komponen yang digunakan

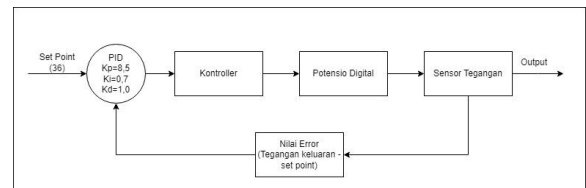


Gambar 2.5 Desain Kontrol PID

Desain pada Gambar 2.5 menjelaskan bahwa tegangan yang dihasilkan generator akan dihubungkan ke stepdown, selanjutnya output dari stepdown akan dihubungkan ke sensor tegangan sehingga ketika sensor mendeteksi tegangan maka akan dibaca oleh arduino yang dimana arduino sebagai pusat system dari perhitungan PID. Nilai PID didapat dari pengujian berulang ulang hingga di dapat nilai $K_p=8,5$, $K_i=0,7$, $K_d=1$. Setelah menghitung nilai PID maka arduino akan memberi perintah ke potensio digital X9C103S untuk memberi hambatan ke stepdown agar tegangan dapat distabilkan.

2.6. Desain Kontrol PID

Perancangan system PID bertujuan untuk mengetahui cara kerja PID pada sistem pembangkit listrik tenaga picohidro.



Gambar 2.6 Perancangan Sistem PID

Pada gambar 3.6 dapat di jelaskan bahwa sistem PID membutuhkan nilai setpoint yang berfungsi sebagai tolak ukur error yang diterima, pada penelitian ini nilai setpoint ditetapkan menjadi 36 karena target keluaran picohidro sebesar 36V. Selanjutnya Ditetapkan nilai PID sebagai pengelola nilai error untuk mencapai setpoint yang sudah ditentukan dan akan dikelola melalui mikrokontroller arduino, nilai PID didapat dari pengujian berulang ulang hingga mendapat nilai tegangan keluaran sebesar 35,92 – 36,11 dengan fluktuasi maksimal 0,19V dari yang sebelumnya tidak menggunakan PID memiliki tegangan keluaran sebesar 36-39V dengan fluktuasi maksimal 3V. Selanjutnya nilai yang sudah dikelola menjadi acuan untuk memberi perintah pada potensio digital untuk memberi hambatan pada stepdown yang pada keluaran stepdown sudah terhubung dengan sensor tegangan. Pada sistem PID dibutuhkan nilai error untuk mengetahui hasil pengelolaan yang dimana nilai error di dapat dari hasil pembacaan sensor tegangan dikurangi setpoint yang sudah ditentukan

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Penampung Air

Pada gambar 3.1 terlihat penampung yang digunakan memiliki spesifikasi yaitu kapasitas sebesar 200Liter air, Tinggi 90cm dan diameter 59cm



Gambar 3.1 Penampung Air

3.2. Penghubung Pipa

Gambar 3.2 terlihat 2 buah pipa dengan ukuran 1inch dengan panjang 12meter dari penampung lalu dihubungkan ke pipa ukuran 1/2inch agar dapat terhubung ke nozzle.



Gambar 3.2 Penghubung Pipa

3.3. Kincir Turbin Dan Motor

Pada Gambar 3.3 terlihat pada bagian bawah motor terdapat nozzle yang dihungkan langsung pada rotor generator yang selanjutnya akan di dorong oleh air yang keluar dari nozzle.



Gambar 3.3 Kincir Turbin Dan Motor

3.4. Pengujian Sensor Tegangan LM2596HVS

Pengujian sensor tegangan dilakukan untuk mengetahui seberapa akurat sensor tegangan yang digunakan. Pengujian dilakukan dengan cara membandingkan hasil pembacaan sensor yang sudah terhubung oleh Arduino dengan Avometer yang sudah beredar di pasaran.

Tabel 3.1 Pengujian Sensor Tegangan

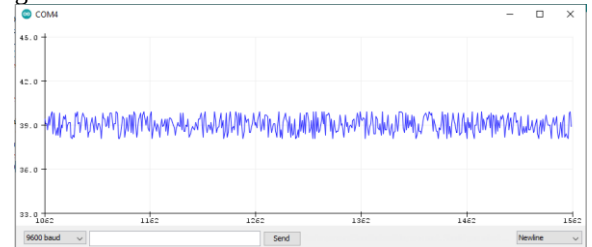
No	Tegangan (V)		Error (%)
	Avometer	Sensor Tegangan	
1	39,4	39,3	0,25
2	39,6	39,4	0,51
3	39,5	39,2	0,76
4	39,4	39,3	0,25
5	39,5	39,2	0,76
6	39,8	39,7	0,25
7	39,7	39,5	0,50
8	39,9	39,7	0,50
9	40,1	39,8	0,75
10	39,5	39,4	0,25
11	39,8	39,8	0,00
12	39,7	39,5	0,50
13	39,8	39,6	0,50
14	39,4	39,1	0,76
15	39,6	39,5	0,25
Rata-rata Error			0,45

3.5. Pengujian PID

Pengujian sistem PID bertujuan untuk mengurangi lonjakan perubahan nilai tegangan keluaran yang dihasilkan oleh generator. Pada sistem PID dibutuhkan nilai "SET POINT" yang dimana nilai setpoint digunakan sebagai nilai patokan untuk menghitung error yang dihasilkan. Dari hasil pengujian generator dapat diketahui bahwa generator dapat mengeluarkan tegangan sebesar 39.1V - 40.1V, maka dari itu diputuskan untuk membuat setpoint menjadi 39.0V, yang dimana jika nilai tegangan lebih dari 39.0 akan dinilai sebagai error.

3.6. Proporsional (kp)

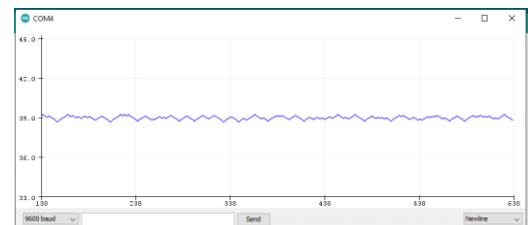
Langkah awal dalam pembentukan sistem PID dibutuhkan nilai Kp yang dimana dalam menentukan nilai Kp dilakukan secara manual yaitu dengan melakukan beberapa kali percobaan untuk mendapatkan nilai Kp yang terbaik yaitu dengan membual sample nilai Kp sebesar 0,5,10,15 dan 20 dengan hasil seperti gambar berikut :



Gambar 3.3 Kp = 1

3.7. Integral (ki)

Setelah mengetahui nilai Proporsional maka selanjutnya dilakukan uji coba untuk mendapatkan nilai integral. Nilai integral bertujuan untuk mengurangi waktu perubahan data yang dimana respon ketika hanya diberi nilai proporsional terlalu cepat yang menyebabkan naik turunnya tegangan terlalu cepat, maka nilai integral diperlukan untuk mengurangi waktu tersebut sehingga perubahan nilai keluaran diharapkan dapat lebih stabil. Ujicoba dilakukan dengan melakukan beberapa kali percobaan yang dimana nilai integral akan di uji dengan nilai integral 1,2,3, dan 4 dengan hasil seperti berikut:

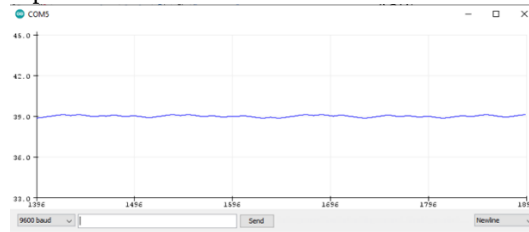


Gambar 3.4 Kp=8,5 + Ki=1

3.8. Derivatif (kd)

Dari percobaan sebelumnya sudah dapat diketahui nilai Kp dan Ki, selanjutnya dibutuhkan nilai derivative atau Kd untuk membentuk sistem PID yang dimana untuk

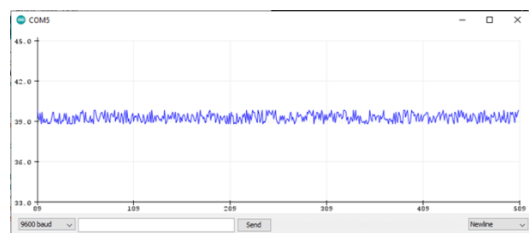
mendapatkan nilai Kd dilakukan beberapa percobaan untuk mendapat nilai yang terbaik. Nilai derivative bertujuan untuk mengantisipasi adanya lonjakan tegangan sehingga tegangan keluaran lebih stabil. Uji coba dilakukan dengan cara melakukan beberapa kali percobaan yang dimana nilai derivatif akan di uji dengan nilai integral 1,2, dan 3, dengan hasil seperti berikut:



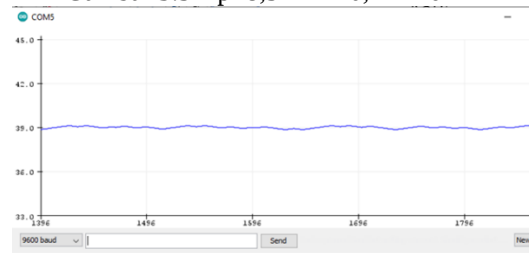
Gambar 3 7 Kp=8,5 + Ki=0,7 + Kd=1

3.9. Hasil Pengujian PID

Dari pengujian nilai Proporsional(kp), Integral(Ki) dan Derivatif(Kd) telah didapatkan nilai PID yaitu Proporsional = 8,5, Integral = 0,7 dan Derivatif = 1. Pengujian tersebut mendapatkan hasil yang cukup baik yang dimana dapat perbedaan lonjakan tegangan. Perbedaan dapat dinilai dari grafik berikut:



Gambar 3.5 Kp=8,5 + Ki=0,7 + Kd=2



Gambar 3.6 Kp=8,5 + Ki=0,7 + Kd=3

3.10. Perbandingan Penerapan PLTPH Dengan PID dan Tanpa PID

Percobaan Ke-	Tanpa PID		Dengan PID	
	Tegangan (V)	Daya (Watt)	Tegangan (V)	Daya (Watt)
1	39,32	83,36	36,03	75,30
2	39,18	79,93	35,97	73,38
3	39,72	86,19	36,05	76,79
4	39,15	84,56	36,02	77,44
5	38,72	84,80	36,02	78,88
6	39,87	85,32	36,00	75,96
7	38,88	81,26	35,96	75,16
8	38,98	82,25	36,01	75,62
9	38,76	82,95	36,00	77,04
10	39,21	83,52	35,99	76,66
Rata Rata		83,41	Rata Rata	76,22

IV. KESIMPULAN

Perancangan sistem picohidro di Desa Purwoharjo Kecamatan Ampelgading Kabupaten Malang dilakukan dengan cara mengalirkan air dari sungai ke penampungan air berkapasitas 200Liter dengan pipa ukuran 1inch yang memiliki debit rata rata 0,52L/s yang kemudian dialirkan kembali ke turbin dan disempotkan oleh nozzle dengan debit 0,29L/s sehinggadapat memutar turbin dan menggerakkan generator hingga 1026rpm sehingga menghasilkan tegangan sebesar 39,1V hingga 40,1V dengan arus maksimal sebesar 2,11Ampere. Daya yang dihasilkan generator akan dideteksi oleh sensor tegangan dan sensor arus ACS712 untuk dimonitoring.

Penerapan sistem PID pada picohidro berhasil menstabilkan tegangan dengan hasil tegangan keluaran sebesar 36V. penerapan sistem PID dilakukan dengan menghubungkan gerator ke stepdown untuk menurunkan tegangan lalu hasil keluaran stepdown dibaca dengan sensor tegangan yang selanjutnya hasil pembacaan sensor diolah oleh arduino menggunakan perhitungan PID. Untuk mendapatkan nilai PID yang ideal dilakukan pengujian berkali kali sehingga mendapatkan nilai Kp=8,5 , Ki=0,7 dan Kd=1. Hasil Tegangan yang tidak menggunakan PID sebesar 36-39V dan yang menggunakan PID sebesar 35,92 – 36,11 dengan kecepatan generator rata rata 1024rpm. Dari data tersebut dapat diketahui penggunaan PID dapat menurunkan fluktuasi tegangan generator yang semula mencapai 3V dapat dirunkan menjadi 0,54V.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] H. Maros and S. Juniari, "STUDI SISTEM PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA MIKRO HIDRO DI KAMPUNG TINGKEM KECAMATAN BLANG JERANGO GAYO LUES," vol. 21, no. 2, pp. 1–23, 2016.
- [2] N. A. Adistia, R. A. Nurdiansyah, J. Fariko, V. Vincent, and J. W. Simatupang, "Potensi Energi Panas Bumi, Angin, Dan Biomassa Menjadi Energi Listrik Di Indonesia," *TESLA J. Tek. Elektro*, vol. 22, no. 2, p. 105, 2020, doi: 10.24912/tesla.v22i2.9107.
- [3] Suparman, "Desain Pembangkit Listrik Tenaga Piko Hidro," *Eccis*, vol. 11, no. 2, pp. 82–88, 2017.
- [4] H. Prasetijo, H. P. Widhiatmoko, P. S. Nugroho, H. Prasetijo, H. P. Widhiatmoko, and P. S. Nugroho, "TRANSFER PENGETAHUAN PEMBUATAN PEMBANGKIT LISTRIK KNOWLEDGE TRANSFER FOR MAKING PYCOHIDRO POWER PLANT Dusun Siwarak desa Watuagung Provinsi

- Jawa Tengah terletak pada 70 Lintang Selatan Kesatuan Pemangkuan Hutan (KPH) karena terpisahkan oleh hutan pinus,” *J. Pengabd. dan Pemberdaya. Masy.*, vol. 3, no. 1, pp. 33–38, 2019.
- [5] S. Bandri, A. Premadi, and R. Andari, “STUDI PERENCANAAN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA PICOHYDRO (PLTPh) RUMAH TANGGA,” *J. Sains dan Teknol. J. Keilmuan dan Apl. Teknol. Ind.*, vol. 21, no. 1, p. 16, 2021, doi: 10.36275/stsp.v21i1.345.
- [6] D. P. Nurdin, “Perancangan Pembangkit Listrik Tenaga Picohydro Untuk Penerangan Jalan Di Desa Kediri Kab Banyumas,” *Suara Tek. J. Ilm.*, vol. 12, no. 1, p. 21, 2021, doi: 10.29406/stek.v12i1.2870.
- [7] R. R. Tito Sahntika, Liman Hartawan, Riduan Sagala, “Perekayasa Pembangkit Listrik Tenaga Air Untuk Penyediaan Listrik Skala Kecil 100 Watt,” *Jurnal Riset Industri*, vol. 7, no. 2, pp. 137–146, 2013.
- [8] N. Athifah, A. Qurthobi, F. T. Elektro, and U. Telkom, “Perancangan Alat Uji Efisiensi Pembangkit Listrik Efficiency Tester Design of Picohydro Power Plant Generator,” *e-Proceeding Eng.*, vol. 4, no. 3, pp. 3853–3861, 2017.
- [9] Bono, G. Suwoto, and Margana, “Model Turbin Turgo Multi Nosel Dengan Modifikasi Bentuk Sudu Untuk Pembangkit Listrik Tenaga Picohidro,” *J. Pros.*, vol. 3, pp. 222–230, 2020.
- [10] F. Wikipedia, “Micro hydro,” *Micro*, pp. 3–5, 2010.
- [11] M. I. Marzuki, I. N. Farida, and ..., “Implementasi Controller PID (Proportional, Integral, Derivative) pada Robot Sepak Bola Beroda,” *Pros. SEMNAS ...*, pp. 297–302, 2021, [Online]. Available: <https://proceeding.unpkediri.ac.id/index.php/inotek/article/view/971%0Ahttps://proceeding.unpkediri.ac.id/index.php/inotek/article/download/971/641>
- [12] F. Rohman, “Pengukur Kecepatan Aliran Dan Debit Air (Flowmeter) Dengan Tampilan Digital,” *Prototype Debit Air (Flow Meter) Dengan Tampilan Digit.*, vol. 3, no. 021, p. 12, 2009.
- [13] P. Dan, P. Prototipe, and P. Listrik, “Perencanaan dan penerapan prototipe pembangkit listrik tenaga piko hidro (pltph) dengan turbin tipe undershoot,” vol. 6, no. 1, pp. 81–87, 2020.
- [14] L. A. J. Kasmin, “Prototipe Pembangkit Listrik Tenaga Piko Hidro (Pltph) Menggunakan Turbin Reaksi Untuk Daya 100 Watt,” pp. 32–38, 2020.
- [15] C. A. Wicaksono, S. Ini, D. Untuk, M. Sebagian, P. Dalam, and M. G. Sarjana, *Instrumentasi Parameter Daya Listrik*. 2018.
- [16] I. Made Okdivian Soekaratha, C. Agung Yujana, and P. Aryastana, “Perencanaan Bendung Tipe Ogee Di Desa Ban Kabupaten Karangasem,” *Paduraksa*, vol. 8, no. 1, pp. 1–15, 2019.
- [17] A. G. Farezy and A. Kurniawan, “Analisa Pengaruh Kecepatan Putaran Turbin Ventilator terhadap Keluaran Daya yang Dihasilkan Menggunakan Generator Dc dengan Variasi Kecepatan Angin,” *Pros. SENIATI*, vol. 6, no. 2, pp. 295–303, 2022, doi: 10.36040/seniati.v6i2.4995.
- [18] D. Irawan, “Prototype Turbin Pelton Sebagai Energi Alternatif Mikrohidro Di Lampung,” *Turbo J. Progr. Stud. Tek. Mesin*, vol. 3, no. 1, pp. 1–6, 2014, doi: 10.24127/trb.v3i1.17.
- [19] R. A. Subekti, A. Susatyo, and H. Sudibyo, “Perancangan turbin kaplan,” *Puslit Tenaga List. Dan Mekatronik –Lipi*, no. 21, pp. 93–116, 2017.
- [20] D. Rustandi, M. F. La Ode, and S. Harahap, “Perancangan dan Optimasi Desain Turbin Francis Pada Pembangkit Listrik Tenaga Minihidro di Bendungan Jatibarang Kota Semarang,” *Teknobiz J. Ilm. Progr. ...*, vol. 9, no. 3, pp. 20–28, 2019, [Online]. Available: <https://core.ac.uk/download/pdf/288330907.pdf>
- [21] Z. Saleh, Y. Apriani, F. Ardianto, and R. Purwanto, “ANALISIS KARAKTERISTIK TURBIN CROSSFLOW KAPASITAS 5 kW,” *J. Surya Energy*, vol. 3, no. 2, p. 255, 2019, doi: 10.32502/jse.v3i2.1484.
- [22] A. Salvati, M. Palme, and L. Inostroza, “Key Parameters for Urban Heat Island Assessment in A Mediterranean Context: A Sensitivity Analysis Using the Urban Weather Generator Model,” *IOP Conf. Ser. Mater. Sci. Eng.*, vol. 245, no. 8, 2017, doi: 10.1088/1757-899X/245/8/082055.
- [23] Jumrianto, Wahyudi, and A. Syakur, “Kalibrasi Sensor Tegangan dan Sensor Arus dengan Menerapkan Rumus Regresi Linear menggunakan Software Bascom AVR,” *J. Syst. Inf. Technol. Electron. Eng.*, vol. 1, no. 1, pp. 1–14, 2021.
- [24] D. T. Papebatha, “Rancang Bangun Alat Pengering

- Singkong Berbasis Arduino,” *Semin. Has. Elektro S1 ITN Malang*, 2019.
- [25] R. Hamdani, I. H. Puspita, and B. D. R. W. Wildan, “Pembuatan Sistem Pengamanan Kendaraan Bermotor Berbasis Radio Frequency Identification (Rfid),” *Indept*, vol. 8, no. 2, pp. 56–63, 2019.
- [26] A. Surtono, “Studi Pemanfaatan Apungan Dan Potensiometer Sebagai Tranduser Ketinggian Air,” *J. Sains Teknol.*, vol. 12, no. No. 1, pp. 57–62, 2006.
- [27] I. W. Yoga Widiani, I. G. A. P. Raka Agung, and P. Rahardjo, “Rancang Bangun Kendali Otomatis Lampu Dan Pendingin Ruangan Pada Ruang Perkuliahan Berbasis Mikrokontroler Arduino Nano,” *J. SPEKTRUM*, vol. 6, no. 2, p. 112, 2019, doi: 10.24843/spektrum.2019.v06.i02.p16.
- https://www.google.com/url?sa=i&url=https%3A%2F%2Fid.wikipedia.org%2Fwiki%2FPID&psig=AOvVaw1ReDqvLPz03y5jBs1UDWm9&ust=1684789993466000&source=images&cd=vfe&ved=2ahUKEwihlvb5qYf_AhXzrmMGHWQdBgUQr4kDegUIARC8AQ .