

# RANCANG BANGUN PEMBANGKIT LISTRIK PICOHIDRO CURAH HUJAN

Pijar Nurofiq Pratama<sup>1</sup>, Indra Riyanto<sup>2</sup>, Suwasti Broto<sup>3</sup>

Program Studi Teknik Elektro, Universitas Budi Luhur, Jakarta, Indonesia

[1852500022@student.budiluhur.ac.id](mailto:1852500022@student.budiluhur.ac.id), [suwasti.broto@budiluhur.ac.id](mailto:suwasti.broto@budiluhur.ac.id), [indra.riyanto@budiluhur.ac.id](mailto:indra.riyanto@budiluhur.ac.id)

## ABSTRAK

Indonesia memiliki curah hujan yang cukup tinggi sebesar (2000-3000 mm per tahun) Hal ini berpotensi untuk dimanfaatkan sebagai sumber energi alternatif untuk pembangkit listrik. Dalam tugas akhir ini dirancang sistem pembangkit listrik picohidro dengan sumber energi berasal dari curah hujan. Sistem yang dirancang terdiri dari talang air dengan ketinggian 1 m, pipa 1/2", water flow YF-S201, Picohidro Generator, sensor INA219, Arduino Mega 2560, RTC DS3231, LCD, I2C, Micro SD Card, dan beban lampu dc 5 watt. Cara kerja sistem adalah ketika hujan turun maka air akan ditampung oleh talang air yang kemudian air akan mengalir melalui pipa yang tersambung dengan water flow dan generator. Air yang melewati water flow dan generator akan memutar turbin sehingga menghasilkan data debit air dan daya listrik. Sensor INA219 akan membaca arus dan tegangan serta daya yang dihasilkan dari generator dengan beban lampu dc 5 watt. Data debit air dan daya kemudian akan ditampilkan di LCD dan disimpan di Sd Card. Sistem yang dirancang diuji dengan cara tiga skenario pengujian yaitu pengujian 1 generator tunggal, 2 generator koneksi seri, dan 2 generator koneksi paralel. Dari hasil pengujian sistem diperoleh data tertinggi berada di pengujian 1 generator yang menghasilkan daya 25,64 mW dengan energi potensialnya 1,5384 Joule.

**Kata Kunci :** Picohidro, Curah Hujan, Water Flow, Energi Potensial

## ABSTRACT

Indonesia has a fairly high rainfall of (2000-3000 mm per year) This has the potential to be used as an alternative energy source for power generation. In this final project, a picohydro power generation system was designed with energy sources derived from rainfall. The designed system consists of gutters with a height of 1 m, 1/2" pipe, YF-S201 water flow, Picohidro Generator, INA219 sensor, Arduino Mega 2560, RTC DS3231, LCD, I2C, Micro SD Card, and 5 watt dc lamp load. The way the system works is that when it rains, the water will be collected by gutters which then the water will flow through pipes connected to the water flow and generator. Water that passes through the water flow and generator will rotate the turbine so that it produces data on water discharge and electrical power. The INA219 sensor will read the current and voltage as well as the power generated from the generator with a 5 watt dc lamp load. Water discharge and power data will then be displayed on the LCD and stored on the SD Card. The designed system is tested by means of three test scenarios namely testing 1 single generator, 2 series connection generators, and 2 parallel connection generators. From the results of system testing, the highest data was obtained in testing 1 generator that produced 25.64 mW of power with a potential energy of 1.5384 Joules.

**Keywords :** Picohydro, Rainfall, Water Flow, Potential Energy

## I. PENDAHULUAN

Pada penelitian ini percobaan PLTMH pada tandon air dengan pipa  $\frac{1}{2}$ " untuk variasi ketinggiannya 1 meter, 2 meter, dan 3 meter. Penggunaan generator dirangkai secara seri, penelitian bertujuan supaya mengetahui ketinggian dan jumlah generator yang menghasilkan daya maksimal. Pengujian pertama untuk mengetahui nilai debit yang dihasilkan sebesar  $4.166 \text{ m}^3/\text{s}$  dan tekanan air yaitu 0,01 Mpa pada ketinggian 1 meter, 0,02 Mpa pada ketinggian 2 meter, dan 0,03 Mpa pada ketinggian 3 meter. Pengujian debit tekanan air menjadi acuan dalam percobaan PLTMH dengan 5 jenis rangkaian. Percobaan generator DC dengan memberikan beban lampu LED 12V 3W. PLTMH menghasilkan daya maksimal pada rangkaian paralel III dengan ketinggian 3 meter dan daya 2.675 W, serta tegangan 53,50 V dan arus 0,050 A. [1]

Pada penelitian yang dilakukan ini, pembangkit listrik memanfaatkan tenaga air yang berasal dari saluran tandon air yang berlokasi di Politeknik Perkeretapiian Indonesia Madiun Jawa Timur. Pengujian dilakukan untuk membuat rancang bangun sederhana pembangkit mikrohidro yang dilengkapi alternatif tenaga air (mikrohidro) dan tenaga panas dari matahari (panel surya). Hasil pengujian memperoleh debit air yang ada di lokasi sebesar 14L/menit. Lalu hasil pengukuran daya pembangkit listrik mikrohidro generator 12V dapat menghasilkan tegangan sebesar 13,18V dan arus rata-rata 102,2mA. Pembangkit listrik mikrohidro generator 80V bisa menghasilkan tegangan 12,27V dan arus rata-rata 129mA. [2]

Pada penelitian ini pengujian PLTMH memanfaatkan air wudhu yang berasal dari tandon sebagai medianya, Sistem kerja penelitian ini yaitu saat air keran terbuka maka aliran air akan memutar mikrohidro yang kemudian dinaikan tegangannya dengan modul step up untuk mengisi baterai 10V. Dari beberapa pengujian alternator tegangan tertinggi didapat 7,23V, dan tegangan menurun ketika tersambung ke beban [3]

Pada penelitian ini, mikrohidro generator digunakan sebagai pembangkit listrik yang berasal dari aliran air pada tandon. Cara kerja sistem diawali ketika valve terbuka aliran air akan mengalir dan memutar turbin generator sehingga menghasilkan tegangan DC. Tegangan DC kemudian disambungkan dengan Grid Tie Inverter untuk mengubah tegangan DC menjadi AC. Percobaan dilakukan dengan menggunakan 2 jenis yaitu 1 buah generator dan 2 buah generator. Hasil penelitian mendapatkan bahwa parameter berpengaruh adalah debit air atas. Penggunaan jenis 2 buah generator sama seperti tegangan yang dihasilkan oleh jenis 1 buah generator dengan tegangan maksimal 25V. [4]

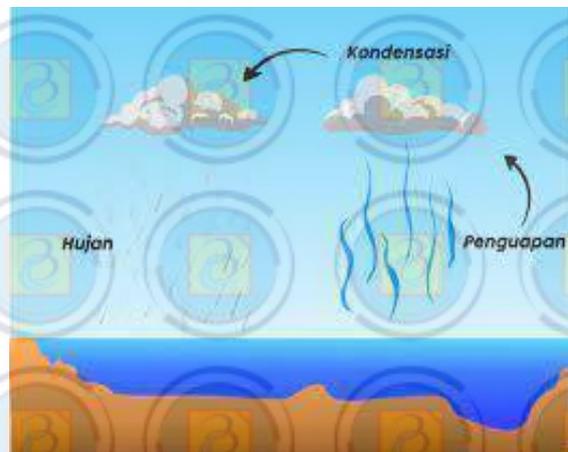
Pada penelitian yang dilakukan ini, pembangkit listrik mikrohidro mendapat sumber air dari tandon aliran gedung bertingkat. Prototipe

penelitian ini dibuat skala dengan bentuk aslinya yaitu 1 : 5. Dari pengujian alat didapatkan hasil ketinggian 1,5 meter dengan debit air  $59,865 \times 10^{-6} \text{ m}^3/\text{s}$  dan energi listrik yang dihasilkan adalah tegangan sebesar 11,56 volt dengan arus 0,05 A. Daya yang dihasilkan PLTMH ini adalah 0,5 watt pada ketinggian 1,5 meter. Dengan kecepatan air 5,29 m/s tekanan air 15.000 Pa atau 0,15 bar. [5]

## II. TINJAUAN PUSTAKA

### ➤ Hujan

Curah hujan merupakan jumlah air hujan yang jatuh di daerah tertentu dengan satuan mm. Curah hujan juga dapat disebut sebagai air hujan yang menumpuk di tempat dangkal yang tidak menguap, tidak tenggelam, dan tidak mengalir setelah hujan turun. Sedangkan, Intesitas hujan merupakan jumlah curah hujan dalam satuan waktu tertentu (mm/jam). Intesitas curah hujan memiliki besarnya yang berbeda karena tergantung dari lamanya curah hujan dan frekuensi kejadiannya. Berikut merupakan gambar siklus terjadinya hujan ditunjukkan pada Gambar 1.



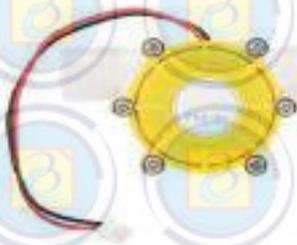
Gambar 1 Siklus Hujan

### ➤ Picohidro Generator

Picohidro merupakan suatu komponen pembangkit listrik dalam skala kecil yang menggunakan sumber daya berupa air untuk menggerakannya dan untuk menghasilkan listrik. Air yang digunakan adalah air dengan ketinggian head dan kapasitas aliran tertentu. Picohidro ini memiliki tegangan maksimal 12 volt dan arus maksimal 220 mA. Cara kerja Picohidro yaitu mengubah energi potensial air menjadi energi mekanik, turbin ini dibedakan menjadi 2 jenis turbin yaitu turbin impuls dan turbin reaksi. Pada penelitian tugas akhir ini generator menggunakan turbin impuls. Turbin impuls adalah tipe turbin yang mengubah energi potensial air menjadi energi kinetik dengan nosel. Ketika air keluar dari nosel mempunyai kecepatan yang tinggi dan menabrak sisi sudu turbin, sehingga sudu turbin yang terkena kecepatan air akan

bergerak, semakin kencang aliran air maka semakin kencang putaran turbin. [6]

Kemudian turbin yang berputar ini akan terhubung dengan generator melalui poros turbin yang bergerak akibat dari energi kinetik air menjadi energi mekanik. Generator akan memanfaatkan perputaran turbin untuk memutar kumparan magnet didalamnya. Sehingga terjadi perubahan energi dari energi mekanik menjadi energi listrik.



Gambar 2 Picohidro Generator

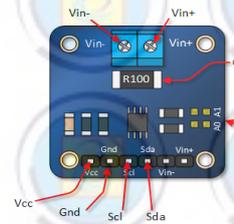
Tabel 1 dibawah ini merupakan jenis hydropower dengan kapasitas daya yang dihasilkannya.

Tabel 1 Jenis Hydropower dengan Kapasitas Daya [7]

Jenis Hydropower	Kapasitas Daya
Pico hydro	Kurang dari 5 kW
Mikro hydro	5 - 100 kW
Mini hydro	100 kW – 1 MW
Small hydro	1 - 15 MW
Medium hydro	15 – 100 MW
Large hydro	Lebih dari 100 MW

#### ➤ Sensor Arus dan Tegangan INA219

Sensor Arus dan Sensor Tegangan merupakan komponen yang berfungsi untuk menghitung arus dan tegangan DC yang melewati suatu rangkaian lewat komunikasi I2C. Pada penelitian tugas akhir ini Sensor Arus dan Sensor Tegangan menjadi satu kesatuan komponen yang bernama Sensor INA 219. Sensor INA 219 ini mampu mengukur arus hingga 3.2 Ampere dan tegangan  $\pm 26$  VDC. Tegangan Vcc nya hanya 3 atau 5v. Bentuk fisik sensor INA 219 dapat dilihat pada Gambar 3 dibawah ini. [8]



Gambar 3 Sensor INA219

#### ➤ Arduino Mega 2560

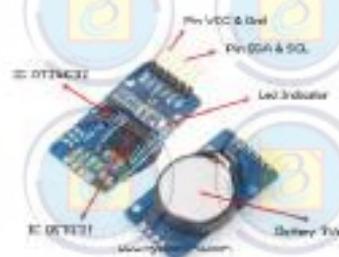
Arduino Mega 2560 merupakan board mikrokontroler berbasis Atmega2560 memiliki 54 pin digital I/O diantara seluruh pin I/O, 15 pin bisa digunakan untuk output PWM. 16 pin analog input, 4 pin UART. Board Arduino Mega 2560 dilengkapi oscilator 16 MHz, tombol reset, port USB dan power jack DC. Gambar Arduino Mega 2560 terdapat pada Gambar 4 berikut ini.



Gambar 4 Arduino Mega 2560

#### ➤ Real Time Clock (RTC DS3231)

Real Time Clock atau yang disingkat RTC merupakan jenis module yang berfungsi untuk perwaktuan digital dan penambahan fitur pengukur suhu yang dikemas dalam 1 modul. RTC menyediakan waktu (detik, menit, jam, hari, tanggal, bulan, dan tahun), RTC ini menggunakan batterai CR2032 3V yang berfungsi sebagai back up RTC apabila catudaya utama mati. Berikut merupakan bentuk fisik RTC DS3231 pada Gambar 5 dibawah ini.

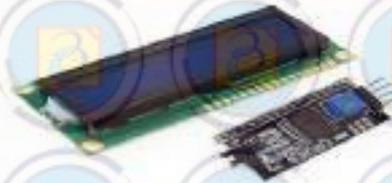


Gambar 5 RTC DS3231

#### ➤ LCD I2C

Liquid Crystal Display adalah komponen yang digunakan untuk menampilkan gambar atau tulisan dengan menggunakan kristal cair sebagai penampil

utamanya. LCD yang digunakan pada tugas akhir ini adalah LCD I2C yang berfungsi untuk menampilkan nilai hasil pembacaan sensor. LCD I2C 16x2 menampilkan 32 karakter yang terdiri dari 2 baris dan setiap barisnya menampilkan 16 karakter. Module I2C hanya membutuhkan 2 pin untuk mengirimkan data dan 2 pin sebagai pemasok tegangan. Berikut Gambar 6 merupakan LCD I2C.



Gambar 6 LCD I2C

➤ Module Micro SD Card

Module MicroSD Card adalah module yang mengakses SD Card untuk pembacaan atau penulisan data yang menggunakan sistem antarmuka SPI. Kontrol antarmukanya terdiri dari GND pin untuk Ground, VCC pin untuk power supply, MISO, MOSI, SCK pada pin SPI bus, dan CS untuk pin chip selected signal. Bentuk fisik dari module MicroSD Card dapat dilihat pada Gambar 7 dibawah ini.



Gambar 7 Module SD Card

➤ Water Flow YF-S201

Water Flow YF-S201 merupakan sensor yang dipakai untuk mengukur laju aliran atau jumlah fluida yang bergerak mengalir dalam sebuah pipa tertutup. Pada penelitian tugas akhir ini water flow digunakan untuk mengetahui debit dan volume air pada pipa. Laju aliran bekerja 1-30 Liter/Menit. Pada Gambar 8 ini merupakan Water Flow YF-S201 dibawah ini.



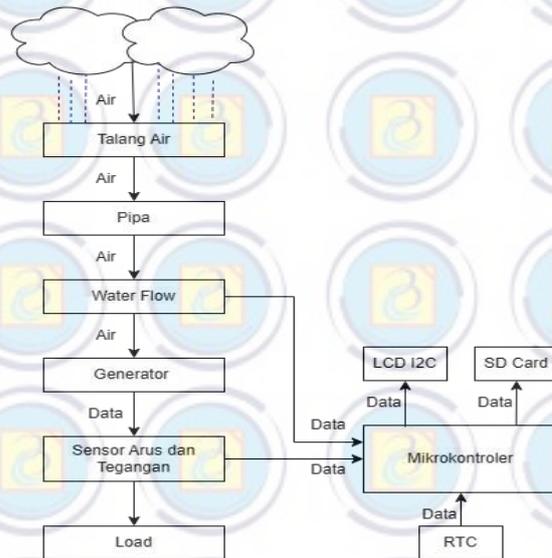
Gambar 8 Water Flow YF-S201

### III. PERANCANGAN SISTEM

#### A. Diagram Blok Sistem

Berikut ini merupakan gambar blok sistem

yang ditunjukkan pada Gambar 9.



Gambar 9 Diagram Blok Sistem

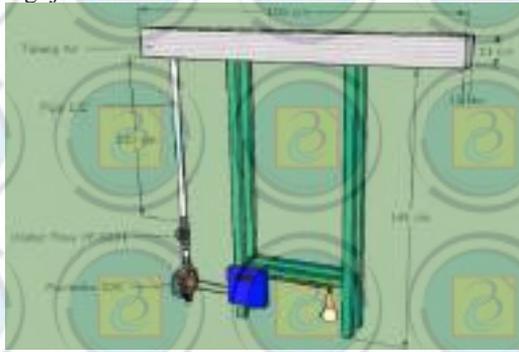
Prinsip kerja pada alat untuk sistem picohidro generator adalah ketika hujan turun, air akan ditampung pada talang air serta akan mengalir menuju bagian yang berlubang. Bagian yang berlubang akan disambung dengan pipa ½”, sehingga air akan masuk ke dalam lubang pipa. Pipa kemudian akan disambungkan dengan Water Flow dan Picohidro dengan jarak 1 meter dari talang air. Percobaan dilakukan 3 kali dan diberi beban lampu DC 5 watt selama 1 jam. Percobaan pertama yaitu 1 turbin Picohidro yang terpasang oleh pipa. Percobaan kedua yaitu 2 buah turbin Picohidro yang dipasang secara seri. Percobaan ketiga yaitu 2 buah turbin Picohidro yang dipasang secara paralel.

Air yang mengalir jatuh pada pipa akan memutarakan turbin water flow dan turbin picohidro sehingga water flow menghasilkan data debit dan volume air yang mengalir dan picohidro akan menghasilkan daya listrik. Hasil nilai daya yang dihasilkan oleh picohidro kemudian dibaca oleh Sensor Arus dan Tegangan yang selanjutnya akan ditampilkan pada LCD dengan perwaktuan yang diatur oleh RTC. Kemudian data yang dihasilkan akan disimpan pada SD Card.

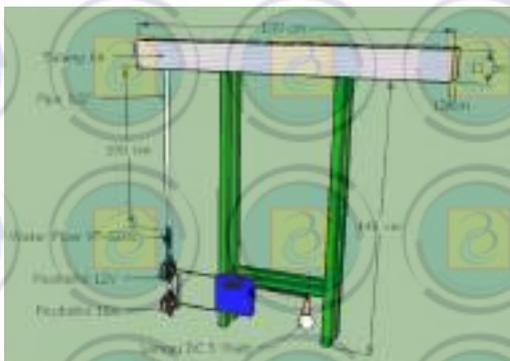
#### B. Perancangan Desain Alat

Perancangan desain sistem pembangkit listrik dari curah hujan ini terdiri dari talang air yang memiliki dimensi berukuran panjang x lebar x tinggi yaitu 100 cm x 12 cm x 11 cm. Sedangkan untuk pipa memiliki dimensi diameter berukuran ½ inch, jarak dari talang air ke water flow dan picohidro yaitu 100 cm. Gambar 10 diketahui koneksi generator tunggal, pada Gambar 11 diketahui koneksi kabel output dari 2 buah generator dipasang secara seri, dan Gambar 12 diketahui koneksi kabel output dari 2 buah generator dipasang secara paralel. Berikut merupakan gambar desain dari 3 metode

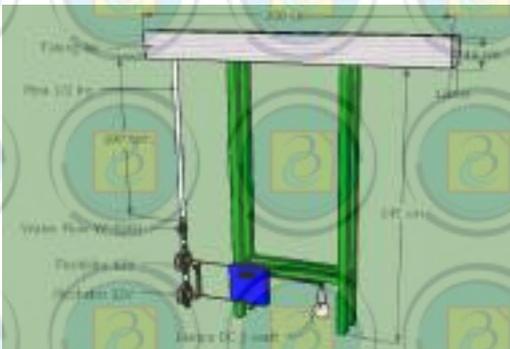
pengujian.



Gambar 10 Desain Generator Tunggal



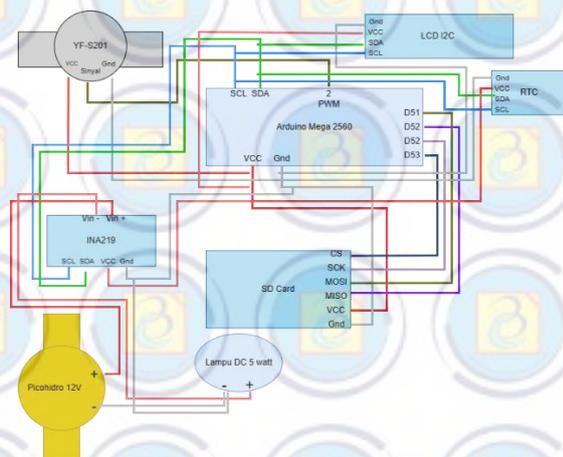
Gambar 11 Desain 2 Generator Koneksi Seri



Gambar 12 Desain 2 Generator Koneksi Pararel

### C. Rangkaian Keseluruhan

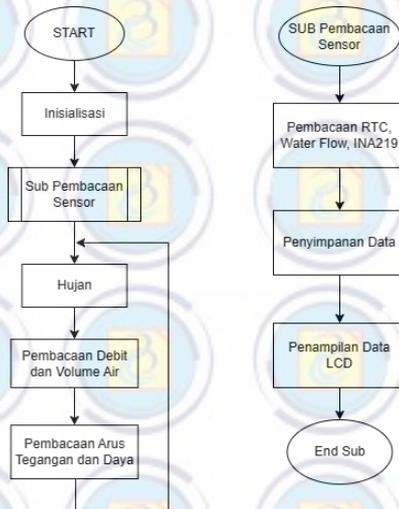
Berikut ini merupakan gambar rangkaian keseluruhan yang ditunjukkan pada Gambar 13.



### Gambar 13 Rangkaian Keseluruhan

#### D. Diagram Alir (Flowchart)

Berikut ini merupakan gambar dari diagram alir (flowchart).



Gambar 14 Diagram Alir (Flowchart)

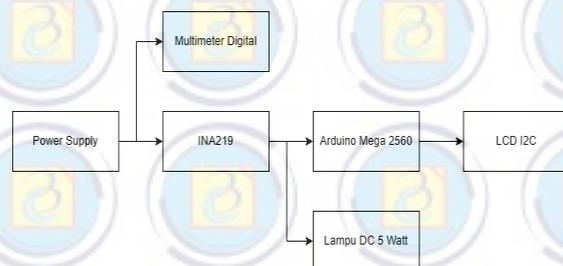
Pada Gambar 14 Diagram alir program utama diketahui bahwa program dimulai dengan inialisasi input dan output. Lalu selanjutnya yaitu ke Sub Pembacaan Sensor yang kemudian saat hujan turun maka program akan membaca debit dan volume air yang mengalir. Selanjutnya program akan membaca arus, tegangan, dan daya yang mengalir pada sistem.

Untuk diagram alir sub pembacaan sensor dimulai dari pembacaan sensor yaitu RTC, Sensor Water Flow YF-S201, dan Sensor INA219. Kemudian ketika sistem bekerja, program akan menyimpan data dan selanjutnya data akan ditampilkan pada LCD I2C.

## IV. PENGUJIAN DAN ANALISA

### A. Pengujian Sensor INA219

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui seberapa tepat atau akurat pembacaan sensor dan untuk mengetahui seberapa besar arus dan tegangan yang dibaca oleh sensor. Pembacaan sensor ini digunakan untuk mengetahui keluaran arus dan tegangan picohidro generator.



Gambar 15 Diagram Blok Pengujian Sensor INA219

a) Hasil Pengukuran Tegangan

Tabel 2 Hasil Pengukuran Tegangan

No	Pengukuran Multimeter(V)	Pengukuran Sensor (V)	Error (%)
1	8,68	8,44	2,76
2	9,07	8,89	1,98
3	9,48	9,30	1,89
4	10,01	9,76	2,49
5	10,80	10,30	4,62
<b>Rata – Rata Error</b>			2,74

Tabel 2 diatas merupakan hasil pengukuran tegangan, untuk menghitung nilai errornya maka dilakukan dengan cara dibawah ini.

$$\text{Nilai Error} = \frac{\text{Nilai Multimeter} - \text{Nilai Sensor}}{\text{Nilai Multimeter}} \times 100\%$$

Contoh perhitungan untuk nilai error pada data nomor 1 sebagai berikut:

$$\text{Nilai Error} = \frac{8,68 - 8,44}{8,68} \times 100\% = 2,76\%$$

$$\text{Rata – Rata Error} = \frac{\text{Jumlah Data}}{\text{Jumlah Sample Data}}$$

$$\text{Rata – Rata Error} = \frac{2,76 + 1,98 + 1,89 + 2,49 + 4,62}{5} = 2,74 \%$$

b) Hasil Pengukuran Arus

Tabel 3 Hasil Pengukuran Arus

No	Pengukuran Multimeter(A)	Pengukuran Sensor (A)	Error (%)
1	0,05	0,03	40
2	0,10	0,06	40
3	0,15	0,08	46,6
4	0,20	0,11	45
5	0,25	0,15	40
<b>Rata – Rata Error</b>			42,32

Tabel 3 diatas merupakan hasil pengukuran arus, untuk menghitung nilai errornya maka dilakukan dengan cara dibawah ini.

$$\text{Nilai Error} = \frac{\text{Nilai Multimeter} - \text{Nilai Sensor}}{\text{Nilai Multimeter}} \times 100\%$$

Contoh perhitungan untuk nilai error pada data nomor 1 sebagai berikut:

$$\text{Nilai Error} = \frac{0,05 - 0,03}{0,05} \times 100\% = 40\%$$

$$\text{Rata – Rata Error} = \frac{\text{Jumlah Data}}{\text{Jumlah Sample Data}}$$

$$\begin{aligned} \text{Rata – Rata Error} &= \frac{40 + 40 + 46,6 + 45 + 40}{5} \\ &= 42,32 \% \end{aligned}$$

B. Pengujian Sensor Water Flow YF-S201

Pengujian ini dilakukan bertujuan untuk mengetahui volume air yang mengalir dalam sistem pembangkit listrik picohidro curah hujan. Pengujian dilakukan dengan membandingkan air yang tertampung pada gelas ukur dengan sensor water flow. Pengujian ini dilakukan lima kali dengan volume air yang berbeda. Diagram blok pengujian dapat dilihat pada gambar dibawah ini:



Gambar 16 Diagram Blok Pengujian Water Flow

Tabel 4 Hasil Pengukuran Volume

Nilai Volume Gelas Ukur (L)	Nilai Sensor Water Flow (L)	Error (%)
1	0,88	0,12
2	1,99	0,005
3	3	0
4	4,03	0,0075
5	5,05	0,01

Tabel 4 diatas dapat diketahui bahwa nilai pembacaan volume pada gelas ukur dan sensor berbeda. Tahapan pengujian dilakukan dengan tiap kenaikan 1 liter sehingga menghasilkan nilai error. Dari perbedaan tersebut dapat diketahui nilai errornya, nilai error didapatkan dengan menggunakan rumus

$$\text{Nilai Error} = \frac{\text{Nilai Gelas Ukur} - \text{Nilai Sensor}}{\text{Nilai Gelas Ukur}} \times 100\%$$

Contoh perhitungan untuk nilai error pada data nomor 1 sebagai berikut:

$$\text{Nilai Error} = \frac{1 - 0,88}{0,88} \times 100\% = 0,12 \%$$

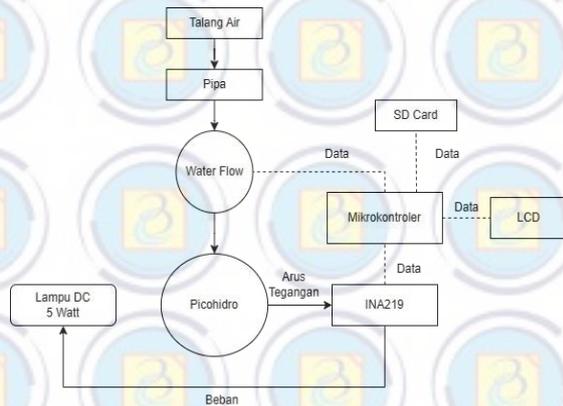
$$\text{Rata – Rata Error} = \frac{\text{Jumlah Data}}{\text{Jumlah Sample Data}}$$

$$= \frac{0,12 + 0,005 + 0 + 0,0075 + 0,01}{5} = 0,0285 \%$$

C. Pengujian Keseluruhan Generator

Berikut ini merupakan gambar skema pengujian

keseluruhan yang ditunjukkan pada Gambar 17 dibawah ini.



Gambar 17 Skema Pengujian Generator

Peralatan yang digunakan pada pengujian ini adalah Water Flow YF-S201, Picohidro Generator, Sensor INA219, talang air, pipa ½”, mikrokontroler, beban lampu dc 5 watt, sd card, dan lcd.

a. Pengujian Skema 1 Generator Tunggal

Pengujian ini dilakukan bertujuan untuk mengetahui berapa daya yang dihasilkan dan berapa energi potensial oleh 1 Picohidro Generator dalam waktu 1 jam. Gambar dibawah ini adalah pengujian 1 generator tunggal.



Gambar 18 Pengujian 1 Generator Tunggal

Pada Tabel 5 dibawah ini merupakan hasil perhitungan dari daya menjadi energi potensial.

Tabel 5 Daya dan Energi Potensial

No	Daya(W)	Energi Potensial (J)
1	0,01095	0,657
2	0,01635	0,981
3	0,01821	1,0926

No	Daya(W)	Energi Potensial (J)
4	0,01964	1,1784
5	0,02244	1,3464
6	0,02178	1,3068
7	0,02242	1,3452
8	0,02492	1,4952
9	0,02328	1,3968
10	0,02407	1,4442
11	0,02414	1,4484
12	0,02457	1,4742
13	0,02192	1,3152
14	0,02314	1,3884
15	0,02362	1,4172
16	0,02342	1,4052
17	0,02442	1,4652
18	0,02228	1,3368
19	0,022	1,32
20	0,02121	1,2726
21	0,02492	1,4952
22	0,02357	1,4142
23	0,02321	1,3926
24	0,02125	1,275
25	0,02057	1,2342
26	0,02278	1,3668
27	0,02264	1,3584
28	0,023	1,38
29	0,02071	1,2426
30	0,01871	1,1226
31	0,01762	1,0572
32	0,01907	1,1442
33	0,02121	1,2726
34	0,01792	1,0752
35	0,02	1,2
36	0,02157	1,2942
37	0,0217	1,302
38	0,02214	1,3284
39	0,0245	1,47
40	0,02435	1,461
41	0,02278	1,3668
42	0,02564	1,5384
43	0,02414	1,4484
44	0,02177	1,3062
45	0,02	1,2
46	0,02007	1,2042
47	0,01764	1,0584
48	0,01921	1,1526

No	Daya(W)	Energi Potensial (J)
49	0,01764	1,0584
50	0,01644	0,9864
51	0,02085	1,251
52	0,0175	1,05
53	0,01885	1,131
54	0,01771	1,0626
55	0,01621	0,9726
56	0,01535	0,921
57	0,01814	1,0884
58	0,01814	1,0884
59	0,01935	1,161
60	0,02017	1,2102

Untuk mengkalkulasikan daya yang dihasilkan ke energi potensial menjadi maka digunakan rumus:

$$E_p = P \cdot t$$

Dimana  $E_p$  = Energi Potensial (Joule)

$P$  = Daya (Watt)

$t$  = waktu (s)

Berikut adalah contoh pada menit pertama:

$$EP = 0,01095 \cdot 60$$

$$EP = 0,657 \text{ Joule}$$

Artinya pada menit pertama menghasilkan energi potensial yaitu 0,657 Joule.

#### b. Pengujian Skema 2 Generator Koneksi Seri

Pengujian ini dilakukan bertujuan untuk mengetahui berapa daya yang dihasilkan dan berapa energi potensial oleh 2 Picohidro Generator dengan koneksi seri dalam waktu 1 jam. Gambar dibawah ini adalah pengujian 2 generator koneksi seri.



Gambar 19 Pengujian 2 Generator Koneksi Seri

Pada Tabel 6 dibawah ini merupakan hasil perhitungan dari daya menjadi energi potensial.

Tabel 6 Daya dan Energi Potensial

NO	Daya (W)	Energi Potensial (J)
1	0,00327	0,1962
2	0,00792	0,4752
3	0,00828	0,4968
4	0,00755	0,453
5	0,00785	0,471
6	0,00807	0,4842
7	0,00835	0,501
8	0,00964	0,5784
9	0,01021	0,6126
10	0,00921	0,5526
11	0,01007	0,6042
12	0,01007	0,6042
13	0,00928	0,5568
14	0,01042	0,6252
15	0,01155	0,693
16	0,01085	0,651
17	0,012	0,72
18	0,01157	0,6942
19	0,01164	0,6984
20	0,01221	0,7326
21	0,01114	0,6684
22	0,01178	0,7068
23	0,01307	0,7842
24	0,01171	0,7026
25	0,01318	0,7908
26	0,01178	0,7068
27	0,01357	0,8142
28	0,01221	0,7326
29	0,01092	0,6552
30	0,01107	0,6642
31	0,01342	0,8052
32	0,01296	0,7776
33	0,01221	0,7326
34	0,01328	0,7968
35	0,01207	0,7242
36	0,01378	0,8268
37	0,01285	0,771
38	0,01192	0,7152
39	0,01377	0,8262
40	0,01385	0,831
41	0,01228	0,7368
42	0,01292	0,7752
43	0,01335	0,801
44	0,01485	0,891
45	0,01362	0,8172

NO	Daya (W)	Energi Potensial (J)
46	0,01328	0,7968
47	0,01242	0,7452
48	0,01264	0,7584
49	0,01271	0,7626
50	0,01171	0,7026
51	0,01185	0,711
52	0,00955	0,573
53	0,00835	0,501
54	0,01	0,6
55	0,00992	0,5952
56	0,01057	0,6342
57	0,01107	0,6642
58	0,00977	0,5862
59	0,00985	0,591
60	0,01034	0,6204

Untuk mengkalkulasikan daya yang dihasilkan ke energi potensial menjadi maka digunakan rumus:

$$E_p = P \cdot t$$

Dimana  $E_p$  = Energi Potensial (Joule)

$P$  = Daya (Watt)

$t$  = waktu (s)

Berikut contoh pada menit pertama:

$$EP = 0,00327 \cdot 60$$

$$EP = 0,1962 \text{ Joule}$$

Artinya pada menit pertama menghasilkan energi potensial yaitu 0,1962 Joule.

### c. Pengujian Skema 2 Generator Koneksi Paralel

Pengujian ini dilakukan bertujuan untuk mengetahui berapa daya yang dihasilkan dan berapa energi potensial oleh 2 Picohidro Generator dengan koneksi paralel dalam waktu 1 jam. Gambar dibawah ini adalah pengujian 2 generator koneksi paralel.



Gambar 20 Pengujian Generator Koneksi Paralel

Pada Tabel 7 dibawah ini merupakan hasil perhitungan dari daya menjadi energi potensial.

Tabel 7 Daya dan Energi Potensial

No	Daya (W)	Energi Potensial (J)
1	0,00058	0,0348
2	0,00071	0,0426
3	0,00088	0,0528
4	0,00114	0,0684
5	0,00028	0,0168
6	0,00088	0,0528
7	0,00042	0,0252
8	0,00042	0,0252
9	0,00028	0,0168
10	0,00044	0,0264
11	0,00057	0,0342
12	0,001	0,06
13	0,00118	0,0708
14	0,001	0,06
15	0,00042	0,0252
16	0,00059	0,0354
17	0,00057	0,0342
18	0,00071	0,0426
19	0,00114	0,0684
20	0,00059	0,0354
21	0,00071	0,0426
22	0,00028	0,0168
23	0,00029	0,0174
24	0,00085	0,051
25	0,00042	0,0252
26	0,00029	0,0174
27	0,00085	0,051
28	0,00014	0,0084
29	0,00088	0,0528
30	0,00085	0,051
31	0,00071	0,0426
32	0,00103	0,0618
33	0,00028	0,0168
34	0,00071	0,0426
35	0,00088	0,0528
36	0,00128	0,0768
37	0,00057	0,0342
38	0,00148	0,0888
39	0,00071	0,0426
40	0,00059	0,0354
41	0,00142	0,0852
42	0,00071	0,0426
43	0,00044	0,0264
44	0,00057	0,0342

No	Daya (W)	Energi Potensial (J)
45	0,00071	0,0426
46	0,00088	0,0528
47	0,00085	0,051
48	0,00042	0,0252
49	0,00059	0,0354
50	0,00085	0,051
51	0,00074	0,0444
52	0,00085	0,051
53	0,00114	0,0684
54	0,00074	0,0444
55	0,00071	0,0426
56	0,00057	0,0342
57	0,00074	0,0444
58	0,00057	0,0342
59	0,00057	0,0342
60	0,00059	0,0354

Untuk mengkalkulasikan daya yang dihasilkan ke energi potensial menjadi maka digunakan rumus:

$$E_p = P \cdot t$$

Dimana  $E_p$  = Energi Potensial (Joule)

$P$  = Daya (Watt)

$t$  = waktu (s)

Berikut contoh pada menit pertama:

$$EP = 0,00058 \cdot 60$$

$$EP = 0,0348 \text{ Joule}$$

Artinya pada menit pertama menghasilkan energi potensial yaitu 0,0348 Joule.

## V. KESIMPULAN

1. Dari hasil pengujian Sensor INA219 diketahui nilai rata-rata error yang didapatkan 2,74% pada tegangan dan 42,32 dengan 5 kali percobaan pengujian.
2. Hasil Pengujian Sensor Water Flow YF-S201 didapatkan nilai rata-rata error adalah 0,0285 dari 5 kali percobaan pengujian.
3. Dari hasil pengujian 1 generator menghasilkan daya tertinggi 0,02564 watt dengan energi potensialnya 1,5384 Joule. Pengujian ini merupakan pengujian dengan hasil daya terbesar dari ketiga skenario pengujian.
4. Dari hasil pengujian 2 generator koneksi seri menghasilkan daya tertinggi 0,01485 watt dengan energi potensialnya 0,891 Joule.
5. Dari hasil pengujian 2 generator koneksi paralel menghasilkan daya tertinggi 0,00148 watt dengan energi potensialnya 0,0888 Joule. Pengujian ini merupakan pengujian dengan

hasil daya terkecil dari tiga skenario percobaan.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] J. Ilmu *et al.*, "SCIENCE TECH Analisis Keluaran Daya Listrik Dihasilkan Aliran Pipa 1 / 2" untuk PLTMH dengan Generator DC Listrik merupakan energi yang dimanfaatkan dan digunakan sebagai kebutuhan sehari-hari untuk memenuhi sektor rumah tangga maupun industri (Setiawan," pp. 34–48, 2023.
- [2] A. Akhwan, B. Gunari, S. Sunardi, and W. A. Wirawan, "Rancang Bangun Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (Pltmh) Politeknik Perkeretaapian Indonesia Madiun," *Eksergi*, vol. 17, no. 1, p. 15, 2021, doi: 10.32497/eksergi.v17i1.2168.
- [3] A. N. Rizki, "Rancang Bangun Mini Mikro Hidro Sebagai Pembangkit Sederhana Dengan Pemanfaat Arus Air Kran Wudu Otomatis Menggunakan Metode Turbin Air Vertikal," *Univ. Teknol. Yogyakarta*, pp. 1–15, 2018.
- [4] D. Dannaesar, H. H. Tumbelaka, and H. S. Warpindyasmoro, "Pemanfaatan Aliran Air dari Tandon Air Atas Rumah Tangga sebagai Pembangkit Energi Listrik," *J. Tek. Elektro*, vol. 13, no. 1, pp. 19–24, 2020, doi: 10.9744/jte.13.1.19-24.
- [5] S. Barus, S. Aryza, P. Wibowo, S. Anisah, and Hamdani, "Rancang Bangun Pemanfaatan Aliran Tandon Air Gedung Bertingkat Sebagai Pembangkit Listrik Mikro Hidro," *Semin. Soc. Sci. Eng. Humaniora-SCENARIO 2020*, pp. 545–557, 2020.
- [6] M. A. Rizaldy, "Bab Ii Landasan Teori," *J. Chem. Inf. Model.*, vol. 53, no. 9, pp. 8–24, 2018.
- [7] M. A. Jabar, G. V. Golwa, C. B. Prasetyo, and T. I. Kusuma, "Analisis Efisiensi Keluaran Energi Listrik Prototipe Sistem Pembangkit Tenaga Pico Hydro Menggunakan Jenis Turbin Archimedes-Screw," *J. Mech.*, vol. 11, no. 2, pp. 36–43, 2020.
- [8] T. Instruments, "Ina219," *Dallas Ti E2e*, pp. 1–39, 2015, [Online]. Available: [www.ti.com](http://www.ti.com)