

Rancang Bangun Sistem *Monitoring* Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro Berbasis *Internet Of Things* (IoT)

Ahmad Raditya Cahya Baswara^{*}, Rafi Alfaqi

Teknik Elektro, Universitas Ahmad Dahlan, Yogyakarta

^{*}ahmadradityac@ee.uad.ac.id

Abstrak— Pembangkit listrik tenaga mikro hidro berperan penting dalam pelestarian alam dimana sumber tenaga yang digunakan dari pembangkit ini adalah energi terbarukan sehingga tidak menghasilkan gas rumah kaca dan ramah lingkungan. Sistem PLTMH membutuhkan pemantauan guna mengetahui kondisi sistem secara realtime maupun berkala, dilakukannya pemantauan secara IoT agar dapat mempermudah pemantauan dari jarak jauh tanpa harus datang ke tempat pemasangan secara langsung. Penelitian ini bertujuan untuk melakukan pemantauan tegangan, arus, dan daya dihasilkan dari generator DC secara IoT melalui aplikasi *Blynk* dan *Google spreadsheet*. Alat dan sensor yang digunakan pada penelitian ini yaitu sensor INA219 dan sensor tegangan yang dihubungkan secara langsung ke sistem PLTMH untuk membaca nilai tegangan, dan arus dari generator DC, kemudian diolah kembali guna mendapatkan nilai daya dengan mengalikan nilai tegangan dan arus, mikrokontroler yang digunakan yaitu Node MCU ESP8266. Penelitian dilakukan dengan menggunakan air kran dengan variasi debit air 20L/min, 14L/min, dan 9L/min. Hasil pengukuran pada penelitian ditampilkan melalui aplikasi dan blynk setiap 1 menit. Persentase *error* rata-rata tegangan adalah 0,04336%, pada arus sebesar 0,00259%, dan daya sebesar 0,01079%, sedangkan RPM pada cakram 8 lubang sebesar 0,65233% dan pada cakram 12 lubang sebesar 0,24466%. Hasil penelitian ini menunjukkan sistem PLTMH berbasis IoT yang dibuat dapat dijalankan dengan baik dan melakukan pemantauan dari jarak jauh dengan jaringan internet di lokasi yang berbeda-beda.

Kata Kunci— *Blynk, Google Spreadsheet, Internet of Things, Node MCU ESP 8266, PLTMH, Sensor Tegangan, Sensor INA219, Sensor Optocoupler.*

DOI: 10.22441/jte.2023.v14i1.008

I. PENDAHULUAN

Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro merupakan pembangkit listrik yang memanfaatkan tenaga air untuk media penggerak turbin dan generator[1]. Pemanfaatan pembangkit listrik tenaga mikro hidro tidak sepopuler PLTA, sehingga pemanfaatannya belum maksimal. Pemanfaatan PLTMH dapat mendorong percepatan pembangunan pada daerah yang tidak terjangkau PLN namun memiliki sungai disekitarnya, dengan cara tersebut akan tercipta masyarakat dengan pembangkit listrik mandiri. PLTMH berperan penting dalam pelestarian alam dimana sumber tenaga yang digunakan dari pembangkit ini

adalah energi terbarukan sehingga tidak merusak alam, tidak menimbulkan pencemaran udara, dan tidak berkontribusi terhadap menipisnya cadangan energi alam dan sumber energi fosil di bumi.

Monitoring bertujuan untuk memastikan apakah suatu proses yang dilakukan sesuai dengan prosedur yang berlaku. Sistem monitoring akan mempermudah suatu pekerjaan jika dirancang dan dilakukan secara efektif[2]. Masyarakat masih banyak mengalami kesulitan untuk melakukan pemantauan alat secara langsung, oleh sebab itu diperlukan sebuah sistem monitoring yang terhubung secara langsung dengan internet agar mempermudah proses pemantauan tanpa harus datang ke tempat pemasangan sistem secara langsung.

Internet Of Things(IoT) merupakan suatu konsep yang bertujuan untuk memperluas manfaat dari konektivitas internet yang tersambung secara terus-menerus[3]. Memanfaatkan kemajuan teknologi yang cukup cepat, IoT dapat dimanfaatkan untuk mengendalikan dan memantau komponen elektronik seperti baterai, tegangan dan lampu dari jarak jauh dengan memanfaatkan jaringan internet.

Blynk adalah sebuah layanan aplikasi yang digunakan untuk mengontrol mikrokontroler dari jaringan internet[4]. Layanan dari aplikasi Blynk ini dapat diakses menggunakan perangkat smartphone Android maupun. Aplikasi Blynk memungkinkan pengguna untuk mengendalikan dan memantau proyek yang sedang dikerjakan dengan membuat dashboard proyek dan mengatur Widget Box serta menambahkan widget yang dibutuhkan pengguna, hal tersebut ditujukan untuk memudahkan pengguna dalam mengaksesnya melalui smartphone.

Blynk sendiri diciptakan bertujuan untuk melakukan controlling serta monitoring hardware dari jarak jauh dengan memanfaatkan koneksi internet WiFi maupun LAN. Aplikasi tersebut dapat menyimpan serta menampilkan data baik secara visual maupun angka..

II. PENELITIAN TERKAIT

Rohman, Sulaksono, dan Yuliasuti melakukan penelitian berjudul “Pemanfaatan Aliran Air untuk Sistem Monitoring Arus dan Tegangan pada Generator Mikrohidro Berbasis Web”. Penelitian tersebut dilakukan menggunakan Arduino Mega sebagai mikrokontroler, Generator Mikrohidro portable sebagai sumber penghasil listrik, lalu menggunakan sensor arus ACS712 dan sensor tegangan sebagai alat monitoring. Dari penelitian ini didapatkan nilai output current dan voltage yang nantinya akan dibandingkan dengan pembacaan manual menggunakan avometer. Dari penelitian tersebut didapat hasil

rata-rata error pembacaan sensor tegangan sebesar 1.04% dan rata-rata error sensor arus sebesar 2.10% [5].

Sumiyarso, Rochmatika, Putri, dan Prahara melakukan penelitian berjudul “Sistem Monitoring Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro Berbasis IoT”. Penelitian tersebut dilakukan menggunakan Wemos D1 Mini sebagai mikrokontroler, Generator DC sebagai sumber penghasil listrik, lalu menggunakan sensor tegangan 25v dan sensor arus ACS712 sebagai alat monitoring. Pada penelitian ini akan didapatkan output berupa nilai dari sensor tegangan dan arus nantinya akan ditampilkan melalui aplikasi blynk dan dibandingkan dengan pembacaan manual menggunakan avometer. Dari penelitian ini dapat disimpulkan bahwa rata-rata *error* yang diperoleh adalah 0.89% [6].

Ridlwani, Aulia, Utomo, dan Sentosa melakukan penelitian berjudul “Implementasi Perangkat Keras Sistem Monitoring Internet of Things (IOT) pada Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro”. Penelitian tersebut dilakukan menggunakan Robotdyn Uno + Wifi sebagai mikrokontroler, lalu menggunakan sensor arus ACS712 dan sensor tegangan sebagai alat monitoring. Dari penelitian ini keluarannya berupa nilai dari sensor arus dan tegangan nantinya akan ditampilkan melalui aplikasi blynk dan dibandingkan dengan pembacaan manual menggunakan Multimeter. Dari penelitian tersebut didapatkan hasil *error* 0.43% pada pembacaan tegangan DC dan *error* 5.80% pada arus DC [7].

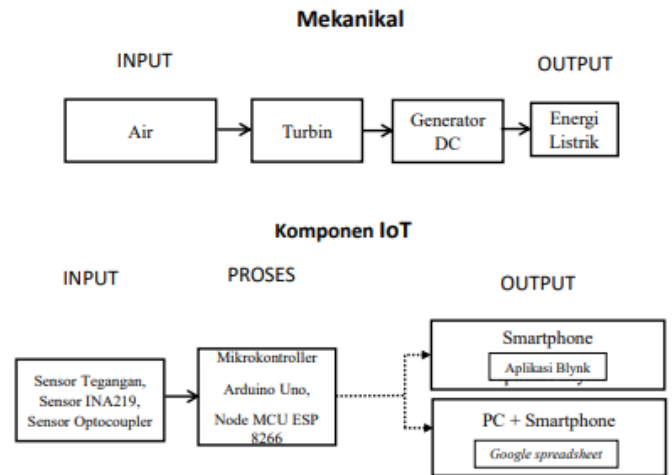
Perbedaan penelitian ini dengan sebelumnya ada pada jenis serta penambahan sensor dan mikrokontroler yang digunakan, pada penelitian ini sensor arus yang digunakan adalah ACS712 dan untuk RPM melalui sensor optocoupler, sedangkan mikrokontroler yang digunakan Node MCU ESP 8266 dan Arduino Uno, pada penelitian ini outputnya ditampilkan melalui *blynk* yang bisa dipantau melalui lokasi yang berbeda serta jaringan berbeda, dan melalui google spreadsheet yang berfungsi sebagai log data untuk pemantauan secara berkala.

III. METODOLOGI PENELITIAN

A. Diagram Blok

Diagram blok pada penelitian ini dibagi menjadi 2 bagian yang terdiri dari mekanikal dan juga IoT. Pada bagian mekanikal, input berupa air sebagai energi alternatif yang dapat kita manfaatkan sebagai pengganti energi minyak bumi yang biasanya dijadikan sebagai sumber utama dari pembangkit listrik yang jumlahnya terbatas. Tekanan dari air dimanfaatkan sebagai pemicu agar turbin dapat berputar. Turbin yang berputar tersebut akan dihubungkan dengan generator DC, maka ketika generator DC berputar akan langsung dapat menghasilkan energi listrik.

Pada bagian IoT, sensor tegangan, dan sensor INA219 sebagai input yang berfungsi untuk mengambil data arus, tegangan, dan daya, data yang didapat nantinya akan langsung diproses melalui mikrokontroler NodeMCU ESP 8266 dan output datanya akan dihubungkan ke internet menggunakan media WiFi melalui aplikasi Blynk pada smartphone serta akan ditampilkan juga log database outputnya melalui Google Spreadsheet. Diagram blok ditunjukkan oleh Gambar 1.



Gambar 1. Diagram Blok

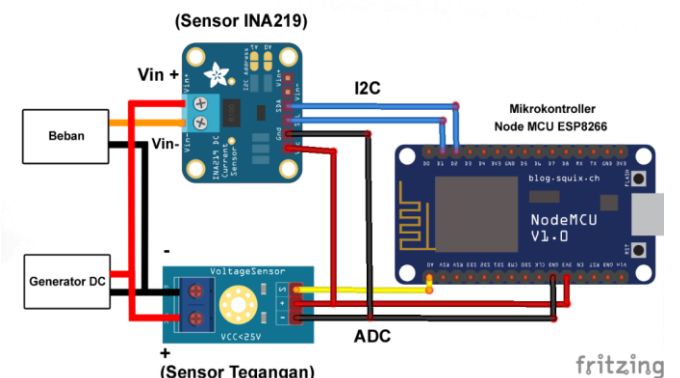
B. Diagram Pengkabelan

Rancangan dibuat menggunakan aplikasi Fritzing serta aplikasi Photoshop untuk beberapa komponen yang tidak ada librarynya pada Fritzing, diawali dengan menambahkan komponen mikrokontroler NodeMCU ESP 8266.

Kemudian ditambahkan 4 buah sensor yang terdiri dari ; sensor tegangan, dan sensor INA219, dan 2 buah sensor optocoupler, sensor tegangan dan arus dihubungkan dengan Node MCU ESP 8266, sedangkan sensor optocoupler dihubungkan ke Arduino Uno serta Node MCU ESP 8266.

Berdasarkan Gambar 2. Vcc dari sensor tegangan dihubungkan dengan 3v pada Node MCU ESP 8266, GND pada sensor tegangan dihubungkan ke pin GND pada Node MCU ESP 8266, dan S dari sensor tegangan dihubungkan dengan pin A0 pada Node MCU ESP 8266. Output + pada sensor tegangan dihubungkan langsung ke vcc dari Generator DC dan Output – dihubungkan dengan GND pada beban.

Vcc dari sensor INA219 dihubungkan dengan 3V pada Node MCU ESP 8266, GND pada sensor INA219 dihubungkan ke pin GND pada Node MCU ESP 8266, pin SCL pada sensor INA219 dihubungkan ke pin D1 pada Node MCU ESP 8266, pin SDA pada sensor INA219 dihubungkan ke pin D2 pada Node MCU ESP 8266, dan pin Vin+ dihubungkan dengan + pada power supply, sedangkan Vin- dihubungkan dengan + pada beban berupa lampu LED.

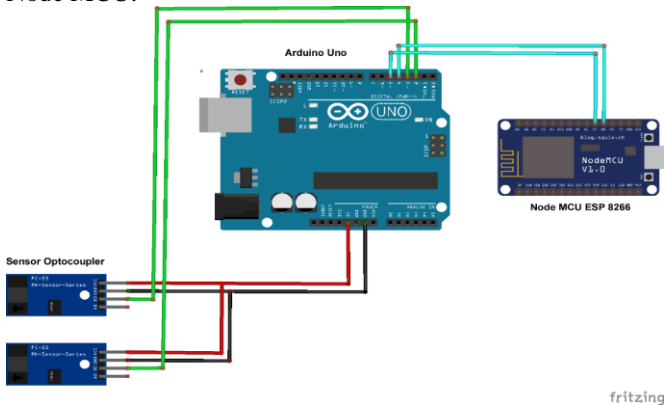


Gambar 2. Pengkabelan sensor tegangan dan arus sistem PLTMH

Tabel 1. Penjelasan pin pada sensor

No	Node MCU	Keterangan
1	3V	Sensor INA219, Sensor Tegangan
2	GND	Sensor INA219, Sensor Tegangan
3	A0	Sensor tegangan
4	D1	SCL pada sensor INA219
5	D2	SDA pada sensor INA219
6	Vcc output sensor tegangan	+ pada generator DC
7	GND output sensor tegangan	Gnd pada generator DC
8	Vin+ output sensor INA219	+ pada generator DC
9	Vin- output sensor INA219	+ pada beban

Berdasarkan Gambar 3.3 Vcc dari sensor optocoupler dihubungkan dengan 5V pada Arduino Uno, GND dihubungkan ke pin GND pada Arduino Uno, pin D0 pada sensor 1 dihubungkan ke pin 2 sedangkan pada sensor 2 dihubungkan ke pin 3 pada Arduino Uno, lalu pin 5 pada Arduino dihubungkan ke pin D7 pada Node MCU dan pin 4 dihubungkan ke pin D8 Node MCU.



Gambar 3. Pengkabelan sensor optocoupler sistem PLTMH

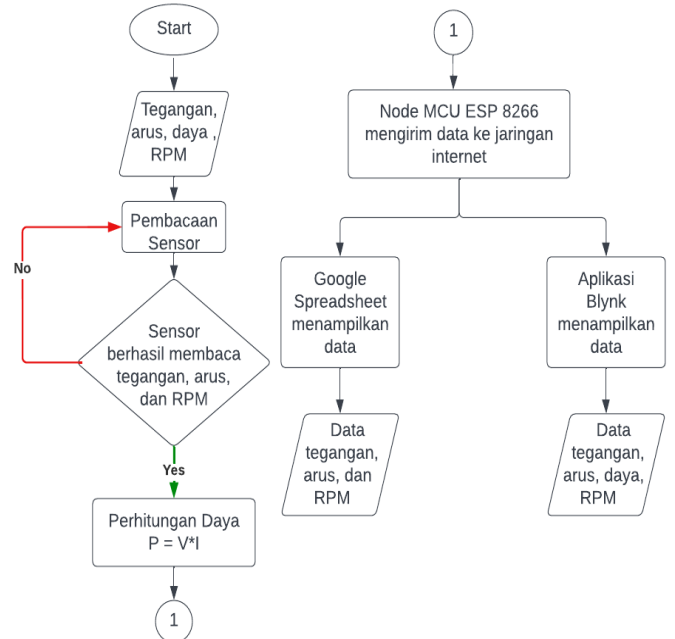
Tabel 2. Penjelasan pin pada sensor

No	Arduino Uno	Keterangan
1	5V	Sensor Optocoupler
2	GND	Sensor Optocoupler
3	2	Sensor Optocoupler
4	3	Sensor Optocoupler
5	5	D7 pada Node MCU ESP 8266
6	4	D7 pada Node MCU ESP 8266

C. Flowchart

Pada tahap kedua ini adalah perancangan perangkat lunak, yaitu program untuk mikrokontroler NodeMCU ESP 8266. Program dibuat melalui aplikasi Arduino IDE dan diunduh melalui kabel USB ke board NodeMCU ESP 8266. Perancangan perangkat lunak dimulai dengan membuat beberapa variabel program guna membaca nilai arus, dan tegangan dari generator DC serta menambahkan variabel daya yang didapatkan dari pengalihan nilai arus dan tegangan, dilanjutkan dengan menambahkan library *blinky* dan memasukkan token *blinky* yang telah diberikan melalui email pengguna dan memasukkan nama WiFi beserta password WiFi, lalu dilakukan *compile* program dengan mikrokontroler NodeMCU ESP8266 agar nilai yang dibutuhkan dapat

ditampilkan pada aplikasi *blinky*. Untuk mempermudah melihat log data yang dihasilkan oleh generator DC, penulis menambahkan *Google spreadsheet* agar log data yang didapat bisa dilihat tidak hanya secara realtime, tetapi dapat dilihat juga pada hari-hari sebelum ataupun beberapa jam sebelumnya.



Gambar 4. Flowchart

IV. HASIL DAN ANALISA

A. Hasil Perancangan Mekanikal Sistem PLTMH

Perancangan mekanikal dari sistem monitoring PLTMH berbasis IoT diawali dengan pembuatan dudukan terbuat dari plat yang memiliki fungsi sebagai fondasi PLTMH serta sebagai penyangga bagi turbin, pulley serta generator agar dapat dipasang dengan kukuh.

Ukuran dari fondasi telah diukur sedemikian mungkin agar semua alat dan komponen penelitian yang telah disiapkan cukup dengan ruang pada fondasi. Fondasi menggunakan bahan dari besi siku dengan ukuran 40x30x30cm.



Gambar 5. Fondasi PLTMH

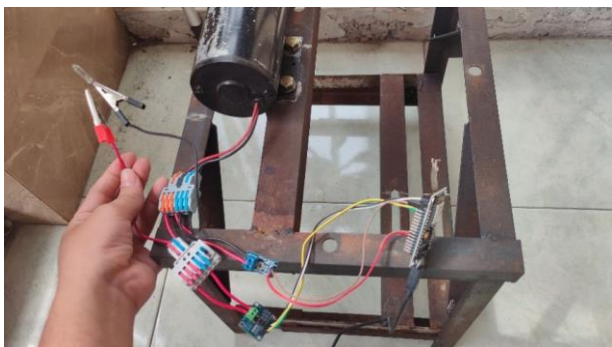
Gambar 5 menunjukkan fondasi yang digunakan sistem PLTMH, selanjutnya dilakukan pemasangan bearing dengan diameter 12mm ke fondasi PLTMH agar kokoh, yang selanjutnya akan dihubungkan secara langsung dengan turbin menggunakan besi shaft as 12mm dan akan dihubungkan kembali ke generator DC guna memicunya untuk berputar menggunakan coupler 12x8mm. Sehingga didapatkan hasil sebagai berikut ini yang menampilkan posisi semua alat yang dibutuhkan setelah dipasangkan :



Gambar 6. Turbin serta Generator yang telah dihubungkan dengan fondasi

Berdasarkan Gambar 6 menunjukkan turbin yang sudah terhubung dengan bearing 12mm, coupler 12x8mm dan generator DC melalui besi as shaft dengan diameter 12mm dan panjang 25cm, dari sistem PLTMH yang telah berhasil dirakit dan sudah bisa menghasilkan data.

Setelah semua rancangan mekanikal selesai, dilakukan pemasangan komponen yang dibutuhkan berupa mikrokontroler NodeMCU ESP 8266, sensor tegangan, sensor INA219 serta dua buah sensor Optocoupler guna melakukan pengujian sistem dimulai dari menghubungkan vcc dan gnd Generator DC ke terminal block yang telah disediakan serta menghubungkan sensor dengan mikrokontroler dan memasang beban secara langsung berupa lampu 12V.



Gambar 7. Sistem yang telah terhubung dengan sensor

B. Hasil Pengujian data dari pembacaan sensor dan alat ukur

Penelitian pertama dilakukan di rumah penulis dengan menggunakan kran air, dilakukan tiga variasi pengambilan data yaitu kran terbuka penuh, kran terbuka $\frac{3}{4}$, dan kran terbuka $\frac{1}{2}$, variasi kran terbuka $\frac{1}{4}$ tidak dilakukan disebabkan turbin tidak mau berputar karena air yang terlalu kecil. Masing-masing variasi yang telah disebutkan tadi diukur debit airnya menggunakan teko air 2L, debit air dihitung dengan cara berapa lama air dapat mengisi penuh teko dan dihitung debit air per detik lalu dikalikan 60detik untuk mendapatkan debit air per menit. Pengambilan data dilakukan dua kali, yang pertama adalah melakukan pengambilan data sensor arus sendiri karena jika digabungkan dengan multimeter maka hasil sensor dan multimeter akan jauh berkurang, selanjutnya dilakukan pengambilan antara sensor tegangan, multimeter yang menghitung tegangan dan arus secara bersamaan. Hal tersebut penulis lakukan karena jika pengambilan data dengan kran air dirumah, masih memungkinkan untuk menyamakan debit air yang keluar sehingga arus dan tegangan yang dihasilkan

cenderung sama walaupun tidak dilakukan dalam waktu yang bersamaan. Kemudian dilakukan pengujian RPM yang dihasilkan dari generator DC menggunakan sensor optocoupler, pengujian dilakukan sebanyak 2 variasi, yaitu menggunakan cakram dengan 8 lubang dan 12 lubang.



Gambar 8. Proses pengambilan data

Pada Gambar 8 menunjukkan alat yang sudah dirangkai sebelum melakukan pengambilan data menggunakan air kran dengan debit air 20L/min, 14L/min, serta 9L/min.

Berdasarkan Tabel 3. menunjukkan hasil pengujian data dari pembacaan sensor serta pengukuran berdasarkan alat ukur berupa multimeter dan juga tachometer. RPM 1 menunjukkan hasil pembacaan RPM menggunakan cakram dengan 8 lubang, sedangkan RPM2 menunjukkan cakram dengan 12 lubang. Pembacaan melalui multimeter dan tachometer juga perlu dilakukan sebagai pembandingan dengan sensor, dari data pembacaan multimeter dan tachometer nantinya dapat dilihat apakah data yang dihasilkan dari sensor cukup akurat atau tidak akurat. Pada penelitian ini digunakan dua buah multimeter yang masing-masing memiliki fungsi untuk mengukur tegangan serta arus dan tachometer untuk memantau RPM yang dihasilkan dari putaran generator sistem PLTMH. Multimeter yang pertama digunakan sebagai pembaca tegangan dengan batas ukur 20V dan multimeter satunya digunakan sebagai pembaca tegangan dengan batas ukur 10A. Untuk mengukur RPM tachometer langsung diarahkan pada coupling yang menjadi penghubung antara besi shaft as dengan turbin yang berputar.

1. Hasil Pengujian dengan debit air 20L/min

Hasil pembacaan dari sensor tegangan sistem PLTMH yang diambil selama 20 menit dari jam 10:15:04 WIB hingga 10:35:13 WIB, dari data yang berhasil diperoleh didapatkan nilai rata-rata tegangan 3,64V, dengan tegangan tertinggi 3,87V dan tegangan terendah 2.31V. Hasil nilai arus yang didapatkan dari hasil pembacaan sensor INA219, rata-rata nilai arus yang diperoleh adalah 0.17A, dengan arus tertinggi 0.17 A dengan nilai arus terendah 0.16A. Pembacaan nilai arus dilakukan selama 20menit dari jam 10:15:04 hingga 10:35:13 WIB. Daya rata-rata diperoleh sebesar 0,62 W, dengan daya tertinggi sebesar 0,70 W, dan daya terendah 0.39 W. Hasil pembacaan kecepatan dengan sensor optocoupler dengan debit air 20L/min menggunakan cakram 8 lubang menghasilkan rata-rata 445,25 RPM, kecepatan tertinggi 467 RPM, serta yang terendah adalah 336 RPM. Hasil pembacaan kecepatan dengan sensor optocoupler dengan debit air 20L/min menggunakan cakram 12 lubang menghasilkan rata-rata 163 RPM, kecepatan tertinggi 169 RPM, serta yang terendah adalah 122 RPM.

Tabel 3. Data tegangan, arus, daya, dan RPM yang diperoleh dari pembacaan sensor dan alat ukur sistem PLTMH

No	Sensor															
	20L/min					14L/min					9L/min					
	Tegangan(V)	Arus(A)	Daya(W)	RPM1	RPM2	Tegangan(V)	Arus(A)	Daya(W)	RPM1	RPM2	Tegangan(V)	Arus(A)	Daya(W)	RPM1	RPM2	
1	3,87	0,17	0,66	389	169	2,08	0,12	0,25	324	120	1,16	0,09	0,10	292	107	
2	3,67	0,17	0,62	447	165	2,26	0,12	0,27	337	126	1,07	0,09	0,10	283	104	
3	3,89	0,18	0,70	448	164	2,30	0,13	0,30	358	133	1,01	0,08	0,08	287	106	
4	3,83	0,17	0,65	446	164	1,69	0,11	0,19	371	140	1,11	0,09	0,10	283	106	
5	3,90	0,17	0,66	451	164	1,80	0,11	0,20	347	133	1,09	0,09	0,10	283	105	
6	3,91	0,18	0,70	454	165	2,05	0,11	0,23	334	125	1,16	0,10	0,12	287	107	
7	3,70	0,17	0,63	451	164	2,36	0,14	0,33	335	125	1,19	0,10	0,12	286	107	
8	3,72	0,17	0,63	461	166	2,11	0,12	0,25	336	126	1,29	0,11	0,14	285	106	
9	3,62	0,18	0,65	467	166	2,39	0,12	0,29	312	113	1,10	0,09	0,10	283	106	
10	3,64	0,17	0,62	458	166	2,18	0,12	0,26	319	116	1,14	0,09	0,10	285	106	
11	3,52	0,16	0,56	461	166	1,52	0,10	0,15	334	125	0,88	0,08	0,07	288	106	
12	3,61	0,16	0,58	461	166	1,99	0,10	0,20	335	125	1,17	0,09	0,11	286	106	
13	3,49	0,16	0,56	336	122	2,11	0,13	0,27	337	126	1,12	0,09	0,10	283	104	
14	3,67	0,17	0,62	446	164	2,48	0,14	0,35	331	125	1,00	0,09	0,09	287	106	
15	3,74	0,17	0,64	451	164	1,95	0,13	0,25	332	125	0,85	0,07	0,06	283	106	
16	3,58	0,16	0,57	454	165	1,95	0,11	0,21	329	124	1,26	0,10	0,13	283	105	
17	3,48	0,17	0,59	451	164	1,73	0,12	0,21	335	125	1,19	0,10	0,12	287	107	
18	4,27	0,19	0,81	461	166	1,70	0,10	0,17	332	125	0,98	0,09	0,09	286	106	
19	3,61	0,17	0,61	461	166	2,17	0,14	0,30	336	126	1,03	0,09	0,09	283	104	
20	3,46	0,16	0,55	451	164	2,36	0,14	0,33	334	125	1,09	0,08	0,09	287	107	
No	Alat Ukur															
	20L/min				14L/min				9L/min							
	Tegangan(V)	Arus(A)	Daya(W)	RPM	Tegangan(V)	Arus(A)	Daya(W)	RPM	Tegangan(V)	Arus(A)	Daya(W)	RPM	Tegangan(V)	Arus(A)	Daya(W)	RPM
1	3,87	0,16	0,62	168	2,33	0,12	0,28	119	1,15	0,08	0,09	109				
2	3,82	0,16	0,61	166	2,29	0,12	0,27	126	1,04	0,08	0,08	105				
3	3,86	0,16	0,62	163	2,12	0,11	0,23	140	1,06	0,09	0,10	105				
4	3,82	0,16	0,61	164	1,98	0,12	0,24	140	1,03	0,08	0,08	105				
5	3,86	0,16	0,62	165	1,93	0,11	0,21	133	1,10	0,08	0,09	105				
6	3,88	0,16	0,62	165	2,00	0,11	0,22	126	1,18	0,09	0,11	105				
7	3,84	0,16	0,61	165	2,05	0,11	0,23	126	1,14	0,08	0,09	106				
8	3,70	0,16	0,59	166	2,04	0,11	0,22	126	1,06	0,08	0,08	106				
9	3,68	0,16	0,59	165	2,04	0,12	0,24	115	1,10	0,08	0,09	106				
10	2,48	0,13	0,32	165	2,15	0,11	0,24	115	1,15	0,08	0,09	106				
11	3,31	0,15	0,50	166	1,63	0,10	0,16	115	0,89	0,08	0,07	105				
12	3,62	0,16	0,58	166	1,84	0,10	0,18	125	1,13	0,08	0,09	105				
13	3,68	0,16	0,59	120	1,90	0,10	0,19	125	1,12	0,07	0,08	105				
14	3,78	0,16	0,60	165	2,14	0,11	0,24	126	0,97	0,09	0,09	105				
15	3,73	0,16	0,60	164	1,98	0,11	0,22	125	0,92	0,07	0,06	106				
16	3,64	0,16	0,58	164	1,96	0,12	0,24	125	1,14	0,08	0,09	106				
17	3,62	0,16	0,58	165	1,99	0,12	0,24	125	1,15	0,08	0,09	107				
18	3,96	0,16	0,63	166	2,08	0,12	0,25	125	0,97	0,08	0,08	107				
19	3,63	0,16	0,58	166	2,13	0,12	0,26	126	1,08	0,07	0,08	106				
20	3,56	0,16	0,57	165	1,95	0,12	0,23	125	1,08	0,09	0,10	106				

Sedangkan pembacaan dari multimeter didapatkan nilai rata-rata tegangan 3,67V, dengan tegangan tertinggi 3,90V dan tegangan terendah 2,49V. Nilai rata-rata arus 0,16A, dengan arus tertinggi 0,16A dan arus terendah 0,13A. Nilai rata-rata daya diperoleh sebesar 0,58W, dengan daya tertinggi 0,62W dan daya terendah 0,32W. Serta pembacaan RPM pada generator DC menggunakan tachometer menghasilkan rata-rata 162,95 RPM, kecepatan tertinggi 168 RPM, serta yang terendah adalah 120 RPM.

2. Hasil Pengujian dengan debit air 14L/min

Hasil pembacaan dari sensor tegangan sistem PLTMH yang diambil selama 20 menit dari jam 08:40:15 WIB hingga 09:00:21 WIB, dari data yang berhasil diperoleh didapatkan nilai rata-rata tegangan 2,05V, dengan tegangan tertinggi 2,48V dan tegangan terendah 1,52V. Hasil nilai arus yang didapatkan dari hasil pembacaan sensor INA219, rata-rata nilai arus yang diperoleh adalah 0,12A, dengan arus tertinggi 0,14 A dengan nilai arus terendah 0,10A. Daya rata-rata sebesar 0,25 W, dengan daya tertinggi sebesar 0,33 W, dan daya terendah 0,15 W. Hasil pembacaan kecepatan dengan sensor optocoupler

dengan debit air 20L/min menggunakan cakram 8 lubang menghasilkan rata-rata 335,4 RPM, kecepatan tertinggi 371 RPM, serta yang terendah adalah 312 RPM. Hasil pembacaan kecepatan dengan sensor optocoupler dengan debit air 14L/min menggunakan cakram 12 lubang menghasilkan rata-rata 125,4 RPM, kecepatan tertinggi 140 RPM, serta yang terendah adalah 113 RPM.

Sedangkan pembacaan dari multimeter didapatkan nilai rata-rata tegangan 2,03V, dengan tegangan tertinggi 2,33V dan tegangan terendah 1,63V. Nilai rata-rata arus 0,11A, dengan arus tertinggi 0,12A dan arus terendah 0,10A. Nilai rata-rata daya diperoleh sebesar 0,23W, dengan daya tertinggi 0,28W dan daya terendah 0,16W. Serta pembacaan RPM pada generator DC menggunakan tachometer menghasilkan rata-rata 125,9 RPM, kecepatan tertinggi 140 RPM, serta yang terendah adalah 115 RPM.

3. Hasil Pengujian dengan debit air 9L/min

Hasil pembacaan dari sensor tegangan sistem PLTMH yang diambil selama 20 menit dari jam 09:53:32 WIB hingga 10:13:39 WIB, dari data yang berhasil diperoleh didapatkan

nilai rata-rata tegangan 1,09V, dengan tegangan tertinggi 1,29V dan tegangan terendah 0,85V. Hasil nilai arus yang didapatkan dari hasil pembacaan sensor INA219, rata-rata nilai arus yang diperoleh adalah 0.09A, dengan arus tertinggi 0.11 A dengan nilai arus terendah 0.07A. Daya rata-rata sebesar 0,10 W, dengan daya tertinggi sebesar 0,14 W, dan daya terendah 0.06 W. Hasil pembacaan kecepatan dengan sensor optocoupler dengan debit air 9L/min menggunakan cakram 8 lubang menghasilkan rata-rata 285,35 RPM, kecepatan tertinggi 292 RPM, serta yang terendah adalah 283 RPM. Hasil pembacaan kecepatan dengan sensor optocoupler dengan debit air 20L/min menggunakan cakram 12 lubang menghasilkan rata-rata 105,85 RPM, kecepatan tertinggi 107 RPM, serta yang terendah adalah 104 RPM.

Sedangkan pembacaan dari multimeter didapatkan nilai rata-rata tegangan 1,03V, dengan tegangan tertinggi 1,18V dan tegangan terendah 0,89V. Nilai rata-rata arus 0,08A, dengan arus tertinggi 0,11A dan arus terendah 0,06A. Nilai rata-rata daya 0,09W, dengan daya tertinggi 0,11W dan daya terendah 0,06W. Serta pembacaan RPM pada generator DC menggunakan tachometer menghasilkan rata-rata 105,9 RPM, kecepatan tertinggi 109 RPM, serta yang terendah adalah 105 RPM.

C. Perhitungan perbandingan data sensor dengan alat ukur

Data pembacaan yang telah didapatkan melalui Google spreadsheet diolah kembali ke Microsoft excel guna di analisis nilai error dari pembacaan sensor dengan multimeter. Analisis dilakukan guna memperoleh selisih, variansi dengan persamaan x, standar deviasi dengan persamaan x, dan standar error.

$$S^2 = \frac{\sum(x-\bar{x})^2}{(n-1)}, S = \sqrt{\frac{\sum(x-\bar{x})^2}{n-1}}, SE = \sqrt{\frac{S^2}{n}}, \text{ dan } X = A-B$$

Keterangan:

- A = Hasil pembacaan sensor
- B = Nilai alat ukur
- S² = Varian
- S = Standar deviasi
- SE = Standar error
- X = Nilai selisih
- \bar{X} = Rata-rata nilai selisih
- n = Jumlah sampel

1. Perhitungan dengan debit air 20L/min

Data sampel yang diambil berjumlah 20 data, hasil pembacaan tegangan dari sensor serta multimeter pada sistem PLTMH dengan air kran debit 20L/min yang selanjutnya akan dilakukan perhitungan guna mendapatkan berapa nilai error yang diperoleh dari pembacaan sensor dengan hasil yang berhasil diukur oleh alat ukur berupa multimeter serta tachometer. Setelah mendapatkan nilai pembacaan dari sensor dan multimeter yang ditunjukkan dengan A (nilai pembacaan sensor) dan B (hasil pembacaan alat ukur) selanjutnya dilakukan analisis guna mendapatkan nilai selisih dengan cara mengurangkan nilai pembacaan sensor dengan pembacaan dari alat ukur dan rata-rata nilai selisih dengan cara menjumlahkan hasil dari nilai selisih dan setelah itu dibagi dengan jumlah sampel yang ada yang nantinya digunakan untuk mendapatkan nilai standar deviasi serta standar error.

Tabel 4. Perhitungan tegangan dengan debit air 20L/min

n	A(V)	B(V)	X	\bar{X}	X- \bar{X}	(X- \bar{X}) ²
1	3,8700	3,8700	0,0000	0,0420	-0,0420	0,0018
2	3,6700	3,8200	-0,1500	0,0420	-0,1920	0,0369
3	3,8900	3,8600	0,0300	0,0420	-0,0120	0,0001
4	3,8300	3,8200	0,0100	0,0420	-0,0320	0,0010
5	3,9000	3,8600	0,0400	0,0420	-0,0020	0,0000
6	3,9100	3,8800	0,0300	0,0420	-0,0120	0,0001
7	3,7000	3,8400	-0,1400	0,0420	-0,1820	0,0331
8	3,7200	3,7000	0,0200	0,0420	-0,0220	0,0005
9	3,6200	3,6800	-0,0600	0,0420	-0,1020	0,0104
10	3,6400	2,4800	1,1600	0,0420	1,1180	1,2499
11	3,5200	3,3100	0,2100	0,0420	0,1680	0,0282
12	3,6100	3,6200	-0,0100	0,0420	-0,0520	0,0027
13	3,4900	3,6800	-0,1900	0,0420	-0,2320	0,0538
14	3,6700	3,7800	-0,1100	0,0420	-0,1520	0,0231
15	3,7400	3,7300	0,0100	0,0420	-0,0320	0,0010
16	3,5800	3,6400	-0,0600	0,0420	-0,1020	0,0104
17	3,4800	3,6200	-0,1400	0,0420	-0,1820	0,0331
18	4,2700	3,9600	0,3100	0,0420	0,2680	0,0718
19	3,6100	3,6300	-0,0200	0,0420	-0,0620	0,0038
20	3,4600	3,5600	-0,1000	0,0420	-0,1420	0,0202

Setelah semua data yang diperlukan didapat pada tabel 4, setelah itu dilakukan pencarian terhadap nilai standar deviasi dan standar error. Berikut hasil perhitungan standar deviasi serta standar error dari perhitungan parameter tegangan :

$$S^2 = \frac{\sum(x-\bar{x})^2}{(n-1)} = \frac{1,5821}{(20-1)} = \frac{1,5821}{19} = 0,0833,$$

$$S = \sqrt{S^2} = \sqrt{0,0833} = 0,2886,$$

$$SE = \sqrt{\frac{S^2}{n}} = \sqrt{\frac{0,2886^2}{20}} = 0,0645.$$

Berdasarkan perhitungan yang telah dilakukan dari pengujian air kran dengan debit air 20L/min diperoleh standar deviasi tegangan sebesar 0,2886 dan standar error sebesar 0,0645.

Tabel 5 Perhitungan arus dengan debit air 20L/min

n	A(A)	B(A)	X	\bar{X}	X- \bar{X}	(X- \bar{X}) ²
1	0,1700	0,1600	0,0100	0,0120	-0,0020	0,0000
2	0,1700	0,1600	0,0100	0,0120	-0,0020	0,0000
3	0,1800	0,1600	0,0200	0,0120	0,0080	0,0001
4	0,1700	0,1600	0,0100	0,0120	-0,0020	0,0000
5	0,1700	0,1600	0,0100	0,0120	-0,0020	0,0000
6	0,1800	0,1600	0,0200	0,0120	0,0080	0,0001
7	0,1700	0,1600	0,0100	0,0120	-0,0020	0,0000
8	0,1700	0,1600	0,0100	0,0120	-0,0020	0,0000
9	0,1800	0,1600	0,0200	0,0120	0,0080	0,0001
10	0,1700	0,1300	0,0400	0,0120	0,0280	0,0008
11	0,1600	0,1500	0,0100	0,0120	-0,0020	0,0000
12	0,1600	0,1600	0,0000	0,0120	-0,0120	0,0001
13	0,1600	0,1600	0,0000	0,0120	-0,0120	0,0001
14	0,1700	0,1600	0,0100	0,0120	-0,0020	0,0000
15	0,1700	0,1600	0,0100	0,0120	-0,0020	0,0000
16	0,1600	0,1600	0,0000	0,0120	-0,0120	0,0001
17	0,1700	0,1600	0,0100	0,0120	-0,0020	0,0000
18	0,1900	0,1600	0,0300	0,0120	0,0180	0,0003
19	0,1700	0,1600	0,0100	0,0120	-0,0020	0,0000
20	0,1600	0,1600	0,0000	0,0120	-0,0120	0,0001

Setelah semua data yang diperlukan didapat pada tabel 5, setelah itu dilakukan pencarian terhadap nilai standar deviasi dan standar error. Berikut hasil perhitungan standar deviasi serta standar error dari perhitungan parameter arus :

$$S^2 = \frac{\sum(x-\bar{x})^2}{(n-1)} = \frac{0,0019}{(20-1)} = \frac{0,0019}{19} = 0,0001,$$

$$S = \sqrt{S^2} = \sqrt{0,0001} = 0,0101,$$

$$SE = \sqrt{\frac{S^2}{n}} = \sqrt{\frac{0,0101^2}{20}} = 0,0022.$$

Berdasarkan perhitungan yang telah dilakukan dari pengujian air kran dengan debit air 20L/min diperoleh standar deviasi arus sebesar 0,0101 dan standar *error* sebesar 0,0022.

Tabel 6. Perhitungan daya dengan debit air 20L/min

n	A(W)	B(W)	X	\bar{X}	X- \bar{X}	(X- \bar{X}) ²
1	0,6600	0,6200	0,0400	0,0495	-0,0095	0,0001
2	0,6200	0,6100	0,0100	0,0495	-0,0395	0,0016
3	0,7000	0,6200	0,0800	0,0495	0,0305	0,0009
4	0,6500	0,6100	0,0400	0,0495	-0,0095	0,0001
5	0,6600	0,6200	0,0400	0,0495	-0,0095	0,0001
6	0,7000	0,6200	0,0800	0,0495	0,0305	0,0009
7	0,6300	0,6100	0,0200	0,0495	-0,0295	0,0009
8	0,6300	0,5900	0,0400	0,0495	-0,0095	0,0001
9	0,6500	0,5900	0,0600	0,0495	0,0105	0,0001
10	0,6200	0,3200	0,3000	0,0495	0,2505	0,0628
11	0,5600	0,5000	0,0600	0,0495	0,0105	0,0001
12	0,5800	0,5800	0,0000	0,0495	-0,0495	0,0025
13	0,5600	0,5900	-0,0300	0,0495	-0,0795	0,0063
14	0,6200	0,6000	0,0200	0,0495	-0,0295	0,0009
15	0,6400	0,6000	0,0400	0,0495	-0,0095	0,0001
16	0,5700	0,5800	-0,0100	0,0495	-0,0595	0,0035
17	0,5900	0,5800	0,0100	0,0495	-0,0395	0,0016
18	0,8100	0,6300	0,1800	0,0495	0,1305	0,0170
19	0,6100	0,5800	0,0300	0,0495	-0,0195	0,0004
20	0,5500	0,5700	-0,0200	0,0495	-0,0695	0,0048

Setelah semua data yang diperlukan didapat pada tabel 6, setelah itu dilakukan pencarian terhadap nilai standar deviasi dan standar *error*. Berikut hasil perhitungan standar deviasi serta standar error dari perhitungan parameter daya :

$$S^2 = \frac{\sum(x-\bar{x})^2}{(n-1)} = \frac{0,1047}{(20-1)} = \frac{0,1047}{19} = 0,0055,$$

$$S = \sqrt{S^2} = \sqrt{0,0055} = 0,0742,$$

$$SE = \sqrt{\frac{S^2}{n}} = \sqrt{\frac{0,0742^2}{20}} = 0,0166.$$

Berdasarkan perhitungan yang telah dilakukan dari pengujian air kran dengan debit air 20L/min diperoleh standar deviasi daya sebesar 0,0742 dan standar *error* sebesar 0,0022.

Setelah semua data yang diperlukan didapat pada tabel 7, setelah itu dilakukan pencarian terhadap nilai standar deviasi dan standar *error*. Berikut hasil perhitungan standar deviasi serta standar error dari perhitungan parameter RPM cakram 8 lubang :

$$S^2 = \frac{\sum(x-\bar{x})^2}{(n-1)} = \frac{9654,2}{(20-1)} = \frac{9654,2}{19} = 508,1158,$$

$$S = \sqrt{S^2} = \sqrt{508,1158} = 22,5414,$$

$$SE = \sqrt{\frac{S^2}{n}} = \sqrt{\frac{22,5414^2}{20}} = 1,0616.$$

Tabel 7. Perhitungan RPM cakram 8 lubang dengan debit air 20L/min

n	A(RPM)	B(RPM)	X	\bar{X}	X- \bar{X}	(X- \bar{X}) ²
1	389	168	221,0000	282,3000	-61,3000	3757,6900
2	447	166	281,0000	282,3000	-1,3000	1,6900
3	448	163	285,0000	282,3000	2,7000	7,2900
4	446	164	282,0000	282,3000	-0,3000	0,0900
5	451	165	286,0000	282,3000	3,7000	13,6900
6	454	165	289,0000	282,3000	6,7000	44,8900
7	451	165	286,0000	282,3000	3,7000	13,6900
8	461	166	295,0000	282,3000	12,7000	161,2900
9	467	165	302,0000	282,3000	19,7000	388,0900
10	458	165	293,0000	282,3000	10,7000	114,4900
11	461	166	295,0000	282,3000	12,7000	161,2900
12	461	166	295,0000	282,3000	12,7000	161,2900
13	336	120	216,0000	282,3000	-66,3000	4395,6900
14	446	165	281,0000	282,3000	-1,3000	1,6900
15	451	164	287,0000	282,3000	4,7000	22,0900
16	454	164	290,0000	282,3000	7,7000	59,2900
17	451	165	286,0000	282,3000	3,7000	13,6900
18	461	166	295,0000	282,3000	12,7000	161,2900
19	461	166	295,0000	282,3000	12,7000	161,2900
20	451	165	286,0000	282,3000	3,7000	13,6900

Berdasarkan perhitungan yang telah dilakukan dari pengujian air kran dengan debit air 20L/min diperoleh standar deviasi sebesar 0,0101 dan standar *error* sebesar 0,0022.

Tabel 8. Perhitungan RPM cakram 12 lubang dengan debit air 20L/min

n	A(RPM)	B(RPM)	X	\bar{X}	X- \bar{X}	(X- \bar{X}) ²
1	169	168	1,0000	0,0500	0,9500	0,9025
2	165	166	-1,0000	0,0500	-1,0500	1,1025
3	164	163	1,0000	0,0500	0,9500	0,9025
4	164	164	0,0000	0,0500	-0,0500	0,0025
5	164	165	-1,0000	0,0500	-1,0500	1,1025
6	165	165	0,0000	0,0500	-0,0500	0,0025
7	164	165	-1,0000	0,0500	-1,0500	1,1025
8	166	166	0,0000	0,0500	-0,0500	0,0025
9	166	165	1,0000	0,0500	0,9500	0,9025
10	166	165	1,0000	0,0500	0,9500	0,9025
11	166	166	0,0000	0,0500	-0,0500	0,0025
12	166	166	0,0000	0,0500	-0,0500	0,0025
13	122	120	2,0000	0,0500	1,9500	3,8025
14	164	165	-1,0000	0,0500	-1,0500	1,1025
15	164	164	0,0000	0,0500	-0,0500	0,0025
16	165	164	1,0000	0,0500	0,9500	0,9025
17	164	165	-1,0000	0,0500	-1,0500	1,1025
18	166	166	0,0000	0,0500	-0,0500	0,0025
19	166	166	0,0000	0,0500	-0,0500	0,0025
20	164	165	-1,0000	0,0500	-1,0500	1,1025

Setelah semua data yang diperlukan didapat pada tabel 8, setelah itu dilakukan pencarian terhadap nilai standar deviasi dan standar *error*. Berikut hasil perhitungan standar deviasi serta standar error dari perhitungan parameter RPM cakram 12 lubang :

$$S^2 = \frac{\sum(x-\bar{x})^2}{(n-1)} = \frac{14,9500}{(20-1)} = \frac{14,9500}{19} = 0,7868,$$

$$S = \sqrt{S^2} = \sqrt{0,7868} = 0,8870,$$

$$SE = \sqrt{\frac{S^2}{n}} = \sqrt{\frac{0,8870^2}{20}} = 0,2105.$$

Berdasarkan perhitungan yang telah dilakukan dari pengujian air kran dengan debit air 20L/min diperoleh standar deviasi sebesar 0,8870 dan standar *error* sebesar 0,2105.

2. Perhitungan dengan debit air 14L/min

Data sampel yang diambil berjumlah 20 data, hasil pembacaan tegangan dari sensor serta multimeter pada sistem PLTMH dengan air kran debit 14L/min yang selanjutnya akan dilakukan perhitungan guna mendapatkan berapa nilai *error* yang diperoleh dari pembacaan sensor dengan hasil yang berhasil diukur oleh alat ukur berupa multimeter serta tachometer. Setelah mendapatkan nilai pembacaan dari sensor dan multimeter yang ditunjukkan dengan A (nilai pembacaan sensor) dan B (hasil pembacaan alat ukur) selanjutnya dilakukan analisis guna mendapatkan nilai selisih dengan cara mengurangkan nilai pembacaan sensor dengan pembacaan dari alat ukur dan rata-rata nilai selisih dengan cara menjumlahkan hasil dari nilai selisih dan setelah itu dibagi dengan jumlah sampel yang ada yang nantinya digunakan untuk mendapatkan nilai standar deviasi serta standar *error*.

Tabel 9. Perhitungan tegangan dengan debit air 14L/min

n	A(V)	B(V)	X	\bar{X}	X- \bar{X}	(X- \bar{X}) ²
1	2,0800	2,3300	-0,2500	0,0325	-0,2825	0,0798
2	2,2600	2,2900	-0,0300	0,0325	-0,0625	0,0039
3	2,3000	2,1200	0,1800	0,0325	0,1475	0,0218
4	1,6900	1,9800	-0,2900	0,0325	-0,3225	0,1040
5	1,8000	1,9300	-0,1300	0,0325	-0,1625	0,0264
6	2,0500	2,0000	0,0500	0,0325	0,0175	0,0003
7	2,3600	2,0500	0,3100	0,0325	0,2775	0,0770
8	2,1100	2,0400	0,0700	0,0325	0,0375	0,0014
9	2,3900	2,0400	0,3500	0,0325	0,3175	0,1008
10	2,1800	2,1500	0,0300	0,0325	-0,0025	0,0000
11	1,5200	1,6300	-0,1100	0,0325	-0,1425	0,0203
12	1,9900	1,8400	0,1500	0,0325	0,1175	0,0138
13	2,1100	1,9000	0,2100	0,0325	0,1775	0,0315
14	2,4800	2,1400	0,3400	0,0325	0,3075	0,0946
15	1,9500	1,9800	-0,0300	0,0325	-0,0625	0,0039
16	1,9500	1,9600	-0,0100	0,0325	-0,0425	0,0018
17	1,7300	1,9900	-0,2600	0,0325	-0,2925	0,0856
18	1,7000	2,0800	-0,3800	0,0325	-0,4125	0,1702
19	2,1700	2,1300	0,0400	0,0325	0,0075	0,0001
20	2,3600	1,9500	0,4100	0,0325	0,3775	0,1425

Setelah semua data yang diperlukan didapat pada tabel 9, setelah itu dilakukan pencarian terhadap nilai standar deviasi dan standar *error*. Berikut hasil perhitungan standar deviasi serta standar *error* dari perhitungan parameter tegangan :

$$S^2 = \frac{\sum(x-\bar{x})^2}{(n-1)} = \frac{0,9796}{(20-1)} = \frac{0,9796}{19} = 0,0516$$

$$S = \sqrt{S^2} = \sqrt{0,0516} = 0,2271$$

$$SE = \sqrt{\frac{S^2}{n}} = \sqrt{\frac{0,2271^2}{20}} = 0,0508.$$

Berdasarkan perhitungan yang telah dilakukan dari pengujian air kran dengan debit air 14L/min diperoleh standar deviasi tegangan sebesar 0,2271 dan standar *error* sebesar 0,0508.

Tabel 10. Perhitungan arus dengan debit air 14L/min

n	A(A)	B(A)	X	\bar{X}	X- \bar{X}	(X- \bar{X}) ²
1	0,1200	0,1200	0,0000	0,0079	-0,0079	0,0001
2	0,1200	0,1200	0,0000	0,0079	-0,0079	0,0001
3	0,1300	0,1100	0,0200	0,0079	0,0121	0,0001
4	0,1100	0,1200	-0,0100	0,0079	-0,0179	0,0003
5	0,1100	0,1100	0,0000	0,0079	-0,0079	0,0001
6	0,1100	0,1100	0,0000	0,0079	-0,0079	0,0001
7	0,1400	0,1100	0,0300	0,0079	0,0221	0,0005
8	0,1200	0,1100	0,0100	0,0079	0,0021	0,0000
9	0,1200	0,1200	0,0000	0,0079	-0,0079	0,0001
10	0,1200	0,1100	0,0100	0,0079	0,0021	0,0000
11	0,1000	0,1000	0,0000	0,0079	-0,0079	0,0001
12	0,1000	0,1000	0,0000	0,0079	-0,0079	0,0001
13	0,1300	0,1000	0,0300	0,0079	0,0221	0,0005
14	0,1400	0,1100	0,0300	0,0079	0,0221	0,0005
15	0,1300	0,1100	0,0200	0,0079	0,0121	0,0001
16	0,1100	0,1200	-0,0100	0,0079	-0,0179	0,0003
17	0,1200	0,1200	0,0000	0,0079	-0,0079	0,0001
18	0,1000	0,1200	-0,0200	0,0079	-0,0279	0,0008
19	0,1400	0,1200	0,0200	0,0079	0,0121	0,0001
20	0,1400	0,1200	0,0200	0,0079	0,0121	0,0001

Setelah semua data yang diperlukan didapat pada tabel 10, setelah itu dilakukan pencarian terhadap nilai standar deviasi dan standar *error*. Berikut hasil perhitungan standar deviasi serta standar *error* dari perhitungan parameter arus :

$$S^2 = \frac{\sum(x-\bar{x})^2}{(n-1)} = \frac{0,0040}{(20-1)} = \frac{0,0040}{19} = 0,0002,$$

$$S = \sqrt{S^2} = \sqrt{0,0002} = 0,0145,$$

$$SE = \sqrt{\frac{S^2}{n}} = \sqrt{\frac{0,0145^2}{20}} = 0,0032.$$

Berdasarkan perhitungan yang telah dilakukan dari pengujian air kran dengan debit air 14L/min diperoleh standar deviasi arus sebesar 0,0145 dan standar *error* sebesar 0,0032.

Tabel 11. Perhitungan daya dengan debit air 14L/min

n	A(W)	B(W)	X	\bar{X}	X- \bar{X}	(X- \bar{X}) ²
1	0,2500	0,2800	-0,0300	0,0210	-0,0510	0,0026
2	0,2700	0,2700	0,0000	0,0210	-0,0210	0,0004
3	0,3000	0,2300	0,0700	0,0210	0,0490	0,0024
4	0,1900	0,2400	-0,0500	0,0210	-0,0710	0,0050
5	0,2000	0,2100	-0,0100	0,0210	-0,0310	0,0010
6	0,2300	0,2200	0,0100	0,0210	-0,0110	0,0001
7	0,3300	0,2300	0,1000	0,0210	0,0790	0,0062
8	0,2500	0,2200	0,0300	0,0210	0,0090	0,0001
9	0,2900	0,2400	0,0500	0,0210	0,0290	0,0008
10	0,2600	0,2400	0,0200	0,0210	-0,0010	0,0000
11	0,1500	0,1600	-0,0100	0,0210	-0,0310	0,0010
12	0,2000	0,1800	0,0200	0,0210	-0,0010	0,0000
13	0,2700	0,1900	0,0800	0,0210	0,0590	0,0035
14	0,3500	0,2400	0,1100	0,0210	0,0890	0,0079
15	0,2500	0,2200	0,0300	0,0210	0,0090	0,0001
16	0,2100	0,2400	-0,0300	0,0210	-0,0510	0,0026
17	0,2100	0,2400	-0,0300	0,0210	-0,0510	0,0026
18	0,1700	0,2500	-0,0800	0,0210	-0,1010	0,0102
19	0,3000	0,2600	0,0400	0,0210	0,0190	0,0004
20	0,3300	0,2300	0,1000	0,0210	0,0790	0,0062

Setelah semua data yang diperlukan didapat pada tabel 11, setelah itu dilakukan pencarian terhadap nilai standar deviasi dan standar *error*. Berikut hasil perhitungan standar deviasi serta standar error dari perhitungan parameter daya :

$$S^2 = \frac{\sum(x-\bar{x})^2}{(n-1)} = \frac{0,0532}{(20-1)} = \frac{0,0532}{19} = 0,0028,$$

$$S = \sqrt{S^2} = \sqrt{0,0028} = 0,0529,$$

$$SE = \sqrt{\frac{S^2}{n}} = \sqrt{\frac{0,0529^2}{20}} = 0,0118.$$

Berdasarkan perhitungan yang telah dilakukan dari pengujian air kran dengan debit air 14L/min diperoleh standar deviasi daya sebesar 0,0529 dan standar *error* sebesar 0,0118.

Tabel 12. Perhitungan RPM cakram 12 lubang dengan debit air 14L/min

n	A(RPM)	B(RPM)	X	\bar{X}	X- \bar{X}	(X- \bar{X}) ²
1	324	119	205,0000	209,5000	-4,5000	20,2500
2	337	126	211,0000	209,5000	1,5000	2,2500
3	358	140	218,0000	209,5000	8,5000	72,2500
4	371	140	231,0000	209,5000	21,5000	462,2500
5	347	133	214,0000	209,5000	4,5000	20,2500
6	334	126	208,0000	209,5000	-1,5000	2,2500
7	335	126	209,0000	209,5000	-0,5000	0,2500
8	336	126	210,0000	209,5000	0,5000	0,2500
9	312	115	197,0000	209,5000	-12,5000	156,2500
10	319	115	204,0000	209,5000	-5,5000	30,2500
11	334	125	209,0000	209,5000	-0,5000	0,2500
12	335	125	210,0000	209,5000	0,5000	0,2500
13	337	126	211,0000	209,5000	1,5000	2,2500
14	331	125	206,0000	209,5000	-3,5000	12,2500
15	332	125	207,0000	209,5000	-2,5000	6,2500
16	329	125	204,0000	209,5000	-5,5000	30,2500
17	335	125	210,0000	209,5000	0,5000	0,2500
18	332	125	207,0000	209,5000	-2,5000	6,2500
19	336	126	210,0000	209,5000	0,5000	0,2500
20	334	125	209,0000	209,5000	-0,5000	0,2500

Setelah semua data yang diperlukan didapat pada tabel 12, setelah itu dilakukan pencarian terhadap nilai standar deviasi dan standar *error*. Berikut hasil perhitungan standar deviasi serta standar error dari perhitungan parameter RPM cakram 8 lubang :

$$S^2 = \frac{\sum(x-\bar{x})^2}{(n-1)} = \frac{825}{(20-1)} = \frac{825}{19} = 43,4211,$$

$$S = \sqrt{S^2} = \sqrt{43,4211} = 6,5895,$$

$$SE = \sqrt{\frac{S^2}{n}} = \sqrt{\frac{6,5895^2}{20}} = 0,5739.$$

Berdasarkan perhitungan yang telah dilakukan dari pengujian air kran dengan debit air 14L/min diperoleh standar deviasi RPM dengan cakram 8 lubang sebesar 43,4211 dan standar *error* sebesar 0,5739.

Setelah semua data yang diperlukan didapat pada tabel 13, setelah itu dilakukan pencarian terhadap nilai standar deviasi dan standar *error*. Berikut hasil perhitungan standar deviasi serta standar error dari perhitungan parameter RPM cakram 12 lubang :

$$S^2 = \frac{\sum(x-\bar{x})^2}{(n-1)} = \frac{53}{(20-1)} = \frac{53}{19} = 2,7895,$$

$$S = \sqrt{S^2} = \sqrt{2,7895} = 1,6702,$$

$$SE = \sqrt{\frac{S^2}{n}} = \sqrt{\frac{1,6702^2}{20}} = 0,2889.$$

Berdasarkan perhitungan yang telah dilakukan dari pengujian air kran dengan debit air 14L/min diperoleh standar deviasi RPM dengan cakram 12 lubang sebesar 1,6702 dan standar *error* sebesar 0,2889.

Tabel 13. Perhitungan RPM cakram 12 lubang dengan debit air 14L/min

n	A(RPM)	B(RPM)	X	\bar{X}	X- \bar{X}	(X- \bar{X}) ²
1	120	119	1,0000	-0,5000	1,5000	2,2500
2	126	126	0,0000	-0,5000	0,5000	0,2500
3	133	140	-7,0000	-0,5000	-6,5000	42,2500
4	140	140	0,0000	-0,5000	0,5000	0,2500
5	133	133	0,0000	-0,5000	0,5000	0,2500
6	125	126	-1,0000	-0,5000	-0,5000	0,2500
7	125	126	-1,0000	-0,5000	-0,5000	0,2500
8	126	126	0,0000	-0,5000	0,5000	0,2500
9	113	115	-2,0000	-0,5000	-1,5000	2,2500
10	116	115	1,0000	-0,5000	1,5000	2,2500
11	125	125	0,0000	-0,5000	0,5000	0,2500
12	125	125	0,0000	-0,5000	0,5000	0,2500
13	126	126	0,0000	-0,5000	0,5000	0,2500
14	125	125	0,0000	-0,5000	0,5000	0,2500
15	125	125	0,0000	-0,5000	0,5000	0,2500
16	124	125	-1,0000	-0,5000	-0,5000	0,2500
17	125	125	0,0000	-0,5000	0,5000	0,2500
18	125	125	0,0000	-0,5000	0,5000	0,2500
19	126	126	0,0000	-0,5000	0,5000	0,2500
20	125	125	0,0000	-0,5000	0,5000	0,2500

3. Perhitungan dengan debit air 9L/min

Data sampel yang diambil berjumlah 20 data, hasil pembacaan tegangan dari sensor serta multimeter pada sistem PLTMH dengan air kran debit 9L/min yang selanjutnya akan dilakukan perhitungan guna mendapatkan berapa nilai *error* yang diperoleh dari pembacaan sensor dengan hasil yang berhasil diukur oleh alat ukur berupa multimeter serta tachometer. Setelah mendapatkan nilai pembacaan dari sensor dan multimeter yang ditunjukkan dengan A (nilai pembacaan sensor) dan B (hasil pembacaan alat ukur) selanjutnya dilakukan analisis guna mendapatkan nilai selisih dengan cara mengurangkan nilai pembacaan sensor dengan pembacaan dari alat ukur dan rata-rata nilai selisih dengan cara menjumlahkan hasil dari nilai selisih dan setelah itu dibagi dengan jumlah sampel yang ada yang nantinya digunakan untuk mendapatkan nilai standar deviasi serta standar error.

Tabel 14. Perhitungan tegangan dengan debit air 9L/min

n	A(V)	B(V)	X	\bar{X}	X- \bar{X}	(X- \bar{X}) ²
1	1,1600	1,1500	0,0100	0,0215	-0,0115	0,0001
2	1,0700	1,0400	0,0300	0,0215	0,0085	0,0001
3	1,0100	1,0600	-0,0500	0,0215	-0,0715	0,0051
4	1,1100	1,0300	0,0800	0,0215	0,0585	0,0034
5	1,0900	1,1000	-0,0100	0,0215	-0,0315	0,0010
6	1,1600	1,1800	-0,0200	0,0215	-0,0415	0,0017
7	1,1900	1,1400	0,0500	0,0215	0,0285	0,0008
8	1,2900	1,0600	0,2300	0,0215	0,2085	0,0435
9	1,1000	1,1000	0,0000	0,0215	-0,0215	0,0005
10	1,1400	1,1500	-0,0100	0,0215	-0,0315	0,0010
11	0,8800	0,8900	-0,0100	0,0215	-0,0315	0,0010
12	1,1700	1,1300	0,0400	0,0215	0,0185	0,0003
13	1,1200	1,1200	0,0000	0,0215	-0,0215	0,0005
14	1,0000	0,9700	0,0300	0,0215	0,0085	0,0001
15	0,8500	0,9200	-0,0700	0,0215	-0,0915	0,0084
16	1,2600	1,1400	0,1200	0,0215	0,0985	0,0097
17	1,1900	1,1500	0,0400	0,0215	0,0185	0,0003
18	0,9800	0,9700	0,0100	0,0215	-0,0115	0,0001
19	1,0300	1,0800	-0,0500	0,0215	-0,0715	0,0051
20	1,0900	1,0800	0,0100	0,0215	-0,0115	0,0001

Setelah semua data yang diperlukan didapat pada tabel 14, setelah itu dilakukan pencarian terhadap nilai standar deviasi dan standar *error*. Berikut hasil perhitungan standar deviasi serta standar *error* dari perhitungan parameter tegangan :

$$S^2 = \frac{\sum(x-\bar{x})^2}{(n-1)} = \frac{0,0829}{(20-1)} = \frac{0,0829}{19} = 0,0044,$$

$$S = \sqrt{S^2} = \sqrt{0,0044} = 0,0660,$$

$$SE = \sqrt{\frac{S^2}{n}} = \sqrt{\frac{0,0660^2}{20}} = 0,0148.$$

Berdasarkan perhitungan yang telah dilakukan dari pengujian air kran dengan debit air 9L/min diperoleh standar deviasi tegangannya sebesar 0,0660 dan standar *error* sebesar 0,0148.

Tabel 15. Perhitungan arus dengan debit air 9L/min

n	A(A)	B(A)	X	\bar{X}	X- \bar{X}	(X- \bar{X}) ²
1	0,0900	0,0800	0,0100	0,0100	0,0000	0,0000
2	0,0900	0,0800	0,0100	0,0100	0,0000	0,0000
3	0,0800	0,0900	-0,0100	0,0100	-0,0200	0,0004
4	0,0900	0,0800	0,0100	0,0100	0,0000	0,0000
5	0,0900	0,0800	0,0100	0,0100	0,0000	0,0000
6	0,1000	0,0900	0,0100	0,0100	0,0000	0,0000
7	0,1000	0,0800	0,0200	0,0100	0,0100	0,0001
8	0,1100	0,0800	0,0300	0,0100	0,0200	0,0004
9	0,0900	0,0800	0,0100	0,0100	0,0000	0,0000
10	0,0900	0,0800	0,0100	0,0100	0,0000	0,0000
11	0,0800	0,0800	0,0000	0,0100	-0,0100	0,0001
12	0,0900	0,0800	0,0100	0,0100	0,0000	0,0000
13	0,0900	0,0700	0,0200	0,0100	0,0100	0,0001
14	0,0900	0,0900	0,0000	0,0100	-0,0100	0,0001
15	0,0700	0,0700	0,0000	0,0100	-0,0100	0,0001
16	0,1000	0,0800	0,0200	0,0100	0,0100	0,0001
17	0,1000	0,0800	0,0200	0,0100	0,0100	0,0001
18	0,0900	0,0800	0,0100	0,0100	0,0000	0,0000
19	0,0900	0,0700	0,0200	0,0100	0,0100	0,0001
20	0,0800	0,0900	-0,0100	0,0100	-0,0200	0,0004

Setelah semua data yang diperlukan didapat pada tabel 15, setelah itu dilakukan pencarian terhadap nilai standar deviasi dan standar *error*. Berikut hasil perhitungan standar deviasi serta standar *error* dari perhitungan parameter arus :

$$S^2 = \frac{\sum(x-\bar{x})^2}{(n-1)} = \frac{0,0020}{(20-1)} = \frac{0,0020}{19} = 0,0001,$$

$$S = \sqrt{S^2} = \sqrt{0,0001} = 0,0103,$$

$$SE = \sqrt{\frac{S^2}{n}} = \sqrt{\frac{0,0103^2}{20}} = 0,0023.$$

Berdasarkan perhitungan yang telah dilakukan dari pengujian air kran dengan debit air 20L/min diperoleh standar deviasi arus sebesar 0,0103 dan standar *error* sebesar 0,0023.

Tabel 16. Perhitungan daya dengan debit air 9L/min

n	A(W)	B(W)	X	\bar{X}	X- \bar{X}	(X- \bar{X}) ²
1	0,1000	0,0900	0,0100	0,0140	-0,0040	0,0000
2	0,1000	0,0800	0,0200	0,0140	0,0060	0,0000
3	0,0800	0,1000	-0,0200	0,0140	-0,0340	0,0012
4	0,1000	0,0800	0,0200	0,0140	0,0060	0,0000
5	0,1000	0,0900	0,0100	0,0140	-0,0040	0,0000
6	0,1200	0,1100	0,0100	0,0140	-0,0040	0,0000
7	0,1200	0,0900	0,0300	0,0140	0,0160	0,0003
8	0,1400	0,0800	0,0600	0,0140	0,0460	0,0021
9	0,1000	0,0900	0,0100	0,0140	-0,0040	0,0000
10	0,1000	0,0900	0,0100	0,0140	-0,0040	0,0000
11	0,0700	0,0700	0,0000	0,0140	-0,0140	0,0002
12	0,1100	0,0900	0,0200	0,0140	0,0060	0,0000
13	0,1000	0,0800	0,0200	0,0140	0,0060	0,0000
14	0,0900	0,0900	0,0000	0,0140	-0,0140	0,0002
15	0,0600	0,0600	0,0000	0,0140	-0,0140	0,0002
16	0,1300	0,0900	0,0400	0,0140	0,0260	0,0007
17	0,1200	0,0900	0,0300	0,0140	0,0160	0,0003
18	0,0900	0,0800	0,0100	0,0140	-0,0040	0,0000
19	0,0900	0,0800	0,0100	0,0140	-0,0040	0,0000
20	0,0900	0,1000	-0,0100	0,0140	-0,0240	0,0006

Setelah semua data yang diperlukan didapat pada tabel 16, setelah itu dilakukan pencarian terhadap nilai standar deviasi dan standar *error*. Berikut hasil perhitungan standar deviasi serta standar *error* dari perhitungan parameter daya :

$$S^2 = \frac{\sum(x-\bar{x})^2}{(n-1)} = \frac{0,059}{(20-1)} = \frac{0,0059}{19} = 0,0003,$$

$$S = \sqrt{S^2} = \sqrt{0,0003} = 0,0176,$$

$$SE = \sqrt{\frac{S^2}{n}} = \sqrt{\frac{0,0176^2}{20}} = 0,0039.$$

Berdasarkan perhitungan yang telah dilakukan dari pengujian air kran dengan debit air 20L/min diperoleh standar deviasi daya sebesar 0,0101 dan standar *error* sebesar 0,0022.

Setelah semua data yang diperlukan didapat pada tabel 17, setelah itu dilakukan pencarian terhadap nilai standar deviasi dan standar *error*. Berikut hasil perhitungan standar deviasi serta standar *error* dari perhitungan parameter RPM cakram 8 lubang :

$$S^2 = \frac{\sum(x-\bar{x})^2}{(n-1)} = \frac{80,9500}{(20-1)} = \frac{80,9500}{19} = 4,2605,$$

$$S = \sqrt{S^2} = \sqrt{4,2605} = 2,0641,$$

$$SE = \sqrt{\frac{S^2}{n}} = \sqrt{\frac{2,0641^2}{20}} = 0,3212.$$

Berdasarkan perhitungan yang telah dilakukan dari pengujian air kran dengan debit air 20L/min diperoleh standar deviasi sebesar 2,0641 dan standar *error* sebesar 0,3212.

Tabel 17. Perhitungan RPM cakram 8 lubang dengan debit air 9L/min

n	A(RPM)	B(RPM)	X	\bar{X}	X- \bar{X}	(X- \bar{X}) ²
1	292	109	183,0000	179,4500	3,5500	12,6025
2	283	105	178,0000	179,4500	-1,4500	2,1025
3	287	105	182,0000	179,4500	2,5500	6,5025
4	283	105	178,0000	179,4500	-1,4500	2,1025
5	283	105	178,0000	179,4500	-1,4500	2,1025
6	287	106	181,0000	179,4500	1,5500	2,4025
7	286	106	180,0000	179,4500	0,5500	0,3025
8	285	106	179,0000	179,4500	-0,4500	0,2025
9	283	106	177,0000	179,4500	-2,4500	6,0025
10	285	105	180,0000	179,4500	0,5500	0,3025
11	288	105	183,0000	179,4500	3,5500	12,6025
12	286	105	181,0000	179,4500	1,5500	2,4025
13	283	105	178,0000	179,4500	-1,4500	2,1025
14	287	106	181,0000	179,4500	1,5500	2,4025
15	283	106	177,0000	179,4500	-2,4500	6,0025
16	283	107	176,0000	179,4500	-3,4500	11,9025
17	287	107	180,0000	179,4500	0,5500	0,3025
18	286	107	179,0000	179,4500	-0,4500	0,2025
19	283	106	177,0000	179,4500	-2,4500	6,0025
20	287	106	181,0000	179,4500	1,5500	2,4025

Tabel 18. Perhitungan RPM cakram 12 lubang dengan debit air 9L/min

n	A(RPM)	B(RPM)	X	\bar{X}	X- \bar{X}	(X- \bar{X}) ²
1	107	109	-2,0000	-0,0500	-1,9500	3,8025
2	104	105	-1,0000	-0,0500	-0,9500	0,9025
3	106	105	1,0000	-0,0500	1,0500	1,1025
4	106	105	1,0000	-0,0500	1,0500	1,1025
5	105	105	0,0000	-0,0500	0,0500	0,0025
6	107	106	1,0000	-0,0500	1,0500	1,1025
7	107	106	1,0000	-0,0500	1,0500	1,1025
8	106	106	0,0000	-0,0500	0,0500	0,0025
9	106	106	0,0000	-0,0500	0,0500	0,0025
10	106	105	1,0000	-0,0500	1,0500	1,1025
11	106	105	1,0000	-0,0500	1,0500	1,1025
12	106	105	1,0000	-0,0500	1,0500	1,1025
13	104	105	-1,0000	-0,0500	-0,9500	0,9025
14	106	106	0,0000	-0,0500	0,0500	0,0025
15	106	106	0,0000	-0,0500	0,0500	0,0025
16	105	107	-2,0000	-0,0500	-1,9500	3,8025
17	107	107	0,0000	-0,0500	0,0500	0,0025
18	106	107	-1,0000	-0,0500	-0,9500	0,9025
19	104	106	-2,0000	-0,0500	-1,9500	3,8025
20	107	106	1,0000	-0,0500	1,0500	1,1025

Setelah semua data yang diperlukan didapat pada tabel 18, setelah itu dilakukan pencarian terhadap nilai standar deviasi dan standar *error*. Berikut hasil perhitungan standar deviasi serta standar error dari perhitungan parameter RPM cakram 12 lubang :

$$S^2 = \frac{\sum(x-\bar{x})^2}{(n-1)} = \frac{22,9500}{(20-1)} = \frac{22,9500}{19} = 1,2079,$$

$$S = \sqrt{S^2} = \sqrt{1,2079} = 1,0990,$$

$$SE = \sqrt{\frac{S^2}{n}} = \sqrt{\frac{1,0990^2}{20}} = 0,2344.$$

Berdasarkan perhitungan yang telah dilakukan dari pengujian air kran dengan debit air 9L/min diperoleh standar deviasi sebesar 1,0990 dan standar *error* sebesar 0,2344.

D. Hasil Perhitungan Rata-Rata Error

Setelah melakukan perhitungan terhadap *error* masing-masing variasi pengujian, selanjutnya dilakukan dengan menghitung rata-rata *error* dari masing-masing parameter yang telah diujikan dan data yang diambil berasal dari data yang telah diolah pada sub bab sebelumnya, untuk hasil perhitungannya dapat dilihat pada Tabel 4.35

Tabel 19. Rata-rata perhitungan error

Parameter	Rata-rata perhitungan error
Tegangan	0,0433%
Arus	0,0025%
Daya	0,0107%
RPM 8 Lubang	0,6523%
RPM 12 Lubang	0,2446%

E. Pengujian Internet of Things (IoT)

Pengujian perangkat lunak dilakukan dengan menggunakan aplikasi *blynk*, aplikasi tersebut digunakan sebagai output dari penelitian ini dimana hasil dari pembacaan sensor nantinya akan ditampilkan ke handphone melalui media *blynk*. Penggunaan aplikasi *Blynk* dan *Google spreadsheet* membutuhkan jaringan internet agar data dapat dikirimkan melalui media Node MCU ESP8266.

Pengujian dengan Blynk

Pada penelitian ini juga dilakukan pengujian terhadap *blynk*, apakah dapat melakukan pembacaan data dari tempat yang berbeda serta jaringan internet berbeda dan apakah dapat dilakukan pemantauan dengan beberapa perangkat secara bersamaan. Berdasarkan Gambar 9 menunjukkan proses pengujian sistem dari rumah dengan melakukan monitoring tegangan aki dan selanjutnya dilakukan pemantauan dari luar rumah dengan 2 tempat yang berbeda.



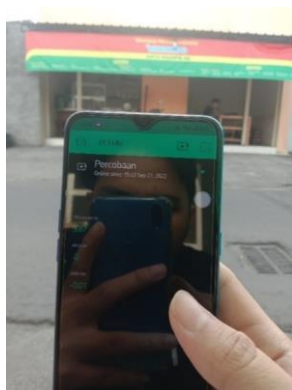
Gambar 9 Proses pengujian aplikasi blynk

Berdasarkan Gambar 10 menunjukkan lokasi awal saat sistem IoT dijalankan yang berada pada rumah peneliti.



Gambar 10. Lokasi awal saat sistem IoT dijalankan

Berdasarkan Gambar 11 menunjukkan percobaan pemantauan dari tempat yang berbeda dengan sistem yang sedang berjalan, hasil menunjukkan bahwa blynk dapat melakukan pemantauan dari tempat yang berbeda.



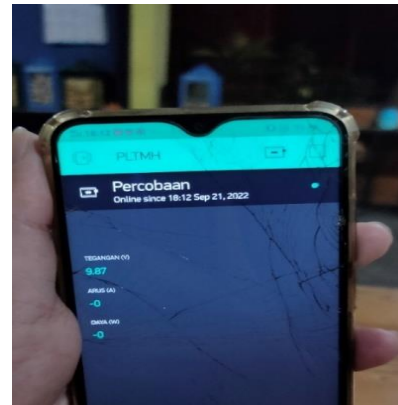
Gambar 11. Pengujian aplikasi blynk dari tempat berbeda pertama

Pengujian sistem IoT yang telah berhasil, pengiriman data dari sistem PLTMH menggunakan jaringan *WiFi* yang ada pada rumah peneliti, sedangkan untuk smartphone yang digunakan untuk pemantauan menggunakan jaringan data seluler, tempat sistem berjalan berjarak 350m dari tempat dimana sistem dijalankan, berdasarkan pengujian yang dilakukan, dapat disimpulkan jika blynk masih mampu mengirim data dengan baik. Lokasi pengujian kedua berdasarkan *Gmaps* dapat dilihat pada Gambar 12.



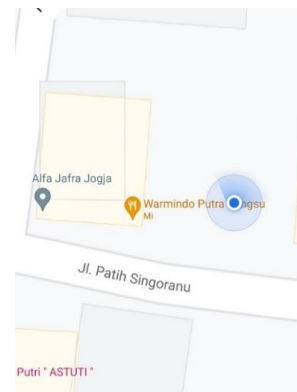
Gambar 12. Lokasi pemantauan berdasarkan *Gmaps*

Berdasarkan Gambar 13 menunjukkan percobaan pemantauan dari tempat yang berbeda dengan sistem yang sedang berjalan, hasil menunjukkan bahwa blynk dapat melakukan pemantauan dari tempat yang berbeda.



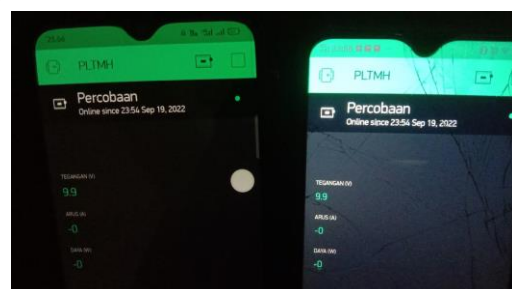
Gambar 13 Pengujian aplikasi blynk dari tempat berbeda kedua

Pengujian sistem IoT yang telah berhasil, pengiriman data dari sistem PLTMH menggunakan jaringan *WiFi* yang ada pada rumah peneliti, sedangkan untuk smartphone yang digunakan untuk pemantauan menggunakan jaringan data seluler, tempat sistem berjalan berjarak 500m dari tempat dimana sistem dijalankan, berdasarkan pengujian yang dilakukan, dapat disimpulkan jika blynk masih mampu mengirim data dengan baik. Lokasi pengujian kedua berdasarkan *Gmaps* dapat dilihat pada Gambar 14.



Gambar 14 Lokasi pemantauan berdasarkan *Gmaps*

Berdasarkan Gambar 15 menunjukkan hasil pengujian aplikasi blynk yang diakses melalui 2 *smartphone* secara bersamaan, dari hasil pengujian menunjukkan jika pemantauan aplikasi blynk dapat dilakukan menggunakan beberapa perangkat.



Gambar 15 Pemantauan aplikasi blynk dengan beberapa perangkat secara bersamaan

1. Pengujian dengan *Google Spreadsheet*

Selain menggunakan *Blynk* sebagai outputnya, penelitian ini juga menggunakan *Google Spreadsheet* sebagai penyimpan log

data dari pengukuran, penelitian ini menggunakan *Google spreadsheet* digunakan sebagai penyimpanan data log untuk dilakukan *cross check* secara berkala sedangkan aplikasi *Blynk* digunakan hanya untuk membaca hasil pembacaan sensor secara *realtime*. Berdasarkan Gambar 16, menunjukkan jika pengujian terhadap *Google spreadsheet* telah dapat berjalan dengan baik, *Google spreadsheet* telah mampu menerima data yang dikirimkan dari mikrokontroler Node MCU ESP 8266, proses pengiriman data tidak mengalami gangguan karena saat dilakukan pengujian menggunakan jaringan yang stabil.

	A	B	C	D	E	F	G
1	Tanggal	Jam	Tegangan	Arus			
2	14/09/2022	08.37.13	2.21	0.14			
3	14/09/2022	08.38.14	1.86	0.11			
4	14/09/2022	08.39.15	2.42	0.15			
5	14/09/2022	08.40.15		02.08 0.12	Mulai		
6	14/09/2022	08.41.15	2.26	0.12			
7	14/09/2022	08.42.15	2.30	0.13			
8	14/09/2022	08.43.15	1.69	0.11			
9	14/09/2022	08.44.15	1.80	0.11			
10	14/09/2022	08.45.16	1.54	0.10			
11	14/09/2022	08.46.16	2.36	0.14			
12	14/09/2022	08.47.16		2.11 0.12			
13	14/09/2022	08.48.17	2.39	0.12			
14	14/09/2022	08.49.17	2.18	0.12			
15	14/09/2022	08.50.18	1.52	0.10			
16	14/09/2022	08.51.18	1.99	0.10			
17	14/09/2022	08.52.19		2.11 0.13			
18	14/09/2022	08.54.19	2.48	0.14			
19	14/09/2022	08.55.20	1.95	0.13			
20	14/09/2022	08.56.20	1.95	0.11			
21	14/09/2022	08.57.21	1.73	0.12			
22	14/09/2022	08.58.21	1.70	0.10			
23	14/09/2022	08.59.21	2.17	0.14			
24	14/09/2022	09.00.21	2.36	0.14	Batas 14L		
25	14/09/2022	09.53.30	1.16	0.09	Mulai		
26	14/09/2022	09.54.31		01.07 0.09			
27	14/09/2022	09.55.31		01.01 0.08			

Gambar 16 Pengujian Google Spreadsheet

V. KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilaksanakan maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Rancang Bangun Sistem Monitoring PLTMH berbasis IoT dapat melakukan *monitoring* dengan baik secara *real-time*.
2. Rata-rata nilai error pada sensor tegangan sebesar 0,04287%, pada sensor arus sebesar 0,00259%, daya 0,01079%, RPM dengan lubang 8 sebesar 0,6523%, dan RPM pada lubang 12 sebesar 0,2446%.
3. Setelah dilakukan penelitian, dapat disimpulkan jika nilai arus, tegangan, dan daya masih dapat meningkat jika menggunakan debit air dan tekanan yang lebih besar, akurasi pemantauan RPM pada sistem akan jauh lebih baik jika lubang yang digunakan lebih banyak.
4. Data yang dikirimkan ke aplikasi *Blynk* dan *Google spreadsheet* dapat bekerja dengan baik dan mampu mengirim data dengan waktu 1 menit.
5. Sistem IoT dapat dilakukan pemantauan dari tempat yang berbeda, jaringan yang berbeda, serta dapat dipantau secara bersamaan dengan beberapa device berbeda

UCAPAN TERIMA KASIH

Pada bagian ini dituliskan ucapan terima kasih terhadap pihak-pihak yang membantu terselesaikannya penelitian ini

serta ucapan terima kasih terhadap tim editorial Jurnal Teknologi Elektro atas dipublikasikannya penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Ihat Solihat, "Rancang Bangun Prototipe Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (Pltmh)," *J. Inov. Ilmu Pengetah. dan Teknol.*, vol. 1, no. 2, hal. 7–14, 2020.
- [2] F. Vinola dan A. Rakhman, "Sistem Monitoring dan Controlling Suhu Ruangan Berbasis Internet of Things," *J. Tek. Elektro dan Komput.*, vol. 9, no. 2, hal. 117–126, 2020, [Daring]. Tersedia pada: <https://ejournal.unsrat.ac.id/index.php/elekdankom/article/view/29698>.
- [3] Y. Efendi, "Internet Of Things (Iot) Sistem Pengendalian Lampu Menggunakan Raspberry Pi Berbasis Mobile," *J. Ilm. Ilmu Komput.*, vol. 4, no. 1, hal. 19–26, 2018, doi: 10.35329/jiik.v4i1.48.
- [4] I. Efimov dan G. Salama, "The future of optical mapping is bright: RE: Review on: 'optical imaging of voltage and calcium in cardiac cells and tissues' by Herron, Lee, and Jalife," *Circ. Res.*, vol. 110, no. 10, hal. 292–297, 2012, doi: 10.1161/CIRCRESAHA.112.270033.
- [5] S. Nasional, T. Elektro, S. Informasi, dan T. Informatika, "Seminar Nasional Teknik Elektro, Sistem Informasi, dan Teknik Informatika," hal. 219–224, 2021.
- [6] B. Sumiyarso, R. A. Rochmatika, F. T. Putri, T. Prahara, dan J. P. H. Sudarto, "Sistem Monitoring Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro Berbasis IoT Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Semarang Perkembangan pemanfaatan energi baru dan terbarukan bertambah tahun semakin meningkat, salah satu di antaranya ialah pembangkit listrik," hal. 679–690.
- [7] H. M. Ridlwan, "Implementasi Perangkat Keras Sistem Monitoring Internet of Things (IoT) Pada Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro," *Power Elektron. J. Orang Elektro*, vol. 11, no. 1, hal. 57–62, 2022, [Daring]. Tersedia pada: <http://ejournal.poltektegal.ac.id/index.php/powerelektro/article/view/3109%0Ahttps://ejournal.poltektegal.ac.id/index.php/powerelektro/article/download/3109/1693>.
- [8] N. Yanti, Y. Yulkifli, dan Z. Kamus, "Pembuatan Alat Ukur Kelajuan Angin Menggunakan Sensor Optocoupler Dengan Display Pc," *Sainstek J. Sains dan Teknol.*, vol. 7, no. 2, hal. 95, 2016, doi: 10.31958/js.v7i2.131.
- [9] W. N. Saputra, D. Despa, N. Soedjarwanto, dan A. S. Samosir, "Prototipe Generator Dc Dengan Penggerak Tenaga Angin," *J. Inform. dan Tek. Elektro Terap.*, vol. 4, no. 1, 2016, doi: 10.23960/jitet.v4i1.538.
- [10] N. H. L. Dewi, M. F. Rohmah, dan S. Zahara, "Prototype Smart Home Dengan Modul Nodemcu Esp8266 Berbasis Internet of Things (Iot)," *J. Tek. Inform.*, hal. 3, 2019.
- [11] M. Machmud, "Sistem Desain Otomatis Area Solution Tank Berbasis Mikrokontroler di PT Unichem Candi Indonesia (Plant Gresik)," *E-Link J. Tek. Elektro dan Inform.*, vol. 15, no. 2, hal. 36, 2020, doi: 10.30587/e-link.v15i2.1991.
- [12] H. Habiburid, W. Indrasari, dan R. Fahdiran, "Karakterisasi Panel Surya Hybrid Berbasis Sensor Ina219," vol. VIII, hal. SNF2019-PA-173–178, 2019, doi: 10.21009/03.snf2019.02.pa.25.
- [13] A. F. Silvia, E. Haritman, dan Y. Muladi, "Rancang Bangun Akses Kontrol Pintu Gerbang Berbasis Arduino Dan Android," *Electrans 2014*, vol. 13, no. 1, hal. 1–10, 2014.