Jurnal Hasi Penelitian Dan Pengkajian Ilmiah Eksakta ISSN : **2809-9532**
Vol. 2 No. 2 Juli 2023 Hal. 177-186
DOI : https://doi.org/10.47233/jppie.v2i2.1132

Perancangan Sistem Monitoring Data Pada Turbin Vortex Skala Laboratorium Berbasis Internet of Things (IoT)

Meiki Eru Putra [1*], Muhammad Muslim [2]
[1]Program Studi Teknik Mesin, Universitas Dharma Andalas, Padang (penulis 1)
email: meikieruputra@unidha.ac.id
[2]Pogram Studi Teknik Mesin, Universitas Dharma Andalas, Padang (penulis 2)
email: muhammadmuslim@gmail.com

Abstrak
Turbina vortex adalah turbin yang menggunakan tekanan air untuk menggerakkan bilah turbinnya. Air merupakan salah satu sumber daya alam yang belum dimanfaatkan secara optimal dan masih jarang dikembangkan. Keunggulan dari turbin pusaran ini yang kami buat adalah sangat mudah dioperasikan, biaya operasional sangat minimal, dapat dimonitor dengan smartphone dan juga LCD pada turbin, kemampuan untuk menghasilkan listrik, dan dapat digunakan untuk alat mekatronika praktis. Tentu saja, ada banyak manfaat menggunakan sistem pemantauan sebagai alat pengukur saat memeriksa data. Data yang akan dimonitor meliputi debit air, kecepatan rotasi turbin, kecepatan rotasi generator, tinggi pusaran, tegangan yang dihasilkan, dan daya yang dihasilkan oleh turbin. Bahasa pemrograman C digunakan untuk memprogram mikrokontroler yang kami gunakan, karena bahasa pemrograman ini diklasifikasikan sebagai bahasa pemrograman yang tidak terlalu rumit. Mikrokontroler ESP32 digunakan untuk sistem kontrol karena memiliki arsitektur yang kuat dengan pin input dan output yang kami butuhkan sepenuhnya tersedia pada mikrokontroler ini, dilengkapi dengan fitur-fitur seperti WiFi dan Bluetooth yang sudah terintegrasi, serta jumlah memori yang besar. Selanjutnya, kami menggunakan LCD 4x20 sebagai monitor di mana data pemantauan dari turbin muncul. Bluetooth juga sudah terintegrasi pada mikrokontroler, serta memiliki jumlah memori yang besar. Kami menggunakan LCD 4x20 sebagai monitor di mana data pemantauan dari turbin muncul. Bluetooth juga sudah terintegrasi pada mikrokontroler, serta memiliki jumlah memori yang besar. Kami menggunakan LCD 4x20 sebagai monitor di mana data pemantauan dari turbin muncul. Bluetooth juga sudah terintegrasi pada mikrokontroler, serta memiliki jumlah memori yang besar. Kami menggunakan LCD 4x20 sebagai monitor di mana data pemantauan dari turbin muncul.
Keywords*: Turbin vortex, mikrokontroler, Esp32, Internet of Thing (IoT)*

PENDAHULUAN

Ketersediaan bahan bakar minyak kini semakin berkurang akibat penggunaan energi fosil secara berlebihan di semua bidang. Isu tentang pemanasan global, polusi udara, serta efek gas rumah kaca turut mendorong kemajuan penelitian sumber energi listrik yang lebih ramah lingkungan. Ilmuwan diseluruh dunia menyadari hal ini dan mencoba berbagai energi alternatif. Salah satu sumber energi saat ini yang banyak dilakukan penelitian adalah arus air. Penggunaan berbagai macam turbin semakin maju dan berlomba untuk memanfaatkan energi alam khususnya air. Indonesia adalah negara agraris dan merupakan daerah tropis yang menghasilkan air secara terus menerus, sehingga turbin air lebih berpotensi dari pada turbin angin walaupun angin di Indonesia relatif stabil "Djuhana" [1].

Pembangkit listrik tenaga air saat ini salah satu pilihan pemanfaatan sumber energi terbarukan, namun pemanfaatan energi air di Indonesia belum termanfaatkan secara maksimal. Salah satu jenis pembangkit listrik tenaga air yang belum termanfaatkan secara optimal adalah pembangkit listrik micro hydro. Micro hydro yang biasanya memanfaatkan air terjun dengan tinggi jatuh air yang tinggi. Sedangkan untuk tinggi jatuh yang rendah belum maksimal termanfaatkan. Seperti pada saluran irigasi memiliki potensi untuk dikembangkan menjadi energi listrik denganmerubah aliran air pada saluran tersebut menjadi aliran *vortex*.

Turbin *vortex* ini sendiri memiliki beberapa kelebihan. Pertama, baik dikembangkan pada daerah yang memiliki sumber air dengan debit yang cukup besar namun hanya memiliki head yang rendah. Kedua, tekanan air yang terjadi tidak merusak ekologi, dalam hal ini dampak terhadap kehidupan air ikan dan mikroorganisme lainya tetap terjaga. Ketiga, tidak membutuhkan draft tube, sehingga dapat mengurangi pengeluaran untuk penggalian pemasangan draft tube. Keempat memiliki efisiensi yang tinggi, dengan variasi debit yang besar dan sangat baik untuk debit air yang kecil. Kelima, tidak memerlukan jaring-jaring halus sebagai pencegah masuknya puing-puing

Jurnal Hasi Penelitian Dan Pengkajian Ilmiah Eksakta ISSN : **2809-9532**
Vol. 2 No. 2 Juli 2023 Hal. 177-186
DOI : https://doi.org/10.47233/jppie.v2i2.1132

kedalam turbin, sehingga dapat mengurangi biaya perawatan "*Franz*" [2]. Banyak aliran sungai dengan potensi debit air tinggi dengan *head* yang rendah belum termanfaatkan. Pada penelitiannya ditujukan untuk mendapatkan daya terbaik dari turbin. *Vortex* dengan memvariasikan bentuk sudu dan debit air. Kolam *Vortex* yang digunakan dalam skala laboratorium.Sebagai penerus penelitian sebelumnya yang memvariasi diameter sudu, penelitiannya ini fokus pada turbin *Vortex* dengan bentuk sudu lengkung, sudu lurus dan lengkung sirip, menggunakan 6 bilah. Hasil penelitiannya menunjukkan sudu berbentuk lengkung sirip memiliki torsi terbesar 2,00 Nm pada putaran 60 rpm dengan bukaan katup 100%. Daya efektif terbesar 14,4 Watt pada putaran 70 rpm dengan bukaan katup gas pompa air 100% atau debit 7,71 l/s pada turbin lurus, daya potensi 30,27 Watt terjadi pada bukaan katup gas pompa air 100% atau debit 7,71 l/s "Wahyu dan Didik"[3].

Turbin *vortex* adalah salah satu jenis turbin mikrohidro yang menggunakan pusaran air sebagai penggerak sudunya. Tujuan penelitian ini adalah untuk mendapatkan pengaruh tingkat kekasaran permukaan sudu dan sudut input air terhadap unjuk kerja turbin *vortex*. Penelitian ini menggunakan metode eksperimen dengan turbin *vortex* tipe 8 sudu berdimensi 40x130 mm. Variasi sudut input air 0, 4, dan 8 derajat, Penambahan efek kekasaran pada permukaan sudu menggunakan kawat ram *mesh* 16, 6, 50. Debit aliran dikondisikan pada 284,46 ml/s, 436,84 ml/s, 540,98 ml/s. Performa turbin *vortex* diukur berdasarkan kecepatan putaran turbin, torsi, daya, efisiensi dan tegangan generator yang dihasilkan oleh turbin *vortex*. Hasil penelitian didapatkan bahwa penambahan efek kekasaran dan sudut input air berpengaruh terhadap performa turbin *vortex*. Kecepatan putaran tertinggi turbin *vortex* dihasilkan oleh sudu tanpa kekasaran dengan sudut input air 8º pada kapasitas air 540,98 ml/dt sebesar 4900,60 rpm. Torsi, daya, efisiensi dan tegangan tertinggi turbin *vortex* dihasilkan oleh sudu tanpa kekasaran, sudut input air 8º pada kapasitas air 540,98 ml/s dengan pembebanan 35 gr masing-masing sebesar 0,109 N.m, 56,16 watt, 5,29 % dan 4,26 volt. Semakin tinggi kecepatan putaran turbin maka nilai torsi, daya, efisiensi dan tegangan yang dihasilkan oleh turbin *vortex* lebih besar dibandingkan sudu dengan menggunakan kekasaran walaupun kondisi sudu tersebut lebih berat " Debby dkk" [4].

Alat simulasi turbin *vortex* yang akan dibuat ini memiliki perbedaan dan keunggulan dibandingkan dari penelitian sebelumnya. Pada alat yang akan dibuat ini *vortex* yang terjadi akan dimanfaatkan untuk menghasilkan energi listrik kemudian juga akan di pasangkan sistem monitoring data berbasis *Internet of things* (*IoT*) dengan sistem sensor dan data yang dimonitoring akan ditampilkan pada LCD dan juga akan ditampilkan pada aplikasi android yang akan dirancang sendiri.

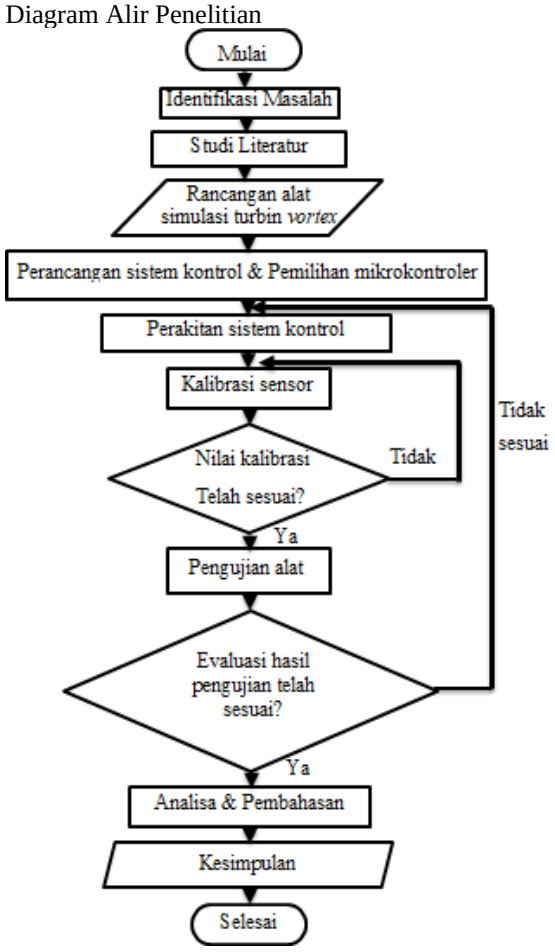
Hingga saat ini belum ada penelitian yang khusus membahas tentang pemanfaatan mikrokontroler pada alat uji simulasi
turbin *Vortex* skala laboratorium yang dapat mendukung dan mempermudah dalam proses pengambilan data terkait variabel-variabel prestasi turbin tersebut. Pada penelitian ini penulis membahas tentang "Perancangan Sistem Monitoring Data Pada Turbin *Vortex* Skala Laboratorium Berbasis *Internet of Things* (*IoT*)".

METODE PENELITIAN

1. Jenis lokasi dan penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah membuat rancangan sistem monitoring data turbin *vortex*. Penelitian ini menggunakan mikrokontroler ESP32 dengan bahasa pemograman C. Perancangan yang dilakukan akan dimonitor oleh LCD dan aplikasi android. Tahapan metode yang dilakukan dapat dilihat pada *flowchart*.

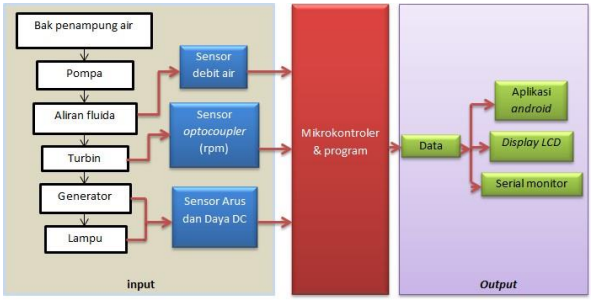
2. Diagram Alir Penelitian



3. Rancangan Sistem Kontrol

Jurnal Hasi Penelitian Dan Pengkajian Ilmiah Eksakta ISSN : **2809-9532**
Vol. 2 No. 2 Juli 2023 Hal. 177-186
DOI : https://doi.org/10.47233/jppie.v2i2.1132

- Diagram Blok Sistem

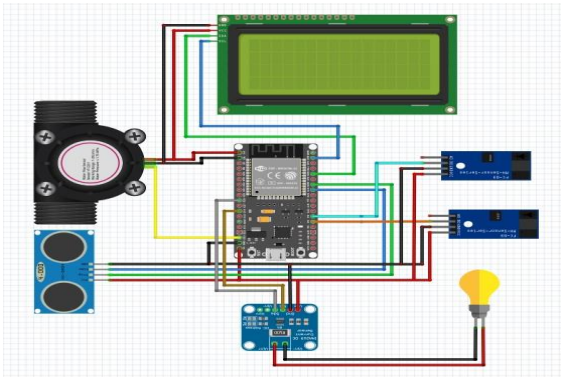


Gambar 1. Diagram blok sistem

Pada Gambar 2, bak penampungan air sebagai tempat/wadah dimana titik awal aliran air yang mengalir pada pipa pesat sebelum dihidupkan oleh pompa. Kemudian, aliran fluida mengalir pada pipa pesat dihisap oleh pompa dengan tekanan rendah ke tekanan tinggi, lalu aliran fluida mengalir mengenai bagian pinggiran sudu sensor atau dibaca oleh sensor *Water Flow* sesuai dengan aliran air. Ketika aliran fluida mengenai bagian sudu turbin dapat bergerak adanya poros penggerak yang telah dihubungkan melalui transmisi antara *pulley* dan *belt* menghasilkan nilai kecepatan poros turbin (dalam rpm) dibaca menggunakan sensor *Optocoupler*. Seluruh sistem kontrol pada turbin dapat menghasilkan arus dan daya melalui dari kecepatan aliran terhadap pada beban/lampu sehingga dapat dibaca dengan sensor arus dan daya.

- *Wiring* Diagram Sistem Turbin *Vortex*

Gambar 2. Rancangan *wirring* diagram sistem



monitoring turbin *vortex*

Sistem keseluruhan pada perancangan simulasi turbin Vortex berbasis IoT tersusun dari beberapa komponen utama seperti ESP32, LCD, sensor *Water Flow*, *Optocoupler*, *current voltage*, *ultrasonik* dan lain sebagainya. Prinsip kerja sistem ini, sensor secara otomatis membaca nilai dari kecepatan air, ketinggian *voretex*, kecepatan putaran poros turbin, kecepatan putar generator dan daya yang dihasilkan oleh generator yang telah diinputkan, kemudian mengirim data tersebut kepada ESP32, yang akan ditampilkan pada LCD dan aplikasi android**.**

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Kalibrasi Sensor

- Kalibrasi Sensor *Water Flow*

Dalam pembuatan turbin *vortex* berbasis *IoT* ini, telah dilakukan percobaan sistem monitoring dan uji coba alat untuk mengetahui performa turbin *vortex* yang dirancang ini. Salah satu bagian turbin *vortex* yang telah dibuat adalah rangkaian sistem monitoring yang dilengkapi dengan alat ukur debit aliran berupa sensor *water flow* FS400A. Sebelum dilakukan pengujian performa secara keseluruhan, sensor terlebih dahulu dikalibrasi menggunakan alat ukur standar yaitu gelas ukur agar meminimalisir kesalahan saat proses pengkalibrasian.

Pengkalibrasian sensor *water flow* FS400A ini dilakukan menggunakan alat ukur yang memiliki prinsip kerja yang sama dengan sensor. Kalibrasi dilakukan sebanyak 15 kali, kemudian data yang diambil berdasarkan bukaan katup yang dibuka dan dibaca oleh sensor. Dari hasil kalibrasi tersebut, diperoleh data rata-rata dari hasil kalibrasi dapat dilihat pada Tabel 1.

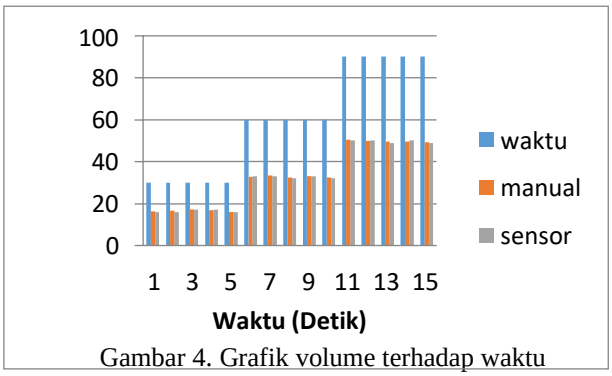
Tabel 1. Data kalibrasi sensor *water Flow*

Waktu (Detik)	**Pengujian**			
	No	**Gelas ukur (Liter)**	**Sensor (Liter)**	**% *Error***
30	**1**	16.3	16	1,875
	2	16.5	16	3,125
	3	17.1	17	0,588
	4	16.8	17	1,176
	5	15.9	16	0,626
Rata-rata		16,52	16,4	1,477
60	**1**	32.8	33	0,606
	2	33.3	33	0,909
	3	32.5	32	1,562
	4	33.1	33	0,303
	5	32.4	32	1,250
Rata-rata		32,82	32,6	0,926
90	**1**	50.3	50	0,60
	2	49.7	50	0,60
	3	49.4	49	0,81
	4	49.6	50	0,80
	5	49.1	49	0,20
Rata-		49,62	49	0,60

Jurnal Hasi Penelitian Dan Pengkajian Ilmiah Eksakta ISSN : **2809-9532**
Vol. 2 No. 2 Juli 2023 Hal. 177-186
DOI : https://doi.org/10.47233/jppie.v2i2.1132

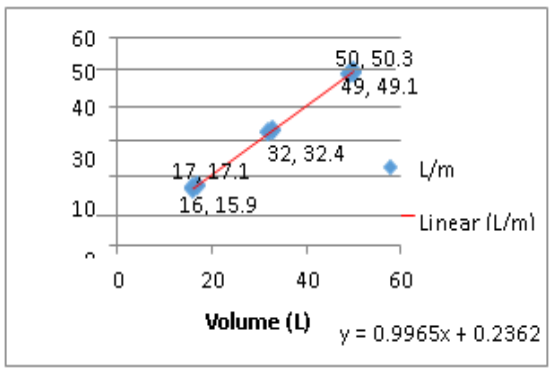
rata		,6	
Rata-rata keseluruhan	32,98	32,86	1,00

Berdasarkan hasil rata-rata kalibrasi yang terlihat pada Tabel 1, percobaan dilakukan dengan menyalakan pompa air. Lalu dalam waktu yang bersamaan, nilai debit akan dibaca oleh sensor dan rata-rata yang terbaca oleh sensor adalah 32,86 L/m. Pada percobaan kalibrasi, persen error sebesar 1,00 %. Terlihat perbedaan nilai yang tidak terlalu signifikan pada sensor dan gelas ukur. Hal ini dikarenakan sensor memiliki tingkat keakuratan dan kepresisian yang cukup baik. Hasil kalibrasi sensor ini dapat dilihat pada Gambar 5 berikut ini.



Gambar 4. Grafik volume terhadap waktu

Berdasarkan grafik tersebut, dapat dilihat perbandingan antara nilai manual dan nilai terbaca oleh sensor tidak terlalu besar. Hal ini menunjukkan dari pengujian tersebut diperoleh kesimpulan bahwa sensor memiliki tingkat kepresisian yang cukup tinggi. Untuk melihat keterkaitan antara nilai yang terbaca oleh sensor dengan nilai yang terbaca oleh gelas ukur ditunjukkan grafik regresi linier seperti yang terlihat pada Gambar 6 berikut ini.



Gambar 5.Grafik regresi linier sensor *water flow*

Tabel 2. Statistik regresi kalibrasi sensor debit

Dari Grafik dan Tabel 2, didapatkan nilai konstanta (intersep) a=0,9965. Jadi didapat persamaan regresi liniernya adalah, Y=0,9965, dimana nilai koefisien korelasi adalah R = 0,9995. Artinya nilai koefisien korelasi antara alat ukur dan sensor termasuk kategori hubungan yang sangat kuat, karena berada pada rentang 0,8 - 1,00. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa sensor telah terkalibrasi dengan baik dan sensor memiliki tingkat akurasi yang sangat baik.

- Kalibrasi sensor *optocoupler* putaran turbin

Dalam pembuatan turbin *vortex* berbasis *IoT* ini, telah dilakukan percobaan sistem monitoring dan uji coba alat untuk mengetahui performa turbin *vortex*. Salah satu bagian turbin *vortex* yang telah dibuat adalah rangkaian sistem monitoring yang dilengkapi alat ukur kecepatan berupa sensor *optocoupler module* LM393. Sebelum dilakukan pengujian performa secara keseluruhan, sensor terlebih dahulu dikalibrasi menggunakan alat ukur manual. Yaitu *tachometer* sebagai pembaca kecepatan secara manual untuk meminimalisir kesalahan saat proses pengkalibrasian. Pengkalibrasian sensor *optocoupler module* LM393 ini dilakukan menggunakan alat ukur yang memiliki prinsip kerja yang sama dengan sensor. Kalibrasi dilakukan sebanyak 15 kali, kemudian data yang diambil berdasarkan kecepatan yang diatur pada tekanan yang diberi pada turbin agar turbin dapat berputar dan dibaca oleh sensor. Adapun dari hasil pengujian kalibrasi sensor dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Data hasil kalibrasi sensor *optocoupler module* LM393

Putaran (rpm)	**Pengujian**			**% Error**
	No.	***Tachometer* (rpm)**	**Sensor (rpm)**	
50	**1**	49.8	50	0,4
	2	50.2	50	0,4
	3	50.7	51	0,6
	4	50.1	50	0,2
	5	48.9	49	1,6

Jurnal Hasi Penelitian Dan Pengkajian Ilmiah Eksakta ISSN : **2809-9532**
Vol. 2 No. 2 Juli 2023 Hal. 177-186
DOI : https://doi.org/10.47233/jppie.v2i2.1132

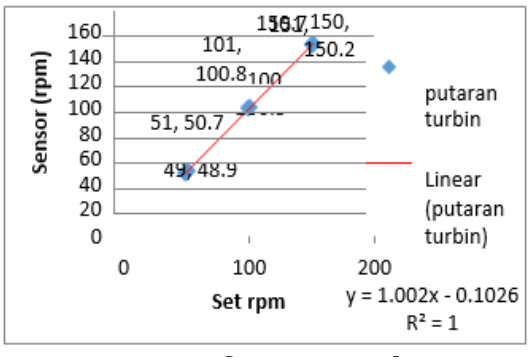
Rata-rata		**49,94**	**50**	**0,64**
100	**1**	100.2	100	0,2
	2	100.4	100	0,4
	3	100.8	101	0,2
	4	100.1	100	0,1
	5	100.5	100	0,5
Rata-rata		100,4	100,2	0,28
150	**1**	150.3	150	0,20
	2	150.2	150	0,13
	3	150.3	150	0,20
	4	150.7	151	0,20
	5	150.2	150	0,13
Rata-rata		150,34	150,2	0,173
Rata-rata keseluruhan		100,04	100,13	0,366

Berdasarkan dari proses kalibrasi yang terlihat pada Tabel 3, percobaan dilakukan dengan mengatur kecepatan turbin. Lalu dalam waktu yang bersamaan, nilai kecepatan rata-rata yang terbaca oleh sensor adalah 100,13 rpm. Pada percobaan kalibrasi persen *error* sebesar 0,366 %. Dari hasil ini terlihat perbedaan nilai yang tidak terlalu signifikan pada sensor dan tachometer. Hal ini dikarenakan sensor memiliki tingkat keakuratan dan kepresisian yang cukup baik. Hasil kalibrasi sensor ini dapat dilihat pada Gambar 7 berikut ini.

No.	Statistik Regresi	
1	Koefisien korelasi(R)	0.999779
2	Koefision determinasi(R^2)	0.999559
3	Koefisien Determinasi Terajut	0.999525
4	Standar *Error*	0.306035
5	Percobaan	15 kali

Gambar 6. Grafik hasil kalibrasi sensor *optocoupler* putaran turbin

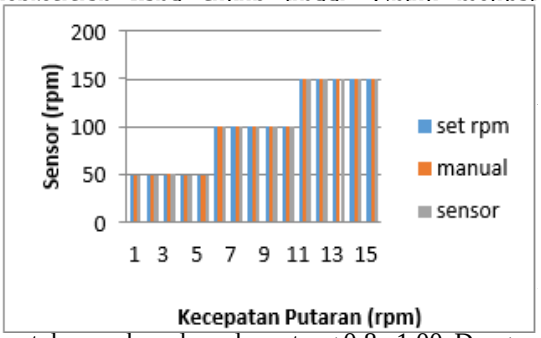
Berdasarkan grafik tersebut dapat dilihat perbandingan antara nilai manual dan nilai terbaca oleh sensor tidak terlalu besar. Hal ini menunjukkan dari pengujian tersebut diperoleh kesimpulan bahwa sensor memiliki tingkat kepresisian yang cukup tinggi. Untuk melihat keterkaitan antara nilai yang terbaca oleh sensor dengan nilai yang terbaca oleh tachometer ditunjukkan oleh grafik regresi linier seperti yang terlihat pada Gambar 8.



Tabel 4. Statistik regresi kalibrasi sensor kecepatan turbin

No.	Statistik Regresi	
1	Koefisien korelasi(R)	0.999984
2	Koefision determinasi(R^2)	0.999968
3	Koefisien Determinasi Terajut	0.999965
4	Standar *Error*	0.249623

kesimpulan bahwa sensor memiliki tingkat



kuat, karena berada pada rentang 0,8 - 1,00. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa sensor telah terkalibrasi dengan baik dan sensor memiliki tingkat akurasi yang sangat baik.

- Kalibrasi sensor *optocoupler* putaran generator

Dalam pembuatan turbin *vortex* berbasis *IoT* ini, telah dilakukan percobaan sistem monitoring dan uji coba alat untuk mengetahui performa turbin *vortex*. Salah satu bagian turbin *vortex* yang telah dibuat adalah rangkaian sistem monitoring yang dilengkapi alat ukur kecepatan berupa sensor *optocoupler module* LM393. Sebelum dilakukan

Jurnal Hasi Penelitian Dan Pengkajian Ilmiah Eksakta ISSN : **2809-9532**
Vol. 2 No. 2 Juli 2023 Hal. 177-186
DOI : https://doi.org/10.47233/jppie.v2i2.1132

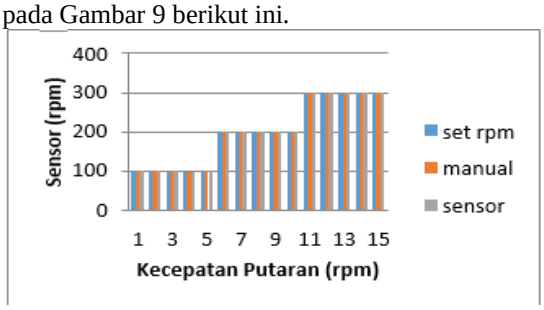
pengujian performa secara keseluruhan, sensor terlebih dahulu dikalibrasi menggunakan alat ukur manual. Yaitu *tachometer* sebagai pembaca kecepatan secara manual agar meminimalisir kesalahan saat proses pengkalibrasian.

Pengkalibrasian sensor *optocoupler module* LM393 ini dilakukan menggunakan alat ukur yang memiliki prinsip kerja yang sama dengan sensor. Kalibrasi dilakukan sebanyak 15 kali, kemudian data yang diambil berdasarkan kecepatan yang diatur pada tekanan yang diberi pada turbin agar turbin dapat berputar dan dibaca oleh sensor. Adapun dari hasil pengujian kalibrasi sensor dapat dilihat pada Tabel 4.5.

Tabel 5 Data hasil kalibrasi sensor optocoupler putaran generator

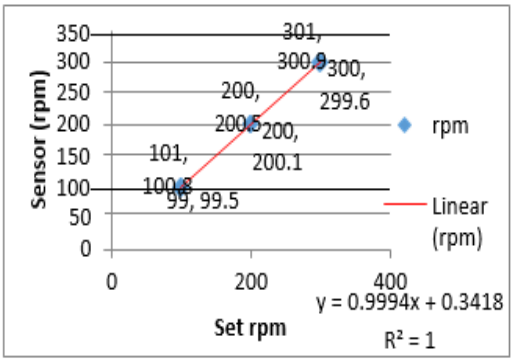
Putaran (rpm)	No.	Pengujian *Tachometer* (rpm)	Sensor (rpm)	% *Error*
	1	100.5	100	0,50
	2	100.2	100	0,20
100	**3**	100.8	101	0,19
	4	99.5	99	0,50
	5	100.2	100	0,20
Rata-rata		**100,24**	**100**	**0,320**
	1	200.2	200	0,10
	2	200.5	200	0,25
200	**3**	200.3	200	0,15
	4	200.1	200	0,05
	5	200.4	200	0,20
Rata-rata		**200,3**	**200**	**0,15**
	1	300.4	300	0,133
	2	300.5	300	0,166
300	**3**	300.9	301	0,033
	4	300.2	300	0,066
	5	299.6	300	0,133
Rata-rata		**300,32**	**300,2**	**0,106**
Rata-rata keseluruhan		**200,28**	**200,06**	**0,192**

Berdasarkan hasil rata-rata kalibrasi yang terlihat pada Tabel 5, Percobaan dilakukan dengan mengatur kecepatan turbin. Lalu dalam waktu yang bersamaan, nilai kecepatan rata-rata yang terbaca oleh sensor adalah 200,06 rpm. Pada percobaan kalibrasi persen *error* sebesar 0,192 %. Terlihat perbedaan nilai yang tidak terlalu signifikan pada sensor dan *tachometer*. Hal ini dikarenakan sensor memiliki tingkat keakuratan dan kepresisian yang cukup baik. Hasil kalibrasi sensor ini dapat dilihat pada Gambar 9 berikut ini.



optocuopler module LM393 generator

Berdasarkan grafik tersebut dapat dilihat perbandingan antara nilai manual dan nilai terbaca oleh sensor tidak terlalu besar. Hal ini menunjukkan dari pengujian tersebut diperoleh kesimpulan bahwa sensor memiliki tingkat kepresisian yang cukup tinggi. Untuk melihat keterkaitan antara nilai yang terbaca oleh sensor dengan nilai yang terbaca oleh *tachometer* ditunjukkan oleh grafik regresi linier seperti yang terlihat pada Gambar 10 berikut ini.



Gambar 9. Grafik regresi linier kecepatan generator

Tabel 6. Statistik regresi kalibrasi sensor kecepatan generator

No.	Statistik Regresi

Jurnal Hasi Penelitian Dan Pengkajian Ilmiah Eksakta ISSN : **2809-9532**
Vol. 2 No. 2 Juli 2023 Hal. 177-186
DOI : https://doi.org/10.47233/jppie.v2i2.1132
JPPIE

1	Koefisien korelasi(R)	0.999995
2	Koefision determinasi(R^2)	0.99999
3	Koefisien Determinasi Terajut	0.999989
4	Standar *Error*	0.281217
5	Percobaan	15 kali

Dari grafik dan tabel 6 didapatkan nilai konstanta (intersep) a=0,9994. Jadi didapat persamaan regresi liniernya adalah Y=0,9994, dimana nilai koefisien korelasi adalah R = 0,9999. Artinya nilai koefisien korelasi antara alat ukur dan sensor termasuk kategori hubungan yang sangat kuat, karena berada pada rentang 0,8 - 1,00. Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa sensor telah terkalibrasi dengan baik dan sensor memiliki tingkat akurasi yang sangat baik.

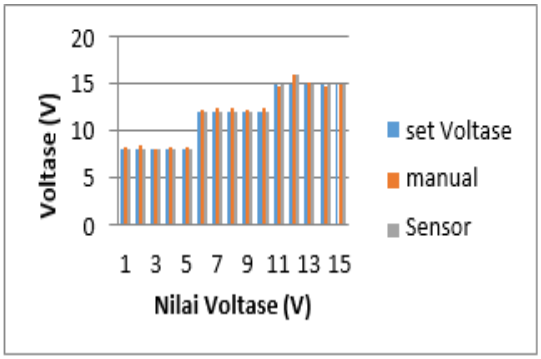
- Kalibrasi Sensor *Current Voltage* INA219 I2C (Tegangan)

Dalam pembuatan turbin *vortex* berbasis *IoT* ini, telah dilakukan percobaan sistem monitoring dan uji coba alat untuk mengetahui performa turbin *vortex*. Salah satu bagian turbin *vortex* yang telah dibuat adalah rangkaian sistem monitoring yang dilengkapi alat ukur tegangan dan daya berupa sensor *current voltage* INA219 I2C. Sebelum dilakukan pengujian performa secara keseluruhan, sensor terlebih dahulu dikalibrasi menggunakan alat bantu. Yaitu adaptor AC/DC sebagai sumber voltase listrik agar meminimalisir kesalahan saat proses pengkalibrasian.
Pengkalibrasian sensor *Current voltage* INA219 I2C ini dilakukan menggunakan alat ukur yang memiliki prinsip kerja yang sama dengan sensor. Kalibrasi dilakukan sebanyak 15 kali, kemudian data yang diambil berdasarkan voltase yang diseting pada adaptor AC/DC dan dibaca oleh sensor. Adapun dari hasil pengujian kalibrasi sensor dapat dilihat pada Tabel 7.

Tabel 7. Data hasil kalibrasi sensor current voltage INA219 I2C

Set voltase (Volt)	Pengujian No.	Adaptor (Volt)	Sensor (Volt)	*% Error*
	1	8.2	8	2,50
	2	8.5	8	6,25
8	**3**	8.1	8	1,25
	4	8.2	8	2,50
	5	8.3	8	3,75
Rata-rata		**8,26**	**8**	**3,25**
	1	12.3	12	2,50
	2	12.5	12	4,16
12	**3**	12.4	12	3,33
	4	12.2	12	1,66
	5	12.5	12	4,16
Rata-rata		**12,38**	**12**	**3,16**
	1	14.6	15	2,66
	2	15.9	16	0,62
15	**3**	15.2	15	1,33
	4	14.7	15	2,00
	5	14.9	15	0,66
Rata-rata		**15,06**	**15,2**	**1,455**
Rata-rata keseluruhan		**11,9**	**11,73**	**1,573**

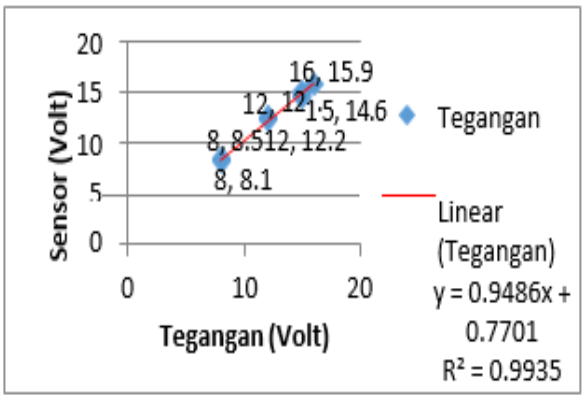
Berdasarkan hasil rata-rata kalibrasi yang terlihat pada Tabel 7, percobaan dilakukan dengan mengatur voltase yang ada pada adaptor. Lalu dalam waktu yang bersamaan, nilai voltase rata-rata yang terbaca oleh sensor adalah 11,73 V. Pada percobaan kalibrasi persen error yang didapat sebesar 1,573 %. Terlihat perbedaan nilai yang tidak terlalu signifikan pada sensor dan adaptor AC/DC. Hal ini dikarenakan sensor memiliki tingkat keakuratan dan kepresisian yang cukup baik. Hasil kalibrasi sensor ini dapat dilihat pada Gambar 11 berikut ini.



INA219 I2C

Berdasarkan grafik tersebut dapat dilihat perbandingan anatara nilai manual dan nilai terbaca oleh sensor tidak terlalu besar. Hal ini menunjukkan dari pengujian tersebut diperoleh kesimpulan bahwa sensor memiliki tingkat kepresisian yang cukup tinggi. Untuk melihat keterkaitan antara nilai yang terbaca oleh sensor dengan nilai yang terbaca oleh adaptotAC/DC ditunjukkan oleh grafik regresi linier seperti yang terlihat pada Gambar 12 berikut ini.

Jurnal Hasi Penelitian Dan Pengkajian Ilmiah Eksakta
Vol. 2 No. 2 Juli 2023 Hal. 177-186
DOI : https://doi.org/10.47233/jppie.v2i2.1132
ISSN : **2809-9532**



Gambar 11. Grafik regresi linier sensor tegangan

Tabel 8. Statistik regresi kalibrasi sensor tegangan

No.	Statisti Regresi	
1	Koefisien korelasi(R)	0.99676
2	Koefision determinasi(R^2)	0.993531
3	KoefisienDeterminasi Terajut	0.993034
4	Standar *Error*	0.255249
5	Percobaan	15 kali

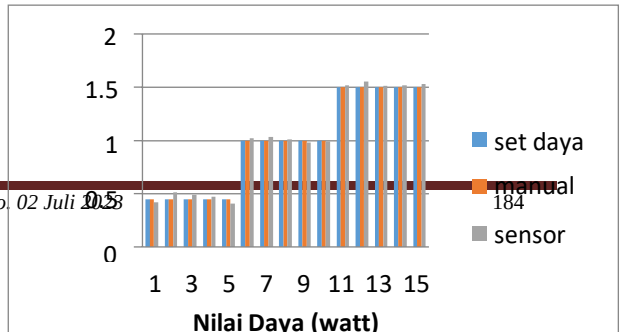
Dari Grafik dan Tabel 4.8 didapatkan nilai konstanta (intersep) a=0,9486. Jadi didapat persamaan regresi liniernya adalah, Y=0,9486, dimana nilai koefisien korelasi adalah R=0,9935. Artinya nilai koefisien korelasi antara alat ukur dan sensor termasuk kategori hubungan yang sangat kuat, karena berada pada rentang 0,8 - 1,00. Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa sensor telah terkalibrasi dengan baik dan sensor memiliki tingkat akurasi yang sangat baik.

- Kalibrasi Sensor *Current Voltage* INA219 I2C (Daya)

Dalam pembuatan turbin *vortex* berbasis *IoT* ini, telah dilakukan percobaan sistem monitoring dan uji coba alat untuk mengetahui performa turbin *vortex*. Salah satu bagian turbin *vortex* yang telah dibuat adalah rangkaian sistem monitoring yang dilengkapi alat ukur tegangan dan daya berupa sensor *current voltage* INA219 I2C. Sebelum dilakukan pengujian performa secara keseluruhan, sensor terlebih dahulu dikalibrasi menggunakan alat bantu. Yaitu adaptor AC/DC sebagai sumber voltase listrik agar meminimalisir kesalahan saat proses pengkalibrasian. Pengkalibrasian sensor *Current voltage* INA219 I2C ini dilakukan menggunakan alat ukur yang memiliki prinsip kerja yang sama dengan sensor. Kalibrasi dilakukan sebanyak 15 kali, kemudian data yang diambil berdasarkan voltase yang diseting pada adaptor

0,45	**2**	0.45	0.51	11,76
	3	0.45	0.49	8,16
	4	0.45	0.47	4,25
	5	0.45	0.41	9,75
Rata-rata		**0,45**	**0,46**	**8,21**
1	**1**	1	1.02	1,96
	2	1	1.03	2,91
	3	1	1.01	0,99
	4	1	0.98	2,04
	5	1	0.99	1,01
Rata-rata		**1**	**1,006**	**1,782**
1,5	**1**	1.5	1.52	1,31
	2	1.5	1.55	3,22
	3	1.5	1.51	0,66
	4	1.5	1.52	1,31
	5	1.5	1.53	1,96
Rata-rata		**15**	**1,52**	**1,69**
Rata-rata keseluruhan		**5,48**	**0,99**	**3,894**

Berdasarkan hasil rata-rata kalibrasi yang terlihat pada Tabel 4.9, Percobaan dilakukan dengan mengatur Arus yang ada pada adaptor. Lalu dalam waktu yang bersamaan, nilai Arus rata-rata yang terbaca oleh sensor adalah 0,99 watt. Pada percobaan kalibrasi dengan persen error sebesar 3,894 % Terlihat perbedaan nilai yang tidak terlalu signifikan pada sensor dan adaptor AC/DC. Hal ini dikarenakan sensor memiliki tingkat keakuratan dan kepresisian yang cukup baik. Hasil kalibrasi sensor ini dapat dilihat pada Gambar 13 berikut ini.



Jurnal Hasi Penelitian Dan Pengkajian Ilmiah Eksakta ISSN : **2809-9532**
Vol. 2 No. 2 Juli 2023 Hal. 177-186
DOI : https://doi.org/10.47233/jppie.v2i2.1132

Gambar 12. Grafik kalibrasi sensor daya INA219 I2C

Berdasarkan grafik tersebut dapat dilihat perbandingan anatara nilai manual dan nilai terbaca oleh sensor sama sekali tidak ada perbedaan. Hal ini menunjukkan dari 15 kalipengujian tersebut diperoleh kesimpulan bahwa sensor memiliki tingkat kepresisian yang cukup tinggi. Untuk melihat keterkaitan antara nilai yang terbaca oleh sensor dengan nilai yang terbaca oleh adaptotAC/DC ditunjukkan oleh grafik regresi linier seperti yang terlihat pada Gambar 14 berikut ini

Set jarak (cm)	Ketinggian *vortex* (cm)			% *Error*
	No.	Penggaris (cm)	Sensor (cm)	
5	1	5.3	5	6,0
	2	5.2	5	4,0
	3	5.5	5	10,0
	4	4.6	5	8,0
	5	5.5	5	10,0
Rata-rata		**5,22**	**5**	**7,6**
10	1	10.2	10	2,0
	2	10.4	10	4,0
	3	10.3	10	3,0
	4	10.6	11	3,6
	5	10.1	10	1,0
Rata-rata		**10,32**	**10,2**	**2,72**
15	1	15.2	15	1,33
	2	15.5	15	3,33
	3	15.1	15	0,66
	4	15.6	16	2,50
	5	15.4	15	2,66
Rata-rata		**15,36**	**15,2**	**2,096**
Rata-rata Keseluruhan		**10,3**	**10,13**	**4,13**

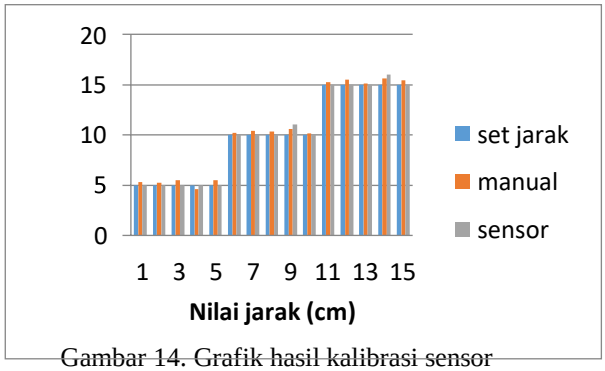
tingkat akurasi yang sangat baik.

- Kalibrasi ultrasonik HC-SR04

Dalam pembuatan turbin *vortex* berbasis *IoT* ini, telah dilakukan percobaan sistem monitoring dan uji coba alat untuk mengetahui performa turbin *vortex*. Salah satu bagian turbin *vortex* yang telah dibuat adalah rangkaian sistem monitoring yang dilengkapi alat ukur tinggi *vortex* berupa sensor ultrasonik HC-SR04. Sebelum dilakukan pengujian performa secara keseluruhan, sensor terlebih dahulu dikalibrasi menggunakan alat ukur standar. Yaitu meteran manual agar meminimalisir kesalahan saat proses pengkalibrasian. Pengkalibrasian sensor ultrasonik HC-SR04 ini dilakukan menggunakan alat ukur yang memiliki prinsip kerja yang sama dengan sensor. Kalibrasi dilakukan sebanyak 15 kali, kemudian data yang diambil berdasarkan tinggi air pada bak *vortex* yang dibaca oleh sensor. Dari hasil kalibrasi tersebut diperoleh data rata-rata dari hasil kalibrasi dapat dilihat pada Tabel 11.

Tabel 11. Data hasil kalibrasi sensor ultrasonik HC-SR04

Berdasarkan hasil rata-rata kalibrasi yang terlihat pada Tabel 11, Percobaan dilakukan dengan menyalakan pompa air. Lalu dalam waktu yang bersamaan, nilai ketinggian air dibaca oleh sensor dan rata-rata yang terbaca oleh sensor adalah 10,13 cm. Pada percobaan kalibrasi dengan persen *error* sebesar 4,13 %. Terlihat perbedaan nilai yang tidak terlalu signifikan pada sensor dan meteran manual. Hal ini dikarenakan sensor memiliki tingkat keakuratan dan kepresisian yang cukup baik. Hasil kalibrasi sensor ini dapat dilihat pada Gambar 15 berikut ini.



Gambar 14. Grafik hasil kalibrasi sensor ultrasonik HC-SR04

Berdasarkan grafik tersebut dapat dilihat perbandingan anatara nilai manual dan nilai terbaca oleh sensor tidak terlalu besar. Hal ini menunjukkan dari pengujian tersebut diperoleh kesimpulan bahwa sensor memiliki tingkat kepresisian yang cukup tinggi. Untuk melihat keterkaitan antara nilai yang terbaca oleh sensor dengan nilai yang terbaca oleh gelas

Jurnal Hasi Penelitian Dan Pengkajian Ilmiah Eksakta ISSN : **2809-9532**
Vol. 2 No. 2 Juli 2023 Hal. 177-186
DOI : https://doi.org/10.47233/jppie.v2i2.1132

ukurditunjukkan oleh grafik regresi linier seperti yang terlihat pada Gambar 16 berikut ini

Gambar 15. Grafik regresi linier ketinggian *vortex*

Tabel 12. Statistik regresi kalibrasi sensor ultrasonik

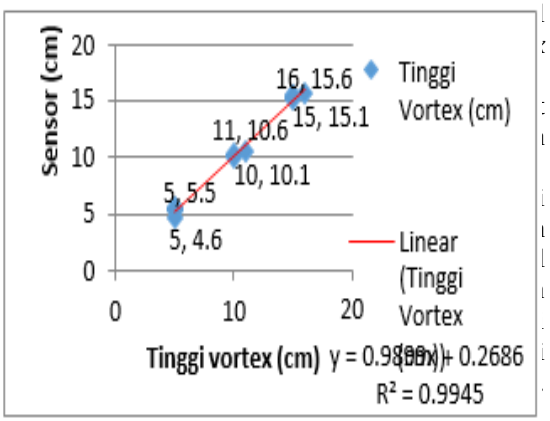
No.	Statistik Regresi	
1	Koefisien korelasi(R)	0.99723
2	Koefision determinasi(R^2)	0.994468
3	Koefisien Determinasi Terajut	0.994042
4	Standar *Error*	0.333736
5	Percobaan	15 kali

Dari Grafik dan Tabel 12 didapatkan nilai konstanta (intersep) a=0,9899. Jadi didapat persamaan regresi liniernya adalah, Y=0,9899, dimana nilai koefisien korelasi adalah R = 0,9944. Artinya nilai koefisien korelasi antara alat ukur dan sensor termasuk kategori hubungan yang sangat kuat, karena berada pada rentang 0,8 - 1,00. Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa sensor telah terkalibrasi dengan baik dan sensor memiliki tingkat akurasi yang sangat baik.

KESIMPULAN DAN SARAN

- Kesimpulan

Setelah melaksanakan perancangan, pengujian dan pengambilan data pada tugas akhir ini, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:



Alat simulasi turbin *vortex* ini masih dapat dikembangkan lebih lanjut, antara lain:

1. Menambahkan sensor tekanan yang berbasis digital pada pompa super jet yang digunakan pada alat simulasi turbin *vortex* ini, karena saat ini pompa tersebut masih menggunakan *pressure gauge* yang masih manual.

2. Alat simulasi turbin *vortex* ini belum memiliki sistim otomatis untuk memberikan tekanan pada bak *vortex* tersebut. Pada saat ini, alat tersebut untuk memberikan tekanannya masih membutuhkan penekanan nozel secara manual. Maka diharapkan ke depan nya, alat ini bisa ditambahkan sistem otomatis untuk tekanan *vortex*.

DAFTAR PUSTAKA

[1] Djuhana. "Pusat Pengembangan Bahan Ajar- UMB". Teknik Mesin Universitas Mercubuana, 2008, pp. 33-35.
[2] Zotloterer Franz. "Cara kerja Turbin *Vortex*, Komponen Utama Turbin *Vortex*, Keunggulan Turbin *Vortex*," 2003, pp.9-29.
[3] Prasetyo wahyu, "Rancang Bangun Turbin *Vortex* Skala Kecil dan Pengujian," Universitas Islam Indonesia., Yogyakarta., 2018.
[4] Efriyasika Debby dkk, "Tingkat Kekasaran Permukaan Sudu dan Sudut Input Air terhadap Unjuk Kerja Turbin *Vortex*," *Journal of Science and Technology*, vol. 1, no. 2, pp. 182- 194, juni, 2021.