



P-ISSN : 2622-1276
E-ISSN: 2622-1284

The 6th Conference on Innovation and Application of Science and Technology (CIASTECH)

Website Ciastech 2023 : <https://ciastech.net>

Open Conference Systems : <https://ocs.ciastech.net>

Proceeding homepage : <https://publishing-widyagama.ac.id/ejournal-v2/index.php/ciastech/issue/view/236>

MENCIPTAKAN ENERGI BARU TERBARUKAN DARI BUANGAN UDARA PANAS (*EXHAUST FAN*) MELALUI KONVERSI ENERGI ANGIN MENJADI ENERGI LISTRIK MENGGUNAKAN *WIND TURBINE*

Teguh Pramono^{1*)}, Krisdiyanto²⁾, Dedy Usman Effendi ST. MT³⁾

^{1,2,3)} Program Studi S1 Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Widyagama Malang

INFORMASI ARTIKEL

Data Artikel :

Naskah masuk, 30 November 2023
Direvisi, 2 Desember 2023
Diterima, 5 Desember 2023

Email Korespondensi :

teguh.b408@gmail.com

ABSTRAK

Turbin angin adalah pembangkit listrik yang menggunakan angin sebagai sumber energi untuk menghasilkan listrik. Kecepatan angin yang dihasilkan oleh *exhaust fan* cukup tinggi bila dibandingkan dengan angin bebas yaitu sebesar 12,8 m/s dan memiliki energi potensial yang cukup baik untuk digunakan sebagai tenaga penggerak turbin angin yang dapat menghasilkan energi baru terbarukan. *Improvement* ini dilakukan dengan pendekatan eksperimental dengan memvariasikan jumlah sudu 3, 4, dan 5. Analisis dilakukan dengan mengamati nilai kecepatan dan torsi pada masing-masing jumlah sudu untuk mendapatkan daya dan kondisi yang optimal. Hasil eksperimen menunjukkan bahwa semakin banyak jumlah sudu maka kecepatan turbin semakin menurun dan torsi meningkat. Turbin angin dengan 5 sudu diperoleh torsi sebesar 106,13 Nm yang menyebabkan sudu terdeformasi dan patah. Adapun turbin angin dengan 3 sudu didapati hasil paling optimal dengan kecepatan sebesar 188,5 rpm dan torsi sebesar 88,10 Nm.

Kata Kunci : Turbin Angin, EBT, Exhaust Fan

1. PENDAHULUAN

Berdasarkan kebijakan Sistem Manajemen Lingkungan PT Tirta Fresindo Jaya, berkomitmen untuk menerapkan sistem manajemen lingkungan sesuai dengan tujuan dan konteks organisasi dengan menyediakan kerangka kerja dalam menetapkan tujuan dan sasaran lingkungan berdasarkan evaluasi terhadap aspek lingkungan dengan mempertimbangkan karakteristik, skala, dan dampak dari kegiatan, produk, jasa serta standar ISO 14001:2015 salah satunya melalui jaminan upaya mengurangi emisi bahan pencemaran udara konvensional dan gas rumah kaca serta penggunaan Energi Baru Terbarukan (EBT).

Selain itu, untuk menindaklanjuti arahan dari manajemen mencapai PROPER EMAS pada tahun 2028, PT Tirta Fresindo Jaya berupaya untuk memenuhi penilaian Proper sesuai dengan PermenLHK No. 1 Tahun 2021 tentang Pengelolaan Lingkungan Hidup, yang meliputi :

1. Pelaksanaan Penilaian Daur Hidup (*life cycle assessment*)
2. Sistem Manajemen Lingkungan
3. Penerapan Sistem Manajemen Lingkungan untuk Pemanfaatan Sumber Daya pada Bidang :
 - a. Efisiensi Energi
 - b. Penurunan Emisi
 - c. Efisiensi Air dan Penurunan Beban Air Limbah
 - d. Pengurangan dan Pemanfaatan Limbah B3
 - e. Pengurangan dan Pemanfaatan Limbah Non B3
 - f. Perlindungan Keanekaragaman Hayati
4. Pemberdayaan Masyarakat
5. Tanggap Kebencanaan, dan
6. Inovasi Sosial

Tabel 1. Pencapaian KPI Departemen *Utility* Semester 1 Tahun 2022

No.	KPI	Satuan	Target	Achievement
1	<i>Energy Consumption Gas</i>	m ³ /ton Product	≤1,95	1,02
2	<i>Technical Breakdown</i>	%	≤0,25	0,1
3	EBT (Energi Baru Terbarukan)	%	≥3	2,95
4	<i>Energy Consumption Listrik</i>	kwh/ton Product	≤123,8	135,63
5	GRK (Gas Rumah Kaca)	KgCO ₂ /L Product	≤0,04	0,05

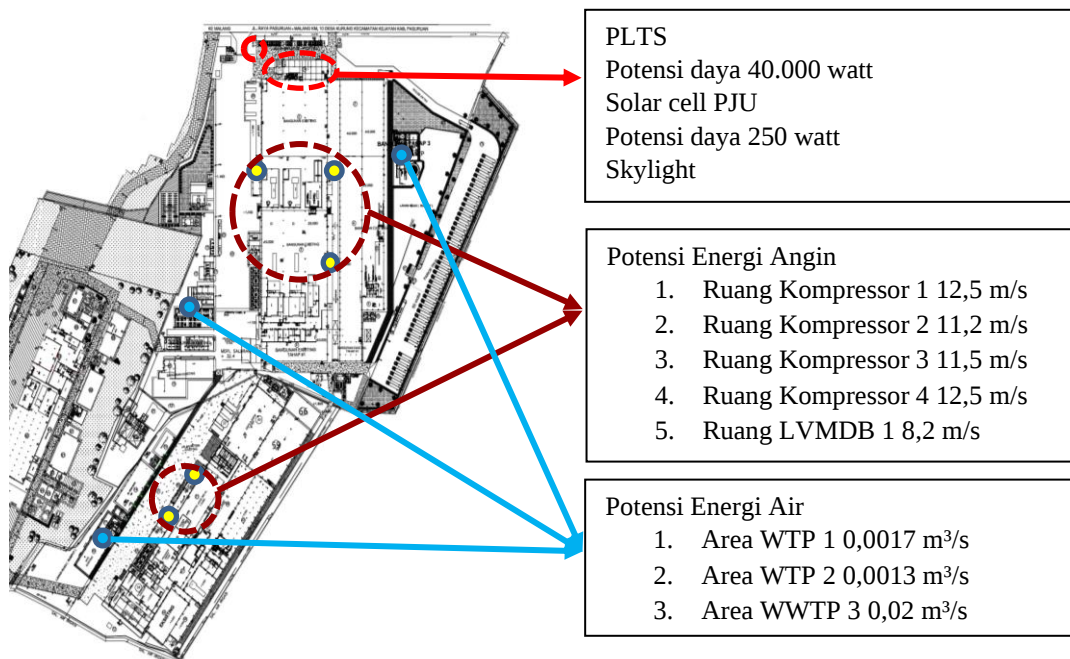
Pada Tabel 1. dapat dilihat data pencapaian KPI Departemen *Utility* Semester 1 Tahun 2022, *achivement energy consumption gas* dan *technical breakdown* sudah tercapai sesuai dengan target yang ditetapkan. Sedangkan, *achievement* Energi Baru Terbarukan (EBT), *energy consumption* listrik, dan gas rumah kaca (GRK) *achievement* masih belum mencapai target yang ditetapkan.

Selama ini pemanfaatan Energi Baru Terbarukan hanya menggunakan energi surya meliputi PLTS, *Solar Cell* PJU, dan *Skylight* sehingga perlu adanya penambahan Energi Baru Terbarukan (EBT) yang berasal dari sumber energi lain.

2. METODE PENELITIAN

2.1. Jenis dan Lokasi Penelitian

Observasi dilakukan untuk mencari sumber energi lain yang dapat dimanfaatkan sebagai *primover*. Pengujian dilakukan di beberapa titik di PT Tirta Fresindo Jaya Pasuruan, pada gambar 1 terdapat 3 potensi energi yaitu surya, angin dan air.



Gambar 1. Observasi Potensi Energi untuk EBT Tahun 2022

Masing-masing sumber energi didapat nilai potensi energi, selanjutnya potensi energi tersebut dikonversi menjadi satuan *Watt* dengan persamaan sebagai berikut :

Energi Angin :

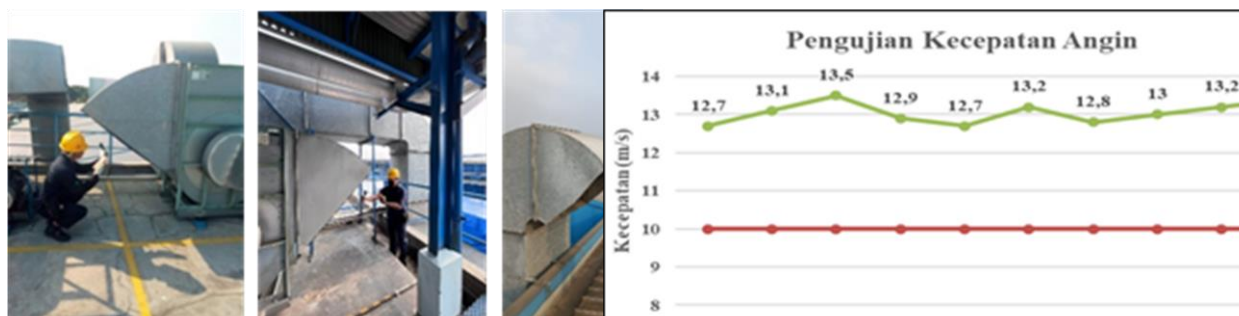
$$P = \frac{1}{2} \times \rho \times A \times V^3 \quad (1)$$

dengan P adalah Daya (*watt*), ρ adalah massa jenis udara (1,2 kg/m³), A adalah luas penampang (m²) dan V adalah kecepatan angin (m/s) [1].

Energi Air :

$$P = \rho \times Q \times g \times h \quad (2)$$

dengan P adalah Daya (*watt*), ρ adalah massa jenis air (1000 kg/m³), Q adalah debit fluida (m³/s), g adalah percepatan gravitasi bumi (9,8 m/s²) dan h adalah ketinggian fluida (m) [2].



Gambar 2. Pengukuran Kecepatan Angin Pada *Exhaust Fan* Dan Grafik Kecepatan Angin Yang Dihasilkan

Kecepatan angin minimal untuk memutar turbin adalah 10m/s (Skala Angin *Beaufort*), dan kecepatan angin yang dihasilkan oleh *Exhaust Fan* melebihi nilai standar minimal tsb, juga *Exhaust*

Fan memiliki Kecepatan udara buangan yang stabil dibandingkan dengan angin alami, berikut hasil pengukuran kecepatan angin pada *Exhaust Fan* :

2.2. Sumber Data

Penelitian ini menggunakan sumber data seperti *Monthly Energy Consumption*, *KPI (Key Performance Indicator)* maupun literatur lainnya yang memuat informasi yang kami perlukan.

2.3. Metode Pengumpulan Data

Data yang tepat akan menghasilkan sebuah fakta yang bisa dipercaya dan akan bisa dijadikan acuan untuk keperluan penelitian selanjutnya jika diperlukan. Data yang objektif dan tentu saja relevan dengan masalah yang di geluti merupakan syarat keberhasilan sebuah penelitian. Untuk pengumpulan data kami menggunakan beberapa metode sebaga berikut :

1. Checksheet

Melakukan pengukuran pada objek yang di teliti, mencatat dan melakukan rekap data *internal*.

2. Checklist

Melakukan observasi dan pengecekan kondisi pada objek yang diteliti berdasarkan parameter yang telah ditentukan dengan *output* ya atau tidak.

3. Studi Pustaka

Mengumpulkan data-data yang diperlukan dengan cara mempelajari masalah yang berhubungan dengan objek penelitian dan memiliki hubungan kemiripan proses dan cara kerja yang di dapatkan dari berbagai sumber *online* maupun *offline*.

2.4. Instrumen Penelitian

Dalam melakukan penelitian kami menggunakan beberapa instrumen, diantaranya adalah :

1. Perangkat keras atau Hardware

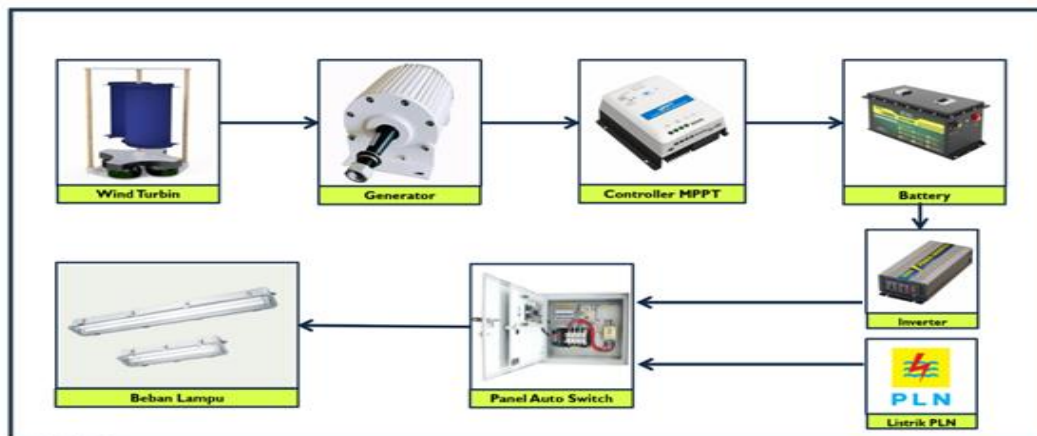
- A. Laptop
- B. Wind Turbine
- C. Generator
- D. Inverter
- E. Battery
- F. MPPT (*Maximum Power Point Tracking*)
- G. Autoswitch

2. Perangkat Lunak

- A. OS Windows
- B. Microsoft Office
- C. Whatsapp

2.5. Teknik Perancangan Model

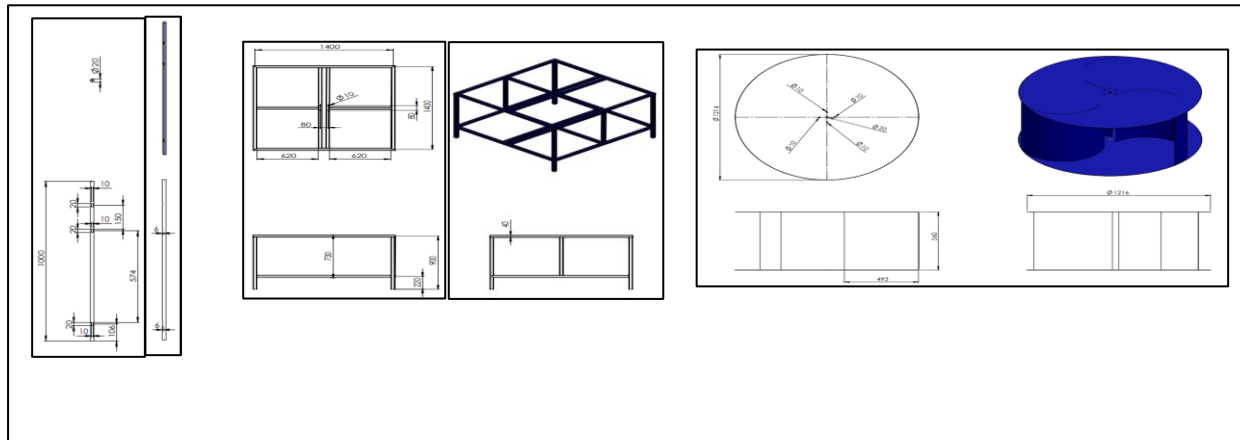
Wind Turbine akan berputar karena terkena gaya dari *output Exhaust Fan*, yang kemudian memutar poros generator sehingga menghasilkan tegangan listrik. Tegangan listrik ini kemudian akan di stabilkan oleh *Controller MPPT* agar bisa melakukan proses *charging battery* dan menyimpan energi listrik. Energi listrik yang tersimpan pada *battery* kemudian akan di ubah dari DC menjadi AC oleh *Inverter*. Tegangan AC yang keluar dari *Inverter* tsb kemudian akan digunakan untuk menyalakan sistem penerangan sebagai bebannya. Panel *autoswitch* berfungsi untuk *switching supply* energi listrik dari generator dan PLN, jika pembacaan sensor tegangan *battery* kurang dari 10 V maka listrik akan otomatis *disupply* dari PLN ke beban lampu.



Gambar 3. Blok Diagram Rancangan Model

2.6. Rancangan Wind Turbine

Baling-baling angin di buat dengan jumlah sudu dengan variasi 3-5 sudu, hal ini untuk mendapatkan rpm dan *torque wind turbine* yang paling optimal. Besarnya rpm serta *torque* akan berpengaruh pada kemampuan *wind turbine* untuk memutar generator yang menghasilkan energi listrik.



Gambar 4. Design Wind Turbine

Baling-baling angin di buat dengan jumlah sudu dengan variasi 3-5 sudu, hal ini untuk mendapatkan rpm dan *torque wind turbine* yang paling optimal. Besarnya rpm serta *torque* akan berpengaruh pada kemampuan *wind turbine* untuk memutar generator yang menghasilkan energi listrik.



Gambar 5. Proses Pembuatan Wind Turbine dan Instalasi

Tabel 2. Evaluasi Perbandingan Jumlah Sudu

Pengujian ke :	3 Sudu		4 Sudu		5 Sudu	
	RPM	TORSI	RPM	TORSI	RPM	TORSI
1	187,4	87,6	161,6	94,3	142,3	107,8
2	185,9	87,3	167,5	94,7	141,5	105,4
3	184,5	88,5	163,8	93,5	142,6	103,6
4	186,3	88,4	164,1	91,1	143,1	107,9
5	188,8	87,8	166,9	92,8	142,2	107,5
6	190,2	87,3	165,4	95,6	141,4	104,6
7	190,6	88,6	165,7	93,2	Sudu Terlepas Karena Vibrasi Tinggi	
8	191,3	88,4	164,2	92,9		
9	190,7	88,8	167,9	91,7		
10	189,3	88,3	164,1	96,4		
Average	188,50	88,10	165,12	93,62	142,18	106,13

Semakin banyak sudu, maka RPM menurun sedangkan TORSI meningkat, jumlah sudu 3 buah memiliki kecepatan atau RPM paling tinggi, tetapi Torsi paling rendah dibandingkan dengan jumlah sudu 4 ataupun 5, dan jumlah sudu 3 memiliki vibrasi paling rendah.

Tabel 3. Evaluasi Vibrasi vs Jumlah Sudu

Pengujian ke :	Sudu 3	Sudu 4	Sudu 5
	Vibrasi (mm/s)	Vibrasi (mm/s)	Vibrasi (mm/s)
1	1,5	3,1	3,8
2	1,7	2,9	3,7
3	1,5	2,7	3,9
4	2,0	3,0	4,2
5	1,9	3,2	3,7
6	1,4	3,1	3,8
7	1,8	2,8	4,9
8	1,4	2,7	0
9	1,7	3,1	0
10	1,6	2,7	0
Rata-rata	1,65	2,93	3,95

Evaluasi terhadap besaran vibrasi yang dihasilkan oleh *Wind Turbine* memperlihatkan bahwa tingkat vibrasi pada *wind turbine* berbanding lurus dengan jumlah sudu yang digunakan. Semakin banyak sudu maka semakin tinggi vibrasi yang dihasilkan.



Pengecekan Motor Servo



Modifikasi Motor Servo



Trial rpm motor servo

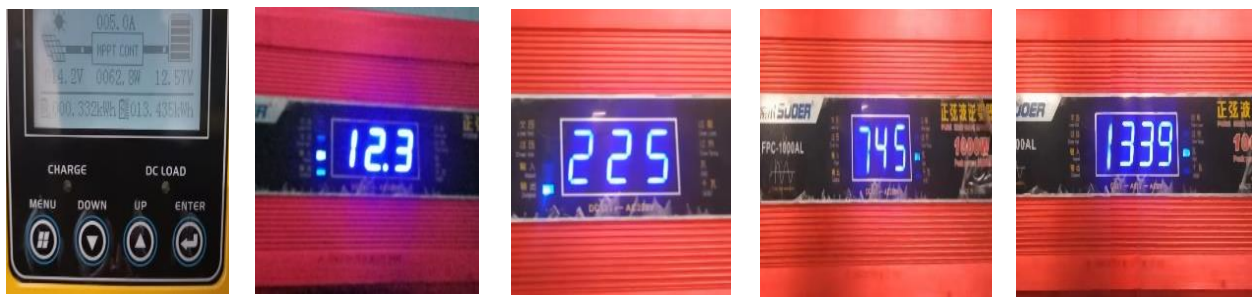
Gambar 6. Implementasi Modifikasi Motor Servo menjadi Generator

Generator pembangkit listrik merupakan modifikasi dari motor servo yang telah disesuaikan dengan kebutuhan. Motor servo memiliki magnet permanen pada rotornya sehingga lebih mudah dilakukan modifikasi untuk menjadi generator pembangkit listrik.

Tabel 4. Evaluasi RPM Vs Tegangan *Output* Generator

Pengujian ke :	RPM	Tegangan <i>Output</i> (Volt)
1	146,2	14,5
2	122,6	12,3
3	128,4	13,2
4	119,6	12,4
5	137,3	12,8
6	135,2	12,7
7	110,7	11,9
8	120,4	12,1
9	132,6	12,5
10	135,1	13,6
Rata-rata	128,81	12,8

3. HASIL DAN PEMBAHASAN



Gambar 7. Indikator MPPT menunjukkan hasil pembangkitan Energi Listrik dari *Wind Turbine*

Wind Turbine telah berhasil membangkitkan Energi listrik sehingga menjadi sumber energi baru terbarukan yang merupakan target peningkatan penggunaan energi ramah lingkungan sebagai syarat dalam Sistem Manajemen Lingkungan.

Tabel 5. Monitoring hasil penggunaan EBT *Wind Turbine*

Wind Turbine Ruang Kompresor IV					
Tegangan Generator	Arus Generator	Tegangan Battery	Tegangan input inverter	Tegangan Output Inverter	Daya Beban
Volt	Ampere	Volt DC	Volt DC	Volt AC	Watt
14,5	8,2	13,5	12,7	224	1334
13,5	8,9	13,2	12,6	220	1336
12,7	8,2	12,8	13,2	225	1323
12,8	8,5	12,7	13,3	220	1333
13,5	9,1	11,8	12,8	225	1335
14,2	8,3	11,9	12,5	220	1326
12,7	8,5	13,1	12,4	220	1336
14,1	8,8	11,6	12,8	224	1335
13,5	7,5	13,1	13,1	228	1333
14,1	6,9	12,2	12,5	230	1324

Interpretasi data Ruang Kompresor IV :

Daya beban lampu rata-rata di 1333 Watt, tegangan *output inverter* masih dalam *range* 223,64 Volt sehingga aman untuk lampu. Tegangan *battery*, dan tegangan *inverter* masih dalam batas aman 11-14 Volt. Daya Energi Baru Terbarukan yang berasal dari *wind turbine* meningkatkan pencapaian penggunaan EBT menjadi 3,02% secara keseluruhan sehingga memenuhi salah satu persyaratan dalam Sistem Manajemen Lingkungan dan Industri Hijau yang akan membuka jalan untuk memperoleh sertifikasi *Proper Gold* yang menjadi target berikutnya.

4. KESIMPULAN HASIL PENELITIAN

1. *Wind Turbine* dengan penggerak utama angin yang berasal dari buangan udara panas (*Exhaust Fan*) merupakan salah satu sumber energi alternatif yang bisa di manfaatkan karena kestabilan kecepatan angin yang dihasilkan
2. EBT meningkatkan efisiensi *Cost Energy Consumption*
3. Meningkatkan *awareness* karyawan dalam mencari sumber lain sebagai EBT sehingga akan semakin mengurangi potensi pencemaran dan efek gas rumah kaca

5. UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih kepada semua pihak yang telah ikut berkontribusi dalam aktifitas *Improvement* ini, terutama kepada :

1. Bapak Dwion Yunus sebagai *Senior Factory manager*
2. Bapak Antoko Dwi Prasetyo sebagai *Factory Manager*
3. Bapak Fahmi Fahrizal Mufti sebagai *Group Department Head*
4. Bapak Didin sebagai *Department Head Utility*
5. Bapak Krisdiyanto sebagai *Department Head Continues Improvement*
6. Rekan-rekan Tim Gugus Kendali Mutu "Naratama" (Faris, Alif, Afrizal, Vika, Didit, Seva, Umar)

5. REFERENSI

- [1] Burton T, dkk. 2001, *Wind Energy Handbook*, New York
- [2] Wiley Erinle T, dkk. 2020. *Design of Micro Hydro Turbine for Domestic Energy Generation*. IARJ SET, 7(4), 85-93
- [3] Fauzi, 2012, Pengukuran performansi Turbin angin Hummer 10Kw Pada pembangkit hybrid Bayu-Diesel di Pidie Jaya – *Jurnal Online Teknik Elektro*
- [4] Hau, E, 2006 *Wind Turbines, Fundamentals, Technologies, Application, Economics*, 2nd Ed, Springer, Germany
- [5] Syahputra, 2015, Rancang bangun Kincir Angin Multi Blade sebagai penggerak pompa air. Tugas Akhir Teknik Mesin, Universitas Samudra