

Potensi Hybrid Energy di Kabupaten Bone Bolango dan Kabupaten Gorontalo

¹Ervan Hasan Harun, ²Jumiati Ilham, dan ³Lanto Mohamad Kamil Amali

Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Negeri Gorontalo, Indonesia

¹ervanharun@ung.ac.id, ²jumiatiilham@ung.ac.id, ³kamilamali_gtlo@yahoo.co.id

Abstrak – Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui potensi energi terbarukan hybrid (energi mikro hidro, energi surya dan energi angin) sebagai sumber energi alternatif di Kabupaten Bolango tulang dan Gorontalo. Metode penelitian ini dimulai dari koleksi dasar bahan referensi serta data teknis dan non-teknis, yang diikuti dengan metode observasi untuk mendapatkan data tentang profil dari lokasi dusun / desa potensi energi terbarukan hybrid. Hasil penelitian menunjukkan bahwa: 1) Energi listrik dapat dihasilkan oleh desa Energi Tapadaa PLT-Hybrid dari 643,59 kWh per hari, desa Tulabolo dari 1.553,69 kWh per hari, desa Liyodu 3.555,46 kWh per hari, dan desa Selatan Dulamayo 3.322,6 kWh per hari. 2). energi potensial hybrid yang tersedia cukup besar tetapi belum dimanfaatkan secara optimal. Dengan kebutuhan saat ini energi untuk desa Tapada'a, desa desa Tulabolo, Liyodu, dan Desa Selatan Dulamayo maka ada cadangan energi: 605,76 kWh per hari untuk Tapada'a, 1.366,25 kWh per hari untuk Tulabolo, 3465,88 kWh per hari untuk Liyodu, dan 3190,8 kWh per hari untuk South of Dulamayo.

Kata kunci : potensi, energi hibrida, energi air, energi surya, energi angin.

Abstract – This study aims to determine the potential of hybrid renewable energy (micro hydro energy, solar energy and wind energy) as an alternative energy source in the district of Bolango Bone and Gorontalo. This research method starts from a basic collection of reference materials as well as technical and non-technical data, which is followed by observations methods to obtain data on the profile of the hamlet / village location of hybrid renewable energy potential. The result showed that: 1) Electrical energy can be generated by the PLT-Hybrid Energy Tapadaa village of 643.59 kWh per day, Tulabolo village of 1553.69 kWh per day, the village Liyodu 3555.46 kWh per day, and the village South Dulamayo 3322.6 kWh per day. 2). Hybrid potential energy available is quite large but it has not been used optimally. With the current energy needs for Tapada'a village, village Tulabolo, Liyodu village, and the village of South Dulamayo then there are the energy reserves: 605.76 kWh per day for the Tapada'a, 1366.25 kWh per day for the Tulabolo, 3465,88 kWh per day for Liyodu, and 3190,8 kWh per day for the South of Dulamayo.

Keywords : potential, hybrid energy, hydro energy, solar energy, wind energy.

I. PENDAHULUAN

Problem energi listrik umumnya di Indonesia saat ini cukup rumit, hal ini ditandai dengan seringnya dilakukan pemadaman bergilir seperti halnya di Provinsi Gorontalo, sehingga untuk beberapa tahun kedepan supply energi listrik ke pedesaan tidak bisa diharapkan, sehingga diperlukan usaha-usaha untuk mencari sumber alternative lain dengan tetap mempertimbangkan aspek teknis, ekonomi dan lingkungan.

Gorontalo sebagai propinsi pemekaran dari Sulawesi Utara saat ini terdiri dari 5 (lima) kabupaten dan 1 (satu) kota yaitu Kabupaten Pohuwato, Kabupaten Boalemo, Kabupaten Gorontalo, Kabupaten Bone Bolango, Kabupaten Gorontalo Utara dan Kota Gorontalo. Sampai dengan tahun 2012 rasio elektrifikasi di propinsi Gorontalo sebesar 64,35%, [1]. Potensi energi primer yang tersedia di Gorontalo untuk membangkitkan energi listrik cukup besar dan mempunyai peluang untuk dikembangkan baik itu tenaga air maupun tenaga panas bumi[2]. Khusus untuk potensi daya air di Gorontalo yang belum dimanfaatkan untuk kebutuhan energi listrik

berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh [5] sebesar 31,61 MW, begitu juga penelitian yang dilakukan oleh [6] memberikan kesimpulan bahwa potensi energi yang berasal dari sumber daya air cukup besar.

Sesuai dengan sasaran kebijakan energi nasional yakni terwujudnya energi (primer) mix yang optimal pada tahun 2025, yaitu peranan masing-masing jenis energi terhadap konsumsi energi nasional: 1) minyak bumi menjadi kurang dari 20%; 2) gas bumi menjadi lebih dari 30%; 3) batubara menjadi lebih dari 33%; 4) biofuel menjadi lebih dari 5%; 5) panas bumi menjadi lebih dari 5%; 6) energi baru dan terbarukan lainnya, khususnya, Biomasa, Nuklir, Tenaga Air Skala Kecil, Tenaga Surya, dan Tenaga Angin menjadi lebih dari 5%; 7) Bahan Bakar Lain yang berasal dari pencairan batubara menjadi lebih dari 2%[3].

Bauran Energi Nasional sampai dengan tahun 2050 menunjukkan bahwa peranan dari Energi Baru dan Terbarukan (EBT) pada tahun 2010 sebesar 5% kemudian di tahun 2012 menjadi 5,6% dan diharapkan pada tahun 2050 menjadi 31%[4].

Salah satu usaha dalam mengatasi persoalan energi listrik adalah melalui pemanfaatan pembangkit listrik tenaga hybrid yang merupakan kombinasi dua atau lebih sistem pembangkit tenaga listrik. Berdasarkan pemaparan di atas, maka akan dilakukan pemetaan potensi dan pemanfaatan hybrid energi yang merupakan gabungan dari energi hidro, surya, dan energi angin di kabupaten Bone Bolango dan kabupaten Gorontalo.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Hybrid Energi Terbarukan

Sumber energy mikrohidro, energi surya dan angin merupakan sumber energi terbarukan yang cukup populer yang bersih dan tersedia secara bebas (free). Masalah utama dari ketiga jenis energi tersebut adalah tidak tersedia terus menerus. Energi mikrohidro hanya tersedia pada lokasi dengan kontur tanah yang mempunyai aliran dan ketinggian tertentu serta tergantung musim, Energi surya hanya tersedia pada siang hari ketika cuaca cerah, sedangkan energi angin tersedia pada waktu yang seringkali tidak dapat diprediksi (sporadic) dan sangat berfluktuasi bergantung cuaca atau musim.

Untuk mengatasi permasalahan di atas, teknik hybrid banyak digunakan untuk menggabungkan beberapa jenis pembangkit listrik. Penelitian tentang pemanfaatan potensi hibrid energi sudah pernah dilakukan oleh [7], yakni meneliti tentang potensi Hybrid Energi yang merupakan kombinasi antara sel surya dengan turbin angin savious. Dari hasil penelitian menggunakan sistem akuisisi data diperoleh bahwa energi terbangkitkan dari pembangkit Hybrid ini sebesar 7,5 Watt. Menurut [8], bahwa Energi hibrid dengan potensi panas matahari dan angin potensial dikembangkan di Indonesia.

Penelitian yang serupa juga sudah pernah dilakukan oleh [9] yang meneliti tentang Pengembangan Teknologi Energi Terbarukan berdasarkan sumber daya lokal di Propinsi Riau. Dalam penelitian ini, dipeoleh bahwa hampir semua desa yang belum teraliri listrik memiliki potensi energi terbarukan dan memungkinkan untuk diterapkannya penggabungan dari beberapa sumber energi ke dalam satu sistem pembangkit listrik Hybrid Energi.

2.2. Potensi Energi Mikrohidro

Pada dasarnya sebuah pembangkit listrik tenaga mikrohidro memerlukan dua data yang penting yaitu debit air dan ketinggian jatuh (Head) untuk menghasilkan tenaga yang bermanfaat. Bentang alam yang terjadi (lebar, aliran sungai, kontur tanah dan sungai) akan menentukan besar potensi energi listrik yang ada di daerah tersebut. Persamaan dasar dari pembangkit listrik mikrohidro ini adalah [10] :

$$P_{netto} = 9,8 \times H_{gross} \times Q \times \eta_{tot} kW \quad (1)$$

2.3. Potensi Energi Surya

Energi matahari dapat dimanfaatkan sebagai sumber energi listrik melalui peralatan konversi energi yakni sel surya. Dalam keadaan cuaca yang cerah, sebuah sel surya akan menghasilkan tegangan konstan sebesar 0.5 V

sampai 0.7 V dengan arus sekitar 20 mA dan jumlah energi yang diterima akan mencapai optimal jika posisi sel surya 900 (tegak lurus) terhadap sinar matahari selain itu juga bergantung dari konstruksi sel surya itu sendiri. Untuk menentukaan besarnya potensi energi surya suatu lokasi dapat dihitung dengan menggunakan persamaan [11]:

$$P_{WP} = Area Array \times PSI \times \eta_{PV} \quad (2)$$

Sedangkan Area array (PV Area) diperhitungkan dengan menggunakan persamaan :

$$PV Area = \frac{E_L}{G_{av} \times \eta_{PV} \times TCF \times \eta_{out}} \quad (3)$$

2.4. Potensi Energi Angin

Energi angin dapat dikonversi atau ditransfer ke dalam bentuk energi lain seperti listrik atau mekanik dengan menggunakan kincir atau turbin angin, untuk besarnya potensi energy angin dapat digunakan persamaan berikut[12]:

$$P = \frac{1}{2} \times \rho \times v^3 \quad (4)$$

Daya angin maksimum yang dapat diekstrak oleh turbin angin dengan luas sapuan rotor A adalah,

$$P = \frac{16}{27} \times \frac{1}{2} \times \rho \times v^3 \quad (5)$$

Angka 16/27 (=59.3%) ini disebut batas Betz (Betz limit, diambil dari ilmuwan Jerman Albert Betz). Angka ini secara teori menunjukkan efisiensi maksimum yang dapat dicapai oleh rotor turbin angin tipe sumbu horisontal. Pada kenyataannya karena ada rugi-rugi gesekan dan kerugian di ujung sudu, efisiensi aerodinamik dari rotor, η_{rotor} ini akan lebih kecil lagi yaitu berkisar pada harga maksimum 0.45 saja untuk sudu yang dirancang dengan sangat baik [12].

Menurut Brown,C.K. and Warne (1975) dalam [13] daya efektif dari angin yang mungkin dihasilkan oleh suatu kincir angin dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut :

$$P_{EA} = \frac{1}{2} \cdot cp \cdot \rho \cdot D^2 \cdot V^3 \text{ Watt} \quad (6)$$

Selanjutnya Energi Listrik yang dapat dihasilkan oleh konversi energi angin per satuan luas sudu kincir angin dihitung dengan persamaan sebagai berikut [13]:

$$P_{Syst}/A = cp \cdot \eta_{tr} \cdot \eta_g \cdot \eta_b \cdot \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot V^3 \text{ Watt/m}^2 \quad (7)$$

III. METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Pengambilan Data

3.1.1. Hidrologi

Pengukuran hidrologi dilaksanakan pada musim kemarau dan musim penghujan. Pengukuran hidrologi meliputi pengukuran tinggi jatuh (Head) dan debit air. Dimana pengukuran tinggi jatuh (Head) dilakukan

dengan menggunakan Theodolite. Sedangkan pengukuran debit air dilakukan dengan cara-cara sebagai berikut :

- a. Pengukuran Menggunakan current meter
- b. Pengukuran dengan Pelampung (Float Area Methode)
- c. Pengukuran Debit Air dengan Metode Rasional

3.1.2. Intensitas radiasi matahari

Pengukuran intensitas radiasi matahari diperoleh dengan menggunakan alat ukur actinograph dengan waktu pengukuran dimulai dari jam 06:00 s/d 18:00.

3.1.3. Kecepatan angin

Kecepatan angin diukur menggunakan anemometer dengan waktu pengukuran dimulai dari jam 06:00 s/d 18:00.

3.1.4. Sosio Ekonomi Masyarakat

Data diperoleh melalui pengumpulan data sekunder maupun data primer menggunakan lembar observasi dan wawancara pada penduduk lokal di lokasi potensi. Data tersebut meliputi:

- 1) Profil dusun/desa
- 2) Tingkat standar hidup dan sumber pendapatan masyarakat.
- 3) Profil usaha dan sumber-sumber ekonomi produktif berbasis sumber daya lokal.
- 4) Kecepatan akses, kemampuan mengusahakan akses kepada pasar.
- 5) Kapasitas lokal dan kemampuan berkembang dengan pemanfaatan potensi sumber daya lokal.
- 6) Kondisi dan profil infrastruktur pelayanan publik yang ada

3.2. Lokasi Pengambilan data

Lokasi pengambilan data pada penelitian ini adalah tempat yang memiliki potensi sumber energi alternatif yang terdiri atas tenaga air, tenaga surya, dan tenaga angin yang memungkinkan dibangun Pembangkit Listrik Tenaga Hybrid Enegi, di kabupaten Bone Bolango dan kabupaten Gorontalo.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Potensi Energi

Hasil pengukuran karakteristik debit air, intensitas radiasi matahari, dan kecepatan angin yang dilakukan sebanyak 5 (lima) kali di 2 (dua) lokasi padasetiap kabupaten diberikan pada Tabel Is/d Tabel IV.

TABEL I
Potensi Hidro, Surya, dan Angin desa Tapadaa

Data	Debit (m3/s)	Intensitas Radiasi (W/m2)	Kec. Angin (knot)
1	0,19	360,32	1,92
2	0,23	318,48	1,46
3	0,12	342,24	2,15
4	0,25	387,08	1,31
5	0,13	436,56	1,54
Rerata	0,19	368,94	1,68

TABEL II
Potensi Hidro, Surya, dan Angin desa Tulabolo

Data	Debit (m3/s)	Intensitas Radiasi (W/m2)	Kec. Angin (knot)
1	0,46	366,16	1,69
2	0,68	333,56	1,62
3	1,17	359,52	0,77
4	0,98	322,88	1,15
5	1,04	328,92	0,46
Rerata	0,86	342,21	1,14

TABEL III
Potensi Hidro, Surya, dan Angin desa Liyodu

Data	Debit (m3/s)	Intensitas Radiasi (W/m2)	Kec. Angin (knot)
1	1,1	461,72	2,08
2	0,74	459,12	0,69
3	0,94	331,16	1,23
4	0,83	368,12	1,54
5	0,82	383,88	1,69
Rerata	0,89	400,80	1,45

TABEL IV
Potensi Hidro, Surya, dan Angin desa Dulamayo Selatan

Data	Debit (m3/s)	Intensitas Radiasi (W/m2)	Kec. Angin (knot)
1	3,63	270,68	1,62
2	2,46	347,76	1,62
3	2,04	405,48	1,00
4	1,43	411,72	1,00
5	2,78	318,88	0,92
Rerata	2,47	350,90	1,23

4.2. Beban listrik berdasarkan sosio ekenomi masyarakat.

Berdasarkan data kependudukan dan fasilitas umum yang ada, dan dengan menggunakan asumsi setiap rumah rata-rata membutuhkan energi listrik 200 VA, bangunan sekolah 450 VA, bangunan Puskesmas 900 VA, dan mesjid 200 VA maka dapat dibuat estimasi kebutuhan energi listrik untuk setiap lokasi diberikan pada tabel V s/d VIII sebagai berikut:

TABEL V
Kebutuhan Energi Desa Tapadaa

Jenis Fasilitas	Jumlah	Kebutuhan Energi Listrik	Jumlah
	(unit)	(VA)	(VA)
Rumah	31	200	6200
SD	1	450	450
PUSKESDES	1	900	900
Mesjid	1	200	200
Total Kebutuhan Listrik			7750

TABELVI
Kebutuhan Energi Desa Tulabolo

Jenis Fasilitas	Jumlah	Kebutuhan Energi	Jumlah
	(unit)	(VA)	(VA)
Rumah	180	200	36000
SD	1	450	450
SMP	1	450	450
PUSKESMAS	1	900	900
Mesjid	3	200	600
Total Kebutuhan Listrik			38400

Tabel VII.
Kebutuhan Energi Desa Liyodu

Jenis Fasilitas	Jumlah	Kebutuhan Energi	Jumlah
	(unit)	(VA)	(VA)
Rumah	84	200	16800
SD	1	450	450
PUSKESDES	1	900	900
Mesjid	1	200	200
Total Kebutuhan Listrik			18350

Tabel VIII
Kebutuhan Energi Desa Dulamayo Selatan

Jenis Fasilitas	Jumlah	Kebutuhan Energi	Jumlah
	(unit)	(VA)	(VA)
Rumah	125	200	25000
SD	1	450	450
SLTP	1	450	450
POLIDES	1	900	900
Mesjid	1	200	200
Total Kebutuhan Listrik			27000

4.3. Energi Listrik yang dihasilkan oleh setiap komponen Hybrid Energi.

1. Hidro Energi

Berdasarkan data tinggi jatuh dan debit air seperti yang diberikan pada tabel dan efisiensi dari setiap peralatan yang digunakan dapat dihitung energi listrik yang akan dihasilkan dari komponen hydro energi sebagai berikut:

TABEL IX
Energi terbangkitkan dari PLTMH

Lokasi	Output Generator		Energi dibangkitkan selama 24 jam
	kVA	kW	kWh
Kabupaten Bone Bolango			
Tapada'a	29,57	23,65	567,67
Tulabolo	61,95	49,56	1189,38
Kabupaten Gorontalo			
Liyodu	176,31	141,05	3385,13
Dulamayo Selatan	157,12	125,70	3016,78

2. Energi Surya

Energi listrik yang dihasilkan dari komponen surya (PLTS) dihitung menggunakan data intensitas radiasi matahari terendah. Selain itu estimasi dari kebutuhan listrik juga digunakan dalam merancang sistem PLTS yang akan digunakan.

TABEL X
Energi terbangkitkan dari PLTS

Lokasi	Energy Demand	PV Area	Watt-Peak	Energi dibangkitkan
	(kWh)	m ²	(kW-p)	(kWh-p)
Kabupaten Bone Bolango				
Tapada'a	17,34	43,99	6,77	74,43
Tulabolo	85,91	215,01	33,07	363,75
Kabupaten Gorontalo				
Liyodu	41,06	100,18	15,41	169,48
Dulamayo Selatan	60,41	180,33	27,74	305,09

3. Energi Angin.

Berdasarkan pengukuran kecepatan angin yang dilakukan selama 5 (lima) hari desain diameter sudu dari kincir angin yang digunakan adalah 7 meter, maka energy yang dapat dibangkitkan dari PLT-Angin adalah sebagai berikut:

TABEL XI
Energi terbangkitkan dari PLT-Angin

Lokasi	Energy Demand	P syst	
	(kWh)	(Watt)	(kWh)
Kabupaten Bone Bolango			
Tapada'a	14,19	166,40	1,50
Tulabolo	70,29	70,01	0,56
Kabupaten Gorontalo			
Liyodu	33,59	94,03	0,85
Dulamayo Selatan	54,92	73,28	0,73

4.4. Potensi Energi Listrik dari Hybrid Energi

Dari hasil analisis potensi energi listrik yang dihasilkan oleh setiap komponen PLT – Hybrid Energy dapat dibuat tabel yang menunjukkan total potensi energi listrik yang dapat dibangkitkan oleh PLT – Hybrid Energy di setiap lokasi baik di kabupaten Bone

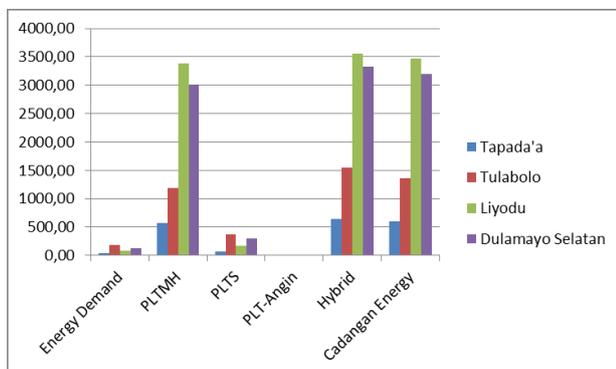
Bolango maupun di kabupaten Gorontalo. Hasil selengkapnya diberikan dalam tabel sebagai berikut:

TABEL XII
Potensi Energi Listrik yang dibangkitkan oleh PLT-Hybrid Energy

Lokasi	Energy Demand	Energi dibangkitkan tiap komponen			
	24 Jam	PLTMH	PLTS	PLT-Angin	Total Energi
	24 jam (kWh)	24 jam (kWh)	11 jam (kWh)	9 s/d 10 jam (kWh)	24 jam (kWh)
Kabupaten Bone Bolango					
Tapada'a	37,83	567,67	74,43	1,50	643,59
Tulabolo	187,45	1189,38	363,75	0,56	1553,69
Kabupaten Gorontalo					
Liyodu	89,58	3385,13	169,48	0,85	3555,46
Dulamayo Selatan	131,80	3016,78	305,09	0,73	3322,60

Dari tabel XII terlihat bahwa kebutuhan energi harian untuk setiap lokasi Hybrid Energi dapat dipenuhi oleh energi yang dibangkitkan komponen PLTMH, dan jika PLTMH tidak dapat beroperasi sama sekali, maka kebutuhan energi masih dapat diatasi oleh komponen PLTS. Kontribusi dari PLT-Angin pada PLT-Hybrid Energy ini sangat kecil, karena potensi energi angin di lokasi PLT-Hybrid Energy memang sangat kecil. Dari hasil pengukuran, rata-rata kecepatan angin di setiap lokasi kurang dari 2 knot yakni hanya berkisar antara 1,14 s/d 1,68 knot. Oleh karena itu, jika komponen PLTMH dan PLTS tidak dapat berfungsi sama sekali maka PLT-Angin tidak dapat diandalkan dalam melayani kebutuhan energi harian konsumen.

Disisi lain, terlihat bahwa di semua lokasi PLT-Hybrid Energy terdapat cadangan energi yang berkisar antara 605,76 kWh s/d 3465,88 kWh setiap hari, seperti ditunjukkan pada grafik berikut:



Gambar 1. Energy Demand vs Cadangan Energy

Cadangan energy yang cukup besar ini dapat terjadi karena di setiap lokasi PLT-Hybrid Energi, komponen energi yang bersumber dari PLTMH sangat besar, dibandingkan dengan potensi surya maupun potensi angin, sedangkan kebutuhan energi (energy dmand) di setiap lokasi berdasarkan kondisi sosio ekonomi masyarakat sangat kecil.

Kelebihan pembangkitan energi (cadangan energi) ini tentunya sangat menguntungkan jika energi yang dibangkitkan dapat dimanfaatkan secara maksimal, misalnya dialirkan ke desa-desa tetangga atau dijual ke PLN.

V. KESIMPULAN

1. Energi listrik yang dapat dibangkitkan oleh PLT-Hybrid Energi yakni desa Tapadaa sebesar 643,59 kWh per hari, desa Tulabolo sebesar 1553,69 kWh per hari, desa Liyodu 3555,46 kWh per hari, dan desa Dulamayo Selatan 3322,6 kWh per hari
2. Potensi Hybrid Energi tersedia cukup besar tetapi belum dimanfaatkan secara optimal. Dengan kebutuhan energi yang ada untuk desa Tapada'a, desa Tulabolo, desa Liyodu, dan desa Dulamayo Selatan maka terdapat cadangan energi yakni: 605,76 kWh per hari untuk desa Tapada'a, 1366,25 kWh per hari untuk desa Tulabolo, 3465,88 kWh per hari untuk desa Liyodu, dan 3190,8 kWh per hari untuk desa Dulamayo Selatan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] PT. PLN (Persero). 2013. "Statistik PLN 2012". Sekretariat Perusahaan PT PLN (Persero). Jakarta.
- [2] PT. PLN (Persero)., 2010., "Rencana Usaha Penyediaan Tenaga Listrik 2010 – 2019.
- [3] Pepres RI No 5 tahun 2006., Kebijakan Energi Nasional
- [4] Tumiran., Prof., Dr, 2014. Paradigma Baru Kebijakan Energi Nasional Menuju Ketahanan Dan Kemandirian Energi. Dewan Energi Nasional.
- [5] Harun, Ervan & Salim, Sardi. 2009, dkk "Pengembangan Sumber Daya air Untuk Peningkatan Ketenagalistrikan di Wilayah Propinsi Gorontalo". Penelitian Hibah Strategis Nasional DIKTI. Universitas Negeri Gorontalo. Gorontalo.
- [6] Matoka, Arifin, dkk. 2009. " Kajian Potensi Energi Listrik Mikrohidro Pada Saluran Irigasi Provinsi Gorontalo menunjang Elektrifikasi Pertanian". Penelitian Hibah Strategis Nasional DIKTI. Universitas Negeri Gorontalo. Gorontalo.
- [7] Winarto, Eko Wismo., 2013., Potensi Pembangkitan Listrik Hybrid menggunakan Vertical Axis Wind Turbine tipe Savonius dan Panel Surya., Jurnal Teknologi Volume 6 No 2 Desember 2013.
- [8] Olivia Lewi Pramesti, 2012., "Energi Hibrid Potensial Dikembangkan di Indonesia", <http://nationalgeographic.co.id/berita/2012/04/energi-hibrid-potensial-dikembangkan-di-indonesia>
- [9] Tengku Dahril, Prof., Dr., 2012. "Penelitian dan Pengembangan Teknologi Energi Terbarukan berdasarkan sumber daya lokal di Prpinsi Riau" Disampaikan pada Annual Forum Energy and Enviromental Partnership, Pekanbaru 30 – 31 Oktober 2012
- [10] Harvey.2003. "Manual Desing Mycrohydro Report on Standarisation of Civil Works for Small Microhydro Power Plant". UNINDO.
- [11] Manan Saiful.2010., Energi Matahari sumber energi alternatif yang efisien, handal, dan ramah lingkungan di indonesia., Laporan Penelitian

Fakultas Teknik Universitas
Diponegoro.Semarang

- [12] Arif Afifudin, dkk., 2010., “Studi Ekperimental Performansi Vertical Axis Wind Turbin (VAWT) dengan Variasi Desain Turbin”. Teknik Fisika., ITS.
- [13] Sam, Alimuddin & Patabang, Daud. 2005. “Studi Potensi Energi Angin Di Kota Palu Untuk Membangkitkan Energi Listrik” Jurnal SMARTEK, Volume 3 No. 1 Pebruari 2005.