

DEVELOPMENT OF NEW RENEWABLE ENERGY HYBRID SYSTEM FOR SIMPLE HOME ELECTRICITY PURPOSES

Rahmatullah^{1,*}, Khairul Umurani¹

¹Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara
Jln. Kapten Mukhtar Basri No. 3, Kota Medan, Sumatera Utara, 20238

*E-mail: rahmatullah@umsu.ac.id

Diterima: 31-10-2021

Direvisi: 25-04-2022

Disetujui: 01-06-2022

ABSTRAK

Keperluan akan energi saat ini telah menjadi permasalahan utama yang semakin kompleks pada seluruh negara di dunia untuk menopang pertumbuhan ekonominya. Keperluan yang terus meningkat terhadap energi tersebut juga diharuskan mengikuti kebutuhan umat manusia lainnya yaitu menciptakan lingkungan yang ramah lingkungan dan bebas polusi. Berbagai kondisi ini menuntut perlunya energi baru terbarukan yang dapat menjawab tantangan tersebut. Energi angin dan solar cell telah menjadi salah satu solusi untuk mengurangi ketergantungan atas energi fosil. Energi angin dan energi matahari sesungguhnya merupakan sumber energi yang paling menjanjikan mengingat sifatnya yang berkelanjutan serta jumlahnya yang sangat besar untuk dimanfaatkan menjadi energi listrik untuk penerangan di rumah masyarakat sederhana. Turbin angin adalah suatu pesawat penggerak mula yang memanfaatkan energi angin untuk menggerakkan sudu turbin yang selanjutnya ditrasformasikan dalam bentuk energi mekanis untuk memutar poros turbin. Energi surya adalah energi yang berupa sinar dan panas dari matahari yang dapat teknologi tersebut dapat diaplikasi menjadi berbagai energi termasuk energi listrik panas surya. Energi baru dan terbarukan dengan sistem hybrid atau gabungan untuk pembangkit listrik skala rumah sangat diperlukan untuk lebih menjaminkannya keberlangsungan keberadaan energi listrik dan efisiensi. Model sistem gabungan dan hybrid telah dikembangkan dan diaplikasikan adalah *hybrid solar cell* dan turbin angin.

Kata Kunci: EBT; Sistem hybrid; rumah sederhana.

ABSTRACT

The need for energy has now become a major problem that is increasingly complex in all countries in the world to support their economic growth. These various conditions require the need for new renewable energy that can answer these challenges. Wind energy and solar cells have become one of the solutions to reduce dependence on fossil energy. Wind energy and solar energy are actually the most promising sources of energy considering their sustainable nature and very large amounts to be used as electrical energy for lighting in simple people's homes. A wind turbine is a prime mover that utilizes wind energy to drive the turbine blades which are then transformed in the form of mechanical energy to rotate the turbine shaft. Solar energy is energy in the form of light and heat from the sun, which technology can be applied to a variety of energies, including solar thermal electrical energy. New and renewable energy with hybrid or combined systems for home-scale power plants is very much needed to ensure the continuity of the existence of electrical energy and efficiency. The combined and hybrid system models that have been developed and applied are hybrid solar cells and wind turbines.

Keywords: EBT, hybrid system, simple house.

1. PENDAHULUAN

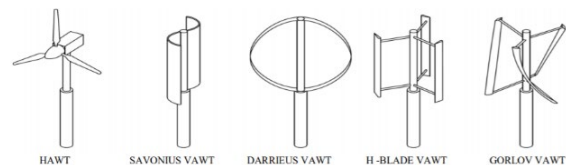
Keperluan akan energi telah menjadi permasalahan yang semakin kompleks ketika kebutuhan yang meningkat dari seluruh negara di dunia untuk menopang pertumbuhan ekonominya justru membuat persediaan cadangan energi konvensional seperti energi fosil menjadi semakin sedikit. Saat ini total kebutuhan energy di seluruh dunia mencapai 10 Terra Watt (setara dengan 3×10^{20} Joule/tahun) dan diprediksi jumlah ini akan terus meningkat hingga mencapai 30 Terra Watt pada tahun 2030 [1]. Keperluan yang terus meningkat terhadap energi tersebut pada kenyataannya diharuskan mengikuti akan kebutuhan umat manusia lainnya yaitu menciptakan lingkungan yang bersih, ramah lingkungan dan bebas dari polusi. Berbagai kondisi ini menjadi alasan utama perlunya dikembangkan sumber energi alternatif dari alam atau energi baru terbarukan (EBT) yang dapat menjawab tantangan tersebut. Energi angin dan solar cell telah menjadi salah satu solusi untuk mengurangi ketergantungan atas energi fosil. Solar cell merupakan pembangkit listrik yang mampu mengkonversi sinar matahari menjadi arus listrik. Energi angin dan energi matahari sesungguhnya merupakan sumber energi yang paling menjanjikan mengingat sifatnya yang berkelanjutan (*sustainable*) serta sumbernya yang terjamin terus-menerus. Matahari merupakan sumber energi yang dapat mengatasi permasalahan akan keperluan energi masa depan setelah berbagai sumber energi konvensional berkurang jumlahnya serta tidak ramah terhadap lingkungan. Bagi Indonesia masalah energi menjadi lebih penting lagi artinya dan perlu mendapatkan penanganan yang lebih khusus karena [2]:

- Lebih kurang 80 % kebutuhan energi di Indonesia dipenuhi oleh minyak bumi (data 2002)
- Harga minyak dan Konsumsi minyak bumi yang cenderung meningkat dengan pesat setiap tahun.
- Banyaknya sumber-sumber alternatif di Indonesia yang perlu dikembangkan.

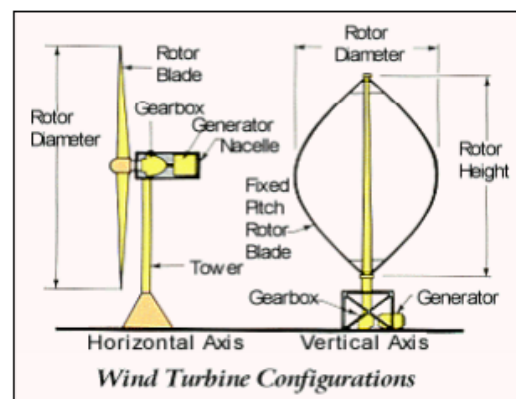
Turbin Angin (*Wind Turbine*)

Turbin angin (*wind mill*) adalah suatu pesawat penggerak mula yang memanfaatkan

energi angin untuk menggerakkan sudu turbin yang selanjutnya ditrasformasikan dalam bentuk energi mekanis untuk memutar poros turbin. Perputaran poros turbin dapat diteruskan untuk menggerakkan poros turbin dan dapat ditransmisikan ke generator (dinamo) sebagai pembangkit listrik. Secara garis besar dan umumnya berdasarkan bentuk rotor dan kincir angin maka turbin angin dapat diklasifikasikan menjadi dua klasifikasi utama yaitu turbin angin sumbu horizontal (*horizontal axis wind turbines*, HAWT) dan turbin angin sumbu vertikal (*vertical axis wind turbines*, VAWT) [3]. Beberapa contoh jenis turbin angin HAWT dan VAWT dapat dilihat pada Gambar 1, dan Gambar 2. Ada tiga model rotor pada turbin angin jenis ini, yaitu: Savonius, Darrieus, dan H rotor. *Turbin Savonius* memanfaatkan Gaya drag sedangkan Darrieus dan H rotor memanfaatkan Gaya lift [4].



Gambar 1. Berbagai jenis turbin angin Savonius, Darrieus, H rotor dan lain-lain [5]



Gambar 2. Berbagai jenis turbin angin HAWT dan VAWT [6]

Energi Surya (*Solar Energy*)

Energi surya adalah energi yang memanfaatkan sinar dan panas dari matahari. Energi ini dapat dimanfaatkan dengan menggunakan serangkaian teknologi seperti pemanas surya, fotovoltaik surya, listrik panas surya, arsitektur surya, dan fotosintesis buatan.

Teknologi energi surya secara umum dikategorikan menjadi dua kelompok, yakni teknologi pemanfaatan pasif dan teknologi pemanfaatan aktif. Pengelompokan ini tergantung pada proses penyerapan, perubahan, dan penyaluran energi surya. Energi matahari (*solar energy*) sudah dikembangkan dan digunakan di berbagai daerah di Indonesia umumnya dan di provinsi Sumatera Utara khususnya, sebagai contoh seperti beberapa tempat yang ada di sekitar Kota Medan tepatnya di Jalan Tol Belmera di Kabupaten Deli Serdang pada Jalan menuju Bandara Internasional Kuala Namu (Gambar 3). Solar cell pada tempat-tempat yang telah disebutkan digunakan sebagai sumber energy (*power*) untuk penerangan jalan dan *traffic light* pada jalan tersebut.



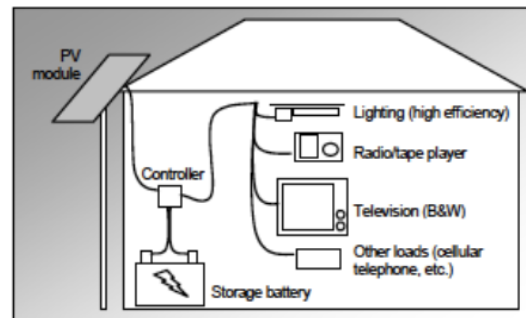
Gambar 3. Solar Cell untuk penerangan jalan menuju Bandara Internasional Kuala Namu, Deli Serdang

Sistim Tenaga Surya Rumah (*Solar Home System*)

SHS adalah salah satu aplikasi sistem PLTS untuk pelistrikan desa sebagai sistem penerangan rumah secara individual atau desentralisasi dengan daya terpasang relatif kecil yaitu sekitar 48-55 Wp. Jumlah daya sebesar 50 Wp per rumah tangga diharapkan dapat memenuhi kebutuhan penerangan, informasi (TV dan Radio) dan komunikasi (Radio komunikasi). Komponen-komponen utama SHS pada Gambar 4, terdiri dari [7]:

- a. Modul fotovoltaic sebagai catudaya yang menghasilkan energi listrik dari masukan sejumlah energi matahari,

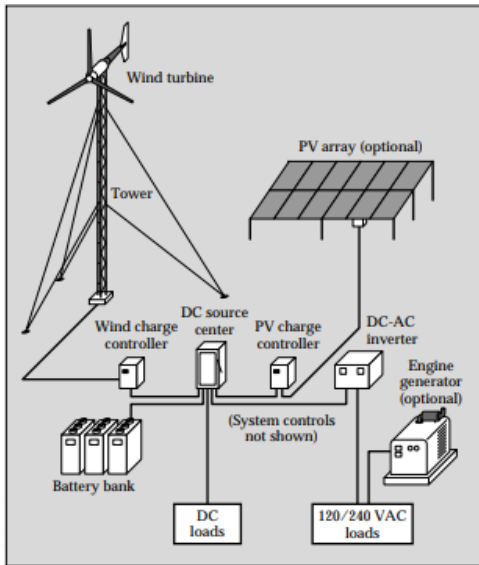
- b. Baterai sebagai penyimpan dan pengkondisi energi,
- c. Alat pengatur energi baterai (BCR) sebagai alat pengatur oomatis, penjaga kehandalan sistem, dan
- d. Beban listrik seperti lampu TL (DC), saklar, radio, televisi dan lain-lain.



Gambar 4. *Solar Home System* [7]

Sistem Hybrid Turbin Angin dan *Solar Cell*

Energi baru dan terbarukan (EBT) dengan sistem hybrid atau gabungan untuk pembangkit listrik skala besar dan skala rumah sangat diperlukan untuk lebih menjamkannya keberlangsungan keberadaan energi listrik dan efisiensi. Hal ini dikarenakan beberapa pertimbangan antara lain kondisi angin dan sinar matahari yang berfluktuasi keberadaannya. Suatu waktu angin berkurang dan begitu juga dengan sinar matahari yang suatu waktu redup jika akan hujan dan juga pada waktu malam hari. Beberapa model sistem gabungan dan hybrid telah dikembangkan dan diaplikasikan seperti *hybrid solar cell* dan turbin angin, hybrid solar cell dan PLN, hybrid turbin angin dan PLN dan lain-lain. Sebagai contoh salah satu sistem hybrid adalah seperti pada Gambar 5, di bawah ini. Sebagai data bandingan kemampuan antara antara sistem Turbin Angin Darrieus and Turbin Angin Savonius dan PV dapat dilihat pada Tabel 1.



Gambar 5. Sistem Hybrid Turbin Angin Vertical dan Solar Cell [8]

Table 1. Perbandingan antara sistem Turbin Angin Darrieus and Turbin Angin Savonius dan PV [5]

Average Annual Wind Speed (m/s)	UGE 4K Darrieus Turbine			Helix Wind SS94 Savonius			School Perform POLY 250W PV Panel 2500 €kW		
	Productivity (kWh/kW)	Produced Energy kWh/yr	Energy Cost (€kWh/yr)	Productivity (kWh/kW)	Produced Energy kWh/yr	Energy Cost (€kWh/yr)	Annual Solar Irradiance kWh/m ² /day	Productivity kWh/kWp	Energy Cost (€kW)
1	0	0	-	0	0	-	-	446	55.78
2	250	1000	20.00	0	0	-	500	669	83.67
3	500	2000	10.00	0	0	-	1000	883	111.56
4	750	3000	6.67	10	45	300.00	1250	1116	139.45
5	1250	5000	4.00	110	495	27.27	1500	1338	167.34
6	1875	7500	2.67	220	990	13.64	1750	1562	195.23
7	2500	10000	2.00	445	2000	6.74	2000	1785	223.13
8	3250	13000	1.54	780	3510	3.85	2250	2008	251.02
9	4000	16000	1.25	1110	4995	2.70	2500	2231	278.91
10	4000	16000	1.25	1445	6950	2.08	2750	2454	305.80
11	4000	16000	1.25	1780	8010	1.69	3000	2678	334.69
12	4000	16000	1.25	2110	9495	1.42			
13	4000	16000	1.25	2445	11000	1.23			
14	4000	16000	1.25	2780	12510	1.08			
15	4000	16000	1.25	3110	14000	0.96			
16	4000	16000	1.25	3330	15000	0.90			

2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini difokuskan pada pemanfaatan energi baru terbarukan (EBT) yang bersumber dari energi angin dan panas matahari dan diaplikasikan pada rumah sederhana masyarakat prasejahtera pedesaan yang membutuhkan di daerah Patumbak Deli Serdang. Letak dan Geografi Kecamatan Patumbak adalah dengan letak wilayah 3°44'-3°52' Lintang Utara, 98°69'-98°72' Bujur Timur, dengan luas wilayah 46,79 Km² dengan letak di atas permukaan laut adalah 11 meter. Kecamatan Patumbak adalah salah satu Kecamatan dari 22 Kecamatan yang ada di Kabupaten Deli Serdang [9]. Kondisi rata-rata jumlah hari hujan dan curah hujan di Kecamatan Patumbak berdasarkan Bulan selama satu tahun dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Rata-rata jumlah hari hujan dan curah hujan menurut Bulan di Kecamatan Patumbak, 2020 [9]

Bulan	Hari Hujan (Hari)	Curah Hujan (mm)
Januari	2	155
Februari	5	48
Maret	1	32
April	8	173
Mei	12	207
Juni	9	194
Juli	10	155
Agustus	9	202
September	10	345
Oktober	12	176
November	9	120
Desember	10	138

Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika Stasiun Klimatologi Deli Serdang Stasiun Pengamatan Lab BBI Murni Tamora

Penelitian terapan saat ini akan menghasilkan sistem EBT dan tahap selanjutnya adalah peralatan yang memanfaatkan energi angin dan panas matahari untuk menghasilkan energi listrik. Sistem dan pengembangan alat ini direncanakan untuk skala rumah tangga yang dapat membangkitkan listrik untuk keperluan utamanya adalah penerangan pada rumah sederhana tersebut dan keperluan listrik tidak utama (periodik) dalam ruang lingkup pemakaian umum di rumah dan juga energi listrik tersebut dapat tersedia secara berterusan.

Biasanya besarnya keperluan listrik untuk penerangan rumah sederhana dan keperluan lainnya adalah yang akan menjadi gambaran keperluan energi listrik pada penelitian terapan ini, dan data keperluan tersebut adalah seperti yang ilustasikan pada Tabel 3, di dibawah ini. Sebagai contoh kita dapat mengilustrasikan keperluan listrik rumah tangga sederhana adalah sebagai berikut:

- Pencahayaan biasa dengan Lampu 8 titik masing-masing 15 Watt yaitu = 120 Watt
- Mesin pompa air dengan voltase 125 Watt
- TV = 100 Watt
- Rice Cooker = 50 Watt
- Dispenser = 65 Watt
- Setrika listrik = 250 Watt

Tabel 3. Ilustrasi Keperluan Listrik

No.	Penggunaan Listrik	Jumlah (Watt)	Keterangan
1	Pencahayaan rumah	120	Penggunaan utama
2	Mesin pompa air	125	Penggunaan periodik
3	TV	100	Penggunaan periodik
4	Rice cooker	50	Penggunaan dominan
5	Dispenser	65	Penggunaan periodik
6	Setrika listrik	250	Penggunaan periodik
Total:		710	

Pemakaian energi listrik yang paling dominan adalah penggunaan untuk pencahayaan atau penerangan pada rumah sederhana. Pemakaian energi listrik untuk keperluan lain adalah seperti pemakaian energi listrik untuk mesin pompa air, TV, rice cooker, dispenser dan setrika listrik adalah pemakaian energi listrik secara periodik. Pada penelitian ini perencanaan utama adalah memenuhi keperluan penerangan atau pencahayaan pada rumah sederhana yaitu **120 Watt**. Berdasarkan ilustrasi keperluan listrik rumah sederhana di atas maka di rencanakan turbin angin untuk memenuhi keperluan listrik pada rumah sederhana adalah dengan kapasitas sekitar 100 - 250 Watt. Selanjutnya perencanaan *solar cell* untuk memenuhi keperluan listrik pada rumah sederhana adalah dengan klasifikasi kapasitas sekitar 100 – 250 Watt.

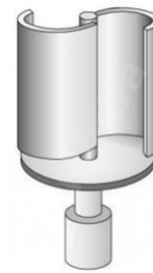
Pada saat pagi sampai sore dan hari cerah maka panas matahari akan menghasilkan energi listrik dengan sel surya (*solar cell*) nya secara bersamaan dengan turbin angin (*wind mill*) atau dapat juga dioperasikan secara tidak bersamaan dan hal tersebut dapat dikendalikan pada sistem. Penyimpan energi listrik yang dihasilkan disimpan pada Baterai. Kapasitas baterai disesuaikan dengan kapasitas modul dan besar daya penggunaan listrik yang diinginkan yaitu maksimal 250 Watt.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan data dari BMKG kecepatan angin daerah Deli Serdang rata-rata adalah 37 km/jam atau 10,278 m/s sesuai pada Tabel 4, jadi sesuai dengan perencanaan dengan turbin angin Savonius yang memiliki sudu sedikit seperti pada Gambar 6.

Tabel 4. Ikhtisar cuaca 2020 [10]

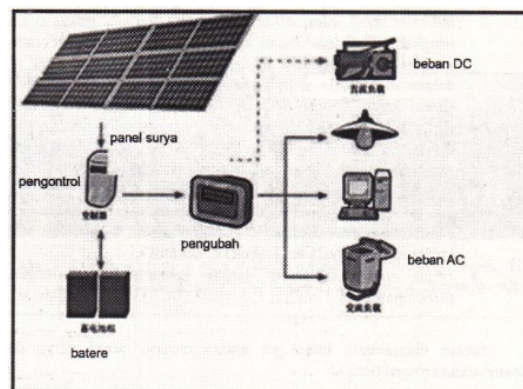
No.	Rata-Rata Kecepatan Angin Permukaan Bulanan	Arah angin Terbanyak	Penyinaran Matahari Bulanan (jam)	Penyinaran Matahari Harian (jam)	Suhu Udara
1	20 kt (37 km/jam)	Timur	166	5.5	Maksimum: 33.2 °C Rata-Rata: 27.5 °C Minimum: 22.2 °C



Gambar 6. Turbin Angin Savonius 2 Sudu

Turbin angin yang direncanakan pada penelitian terapan ini adalah jenis Savonius dengan desain seperti pada Gambar 2, dan direncanakan secara teoritis dapat membangkitkan energi listrik kira-kira sebesar 200 Watt.

Pada penelitian terapan ini sistem PLTS yang akan diaplikasikan sesuai kondisi rumah sederhana dan penerapannya cukup besar, mudah dikembangkan, harga terjangkau, sistem penerangan rumah secara individual dan lain-lain adalah sistem *Solar Home System* (SHS) seperti pada Gambar 7.



Gambar 7. Skema SHS untuk Rumah Tangga Sederhana [11]

Komponen utama solar cell SHS dan fungsinya antara lain seperti yang ditunjukkan pada Tabel 5.

Tabel 5. Komponen Utama dan Fungsi

No.	Bahan	Fungsi
1	Modul fotovoltaik kapasitas 50 Wp	Pembangkit listrik tenaga surya dan energi <i>photovoltaic</i> (PV)
2	Battery	Menyimpan energi yang dihasilkan oleh panel surya agar dapat didistribusikan ke beban listrik pemakai pada saat panel listrik tidak menghasilkan listrik yang cukup, sebagai cadangan (<i>back up</i>), dan lain-lain
3	Solar charge controller atau BCR	<ol style="list-style-type: none"> 1. Menyesuaikan arus listrik yang masuk ke dalam baterai, supaya baterai tidak mengalami <i>overcharge</i> atau kelebihan pengisian yang berakibat baterai bisa cepat rusak. Dengan begitu, baterai selalu dalam keadaan kondisi penuh, tetapi tanpa harus <i>overcharge</i>. 2. Menghindari baterai <i>Over Discharge</i> atau baterai dalam keadaan lemah. Artinya, apabila baterai dalam kondisi lemah atau tegangannya turun terlalu rendah, SCC akan menghentikan aliran ke beban. Ini penting, karena apabila baterai dalam kondisi tegangan sangat rendah, baterai akan cepat rusak 3. Menghentikan arus terbalik ketika tidak ada sumber energi matahari yang memadai. Ketika mendung yang sangat gelap atau pada malam hari, baterai tidak bisa di <i>charge</i>. Itu memungkinkan terjadinya aliran listrik dari baterai ke solar panel. Dengan adanya SCC, hal itu tidak akan terjadi.
4	Inverter	Alat yang mengubah arus DC menjadi AC sesuai dengan rencana keperluan peralatan listrik yang akan digunakan. Alat ini mengubah arus DC dari battery menjadi arus AC untuk keperluan beban-beban listrik yang menggunakan arus AC.
5	Kabel	Merupakan komponen standar sebagai penghubung tempat mengalirkan arus listrik
6	PV Mounting hardware atau framework	Sistem dan komponen pendukung Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) yang berfungsi untuk tempat meletakkan panel surya secara aman dengan mempertimbangkan arah matahari. Mounting sistem dapat diaplikasikan diberbagai tempat menyesuaikan dengan keperluan dan aplikasi PLTS (Gambar 4.5).

Kemampuan energi yang dapat dibangkitkan oleh modul fotovoltai pada SHS sangat tergantung dari kondisi radiasi matahari yaitu kira-kira 140 sampai 180 Watt jam per hari [12]. Pada pembangkit listrik Energi Baru Terbarukan (EBT) model hybrid yaitu turbin angin dan *solar cell* yang dapat memenuhi keperluan listrik pada rumah sederhana di Patumbak Kampung, Patumbak adalah dengan kapasitas 100 – 250 Watt. Jika keperluan listrik diilustrasikan secara maksimal yaitu 250 Watt, maka turbin angin akan membangkitkan listrik minimal 150 Watt dan solar cell SHS seperti pada Gambar 7, dapat membangkitkan listrik minimal 150 Watt. Turbin angin Savonius dan solar cell SHS dari energi matahari sesuai perencanaan yang sesuai untuk tujuan utama penerangan pada rumah sederhana tersebut akan diaplikasikan untuk rumah pada Gambar 8.



Gambar 8. Rumah sederhana di Kampung Patumbak

4. KESIMPULAN

Kondisi konsumsi energi yang meningkat drastis seiring perkembangan ekonomi dan industri yang meningkat dan menurunnya cadangan energi fosil dunia termasuk juga Indonesia maka diperlukan langkah nyata dalam mengatur dan pemanfaatan segera energi alternatif dari energi baru terbarukan (EBT). EBT yang sudah tersedia dari dahulu hingga saat ini dan sudah relatif umum dikembangkan, digunakan dan secara teknologi sudah tersedia di pasaran dan relatif tidak mahal adalah energi angin dan energi sinar dan panas matahari. Sumber energi tersebut yang digunakan untuk memenuhi keperluan energi listrik masyarakat sederhana dengan rumah sederhana. Keperluan energi listrik yang dimaksud adalah keperluan energi listrik yang utama yaitu keperluan masyarakat sederhana tersebut akan penerangan rumah. Pembangkit listrik EBT untuk rumah sederhana adalah dengan mengadopsi pengembangan energi hybrid turbin angin dan solar cell. Berdasarkan keperluan akan energi listrik pada rumah sederhana tersebut dan pengembangan desain energi hybrid dengan kondisi angin dan panas sinar matahari rata-rata pada setiap bulan, maka didapati sistem hybrid turbin angin dan solar cell tersebut mampu menghasilkan energi listrik yang diperlukan oleh rumah sederhana tersebut seberat 100 – 250 Watt.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kepada Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara atas bantuan pembiayaan penelitian ini dengan APB Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, sesuai Dengan Surat Perjanjian Penugasan Dalam Rangka Pelaksanaan Program Penelitian Terapan Dana APB UMSU Tahun Anggaran 2021, Nomor: 217/II.3-AU/UMSU-LP2M/C/2021

[12] Yohanes Erwin Susanto (2009), Desain dan instalasi solar home system 50 Wp, Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Sanata Dharma, Yogyakarta

DAFTAR PUSTAKA

- [1] ESDM.go.id, "Solar Cell, Sumber Energi Terbarukan Masa Depan", 1 Januari 2011. <<https://www.esdm.go.id/id/media-center/arsip-berita/solar-cell-sumber-energi-terbarukan-masa-depan>> [Diakses, 16 Februari 2021).
- [2] Saiful Manan, Energi Matahari, Sumber Energi Alternatif Yang Effisien, Handal dan Ramah Lingkungan di Indonesia, Teknik Elektro, Fakultas Teknik Universitas Diponegoro
- [3] Daryanto, Y., 2007. Kajian Potensi Angin Untuk Pembangkit Listrik Tenaga Bayu. Balai PPTAGG - UPT-LAGG
- [4] Mittal, Neeraj. 2001. Investigation of Performance Characteristics of a Novel VAWT. Thesis. UK: Departement of Mechanical Engineering University of Strathclyde
- [5] Marco Casini, (2016), *Small Vertical Axis Wind Turbines for Energy Efficiency of Buildings*, Journal of Clean Energy Technologies, Vol. 4, No. 1, January 2016
- [6] AWEA.org. "AWEA Wind Energy Basics", http://www.awea.org/faq/wwt_basics.htm
- [7] Steve Dahlke, (2013), *Solar Home System for Rural Electrification in Developing Countries, an Industry Analysis and Social Venture Plant*, ENTR311, St. Benedict and St. John's University
- [8] Department of Energy (DOE) USA (1997), Small wind energy systems for the homeowner, energy efficiency and renewable energy, DOE/GO-10097-37FS135
- [9] Badan Pusat Statistik Kabupaten Deli Serdang (2020), Kecamatan Patumbak Dalam Angka 2021, ISSN: 2776-0553
- [10] METEONET-MAGZ, "Fenomena Angin Kencang di Musim Peralihan", 1 Juli 2020. <<http://kualanamu.sumut.bmkg.go.id>> [Diakses, 5 Agustus 2020).
- [11] Sukandarrumidi, Herry Zadrak Kotla, Djoko Wintolo, (2015), Energi Terbarukan Konsep Dasar Menuju Kemandirian Energi, Gadjah Mada University Press.