

**Potensi Pemanfaatan Energi Terbarukan Dalam Rangka Percepatan Transisi Energi Pedesaan di Kabupaten Lamandau, Provinsi Kalimantan Tengah****Charles O.P. Marpaung<sup>1</sup>, Uras Siahaan<sup>2</sup>**<sup>1</sup>Program Studi Magister Arsitektur Program Pascasarjana Universitas Kristen IndonesiaE-mail: [charles.marpaung@uki.ac.id](mailto:charles.marpaung@uki.ac.id); [uras.siahaan@uki.ac.id](mailto:uras.siahaan@uki.ac.id)**Abstrak**

Kegiatan Pengabdian Kepada Masyarakat di Kabupaten Lamandau ditujukan pada usaha transisi energi yang dapat berkontribusi pada pengendalian kenaikan temperatur bumi pada tahun 2100 tidak melebihi 2° C. Transisi energi adalah peralihan penggunaan energi dari carbon intensive ke energi yang rendah karbon, seperti energi matahari, angin, air dan biomasa. Ternyata sedikit sekali pembahasan transisi energi ini untuk pedesaan. Sumber energi di Kabupaten Lamandau yang dipilih adalah energi matahari, angin dan air. Sumber energi angin dihasilkan melalui turbin angin skala kecil. Untuk menggerakkan pompa air, alat penggilingan, dsb. Aliran sungai juga dipergunakan untuk membangkitkan energi listrik skala mini, Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH). Tetapi teknologinya masih sangat sederhana. Sumber-sumber energi terbarukan ini diintegrasikan sehingga membentuk sebuah grid, micro-grid atau mini-grid, 4 tergantung dari kapasitasnya, untuk memperbesar kapasitas suplai daya, melayani konsumen lebih banyak, dan meningkatkan keandalan sistem. Untuk itu, sistem grid juga dapat disambung ke genset dan baterai (energy storage), dan dihubungkan ke jaringan nasional (national grid). Ini disebut sebagai transisi energi. Dengan demikian Kabupaten Lamandau turut serta mengendalikan perubahan iklim karena mengurangi produksi emisi CO<sub>2</sub>, dan pembangunan pedesaan di Kabupaten Lamandau telah mengikuti prinsip-prinsip pembangunan desa berkelanjutan (sustainable rural development).

**Kata Kunci:** Energi Terbarukan, Transisi Energi dan Pembangunan Pedesaan**Abstract**

*This Community Service activity in Lamandau Regency is aimed at energy transition efforts that can contribute to controlling the increase in the earth's temperature by 2100 not exceeding 2° C. Energy transition is the transition of energy use from carbon intensive to low- carbon energy, such as solar energy, wind, water and biomass. It turns out that there is very little discussion of this energy transition for rural areas. The selected energy sources in Lamandau Regency are solar, wind and water energy. Wind energy sources are generated through small-scale wind turbines. to drive water pumps, milling tools, etc. The river flow is also used to generate mini-scale electricity, the Micro Hydro Power Plant (PLTMH). But the technology is still very simple. These renewable energy sources are integrated to form a grid, micro-grid or mini-grid, 4 depending on capacity, to increase power supply capacity, serve more consumers, and increase system reliability. To that end, the grid system can also be connected to generators and batteries (energy storage), and connected to the national grid (national grid). This is referred to as an energy transition. Thus, Lamandau Regency participates in controlling climate change because it reduces the production of CO<sub>2</sub> emissions, and rural development in Lamandau Regency has followed the principles of sustainable rural development.*

**Keywords:** Renewable Energy, Energy Transition and Rural Development

## PENDAHULUAN

Transisi energi berawal dari tujuan utama Paris Agreement yaitu untuk membatasi peningkatan suhu rata-rata global dibawah 2 derajat Celcius dan mengupayakan untuk membatasinya hingga 1,5 derajat Celcius pada tahun 2100. Sumber daya yang dibutuhkan untuk menghasilkan energi terbarukan adalah elemen kunci dari transisi energi. Wilayah pedesaan mengakomodasi sebagian besar infrastruktur energi terbarukan, seperti turbin angin, solar, dan pembangkit biogas, serta jaringan transmisi, dan transisi energi perkotaan tidak mungkin dilakukan tanpa transisi energi pedesaan.

Daerah pedesaan dapat dimanfaatkan sebagai wilayah untuk mengurangi perubahan iklim, misalnya sebagai penyerap karbon, sumber energi terbarukan atau penyeimbang energi karbon, dengan demikian penting untuk pengembangan energi terbarukan dan situs mitigasi perubahan iklim. Perubahan iklim dapat diatasi melalui transisi energi, dengan cara penyediaan energi yang berkelanjutan. Daerah pedesaan sendiri sampai saat ini belum mengacu pada peran spesifik dalam pergeseran menuju sistem energi rendah karbon. Kesadaran akan bahaya ketergantungan karbon dan upaya transisi energi dan Langkah-langkah adaptifnya perlu disampaikan pada penduduk pedesaan. Pergeseran ke energi rendah karbon dapat menghasilkan lanskap energi yang sangat berbeda dengan lanskap sistem energi ekstraktif dan intensif bahan bakar fosil. Usaha- usaha transisi energi di daerah pedesaan perlu dilakukan untuk mencapai tujuan global pengurangan kenaikan temperatur bumi.

## METODE

Kegiatan Pengabdian pada Masyarakat ini menggunakan beberapa metode, yaitu:

1. Pemantauan Penyediaan Energi listrik di Kabupaten Lamandau dan mencari peluang efektivitasnya.
2. Mempelajari kondisi potensi masyarakat setempat, yaitu kebutuhan masyarakat akan energi
3. Menginventaris kekayaan alam setempat
4. Mengidentifikasi tersedianya sumber energi terbarukan yang tersedia di Kabupaten Lamandau
5. Sosialisasi dan pendekatan pemanfaatan energi terbarukan kepada masyarakat Desa Nangga Bulik Kabupaten Lamandau.
6. Sosialisasi hasil identifikasi tentang kekayaan alam dan kebutuhan energi masyarakat setempat
7. Melalui kegiatan ini produk Pengabdian ini akan menjadi contoh bagi pemerintah daerah berpartisipasi dalam usaha menuju Transisi Energi Terbarukan
8. Selanjutnya akan dilakukan pendampingan terhadap kelompok sasaran
9. Mengajarkan masyarakat tentang cara pemanfaatan energi listrik dan menjelaskan melalui kegiatan- kegiatan ekonomi, dan peningkatan konsumsi energi listrik per kapita, kemakmuran desa akan meningkat.

## Kondisi Umum

Luas wilayah Kabupaten Lamandau adalah 6.414 Km<sup>2</sup>, terdiri dari 8 kecamatan, 85 desa dan 3 kelurahan. Luas dari masing- masing kecamatan dapat dilihat pada Tabel 1.

**Tabel 1. Kecamatan dan ibu kota kecamatan serta luas masing-masing kecamatan pada Kabupaten Lamandau pada tahun 2021**

No.	Kecamatan	Ibukota Kecamatan	% Luas	(km <sup>2</sup> )
1	Bulik	Nunga Balik	10,38	665,55
2	Sematu Jaya	Purwareja	1,35	86,85
3	Menthobi Raya	Melata	9,68	620,88
4	Bulik Raya	Merambang	16,76	1.074,72
5	Lamandau	Tapin Bini	20,78	1.333,00
6	Belantikan Raya	Bayat	19,69	1.263,00
7	Delang	Kudangan	10,68	685,00
8	Batangkawa	Kinipan		685,00
Kabupaten Lamandau		Nunga Balik		6.414,00

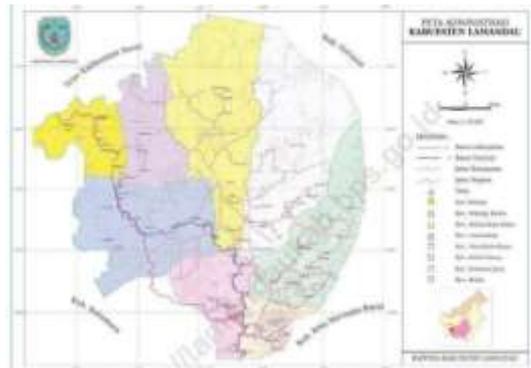
Wilayah administrative Kabupaten Lamandau berbatasan dengan Kabupaten Ketapang Provinsi Kalimantan Barat, Kecamatan Seruyan Hulu Kabupaten Seruyan, Kecamatan Arut Utara Kabupaten Kotawaringin Barat di sebelah Utara; wilayah Kecamatan Arut Selatan Kabupaten Kotawaringin Barat dan Kecamatan Balai Riam, Kabupaten Sukamara di sebelah Timur; wilayah Kecamatan Arut Utara Kabupaten Kotawaringin Barat di Selatan dan Kabupaten Ketapang Provinsi Kalimantan Barat di Barat.

#### Provinsi Kalimantan Tengah



Gambar 1. Provinsi Kalimantan Tengah.

Secara geografis, Kabupaten Lamandau terletak pada 1° 9' sampai dengan 3° 36' Lintang Selatan dan 110° 25' sampai dengan 112° 5' Bujur Timur. Ibukota Kabupaten Lamandau terletak di Nanga Bulik, merupakan pintu gerbang wilayah barat dan outlet perekonomian Provinsi Kalimantan Tengah yang berbatasan secara langsung dengan Provinsi Kalimantan Barat. Peta Kabupaten Lamandau beserta kecamatan-kecamatanannya dapat dilihat pada Gbr 2.



Gambar 2. Peta wilayah Kabupaten Lamandau

Jumlah penduduk Kabupaten Lamandau terus mengalami peningkatan (Badan Pusat Statistik dari tahun 2018 hingga tahun 2020). Laju pertumbuhan penduduk rata-rata selama tahun 2018-2020 tercatat 3,25%. Kepadatan penduduk Kabupaten Lamandaupun cepat meningkat dari 12 jiwa/km<sup>2</sup>, menjadi 13,5 jiwa/km<sup>2</sup> pada tahun 2019 dan 2020. Jumlah penduduk perempuan tahun 2020 tercatat 46,6% dari keseluruhan, ini menunjukkan peningkatan jumlah penduduk dari angka kelahiran cukup rendah. PDRB Kabupaten Lamandau kelihatan meningkat pada tahun 2018-2020 terjadi peningkatan, tetapi terjadi penurunan pada tahun 2020 karena pandemi Covid-19.

Tabel 2. Statistik kunci dari Kabupaten Lamandau

Rincian	Satuan	Tahun		
		2018	2019	2020
<b>Sosial</b>				
Penduduk	ribu	80,52	82,68	97,61
Laju Pertumbuhan Penduduk	%	2,77	2,69	4,30
Angka Harapan Hidup	tahun	68,31	69,34	69,36
Tingkat Partisipasi Angkatan Kerja	%	67,93	68,65	70,50
Tingkat Pengangguran Terbuka	%	2,42	2,34	2,83
Penduduk Miskin	ribu	2,51	2,47	2,61
Persentase Penduduk Miskin	%	3,15	3,01	3,09
Indeks Pembangunan Manusia	-	69,70	70,51	70,51
<b>Ekonomi</b>				
Produk Domestik Regional Bruto	miliar rupiah	5005,08	5489,94	5773,83
Laju Pertumbuhan Ekonomi	%	6,85	6,87	1,85
Inflasi	%	6,02	2,02	1,62
Wisatawan Asing	orang	226	220	53

Sumber: Laporan Pelaksanaan Penanggulangan- an Kemiskinan Daerah 2018

## Permasalahan

Penyediaan Energi Listrik Pada Kabupaten Lamandau (table 3) didominasi oleh Pembangkit Listrik Tenaga Diesel (PLTD), Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS), dan Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTM). 20 desa di Kabupaten Lamandau disuplai Pembangkit Listrik Tenaga Diesel, 31 desa disuplai Pembangkit Listrik Tenaga Surya, dimana PLTS terpusat mensuplai 7 desa, PLTS tersebar mensuplai 24 desa. Sebanyak 4 desa disuplai Pembangkit Listrik Tenaga Mini Hidro.

Proporsi jaringan listrik rumah tangga Kabupaten Lamandau berada dibawah rata-rata Nasional dan dibawah Propinsi Kalimantan Tengah (2012-2017), tetapi kondisi ini terus diperbaiki. Tahun 2012, jumlah listrik tersambung ke rumah tangga ada sebesar 70%, tahun 2018, mencapai 85%. Jangkauan pelayanan listrik tersebut adalah 15.393 KK daya dan terpasang 26,638 MW. Jumlah ini 2,2 kali daya terpasang tahun 2016. Periode 2016-2021, peningkatan produksi listrik sekitar 8,7%/ tahun, tetapi menyusut dari 7,8% menjadi 6,0% (lihat table 4), kemungkinan besar karena pandemi Covid-19.

Tabel 3. Penyediaan Sumber Energi Listrik di Kabupaten Lamandau

No.	Sumber Energi	Kapasitas	Cakupan Wilayah
1	a. PLTD Nanga Bulik	a. Daya mampu 5.150 kW, beban puncak 3.630 kW	13 desa
	b. PLTD Menthobi Raya	b. Daya mampu 700 kW, beban puncak 584 kW	5 desa
	c. PLTD Mandiri Desa Bayat	c. 2x100kW	1 desa
	d. PLTD CSR Desa Bintang Mengalih	d. 50 kW	1 desa
2	PLTS Terpusat	a. Guci 5 kW b. Liku 5 kW c. Sepondam 15 kW d. Kanipan 15 kW e. Merambang 2x15 kW f. Nangakoning 20 kW g. Sungkup 30 kW	7 desa
3	PLTS Tersebar	1x50W	24 desa
4	PLTMH	a. Kubung 25 kW	4 desa
		b. Cuhai 76 kW	
		c. Sumber Jaya 25 kW	
		d. Benuatan 16 kW	

Sumber: Laporan Pelaksanaan Penanggulangan Kemiskinan Daerah 2018

Tabel 4. Produksi listrik PT. PLN Cabang/ Ranting Kab. Lamandau, tahun 2016-2021

No.	Jenis Pelanggan	Jumlah Pelanggan	Total Pemakaian (kWh)	Pemakaian Rata-Rata (kWh/bulan)
1	Rumah Tangga	19.706	29.572.775	2.464.398
2	Bisnis	880	4.415.889	367.991
3	Industri	6	1.139.365	95.947
4	Pemerintahan/Publik	323	2.373.315	197.776
5	Sosial	625	1.358.604	113.217
6	Layanan Khusus	3	3.720	310

Tahun	Daya Terpasang (kW)	Produksi Listrik (kWh)	Listrik Terjual (kWh)	Dipakai Sendiri (kWh)	Susut/Hilang (kWh)
2016	7.000	27.210.347	25.077.832	na	2.123.515
2017	7.300	28.899.763	26.638.797	na	2.260.966
2018	7.500	32.051.975	29.462.332	na	2.558.505
2019	7.700	34.919.275	32.385.875	na	2.507.468
2020	11.100	37.988.287	36.008.578	na	1.979.563
2021	15.350	41.341.182	38.863.669	na	2.477.513

Sumber: Laporan Pelaksanaan Penanggulang- an Kemiskinan Daerah 2018

Sektor rumah tangga meyuimbang jumlah pelanggan terbesar, 91,5%, kemudian sektor bisnis sebesar 4,1% dan sector 2,9%, dari sektor pemerintahan/publik, industri, dan dll sekitar 1,5% (lihat Tabel 6). Dari total pemakaian energi listrik, sector rumah tangga sebesar 76,1%, sektor bisnis sebesar 11,4% dan sektor pemerintahan/publik sebesar 6,1%, industri, sosial dll 6,4%.

### Sumber Energi Terbarukan Pada Kabupaten Lamandau

Kabupaten Lamandau mempunyai sumber energi cukup melimpah, misalnya energi matahari, energi angin, dan energi air sungai, dimana energi-energi ini dapat digunakan untuk membangkitkan energi listrik. Energi matahari dan energi air sungai sudah dimanfaatkan

**Tabel 5. Pelanggan listrik Kecamatan, Kab. Lamandau periode tahun 2016-2021**

No.	Kecamatan	Tahun					
		2016	2017	2018	2019	2020	2021
1	Bulik	4880	7904	8526	10089	10775	11670
2	Sematu Jaya	2184	2750	3234	3407	3521	3716
3	Menthobi Raya	1798	2220	2576	2742	2893	3093
4	Bulik Timur	na	na	na	na	na	358
5	Lamandau	465	518	626	1014	1081	1145
6	Belantikan Raya	na	na	na	na	na	na
7	Delang	351	563	694	818	893	949
8	Batang Kawa	na	na	na	na	na	na
Kabupaten Lamandau		9152	13995	15656	18070	19163	20931

Sumber: Laporan Pelaksanaan Penanggulangan Kemiskinan Daerah 2018

hingga saat ini, yaitu dengan mengkonversikannya ke energi listrik. Energi angin sejauh ini masih belum dimanfaatkan meskipun mempunyai potensi untuk membangkitkan energi listrik walaupun untuk pembangkit listrik tenaga angin berskala kecil. a. Potensi Energi Matahari Karakteristik energi sinar matahari yang berada pada Kabupaten Lamandau dapat dilihat pada Tabel 6.

**Tabel 6. Suhu udara dan kelembaban udara berdasarkan bulan yang diukur pada Stasiun Meteorologi Kelas III Iskandar tahun 2021**

Bulan	Suhu Udara (°C)			Kelembaban Udara (%)		
	Minimum	Rata-Rata	Maksimum	Minimum	Rata-Rata	Maksimum
Januari	22,2	26,3	31,9	52,0	86,9	100,0
Februari	22,4	27,5	35,4	39,0	82,0	98,0
Maret	21,4	26,7	34,2	50,0	85,7	100,0
April	22,4	27,2	35,2	44,0	81,8	99,0
Mei	22,0	27,1	34,4	54,0	87,4	100,0
Juni	21,2	26,6	35,0	54,0	86,8	100,0
Juli	20,6	26,7	33,6	52,0	85,3	100,0
Agustus	22,6	26,4	34,0	53,0	88,1	100,0
September	22,4	26,1	33,6	52,0	88,6	100,0
Oktober	22,4	26,9	34,1	52,0	86,3	100,0
November	22,6	26,5	35,0	49,0	87,6	100,0
Desember	21,0	26,4	35,0	51,0	87,8	100,0
Rata-Rata	21,9	26,7	34,5	50,2	8,4	99,8

Sumber: Laporan Pelaksanaan Penanggulang- an Kemiskinan Daerah 2018

Suhu minimum dan tertinggi di Kabupaten Lamandau adalah terendah 20 hingga 23° Celcius (Juli), tertinggi 22,6° C (Agustus dan November). Suhu maksimum tertinggi berada di bulan April, sekitar 31 dan 36° Celcius. maksimum terendah 31,9° C (Januari). Perbedaan dari suhu minimum dan maksimum sekitar 3 o dan 3,3o Celcius. Suhu udara rata-rata tertinggi di bulan April, dan terendah di bulan September, yaitu sebesar 26,1o C. Bulan April merupakan bulan dengan penyinaran matahari paling lama, yaitu 57,7%, paling singkat terjadi pada bulan Januari dan September, yaitu 33% dan rata-rata 44,1%/tahun. Dilihat dari jumlah

hari hujan, maka Hari hujan ada 60,3% sepanjang tahun, dengan jumlah hari hujan 220 hari. Lihat table 7

**Tabel 7 Hari hujan, curah hujan, lama penyinaran matahari berdasarkan bulan yang diukur pada Stasiun Meteorologi Kelas III Iskandar tahun 2021**

Bulan	Hari Hujan (hari)	Curah Hujan (mm)	Lama Penyinaran Matahari (%)
Januari	22	302,3	33,3
Februari	10	119,2	58,4
Maret	19	237,7	43,7
April	14	162,3	57,7
Mei	20	285,8	42,9
Juni	20	261,0	46,9
Juli	13	263,6	49,9
Agustus	19	349,8	42,9
September	24	421,5	33,3
Oktober	17	453,4	41,7
November	20	334,9	38,3
Desember	22	145,3	39,8
Rata-Rata	18,3	278,1	44,1

Sumber: Laporan Pelaksanaan Penanggulangan Kemiskinan Daerah 2018

b. Potensi Energi Angin Kalau dilihat dari rata-rata kecepatan angin sepanjang tahun, maka kecepatan angin di Kabupaten Lamandau sekitar 2,4 m/detik (lihat Tabel 9). Kecepatan angin sebesar ini umumnya masih dibawah kecepatan cut-in yang biasanya 4 m/detik jika ingin dibangun pembangun listrik tenaga angin berskala besar. Jadi potensi energi angin yang terdapat di Kabupaten Lamandau dapat dipergunakan untuk mempercepat transisi energi menuju energi terbarukan.

**Tabel 8. Kecepatan angin dan tekanan udara per bulan, Stasiun Meteorologi Kelas III Iskandar tahun 2021**

Bulan	Kecepatan Angin (m/detik)			Tekanan Udara (mbar)		
	Minimum	Rata-Rata	Maksimum	Minimum	Rata-Rata	Maksimum
Januari	calm	2,3	11,0	1000,8	1004,7	1009,4
Februari	calm	2,6	14,0	1001,2	1006,1	1010,2
Maret	calm	2,0	16,0	1000,5	1006,4	1022,5
April	calm	2,2	13,0	1001,8	1007,0	1022,3
Mei	calm	2,4	15,0	1000,8	1005,9	1009,9
Juni	calm	2,4	13,0	1003,3	1007,4	1010,7
Juli	calm	2,8	11,0	1002,4	1006,9	1011,9
Agustus	calm	2,7	14,0	1003,0	1007,4	1011,2
September	calm	2,4	14,0	1002,3	1006,9	1010,9
Oktober	calm	2,5	20,0	1001,4	1006,6	1012,4
November	calm	2,2	25,0	1000,5	1005,7	1010,8
Desember	calm	2,3	12,0	1002,6	1006,9	1011,7
Rata-Rata	calm	2,4	14,8	1001,7	1006,6	1011,0

c. Potensi Energi Air Skala Kecil Kabupaten Lamandau juga kaya akan energi air yang berasal dari sungai dengan skala kecil.

Salah satu sungai yang sangat bagus potensinya adalah Sungai Lamandau (Gambar 3). Hal ini dapat dilihat dari jumlah Pembangkit Listrik Tenaga Mini Hdرو (PLTMH) yang telah dibangun dan telah beroperasi walaupun dengan teknologi yang sangat sederhana. Tetapi meskipun

demikian, keberadaan PLTMH ini sudah sangat dirasakan oleh masyarakat. Dari sekian banyak sungai yang dapat dimanfaatkan untuk menghasilkan energy listrik, masih banyak sungai yang belum dimanfaatkan (lihat Tabel 10).



Gambar 3. Mengukur Debit Air di Daerah Hulu Sungai Lamandau

Tabel 9. Data Sumber Energi Terbarukan (Pembangkit Listrik Tenaga Mini Hidro) daerah Kabupaten Lamandau

No.	Jenis Sumber Daya Energi	Lokasi (Desa, Kecamatan)	Perkiraan Potensi Energi	Potensi Pengguna	Keterangan
1	Air skala kecil	Desa Jemut, Kec. Batang Kawa	20 kW	Penerangan untuk 100 RT	Belum dibangun
2	Air skala kecil	Desa Karang Besi, Kec. Belantikan Raya	23 kW	Penerangan untuk 200 RT	Belum dibangun
3	Air skala kecil	Desa Benakitan, Kec. Batang Kawa	25 kW	Penerangan untuk 83 RT	Belum dimanfaatkan
4	Air skala kecil	Desa Nanga Mulu, Kec. Belantikan Raya	30 kW	Penerangan untuk 25 RT	Belum dimanfaatkan
5	Air skala kecil	Desa Kudangan, Kec. Delang	2 kW	Penerangan untuk 300 RT	Belum dimanfaatkan
6	Air skala kecil	Desa Cuhai, Kec. Lamandau	78 kW	Penerangan untuk 180 RT	Belum dimanfaatkan
7	Air skala kecil	Desa Bukit Harum, Kec. Merthibi Raya	30 kW	Penerangan untuk 100 RT	Belum dimanfaatkan
8	Air skala kecil	Desa Molata, Kec. Merthibi Raya	17 kW	Penerangan untuk 50 RT	Belum dimanfaatkan

Sumber: Distamben Lamandau 2013

Beberapa PLTMH telah dibangun di Kab. Lamandau, dengan daya terbatas sebesar 450 watt per rumah. Riam yang ada di Kabupaten Lamandau belum dipergunakan. Kendala pembangunan pembangkit listrik tenaga air karena lokasinya jauh dari permukiman penduduk. Transisi energi berawal dari tujuan utama Paris Agreement yaitu untuk membatasi peningkatan suhu rata-rata global dibawah 2 derajat Celcius, dan mengupayakan untuk membatasinya hingga 1,5 derajat Celcius. Dengan populasi dunia yang masih terus bertambah, diperkirakan konsumsi bahan bakar fosil akan meningkat hingga tahun 2050 meskipun ada kesepakatan global tentang mitigasi CO<sub>2</sub>, dimana rata-rata peningkatan 23% konsumsi minyak dunia, 53% gas, dan 10% batu bara. Namun, untuk membatasi pemanasan global hingga 2 derajat Celcius, penggunaan bahan bakar fossil harus mulai dikurangi sejak sekarang, yaitu turun sekitar 25% pada tahun 2040, dan mendekati nol pada tahun 2100. Untuk mencapai tujuan tersebut, negara-negara di dunia sedang merencanakan transisi energi dari sistem energi yang intensif carbon dan efisiensi rendah yang terjadi pada saat ini, ke sistem energi yang sangat terdekarbonisasi, hemat energi, dan sangat terbarukan di masa mendatang. Untuk melakukan transisi energi, perlu dikembangkan kerangka pemodelan untuk jenis energi (yang paling banyak dipergunakan) seperti energi listrik dan panas untuk mendapatkan jalur transisi energi yang potensial.

Listrik dan panas adalah dua sektor utama yang menyumbang lebih dari 42% emisi gas rumah kaca (New York), bahkan melampaui emisi dari sektor transportasi, yang besarnya 39% pada tahun 2011. Angin, matahari, dan gelombang air, diyakini menyediakan sebagian besar



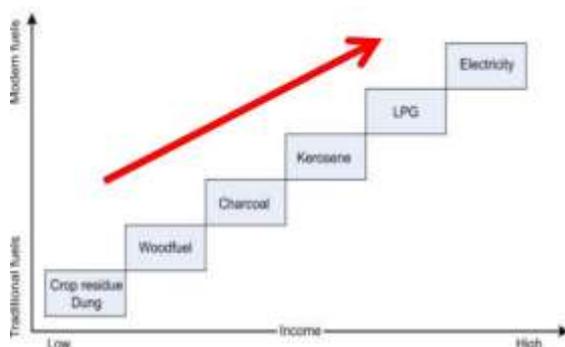
dan pembangunan pedesaan dipandang sebagai perbaikan sosio-ekologis melalui transisi energi (McCarthy, 2015).

### **Energi Terbarukan, Transisi Energi, Energi Akses, Pembangunan Pedesaan**

Transisi energi menjadi peluang menjanjikan-kan bagi pembangunan ekonomi pedesaan dan mengurangi dampak perubahan iklim pada skala pedesaan. Pengenalan potensi energi terbarukan dan strategi perencanaannya harus memperhatikan potensi energi yang dimiliki desa tersebut. Daerah pedesaan punya kesempatan luas untuk integrasi pemanfaatan biomassa, fotovoltaik atau tenaga angin. Interaksi energi terbarukan dan pembangunan pedesaan menjadi kuat berdasar konteks transisi energi. Dengan demikian daerah pedesaan terpencil memiliki kesempatan luas untuk mandiri dalam energi (listrik dan panas khususnya). Energi terbarukan dapat mengurangi “kemiskinan bahan bakar”. Mereka terbebas impor bahan bakar konvensional. Penduduk akan dibebaskan dari ketergantungan pada generator diesel dan memberi mereka pasokan listrik yang stabil dan terjangkau, sehingga dapat mengembangkan bisnis baru, seperti restoran, penginapan, dan lain-lain. Besar peluang untuk sinergi antar transisi energi dan pembangunan pedesaan yang mengarah kepada “desa pintar” atau Smart Village (Poggi et al., 2018) dan terjadi hubungan erat antara potensi energi terbarukan pedesaan dengan pembangunan pedesaan (OECD, 2012). Melalui pemanfaatan energi terbarukan dapat dikembangkan strategi pembangunan ekonomi lokal. Masyarakat lokal akan dilibatkan dalam proses pemanfaatan energi terbarukan, di mana keberhasilan pembangunan pedesaan lebih mungkin digerakkan melalui keprihatinan lokal (local concerns) dan bukan kebijakan nasional (national policy).

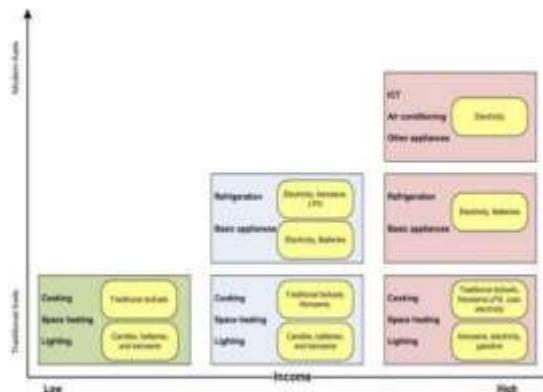
### **Transisi Energi dan Potensi Energi Terbarukan di Kabupaten Lamandau**

Istilah transisi energi atau transisi bahan bakar secara sederhana dipahami sebagai peralihan ke bahan bakar 'modern' dari bahan bakar 'primitif'. Kowsari & Zerrfi (2011) dan Massera et al. (2000) menggambarkan ini sebagai gerakan ke atas pada tangga energi (energy ladder) seperti yang ditunjukkan pada Gbr 5.



Gambar 5. Energy Ladder – perubahan penggunaan energi berdasarkan perubahan income (perubahan klasik) (Kowasari and Zerriffi, 2011).

Konsep tangga energi (energy ladder) ini mengasumsikan gerakan linier peralihan energi, yang banyak dikritik karena asumsi penggunaan energi rumah tangga berpindah ke energi yang lebih modern disebabkan peningkatan kesejahteraan. Perubahan ini disebut perubahan klasik. Sebenarnya terjadi kombinasi penggunaan bahan bakar dan teknologi di semua tingkat pendapatan. Lihat Gambar 6.



Gambar 6. Energy Stacking Model - Kombinasi konsumsi bahan bakar rumah tangga pada setiap tingkat pendapatan (Kowasari and Zerriffi, 2011).

Faktor penyebab rumah tangga mempergunakan beberapa jenis bahan bakar dapat dilihat pada Tabel 11. Dua faktor penyebab pemilihan energi pada rumah tangga adalah faktor internal kondisi rumah tangga) dan faktor eksternal. Lihat Tabel 11.

Tabel 11. Faktor-faktor yang mempengaruhi pemilihan energi (Kowasari and Zerriffi, 2011)

Kategori	Faktor	
Faktor endogenous (karakteristik rumah tangga)	Karakteristik ekonomi	Pendapatan, pengeluaran, kepemilikan tanah
	Karakteristik non-ekonomi	Jumlah anggota rumah tangga, gender, umur, komposisi rumah tangga, pendidikan, buruh, informasi
	Karakteristik perilaku dan budaya	Sesuatu yang disukai (misalnya jenis makanan yang disukai), kegiatan-kegiatan sehari-hari, gaya hidup, sosial, status, etnis
Faktor ekogenous (kondisi eksternal)	Lingkungan fisik	Lokasi geografis, keadaan iklim
	Kebijakan	Kebijakan energi, subsidi, kebijakan pasar dan perdagangan
	Faktor-faktor suplai energi	Affordability, availability, accessibility, reliability dari suplai energi
	Karakteristik peralatan listrik	Efisiensi peralatan, harga dan pembayaran, tingkat kesulitan mengoperasikan peralatan

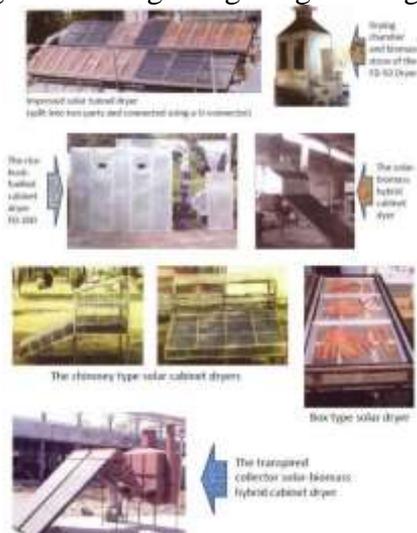
Agar transisi energi pedesaan berhasil adalah perlu affordability (keterjangkauan), kemampuan rumah tangga untuk membayar sumber energi tersebut. Faktor-faktor tersebut adalah pendapatan, harga bahan bakar, dan daya beli. Pengeluaran rumah tangga meningkat sejalan dengan peningkatan pendapatan, dan turut meningkatkan pengeluaran dan konsumsi energi. Ketersediaan dan aksesibilitas energi diukur dari keteraturan pasokan sumber energi dan ketersediaan infrastrukturnya. Aksesibilitas dan ketersediaan energi dipengaruhi oleh letak wilayah dan keberadaan infrastruktur. Akses ke bahan bakar modern (yaitu LPG dan Listrik) dilihat penting untuk meningkatkan pertumbuhan ekonomi dan meningkatkan kualitas hidup masyarakat (World Bank, 1996). Banyak studi yang menunjukkan bahwa indikator ketersediaan energi memiliki dampak yang signifikan terhadap pilihan energi. Aksesibilitas dapat dilihat dari tiga aspek, yaitu akses fisik terhadap pasokan energi, akses fisik ke pasar, dan akses informasi. Program elektrifikasi pedesaan yang dilakukan secara besar-besaran untuk mencapai target rasio elektrifikasi yang diinginkan harus ditujukan untuk semua keperluan agar masalah akses energi terpecahkan. Pasokan listrik tidak teratur dan tidak dapat diandalkan memaksa rumah tangga untuk menggunakan genset diesel dan baterai mobil (energy storage). Desentralisasi energi adalah alternatif yang layak untuk dilakukan. Pemerintah dapat mendirikan agen distribusi LPG ukuran kecil untuk meningkatkan penetrasi pedesaan dan untuk menjangkau daerah terpencil.

Pada awal abad 21, diperkirakan 1,4 miliar orang kekurangan akses ke listrik dan tiga miliar orang, (setengah populasi dunia), masih mengandalkan bahan bakar padat dan tradisional untuk kebutuhan sehari-hari. Hal ini turut memperburuk sistem pembangunan manusia dan capaian Sustainable Development Goals. Keuntungan capaian desentralisasi energi: (i) memberikan energi berkualitas yang menggantikan lampu minyak tanah dan lilin yang merusak penglihatan dan paru-paru; (ii) memperpanjang jam produktivitas sehari-hari (kerja di malam hari); (iii) meningkatkan akses ke sarana komunikasi seperti radio, televisi, dan seluler telepon; (iv) meningkatkan ekonomi lokal dengan memberdayakan mesin untuk menambah nilai produk lokal, seperti pabrik dan bengkel pertukangan; (v) meningkatkan kesehatan masyarakat dengan mendinginkan, vaksin.

Strategi konvensional untuk meningkatkan akses listrik adalah dengan cara memperluas jaringan listrik nasional. Untuk negara kepulauan seperti Indonesia, dimana desa-desanya banyak tersebar dan terpencil, kualitas listriknya sangat buruk, baik dilihat dari koneksi agar dapat diakses, jumlah energi listrik yang disalurkan, maupun keandalannya. Perluasan jaringan listrik nasional merupakan salah satu cara desentralisasi energi, tapi sangat tidak ekonomis. Elektrifikasi berbasis energi terbarukan lebih cocok untuk tujuan elektrifikasi komunitas terpencil di banyak negara dan lebih murah. Keuntungan utamanya adalah memanfaatkan sumber daya lokal dan menghindari ketergantungan eksternal, Sistem mikro hidro, dan fotovoltaik (PV) adalah yang paling sesuai untuk listrik pedesaan di negara berkembang, seperti di Kabupaten Lamandau, Sistem energi angin juga perlu mendapat perhatian. Jika turbin angin dapat diproduksi secara lokal, maka rasio investasi/energi yang dihasilkan dapat berkurang secara signifikan dibanding dengan sistem PV.

## Energi Matahari II.

Energi matahari dapat dijadikan tulang punggung energi terbarukan, karena radiasi sinar matahari yang cukup tinggi. Berdasarkan KESDM (2019), potensi energi surya di Provinsi Kalimantan Tengah adalah 8.459 MW, yaitu 4,1% dari seluruh potensi energi surya di Indonesia. Energi matahari dapat dipergunakan dengan dua cara yaitu, dengan mengkonversikannya menjadi energi listrik melalui peralatan yang disebut dengan solar PV atau PV panel, dan juga dengan memanfaatkan energi termalnya. Energi listrik yang dihasilkan dari energi matahari dapat digunakan untuk banyak hal, termasuk untuk usaha kecil rumah tangga, seperti penerangan, mesin jahit, solder, powering phone, kipas, penyimpanan obat, dll. Energi termal dari energi matahari dapat digunakan energi untuk pengering buah-buahan. Energi ini bisa digabung dengan energi biomasa atau hibrid solarbiomass. Lihat Gambar 7.



Gambar 7. Mesin pengering buah-buahan yang memanfaatkan energi matahari, energi biomasa, dan hibrid energi matahari-biomasa.

Kelebihan (keuntungan) dan kekurangan energi dibandingkan dengan sumber daya lainnya dapat dijelaskan sebagai berikut:

**Keuntungan:**

1. Tersedia setiap hari.
2. Terbersih, tidak ada emisi gas rumah kaca.
3. Dapat dihubungkan pada jaringan listrik nasional
4. Tidak bergantung pada minyak dan bahan bakar fosil
5. Dapat digunakan untuk memanaskan air, listrik untuk bangunan dan mobil.
6. Perawatan minimum, tahan lama dua puluh tahun. Tanpa tagihan utilitas.
7. Dapat menyimpan daya ekstra dengan baterai.
8. Dapat membantu infrastruktur ekonomi pedesaan.
9. Lebih aman daripada tenaga listrik tradisional.
10. Dapat dipasang hampir di setiap tempat.
11. Ukuran panel surya bervariasi untuk pembangkit listrik tergantung pada lokasi geografis.

**Kekurangan:**

1. Biaya awal tinggi
2. Butuh lahan yang luas.
3. Dayanya belum tinggi, belum efisien.

Kemajuan berkelanjutan dari teknologi PV telah berkembang pesat dimana efisiensi pada saat tersebut adalah lima kali lebih rendah dari efisiensi maksimum saat sebesar 17,4% dan 28% untuk organic tandem cells. Di sisi lain, tujuan utama penelitian pada multijunction cell adalah untuk meningkatkan efisiensi konversinya dengan menggunakan beberapa bahan agar dapat menyerap berbagai panjang gelombang dari sinar matahari. Efisiensi maksimum 47,1% dicapai pada four- junction cell dengan concentrated systems yang memfokuskan iradiasi pada permukaan yang lebih kecil menggunakan cermin dan lensa khusus. Tabel 12 merangkum informasi tentang generasi PV dan menyediakan beberapa informasi tambahan pada setiap teknologi yang disajikan.

Tabel 12. Gambaran Teknologi Solar PV

PV Generation	1 <sup>st</sup>		2 <sup>nd</sup>			3 <sup>d</sup>	
	Monocrystalline	Multicrystalline	Amorphous	Copper, Indium and gallium-selenite	Cadmium telluride	Organic PV	Four-junction
Solar cell technology	(mc-Si)	(pc-Si)	(a-Si)	(CIGs)	(CdTe)	(OPV)	
Efficiency (%)	26,1-27,6	22,8	14	23,3-23,4	22,1	17,4-28	39,2-47,7
Lifetime (years)	25-30	25-30	25-30	25-30	25-30	5	25+
Cost (US\$/Wp)	0,26-0,45	0,21-0,29	0,5-1,5	1-1,5	1-1,5	0,55	300+
Market Share (%)	24	69	3	2	2	Under Research	<1
Application	Civil <sup>a</sup>	Civil	Civil	Civil	Civil	Civil	Spatial

Sumber: Gomes et al. (2020) a Residential, commercial, and power plants

2.2 Pemasangan Solar PV Di Kabupaten Lamandau, Provinsi Kalimantan Tengah, Solar PV dapat dipasang di berbagai tempat untuk beberapa keperluan. Sampai sejauh ini, solar PV paling banyak dipasang pada atap atau sering disebut dengan roof-top solar (Gambar 8), kemudian juga dipakai untuk penerangan jalan (Gambar 9). Solar PV juga dapat dipasang sebagai facade atau dinding bangunan (Gambar 10). Solar PV juga dapat dipasang diatas tanah dalam kapasitas yang banyak Yng sering disebut dengan solar PV farm (lihat Gambar 11)



Gambar 8. Roof Top Solar



Gambar 9. Solar PV untuk penerangan jalan umum



Gambar 10. Solar PV dipasang sebagai facade bangunan



Gambar 11. Solar PV farm

### Energi Angin

Kabupaten Lamandau termasuk daerah yang mempunyai potensi energi angin meskipun kapasitasnya rendah. Hal ini dapat dilihat dari kecepatan rata-rata anginnya selama satu tahun yaitu 2,4 m/detik. Sebenarnya kecepatan anginnya sangat fluktuatif dimana kecepatan angin maksimumnya selama satu tahun berkisar antara 11 sampai 20 m/detik meskipun tidak berlangsung dalam waktu yang relatif lama. Oleh karena itu, jika ingin merancang pembangkit listrik tenaga angin di Kabupaten Lamandau, maka dapat direncanakan pembangkit listrik tenaga angin skala kecil. Sebenarnya turbin angin skala kecil mempunyai banyak keuntungan dibanding pembangkit listrik tenaga angin skala besar dalam beberapa hal, karena turbin angin skala kecil dapat menghasilkan energi listrik yang dapat mencukupi untuk kebutuhan rumah tangga tanpa mengubah kondisi iklim dibanding dengan turbin angin skala besar yang dapat mengubah kondisi iklim global dan memiliki efek buruk pada atmosfer. Klasifikasi turbin angin dapat dilihat dari berbagai parameter, salah satu diantaranya adalah berdasarkan diameter rotor seperti yang diperlihatkan oleh Tabel 13 (Tumala et al., 2016). Untuk turbin angin skala besar, diameter rotor antara 50 m hingga 100 m, menghasilkan daya antara 1- 3 MW. Turbin angin skala kecil berdiameter rotor antara 3m sampai 10m dan daya antara 1,4 sampai 20 kW. Biaya produksi turbin ini (50 MW) lebih kecil dari turbin angin skala besar (Tummala et al., 2016).

Tabel 13. Klasifikasi Horizontal Axis Wind Turbine berdasarkan diameter rotor dan daya

	Rotor diameter [m]		Swept area (m <sup>2</sup> )		Standard power rating [KW]	
Small scale:						
- Micro	0,5	1,25	0,2	1,2	0,004	0,25
- Mini	1,25	3	1,2	7,1	0,25	1,4
- Household	3	10	7	79	1,4	16
Small commercial	10	20	79	314	25	100
Medium commercial	20	30	314	1963	100	1000
Large commercial	50	100	1963	7854	1000	3000

Turbin angin juga dapat diklasifikasikan berdasarkan hub height nya. (Tabel 14). Semakin tinggi hub height, semakin tinggi kecepatan anginnya, dan wind power density nya akan semakin tinggi. Untuk mencapai kecepatan angin dan wind power density yang lebih tinggi, maka hub heightnya harus lebih tinggi.

Tabel 14. Wind Power Classes Klasifikasi Energi Angin

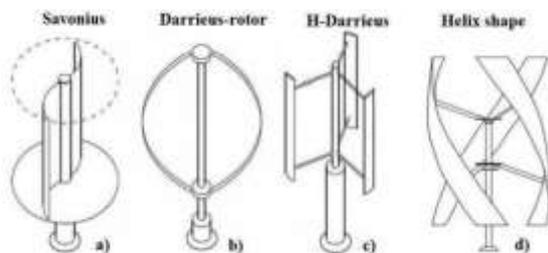
Wind Power Class	Resource Potential	Hub Height			
		10 m		50 m	
		Wind Power Density (W/m <sup>2</sup> )	Speed (m/s)	Wind Power Density (W/m <sup>2</sup> )	Speed (m/s)
1	Poor	0-100	0-4,4	0-200	0-5,4
2	Marginal	100-150	4,4-5,1	200-300	5,4-6,2
3	Moderate	150-200	5,1-5,6	300-400	6,2-6,9
4	Good	200-250	5,6-6,0	400-500	6,9-7,4
5	Excellent	250-300	6,0-6,4	500-600	7,4-7,8
6	Excellent	300-400	6,4-7,0	600-800	7,8-8,6
7	Excellent	>400	>7,0	>800	>8,6

Turbin angin skala kecil bisa menjadi sumber energi dengan nilai sosial ekonomi, terutama negara berkembang. Negara- negara Industri juga memakainya. Biaya investasi dan produksi energi turbin ini sangat menentukan masa depannya.

2 kategori turbin angin skala kecil adalah:

#### 1. Klasifikasi berdasarkan sumbu rotasi

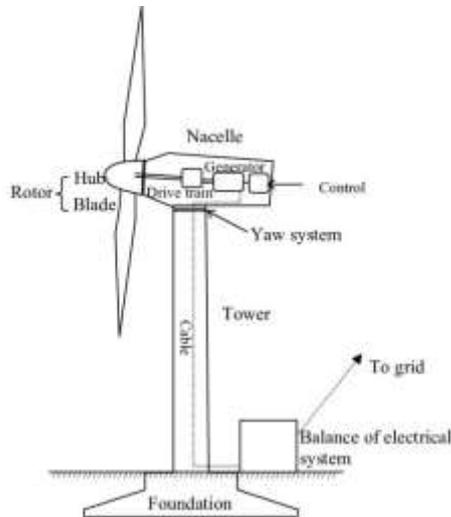
- a. Vertical Axis Wind Turbines, terdiri atas Darrieus Wind Turbine Turbin angin (Jenis turbin angin sumbu vertikal yang terdiri dari sejumlah sudut lurus atau lengkung yang dipasang pada kerangka kerja vertikal. Turbin ini bekerja dari gaya angkat yang dihasilkan selama putaran) dan Savonius Wind Turbine Turbin angin Savonius adalah turbin angin berbasis drag yang terdiri dari dua hingga tiga sendok. Jika dilihat dari atas, turbin ini memiliki penampang berbentuk 'S'. Saat turbin bergerak sewaktu adanya tiupan angin, turbin mengalami hambatan yang lebih rendah, dan perbedaan gaya hambat ini membantu turbin ini berputar. Karena hambatan tersebut, efisiensi turbin ini kurang jika dibandingkan dengan jenis turbin lainnya. Gambar dari Vertical Axis Wind Turbine dapat dilihat pada Gbr 12.



Gambar 12. Turbin Angin Rotor Vertikal

(Vertical Axis Wind Turbines)

- b. **Horizontal Axis Wind Turbines** Turbin yang sumbu rotornya searah horizontal disebut Turbin Angin Sumbu Horizontal (Horizontal Axis Wind Turbine) (Gambar 13). Turbin ini sangat bergantung pada arah angin dan karenanya umumnya dioperasikan pada ketinggian yang lebih tinggi daripada VAWT. Efisiensi ideal untuk turbin ini adalah antara 50% dan 60%.



Gambar 13. Turbin Angin Rotor Horizontal  
 (Horizontal Axis Wind Turbine)

2. Klasifikasi berdasarkan lift and drag forces, Lift type: Horizontal axis wind turbine dan Darrieus wind turbine (vertical axis wind turbine); Drag type: Savonius wind turbine.

### Pemasangan Turbin Angin

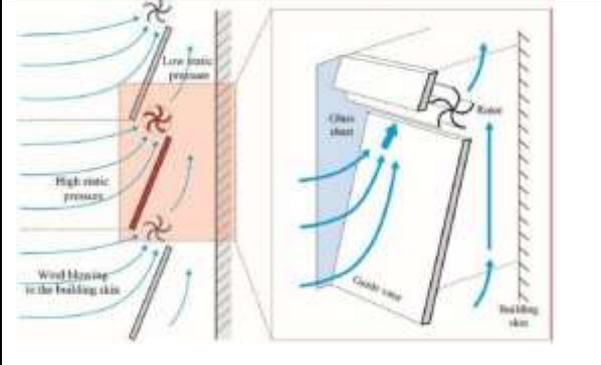
Seperti yang telah dijelaskan diatas, jenis turbin angin yang sesuai untuk untuk daerah Kabupaten Lamandau adalah turbin angin skala kecil. Turbin angin skala kecil dapat dipasang pada atap rumah seperti yang ditunjukkan oleh Gambar 14. Turbin angin skala kecil dapat juga dipasang sebagai facade bangunan seperti yang diperlihatkan pada Gambar 15. Jenis turbin angin yang cocok untuk dipasang sebagai facade bangunan adalah savonius wind turbine. Cara pemasangan savonius wind turbine sebagai facade bangunan dapat dilihat pada Gambar 16. Turbin angin juga dapat dipasang untuk keperluan penerangan jalan umum. Biasanya dipasanga hibrid dengan solar PV (Gambar 17). Turbin angin dapat juga dipasang dalam bentuk wind farm (Gbr 18).



Gambar 14. Turbin angin skala kecil di pada atap rumah



Gambar 15. Turbin angin skala kecil

	
<p>Gambar 16. Pemasangan savonius</p>	<p>Gambar 17. Wind turbin hybrid dgn solar PV untuk penerangan jalan</p>
	
<p>Gambar 18. Turbin angin dipasang diatas tanah dalam jumlah yang besar (wind farm)</p>	<p>Gambar 19. Turbin angin untuk menggerakkan pompa air</p>

Turbin angin dapat juga digunakan untuk menggerakkan pompa air. Pompa air digerakkan bukan dengan memanfaatkan energi listrik, tetapi dengan memanfaatkan gerak mekanik yang dihasilkan oleh turbin angin (Gambar 19).

### Pembangkit Listrik Tenaga Mini Hidro

Prinsip dasar pembangkit listrik tenaga air adalah sebagai berikut; jika air dapat dialirkan dari tingkat tertentu ke tingkat yang lebih rendah, maka tekanan air yang dihasilkan dapat digunakan untuk melakukan kerja. Energi yang dihasilkan untuk melakukan kerja itu berdasarkan energi potensial yang besarnya tergantung perbedaan tinggi dan berat air yang jatuh. Energi dari tekanan air tersebut digunakan untuk menggerakkan komponen mekanis (misalnya turbin pelton seperti yang ditunjukkan pada Gambar 20 atau kincir seperti yang ditunjukkan pada Gambar 21) yang mengkonversikan energi potensial tersebut menjadi energi mekanik, yang selanjutnya energi mekanik tersebut dapat digunakan untuk menggerakkan generator listrik, atau untuk keperluan lain seperti pompa air, penggilingan, dan lain-lain.

Besarnya energi listrik yang dibangkitkan oleh pembangkit listrik tenaga air tergantung pada head dinamis, jumlah aliran air, dan efisiensi generator/turbin. Untuk mengetahui potensi energi suatu sungai, perlu diketahui debit pada sungai tersebut dan head yang tersedia. Debit air merupakan jumlah air yang mengalir (biasanya dalam m<sup>3</sup> atau liter) melintasi suatu bagian sungai dalam waktu tertentu. Debit air biasanya dinyatakan dalam satuan m<sup>3</sup>

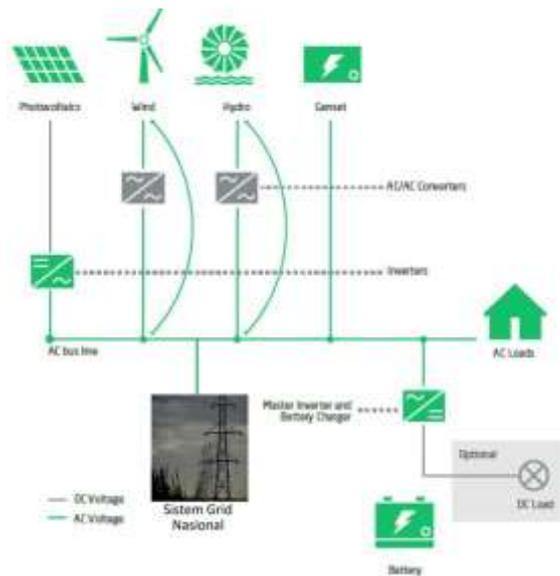
/liter). Head atau ketinggian vertikal (diukur dalam meter) menunjukkan seberapa tinggi air jatuh. Sementara efisiensi turbin menunjukkan seberapa besar energi air yang masuk ke turbin berubah menjadi energi mekanik. Semakin baik sebuah turbin, semakin tinggi efisiensinya.



Integrasi Beberapa Sumber Energi Terbarukan Pembangkit tenaga listrik energi terbarukan yang ada di Kabupaten Lamandau seperti solar PV, Wind turbine, dan Pembangkit Listrik Tenaga Mini Hidro (PLTMH) dapat diintegrasikan menjadi satu sistem yang disebut dengan grid. Tujuannya adalah untuk mendapatkan kapasitas yang lebih besar dan juga untuk mendapatkan keandalan sistem atau kualitas daya yang lebih baik. Integrasi dari beberapa pembangkit tenaga listrik yang berasal dari energi terbarukan berlainan jenis tersebut akan membentuk sebuah jaringan yang disebut dengan grid. Grid tersebut dapat berbentuk microgrid atau minigrid. Jika kapasitasnya lebih kecil dari 10 kW, maka disebut dengan microgrid. Microgrid biasanya melayani konsumen yang lebih kecil dari minigrid, misalnya hanya perumahan yang kecil. Sementara itu, jika kapasitasnya lebih dari 10 kW, maka grid tersebut disebut dengan minigrid. Minigrid biasanya melayani konsumen yang besar-besar seperti perumahan besar, pabrik, gedung-gedung komersial yang besar.

Untuk menjaga kestabilan sistem grid, biasanya pada grid dipasang juga energy storage (battery) dan diesel untuk menyimpan energi yang dihasilkan oleh solar pv dan wind turbine jika kelebihan energi. Diesel digunakan untuk backup system energi jika energi dari sumber energi terbarukan tidak mencukupi. Sistem grid juga dapat dihubungkan dengan grid lain atau grid nasional, untuk menjamin pasokan energi listrik, lihat pada Gbr 22.

Implementasi dari sistem grid ini ternyata dalam prakteknya tidak dapat berjalan mulus. Selalu ada saja banyak hambatan sehingga sistem grid ini tidak dapat dilaksanakan. Banyak negara-negara yang mengalami hambatan-hambatan dalam pemasangan sistem grid ini. Hambatan-hambatan (barriers) ini bisa dikategorikan dalam bentuk politik, ekonomi, sosial, teknik, dan lingkungan seperti yang diperlihatkan pada Tabel 15. Seperti yang dapat dilihat pada Tabel 15, masing-masing kategori mempunyai beberapa barriers. Dari hasil survey yang dilakukan di lapangan, kemungkinan akan terdapat hambatan-hambatan yang bisa menghalangi keberhasilan kegiatan desentralisasi melalui energi terbarukan. Hambatan pelaksanaan sistem grid di Kabupaten Lamandau tersebut mungkin termasuk salah satu yang ada di tabel di bawah ini. Untuk itu, perlu studi yang lebih spesifik untuk Kabupaten Lamandau apa yang bakalan jadi penyebab kenapa sistem grid belum dapat dilakukan.



Gambar 22. Usulan skema sistem grid untuk Kabupaten lamandau, Provinsi Kalimantan Tengah

Tabel 15. Barrier terhadap penyebaran sistem mini-grid (Bukari et al., 2021)

No.	Categories	Barriers	Description
1	Political	Lack or uncertain mini-grids policy Uncertain future grid expansion & integration plans Ineffective licensing & permitting regime Unattractive tariff regime Unfavourable fiscal regime Limited private sector involvement Ineffective institutional arrangements	Barrier arising from ineffective, unstable and uncertain mini-grids policy Barrier arising from uncertain grid expansion plans and main grid integration policies for mini-grids Barrier arising from uncertain and incoherent permitting and licensing framework for mini-grids Difficulties arising from unstable, insufficient and ineffective tariffs for mini-grids Difficulties arising from unfavourable fiscal policy measures (VAT, import duties, corporate tax, etc) for mini-grids Difficulties arising from exclusion of or limited provision for private sector participation Difficulties arising from unnecessary bureaucracies, conflict or duplication of roles by relevant sector agencies
2	Economic	Access to finance Currency risk Lack of viable business models Limited paying capacity	Barrier arising from domestic and international scarcity of capital (debt and equity) Barrier arising from adverse exchange rate and inflation development effects Barrier arising from the limitation of viable mini-grid business models Barrier arising from the inability of end-users to afford cost reflective tariffs as well as honour tariffs regularly
3	Social	Political interference & slow public procurement process Inadequate community engagement Limited political leverage in remote areas Lack of stakeholder coordination	Barrier arising from the lack of transparency and unnecessary bureaucracy in the administration of public procurement Barrier arising from limited understanding of consumer needs, preferences and budgets in support of acceptance of, and sustainability of mini-grids Barrier arising from the lack of political influence by the local people and limited voting numbers in remote areas Barrier arising from ineffective coordination of the activities of various stakeholders in the sector
4	Technical	Lack of validated resource data Poor maintenance and technical support culture Lack of monitoring systems Low productive use	Barrier arising from the lack of resource mapping for potential mini-grid communities Barrier arising from interruptions and unreliable system operations due to poor maintenance Barrier arising from the inability to monitor and detect systems fault remotely so as to proactively fix and avoid interruptions as well as monitoring systems for demand management purposes Barrier arising from limited inclusion of productive uses in mini-grids to enhance sustainability
5	Environmental	Lack of programmes for electronic waste management Use of mini-grids to power environmentally detrimental activities Lack of recognition of environmental benefits of renewable mini-grids	Barrier arising from indiscriminate or improper disposal of electronic waste from battery, solar models, etc, of mini-grids Barrier arising from the potential use of mini-grids to power mining, oil exploration and other climate change intensive activities Barrier arising from the lack of prioritisation of the environmental benefits of mini-grids

**KESIMPULAN**

Aktifitas yang dilakukan pada Pengabdian Kepada Masyarakat agar daerah pedesaan juga berpartisipasi dalam transisi energi seperti yang telah dicanangkan pemerintah melalui program-programnya. Tujuan dari transisi energi adalah untuk membatasi pemanasan global, sehingga pada tahun 2100 nanti, agar temperatur bumi tidak melebihi 2oC. Lokasi pelaksanaan Pengabdian Kepada Masyarakat ini di Kabupaten Lamandau Provinsi Kalimantan Tengah. Transisi energi selama ini terfokus hanya pada daerah perkotaan, dan hampir tidak pernah menyentuh daerah pedesaan. Padahal daerah pedesaan sebenarnya adalah sumber-sumber energi terbarukan. Misalnya Kabupaten Lamandau mempunyai potensi energi terbarukan seperti solar PV, wind turbine, dan pembangkit listrik tenaga mikro hidro untuk melakukan transisi energi. Energi-energi terbarukan tersebut dapat di-install dengan berbagai cara. Bahkan Kabupaten Lamandau nantinya bisa mempunyai grid sendiri, apakah itu mikrogrid atau minigrid tergantung dari kapasitas energi listrik yang dibangun.

Jika Kabupaten Lamandau telah melakukan transisi energi, melalui memanfaatkan potensi energi terbarukan yang mereka miliki, maka Kabupaten Lamandau telah turut serta dalam mengendalikan perubahan iklim. Dilihat dari sisi pembangunan pedesaan (rural development), maka transisi energi akan mendorong Kabupaten Lamandau dalam melakukan pembangunan desa berkelanjutan.

Untuk selanjutnya, perlu dilakukan penelitian lebih detail sehingga secara teknik dan ekonomi pembangkit listrik energi listrik yang dibangun benar-benar cost effective, dan secara teknik dapat diandalkan. Disamping itu perlu edukasi kepada masyarakat lokal untuk mengetahui potensi energi di daerahnya dan juga mengenal berbagai teknologi energi terbarukan yang dipergunakan untuk membangkitkan energi listrik. Dengan demikian kedepannya, masyarakat desa bisa merencanakan sebuah pembangkit listrik energy terbarukan dan bagaimana cara mengoperasikan dan merawatnya.

**UCAPAN TERIMA KASIH**

Terselenggaranya kegiatan Pengabdian Kepada Masyarakat “Potensi Pemanfaatan Energi Terbarukan Dalam Rangka Percepatan Transisi Energi Pedesaan di Kabupaten Lamandau, Provinsi Kalimantan Tengah“ ini adalah atas dukungan dari Universitas Kristen Indonesia, untuk mana kami sampaikan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya. Disamping itu juga ucapan terima kasih kepada Pemerintah Daerah Kabupaten Lamandau, yang telah mengizinkan kami untuk melakukan kegiatan Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat di daerah Kabupaten Lamandau. Ucapan terima kasih juga kami sampaikan kepada semua pihak di Kabupaten Lamandau yang telah mendukung sepenuh hati atas keberhasilan Kegiatan PKM ini.

**REFERENSI**

- Abohela, I., Hamza, N., Dudek, S. (2013) Effect of roof shape, wind direction, building height and urban configuration on the energy yield and positioning of roof mounted wind turbines. *Renewable Energy* 50, 1106-1118.
- Alam, F., Golde, S. (2013). An aerodynamic study of a micro scale vertical axis wind turbine. *Procedia Engineering* 56, 568 – 572.
- Atkinson, C. L. (2017). *Rural Development in Global Encyclopedia of Public Administration, Public Policy, and Governance*, A. Farazmand (ed.). Springer International Publishing AG.
- Bukar, D., Kemausuor, F., Quansah, D. A., Adaramola, M. S. (2021). Towards accelerating the deployment of decentralised renewable energy mini-grids in Ghana: Review and analysis

- of barriers. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 135 (2021) 110408. hydrogen and battery storage: Effects of sun tracking technologies. *Energy Conversion and Management*, Vol. 255, 115335. 6. Belessiotis, V., Delyannis, E. (2011). Solar drying, *Solar Energy* 85, pp. 1665–1691.
- BPS Kabupaten Lamandau (2022). Kabupaten Lamandau Dalam Angka 2022. Badan Pusat Statistik Kabupaten Lamandau.
- BPS Kabupaten Lamandau (2021). Kabupaten Lamandau Dalam Angka 2021. Badan Pusat Statistik Kabupaten Lamandau.
- BPS Kabupaten Lamandau (2021). Kecamatan Lamandau Dalam Angka 2021. Badan Pusat Statistik Kabupaten Lamandau.
- BPS Kabupaten Lamandau (2020). Kecamatan Lamandau Dalam Angka 2020. Badan Pusat Statistik Kabupaten Lamandau.
- BPS Kabupaten Lamandau (2020). Kabupaten Lamandau Dalam Angka 2020. Badan Pusat Statistik Kabupaten Lamandau.
- Calise, F., Cappiello, F. L., Dentice d'Accadia, M. D., Vicidomini, M. (2019). Dynamic modelling and thermoeconomic analysis of micro wind turbines and building integrated photovoltaic panels. *Renewable Energi*.
- Diallo, A., Moussa, R.. K. (2020). The effects of solar home system on welfare in off-grid areas: Evidence from Cote d'Ivoire, *Energy* 194.
- Duchaud, J. L., Notton, G., Fouilloy, A., Voyant, C. (2019). Wind, solar and battery micro-grid optimal sizing in Tilos Island . *Energy Procedia* 110, 549 – 554.
- Duran AS, Sahinyazan FG, An Analysis of Renewable Mini-Grid Projects for Rural Electrification, Socio-Economic Planning Sciences, <https://doi.org/10.1016/j.seps.2020.10.0999>.
- Enongenea, K. E., Abandab, F. H., Otenec, I.J.J., Obid, S.I., Okafore, C. (2019). The potential of solar photovoltaic systems for residential homes in Lagos city of Nigeria, *Journal of Environmental Management* 244 pp. 247–256.
- Gebreslassie, M. G. (2020). Solar home systems in Ethiopia: Sustainability challenges and policy directions, *Sustainable Energy Technologies and Assessments* 42.
- George, A., Boxionga, S., Arowob, M., Ndoloc, P., Chebetc, C., Shimmonc, J. (2019). Review of solar energy development in Kenya: Opportunities and challenges. *Renewable Energy Focus* Volume 29.
- Georgea, A., Boxionga, S., Arowob, M., Ndoloc, P., Chepsaigutt-Chebetc, Shimmonc, J. (2019). Review of solar energy development in Kenya: Opportunities and challenges, *Renewable Energy Focus* Volume 29.
- Greening, B., Azapagic, A. (2013). Environmental impacts of micro-wind turbines and their potential to contribute to UK climate change targets. *Energy* 59, 454-466.
- Huang, J., Li, W., Guo, L., Hu, X., Hall, J. W. (2020). Renewable energy and household economy in rural China, *Renewable Energy* 155. International Institute for Industrial
- Environmental Economics (IIIEE) (2012). *Energising Local Capacities: Seven Pathways Towards Resource Efficiency*. Lund. IIIEE.
- J. Lee, M. Shepley, Benefits of solar photovoltaic systems for low-income families in social housing of Korea: Renewable energy applications as solutions to energy poverty, *Journal of Building Engineering* (2019), doi: <https://doi.org/10.1016/j.jobbe.2019.10.1016>.

- KESDM (2019). Instalasi Pembangkit Listrik Tenaga Surya - Dos & Don'ts. Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral.
- KESDM (2019). Kebijakan, Regulasi, dan Inisiatif Pengembangan Energy Surya di Indonesia. Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral.
- Lia, H., Campanaa, P. E., Berrettab, S., Tana, Y., Yanb, J. (2016). Dynamic performance of the standalone wind power driven heat pump. *Energy Procedia* 103, 40 – 45.
- Loganathan, B., Mustary, I., Chowdhury, H., Alam, F. (2017). Effect of turbulence on a Savonius type micro wind turbine. *Energy Procedia* 110, 549 – 554.
- Loganathan, B., Chowdhury, H., Mustary, I., Md. Rana, M., Alam, F. (2019). Design of micro wind turbine and its economic feasibility study for residential power generation in built-up areas. *Energy Procedia*, 160, 812-819.
- Leaman, C. (2015). The benefits of solar energy. *Renewable Energy Focus* Volume 16 Number 5–6.
- Lee, J., Shepley, M. (2019). Benefits of solar photovoltaic systems for low- income families in social housing of Korea: Renewable energy applications as solutions to energy poverty. *Journal of Building Engineering*, doi: <https://doi.org/10.1016/j.jobee.2019.101016>.
- Masot, A. N., Gascón, J. L. G (2021). Sustainable Rural Development: Strategies, Good Practices and Opportunities. *Land* 2021, 10, 366. <https://doi.org/10.3390/land10040366>.
- Mondal, A. H., Klein, D. (2011) Impacts of solar home systems on social development in rural Bangladesh, *Energy for Sustainable Development* 15 pp. 17–20.
- Nardecchia, F., Groppi, D., Garcia, D. A., Bisegna, F. de Santoli, L. (2021). A new concept for a mini ducted wind turbine system. *Renewable Energy* 175, 610-624.
- Park, J., Jung, H. J., Lee, S. W., Park, J. (2015). A New Building-Integrated Wind Turbine System Utilizing the Building. *Energies* 2015, 8, 11846-11870; doi:10.3390/en81011846
- Peacock, A.D., Jenkins, D., Ahadzi, M., Berry, A., Turan, S. (2008). Micro wind turbines in the UK domestic sector. *Energy and Buildings*, Vol. 40, Issue 7, pahe. 1324-1333.
- Pellegrini, M., Guzzini, A., Sacconi, C. (2021). Experimental measurements of the performance of a micro-wind turbine located in an urban area turbine located in an urban area. *Energy Reports* 7, 3922–3934.
- Pemprov Kalteng (2015). Kalimantan Tengah, Menuju Pertumbuhan Hijau. Pemprov Kalteng, Kementerian PPN/BAPPENAS, Global Green Growth Indonesia.
- Prakash, O., Kumar, A. (2017). *Solar Drying Technology Concept, Design, Testing, Modeling, Economics, and Environment*. Springer, Singapore.
- Prodi Arsitektur FT UKI, Laporan PKM, Lomba Pemanfaatan Limbah Atau Sampah Daur Ulang Sebagai Dekorasi Ruang Dalam (Interior) Rumah Tinggal Di Kelurahan Kebon Pala Kota Administrasi Jakarta Timur Tahun 2021
- Prodi Magister Arsitektur PPs-UKI, Laporan PKM Sosialisasi Potensi Energi Lokal Untuk Meningkatkan Perekonomian Masyarakat Pulau Tidung - Kepulauan Seribu, Kotamadya Jakarta Utara, Provinsi DKI Jakarta Tahun 2021
- Prodi Magister Arsitektur PPs-UKI, Artikel di Jurnal IPLBI, Energi Terbarukan dan RPTRA Kota Layak Anak di Pulau Tidung, Kepulauan Seribu Tahun 2021
- Prodi Magister Arsitektur PPs-UKI, Laporan Pembangunan Kota Layak Anak (Rptra) Berkelanjutan Dan Suplai Energinya Di Wilayah Kepulauan (Studi Kasus: Pulau Tidung, Kepulauan Seribu Kotamadya Jakarta Utara, Provinsi Dki Jakarta), tahun 2020
- Prodi Magister Arsitektur, Laporan PKM, Rantepao 17 Juli-18 Agustus 2017: Membangun Pariwisata Berkelanjutan, Pelestarian Rumah Adat dan Pemberdayaan Masyarakat

- Rehman, S., Ahmed, M. A., Mohammed, M. H., Al-Sulaiman, F. A. (2017). Feasibility study of the grid connected 10 MW installed capacity PV power plants in Saudi Arabia, *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 80 pp. 319–329.
- Shrivastava, V. , Kumar, A., Prashant Baredar, P. (2015). Developments in Indirect Solar Dryer: A Review, *International Journal of wind and Renewable Energy* Volume 3 Issue 4 pp, 67-74.
- Stojanovski, O., Thurber, M., Wolak, F. (2017). Rural energy access through solar home systems: Use patterns and opportunities for improvement, *Energy for Sustainable Development* 37 pp. 33–50.
- Straka, J., Tuzova, M. (2016). Factors Affecting Development of Rural Areas in the Czech Republic: A Literature Review. *Procedia - Social and Behavioral Sciences* 220, 496 – 505
- Wassie, Y. T., Adaramola, M. S. (2021), Socio-economic and environmental impacts of rural electrification with Solar Photovoltaic systems: Evidence from southern Ethiopia, *Energy for Sustainable Development* 60 pp. 52–66
- Yilmaz, B., Dasdemir, I., Atmis, E. Lise, W. (2010). Factors affecting rural development in turkey: Bartın case study. *Forest Policy and Economics* 12, 239–249.
- Zebra, E. I. C., Windt, H. J., Nhumalo, G., Faaij, A. P. C. (2021). A review of hybrid renewable energy systems in mini-grids for off-grid electrification in developing countries. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 144 (2021) 111036.