

PEMETAAN POTENSI ENERGI TERBARUKAN DESA BELUM BERLISTRIK DI PAPUA BARAT GUNA MENINGKATKAN ELEKTRIFIKASI DDAN REDUKSI EMISI GAS RUMAH KACA

MAPPING OF THE POTENTIAL OF RENEWABLE ENERGY UN-ELECTRICITY VILLAGES IN
WEST PAPUA TO INCREASE ELECTRIFICATION AND REDUCTION OF GREENHOUSE GAS
EMISSIONS

Ahmad Fakhrrur Rozi¹, Elias K. Bawan*²

E-mail: e.bawan@unipa.ac.id

^{1,2}Jurusan Teknik Elektro Universitas Papua

Abstrak - Pemetaan potensi energi terbarukan penting dilakukan untuk mengetahui potensi energi terbarukan dan potensi reduksi emisi gas rumah kaca (GRK) desa belum berlistrik di Provinsi Papua Barat yang berjumlah 29 desa. Metode penelitian meliputi studi kondisi geografis desa belum berlistrik, kebutuhan beban, potensi energi terbarukan dan reduksi emisi GRK. Potensi energi listrik tenaga surya tertinggi di Desa Esmambo Distrik Kwoor Kabupaten Tambrau dengan iradiasi matahari sebesar 5,2 kWh/m²/hari. Kecepatan angin tertinggi berdasarkan distribusi Weibull berada di Desa Tootkindik Distrik Furwagi Kabupaten Fak-Fak yaitu 3,42 m/s dengan persentase kejadian 33%. Manfaat penelitian diharapkan memberi kontribusi kepada pemerintah mengenai pemetaan energi terbarukan di desa belum berlistrik dan data awal dalam pengembangan pembangunan pembangkit energi terbarukan yang ramah lingkungan di Provinsi Papua Barat. Potensi energi listrik tenaga mikrohidro terdapat di Desa Coisi Distrik Menyambouw Kabupaten Pegunungan Arfak sebesar 4,4 kW dengan debit andalan 0,05 m³/detik dan head 15 m. Total reduksi emisi GRK adalah sebesar 8.132,21 ton GRK per tahun dengan menggunakan nilai faktor emisi 74.300 kg GRK/TJ dengan *Specific Fuel Consumption* (SFC) 0,284 liter/kWh.

Kata kunci — Energi terbarukan, iradiasi, distribusi weibull, debit andalan, emisi GRK

Abstract - It is important to map the potential of renewable energy to find out the potential of renewable energy and the potential for reducing greenhouse gas (GHG) emissions in 29 villages that have no electricity in West Papua Province. This research method includes a study of the geographical condition of the village without electricity, load requirements, renewable energy potential, and GHG emission reduction. The highest potential for solar electricity is in Esmambo Village, Kwoor District, Tambrau Regency, with solar irradiation of 5.2 kWh/m²/day. The highest wind speed based on the Weibull distribution is in Tootkindik Village, Furwagi District, Fak-Fak Regency, namely 3.42 m/s, with an incidence percentage of 33%. The benefits of this research are expected to be able to contribute to the government regarding the mapping of renewable energy in villages without electricity and initial data in the development of environmentally friendly renewable energy plants in West Papua Province. The potential for micro-hydro power in Coisi Village, Menyambouw District, Arfak Mountains Regency is 4.4 kW with a mainstay discharge of 0.05 m³/second and a head of 15 m. The total GHG emission reduction is 8,132.21 tons of GHG per year using an emission factor value of 74,300 kg GHG/TJ with a *Specific Fuel Consumption* (SFC) of 0.284 liter/kWh.

Keywords: Renewable energi, irradiation, weibull distribution, mainstay discharge, GHG emission

I. PENDAHULUAN

Peningkatan pembangunan di Indonesia seiring dengan laju permintaan energi. Sumber energi Indonesia masih di dominasi dari sumber energi berbahan bakar fosil yang disisi lain cadangannya

semakin hari mengalami penurunan. Indonesia kaya dengan sumber energi baru dan terbarukan (EBT) sehingga perlu terus dikembangkan dan dioptimalkan pemanfaatannya.

Energi alternatif adalah energi yang dapat digunakan sebagai pengganti energi yang berasal dari

bahan bakar konvensional. Sumber energi terbarukan adalah sumber energi yang dihasilkan dari sumber daya energi yang berkelanjutan jika dikelola dengan baik, antara lain panas bumi, angin, bioenergi, sinar matahari, aliran dan terjunan air, serta gerakan dan perbedaan suhu lapisan laut. Sumber energi baru merupakan solusi terbaik untuk mengatasi persoalan lingkungan dan ketahanan energi nasional. Indonesia kaya dengan potensi energi baru dan terbarukan tetapi usaha untuk menyelidiki dan mengeksplorasi masih belum optimal, seiring dengan itu maka pengurangan terhadap konsumsi energi fosil harus dikurangi [1]. Menurut [2] target bauran energi primer adalah pada tahun 2025 peran energi baru dan terbarukan paling sedikit 23% dan pada tahun 2050 paling sedikit 31% sepanjang keekonomiannya terpenuhi. Sampai tahun 2020, realisasi bauran energi primer pembangkit listrik adalah EBT sebesar 11,2%, penambahan kapasitas terpasang PLT EBT sebesar 176 MW sehingga total kapasitas PLT EBT 10,4 GW yang terdiri dari hybrid 3,6 MW, surya 153,8 MW, Bayu 154,3 MW, bioenergi 1.903,5 MW, panas bumi 2.130,7 MW dan air 6.121 MW [3].

Beberapa desa di Indonesia masih belum mendapatkan fasilitas listrik. Faktor yang menjadi penyebab antara lain aksesibilitas ke lokasi yang sangat sulit dan biaya investasi pembangunan infrastruktur ketenagalistrikan yang besar. Berdasarkan siaran Pers Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral (ESDM) Republik Indonesia Nomor: 145.Pers/04/SJI/2020 Tanggal 3 April 2020, terdapat 433 desa di Wilayah Timur yang belum menikmati listrik. Desa-desanya tersebut tersebar di 4 (empat) provinsi, yaitu Maluku 1 desa, Nusa Tenggara Timur (NTT) 5 desa, Papua Barat sebanyak 102 desa, dan Papua sebanyak 325 desa. Berdasarkan laporan kinerja Kementerian ESDM Tahun 2020 rasio elektrifikasi per Desember 2020 pada 4 (empat) provinsi tersebut tercatat Maluku 92%, NTT 85%, Papua Barat 99%, dan Papua 94% [4].

Program strategis untuk mencapai target kebijakan energi nasional (KEN) hingga 25% adalah listrik pedesaan, interkoneksi pembangkit EBT, pengembangan biogas, desa mandiri energi, *Integrated Microhydro Development Program*, PLTS Perkotaan, pengembangan biofuel, dan proyek percepatan pembangkit listrik tahap II berbasis EBT. Kementerian ESDM melalui Direktur Pembinaan Program Ketenagalistrikan menyampaikan tiga strategi melalui pemanfaatan energi terbarukan untuk mewujudkan rasio elektrifikasi 100% di Papua dan Papua Barat yaitu perluasan jaringan atau *grid extension*, pembangunan *minigrid*, dan pembangunan

pembangkit energi baru terbarukan lengkap dengan alat penyalur daya listrik (APDAL) serta stasiun pengisian energi listrik (SPEL).

Wilayah Provinsi Papua Barat terdiri dari hutan hujan tropis, lembah-lembah, pesisir, pegunungan, hingga kepulauan. Dengan kondisi geografis tersebut, mengakibatkan banyak desa di Provinsi Papua Barat sulit untuk dijangkau sehingga pusat pembangkit yang ada sulit untuk menyuplai suatu daerah dengan daerah yang lainnya.

Beberapa penelitian terkait energi terbarukan di Papua Barat telah banyak dilakukan. Palintin [5] melakukan studi potensi di beberapa tempat di Kabupaten Pegunungan Arfak. Potensi Sungai Hink sebesar 200 L/detik dan beberapa sungai lainnya. Total potensi PLTMH di tiga distrik sebesar 108,9 kW dengan potensi terbesar yaitu 32,1 kW di sungai Inggemou. Pasalli dan Rehiara [6] telah melakukan studi perencanaan desain PLTMH di Sungai Hink dengan potensi maksimal 25,2 kW dengan *head* 8,6 meter dan debit air 0,3 m³/detik dengan produksi energi listrik sebesar 17,32 kW. Bawan [7] melakukan studi potensi energi terbarukan di Kabupaten Manokwari Selatan di beberapa distrik. Terdapat dua lokasi yang potensial yaitu Sungai Bengko di Desa Sihu dengan debit 65 liter/detik, *head* 69,74 meter dan potensi daya sebesar 30,4 kW. Lokasi lainnya yang lebih besar adalah di Desa Susmorof dengan debit 1500 liter/detik, *head* 9,29 meter dan potensi daya 73,4 kW. Sogen [14] potensi energi air Sungai Sefrok Kampung Sasnek sebesar 10 kW dengan debit air 0,65 m³/detik. Ferdinan [8] telah melakukan perencanaan strategi pemanfaatan energi terbarukan di Kabupaten Manokwari menggunakan analisis SWOT. Hasil SWOT merekomendasikan pengembangan energi terbarukan PLTS dan PLTMH berdasarkan kontur daerah Manokwari yang berbukit-bukit dan dialiri beberapa sungai.

Berdasarkan hasil penelitian menunjukkan bahwa bagian timur Indonesia memiliki potensi energi surya yang paling besar sepanjang tahun, terutama di Ambon, Makassar, Manado, Palu, Kupang, Lombok, Ternate, Gorontalo, dan Bali. Dengan menggunakan Model ANN hasil prediksi nilai radiasi matahari bulanan untuk beberapa kota di Indonesia sebagai berikut: Ambon: 5,67 kWh/m²; Samarinda: 4,83 kWh/m²; Bengkulu dengan nilai rata-rata tahunan radiasi matahari sebesar 4,75 kWh/m²; Jakarta: 4,97 kWh/m²; Manado: 5,98 kWh/m²; di mana Manado adalah yang tertinggi memiliki nilai radiasi matahari, diikuti oleh Ambon kemudian Jakarta, Samarinda dan Bengkulu [9].

Berdasarkan kondisi tersebut maka penting untuk melakukan pemetaan energi terbarukan yaitu potensi energi angin, potensi energi surya dan potensi energi mikrohidro di desa belum berlistrik Provinsi Papua Barat sebagai dasar pengembangan energi terbarukan dan pemenuhan kebutuhan energi secara mandiri berbasis sumber daya energi lokal yang ramah lingkungan..

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro

Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH) adalah salah satu konsep pembangkit tenaga listrik yang dihasilkan melalui tenaga air dengan skala kecil. Menurut Nag [15] besarnya kapasitas PLTMH dipengaruhi oleh dua variabel utama yaitu debit (*quantity of water*) dan tinggi terjun (*head*) dan pemilihan lokasi pembangunan PLTMH dipengaruhi oleh beberapa faktor antara lain ketersediaan air, kapasitas penyimpanan air, ketersediaan beda tinggi, aksesibilitas lokasi, jarak dari pusat beban dan tipe kondisi tanah. Tenaga air (*hydropower*) adalah energi kinetik yang dihasilkan dari pergerakan air yang mengalir. Energi kinetik menggerakkan turbin air dan menghasilkan energi mekanis. Putaran turbin yang terkopel dengan generator akan menghasilkan energi listrik.

Aplikasi PLTMH sangat berguna bagi masyarakat yang hidup di daerah perkampungan yang sulit dijangkau oleh jaringan listrik nasional.

2.2 Pembangkit Listrik Tenaga Surya

Pembangkit listrik tenaga surya atau disingkat PLTS adalah pembangkit listrik yang mengubah energi surya menjadi energi listrik. Proses pembangkitan dapat dilakukan dengan dua cara yaitu secara langsung menggunakan fotovoltaik dan secara tidak langsung dengan pemusatan energi surya. Solar panel terdiri dari sel surya yang dirangkai dalam bentuk seri dan paralel. Setiap sel surya memiliki rangkaian sel berbeda-beda. Listrik yang dihasilkan dapat disimpan dulu dalam baterai untuk digunakan kemudian atau dimanfaatkan langsung [10].

Beberapa faktor yang mempengaruhi kinerja PLTS antara lain (1) Radiasi, semakin besar radiasi maka semakin besar pula tegangan dan arus yang dihasilkan (2) Sudut Kemiringan Modul Surya, (3) Temperatur, semakin tinggi suhu sel, semakin rendah produksi energi. Sel-sel surya bekerja kurang efisien ketika temperatur tinggi maka output tegangan dan daya akan menurun.

2.3 Pembangkit Listrik Tenaga Angin

Angin adalah udara yang bergerak karena adanya perbedaan tekanan di permukaan bumi. Angin bergerak dari daerah yang memiliki tekanan tinggi ke daerah yang bertekanan rendah. Pergerakan angin dapat dimanfaatkan untuk memutar rotor kincir angin dan perputaran rotor yang terhubung dengan generator dapat menghasilkan energi listrik. Pergerakan angin yang dapat dimanfaatkan untuk menghasilkan energi listrik adalah pada kelas 3 untuk batas minimum dan kelas 8 sebagai batas maksimum seperti pada tTabel-1.

Tabel-1. Tingkatan kecepatan angin 10 meter di atas permukaan tanah [11].

Tingkat kecepatan angin 10 meter di atas permukaan tanah		
Kelas	Kecepatan	Kondisi di Dataran
1	0,00-0,02	-
2	0,3 - 1,5	Angin tenang, asap lurus ke atas
3	1,6 - 3,3	Asap bergerak mengikuti arah angin
4	3,4 - 5,4	Wajah terasa ada angin, daun-daun bergoyang pelan, petunjuk arah angin bergerak
5	5,5 - 7,9	Debu jalan, kertas beterbangan, ranting pohon bergerak
6	8,0 - 10,7	Ranting pohon bergoyang, bendera berkibar
7	10,8-13,8	Ranting pohon besar bergoyang, air <i>plumping</i> berombak kecil
8	13,9-17,1	Ranting pohon melengkung, hembusan angin terasa di telinga
9	17,2-20,7	Dapat mematahkan ranting pohon, jalan berat melawan arah angin
10	20,8-24,4	Dapat mematahkan ranting pohon, rumah rubuh
11	24,5-28,4	Dapat merobohkan pohon, menimbulkan kerusakan
12	28,5-32,6	Menimbulkan kerusakan parah
13	32,7-36,9	Tornado

2.4 Reduksi Gas Rumah Kaca

Pemerintah Indonesia telah menandatangani *Paris Agreement* Perserikatan Bangsa-Bangsa mengenai perubahan iklim di New York, Amerika Serikat, pada tanggal 22 April 2016. Indonesia telah meratifikasi Persetujuan Paris tersebut dengan Undang Undang Nomor 16 tahun 2016 [12]. Isi dari komitmen Paris adalah menjaga kenaikan suhu rata-rata global di bawah 2°C dari kondisi pra-industri dan mengupayakan membatasi menjadi 1,5°C. Target mitigasi penurunan emisi sektor energi pada tahun 2030 adalah 314 juta ton CO_{2e}.

Mengacu pada Rencana Strategis Direktorat Jenderal Energi Baru Terbarukan dan Konservasi Energi (EBTKE) 2020-2024 pemerintah menargetkan

reduksi emisi Gas Rumah Kaca (GRK) sektor energi sebesar 142 juta ton dan target kapasitas tambahan pembangkit Energi Baru Terbarukan pada tahun 2024 adalah 3.662,70 MW [13].

III. METODE

Analisis kebutuhan listrik setiap desa belum berlistrik menggunakan data-data yang diperoleh dari data kependudukan kecamatan dalam angka. Kebutuhan listrik (*demand*) dipengaruhi oleh beberapa faktor antara lain pemakaian listrik per pelanggan, jumlah pelanggan dan koefisien pertumbuhan beban dalam beberapa tahun.

$$Demand = \frac{N}{\text{per}} \text{pelanggan} \times \sum \text{Pelanggan} \times k \quad (1)$$

Dengan N adalah jumlah pemakaian, Koefisien (k) merupakan koefisien pertumbuhan beban selama 5 tahun ke depan, dengan rata-rata pertumbuhan beban 6% per tahun atau 1,34. Pemakaian listrik pelanggan skala lides (listrik desa) dibedakan berdasarkan karakteristik geografis daerah desa, pelanggan di daerah pesisir sebesar 1,18 kWh per hari, sedangkan untuk pelanggan di daerah pegunungan dan dataran sebesar 0,78 kWh per hari. Nilai ini diperoleh dari nilai rata-rata sampling dari daerah Pegunungan Arfak mewakili daerah pegunungan dan daerah Saukorem mewakili daerah pesisir.

3.1 Pembangkit Listrik Tenaga Surya

Perhitungan daya yang dibangkitkan dan jumlah panel surya yang dibutuhkan adalah dua variabel penting dalam perencanaan pembangkit listrik tenaga surya. Total daya yang dibangkitkan dapat dihitung menggunakan persamaan (2).

$$P_{watt\ peak} = Luas\ PV\ array \times PSI \times \eta_{pv} \quad (2)$$

Luas PV array dihitung menggunakan persamaan 3.

$$Luas\ PV\ array = \frac{EI}{G_{av} \times \eta_{pv} \times TCF \times \eta_{out}} \quad (3)$$

TCF (*temperature correction factor*) adalah perbandingan daya keluaran maksimum modul surya ketika temperatur naik ($P_{MMM'}$) pada persamaan 4 dengan daya keluaran maksimum modul surya (P_{MPP}). Pada penelitian ini digunakan modul 250 Wp. Daya keluaran maksimum modul surya ketika temperatur naik dihitung dengan persamaan 5. Dengan PSI adalah *peak sun insulation* sebesar 1.000 W/m², η_{pv} , η_{out} masing-masing efisiensi panel surya dan efisiensi out, G_{av} adalah nilai insolasi harian matahari (kWh/m²), dan Δt adalah kenaikan temperatur standar 25°C.

$$P_{MMM'} = P_{MPP} - P_{saat\ t\ naik} \quad (4)$$

$$P_{saat\ t\ naik} = 0,5\% \times P_{MPP} \times \Delta t \quad (5)$$

Perhitungan jumlah panel surya menggunakan persamaan 6.

$$Jumlah\ panel\ surya = \frac{P_{watt\ peak}}{P_{MPP}} \quad (6)$$

3.2 Pembangkit Listrik Tenaga Angin

Perhitungan potensi energi angin menggunakan kecepatan angin. Data kecepatan angin yang dimanfaatkan minimal kecepatan angin per sepuluh menit selama satu tahun. Pada kasus ini, digunakan data kecepatan angin per hari selama 5 tahun dari tahun 2016-2020 yang diperoleh dari <https://power.larc.nasa.gov/data-access-viewer/>.

Data-data dianalisis dan membuat grafik distribusi weibull dengan bantuan aplikasi berbasis web <https://wind-data.ch/>. Salah satu contoh perhitungan di Desa Tootkindik dengan kecepatan angin rata-rata 3,07 m/s dengan grafik distribusi Weibull diperoleh kecepatan 3,42 m/s dengan persentase kejadian sebesar 33% dan menggunakan nilai k = 2,86. Harga k > 2 mengindikasikan variasi yang kecil dari kecepatan angin rata-rata, sebaliknya harga k < 2 mengindikasikan deviasi yang lebih besar dari rata-rata kecepatan angin.

3.3 Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro

Menurut Sogen, potensi hidrolik adalah potensi energi yang ditimbulkan oleh tekanan air akibat gravitasi bumi. Potensi energi mikrohidro dipengaruhi oleh dua variabel utama yaitu debit dan ketinggian/kemiringan suatu sungai.

$$P_h = Q \times H \times \rho \times g \quad (7)$$

Kapasitas daya listrik yang dihasilkan diperoleh dengan persamaan (8).

$$P_e = \eta_t \times \eta_G \times \eta_m \times P_h \quad (8)$$

Dengan P_h adalah potensi hidrolik (kW), Q adalah debit andalan, H adalah tinggi efektif (m), g adalah gaya gravitasi bumi (9,8 m/s), η_t , η_G , η_m adalah masing-masing efisiensi turbin, generator dan transmisi mekanik.

3.4 Diagram Alir Penelitian

Metode yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari tiga tahapan utama yaitu: studi kondisi dan beban desa belum berlistrik, studi potensi energi terbarukan meliputi energi angin, energi surya dan

energi mikrohidro, dan perhitungan potensi penurunan emisi GRK. Diagram alir penelitian dapat dilihat pada Gambar-1.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

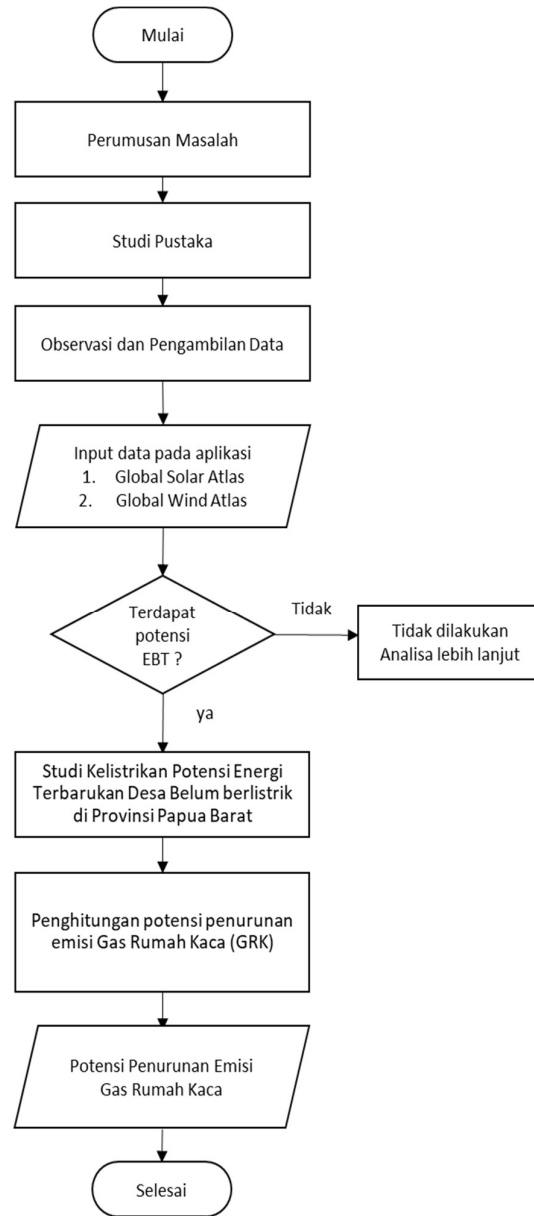
Berdasarkan data desa belum berlistrik menurut PT PLN (Persero) UP3 Manokwari bahwa rasio elektrifikasi desa di Provinsi Papua Barat per 31 Desember 2020 adalah 98,42% atau masih terdapat 29 desa belum berlistrik dari total 1.836 desa yang tersebar di 7 (tujuh) kabupaten yaitu Fak Fak, Teluk Bintuni, Teluk Wondama, Kaimana, Tambrauw, Maybrat dan Pegunungan Arfak.

4.1 Potensi Energi Surya

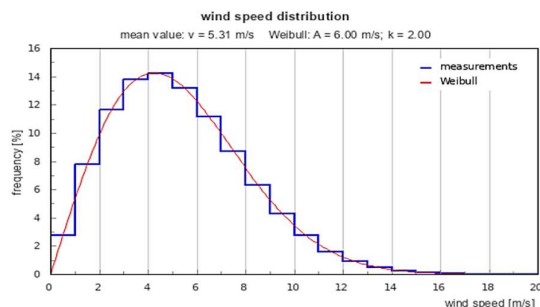
Perhitungan potensi energi surya dilakukan di semua desa belum berlistrik. Menggunakan persamaan 2 sampai 6, diperoleh bahwa rata-rata iradiasi matahari sebesar 4,78 kWh/m²/hari. Iradiasi matahari tertinggi terdapat di Desa Esmambo Distrik Kwoor Kabupaten Tambrauw sebesar 5,2 kWh/m²/hari. Untuk mencukupi kebutuhan listrik Desa Esmambo dibutuhkan PLTS dengan kapasitas 15 kWp. Dengan menggunakan panel surya 250 Wp maka luas PV Array yang dibutuhkan sebesar 76,08 m². Sedangkan iradiasi matahari terendah terdapat di Desa Tiefertomen Distrik Aifat Timur Jauh Kabupaten Maybrat sebesar 4,34 kWh/m²/hari. Untuk mencukupi kebutuhan listrik Desa Tiefertomen dibutuhkan PLTS dengan kapasitas 7 kWp. Dengan menggunakan panel surya 250 Wp maka luas PV Array yang dibutuhkan sebesar 36,12 m².

4.2 Potensi Energi Angin

Perhitungan potensi energi angin dilakukan pada semua desa yang belum berlistrik dan berdasarkan distribusi Weibull, kecepatan angin tertinggi di Desa Tootkindik sebesar 3,42 m/s, kecepatan rata-rata angin adalah 3,07 m/s, dengan persentase kejadian sebesar 33%, k = 2,86. Distribusi Weibull tertinggi berikutnya adalah Desa Sunggak, Orwen, Barar, Esmambo dengan nilai sebesar 3,16 m/s dan k = 2,45. Kecepatan angin di desa yang lain berdasarkan data kecepatan angin tahun 2016-2020 tidak ada yang lebih dari 3 m/s. Grafik distribusi Weibull Desa Tootkindik disajikan pada Gambar-2.



Gambar-1. Diagram alir penelitian

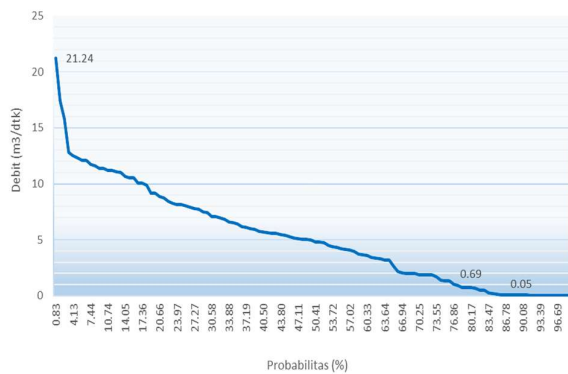


Gambar-2. Grafik Weibull

Daya turbin angin yang dihasilkan di Desa Tootkindik adalah 2.674 kWh/tahun. Total kebutuhan listrik Desa Tootkindik sebesar 24.485,79 kWh per tahun sehingga untuk memenuhi kebutuhan listrik di Desa Tootkindik diperlukan 10 turbin angin.

4.3 Potensi Energi Mikrohidro

Berdasarkan data geografis dan titik koordinat 29 desa belum berlistrik, ditemukan hanya satu desa yang mempunyai sungai yang berpotensi mempunyai debit dan tinggi yang potensial yaitu di Desa Coisi. Data Sistem Informasi Geografis (SIG) memberikan informasi bahwa diperoleh jarak Desa Coisi dengan sungai sekitar 500 m. Perhitungan debit andalan memerlukan beberapa data pendukung yang didapat dari NASA yang diakses di-website <https://power.larc.nasa.gov/data-access-viewer/> dan data pendukung lainnya untuk perhitungan metode FJ Mock, data luas Daerah Aliran Sungai (DAS) / *catchment area* dan tinggi jatuh air / *head*. Pengukuran luas DAS dan tinggi jatuh air menggunakan software *Globar Mapper* diperoleh masing-masing 113,27 km² dan 15 m.



Gambar-3 Flow duration curve Sungai Coisi

Berdasarkan persamaan 8 maka diperoleh daya pembangkit sebesar 4,4 kW atau dalam satu tahun sebesar 34.689,6 kWh. Total beban listrik Desa Coisi dalam satu tahun sebesar 28.039,3 kWh, hal ini berarti bahwa pembangkit mampu melayani kebutuhan beban listrik dan masih terdapat surplus sebesar 6.650,3 kWh per tahun (23,72%).

Tabel 2. Potensi *demand* dan energi terbarukan desa belum berlistrik di Papua Barat

No.	Desa	Demand	PLTS	PLT Angin
1	Tootkindik	24.846	26.707,13	26.740
2	Obo	8.011	7.834,49	8.430
3	Oyaa	17.625	18.874,30	17.884
4	Inyora	16.824	16.229,69	16.832
5	Undurara	10.014	10.785,31	10.520
6	Oray	26.838	26.732,86	27.405
7	Sawi	14.421	14.696,34	14.612
8	Wosokuno	14.020	13.407,49	14.256
9	Metnayam	23.233	21.376,82	23.920
10	Wormon	10.014	10.785,31	10.120
11	Salem	6.810	6.730,71	7.360
12	Sunggak	11.216	10.688,24	11.500
13	Orwen	8.011	8.016,18	9.200
14	Barar	28.040	25.371,77	29.900
15	Esmambo	22.032	20.040,46	23.000
16	Hora Iek	6.009	6.710,49	6.276
17	Fuog Selatan	21.631	21.473,56	22.355
18	Frambu	16.023	16.177,97	16.224
19	Pitor	14.020	14.829,80	14.144
20	Saud	13.619	13.481,64	13.728
21	Tiam	8.813	9.437,15	9.152
22	Aikingging	16.023	17.526,13	16.224
23	Tiefromen	8.813	9.437,15	9.152
24	Wornmu	12.017	12.109,21	12.064
25	Makiri	10.014	9.418,27	10.595
26	Warba	28.441	26.882,39	28.784
27	Srumate	8.011	8.068,76	8.368
28	Womba	16.023	14.730,75	16.448
29	Coisi	28.040	28.311,44	28.116

4.4 Potensi Penurunan Emisi Gas Rumah Kaca

Pada penelitian ini potensi reduksi emisi GRK dihitung berdasarkan kegiatan utama pembangkit dan tidak meliputi kegiatan penunjang pembangkit seperti aktivitas transportasi pengangkutan BBM dan lain sebagainya. Perhitungan potensi penurunan emisi GRK menggunakan metode 1 seperti pada persamaan 9 dan 10, dimana nilai kalor bersih BBM (TJ/GgBBM) atau nilai NCV BBM dan nilai berat jenis BBM menggunakan data *default* nasional.

$$E_{CO_2} = DA_{BBM} \times FE \quad (9)$$

$$DA_{BBM} = F_{BBM} \times \rho \times NCV \times 10^{-6} \quad (10)$$

Dengan DA_{BBM} adalah data aktivitas (TJ), FE adalah faktor emisi (74.300 kg GRK/TJ), F_{BBM} adalah konsumsi BBM dalam satu tahun (TJ/GgBBM), NCV adalah nilai kalor bersih (default nasional = 42,66 TJ/GgBBM), ρ adalah beras jenis BBM (default nasional = 837,5 kgBBM/m³).

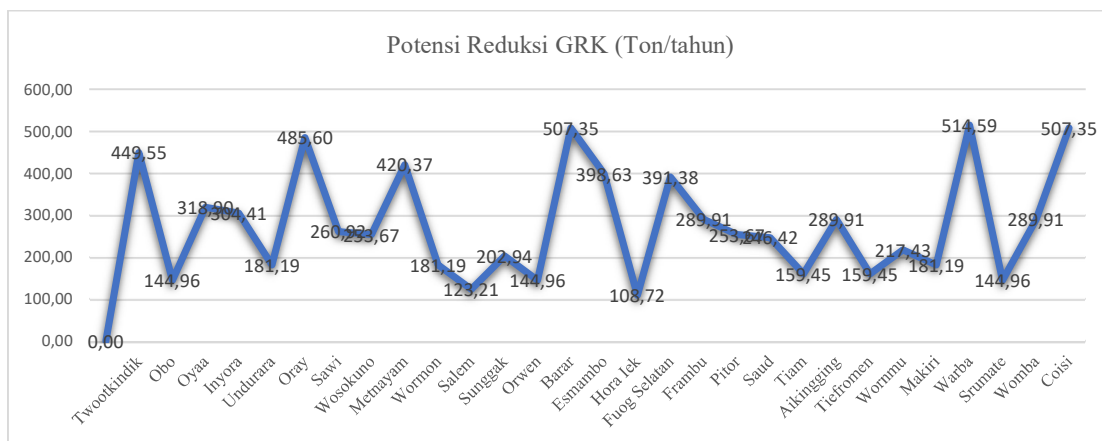
Perhitungan konsumsi bahan bakar minyak (BBM) diperoleh dengan melakukan perkalian antara pemakaian daya listrik dalam satu tahun dengan *Specific Fuel Consumption* (SFC). Nilai SFC menurut SPLN 79: 1987 tentang Standar Operasi Pusat Listrik Tenaga Diesel dengan kapasitas kurang dari 100 kW adalah 0,284-0,355 liter/kWh.

Potensi penurunan emisi GRK dihitung dengan membandingkan jumlah emisi yang mungkin

dihasilkan oleh pembangkit bahan bakar fosil, dengan emisi yang dihasilkan oleh Pembangkit EBT untuk memenuhi kebutuhan listrik di daerah tersebut. Total potensi penurunan emisi GRK adalah 8.132,21 ton GRK per tahun dengan menggunakan nilai faktor emisi 74.300 kg GRK/TJ dan nilai SFC 0,284 liter/kWh. Potensi penurunan efek gas rumah kaca semua desa belum berlistrik disajikan pada Gambar-4

4.5 Pemetaan Potensi EBT

Potensi energi terbarukan pada 29 desa belum berlistrik yang telah di analisa yang terdiri dari tiga jenis yaitu energi surya, energi angin dan energi mikrohidro. Potensi energi angin dan energi surya hampir terdapat di semua desa dengan kapasitas bervariasi.

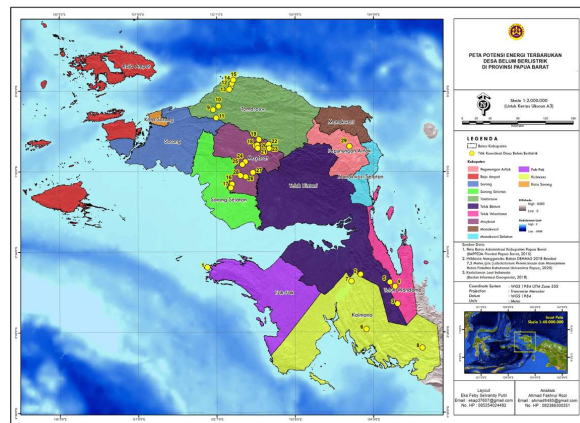


Gambar-4 Grafik penurunan GRK desa belum berlistrik

Potensi energi mikrohidro hanya terdapat di Desa Coisi Distrik Menyambouw Kabupaten Pegunungan Arfak sebesar 34.689,6 kWh/tahun. Hal ini disebabkan hanya Desa Coisi yang memiliki potensi sungai dengan jarak potensial dengan desa. Potensi energi terbarukan dapat dilihat pada Tabel-2. Peta potensi energi surya dan angin desa belum berlistrik di Provinsi Papua Barat disajikan pada Gambar-5.

Berdasarkan hasil pembahasan maka diperoleh beberapa manfaat terkait penelitian ini yaitu menjadi data dasar dan pemetaan pengembangan dan pembangunan energi terbarukan yang ramah lingkungan di Provinsi Papua Barat. Selain itu manfaat lain yang diperoleh adalah dapat menurunkan gas emisi rumah kaca sebagai komitmen Pemerintah Indonesia bersama dengan negara-negara

di dunia yang tercantum dalam Undang-Undang Nomor 16 Tahun 2016.



Gambar-5. Peta potensi energi surya dan angin desa belum berlistrik

V. PENUTUP

A. Kesimpulan

Terdapat 29 desa di Provinsi Papua Barat yang belum berlistrik dan desa ini tersebar di 7 kabupaten. Kondisi geografis desa tersebut adalah daerah pesisir dan pegunungan menyebabkan kesulitan untuk melakukan aksesibilitas dan pembangunan jaringan listrik.

Perhitungan kebutuhan listrik berkisar antara 16,46-77,92 kWh per hari. Beban tertinggi terdapat di Desa Warba Distrik Aifat Timur Selatan dan terendah di Desa Hora Distrik Aifat Selatan.

Dari 29 desa, rata-rata memiliki potensi energi terbarukan dari energi angin dan surya dan hanya satu desa yang memiliki potensi mikrohidro yaitu desa Coisi Distrik Minyambouw dengan debit 0,05 m³/s dan tinggi terjun 15 m. Berdasarkan distribusi Weibull menggunakan data kecepatan angin per hari dari tahun 2016-2020 diperoleh kecepatan angin tertinggi di Desa Tootkindik sebesar 3,42 m/s dengan persentasi kejadian 33% (k=2,86) diperoleh daya turbin sebesar 2.674 kWh/tahun. Rata-rata iradiasi matahari untuk 29 desa adalah 4,78 kWh/m²/hari dan tertinggi di Desa Esmambo distrik Kwoor sebesar 5,2 kWh/m²/hari dan terendah di Desa Tiefromen sebesar 4,34 kWh/m²/hari.

Perhitungan potensi penurunan emisi GRK dengan membandingkan jumlah emisi yang dihasilkan oleh bahan bakar fosil dengan emisi yang dihasilkan oleh pembangkit EBT untuk memenuhi kebutuhan listrik di daerah tersebut. Total potensi penurunan emisi GRK sebesar 8.132,21 ton GRK per tahun dengan menggunakan nilai faktor emisi 74.300 kg GRK/TJ dan nilai SFC 0,284 Liter/kWh.

B. Saran

Penulis mengharapkan agar penelitian ini bisa dilanjutkan dengan melakukan kerja sama dari berbagai *stakeholder* agar pemanfaatan energi terbarukan dapat dimaksimalkan khususnya di Provinsi Papua Barat.

ACKNOWLEDGMENT

Penulis mengucapkan terima kasih kepada PT PLN (Persero) UP3 Manokwari dan Dinas Pertambangan dan Energi Provinsi Papua Barat atas dukungan pada penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Pinilih, S.A.G., Chairunnisa, W.L., 2019. New and Renewable Energi Policy in Developing Indonesia's

- national Energi Resilience. E3S Web of Conferences 125. ICENAS 2019.
- [2] Peraturan Pemerintah No. 79 Tahun 2014 tentang Kebijakan Energi Nasional
- [3] Ditjen EBTKE Kementerian ESDM, 2020, Laporan Kinerja Ditjen EBTKE Kementerian ESDM Tahun 2020.
- [4] Pribadi, A. 2020. *Pemerintah Kejar Elektrifikasi 433 Desa di Wilayah Timur*. Retrieved from [ebtke.esdm.go.id:https://ebtke.esdm.go.id/post/2020/04/08/2527/pemerintah.kejar.elektrifikasi.433.desa](http://ebtke.esdm.go.id/post/2020/04/08/2527/pemerintah.kejar.elektrifikasi.433.desa)
- [5] Palintin, dkk. 2020. Potensi Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH) di Kabupaten Pegunungan Arfak. Igya Ser Hanjop, 11-24.
- [6] Pasalli, Y. R. 2014. Design Planning Of Micro-hydro Power Plant in Hink River. *Procedia Enviromental Sciences*, 20 : 55-63.
- [7] Bawan, E. K. 2007. Kajian Potensi Energi Angin Kabupaten Kaimana Provinsi Papua Barat. *Natural*, ISSN:1412 – 1328.
- [8] Marini, L.F. 2018. Perencanaan Strategis Pemanfaatan Energi Terbarukan di Kabupaten Manokwari 2018-2025 Guna Mendukung Papua Barat Sebagai Provinsi Konservasi. Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.
- [9] Rumbayan, M. K. 2012. Mapping of solar energy potential in Indonesia using artificial neural network and geographical information system. *Elsevier Ltd*, 1437 – 1449.
- [10] Suksmo, H. 2019. *Analisis Teknis dan Ekonomi PLTS Rooftop PV System Grid-Connected Pada Gedung Rektorat UIN Suska Riau*. Retrieved from repository.uin-suska.ac.id: http://repository.uin-suska.ac.id/15909/
- [11] Habibie, M.N., Sasmito, S., Kurniawan, R., 2011. Kajian Potensi Energi Angin di Wilayah Sulawesi Dan Maluku. *Jurnal Meteorologi dan Geofisika*, Vol. 12 No. 2, pp 181-187.
- [12] Indonesia. Undang-Undang Nomor 16 tahun 2016 tentang Pengesahan Paris Agreement To The United Nations Framework Convention On Climate Change (Pesetujuan Paris Atas Konvensi Kerangka Kerja Perserikatan Bangsa-Bangsa Mengenai Perubahan Iklim). Tambahan Lembaran Negara RI Nomor 5939. Jakarta
- [13] Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral. 2020. Rencana Strategis Direktorat Jenderal Energi Baru, Terbarukan dan Konservasi Energi 2020-2024. Jakarta
- [14] Sogen, M.D.T., Harling, V.N.V. 2017. Studi Perencanaan Pembangunan PLTMH di Kampung Sasnek Distrik Sawiat Kabupaten Sorong Selatan Provinsi Papua Barat. *Electro Luceat* 2017.
- [15] Nag, P.K. 2002. *Power Plant Engineering*. McGraw-Hill Internasional Edition. Mechanical Engineering Series. Second Edition. Kharagpur.