POTENSI PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA MIKROHIDRO (PLTMH) DI KABUPATEN PEGUNUNGAN ARFAK

THE POTENTIAL OF MICROHYDRO POWER PLANT (MHP) IN THE PEGUNUNGAN ARFAK REGENCY

Antonius D. Palintin^{1,*}, Erik A. Patandianan², Elias K. Bawan³

^{1,3}Jurusan Teknik Elektro Universitas Papua

²Jurusan Teknik Geologi Universitas Papua

Jl. Gunung Salju, Amban - Manokwari, Indonesia 98314

Dikirim: 10 Januari 2020; Disetujui: 4 Juni 2020; Diterbitkan: 29 Juni 2020

Inti Sari

Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH) merupakan pembangkit yang berkelanjutan dan ramah lingkungan. Penelitian ini mengkaji tentang potensi PLTMH dengan menentukan debit andalan dan beda tinggi dari beberapa sungai di tiga distrik: Minyambouw, Hingk dan Sururey, Kabupaten Pegunungan Arfak. Hasilnya adalah, potensi daya terbesar di sungai Inggemou Distrik Minyambouw sebesar 32,1 kW dengan net head 57,64 meter dan debit andalan 83 liter/detik. Potensi selanjutnya disusul pada sungai Indabri sebesar 26,4 dengan net head 52,52 meter dan debit andalan 75 liter/detik, Demaisi sebesar 22,1 kW dengan net head 99,93 meter dan debit andalan 33 liter/detik, Hingk sebesar 12,7 kW dengan net head 9,44 meter dan debit andalan 200 liter/detik, Sururey sebesar 9,7 kW dengan net head 14,64 meter dan debit andalan 99 liter/detik dan terakhir Sungai Kopo sebesar 5,9 kW dengan net head 34,94 meter dan debit andalan 25 liter/detik.

Kata Kunci: PLTMH, Debit, Head, Pegunungan Arfak.

Abstract

The micro-hydro power plant (MHP) is a sustainable and environmentally friendly power plant. This study examines the potential of micro-hydro power plants by examining the dependable flow and head of several rivers in three districts: Minyambouw, Hingk and Sururey, in the Pegunungan Arfak Regency. The result is indicated the largest power potential in the Inggemou River Minyambouw District 32.1 kW with a net head of 57.64 m and a dependable flow of 83 liters/second, followed by the Indabri River by 26.4 kW with a net head of 52.52 m and a dependable flow of 75 liters/second, Demaisi of 22.1 kW with a net head of 99.93 m and a dependable flow of 33 liters/second, and Hingk by 12.7 kW with 9.44 m net head and dependable flow of 200 liters/second, Sururey 9.7 kW with 14.64 m net head and dependable flow 99 liters/second and lastly Kopo River by 5.9 kW with 34.94 net head m and dependable flow of 25 liters/second.

Keywords: MHP, Dependable Flow, Head, Pegunungan Arfak.

* Korespondensi Penulis
Telepon : +62 822 4810 0030
Email : adpalintin@gmail.com

I. Pendahuluan

Energi Baru Terbarukan (EBT) adalah sumber-sumber energi yang terus menerus dibaharui oleh alam dan berasal langsung dari matahari (seperti termal, foto-kimia, dan foto-listrik), secara tidak langsung dari matahari (seperti angin, tenaga air, dan energi fotosintesis yang tersimpan di biomassa), atau dari gerakan dan mekanisme alami lingkungan lainnya (seperti energi panas bumi dan pasang surut) (Ellabban et al., 2014). Menurut PP No. 79 Tahun 2014 tentang Kebijakan Energi Nasional, pada tahun 2025 pasokan energi nasional ditargetkan sebesar 23% dari EBT dan 31% pada 2050. Pemanfaatan EBT khususnya untuk pembangkit listrik masih minim di mana pada tahun 2018 hanya 14% dari total kapasitas pembangkit listrik. Minimnya pemanfaatan ini disebabkan harga produksi

pembangkit berbasis EBT yang relatif masih tinggi (Dewan Energi Nasional, 2019).

Pembangkit listrik berbasis EBT yang bisa bersaing dengan pembangkit berbasis energi fosil adalah pembangkit tenaga air (Pusat Data dan Teknologi Informasi ESDM, 2017). Akan tetapi pembangkit jenis ini ketersediaan sumber dayanya bergantung pada wilayah. Ketersediaan sumber daya yang dimaksud adalah adanya sungai yang memiliki kapasitas debit air dan beda ketinggian (*head*) aliran. Semakin besar debit aliran maupun *head* maka semakin besar kapasitas energi yang bisa dimanfaatkan untuk menghasilkan energi listrik. Kapasitas pembangkit umumnya diklasifikasikan untuk digunakan sebagai dasar kebijakan pemerintah. Kapasitas sampai 100 kW diklasifikasikan sebagai mikrohidro (PLTMH), antara 100 kW hingga 1 MW adalah minihidro (PLTM), 1 MW hingga 10 MW PLTA

Tabel 1.
Distribusi Penduduk Menurut Distrik dan Luas Wilayah

No	Distrik	Luas Wilayah (km ²)	Jumlah Penduduk (ribu jiwa)	Jumlah Rumah Tangga	Kepadatan Penduduk (jiwa/km ²)	Jumlah Desa
1	Didohu	176,06	1.718	438	9,76	12
2	Sururey	403,16	3.072	878	7,62	14
3	Anggi Gida	191,56	1.565	272	8,17	13
4	Membey	57,45	1.298	205	22,59	11
5	Anggi	256,79	2.522	452	9,71	8
6	Taige	112,12	1.583	281	14,12	6
7	Hingk	367,22	6.828	1.650	18,59	37
8	Minyambouw	192,58	5.808	1.310	30,16	29
9	Catubouw	367,07	2.346	442	6,39	21
10	Testega	493,34	919	190	1,86	15
Jumlah		2.617,35	27.659	6.118	10,57	166

kecil, 10 MW hingga 100 MW adalah PLTA Sedang dan lebih besar dari 100 MW adalah PLTA Besar (Pandey & Karki, 2016).

Kabupaten Pegunungan Arfak yang berdiri tahun 2012 terdiri dari 10 distrik/kecamatan, terletak di bawah garis khatulistiwa antara 0° 55' LS hingga 1° 40' LS dan 133° 10' BT hingga 134° 05' BT. Penduduknya pada 2017 sebanyak 27.659 jiwa terdiri atas 13.757 jiwa penduduk laki-laki dan 13.902 jiwa penduduk perempuan dengan kepadatan penduduk mencapai 10,57 jiwa/km². Kepadatan penduduk terbesar terdapat di Distrik Minyambouw sebesar 30,16 jiwa/km² sedangkan yang terkecil di Distrik Testega sebesar 1,86 jiwa/km² dari sepuluh distrik seperti yang ditunjukkan pada Tabel 1 (BPS Kabupaten Manokwari, 2018). Luasnya wilayah Kabupaten Pegunungan Arfak dengan sebaran pemukiman yang tidak merata menjadi tantangan dalam pendistribusian energi listrik di mana saat ini layanan 24 jam baru bisa dinikmati di ibu kota kabupaten dan disuplai oleh pembangkit listrik tenaga diesel.

Wilayah Kabupaten Pegunungan Arfak yang berada di pegunungan dan dengan adanya sungai membuka peluang pengembangan pembangkit listrik tenaga air khususnya skala mikrohidro untuk memenuhi kebutuhan penduduk akan energi listrik. Akan tetapi pemanfaatan potensi sering kali dibatasi oleh ketersediaan data karena terbatasnya studi dan penelitian terkait. Pasalli & Rehiara (2014) telah melakukan studi perencanaan desain PLTMH di sungai Hingk dengan potensi maksimal 25,2 kW dengan *head* 8,6 meter dan debit air 0,3 m³/detik dan produksi energi listrik 17,32 kW. Tulisan ini menyajikan hasil studi potensi PLTMH khususnya di tiga distrik di Kabupaten Pegunungan Arfak yaitu distrik Minyambouw, Hingk dan Sururey yang dapat ditindaklanjuti pada penelitian selanjutnya yaitu studi kelayakan dan perencanaan.

II. Metode

A. Lokasi dan Waktu Penelitian

Penelitian dilaksanakan pada bulan Agustus 2019 di Kabupaten Pegunungan Arfak pada tiga Distrik Minyambouw, Hingk dan Sururey. Penentuan lokasi penelitian ini didasarkan atas pertimbangan bahwa daerah tersebut belum dialiri oleh listrik dan diduga memiliki potensi sungai yang baik untuk PLTMH serta masukan dari pemerintah daerah dan PT. PLN Cabang Manokwari.

B. Data dan Analisis Data

1) Geologi dan Hidrologi

Survei geologi dilakukan dengan pendekatan geologi regional Lembar Ransiki (Pieters, 1990) dan Lembar Steenkol (Robinson, 1990). Untuk analisis hidrologi dan kemiringan lereng dilakukan dengan menggunakan citra satelit, Digital Elevation Model (DEM) dan Peta Rupa Bumi Indonesia (RBI) dan aplikasi Sistem Informasi Geografis (SIG) serta pengukuran di lapangan untuk penentuan debit lapangan yang nantinya akan menjadi perbandingan dengan hasil perhitungan debit andalan. Hasil pengukuran luas penampang basah sungai dengan meteran dan kecepatan aliran sungai dengan *current meter* di lapangan dianalisis untuk menghitung debit aliran dengan menggunakan rumus (1).

$$Q = A \times v \quad (1)$$

dengan Q = Debit (m³/det), A = Luas Penampang Sungai (m²), v = kecepatan aliran (m/dt).

Lokasi pengukuran dipilih dengan memperhatikan kondisi aliran air yang tidak menyebar pada sungai tersebut. Pengukuran debit dilakukan dengan membagi penampang sungai menjadi beberapa segmen titik pengukuran kecepatan aliran di mana satu

segmen titik dilakukan 1-3 kali pengukuran sesuai dengan kedalaman sungainya, sehingga didapatkan data kecepatan aliran air, serta panjang penampang sungai tiap segmen dan kedalaman pengukuran pada tiap titik.

Perhitungan potensi *head* dilakukan dengan menggunakan Digital Elevation Model serta aplikasi Sistem Informasi Geografis (SIG). Titik pengukuran debit merupakan lokasi 1, sedangkan titik 2 merupakan lokasi yang direncanakan untuk pembangunan turbin. Titik-titik tersebut diambil koordinatnya dengan menggunakan GPS dan dimasukkan dalam aplikasi SIG, kemudian nilai ketinggian pada lokasi tersebut diambil dari data DEM.

2) Perhitungan Debit Andalan Berdasarkan Metode Mock

Perhitungan debit air pada DAS menggunakan metode FJ. Mock memerlukan data rata-rata curah hujan, data evapotranspirasi potensial dan data jumlah harian hujan. Data evapotranspirasi potensial dihitung dengan menggunakan metode Pennman Modifikasi yang mengacu pada Pratama (2016) dan Nugroho et al. (2017). Perhitungan metode Mock mengikuti prosedur sebagai berikut (Direktorat Jenderal Listrik dan Pemanfaatan Energi, 2009; Hadisusanto, 2010; Pratama, 2016):

- Menghitung evaporasi terbatas (E_e) dengan rumus:

$$E_e = \left(\frac{m}{20}\right) \times (18 - n) \times Et0 \quad (2)$$

dengan m adalah permukaan lahan yang terbuka, n adalah hari hujan dan $Et0$ adalah evapotranspirasi potensial.

- Menghitung evapotranspirasi aktual (E_a) dengan rumus:

$$E_a = Et0 - E_e \quad (3)$$

- Menghitung keseimbangan air (ΔS) dengan rumus:

$$\Delta S = R - E_a \quad (4)$$

dengan R adalah curah hujan bulanan (mm).

- Menghitung Limpasan Badai ($PF=5\%$) dengan ketentuan:

Jika $\Delta S \geq 0$, maka $PF = 0$; Jika $\Delta S \leq 0$, $R \times 0.05$

- Menghitung kandungan air tanah (SS) dengan ketentuan:

Jika $R > E_a$ maka, $SS = 0$; Jika $R < E_a$ maka, $SS = \Delta S - PF$

- Menghitung kapasitas kelembapan tanah

Jika $SS = 0$ maka kapasitas kelembapan air tanah = 200

Jika $SS \neq 0$ maka kapasitas kelembapan air tanah = kandungan air tanah

- Menghitung kelebihan air (WS) dengan rumus:

$$WS = \Delta S - SS \quad (5)$$

- Menghitung infiltrasi (I) dengan rumus:

$$I = i - WS \quad (6)$$

dengan i adalah faktor infiltrasi.

- Menghitung volume air tanah (G) dengan rumus:

$$G = 0,5(1 + k) \times I \quad (7)$$

dengan k adalah faktor resesi air tanah.

- Menghitung penyimpanan volume air tanah awal terkoreksi (L) dengan rumus:

$$L = k(V_{n-1}) \quad (8)$$

- Menghitung total volume penyimpanan air tanah (V_n) dengan rumus:

$$V_n = [0,50(1+k) \times I] + k(V_{n-1}) \quad (9)$$

- Menghitung aliran dasar (BF) dengan rumus:

$$BF = I - \Delta V_n \quad (10)$$

- Menghitung limpasan langsung (DR) dengan rumus:

$$DR = WS - I + PF \quad (11)$$

- Menghitung total limpasan (TRo) dengan rumus:

$$TRo = BF + DR \quad (12)$$

- Menghitung debit sungai pada bulan ke n (Qn) dengan rumus:

$$Qn = TRo \times A / n \quad (13)$$

dengan A adalah luas DAS dan n adalah jumlah hari bulan.

Hasil perhitungan debit setiap bulan selama beberapa tahun kemudian disusun dan ditentukan tingkat keandalannya yang dipilih berdasarkan probabilitas kejadian mengikuti rumus *Weibull* dan membentuk kurva yang dinamakan *Flow Duration Curve* (FDC).

$$P = \frac{i}{n+1} \times 100\% \quad (14)$$

dengan i adalah nomor urut debit dengan urutan kejadian dari besar ke kecil, n adalah jumlah data dan P adalah probabilitas terjadinya kumpulan nilai yang diharapkan selama periode pengamatan (%). Dalam kajian ini dipilih debit andalan dengan persentase 80% - 96% (Kusumastuti et al., 2016).

3) Perhitungan Daya

Menurut Tobi & van Harling (2017), potensi hidrolik adalah potensi energi yang ditimbulkan oleh tekanan air akibat gravitasi bumi. Potensi energi mikrohidro yang tersedia di alam merupakan potensi hidrolik dalam bentuk energi potensial yang besarnya dipengaruhi oleh besarnya debit dan ketinggian/*head*. Untuk mendapatkan daya hidrolik (P_h) yang merupakan potensi sumber daya energi air digunakan persamaan (15):

Potensi hidrolik (P_h):

$$P_h = Q \times H \times g \quad (15)$$

Energi dalam bentuk potensi hidrolik tidak semuanya dikonversi menjadi tenaga listrik. Pada saat konversi dari energi potensial menjadi energi listrik, sebagian energi akan hilang dalam bentuk losses. Potensi daya listrik (PLTMH) yang dapat dibangkitkan berdasarkan hasil perhitungan potensi hidrolik tersebut dapat dihitung dengan persamaan (16).

Kapasitas daya pembangkit (P_e):

$$P_e = \eta_T \times \eta_G \times \eta_M \times P_h \quad (16)$$

dengan P_h adalah potensi hidrolik (kW), P_e adalah potensi daya listrik (kW), η_T adalah efisiensi turbin (0,8-0,95), η_G adalah efisiensi generator (0,8-0,95), η_M adalah efisiensi transmisi mekanik (0,95 untuk *V belt* atau 0,98 untuk *flat belt*), g adalah gaya gravitasi (9,8 m/dt²), Q adalah debit andalan (m³/dt) dan H adalah tinggi efektif (m) (Nugroho et al., 2017).

III. Hasil dan Pembahasan

A. Geologi dan Hidrologi

1) Geologi Daerah Survei

Titik stasiun data Survei energi terbarukan di Kabupaten Pegunungan Arfak masuk dalam 2 (dua) satuan fisiografis regional, yaitu:

- Pegunungan Bagian Tengah Kepala Burung

Satuan fisiografis ini dibatasi oleh singkapan Formasi Kemum, di mana topografi di bagian barat dan tengah satuan ini seragam dengan puncak sampai beberapa ratus meter. Topografi itu dicirikan oleh punggung pendek atau perbukitan dan pegunungan berlereng curam dan puncak yang luas. Ketinggian rata-rata berangsur menurun dari lebih 1600 m dpl sekitar Sungai Wariori sampai

sekitar 800 mdpl di bagian barat. Makin jauh ke timur pegunungan lebih kasar dengan ketinggian menjulang sekitar 2800 mdpl. Kampung di Distrik Minyambouw dan Distrik Hingk masuk dalam satuan fisiografis ini.

- Pelataran antar Gunung Anggi
Terdapat pada hulu cabang Sungai Wariori yang berarah tenggara dan Sungai Ransiki di mana keduanya menyuplai Danau Anggi Gigi (pada ketinggian sekitar 1700 m dpl) dan Danau Anggi Gida (1660 mdpl), di mana kedua danau tersebut memiliki daerah tangkapan yang kecil. Danau Anggi Gigi tersalurkan pada bagian utara melalui Sungai Ngemona dan masuk ke Sungai Wariori, sedangkan Danau Anggi Gida tersalurkan pada bagian timur masuk ke Sungai Ransiki. Permukaan danau tersebut dicirikan oleh perbukitan dan lembah yang

Gambar 1. Peta Hasil Analisis Lereng Daerah Survei

tengah Kepala Burung dengan kemiringan lereng dalam klasifikasi Van Zuidam, 1985 merupakan daerah dengan morfologi agak curam hingga sangat curam dengan kemiringan lereng $8^{\circ} - 55^{\circ}$. Sedangkan Kampung di Distrik Sururey dan Kampung Kopo masuk dalam satuan fisiografis Pelataran antar Gunung Anggi dengan datar hingga miring dengan kemiringan lereng $0^{\circ} - 8^{\circ}$.

Daerah survei potensi energi terbarukan di Kabupaten Pegunungan Arfak terdiri atas berbagai variasi litologi pada tiap formasi batuan (**Gambar 2**), yaitu:

- Kampung Kopo, Distrik Sururey dan Distrik Hingk terdapat pada Formasi Aluvium (Q1) berupa bahan rombakan

Gambar 2. Peta Geologi Regional Daerah Survei

Gambar 3. Kiri: Sungai Inggemou; Kanan: Sungai Demaisi

lumpur, pasir, kerikil, bahan tumbuhan, gambut dan lignit. Sedangkan sungai-sungai pada daerah tersebut berupa Sungai Kopo, Sungai Sururey dan Sungai Hingk juga melewati Formasi Kemum (SDk)

- Kampung Demaisi dan kampung-kampung di Distrik Minyambouw terdapat pada Formasi Aluvium (Qa) berupa bahan rombakan pasir, kerikil, gambut dan bahan tumbuhan. Sedangkan sungai-sungai pada daerah tersebut berupa Sungai Soup, Sungai Indabri, Sungai Mbenti dan Sungai Meteibe juga melewati Formasi Kemum (SDk).

2) Hidrologi Daerah Survei

Sungai-sungai di Kabupaten Pegunungan Arfak umumnya membentuk pola aliran dendritik dengan cabang sungai menyerupai ranting pohon yang mengalir ke sungai utama dan pola rektangular dengan cabang sungai membentuk sudut 90° akibat kontrol struktur geologi. Sebagian besar anak sungai yang mengalir ke sungai utama berjenis sungai permanen atau mengalir sepanjang tahun yang menyuplai air ke sungai utama.

Dari hasil analisis hidrologi, sungai-sungai yang terdapat di Kabupaten Pegunungan Arfak yang berpotensi untuk PLTMH adalah Sungai Soup di Kampung Demaisi dengan luas DAS 6,2 km², Sungai Hingk dengan luas DAS 12,9 km², Sungai Sururey dengan luas DAS 77,87 km², Sungai Kopo dengan luas DAS 1,8 km², Sungai

Indabri di Kampung Handuk dengan luas DAS 8,5 km², Sungai Inggemou dengan luas DAS 14,8 km².

B. Perhitungan Debit Air

Pengukuran debit air di Kabupaten Pegunungan Arfak dilakukan di enam sungai, yaitu Sungai Kopo di Kampung Kopo, Sungai Sururey di Kampung Sururey, Sungai Hingk di Kampung Hingk, Sungai Soup di Kampung Demaisi, Sungai Indabri di Kampung Handuk dan Sungai Inggemou di Kampung Minyambouw. Dokumentasi pengukuran dan hasil debit pengukuran lapangan ditunjukkan pada **Gambar 3** dan **Tabel 2**.

C. Simulasi Debit Andalan

Perhitungan debit andalan dilakukan dengan menggunakan data suhu, kelembapan, kecepatan angin, penyinaran matahari dan curah hujan selama tiga tahun mulai tahun 2015 hingga tahun 2017 yang bersumber dari Badan Meteorologi, Klimatologi dan Geofisika (BMKG) Manokwari. Idealnya perhitungan debit andalan dilakukan dengan menggunakan data selama 10 tahun, akan tetapi karena ketersediaan data yang sangat minim, perhitungan hanya dilakukan dengan menggunakan data selama 3 tahun. Pada **Tabel 3** dan **Tabel 4** ditunjukkan contoh hasil perhitungan evapotranspirasi potensial dan debit bulanan di Sungai Sururey pada tahun 2015.

Hasil simulasi kurva debit untuk masing-masing sungai ditunjukkan pada **Gambar 5** –

Gambar 4. Salah Satu Peta Lokasi Survei Potensi PLTMH di Kampung Demaisi

Tabel 2.
Hasil Pengukuran debit beberapa lokasi di Kabupaten Pegunungan Arfak

No.	Sungai/Kampung	Titik Data	Lokasi		Debit (L/dt)	Potensi Head (m)
			Lintang	Bujur		
1	Kopo/Kopo	Titik 1	-1.411861	133.887	26,8	35
		Titik 2	-1.408144	133.884201		
2	Sururey/Sururey	Titik 1	-1.385611	133.867746	97	15
		Titik 2	-1.386803	133.869737		
3	Hingk/Hingk	Titik 1	-1.235667	133.952917	420	10
		Titik 2	-1.235889	133.953806		
4	Soup/Demaisi	Titik 1	-1.170816	133.884099	149	100
		Titik 2	-1.17385	133.885136		
5	Sungai Indabri	Titik 1	-1.110462	133.878471	217	53
		Titik 2	-1.113394	133.87423		
6	Inggemou/ Minyambouw	Titik 1	-1.127585	133.869912	310	58
		Titik 2	-1.13028	133.868166		
		Titik 3	-1.13024	133.869522	377	35

Tabel 3.
Contoh Perhitungan Evapotranspirasi Potensial di Sungai Sururey pada 2015

URAIAN	Tahun 2015											
	JAN	FEB	MAR	APR	MEI	JUN	JUL	AGUS	SEP	OKT	NOP	DES
Temperatur Udara (T)	27.5	26.6	26.8	27.1	27.6	27.4	27.3	27	28.2	28.2	28.1	24.8
Ea (ea)	34.8	33.453	34.04	34.99	36.193	34.8	34.42	35.982	37.459	37.897	35.982	35.56
W	0.7563	0.749	0.752	0.7574	0.7637	0.7563	0.7542	0.7627	0.7692	0.7707	0.7627	0.7606
1-W	0.2437	0.251	0.248	0.2426	0.2363	0.2437	0.2458	0.2373	0.2308	0.2293	0.2373	0.2394
f(T)	16.02	15.875	15.94	16.04	16.16	16.02	15.98	16.14	16.28	16.32	16.14	16.1
Kelembapan Relatif (RH)	0.82	0.83	0.83	0.83	0.84	0.85	0.83	0.78	0.81	0.79	0.82	0.85
Ed=ea×RH	28.536	27.76599	28.2532	29.0417	30.40212	29.58	28.5686	28.06596	30.34179	29.93863	29.50524	30.226
Perbedaan ed dan ea	6.264	5.68701	5.7868	5.9483	5.79088	5.22	5.8514	7.91604	7.11721	7.95837	6.47676	5.334
akar ed	2.502798	2.384745	2.405577	2.438914	2.406425	2.284732	2.418967	2.813546	2.66781	2.821058	2.544948	2.309545
F(ed)=0.34–0.044 akar ed	0.229877	0.235071	0.234155	0.232688	0.234117	0.239472	0.233565	0.216204	0.222616	0.215873	0.228022	0.23838
Letak Lintang daerah	1.8° LS	1.8° LS	1.8° LS	1.8° LS	1.8° LS	1.8° LS	1.8° LS	1.8° LS	1.8° LS	1.8° LS	1.8° LS	1.8° LS
Ra	15.27	15.68	15.7	15.12	14.13	13.54	13.74	14.53	15.21	15.49	15.28	15.07
Penyinaran Matahari, n/N	43	44	53	58	66	58	69	76	84	88	55	44
Rs=(0,25+0.54n/N).Ra	7.10055	7.3696	8.0855	8.1648	8.1954	7.3116	8.1753	9.1539	10.1907	10.6881	8.022	7.0829
Rns=(1-a)Rs, a=0.25	5.325413	5.5272	6.064125	6.1236	6.14655	5.4837	6.131475	6.865425	7.643025	8.016075	6.0165	5.334
F(n/N)=0,1+0,9n/N	0.487	0.496	0.577	0.622	0.694	0.622	0.721	0.784	0.856	0.892	0.595	0.496
Kecepatan angin, u	9.97936	10.69952	10.90528	8.53904	7.30448	7.61312	7.81888	10.08224	7.40736	7.716	8.12752	10.288
F(u)=0,27(1+(u,0,864))	2.597985	2.765984	2.813984	2.261987	1.973989	2.045989	2.093988	2.621985	1.997989	2.069988	2.165988	2.669985
Rn1=f(t).f(ed).f(n/N)	1.79344	1.850951	2.153609	2.321498	2.625635	2.386202	2.691043	2.735793	3.10231	3.142565	2.189766	1.903607
Rn=Rns–Rn1	3.531973	3.676249	3.910516	3.802102	3.520915	3.097498	3.440432	4.129632	4.540715	4.87351	3.826734	3.408568
Angka koreksi ©	0.8963	0.8963	0.832	0.804	0.804	0.804	0.86	0.776	0.86	0.86	0.8963	0.86
Et0*	6.637151	6.701786	6.97913	6.14389	5.3901	4.945368	5.606503	8.075007	6.774718	7.533442	6.247633	6.002019
Et0=c.Et0*	4.55	4.41	4.63	4.63	4.54	4.14	4.61	5.52	5.65	6.02	4.89	3.82
Jumlah hari dalam satu bulan	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
Hasil Akhir Et0	141.05	123.48	143.53	138.9	140.74	124.2	142.91	171.12	169.5	186.62	146.7	118.42

Gambar 10. Debit andalan terbesar dari keenam sungai yang dikaji terdapat pada sungai Hingk di Kampung Hingk yaitu sebesar 200 L/dt.

Berdasarkan persamaan (15) dan (16) dengan data kurva debit masing-masing sungai dengan $\eta_T = 0,8$, $\eta_G = 0,9$, dan $\eta_M = 0,95$, hasil perhitungan potensi PLTMH pada sungai-sungai tersebut ditunjukkan pada **Tabel 5**. Total potensi PLTMH pada sungai-sungai yang dikaji adalah 108,9 kW dengan potensi terbesar pada sungai Inggemou sebesar 32,1 kW dan potensi terkecil pada sungai Kopo

sebesar 5,9 kW. Potensi head bervariasi dari 10 m hingga 100m dengan variasi debit andalan dari 25 L/dt hingga 200 L/dt.

Adanya perbedaan yang cukup besar pada debit pengukuran dan debit andalan di sungai Hingk, Demaisi, Indabri dan Inggemou disebabkan karena debit pengukuran hanya dilakukan sesaat di mana kemungkinannya terjadi hujan di DAS masing-masing sungai tersebut, sehingga nilainya berbeda dengan debit andalan yang merupakan debit dengan probabilitas kejadian 80% - 96%.

Tabel 4.
Contoh Perhitungan Debit Bulanan di Sungai Sururey pada 2015

URAIAN	SAT	TAHUN 2015											
		JAN	FEB	MAR	APR	MEI	JUN	JUL	AGUS	SEP	OKT	NOP	DES
Hujan Bulanan (R)	mm/bln	167.2	459.9	293.6	676	226.5	176.2	58.5	68.3	63.8	89	32.4	537.6
Hari hujan (n)	hari	22	23	23	23	23	15	12	14	10	9	17	27
Evaporasi Potensial (Eto)	mm/bln	141.05	123.48	143.53	138.9	140.74	124.2	142.91	171.12	169.5	186.62	146.7	118.42
Ea=Eto-Ee	mm/bln	141.05	123.48	143.53	138.9	140.74	122.337	138.623	167.698	162.72	178.222	145.967	118.42
Kelebihan Air (WS= ΔS -SS)	mm/bln	26.15	336.42	150.07	537.1	85.76	53.863	2.925	3.415	3.19	4.45	1.62	419.18
Infiltrasi (I= $i \times WS$)	mm/bln	10.46	134.568	60.028	214.84	34.304	21.5452	1.17	1.366	1.276	1.78	0.648	167.672
Vol. Penyimpanan (Vn)		68.368	148.675	137.228	254.209	179.968	125.217	76.0663	46.7326	29.0603	18.8602	11.8345	141.238
Aliran Dasar (BF)	mm/bln	42.092	54.2608	71.4757	97.859	108.544	76.2964	50.3209	30.6997	18.9482	11.9801	7.67368	38.2682
Limpasan langsung (DR)	mm/bln	15.69	201.852	90.042	322.26	51.456	32.3178	4.68	5.464	5.104	7.12	2.592	251.508
Total Limpasan (Tro)	mm/bln	57.782	256.113	161.518	420.119	160	108.614	55.0009	36.1637	24.0522	19.1001	10.2657	289.776
Luas Daerah Tangkapan	km ²	77.875	77.875	77.875	77.875	77.875	77.875	77.875	77.875	77.875	77.875	77.875	77.875
Jumlah hari dalam 1 bulan	hari	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
Debit Bulanan	L/dt	1680.02	8244.37	4696.16	12622.2	4652.04	3263.24	1599.16	1051.47	722.634	555.34	308.426	8425.3

Tabel 5.
Hasil Perhitungan Potensi PLTMH di Kabupaten Pegunungan Arfak

No.	Sungai/ Kampung	Debit Pengukuran (L/dt)	Debit Andalan (L/dt)	Potensi Head (m)	Net Head (m)	Potensi Hidrolik (kW)	Daya PLTMH (kW)
1	Kopo	27	25	35	34,94	8,6	5,9
2	Sururey	97	99	15	14,64	14,2	9,7
3	Hingk	420	200	10	9,44	18,5	12,7
4	Demaisi	149	33	100	99,93	32,3	22,1
5	Indabri	217	75	53	52,52	38,6	26,4
6	Inggemou	307	83	58	57,64	46,9	32,1

Gambar 5. FDC Sungai Soup di Kampung Demaisi

Gambar 8. FDC Sungai Inggemou di Kampung Minyambouw

Gambar 6. FDC Sungai Indabri

Gambar 9. FDC Sungai Kopo di Kampung Kopo

Gambar 7. FDC Sungai Hingk di Kampung Hingk

Gambar 10. FDC Sungai Sururey di Kampung Sururey FDC Sungai Sururey di Kampung Sururey

IV. Kesimpulan

Debit andalan yang terbesar terdapat pada sungai Hingk di Kampung Hingk yaitu sebesar 200 L/dt dan debit yang terkecil terdapat pada sungai Kopo di Kampung Kopo. Total potensi PLTMH di tiga distrik yang dikaji adalah sebesar 108,9 kW dengan potensi yang terbesar berada pada sungai Inggemou sebesar 32,1 kW dan potensi yang terkecil sebesar 5,9 kW di Sungai Kopo. Pemanfaatan potensi PLTMH dapat memenuhi kebutuhan masyarakat akan energi listrik dan sekaligus mengurangi ketergantungan bahan bakar solar yang saat ini masih mendominasi wilayah Pegunungan Arfak.

Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Balitbangda Provinsi Papua Barat, PT. PLN (Persero) Cabang Manokwari dan BAPEDA Kabupaten Pegunungan Arfak atas dukungan pada penelitian ini. Selain itu ucapan terima kasih juga diberikan kepada kepala kampung dan masyarakat di Kabupaten Pegunungan Arfak. Terima kasih juga kepada para editor anonim yang sudah me-review dan memberikan saran perbaikan naskah tulisan ini.

V. Referensi

- BPS Kabupaten Manokwari. (2018). *Kabupaten Pegunungan Arfak dalam Angka 2018*. BPS Kabupaten Manokwari.
- Dewan Energi Nasional. (2019). *Indonesia Energy Outlook 2019*. Dewan Energi Nasional.
- Direktorat Jenderal Listrik dan Pemanfaatan Energi. (2009). *Pedoman Studi Kelayakan Hidrologi*. Direktorat Jenderal Listrik dan Pemanfaatan Energi.
- Ellabban, O., Abu-Rub, H., & Blaabjerg, F. (2014). Renewable energy resources: Current status, future prospects and their enabling technology. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 39, 748–764. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2014.07.113>
- Hadisusanto, N. (2010). *Aplikasi Hidrologi*. Jogja Mediautama.
- Kusumastuti, D. I., Winarno, D. J., Humaidi, Falah, M. N., & Robiyanto. (2016). Estimasi Potensi PLTMH dengan Metode Regionalisasi pada Ungauged Catchments di Kecamatan Suoh. *Jurnal Teknik Sipil*, 23(1), 63–74. <https://doi.org/10.5614/jts.2016.23.1.7>
- Nugroho, D., Suprajitno, A., & Gunawan, G. (2017). Desain Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro di Air Terjun Kedung Kayang. *Jurnal Rekayasa Elektrika*, 13(3), 161–171. <https://doi.org/10.17529/jre.v13i3.8554>
- Pandey, B., & Karki, A. (2016). *Hydroelectric Energy: Renewable Energy and the Environment*. CRC Press.
- Pasalli, Y. R., & Rehiara, A. B. (2014). Design Planning of Micro-hydro Power Plant in Hink River. *Procedia Environmental Sciences*, 20, 55–63. <https://doi.org/10.1016/j.proenv.2014.03.009>
- Pieters, P. E. (1990). *Geologi Lembar Ransiki, Irian Jaya*. Departemen Pertambangan dan Energi, Direktorat Jenderal Geologi dan Sumberdaya Mineral, Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi.
- Pratama, F. S. (2016). *Potensi Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro dan Pemanfaatannya untuk Masyarakat di Daerah Aliran Sungai Cikurai* [Universitas Pendidikan Indonesia]. <http://repository.upi.edu/26681/>
- Pusat Data dan Teknologi Informasi ESDM. (2017). *Kajian Penyediaan dan Pemanfaatan Migas, Batubara, EBT dan Listrik*. Pusat Data dan Teknologi Informasi ESDM.

Robinson, G. P. (1990). *Geologi Lembar Steenkool, Irian Jaya*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi.

Tobi, M. D., & van Harling, V. N. (2017). Studi Perencanaan Pembangunan PLTMH di

Kampung Sasnek Distrik Sawiat Kabupaten Sorong Selatan Provinsi Papua Barat. *Electro Luceat*, 3(1), 32–43. <https://doi.org/10.32531/jelekn.v3i1.63>