

KAJIAN POTENSI PEMBANGKIT TENAGA LISTRIK MIKROHIDRO (PLTMH) INDRAGIRI HULU

Wahyu Budi Kusuma

Pusat Pengembangan Sumber Daya Manusia Mnyak dan Gas Bumi, Cepu

ABSTRAK

Pembangkit tenaga listrik dengan sumber energi air berkapasitas kecil (mikrohidro dengan kapasitas < 1 MW) sangat tepat dikembangkan untuk menjangkau kebutuhan energi listrik di daerah terpencil atau sulit dijangkau. Potensi pembangkit listrik tenaga mikrohidro (PLTMH) di Indonesia hingga saat ini belum dimanfaatkan secara maksimal karena keterbatasan informasi mengenai data dan potensi PLTMH. Dengan kondisi tersebut, pemerintah sesuai dengan amanat UU No. 30/2007 tentang energi telah memberi perhatian khusus terhadap pemanfaatan Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH), khususnya ditujukan untuk daerah terpencil/ tertinggal.

Penelitian kali ini bertujuan untuk mengkaji potensi pembangkit tenaga listrik mikrohidro dari sisi potensi pembangkitan daya dan stabilitas lereng. Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa potensi pembangkitan daya di daerah penelitian maksimal 38,11 kW dan minimum 11,92 kW. Kondisi kestabilan lereng sangat baik dengan faktor safety diatas 1,3.

Kata kunci: *Pembangkit listrik, Mikrohidro, Potensi Daya, Kestabilan lereng.*

ABSTRACT

Power plants with small-capacity water energi sources (micro hydro with a capacity of <1 MW) are very precisely developed to reach the electrical energi needs in remote or difficult to reach areas. The potential of micro hydro power plants (MHP) in Indonesia until now has not been maximally utilized because of limited information about data and the potential of MHP. Under these conditions, the government is in accordance with the mandate of Law No. 30/2007 on energi has given special attention to the use of Micro Hydro Power Plants (MHP), especially aimed at remote / underdeveloped areas.

This research aims to examine the potential of micro-hydro power plants in terms of potential power generation and slope stability. The results of this study indicate that the potential for power generation in the study area is a maximum of 38.11 kW and a minimum of 11.92 kW. Slope stability condition is very good with a safety factor above 1.3.

Keywords: *Power generation, Microhydro, Power Potential, Slope stability.*

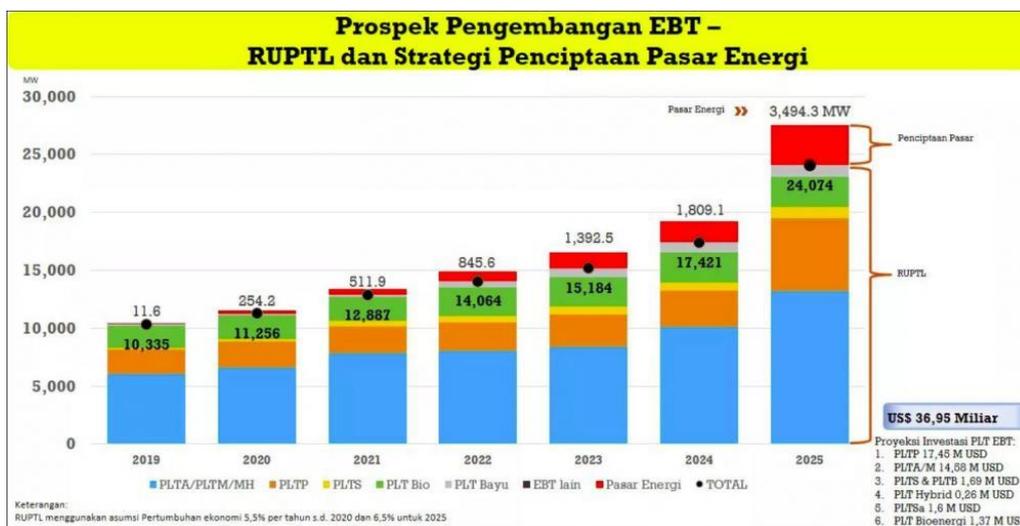
PENDAHULUAN

Pemenuhan kebutuhan listrik untuk masyarakat di Indonesia hingga saat ini sudah cukup tinggi 98,86% (siaran pers KESDM No 642 pers/04/SJI/201). Bauran energi primer nasional hingga tahun 2019 menunjukkan bahwa energi fosil (batubara, minyak bumi dan gas bumi) masih menjadi kontributor terbesar dalam pemenuhan energi nasional yaitu sebesar 87,68% sedangkan EBT menyumbang 12,32% (Dewan Energi Nasional, 2020). Untuk mengurangi ketergantungan terhadap energi fosil maka diperlukan rencana pengembangan penyediaan energi dari sumber energi baru

terbarukan, dalam hal ini khususnya adalah air.

Potensi pembangkit listrik tenaga mikrohidro (PLTMH) di Indonesia hingga saat ini belum dimanfaatkan secara maksimal karena keterbatasan informasi mengenai data dan potensi PLTMH. Kapasitas dan pemanfaatan tenaga air hanya mencapai 4200 MW atau 5,5% dari 75,67 GW potensi yang ada (Nurhayati dan Herdi, 2018). Prospek pengembangan EBT di pasar energi khususnya yang bersumber dari air sangat menarik, hingga tahun 2025 prospek sumber energi air mencapai 13.000 MW (tabel)

Tabel 1. Prospek pengembangan EBT



Pembangkit tenaga listrik dengan sumber energi air berkapasitas kecil (mikrohidro dengan kapasitas < 1 MW) sangat tepat dikembangkan untuk menjangkau kebutuhan energi listrik di daerah terpencil atau sulit dijangkau. Dengan kondisi tersebut, pemerintah sesuai dengan amanat UU No. 30/2007 tentang energi telah memberi perhatian khusus terhadap pemanfaatan Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH), khususnya ditujukan untuk daerah terpencil/ tertinggal.

Kabupaten Indragiri Hulu, memiliki sumber

daya air yang berpotensi untuk dijadikan PLTMH, karena memiliki sungai-sungai yang diperkirakan mempunyai potensi debit air yang cukup baik sebagai pembangkit, meskipun saat ini rasio kelistrikan untuk rumah tangga, di Indragiri Hulu cukup tinggi yaitu mencapai 92%. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengkaji potensi PLTMH di Kabupaten Indragiri Hulu. Penelitian ini bermanfaat untuk memberikan alternatif sumber energi listrik berbasis potensi lokal serta mengurangi ketergantungan terhadap energi fosil yang bersifat tak terbarukan.

TINJAUAN PUSTAKA

Indragiri hulu merupakan kabupaten yang secara administrasi berada di wilayah Provinsi Riau. Kondisi iklim di daerah ini secara umum adalah sebagai berikut; suhu udara maksimum 35°C sedangkan minimumnya 21°C. Kelembaban udara rata-rata maksimum cukup tinggi yaitu 86% dan minimum 80%. Curah hujan tertinggi di daerah ini pada tahun 2018 sebesar 433,7 mm/26 hari sedangkan curah hujan terendah adalah 42,5 mm (Indragiri Hulu dalam angka 2019). Sungai di daerah ini umumnya bersifat permanen. Vegetasi di daerah penyelidikan pada bagian hulu masih terawat dengan baik sehingga keberlangsungan rencana mikrohidro relatif aman karena ketersediaan air yang masih terjaga.

Morfologi daerah penyelidikan dibedakan dalam dua satuan, yaitu perbukitan dan dataran. Daerah perbukitan terletak di sebelah selatan daerah penyelidikan, merupakan perbukitan bergelombang, elevasi antara 30 – 150 m di atas muka laut, dengan kelas lereng terjal hingga sangat terjal (Howard, 1978). Morfologi perbukitan bernilai positif untuk mikrohidro karena memberikan beda tinggi yang cukup signifikan dalam jarak yang relatif pendek. Perbukitan di sebelah selatan sebagian besar termasuk dalam wilayah Taman Nasional Bukit Tiga Puluh (TNBT). Terjunan air umumnya dijumpai di wilayah TNBT dan sebagian di daerah penyangganya.

Lokasi penyelidikan termasuk di dalam Peta Geologi Lembar Rengat skala 1:250.000 (N. Suwarna, dkk., 1994). Berdasarkan Peta Geologi tersebut, stratigrafi daerah penyelidikan disusun mulai dari Kelompok Tiga Puluh yang berumur Pra-Tersier (Karbon-Perem), kemudian Kelompok Rengat dan Kelompok Japura yang berumur Tersier (Oligosen-Pliosen) dan yang termuda adalah Undak Sungai dan Endapan Rawa yang

berumur Kuartar (Holosen). Struktur geologi yang berkembang di daerah penyelidikan adalah sesar dengan arah barat laut – tenggara. Sesar ini merupakan sesar geser.

Sungai utama di daerah penyelidikan adalah Cenako yang merupakan anak sungai Indragiri serta sungai Batang Gansal. Sungai Cenako mempunyai panjang ± 70 km, lebar 34 m dan tinggi muka air sungai 0,76 – 4,38 m, sedangkan Sungai Batang Gansal mempunyai panjang ± 43 km, lebar 37 m dan tinggi muka air sungai 0,43 – 3,14 m di dalam area daerah penelitian (Balai Wilayah Sungai Sumatera III, 2011).

Penentuan daya listrik yang dapat dihasilkan dari tenaga air secara teoritis dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut:

$$P = g \times Q \times H \dots\dots\dots \text{(http://www.itdg.com)}$$

Dimana:

- P = Daya teoritis (kW)
- g = Gravitasi (m²/detik)
- Q = Debit (m³/detik)
- H = Tinggi (m)

Bagaimanapun, tidak ada sistem yang sempurna sehingga selalu terjadi kehilangan energi sewaktu energi potensial air diubah menjadi energi listrik. Besarnya energi yang hilang ini dipengaruhi oleh beberapa hal, yaitu:

- Kerugian/losses pipa pesat/penstock
- Efisiensi turbin, generator, trafo
- Efisiensi jaringan
- Efisiensi sistem control
- Efisiensi konstruksi sipil

Daya listrik yang dapat dimanfaatkan adalah: $P_{net} = g \times Q \times H \times E_t$, dimana E_t merupakan faktor efisiensi sistem. Dari beberapa referensi dapat diketahui bahwa untuk sistem pembangkit kecil, sebagai acuan kasar dapat digunakan harga $E_t = 50\%$ (http://www.itdg.com).

Penentuan debit air sesaat dilakukan melalui pengukuran kecepatan aliran air menggunakan metoda tiga titik yaitu dilakukan pada 0,20, 0,60 dan 0,80 titik kedalaman aliran dari permukaan air sungai. Cara ini dipilih karena kedalaman air sungai <0,76 m. Kecepatan aliran rata-rata diperoleh dengan merata-ratakan kecepatan aliran yang diukur pada 0,20 dan 0,80 kedalaman titik, rumus persamaannya dinyatakan dengan:

$$V = \frac{1}{2} \left[V_{0,6} + \left(\frac{V_{0,2} + V_{0,8}}{2} \right) \right]$$

dimana:

V = Kecepatan aliran rata-rata (m/detik)

$V_{0,2}$ = Kecepatan pada 0,2 kedalaman (m/detik)

$V_{0,6}$ = Kecepatan pada 0,6 kedalaman (m/detik)

$V_{0,8}$ = Kecepatan pada 0,8 kedalaman (m/detik)

METODE PENELITIAN

Metode penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah deskriptif kuantitatif dan kualitatif yang bertujuan untuk membuat deskripsi secara sistematis, faktual dan akurat sesuai data yang ada di daerah penelitian. Metode analisis yang digunakan adalah metode kualitatif digunakan dalam menyusun deskripsi kondisi geologi, sedangkan metode kuantitatif digunakan dalam analisis hidrologi daerah aliran sungai, head dan kestabilan lereng.

Pengambilan dan pengumpulan data dilakukan baik berupa data sekunder maupun data primer disesuaikan dengan kebutuhan penelitian. Data sekunder diperoleh dari hasil penelitian

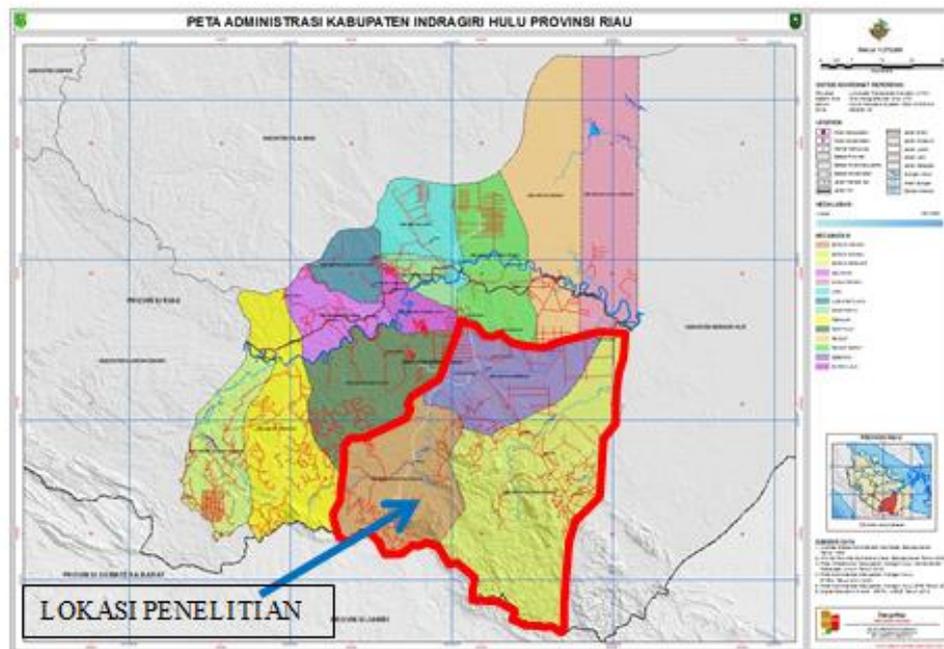
terdahulu berkaitan dengan informasi yang dibutuhkan dalam penelitian seperti data elektrifikasi, data potensi mikrohidro, dan data morfologi, sedangkan data primer diperoleh dari pengukuran langsung. Beberapa data diperoleh dengan uji/pengukuran langsung berupa:

- Debit sungai dengan metode current meter,
- Beda tinggi dengan menggunakan laser meter
- Sifat fisik tanah dengan melakukan uji mekanika tanah terhadap contoh tanah
- Suspended load menggunakan metode *Equal Discharge Increment (EDI)* dan *Equal Width Increment (EWI)*.

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Sumber air cukup banyak dijumpai di daerah Indragiri Hulu sehingga dapat dijadikan sumber energi alternatif, tetapi morfologi yang relatif datar, akses jalan yang masih belum baik dan tersebarnya rumah-rumah penduduk merupakan kendala dalam pengembangan PLTMH di Kabupaten Indragiri Hulu.

Kajian potensi pembangkit tenaga listrik mikrohidro (PLTMH) Indragiri Hulu dilakukan di tiga kecamatan yaitu Siberida, Batang Gansal dan Batang Cenako. Beberapa sungai utama yang diperkirakan mempunyai potensi debit air yang cukup baik sebagai pembangkit adalah S. Siamang, S. Arang, S. Pejangki dan S. Air Antan. Sungai Siamang (orde 2) merupakan anak Sungai Batang Gansal sedangkan Sungai Arang (orde 3),



Gambar 1. Lokasi Penelitian

Pejangki (orde 2) dan Air Antan (orde 2) merupakan anak Sungai Cenako.

Potensi mikrohidro diperoleh dengan melihat aspek morfologi, hidrologi, geologi teknik dan aspek non teknis. Aspek morfologi berpengaruh terhadap beda tinggi potensial. Aspek hidrologi berupa potensi debit air sungai dan kualitas air. Aspek geologi teknik berupa penyebaran satuan tanah/batuan, daya dukung dan kestabilan tanah/batuan. Aspek non teknis berupa aksesibilitas listrik, aksesibilitas lokasi dan demografi.

Kondisi morfologi menunjukkan bahwa sebagian besar daerah penyelidikan berupa dataran. Area berkontur dijumpai di bagian selatan daerah penyelidikan dan dekat dengan area Taman Nasional Bukit Tigapuluh (TNBT). Dengan kondisi morfologi seperti ini maka agak sulit untuk memperoleh beda tinggi potensial yang sangat dibutuhkan dalam PLTMH. Pada umumnya simulasi rekayasa *head* yang dilakukan di daerah ini hanya menghasilkan beda tinggi $\pm 5,00$ meter, itupun dengan saluran air (*head race*) yang

cukup panjang hingga lebih dari 1,00 km.

Jaringan sungai utama (orde 1) yang berpotensi untuk pengembangan mikrohidro adalah sungai Cenako dan sungai Batang Gansal. Kondisi hidrologi sungai-sungai yang mengalir di daerah Indragiri Hulu cukup mendukung untuk menjadikan air sebagai sumber energi. Sungai beserta anak sungai pada umumnya berair sepanjang tahun. Perhitungan terhadap debit andalan yang mencakup debit musim basah dan musim kering tidak dapat dilakukan karena data tidak tersedia sehingga data yang diperoleh merupakan debit sesaat. Pengukuran debit sesaat dilakukan pada bulan Juli yang merupakan musim kemarau dan beberapa sungai menunjukkan potensi debit yang cukup baik (Tabel 1.).

Berdasarkan pengamatan lapangan secara kualitatif, daerah penelitian disusun oleh tanah berupa pasir, pasir kuarsa, lanau dan lempung. Batuan yang tersingkap di daerah ini berupa greywacke, batupasir dan serpih. Secara umum kelerengan cukup stabil dan daya dukung tanah/batuan di daerah ini

cukup baik dan mampu untuk mendukung didirikannya bangunan untuk keperluan mikrohidro.

Berdasarkan hasil pengukuran debit sesaat

dan beda tinggi potensial serta asumsi efisiensi sistem 50% maka secara teoritis potensi daya listrik yang dapat dimanfaatkan di daerah penyelidikan berkisar antara 8,00 – 39,00 kW (Tabel 2).

Tabel 2. Hasil Perhitungan Potensi Daya

No	Lokasi	Debit Sesaat (m ³ /det)	Asumsi Head (m)	P _{net} kW
H-01	Sungai Siamang (Bagian Hulu), Desa Rantau Langsat	0,162	15	11,92
H-02	Sungai Siamang (Bagian Hilir), Desa Rantau Langsat	0,264	10	12,95
H-03	Anak Sungai Air Antan, Desa Sanglap	0,008	10	0,39
H-04	Sungai Alim (Bagian hilir), Desa Alim	0,653	5	16,01
H-05	Sungai Sekasam, Desa Kelesa	0,421	5	10,33
H-06	Sungai Lakat, Desa Talang Lakat	0,083	5	2,04
H-07	Sungai Akar, Desa Sungai Akar	1,101	5	27,00
H-08	Air Terjun Sungai Arang, Desa Sungai Arang	0,271	10	9,30
H-09	Sungai Air Antan, Daerah Batutajam	1,474	5	36,15
H-10	Sungai Air Antan (Bagian Tengah), Desa Sikap	1,554	5	38,11
H-11	Sungai Kilam	0,240	10	11,77
H-12	Sungai Pejangki (Bagian Hilir)	0,380	10	18,64
H-13	Sungai Pejangki (Bagian Hulu)	0,170	5	4,17

Di daerah penyelidikan terdapat beberapa lokasi yang berpotensi untuk dikembangkan kegiatan PLTMH, yaitu Sungai Siamang, Sungai Arang, Sungai Pejangki dan Sungai Air Antan. Sungai Siamang (orde 2) merupakan

anak sungai Batang Gansal sedangkan Sungai Arang (orde 3), Pejangki (orde 2) dan Air Antan (orde 2) merupakan anak Sungai Cenako. Evaluasi potensi mikrohidro secara rinci dilakukan pada empat lokasi di atas.

Tabel 3. Resume Potensi Mikrohidro Indragiri Hulu

Lokasi	Beda tinggi (m)	Debit air (m ³ /dtk)	Daya Terbangkitkan (KW)
Ds. Rantau Langsat	15	0,162	11,92
Sungai Arang	10	0.271	13,29
Sungai Pejangki	10	0.38	18,64
S. Air Antan (Ds. Sipang)	5	1,554	38,11
S. Air Antan (Batutajam)	5	1,474	36,15

Secara keseluruhan hasil perhitungan potensi daya yang dapat dimanfaatkan di lokasi yang berpotensi dapat dilihat pada tabel 3.

A. Sungai Siamang

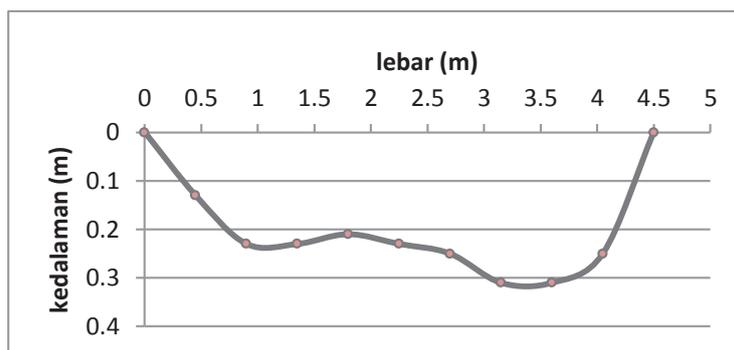
Lokasi potensi mikrohidro terletak \square 1,00 km arah tenggara dari Desa Rantau Langsat. Jarak Desa Rantau Langsat dengan pusat kecamatan \square 6,50 km. Desa terdekat lain dari lokasi survei adalah Desa Siambul (berjarak sekitar 5 km).

Desa Rantau Langsat dapat dicapai dengan menggunakan kendaraan roda empat melalui jalan batu/tanah. Akses jalan dari desa Rantau Langsat menuju lokasi potensi mikrohidro dicapai melalui jalan tanah yang hanya dapat dilalui dengan berjalan kaki sekitar 1,20 km ke arah tenggara. Morfologi Desa Rantau Langsat berdasarkan peta kemiringan lereng termasuk dalam kelas agak terjal – sangat terjal. Sungai yang berpotensi untuk dikembangkan PLTMH di desa ini adalah Sungai Siamang. Sungai Siamang mengalir relatif ke arah barat. Di bagian hulu terdapat terjunan air setinggi \pm 10,00 m yang dinamakan air terjun Siamang (Gambar 2)



Rekayasa untuk mendapatkan beda tinggi yang diinginkan pada lokasi yang tidak jauh dari desa perlu dilakukan dengan jalan melakukan pembendungan dan penyadapan air (*free intake*) pada koordinat $102^{\circ}27'47,12''$ BT; $0^{\circ}47'54,23''$ LS dan membuat saluran air sepanjang \pm 0,32 km untuk mendapatkan beda tinggi \pm 15,00 m pada koordinat $102^{\circ}27'40,36''$ BT; $0^{\circ}48'1,36''$ LS. Pembendungan akan menaikkan muka air dan menggenangi daerah di belakangnya sehingga terbentuk daerah genangan seluas 348.800 m^2 , dengan volume air diperkirakan sebesar $2.325.000 \text{ m}^3$.

Kondisi arus sungai Siamang secara umum bersifat tenang, akan tetapi teridentifikasi adanya aliran turbulensi yang disebabkan adanya bongkah-bongkah batu di dalamnya. Kedalaman sungai mencapai 1,00 m. Berdasarkan hasil uji sedimentasi menunjukkan bahwa solid sedimen yang dihasilkan dari contoh suspended load adalah $1,48 \times 10^{-3} \text{ kg/s.m}$. Sedangkan untuk bed load adalah $1,52 \times 10^{-3} \text{ kg/s.m}$. Pengukuran debit sesaat dilakukan pada bulan Juli 2012 dengan sketsa penampang basah seperti terlihat pada Gambar 3. Hasil perhitungan menunjukkan bahwa di lokasi pengukuran, debit sesaat sungai Siamang sebesar $0.162 \text{ m}^3/\text{detik}$. Perhitungan potensi daya listrik yang dapat dimanfaatkan berdasarkan pengukuran debit sesaat dan hasil rekayasa beda tinggi yang ada, menghasilkan daya sebesar \pm 11,92 kW.



Gambar 3. Penampang Basah Sungai Siamang

Lokasi potensi mikrohidro ini termasuk dalam satuan Greywacke dan Pasir-Serpilh-Lempung. Satuan Perselingan Pasir, Serpilh, Lempung menunjukkan bahwa hingga kedalaman 3,8 meter di bawah permukaan tanah, litologi didominasi lempung lanauan, coklat kehitaman - abu-abu, lunak - teguh, plastisitas tinggi, mengandung kerikil batuan beku. Hasil analisa laboratorium mekanika tanah menunjukkan bahwa sifat fisik dan mekanik tanah di lokasi ini (TS 01) adalah sebagai berikut: berat jenis (G_s) 2,664, berat isi asli (γ_t) 1,267 gr/cm³, angka pori (e) 1,80 dan porositas (n) 64,32%, derajat kejenuhan 49,22%, batas cair (LL) 51,67%, batas plastis (PL) 30,51%, indeks plastisitas (PI) 21,16%, kandungan lempung 8%, kandungan lanau 49%, kandungan pasir 43%, kohesi (c) 0,122 kg/cm², sudut geser

dalam (ϕ) 25,39°.

Simulasi kemandapan lereng dilakukan dengan menggunakan data laboratorium dan program *Plane Failure Analysis V 2.1*, (modifikasi Hoek dan Bray, 1981). Simulasi dengan asumsi sudut bidang gelincir setengah dari sudut lereng pada zona saprolit, menunjukkan bahwa kondisi lereng di daerah ini cukup aman jika sudut lerengnya 45° dan tinggi lereng maksimum 15 m, dimana faktor keamanannya adalah 1,5. Sudut kemiringan lereng hingga 70° cukup aman dengan nilai keamanan 1,5 jika tinggi lereng maksimal 5 m. Daya dukung pondasi dangkal di daerah ini adalah 1,082 kg/cm². Dapat disimpulkan bahwa di lokasi ini ditinjau dari sisi geologi teknik cukup aman jika didirikan bangunan infrastruktur yang diperlukan untuk mikrohidro.

Tabel 4 Simulasi Kestabilan Lereng Daerah Sungai Siamang

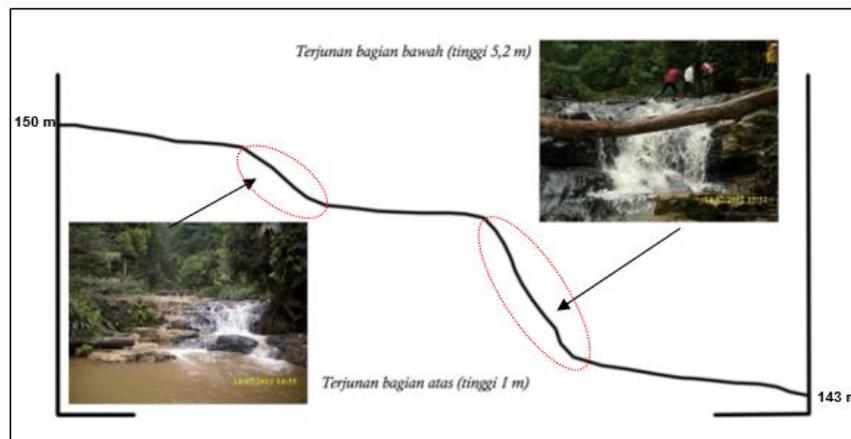
No	Tinggi slope	Sudut lereng	Sudut Bid. Gelincir	FK
1	15	50	25	1,465
2	15	45	23	1,630
3	15	40	20	1,889
4	10	55	28	1,496
5	10	50	25	1,697
6	10	45	23	1,896
7	5	75	38	1,357
8	5	70	35	1,526
9	5	65	33	1,692

B. Sungai Arang

Lokasi potensi mikrohidro Sungai Arang terletak 200 m dari desa Seresam ke arah barat berupa terjunan air di Sungai Arang. Lokasi ini dapat dicapai melalui jalan batu (perkerasan) simpang Arvena yang dapat dilalui dengan menggunakan kendaraan roda empat sejauh dua kilometer. Dilanjutkan dengan jalan tanah

dan jalan setapak dengan berjalan kaki kurang lebih 500 m.

Morfologi daerah ini berupa perbukitan dan berdasarkan peta kemiringan lereng termasuk dalam kelas agak terjal. Sungai Arang mengalir relatif ke arah timur. Di bagian hulu terdapat terjunan air bertingkat dengan total tinggi $\pm 6,2$ m (Gambar 4).



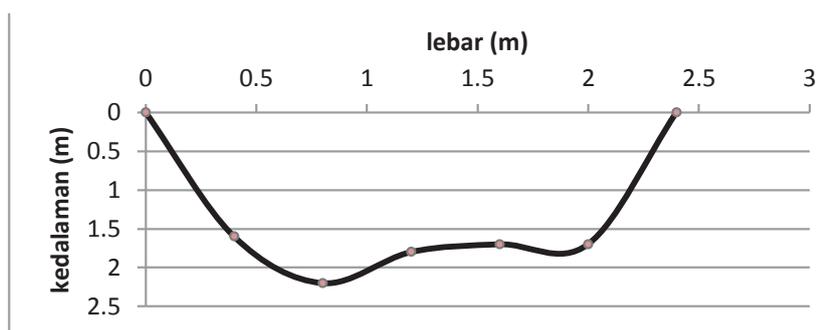
Gambar 4. Sketsa Penampang dan Foto Terjunan Air di Sungai Arang

Lokasi terjunan air dapat dijadikan sebagai titik penempatan posisi penyadapan air (*free intake*) tetapi jaraknya cukup jauh dari desa di sekitarnya. Rekayasa untuk mendapatkan beda tinggi yang diinginkan pada lokasi yang tidak jauh dari desa dapat dilakukan dengan jalan melakukan pembendungan dan penyadapan air (*free intake*) pada koordinat $102^{\circ}25'4,62''$ BT; $0^{\circ}37'35,87''$ LS. Saluran air (*head race*) dibuat mengikuti pola kontur yang ada sepanjang ± 110 m untuk mendapatkan beda tinggi $\pm 10,00$ m pada koordinat $102^{\circ}25'7,28''$ BT; $0^{\circ}37'31,80''$ LS. Pembendungan ini akan menghasilkan daerah genangan seluas 186.500 m², dengan volume air genangan diperkirakan sebesar 932.500 m³.

Kondisi arus Sungai Arang dominan bersifat

turbulen karena kondisi berbatu di sepanjang aliran sungai sehingga pengukuran debit tidak dapat dilakukan dengan baik. Kedalaman sungai mencapai 2,00 m seperti terlihat pada penampang sungai. Berdasarkan hasil uji sedimentasi menunjukkan bahwa solid sedimen yang dihasilkan dari contoh *suspended load* adalah $1,38 \times 10^{-3}$ kg/s.m. Sedangkan untuk *bed load* adalah $1,48 \times 10^{-3}$ kg/s.m.

Pengukuran debit sesaat dengan sketsa penampang basah seperti terlihat pada Gambar 5, menghasilkan debit air di terjunan Sungai Arang sebesar 0.271 m³/detik. Berdasarkan data pengukuran debit sesaat dan beda tinggi yang ada ($10,00$ m) maka daya teoritis yang dapat dibangkitkan adalah sebesar $\pm 13,29$ kW.



Gambar 5. Penampang Basah Sungai Arang

Lokasi potensi mikrohidro ini termasuk dalam satuan Perselingan Pasir, Serpih, Lempung. Hingga kedalaman 2,00 meter di bawah permukaan tanah litologi didominasi lempung - lempung pasiran, coklat kemerahan, lunak – agak teguh, plastisitas sedang, sedangkan di bawahnya hingga kedalama 2,20 meter berupa pasir lempungan, abu-abu, padat, pasir berukuran halus – sedang.

Hasil analisa laboratorium mekanika tanah menunjukkan bahwa sifat fisik dan mekanik tanah di lokasi ini (TS 09) adalah sebagai berikut: berat jenis (Gs) 2,655, berat isi asli (γ_t) 1,699 gr/cm³, angka pori (e) 0,81 dan porositas (n) 44,62%. derajat kejenuhan 51,27%, kandungan lanau 7%, kandungan pasir 93%, kohesi (c) 0,007 kg/cm², sudut geser dalam (ϕ) 28,31°.

Tabel 5. Simulasi Kestabilan Lereng Daerah Sungai Arang

No	Tinggi slope	Sudut lereng	Sudut Bid. Gelincir	FK
1	15	45	23	1,452
2	15	40	20	1,689
3	15	35	18	1,903
4	10	50	25	1,402
5	10	45	23	1,552
6	10	40	20	1,803
7	5	55	28	1,464
8	5	50	25	1,663
9	5	45	23	1,851

Hasil simulasi stabilitas lereng dengan asumsi sudut bidang gelincir setengah dari sudut lereng dan berada pada zona saprolit, menunjukkan bahwa kondisi tanah di daerah ini cukup aman jika sudut lerengnya 40° dan tinggi lereng maksimum 15 m, dimana faktor keamanannya adalah 1,5. Sudut kemiringan lereng hingga 50° cukup aman dengan nilai keamanan 1,5 jika tinggi lereng maksimal 5 m. Daya dukung pondasi dangkal di daerah ini adalah

2,172 kg/cm² (perhitungan menggunakan data laboratorium). Dapat disimpulkan bahwa di lokasi ini ditinjau dari sisi geologi teknik layak untuk didirikan bangunan infrastruktur yang diperlukan untuk mikrohidro.

C. Sungai Pejangki

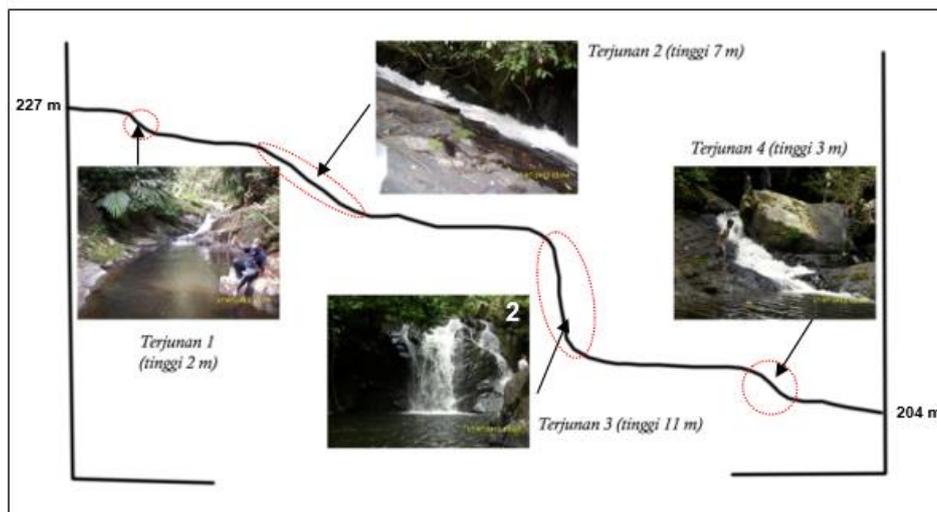
Morfologi daerah Pejangki merupakan medan berbukit dan termasuk dalam kelas lereng

agak terjal – terjal. Sungai yang berpotensi untuk dikembangkan PLTMH adalah Sungai Pejangki yang mengalir relatif ke arah utara menuju Desa Pejangki. Di bagian hulu dijumpai terjunan air bertingkat yang cukup tinggi (total ± 22 m) (Gambar 6).

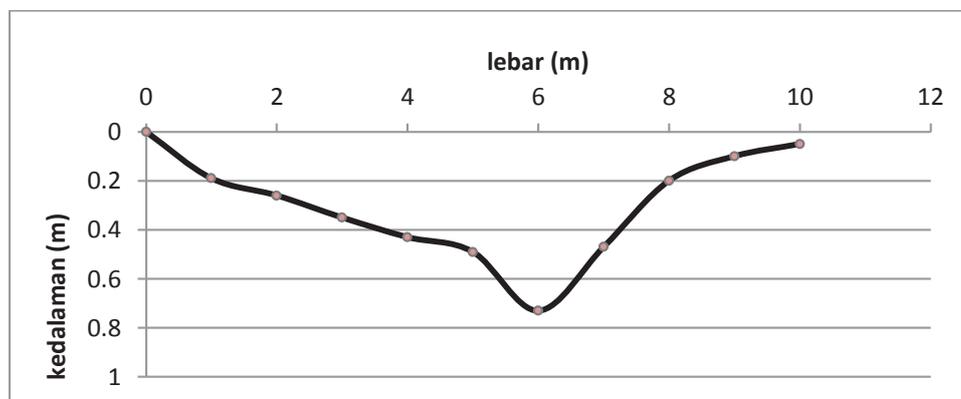
Lokasi terjunan air ini cukup jauh dari desa Pejangki (±20 km). Akses jalan ke lokasi terjunan air berupa jalan batu (perkerasan) yang dapat dilalui dengan menggunakan kendaraan roda empat hingga batas lokasi perkebunan sawit PT Arvena, dilanjutkan dengan berjalan kaki kurang lebih 1,3 km masuk ke dalam area Taman Nasional Bukit

Tiga Puluh. Untuk mencapai lokasi terjunan air harus menuruni tebing dengan kemiringan hampir tegak sejauh ±100 m.

Pengukuran debit sesaat pada bulan Juli 2012 dengan sketsa penampang basah seperti terlihat pada Gambar 7, menunjukkan bahwa debit air sungai Pejangki adalah 0.380 m³/detik. Berdasarkan data debit sesaat dan perkiraan beda tinggi yang dihasilkan maka, daya yang dapat dibangkitkan secara teoritis adalah sebesar ± 18,64 kW. Solid sedimen yang dihasilkan dari contoh suspended load sebesar 1,36 x 10⁻³ kg/s.m. Sedangkan untuk bed load adalah 1,42 x 10⁻³ kg/s.m.



Gambar 6. Sketsa Penampang dan Foto Terjunan Air di Sungai Pejangki



Gambar 7. Penampang Basah Sungai Pejangki

Rekayasa untuk mendapatkan beda tinggi yang diinginkan pada lokasi yang tidak jauh dari desa dapat dilakukan dengan jalan melakukan pembendungan dan penyadapan air (*free intake*) pada koordinat 102°18'10,29" BT; 0°38'58,09" LS dan membuat saluran air sepanjang ± 200 m untuk mendapatkan beda tinggi ± 10 m pada koordinat 102° 18' 11,80" BT; 0° 39' 2,34" LS. Pembendungan ini menghasilkan daerah genangan seluas 43.520 m² dan volume air di daerah genangan diperkirakan sebesar 145.066 m³.

Hingga kedalaman 2,75 meter di bawah

permukaan tanah litologi didominasi Lempung pasiran, coklat – coklat kehitaman, sangat lunak - teguh, pasir berbutir halus - kasar, plastisitas rendah - sedang. Hasil analisa laboratorium mekanika tanah menunjukkan bahwa sifat fisik dan mekanik tanah di lokasi ini (TS 21) adalah sebagai berikut: berat jenis (Gs) 2,650, berat isi asli (γ) ,506 gr/cm³, angka pori (e) 1,75 dan porositas (n) 63,63%, derajat kejenuhan 85,22%, batas cair (LL) 75,63%, batas plastis (PL) 31,16%, indeks plastisitas (PI) 44,47%, kandungan lempung 68%, kandungan lanau 18%, kandungan pasir 14%, kohesi (c) 0,115 kg/cm², sudut geser dalam (ϕ) 11,81°.

Tabel 6. Simulasi Kestabilan Lereng Daerah Sungai Pejangki

No	Tinggi slope	Sudut lereng	Sudut Bid. Gelincir	FK
7	15	45	23	1,377
8	15	40	20	1,596
8	15	35	18	1,813
14	10	50	25	1,424
15	10	45	23	1,59
16	10	40	20	1,839
19	5	65	33	1,401
20	5	60	30	1,574
21	5	55	28	1,75

Dari hasil simulasi perhitungan kemantapan lereng dengan menggunakan data laboratorium (Tabel 6), menunjukkan bahwa lereng di daerah ini cukup aman jika sudut kemiringan lerengnya 40° dan tinggi maksimum 15 m. Sudut kemiringan lereng hingga 60° cukup aman dengan nilai keamanan 1,5 jika tinggi lereng maksimal 5 m. Daya dukung pondasi dangkal di daerah ini adalah 1,548 kg/cm². Dapat disimpulkan bahwa lokasi potensi mikrohidro ini cukup aman untuk didirikan bangunan infrastruktur yang diperlukan untuk mikrohidro.

D. Sungai Air Antan

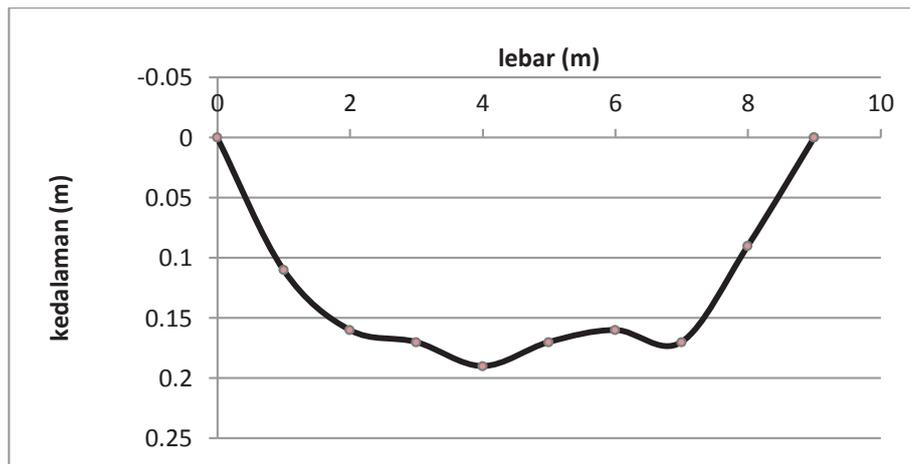
Potensi sungai Air Antan sebagai sumber energi listrik cukup baik karena kesinambungan

ketersediaan air cukup terjaga karena daerah hulu sungai Air Antan merupakan hutan Taman Nasional Bukit Tigapuluh. Morfologi di daerah aliran sungai Air Antan cukup mendukung untuk mendapatkan beda tinggi yang memadai untuk PLTMH. Perbukitan di aliran sungai termasuk dalam kelas lereng landai - agak terjal di desa Sanglap dan sekitarnya. Berdasarkan hasil uji sedimentasi menunjukkan bahwa solid sedimen yang dihasilkan dari contoh suspended load adalah 9,8 x 10⁻⁴ kg/s.m Sedangkan untuk bed load adalah 1,52 x 10⁻³ kg/s.m.

Berdasarkan hasil analisa topografi maka dapat dilakukan rekayasa beda tinggi pada beberapa lokasi di daerah aliran sungai Air Antan. Lokasi pertama adalah di desa

Sipang yaitu dengan menempatkan posisi penyadapan air (*free intake*) pada koordinat $102^{\circ}16'6,05''$ BT, $0^{\circ}46'44,04''$ LS dan membuat saluran air sepanjang $\pm 1,0$ km untuk mendapatkan beda tinggi ± 5 m pada koordinat $102^{\circ}15'39,60''$ BT, $0^{\circ}46'38,23''$ LS. Pembendungan membentuk daerah genangan seluas 126.900 m^2 dan diperkirakan volume

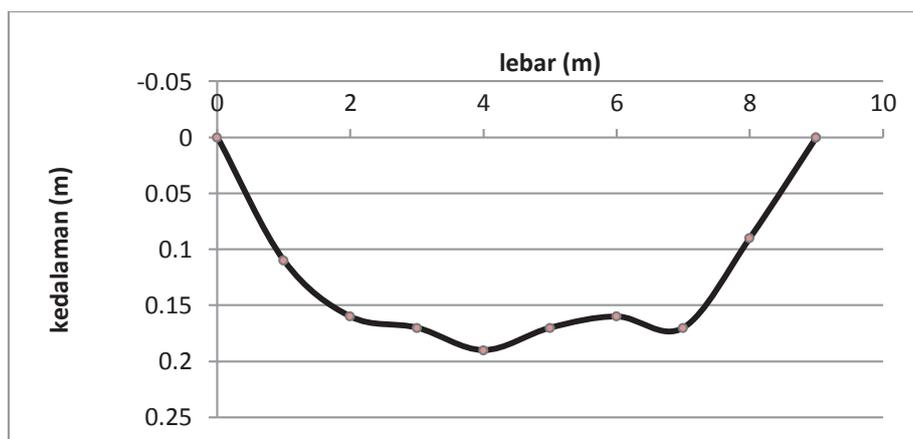
genangan airnya sebesar 634.500 m^3 . Lokasi kedua adalah di desa Sanglap. Topografi daerah ini dapat memberikan beda tinggi ± 5 m dengan menempatkan bendung pada koordinat $102^{\circ}17'0,62''$ BT; $0^{\circ}47'49,68''$ LS yang akan menghasilkan daerah genangan seluas 370.500 m^2 dan volume air genangan diperkirakan sebesar $2.717.000 \text{ m}^3$.



Gambar 8. Penampang Basah Sungai Air Antan di Desa Sipang

Pengukuran debit air di desa Sipang dengan penampang basah seperti terlihat pada Gambar 8, menghasilkan debit sesaat sebesar $1,554 \text{ m}^3/\text{det}$. Dengan rekayasa ini maka akan dihasilkan daya terbangkitkan secara teoritis sebesar $\pm 38,11 \text{ kW}$.

Pengukuran debit air di desa Sanglap (daerah Batutajam) dengan penampang basah seperti pada Gambar 9, menghasilkan debit air sebesar $1,474 \text{ m}^3/\text{det}$. Dengan rekayasa ini maka akan dihasilkan daya listrik terbangkitkan secara teoritis sebesar $\pm 36,15 \text{ kW}$.



Gambar 9. Penampang Basah Sungai Air Antan di Batutajam

Hingga kedalaman 3,90 meter di bawah permukaan tanah litologi didominasi lempung lanauan, abu-abu kecoklatan, lunak - teguh, plastisitas sedang – tinggi. Hasil analisa laboratorium mekanika tanah menunjukkan bahwa sifat fisik dan mekanik tanah di lokasi ini (TS 16) adalah sebagai berikut: berat jenis (Gs) 2,652, berat isi asli (γ_s) 1,698 gr/cm³, angka pori (e) 0,96 dan porositas (n) 49,03%, derajat kejenuhan 70,61%, batas cair (LL) 58,50%, batas plastis (PL) 32,60%, indeks plastisitas (PI) 25,90%, kandungan lempung 26%, kandungan lanau 49%, kandungan pasir 25%, kohesi (c) 0,181 kg/cm², sudut geser dalam (ϕ) 23,1°.

Dari hasil simulasi kemandapan lereng dengan

menggunakan data laboratorium (Tabel 7 dan Tabel 8), menunjukkan bahwa lereng di daerah Sipang cukup aman jika sudut kemiringan lerengnya 40° dan tinggi maksimum 15 m. Sudut lereng 60° akan aman jika tinggi lereng maksimum 5 m. Sedangkan daerah Batutajam (Sanglap), kondisi lereng cukup aman jika sudut kemiringan lerengnya 45° dan tinggi maksimum 15 m. Sudut lereng 65° akan aman jika tinggi lereng maksimum 5 m. Daya dukung pondasi dangkal di daerah Sipang adalah 1,352 kg/cm², dan di daerah Batutajam adalah 1,965 kg/cm². Dapat disimpulkan bahwa di kedua lokasi ini secara keteknikan cukup aman didirikan bangunan infrastruktur yang diperlukan untuk mikrohidro.

Tabel 7. Simulasi Kestabilan Lereng Daerah Sipang

No	Tinggi slope	Sudut lereng	Sudut Bid. Gelincir	FK
1	15	45	23	1,345
2	15	40	20	1,569
3	10	50	25	1,413
4	10	45	23	1,579
5	10	40	20	1,826
6	5	65	33	1,415
7	5	60	30	1,690
8	5	55	28	1,769

Tabel 8. Simulasi Kestabilan Lereng Daerah Batutajam

No	Tinggi slope	Sudut lereng	Sudut Bid. Gelincir	FK
1	15	50	25	1,360
2	15	45	23	1,517
3	15	40	20	1,756
4	10	55	28	1,417
5	10	50	25	1,607
6	10	45	23	1,8
7	5	70	35	1,49
8	5	65	33	1,657
9	5	60	30	1,816

KESIMPULAN

Potensi kapasitas daya terbangkit di Sungai Siamang adalah 12,2 kW, Sungai Arang sebesar 8,27 kW, Sungai Pejangki sebesar 18,44 kW, Sungai Air Antan (daerah Sipang) sebesar 38,11 kW dan Sungai Air Antan (daerah Batutajam) sebesar 36,13 kW.

Skala prioritas jika PLTMH akan dikembangkan adalah optimalisasi potensi debit Sungai Air Antan di daerah Sipang yang dapat menerangi 139 rumah dengan daya 250 Watt tiap rumah dan cadangan daya sebesar 3,36 kW.

Beda tinggi pada alur sungai di daerah yang disarankan umumnya relatif datar sehingga untuk mendapatkan beda tinggi yang diinginkan harus dilakukan pembendungan untuk menaikkan muka air sungai. Terjunan air alami terletak sangat jauh dari pemukiman, sehingga tidak disarankan untuk dikembangkan sebagai lokasi PLTMH.

Daya dukung tanah di lokasi PLTMH yang disarankan berkisar antara sedang hingga tinggi dan kestabilan lerengnya cukup aman untuk membangun infrastruktur yang diperlukan dalam mendirikan PLTMH.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim, 2019, “Kabupaten Indragiri Hulu dalam Angka 2011”, Badan Pusat Statistik Kabupaten Indragiri Hulu.
- Anonim, 2019, Kecamatan Batang Cenaku Dalam Angka 2011, Badan Pusat Statistik Kabupaten Indragiri Hulu
- Anonim, 2019, Kecamatan Batang Gansal Dalam Angka 2011, Badan Pusat Statistik Kabupaten Indragiri Hulu.
- Anonim, 2020, Bauran Energi Nasional 2019, Dewan Energi Nasional
- Howard A.D, 1978, “*Geology in Environmental*

Planning”, Mc Graw-Hill, USA

- N. Suwarna, T. Budhitrisna, S. Santosa, S. Andi Mangga, 1994, “Peta Geologi Lembar Rengat skala 1:250000”, Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi, Bandung.
- Nurhayati D dan Herdi M, 2018, “*Analisis Potensi Pengembangan Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro Di Kabupaten Bone Bolano*”, *Gorontalo Journal of Infrastructure and Science Engineering*, Vol 1, No. 1.
- Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 30 Tahun 2007 tentang Energi, Bab V Pengelolaan Energi, Pasal 20.
- <http://www.itdg.com>, “*Micro-hydro power: Technical Brief*”, Intermediate Technology Development Group, Wales, di unduh tanggal 29 Mei 2020.