

ANALISIS GIS DALAM REKAYASA TATA LETAK PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA MIKRO-HIDRO (PLTMH) SUNGAI KERKAP, BENGKULU

M. R. Tanjung^{1*} dan S. N. Jati¹

¹ Teknik Geologi, Universitas Sriwijaya, Palembang

Corresponding author: 03071181722004@student.unsri.ac.id

ABSTRAK: Kabupaten Bengkulu Utara merupakan daerah dengan kondisi morfologi yang beragam serta unik, Hal ini dikarenakan lokasi Bengkulu Utara sendiri terletak pada bukit barisan yang membuatnya memiliki relief morfologi yang beragam. Kondisi morfologi yang unik dan juga beragam ini memiliki potensi pembangkit listrik tenaga mikro-hidro (PLTMH) yang potensial. Pada daerah penelitian dapat dikatakan pendistribusian listrik ke daerah pelosok masih belum merata yang ditunjukkan dari daerah perbukitan dan sulitnya akses jalan menuju lokasi. Penelitian ini dapat menjadi data pendukung utama dalam membangun PLTMH di beberapa desa Kabupaten Bengkulu Utara khususnya di Kecamatan Kerkap yang masih memiliki keterbatasan listrik akibat tidak terjangkauannya area. Oleh karena itu, penelitian terhadap penentuan tata letak PLTMH berdasarkan aspek geologi penting dilakukan. Aspek geologi yang dianalisa adalah morfologi kelerengan sekitar sungai dan litologi batuan yang menjadi dasar konstruksi PLTMH. Penelitian ini menggunakan metode AHP (Analysis Hierarchy Process) yang menggabungkan beberapa parameter geologi yang memiliki bobot nilai tertentu dan setelah nya diaplikasikan dengan overlay data via GIS untuk mendapatkan daerah prospek untuk dapat dibuat Pembangkit Listrik yang ditinjau dari aspek Geologi. Secara keseluruhan, hasil dari penelitian ini akan diaplikasikan pada beberapa sungai yang prospek untuk dibangun PLTMH contohnya di Desa Batang Palik dan Sumber rejo Kecamatan Kerkap , Kabupaten Bengkulu Utara dimana memiliki prospek tertinggi dari hasil penggabungan parameter geologi.

Kata Kunci: Kerkap, litologi, mikro-hidro, hidrogeologi, GIS.

ABSTRACT: North Bengkulu Regency is an area with various and unique morphological conditions. This is because the location of North Bengkulu itself is located on a row hill which makes it have various morphological reliefs. These unique and varied morphological conditions have the potential for potential micro-hydro power plants (MHP). In the research area, it can be said that the distribution of electricity to remote areas is still not evenly distributed, as indicated by the hilly areas and the difficulty of road access to the location. This research can be the main supporting data in building PLTMH in several villages of North Bengkulu Regency, especially in Kerkap District which still has limited electricity due to inaccessibility of the area. Therefore, it is important to conduct research on the determination of MHP adhesion based on geological aspects. The geological aspects analyzed are the slope morphology around the river and the rock lithology which is the basis for the PLTMH construction. This study uses the AHP (Analysis Hierarchy Process) method which combines several geological parameters that have a certain weight value and after that is applied with data overlay via GIS to obtain a prospect area for a power plant in terms of geology. Overall, the results of this study will be applied to several rivers with prospects for PLTMH development, for example in Batang Palik and Sumber rejo Villages, Kerkap District, North Bengkulu Regency which have the highest prospects from the merging of geological parameters.

Keywords: Often, lithology, micro-hydro, hydrogeology, GIS.

PENDAHULUAN

PLTMH merupakan pembangkit energi listrik terbarukan yang memanfaatkan aliran air lokal dan kemiringan lereng sungai (Ardüser et al. 2009). Secara

umum energi listrik dihasilkan karena berat dari volume air yang mengalir dari ketinggian tertentu menciptakan energi kinetik yang mengalir menuju rumah pembangkit dan memutar turbin menghasilkan energi mekanik, lalu generator mengkonversi energi mekanik menjadi energi

listrik. Air yang mengalir kedalam rumah pembangkit akan dialirkan kembali menuju sungai, sehingga pada dasarnya tidak ada volum air yang berkurang atau polusi yang dihasilkan .

Pembangkit listrik yang memanfaatkan air atau *hydroelectricity* merupakan sumber energi terbarukan yang sangat berpotensi besar, namun pada tahun 2017 hanya dimanfaatkan sekitar 20% kebutuhan listrik dunia (Signe, 2017). Sedangkan Indonesia sendiri potensi *hydroelectricity* sangat besar yang belum dimanfaatkan. Berdasarkan data *Integrated Microhydro Development and Application program* (2009), data pemetaan potensi air tahun 2008, ada sekitar 4,2 GW dari potensi total 75,67 GW yang baru dimanfaatkan untuk PLTA. Sedangkan ada sekitar 230 MW dari potensi total 450 MW yang baru dimanfaatkan untuk PLTMH.

Berdasarkan beberapa fakta dan kondisi tersebut, permasalahan akan keterbatasan sumber daya listrik pada daerah terpencil di Indonesia terutama pada kecamatan kerkap seharusnya dapat teratasi, karena solusi dari permasalahan tersebut telah tersedia. Dan untuk meningkatkan efisiensi pengaplikasiannya, diperlukan studi yang membahas tentang aspek yang mempengaruhi penentuan tata letak konstruksi PLTMH yang dalam hal ini menggunakan pendekatan- pendekatan tertentu didalamnya.

Setelah dilakukan pendekatan geologi, ada beberapa hal yang dapat meningkatkan tingkat prospek beberapa sungai yang berada di daerah penelitian mulai dari bentuk sungai kecepatan serta debit sungai dan lain sebagainya. Morfometri dari sisi sungai di beberapa titik memiliki kemiringan lereng yang agak curam (20-350), kriteria ini sangat cocok untuk pipa penstock. Morfometri dari jalur sungai di beberapa titik memiliki banyak batas elevasi berupa air terjun skala kecil, kondisi morfologi ini dapat memerikan nilai head yang besar. Litologi dari pondasi masing-masing konstruksi berupa batuan sedimen yang terbentuk pada lingkungan laut sehingga batuan terbentuk sangat kompak, pondasi yang kokoh sangat mempengaruhi usia pakai dari masing-masing komponen konstruksi.

Oleh sebab itu, berdasarkan pemahaman terhadap kondisi geologi daerah penelitian yang ditinjau dari beberapa data citra dan ketertarikan untuk memanfaatkan energi mikro-hidro dari sungai setempat sehingga tujuan penelitian ini untuk memberikan rancangan tata letak komponen konstruksi yang disarankan dan menilai besaran daya sumber listrik potensial yang dapat dikelola untuk memenuhi kebutuhan listrik untuk beberapa daerah yang masih belum rata penyebarluasnya.

Lokasi Penelitian

Secara administratif daerah penelitian berada di Kecamatan Kerkap, Kabupaten Bengkulu Utara Povinsi Bengkulu, Daerah penelitian terletak di bagian utara Kota Bengkulu (gambar 1). Secara geografis, lokasi penelitian berada pada koordinat UTM 47S 962000S, 196000E, dan 961000N, 202000 E. dengan luas 36km².



Gambar 1 Lokasi Penelitian yang berada pada Kabupaten Bengkulu Utara, Kecamatan Kerkap

Pencapaian Daerah

Ketercapaian lokasi daerah penelitian dapat dicapai dari kota Bengkulu dengan kombinasi kendaraan roda empat atau roda dua melalui jalan Lintas Sumatera berarah selatan dengan jarak total 48,1 Km dengan estimasi waktu tempuh + 1,5 jam untuk sampai di Kecamatan Kerkap dan Selain dari Kota Bengkulu untuk mencapai daerah penelitian dapat dicapai juga dari daerah Curup yang memakan waktu lebih lama + 2,5 jam untuk sampai di kecamatan Kerkap. Untuk dapat mengakses ke daerah tujuan yaitu beberapa desa di kecamatan Kerkap seperti Desa Batang Palik, Talang Rendah. Apabila telah sampai di kecamatan Kerkap maka membutuhkan waktu sekitar 15 – 30 menit untuk dapat sampai ke desa. Untuk beberapa desa masih dapat dijangkau menggunakan kendaraan roda empat namun beberapa desa diharuskan menggunakan kendaraan roda dua karena akses jalan yang rusak dan kecil motor tersebut sering dinamakan. (Motor Gerandong atau Offroad Trail).

Geologi

Menghimpun data dari penelitian terdahulu yang mencakup lokasi penelitian. Urutan pengendapan batuan

dari tua hingga muda diawali dengan terbentuknya Formasi Seblat yang terendapkan pada kala Oligosen Awal hingga Oligosen Akhir dengan satuan batuan berupa batupasir dan juga batugamping seblat. Dilanjutkan dengan formasi Granit yang terbentuk pada Miosen awal yang juga menerobos beberapa bagian dari Formasi Seblat. Kemudian diikuti dengan terendapnya Formasi Lemau yang terbentuk pada masa Miosen Tengah dengan satuan batuan berupa breksi gunung api serta material epiklastika lemau. Terakhir diikuti dengan terendapnya Formasi Bintunan dan Satuan batuan gunung api andesit - basalt yang terbentuk pada masa Kuarter dengan satuan batuan berupa Konglomerat, breksi dan tuff Bintunan.

METODE

Penentuan Titik Potensial Mikro-Hidro

Metode yang digunakan untuk menentukan titik potensial mikro-hidro adalah Metode AHP dan metode overlay berbasis SIG. Metode Analytic Hierarchy Process (AHP) yang dikembangkan oleh Saaty merupakan metode pengambilan keputusan yang kompleks dengan cara disederhanakan. Metode ini membandingkan nilai matriks pada setiap parameter. Dalam penentuan titik potensial mikro-hidro daerah penelitian, metode AHP merupakan tahap awal untuk memberikan nilai bobot pada setiap parameter yang kemudian akan di timbang tindiakan berdasarkan metode overlay berbasis sistem infomasi geografis (SIG) untuk menghasilkan peta overlay yang menunjukkan areal ideal dalam penentuan tata letak kontruksi.

Metode AHP yang dikembangkan Saaty adalah metode pembobotan dengan membandingkan dua kriteria melalui matriks perbandingan berpasangan dimana nilai dari satu kriteria lainnya ditetapkan. Skala standar yang digunakan berkisar dari 1 hingga 9 yang rinciannya dapat dilihat pada tabel dibawah (Tabel 1).

Tabel 1 Pembobotan Skala menurut Saaty, 2008.

Skala	Keterangan
1	Sama penting
2	Sama hingga sedang penting
3	Sedang pentingn
4	Sedang hingga kuat penting
5	Kuat penting
6	Kuat hingga sangat kuat penting

7	Sangat kuat penting
8	Sangat kuat hingga ekstrim penting
9	Ekstrim penting

Parameter yang digunakan adalah kemiringan lereng, jarak sungai, dan litologi sebagai pondasi. Setiap parameter akan diberikan nilai sesuai dengan pengaruhnya dalam penentuan titik potensial mikro-hidro. Adapun nilai matriks dari setiap parameter yang mempengaruhi penentuan titik potensial (Tabel 2).

Tabel 2 Nilai matriks dari setiap parameter.

Nilai Matriks	Parameter
2	Litologi sebagai Pondasi
4	Jarak dengan Sungai
3	Kemiringan Lereng

Parameter-parameter yang telah memiliki nilai matriks akan dianalisis dengan dilakukan perbandingan dan normalisasi pada setiap parameter untuk mengetahui nilai bobot masing-masing. Prosedur pembobotan parameter ini akan dilakukan pada bagan hasil dan pembahasan.

Masing-masing parameter yang telah memiliki bobot yang dari hasil analisis metode AHP. Bobot yang didapatkan akan dikalikan dengan nilai dari masing-masing kelas setiap parameter yang menghasilkan skor. Setelah skor akhir pada masing-masing parameter diperoleh maka setiap parameter akan di-overlay untuk dilakukan pembobotan akhir. Nilai dari pembobotan akhir menunjukkan tingkat potensial dari bagian tertentu sungai yang berada pada Kecamatan Kerkap.

Penentuan Titik Potensial Mikro-Hidro

Secara sistematis, besaran kapasitas dari PLTMH didapatkan dengan mengukur kecepatan debit air, besaran selisih tinggi jatuhnya air dari elevasi ketinggian bak pembangkit menuju elevasi ketinggian rumah pembangkit (power house) dan gaya gravitasi yang membawa air mengalir (Thayib, 2017).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Menurut Signe et al. (2017) mengatakan bahwa daerah dengan debit air besar dan memiliki sungai permanen belum tentu dapat dinyatakan sebagai daerah yang berpotensi mikro-hidro terutama jika morfologi daerah penelitian. Aspek morfologi seperti kemiringan lereng, slope sungai, bentuk sungai mempengaruhi

dalam penentuan tata letak komponen konstruksi. Dalam hal ini pengamatan dan pendekatan geologi terhadap aspek morfologi daerah penelitian sangat diperlukan. Sebagai tambahan menurut Barelli et al. (2017) menyatakan bahwa usia pakai dari komponen PLTMH dipengaruhi oleh pondasi konstruksi komponen PLTMH, kriteria pondasi yang baik adalah batuan bersifat kompak yang kuat menahan beban berat dan cukup tahan terhadap pengaruh struktur geologi.

Pembobotan dengan Metode AHP

Parameter yang digunakan dalam metode AHP ini telah diberikan nilai matriks berdasarkan tingkat pengaruhnya dalam penentuan titik potensial mikro-hidro yang mengacu pada skala pembobotan (Saaty 2008). Adapun parameter yang digunakan (Tabel 3).

Tabel 3 Nilai matriks dari masing-masing parameter

Nilai Matriks	Parameter	Singkatan
2	Litologi sebagai Pondasi	Litology (L)
4	Jarak dengan Sungai	Distance (D)
3	Kemiringan Lereng	Slope (S)

Dalam penentuan nilai bobot dari masing-masing parameter dilakukan perbandingan dan normalisasi pada setiap parameter. Bagian perbandingan dilakukan dengan membandingkan nilai intensitas pada parameter berpasangan, sedangkan pada bagian normalisasi dilakukan dari hasil total nilai perbandingan kemudian dibagi dengan jumlah nilainya (Tabel 4).

Tabel 4 Prosedur pembobotan parameter.

Parameter	Perbandingan			Normalisasi			Bobot (%)
	L	D	S	L	D	S	
L	1	1/2	2/3	1/4,5 = 0,22	0,5/2,25 = 0,22	0,66/3 = 0,22	0,22
D	2	1	4/3	0,44	0,44	0,44	0,44
S	3/2	3/4	1	0,33	0,33	0,33	0,33
Σ	4,5	2,25	3	0,99	0,99	0,99	0,99 ≈ 1

Metode AHP mungkin memiliki ketidak konsistesian dalam menetapkan nilai matriks perbandingan berpasangan, sehingga diperlukan perhitungan consistency index (CI) (1). Menurut Saaty (2008), nilai CI yang wajar harus berada dibawah nilai 0,1.

$$CI = \frac{\lambda - n}{n - 1} \dots\dots\dots(1)$$

Sebelum menghitung ketidak konsistensian menggunakan indeks konsistensi atau consistency index (CI) perlu menghitung nilai konsistensi indeks dari masing-masing parameter. Dalam menghitung nilai konsistensi indeks diawali dengan perjumlahan pembobotan parameter dengan cara menghitung penjumlahan parameter yang tertimbang dengan mengkalikan bobot parameter berpasangan. Kemudian konsistensi parameter dihitung sebagai rasio antara penjumlahan parameter tertimbang dan bobot. Lamda (λ) merupakan rata-rata dari nilai konsistensi parameter dan (n) adalah jumlah parameter yang digunakan. Adapun prosedur dalam perhitungan nilai CI dapat dilihat pada (Tabel 5).

Tabel 5 Penjumlahan parameter tertimbang dan konsistensi parameter.

Parameter	Jumlah Pembobotan Parameter	Konsistensi Indeks (CI)
L	(0,22 x 1) + (0,44 x 1/2) + (0,33 x 2/3) = 0,66	0,66/0,22 = 3
D	(0,22 x 2) + (0,44 x 1) + (0,33 x 4/3) = 1,32	3
S	(0,22 x 3/2) + (0,44 x 3/4) + (0,33 x 1) = 0,99	3

Parameter yang digunakan untuk menentukan nilai CI ada 3 (n=3), dari hasil perhitungan yang dilakukan memperlihatkan tingkat konsistensi yang tinggi karena hasil yang didapatkan kurang dari 0,1 (Saaty, 1990).

$$\lambda = \frac{3 + 3 + 3}{3} = 3 \implies CI = \frac{3 - 3}{2} = 0$$

Metode Overlay berbasis SIG

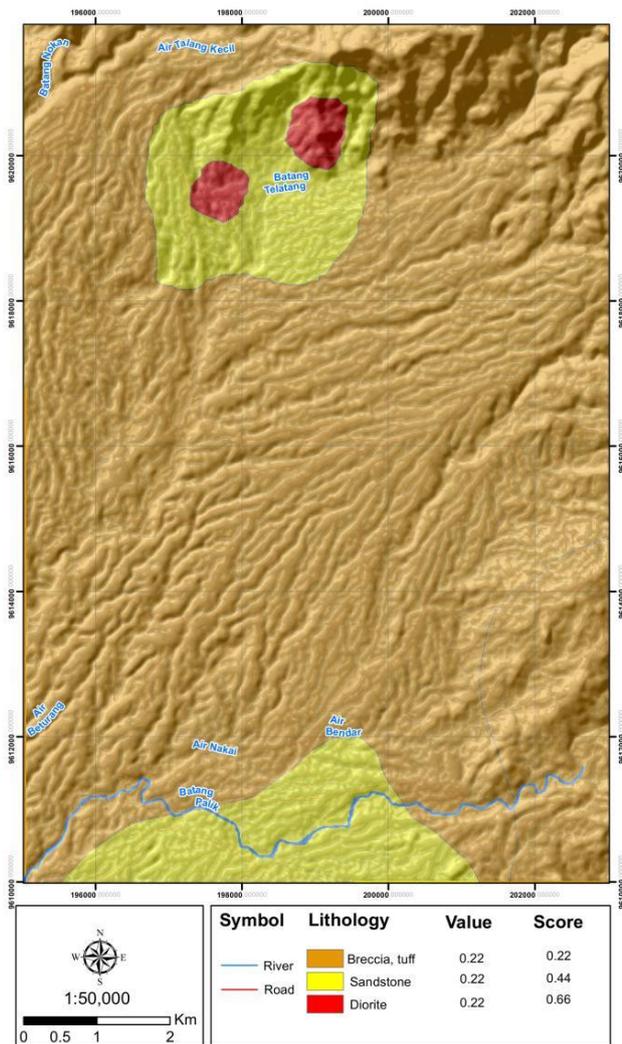
Masing-masing parameter telah memiliki bobot yang dihasilkan dari analisis metode AHP. Bobot yang didapatkan akan dikalikan dengan nilai dari masing-masing kelas setiap parameter yang menghasilkan skor. Setelah skor akhir pada masing-masing parameter diperoleh maka setiap parameter akan di-overlay untuk dilakukan pembobotan akhir. Nilai dari pembobotan akhir menunjukkan tingkat potensial dari bagian sungai di Kecamatan Kerkap tert. Adapun parameter yang digunakan.

Litologi sebagai pondasi konstruksi

Menurut Barelli et al. (2013) litologi yang ideal digunakan sebagai pondasi konstruksi adalah litologi

yang bersifat kompak yang sanggup menompang konstruksi yang cukup berat dan minimal terhadap resiko longsor. Berdasarkan hasil pemetaan geologi, dihasilkan bervariasi litologi pada daerah penelitian. Namun pada tahap ini, litologi tersebut dikelompokkan menjadi tiga kelas yaitu Batu Granodiorit, batuan tuff, dan batupasir.

Kelas yang memiliki skor tertinggi yaitu kelas Batu diorit berupa batu beku. Batuan ini dinilai sangat kompak dan kuat untuk menompang pondasi konstruksi, dan pengaruh dari struktur geologi dilapangan tidak terlihat. Sedangkan kelas dengan skor terendah yaitu kelas Batuan tuff, karakteristik batuan dinilai kurang baik untuk menompang komponen konstruksi dikarenakan tidak terlalu kompak (mudah hancur) (Gambar 2).



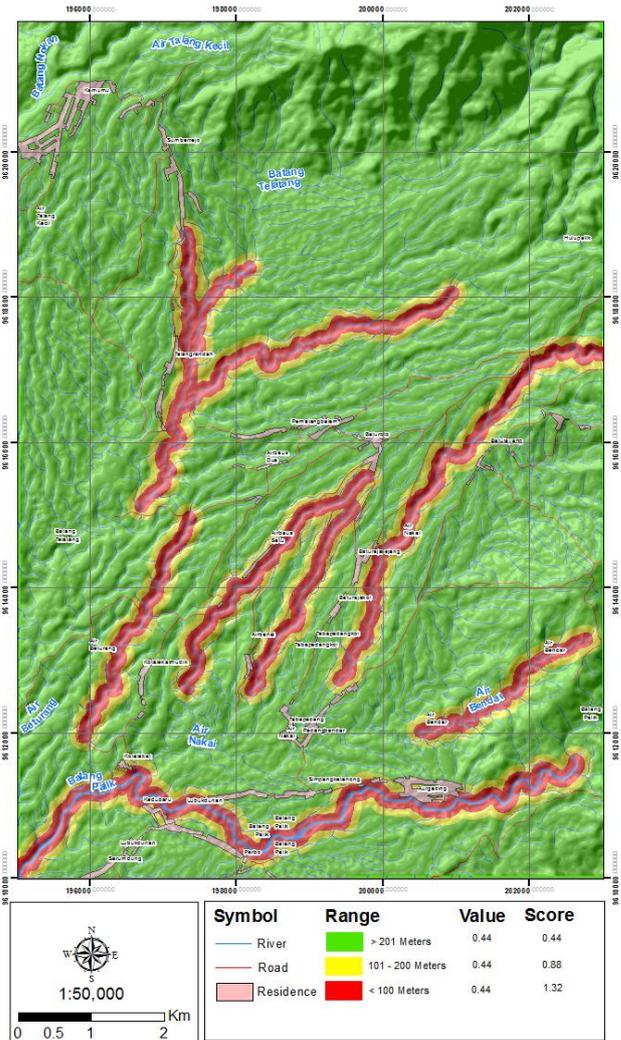
Gambar 2 Litologi batuan penyusun daerah penelitian

Jarak Pondasi Terhadap Sungai

Rangkaian konstruksi yang terlalu panjang akan meningkatkan biaya pembangunan Menurut Barelli et al. (2013) tata letak konstruksi yang jauh dari sungai sangat

tidak ideal karena memiliki rangkaian konstruksi yang panjang Berdasarkan pertimbangan tersebut,

pembobotan berdasarkan jarak dengan sungai dibagi menjadi tiga kelas yaitu >100 meter, 100-200 meter, <200 meter. Kelas yang memiliki skor tertinggi yaitu >100 meter, dengan jarak yang dekat ini dinilai cukup ideal untuk membuat jalur rangkaian konstruksi yang pendek. Sedangkan kelas dengan skor terendah yaitu <200 meter, dengan jarak yang jauh ini dinilai memerlukan biaya produksi yang besar serta memiliki nilai efisiensi yang rendah (Gambar 3).

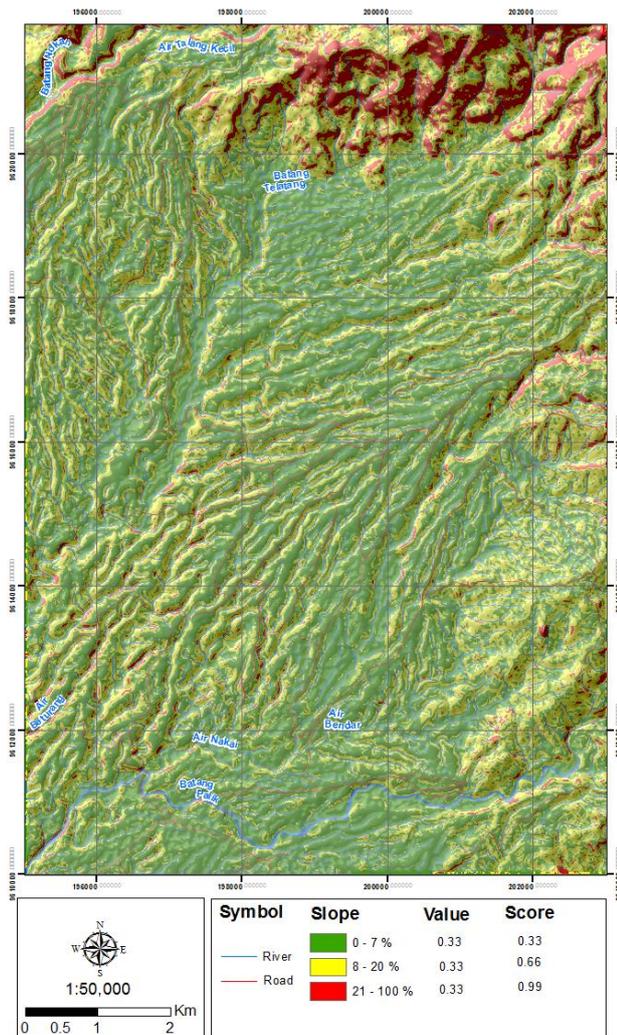


Gambar 3 Jarak 100 – 300 meter antara sungai dengan sekitarnya

Kemiringan lereng daerah penelitian

Kemiringan Lereng (*Slope*) daerah penelitian diperlukan untuk mengetahui kondisi keterengan pada daerah penelitian secara umum. Kondisi keterengan tertentu diperlukan untuk menentukan lokasi ideal peletakan rangkaian konstruksi PLTMH. Berdasarkan pertimbangan hal tersebut, pembobotan kemiringan lereng daerah penelitian dibagi menjadi 3 kelas, yaitu

21-100%, 8-20%, dan 0-7%. Kelas yang memiliki skor tertinggi yaitu 21-100%, kemiringan lereng yang curam ini dinilai ideal untuk penentuan tata letak komponen konstruksi. Sedangkan kelas dengan skor terendah yaitu 0-7%, kemiringan lereng yang datar hingga landai ini dinilai tidak mendukung penentuan tata letak komponen konstruksi (Gambar 4). Klasifikasi kelerengan menggunakan klasifikasi Widyatmanti et al. (2016) yang dimodifikasi menjadi 3 kelas kelerengan.

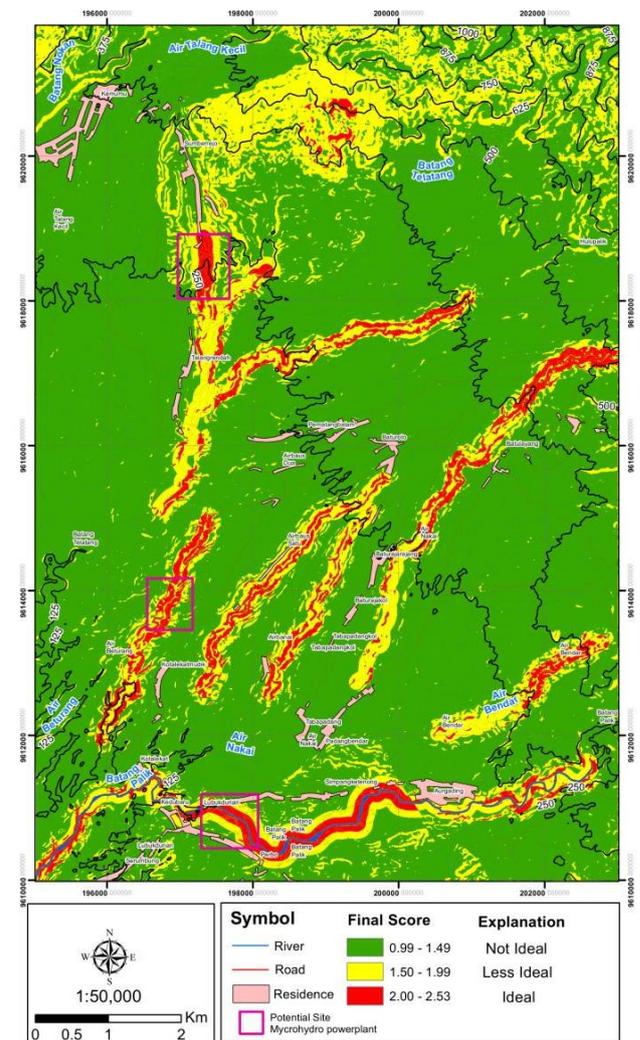


Gambar 4 Kondisi Kemiringan Lereng daerah penelitian.

Hasil Evaluasi

Dari hasil perhitungan terhadap parameter-parameter terkait, dihasilkan sebuah peta dengan nilai pembobotan akhir dengan nilai terendah adalah 0,99 dan tertinggi adalah 2,53. Area yang memiliki nilai pembobotan yang lebih tinggi menggambarkan bahwasannya peletakkan pondasi yang baik bagi PLTMH terutama dalam parameter geologi dan lain sebagainya dapat dilaksanakan pada tempat tersebut.

Peta pembobotan akhir merupakan gambaran dari daerah mana sebaiknya pondasi PLTMH dapat dibangun, dan hasil dari pembobotan ini sendiri dibagi menjadi 3 kelas, untuk menentukan nilai masing-masing tiap kelas yaitu nilai pembobotan tertinggi dikurangi nilai pembobotan terendah lalu dibagi tiga sesuai jumlah kelas. Sehingga pada (Gambar 5), kelas Ideal diwakili dengan zona berwarna merah dengan nilai pembobotan akhir 2,00- 2,53; kelas Kurang Ideal diwakili dengan zona berwarna kuning dengan nilai pembobotan akhir 1,50-1,99 dan kelas Tidak Ideal diwakili dengan zona berwarna hijau dengan nilai pembobotan akhir 0.99 – 1.49 dan terdapat 3 lokasi ideal dalam penempatan PLTMH ini sendiri yaitu desa Batang Palik, Sumberrejo dan Air Beturang.



Gambar 5 Peta hasil pembobotan dalam penentuan titik potensial dibangunnya PLTMH

Metode penelitian yang digunakan adalah melakukan pengamatan terhadap aspek morfologi sungai dan dataran sekitar yang akan digunakan sebagai tata letak

bendungan, pipa *penstock*, dan rumah pembangkit. Dalam penentuan ketiga komponen ini sangat dipengaruhi oleh kondisi morfometri dilapangan seperti kemiringan lereng, bentukan sungai, dan *slope* sungai. Peletakan rangkaian konstruksi mempertimbangkan kemiringan lereng pada daerah potensial..

KESIMPULAN

Berdasarkan pendekatan aspek geologi pada daerah penelitian terdapat titik potensial mikro-hidro yang ideal untuk penentuan tata letak konstruksi PLTMH. Sehingga dengan menggunakan evaluasi pendekatan geologi yang diantaranya analisa kemiringan lereng, analisa litologi sebagai pondasi konstruksi dan juga jarak sungai. Dimana dimasing masing analisa telah memiliki nilai pembobotan tersendiri yang mana sebagai parameter untuk dapat mengetahui daerah mana sehingga didapatkan beberapa 3 daerah utama yaitu Desa Batang palki, Dasa Sumberrejo dan Desa Air Beturang .

Peta hasil pembobotan ini sendiri sejatinya dapat digunakan sebagai parameter untuk dapat mengetahui lokasi yang paling pas untuk dibangunnya PLTMH, dengan tujuan kedepannya tidak terdapat masalah dalam penyaluran listrik kepada warga itu sendiri.

DAFTAR PUSTAKA

- Ardüser, C. dan Karcheter, L. (2009). *Civil Work for Micro-Hydro Power Units*. Gründenstrasse: Institute of Civil Engineering.
- Barelli, L., Liucci, L., Ottaviano, A. Dan Valigi, D. (2013). *Mini-hydro: A design approach in case of torrential rivers* Energy. Elsevier. 58:695-706.
- Direktorat Jenderal Listrik dan Pemanfaatan Energi. (2009). *Buku Utama Pedoman Studi I Kelayakan PLTMH. Integrated Microhydro Development and Application Program*. Departemen Energi dan Sumber Daya Mineral.
- Saaty, T. L. (2008). *Decision Making with the Analytic Hierarchy Process*. Int. J. Services Sciences. 1(1):83-98.
- Signe, E.B.K., Hamandjoda, O. dan Nganhou, J. (2017). *Methodology of Feasibility Studies of Micro-Hydro power plants in Cameroon: Case of the Microhydro of KEMKEN*. Energy Procedia, Elsevier. 119:17-28.
- Thayib, R., Jati, S.N. dan Mayasari, E.D.M. (2017). *Estimasi Sumberdaya Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH) Dalam Pemenuhan Kebutuhan Listrik Dusun Plau Timun, Kabupaten Lahat, Provinsi Sumatera Selatan*. Prosiding Seminar Nasional AVoER 8.
- Widyatmanti, W., Wicaksono, I. dan Syam, P.D.R. (2016). *Identification of topographic elements composition based on landform boundaries from radar interferometry segmentation (preliminary study on digital landform mapping)*. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science.