

Analisa dan Realisasi Sumber Energi Terbarukan PikoHidro Wilayah Posko TNKS

Rosnita Rauf^{1*}, Merry Thressia², Budiman³

^{1,3}Program Studi Teknik Elektro, Universitas Ekasakti

²Program Studi Teknik Sipil, Universitas Ekasakti

*Koresponden E-mail: rosnitarauf@unespadang.ac.id

(Diterima: 25 Desember 2021 | Disetujui: 23 April 2022 | Diterbitkan: 31 Januari 2023)

Abstract: *TNKS has a very important role in forest management, from sustainability to the utilization of forest products for the surrounding communities that use TNKS land for coffee and cocoa plantations. So that forest sustainability can be maintained and can actually provide sustainable benefits to the community around the forest. The TNKS Center provides coffee grinding machines, which can be used by the coffee plantation community. To drive the coffee grinder, a generator is used, where the fuel is carried directly by the coffee planters. To provide sustainable benefits, river water is used as alternative energy to create a pico-hydro power plant, as a driving force for coffee grinding machines, because the TNKS post is only used by the forest police from morning to evening, so there is no need for lighting at night. Therefore, it is necessary to conduct a site survey to determine the location of the weir, channel, and turbine housing. Likewise, data collection of water discharge and different heights of falling water from the tranquilizer tank to the turbine house. From the results of the survey and calculations obtained a capacity of 6 KW, using a crossflow turbine with a head of 12 meters and a discharge of 100 liters/sec. The Bangun Rejo TNKS Command Post is a camping ground location that supports the construction of PLTPh which needs to be realized immediately. With the existence of this pico-hydro power plant, the community of coffee planters, no longer needs to buy fuel and no longer use generators, but pico-hydro electricity at the TNKS post.*

Keywords: *PLTPh; TNKS; crossflow turbine*

PENDAHULUAN

Pembangkit listrik dari aliran sungai yang kecil, dapat menghasilkan Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMh) maupun Pembangkit Listrik Tenaga PikoHidro (PLTPh). Tenaga PikoHidro memiliki kapasitas dibawah 10 KW. PikoHidro ini telah dilakukan untuk perumahan masyarakat, seperti yang dikutip oleh (Sudiby, 2019) setiap rumah, debit yang digunakan hanya 25 liter/detik, head 2 m, menggunakan turbin propeller yang menghasilkan daya 200 Watt.

Desa Bangun Rejo tepatnya pada lokasi Posko Taman Nasional Kerinci Seblat (TNKS), Kabupaten Solok Selatan khususnya memiliki potensi air seperti sungai-sungai kecil, dimana aliran air sungai kecil tersebut mengandung energi potensial dan energi tersebut dapat diubah menjadi energi yang berguna. Relatif kecilnya energi yang dihasilkan dibandingkan dengan pembangkit listrik dengan skala besar berimplikasi pada relative sederhananya peralatan serta kecilnya area tanah yang diperlukan untuk instalasi dan pengoperasian pembangkit listrik tenaga air. Salah satu keunggulannya yakni tidak menimbulkan kerusakan lingkungan (Jatmiko *et al.*, 2012). Pembangkit listrik tenaga air cocok diterapkan pada daerah pedesaan terutama yang berada dekat aliran air atau sungai kecil.

Kemampuan pemerintah yang terhalang oleh biaya yang tinggi dari perluasan jaringan listrik, sering membuat Mikro Hidro atau pikoHidro memberikan sebuah alternatif ekonomi ke dalam jaringan, termasuk di wilayah kabupaten Solok Selatan. Pemanfaatan PLTMH atau PikoHidro juga memberikan kontribusi terhadap upaya peningkatan rasio elektrifikasi dan upaya desentralisasi produksi tenaga listrik yang selama ini bergantung pada pembangkit-pembangkit skala besar.

BAHAN DAN METODE

Sebagai panduan dalam melakukan analisa dan realisasi pembangunan pembangkit listrik tenaga pikoHidro dilakukan sebagai berikut dengan cara ; mereview data sekunder dan identifikasi lapangan, melakukan pengukuran hidrologi dan survey tofologi untuk mendapatkan ukuran debit air tingi jatuh air (*head*) dan *basic lay out system* mikrohidro dan menganalisis kelayakan system pikoHidro, perencanaan teknik yang berkaitan dengan sumber daya alam, potensi dan perencanaan system mikrohidro yang dapat diterapkan (Rauf, 2018).

Pembangkit listrik pikoHidro cocok diterapkan di daerah yang mempunyai energi dari aliran air sungai dan saluran irigasi yang memiliki perbedaan ketinggian tertentu. Energi aliran air tersebut dimanfaatkan

untuk turbin yang dikopel ke generator listrik. Pembangkit ini bisa memanfaatkan ketinggian air yang tidak terlalu besar, misalnya dengan ketinggian air 2,5 m bisa dihasilkan listrik 400 W (Jatmiko *et al.*, 2012). Potensi pemanfaatan tenaga air secara nasional diperkirakan mencapai 7,500 MW, sedangkan yang dimanfaatkan saat ini baru sekitar 600 MW.

Berdasarkan data Kementerian Energi Sumber Daya Mineral pada tahun 2014, Potensi pemanfaatan tenaga air secara nasional diperkirakan mencapai 75.000 MW, sedangkan yang dimanfaatkan saat ini baru sekitar 600 MW.

Pembangkit Listrik Tenaga Pikohidro (PLTPH) Pembangkit Listrik Tenaga PicoHidro (PLTPH) mempunyai beberapa kelebihan dan juga beberapa kekurangan yang tidak dapat dipungkiri dalam pengembangannya, diantaranya yaitu; berdasarkan jenis bahan bakar yang digunakan, maka dapat dikatakan bahwa bahan bakar pembangkit energi listrik ini adalah air. Dimana bahan bakar ini tidak akan pernah habis atau berubah menjadi bentuk yang lain atau dengan kata lain merupakan suatu sumber bahan bakar abadi (Warsito *et al.*, 2005).

Dari segi pembuangan limbah, bahan bakar ini sama sekali tidak menghasilkan limbah yang dapat merusak atau menimbulkan pencemaran lingkungan sekitarnya dan biaya pengoperasian serta pemeliharaannya sangat rendah dibandingkan pembangkit listrik jenis lain. Pembangkit energi listrik dengan sumber daya air ini bisa dioperasikan dan dihentikan pemakaiannya setiap saat dan mudah dioperasikan, dengan peralatan yang mutakhir dapat digunakan selama lebih dari 50 tahun. Jadi dapat dikatakan ketangguhan sistemnya dapat diandalkan. Untuk masa persiapannya membutuhkan waktu yang lama dan sangat tergantung pada aliran sungai secara alamiah, sehingga tenaga andalan sangat lebih kecil dibandingkan kapasitas totalnya.

Potensi air

Air merupakan sumber energi yang murah dan relatif mudah didapat, karena pada air tersimpan energi potensial (pada air jatuh) dan energi kinetik (pada air mengalir). Tenaga air adalah energi yang diperoleh dari air yang mengalir. Energi yang dimiliki air dapat dimanfaatkan dan digunakan dalam wujud energi mekanis maupun energi listrik. Pemanfaatan energi air banyak digunakan sebagai pemutar turbin pada pembangkit listrik berskala kecil dengan memanfaatkan adanya suatu air terjun atau aliran air sungai (Jatmiko *et al.*, 2012).

Besarnya tenaga air yang tersedia dari suatu sumber air bergantung pada besarnya head (tinggi jatuh air) dan debit air. *Head* adalah beda ketinggian antara muka air dengan muka air keluar turbin air (Siswadi & Nugroho 2020). Total energi yang tersedia adalah merupakan energi potensial air yaitu:

$$E = mgh \quad (1)$$

Dimana:

m = Massa air (kg)

h = Tinggi (m)

g = Percepatan gravitasi (m/dt^2)

Daya merupakan energi tiap satuan waktu (E/dt), sehingga persamaan dapat dinyatakan sebagai:

$$\frac{E}{dt} = \frac{m}{dt} gh \quad (2)$$

Dengan mensubstitusikan P terhadap (E/dt) dan mensubstitusikan ρQ terhadap (m/dt) maka:

$$P = \rho \times Q \times g \times h \quad (3)$$

Dengan:

P = Daya (watt)

Q = Kapasitas aliran (m/dt^2)

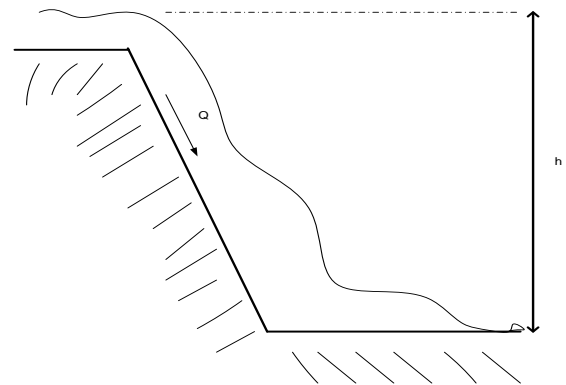
ρ = Densitas air (kg/m^3)

Selain memanfaatkan air jatuh dapat juga diperoleh dari aliran air datar. Dalam hal ini energi yang tersedia merupakan energi kinetik (Siswadi, 2020).

$$E = \frac{1}{2} mv^2 \quad (4)$$

Dimana:

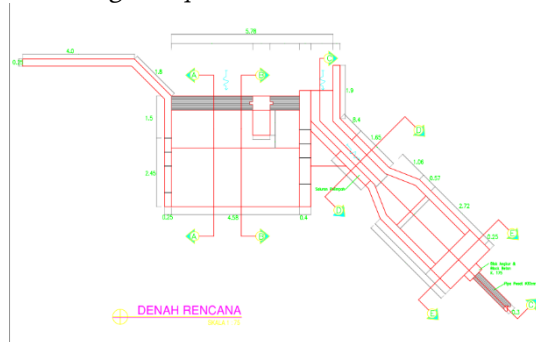
v = Kecepatan aliran air (m/dt)



Gambar 1. Potensi energi pada air terjun

Dimana pembangkit tersebut mempunyai perencanaan fasilitas sipil, yang terdiri dari (Astro *et al.*, 2020): 1) Bendungan, yang berfungsi untuk menahan air sungai pada ketinggian tertentu agar air tersebut mengalir ke saluran pembawa; 2) Saluran pembawa, yang berfungsi untuk mengalirkan air sungai menuju bak penenang; 3) Bak pengendap, yang berfungsi untuk menenangkan aliran agar gelombang-gelombang yang terjadi pada saluran berkurang. Disamping itu bak penenang juga berfungsi untuk mengendapkan lumpur atau batu-batuan kecil yang lolos dari saringan agar tidak masuk ke pipa pesat yang dapat merusak

turbin. Bak penenang dilengkapi dengan sebuah pintu, pada kondisi normal pintu tersebut berfungsi sebagai penguras, bila terjadi banjir pintu berfungsi sebagai pelimpah. Disamping itu bak pengendap juga dilengkapi dengan filter yang berguna untuk menyaring sampah-sampah yang melawati sungai supaya air yang masuk pada bak penenang menjadi bersih dan agar tidak terjadi penyumbatan pada bak penenang tersebut; 4) Pintu air, yang berfungsi sebagai pengatur jumlah air yang mengalir ke saluran utama dan untuk menutup saluran air bila diperlukan; 5) Rumah pembangkit, di pasang turbin dan generator yang selalu dinamis dan bergetar. Dalam mendesain rumah pembangkit, pondasi turbin dan generator dipisahkan dari pondasi bangunan *power house*.



Gambar 2. Bendungan

Turbin

Pemilihan jenis turbin yang baik tergantung pada head yang tersedia dan debit air yang tersedia (Jawadz *et al.*, 2019).

Tabel 1. Pengelompokan Turbin Impuls dan Turbin Reaksi

Runner Turbin	Head		
	High	Medium	Low
Impuls	Single Pelton Multi-jet Pelton	Crossflow Multi-jet Pelton	Crossflow
Reaksi		Francis Pump-as turbin	Propeller

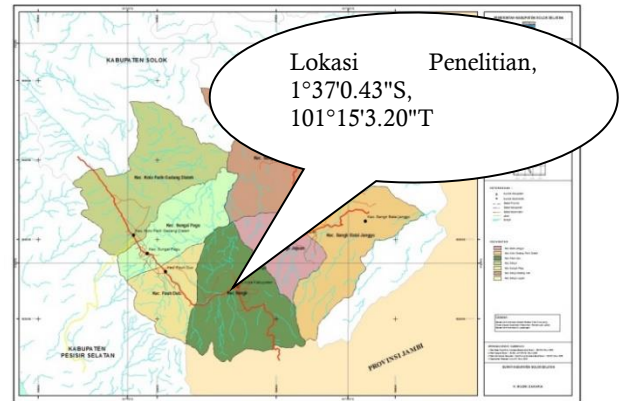
(Sumber: Havianto, 2012)

Lokasi Penelitian

Desa Bangun rejo, secara administratif termasuk ke dalam wilayah kabupaten Solok Selatan, yang merupakan salah satu lokasi kegiatan perencanaan.

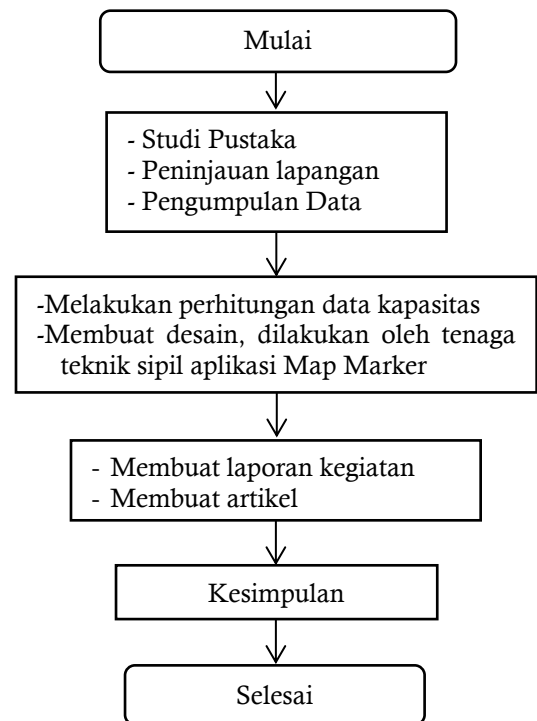
Akses jalan menuju camping ground Bangun Rejo ditempuh dengan menggunakan kendaraan roda 2 (dua). Dengan waktu tempuh dari simpang desa Bangun Rejo ke lokasi menempuh jarak sekitar 4 kilometer dengan waktu tempuk 45 menit. Adapun jarak tiang terakhir PLN sebagai penyalur daya listrik

kemasyarakat, jauh kemungkinan untuk bisa cepat te-realisasi. Hal ini disebabkan karena krisis energi yang masih melanda negara kita. Jarak lokasi kegiatan Pikohidro dekat posko TNKS hanya 30 m dari power house. Posko TNKS ini terletak pada koordinat 1°37'0.43"LS dan 101°15'3.20"BT.



Gambar 3. Peta Lokasi Studi Pikohidro Bangun Rejo

Diagram Alir Penelitian



Gambar 4. Diagram Alir Penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Potensi air yang ada di desa Bangun Rejo hanya dimanfaatkan untuk air minum, namun demikian masih lebih baik jika potensi air sungai tersebut dapat dimanfaatkan sebagai tenaga pembangkit listrik pikohidro yang akan berdampak positif terhadap taraf kehidupan perekonomian dan pengetahuan masyarakat, sekaligus menambah pemahaman tentang penggunaan air.

Kondisi Topografi dan Geologi

Wilayah Kabupaten Solok Selatan terletak pada ketinggian 350 - 430 meter diatas permukaan laut, dengan topografi bervariasi antara dataran lembah bergelombang, berbukit dan bergunung-gunung yang merupakan rangkaian dari Bukit Barisan yang membujur dari utara ke selatan. Secara topografis 60 % dari wilayah Solok Selatan berada pada kemiringan di atas 40 % yang tergolong sangat curam dan rawan terhadap bahaya longsor.

Kabupaten Solok Selatan dilalui oleh 18 aliran sungai. Lima di antaranya terdapat di Kecamatan Sangir, tiga di Sungai Pagu dan 10 sungai di kecamatan lainnya. Sungai sungai tersebut antara lain Batang Timbulun, Batang Pelangai, Batang Sangir, Batang Kapur dan Batang Liki yang terletak di Kecamatan Sangir. Sungai Batang Jujan di Nagari Sungai Kunit, Sungai Batang Hari yang terletak di Kenagarian Lubuk Ulang Aling Kecamatan Sangir Batang Hari. Sungai Batang Suliti, Sungai Batang Pagu, Batang Bangke yang terletak di Kecamatan Koto Parik Gadang Diatch. (<https://p2k.stekom.ac.id/>)

Kondisi Hidrologi

Pada dasarnya kondisi hidrologi Kabupaten Solok Selatan dapat terlihat dari adanya sumber-sumber air, baik berupa air permukaan, mata air, maupun air tanah. Wilayah Solok Selatan didominasi oleh pegunungan Bukit Barisan, sebagai bagian dan rangkaian pegunungan Bukit Barisan yang memanjang sepanjang pantai barat Sumatera. Titik tertinggi adalah puncak Gunung Kerinci yang menjadi batas alam Solok Selatan dengan Kabupaten Kerinci. Terdapat banyak daratan sepanjang lembah Bukit Barisan tersebut. Pegunungan Bukit Barisan yang berada sebelah barat kabupaten Solok Selatan lebih tinggi dan Bukit Barisan di sebelah timur. Sehingga semua sungai yang mengalir di Kabupaten Solok Selatan mengalir ke arah timur (<https://p2k.stekom.ac.id/>).

Dari data curah hujan 5 tahun berurutan dari tahun 2016 sampai tahun 2020, didapatkan intensitas curah hujan perjam untuk berbagai periode ulang pada tabel berikut (Dinas Pekerjaan Umum dan Penataan Ruang Sumatera Barat, 2020)

Tabel 2. Intensitas curah hujan perjam untuk berbagai periode ulang

	Intensitas Hujan Tiap Kala Ulang (mm/jam)						
	2	5	10	25	50	100	1000
	Curah Hujan rencana per periode ulang (Xtr)						
	282,80	394,69	453,30	510,58	555,86	593,16	694,39
30	155,63	217,21	249,46	280,98	305,90	326,43	382,14
40	128,47	179,30	205,92	231,94	252,52	269,46	315,45
60	98,04	136,83	157,15	177,01	192,71	205,64	240,73
120	61,76	86,20	99,00	111,51	121,40	129,54	151,65
180	47,13	65,78	75,55	85,10	92,64	98,86	115,73
360	29,69	41,44	47,59	53,61	58,36	62,28	72,91
720	18,70	26,11	29,98	33,77	36,77	39,23	45,93
1440	11,78	16,45	18,89	21,27	23,16	24,72	28,93

Pada pengukuran, diperoleh lebar maksimum 1,8 m dengan kedalaman maksimum 0,4 m. Kecepatan maksimum dari *current meter* adalah 1,3 m/detik, maka didapatkan debit maksimal 0,936 m³/dt. Dalam implementasinya debit yang diambil, tidak seluruhnya tetapi disesuaikan pada kebutuhan Posko saja.

Kondisi Sosio Ekonomi

Pada penelitian ini, lokasi pikohidro yang direncanakan adalah untuk posko Taman Nasional Kerinci seblat (TNKS). Posko ini hanya dihuni pagi sampai sore hari oleh tim Balai Besar TNKS dalam menjaga satwa yang berada dalam lingkungan TNKS. Dalam wilayah TNKS ini, tidak diizinkan adanya rumah masyarakat. Masyarakat sekitar hanya bisa menggunakan lahan untuk kebun dan hasil ladang

atas izin Balai Besar TNKS. Masyarakat umumnya berkebun kopi dan coklat, dengan begitu Dinas Balai Besar TNKS sudah ikut serta membantu perekonomian masyarakat sekitar, khususnya desa Bangun Rejo. Lokasi penelitian ini merupakan tempat posko camping ground kawasan Taman Nasional, sehingga tidak ada sarana umum masyarakat, ada pabrik pengolahan kopi yang merupakan home industri kecil diperuntukan masyarakat, untuk pengoperasiannya menggunakan genset untuk pergerakan mesin.

Menentukan Kecepatan dan Debit Air

Sebelum melakukan pengujian, dengan menggunakan sepotong karet (sandal yang terbuat dari karet) yang dihanyutkan pada saluran air dengan jarak tertentu, lalu diukur waktu yang dibutuhkan

untuk menempuh jarak tersebut dengan menggunakan alat *stopwatch*. Percobaan ini dilakukan sebanyak lima kali yang kemudian diambil nilai rata-ratanya. Percobaan ini dilakukan pada saluran masuk dan pada saluran keluar. Data-data saluran yang diambil terdiri dari tinggi saluran, lebar saluran dan beda tinggi permukaan air atas dan bawah, adapun data-data dari saluran terlihat pada tabel 3.

Tabel 3. Data saluran *intake*

$H_n(\text{meter})$	$L(\text{meter})$	$T(\text{meter})$
12	0,8	0,15

Keterangan :

H_n = Beda tinggi permukaan air atas dan bawah (m)

L = lebar saluran (m)

T = Tinggi air pada saluran (m)

Saluran intake

Data dari pengujian panjang dan kecepatan air masuk pada saluran dapat dilihat pada tabel dibawah ini. dimana:

Tabel 4. Data pengujian kecepatan air pada saluran *intake*

p (meter)	t (sec.)
20	16

Dengan data-data yang ada pada tabel 4 maka dapat diketahui kecepatan air pada saluran *intake* dengan menggunakan persamaan dibawah ini:

$$v = \frac{p}{t} \tag{5}$$

$$v = \frac{20}{16}$$

$$v = 1,25 \text{ m / dt}$$

Dari data tabel 2 dengan menggunakan persamaan berikut, dapat diketahui luas penampang saluran dimana :

$$A = L \times T \tag{6}$$

$$A = 0,8 \times 0,15 = 0,12$$

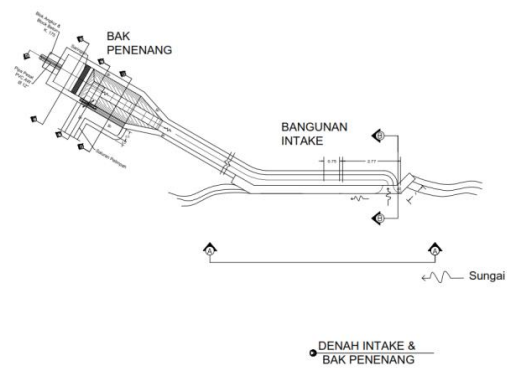
$$A = 0,12 \text{ m}^2$$

Setelah diketahui kecepatan air dan luas penampang pada saluran maka debit air dapat diketahui dengan menggunakan persamaan berikut, dimana:

$$Q = v \times A \tag{7}$$

$$Q = 1,25 \times 0,12$$

$$Q = 0,15 \text{ m}^3 / \text{s}$$



Gambar 5. Bak penenang ke saluran *intake*

Saluran Out take

Saluran yang nantinya akan digunakan pada pengujian pembangkit listrik tenaga picohidro adalah saluran buangan yang memiliki pintu air dengan ketinggian 1 meter dan lebar 1 meter, dimana nantinya air inilah yang akan digunakan untuk memutar turbin air yang telah dirancang. Saluran berbentuk U diletakkan pada bibir atas pintu air yang terbuat dari besi dengan tebal papan 2 cm seperti yang terlihat pada gambar 6. Data-data saluran *out take* yang diperoleh dapat dilihat pada tabel 5.

Tabel 5. Data saluran *out take*

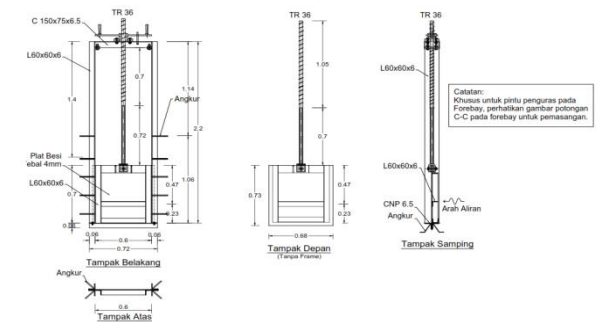
$H_n(\text{meter})$	$L(\text{meter})$	$T(\text{meter})$
0,5	0,2	0,15

Keterangan :

H_n = Beda tinggi permukaan air atas dan bawah (m)

L = lebar saluran (m)

T = Tinggi air pada saluran (m)



Gambar 6. Pintu air pada saluran *out take*

Kapasitas Daya Terbangkit di Desa Bangun Rejo lokasi *camping ground* Kabupaten Solok Selatan.

Dari survey lapangan, di dapat hasil pengukuran sebagai berikut :

- Debit terukur (Q_t) : 0, 15 m^3 / dtk
- Debit desain (Q) : 0, 1 m^3 / dtk
- Gross Head (H_g) : 12 m

Jenis turbin yang dipilih adalah *Crossflow* dengan diameter runner 0,2 meter.

Kapasitas Daya Terbangkit di desa Bangun Rejo, diuraikan dengan empiris sebagai berikut:

Dari data yang terukur, juga ada nilai konstanta untuk efisiensi, yaitu (Rosnita Rauf, 2018) :

- Efisiensi Turbin (η_t) : 0,6
- Efisiensi Transmisi Mekanik (η_m) : 0,93
- Efisiensi Generator (η_g) : 0,9

Maka dari data tersebut diatas, dapat dihitung sebagaimana berikut :

Kapasitas Daya yang terbangkit adalah:

Daya pada *output* Turbin

$$P_t = 9.81 \times Q \times H_n \times 0.65$$

$$P_e = 9,81 \times 0,1 \times 12 \times 0,65 = 7,7 \text{ kW}$$

Perubahan Daya dari mekanik ke generator

$$P_d = 7,7 \times 0,93 = 7,16 \text{ kW}$$

Kapasitas daya listrik yang keluar

$$P_{el} = 7,16 \times 0,9 = 6,4 \text{ kW}$$

Maka rating daya pada generator adalah :

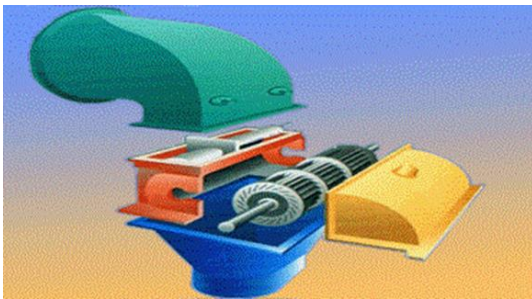
$$S = 1,2 \times (P / \cos \phi) \text{ kVA}$$

$$S = 1,2 \times (6,4 / 0,8) = 9,6 \text{ KVA}$$

Potensi air dan tinggi jatuh air di desa Bangun Rejo lokasi *Camping Ground* menghasilkan kapasitas daya sebesar 6,4 kW dan biasa yang banyak dijual dipasaran 6 kW dan jika di interkoneksi ke Tegangan Rendah (TR) maka terdapat *losses* pada penghantar sebesar $\pm 2\%$.

Turbin *Cross-flow*

Turbin ini mempunyai *runner* yang berbentuk seperti drum yang mempunyai 2 atau lebih piringan paralel yang masing-masingnya dihubungkan oleh susunan sudu yang berbentuk lengkung (Sumber: Havianto, 2012).



Gambar 7. Turbin air type *Cross-Flow* (Sumber : PLN Jasa & Produksi)

Pada pemakaian kontrol ELC, *rating power* yang digunakan sebesar:

1. *Rating power* ELC = $1,2 \times P_{el} = 1,2 \times 6,4 \text{ kW} = 7,68 \text{ kW}$
2. Pada Pikohidro menggunakan beban Ballast (*Ballast Load*), dengan *Air Heater* sebesar :
3. *Rating Ballast Load* = $1,4 \times P_{el} = 1,4 \times 6,4 \text{ kW} = 8,96 \text{ kW}$

Inilah lokasi penelitian awal sampai terealisasinya pikohidro di lokasi posko TNKS, *camping ground* di desa Bangun Rejo kabupaten Solok Selatan. Dimana untuk saluran pembawa, kita hanya menggunakan pipa PVC sepanjang 100 meter dengan diameter 12" mm.



Gambar 8. Sungai yang dijadikan PLTPh



Gambar 9. Konstruksi bendung dan *intake*



Gambar 10. Saluran pembawa ke rumah turbin



Gambar 11. Turbin *Crossflow*

KESIMPULAN

Rencana pemanfaatan energi listrik yang di hasilkan Pikohidro desa Bangun Rejo lokasi Camping Ground dapat menentukan seberapa besar nilai strategis pembangunan ini. Kondisi tersebut memungkinkan penggunaan listrik Pikohidro pada siang hari untuk kegiatan ekonomi produktif. Kegiatan ini di samping memberikan nilai tambah kegiatan masyarakat juga sebagai sumber pendapatan tambahan bagi pengelolaan Pikohidro. Pendapatan rutin Pikohidro yang utama adalah dari iuran konsumen setiap bulan yang besarnya di tentukan bersama.

Penerapan teknologi PLTMH yang ramah lingkungan sebagai sumber energy listrik di desa, diharapkan memberikan dampak positif dalam usaha pembangunan dan pengembangan desa menuju desa mandiri energy dikarenakan memiliki beberapa keunggulan dibanding dengan pembangkit listrik jenis lainnya: seperti bersih lingkungan, renewable energy, tidak konsumtif terhadap pemakaian air, lebih awet, biaya operasinya lebih kecil dan sesuai untuk daerah terpencil, disamping itu perawatan mekanik dan elektrikal PLTMH lebih murah.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima Kasih kepada Dinas Lingkungan Hidup dan Kehutanan Propinsi Sumatera Barat serta Balai Taman Nasional Kerinci Seblat (TNKS) yang telah memberikan dana penelitian ini, dan penelitian ini juga didukung oleh PT. Terang Gemilang Terus yang telah memberikan ilmunya dalam perancangan turbin yang digunakan dalam penelitian.

DAFTAR PUSTAKA

- Astro, R. B., Doa, H., & Hendro, H. (2020). Fisika Kontekstual Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro. *ORBITA: Jurnal Kajian, Inovasi, dan Aplikasi Pendidikan Fisika*, 6(1): 142-149. <https://doi.org/10.31764/orbita.v6i1.1858>.
- Dinas Pekerja Umum bidang Pengelolaan Sumber Daya Air. (2020). Provinsi Sumatera Barat. Ekslopedia Kabupaten Solok Selatan. https://p2k.stekom.ac.id/ensiklopedia/Kabupaten_Solok_Selatan
- Havianto, J. (2012). Renovasi PLTA skala kecil dengan turbin cross flow. <https://jonny-havianto.blogspot.com/>.
- Jatmiko., Asy'ari, H., & Hendarto P. A. (2012) Pemanfaatan pemandian umum untuk pembangkit tenaga listrik mikrohidro (PLTMh) menggunakan kincir tipe overshoot, Universitas Muhammadiyah Surakarta, *Jurnal Emitor*, 12(1):50-58. https://publikasiilmiah.ums.ac.id/bitstream/handle/11617/1890/10_Jatmiko.pdf;sequence=1
- Jawadz, U. R. H., Prasetijo, H., & Purnomo, W. (2019). Studi Potensi Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH) Di Aliran Sungai Desa Kejajar Banyumas, *Jurnal Dinamika Rekayasa*, 15(1):11-24. <http://dx.doi.org/10.20884/1.dr.2019.15.1.245>.
- Rauf, R. (2018). Studi kelayakan energy pada daerah aliran sungai wilayah TNKS. *Prosiding SENPLING*, ISBN 978-979-792-865-0. <https://repository.unri.ac.id/handle/123456789/9493>.
- Siswadi, S., & Nugroho, A. (2020). Pengembangan model nosel terhadap sudu turbin air, Universitas Wijaya Putra Surabaya, *Jurnal Matrik*, 21 (1): 73-82. <http://dx.doi.org/10.30587/matrik.v21i1.1408>.
- Sudiby, H. (2019). Perencanaan Pengembangan turbin pikohidro untuk produk industry Indonesia. *Prosiding TAU SNAR-TEK 2019*. ISSN 2715-6982. <https://jurnal.tau.ac.id/index.php/snartek/article/view/99>.
- Warsito, S., Syakur, A., & Nugroho, A. A. (2005). Studi awal perencanaan sistem mekanikal dan kelistrikan pembangkit listrik tenaga mini hidro, Universitas Islam Sultan Agung, *Seminar Nasional Teknik Ketenagalistrikan*.