

**Studi Analisis Pengaruh Debit Air Terhadap Daya yang dihasilkan
Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH)
di Kecamatan IV Nagari Bayang Utara**

*Analysis Study of Water Discharge Influence Towards the Power that
Resulting from Micro Hydro Power Plant
in The District IV Nagari of North Bayang*

Nasrul

Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Padang Kampus Limau Manis Padang
Telp. 0751-72590 Fax. 0751-72576

Abstract

In the district IV Nagari of North Bayang there are rivers that have a large water flow. Given its geographical position, these rivers has a large enough height difference. These rivers provide great opportunities for the development of electric energy generation in microscale powerplants.

This District only have 2 villages that reserved the electricity, while others not covered due to the difficult path impassable and distances. So as to provide the electricity needs of society, the government in collaboration with the PNPM Mandiri established several microhydro powerplants (PLTMH), because of the potential for water in this place is quite large and abundant.

PLTMH in this District is among PLTMH Muaro Aie 72.5 kW, PLTMH Pulau Indah 60 kW, PLTMH Bayang Janiah 15 kW, PLTMH Pancuang Taba 75 kW, PLTMH Limau-Limau 25 kW and PLTMH Ngalau Gadang 25 kW. By doing this analysis study can be known the potential of water flow on the PLTMH Muaro Aie and Pulau Indah. Due to the large potential of water flow present then the power raised also will be bigger, and new plants can be built or added to distribute the power to other areas that have not been fed by electrical energy.

Keywords: Mycrohydro, Powerplant, Electrical Energy

PENDAHULUAN

Pada saat sekarang ini, energi listrik adalah kebutuhan yang sangat penting bagi kehidupan rakyat banyak. Namun pada saat ini masih terdapat daerah yang belum mendapatkan suplai energi listrik ini, sehingga pemerintah terus berupaya untuk membangun pembangkit listrik baik yang mempunyai daya besar maupun pembangkit yang berskala kecil.

Dikarenakan pada Kecamatan IV Nagari Bayang Utara terdapat energi potensi air yang cukup besar, maka pemerintah daerah membangun beberapa PLTMH untuk mencukupi kebutuhan listrik masyarakat, karena masih terdapat beberapa kampung yang tidak teraliri oleh listrik dari PLN.

Pada Kecamatan IV Nagari Bayang Utara ini terdapat 6 buah PLTMH dengan daya kurang dari 100 kW. Diantaranya

adalah PLTMH Limau-Limau yang berdaya sebesar 25 kW, PLTMH Pancuang Taba yang berdaya sebesar 75 kW, PLTMH Ngalau Gadang berdaya sebesar 25 kW, PLTMH Muaro Aie berdaya sebesar 72,5 kW, PLTMH Pulau Indah berdaya sebesar 60 kW, dan PLTMH Bayang Janiah berdaya sebesar 15 kW.

Tetapi untuk saat ini hanya dibahas dua PLTMH saja, yaitu PLTMH Muaro Aie dan Pulau Indah. PLTMH Muaro Aie, dibangun tahun 2008-2009 dengan daya 40 kW. Karena tidak dapat mencukupi kebutuhan listrik masyarakat, maka diganti dengan daya yang lebih besar yaitu 72,5 kW pada Oktober 2014 dan selesai Juni 2015. PLTMH Pulau Indah dibangun tahun 2006, lalu rusak karena tertimbun lonsor pada Juni 2013 dan aktif lagi pada tahun 2014.

Dikarenakan kedua kampung ini terletak sangat jauh, sehingga daerah ini tidak terjangkau oleh jaringan listrik PLN, dengan demikian pemerintah Kabupaten Pesisir Selatan bersama PNPM Mandiri, berinisiatif untuk membangun PLTMH agar kebutuhan listrik masyarakat dapat terpenuhi walaupun tidak dapat dialiri listrik PLN. Kondisi kedua wilayah pada saat ini terdapat potensi air yang sangat berlimpah, sehingga apabila dibangun PLTMH baru maka tidak akan mengalami kekurangan air jika besar debit air yang ada disesuaikan dengan yang dibutuhkan turbin dan generator.

Penelitian ini akan membahas tentang kondisi beberapa PLTMH yang ada di Kecamatan IV Nagari Bayang Utara, Kabupaten Pesisir Selatan, yaitu Nagari Muaro Aie dan Pulau Indah. Untuk daya keluaran nominal saat ini pada masing-masing PLTMH di Kecamatan IV Nagari Bayang utara ini sudah cukup besar, pada PLTMH Muaro Aie dapat menghasilkan daya sebesar 72,5 kW dan PLTMH Pulau Indah mampu membangkitkan daya sebesar 60 kW.

Dengan dilakukannya penelitian ini dapat dihitung berapa besar potensi dari segi debit yang ada pada ketiga daerah tersebut, apakah potensi airnya masih cukup besar, sehingga bisa diciptakan atau dibangkitkan energi baru dengan menambah generator atau membangun PLTMH baru.

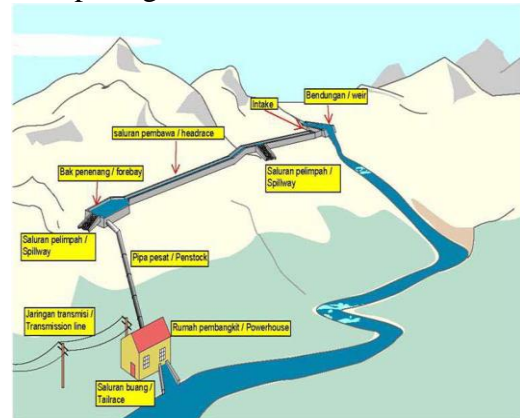
Definisi PLTMH

Pembangkit Listrik Tenaga Mikro-hidro (PLTMH), biasa disebut mikro-hidro, adalah suatu pembangkit listrik skala kecil yang menggunakan tenaga air sebagai penggerakannya, misalnya saluran irigasi, sungai atau air terjun alam, dengan cara memanfaatkan tinggi terjunnya (*head*, dalam meter) dan jumlah debit airnya (m³/detik). Pembangkit Listrik Tenaga Mini Hidro (PLTMH).

Prinsip kerja PLTMH adalah memanfaatkan beda tinggi dan jumlah debit air per detik yang ada pada aliran atau

sungai. Air yang mengalir melalui *intake* dan diteruskan oleh saluran pembawa hingga *penstock*, akan memutar poros turbin sehingga menghasilkan energi mekanik. Turbin air akan memutar generator dan menghasilkan listrik.

Berikut ini adalah bentuk dari konstruksi PLTMH secara keseluruhan, serta gambar bagian *intake* PLTMH, dapat dilihat pada gambar 1.



Gambar 1. Bagan sebuah PLTMH

Komponen PLTMH

1. Bendungan (*weir*)

Bendungan berfungsi untuk menaikkan / mengontrol tinggi air sungai sehingga air dapat dialihkan kedalam *intake*. Bendungan terdiri dari beberapa bagian, diantaranya :

- Sayap Bendung (*wings wall*)
- Penahan Gerusan
- Pintu Gerusan dan Saluran Penguras (*flushing gate and flushing canal*)
- Bangunan Pengalih (*intake*)
- Saluran Pengalih (*intake channel*)
- Pintu *intake*

2. Saluran Pembawa (*headrace*)

Merupakan saluran yang mengalirkan air dari saluran *intake* menuju pipa pesat dengan menjaga ketinggian muka airnya. Tipe Saluran Pembawa biasanya sangat tergantung pada kondisi topografi geologi daerah yang dilewati, dan dapat berupa saluran terbuka, pipa ataupun terowongan.

3. Bak pengendap (*settling basin*)

Bak pengendap ini biasanya seperti kolam yang dibuat dengan memperdalam dan memperlebar sebagian saluran

pembawa dan menambahnya dengan saluran penguras. Fungsinya untuk mengendapkan pasir dan kotoran yang hanyut sehingga air yang masuk keturbin relatif bersih.

4. Bak Penenang (*forebay*)

Bak Penenang (*forebay*) terletak diujung saluran pembawa. Fungsi bak penenang secara kasar ada dua jenis yaitu mengontrol perbedaan debit dalam penstock dengan saluran pembawa karena fluktuasi beban dan pemindahan sampah terakhir (tanah dan pasir, kayu yang mengapung, dll.) dalam air yang mengalir.

5. Pipa pesat (*penstock*)

Pipa pesat dapat terbuat dari logam atau plastik dengan diameter yang berbeda-beda. Pipa pesat ini berfungsi untuk mengalirkan air dari bendungan menuju rumah turbin.

6. Turbin dan generator (*turbine and generator*)

Turbin mengubah atau mengkonversikan energi potensial air menjadi energi mekanik berupa putaran poros turbin. Putaran poros turbin ini yang akan diteruskan untuk memutar poros generator. Turbin berfungsi untuk mengkonversi energi aliran air menjadi energi putaran mekanis. Bentuk dari turbin dan generator pada sebuah PLTMH terdapat pada gambar 2 berikut ini.



(a)

(b)

Gambar 2. Turbin dan Generator

Jenis-jenis turbin yang dipergunakan di bidang teknik hidroslistrik pada saat ini, adalah :

- a. Turbin *Francis*
- b. Turbin *Pelton*
- c. Turbin baling-baling dan *Kaplan*
- d. Turbin *Turgo*
- e. Turbin *Crossflow* atau *Bank*.

7. Rumah Pembangkit (*power house*)

Rumah pembangkit dibangun untuk menampung dan melindungi peralatan turbin dan generator (dinamo) dari orang yang tidak berkepentingan dan dari kerusakan yang mungkin timbul akibat cuaca. Di dalam rumah turbin biasanya juga terdapat tempat untuk *swith board*, *transformer* (jika diperlukan) dan area untuk pekerjaan pemeliharaan termasuk lemari/rak untuk peralatan dan suku cadang.

8. Saluran pembuang (*tail race*)

Saluran pembuang mengalirkan air dari turbin kembali ke sungai. Saluran pembuang perlu didesain cukup luas agar air buangan turbin dapat mengalir dengan aman. Dinding pengaman pada sungai dan posisi ketinggian lantai rumah turbin dibuat cukup tinggi, yaitu di atas tinggi muka air maksimum pada saat banjir. Perlu diperhatikan erosi dan endapan dalam saluran pembuang. Erosi dapat berbahaya untuk stabilitas bangunan.

Prinsip Kerja PLTMH

Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro pada prinsipnya memanfaatkan beda ketinggian dan jumlah debit air per detik yang ada pada aliran air saluran irigasi, sungai atau air terjun. Aliran air ini akan memutar poros turbin sehingga menghasilkan energi mekanik. Energi ini selanjutnya menggerakkan generator dan menghasilkan listrik. Pembangunan PLTMH perlu diawali dengan pembangunan bendungan untuk mengatur aliran air yang akan dimanfaatkan sebagai tenaga penggerak PLTMH. Bendungan ini dapat berupa bendungan beton atau bendungan beronjong.

Bendungan perlu dilengkapi dengan pintu air dan saringan sampah untuk mencegah masuknya kotoran atau endapan lumpur. Bendungan sebaiknya dibangun pada dasar sungai yang stabil dan aman terhadap banjir.

Di dekat bendungan dibangun bangunan pengambilan (*intake*). Kemudian dilanjutkan dengan pembuatan saluran penghantar yang berfungsi mengalirkan air

dari *intake*. Saluran ini dilengkapi dengan saluran pelimpah pada setiap jarak tertentu untuk mengeluarkan air yang berlebih. Saluran ini dapat berupa saluran terbuka atau tertutup. Di ujung saluran pelimpah dibangun kolam pengendap. Kolam ini berfungsi untuk mengendapkan pasir dan menyaring kotoran sehingga air yang masuk ke turbin relatif bersih. Saluran ini dibuat dengan memperdalam dan memperlebar saluran penghantar dan menambahnya dengan saluran penguras. Kolam penenang (*forebay*) juga dibangun untuk menenangkan aliran air yang akan masuk ke turbin dan mengarahkannya masuk ke pipa pesat (*penstok*). Saluran ini dibuat dengan konstruksi beton dan berjarak sedekat mungkin ke rumah turbin untuk menghemat pipa pesat.

Pipa pesat berfungsi mengalirkan air sebelum masuk ke turbin. Dalam pipa ini, energi potensial air di kolam penenang diubah menjadi energi kinetik yang akan memutar roda turbin. Biasanya terbuat dari pipa baja yang dilas. Untuk sambungan antar pipa digunakan *flens*. Pipa ini harus didukung oleh pondasi yang mampu menahan beban statis dan dinamisnya. Pondasi dan dudukan ini diusahakan selurus mungkin, karena itu perlu dirancang sesuai dengan kondisi tanah. Turbin, generator dan sistem kontrol masing-masing diletakkan dalam sebuah rumah yang terpisah. Pondasi turbin-generator juga harus dipisahkan dari pondasi rumahnya.

Tujuannya adalah untuk menghindari masalah akibat getaran. Rumah turbin harus dirancang sedemikian agar memudahkan perawatan dan pemeriksaan. Setelah keluar dari pipa pesat, air akan memasuki turbin pada bagian inlet. Di dalamnya terdapat *guided vane* untuk mengatur pembukaan dan penutupan turbin serta mengatur jumlah air yang masuk ke *runner/blade* (komponen utama turbin).

Runner terbuat dari baja dengan kekuatan tarik tinggi yang dilas pada dua buah piringan sejajar. Aliran air akan memutar *runner* dan menghasilkan energi

kinetik yang akan memutar poros turbin. Energi yang timbul akibat putaran poros kemudian ditransmisikan ke generator.

Seluruh sistem ini harus *balance*. Turbin perlu dilengkapi *casing* yang berfungsi mengarahkan air ke *runner*. Pada bagian bawah casing terdapat pengunci turbin. Bantalan (*bearing*) terdapat pada sebelah kiri dan kanan poros dan berfungsi untuk menyangga poros agar dapat berputar dengan lancar.

Daya poros dari turbin ini harus ditransmisikan ke generator agar dapat diubah menjadi energi listrik. Generator yang dapat digunakan pada mikrohidro adalah generator sinkron dan generator induksi. Sistem transmisi daya ini dapat berupa sistem transmisi langsung (daya poros langsung dihubungkan dengan poros generator dengan bantuan kopling), atau sistem transmisi daya tidak langsung, yaitu menggunakan sabuk atau *belt* untuk memindahkan daya antara dua poros sejajar. Keuntungan sistem transmisi langsung adalah lebih kompak, mudah dirawat, dan efisiensinya lebih tinggi. Tetapi sumbu poros harus benar-benar lurus dan putaran poros generator harus sama dengan kecepatan putar poros turbin.

Masalah ketidaklurusan sumbu dapat diatasi dengan bantuan kopling fleksibel. *Gearbox* dapat digunakan untuk mengoreksi rasio kecepatan putaran. Sistem transmisi tidak langsung memungkinkan adanya variasi dalam penggunaan generator secara lebih luas karena kecepatan putar poros generator tidak perlu sama dengan kecepatan putar poros turbin. Jenis sabuk yang biasa digunakan untuk PLTMH skala besar adalah jenis *flat belt*, sedang *V-belt* digunakan untuk skala di bawah 20 kW.

METODOLOGI

Proses Pengambilan Data

1. Tempat dan Waktu

- Tempat

Ada 2 PLTMH yang akan dijadikan bahan studi analisis kali ini, yang terdapat pada tempat-tempat berikut :

1. PLTMH Muaro Aie
PLMTH ini berada di Nagari Muaro Aie, Kecamatan IV Nagari Bayang Utara, Kabupaten Pesisir Selatan, Sumatera Barat.
 2. PLTMH Pulai Indah
PLMTH ini berada di Nagari Limau Puruik, Kecamatan IV Nagari Bayang Utara, Kabupaten Pesisir Selatan, Sumatera Barat.
- Waktu
Proses pengambilan data pada tiap-tiap PLTMH tersebut dilakukan pada waktu yang berbeda-beda, yaitu :
 1. Pengambilan data pada PLTMH Muaro Aie dilakukan pada rabu, tanggal 12 Agustus 2015, pada jam 16.00 WIB
 2. Pengambilan data pada PLTMH Pulai Indah dilakukan pada hari rabu, tanggal 12 Agustus 2015, pada jam 07.30 WIB
2. Teknik Pengumpulan Data
Untuk teknik pengumpulan data ini, dilakukan dalam beberapa tahap, dengan cara pengambilan data berdasarkan hal-hal berikut :
 - a. Ukuran bak penenang
 - b. Ketinggian jatuh air
 - c. Debit air PLTMH
 - d. Generator yang digunakan
 - e. Panel kontrol.
 3. Pengumpulan Data
Pada saat pengumpulan data, dilakukan pengukuran terhadap, ketinggian jatuh air hingga menuju turbin, panjang, lebar dan tinggi dari bak penenang PLTMH, debit air masukan PLTMH, jenis generator yang digunakan pada PLTMH tersebut, serta bentuk panel kontrolnya. Dari penelitian yang telah dilakukan, maka diperoleh hasil sebagai berikut :
 - Debit air
Debit air adalah jumlah air yang mengalir melalui suatu penampang tertentu persatuan waktu. Debit andalan adalah debit yang selalu tersedia sepanjang tahun. Dalam penelitian ini debit andalan merupakan debit yang

memiliki probabilitas 80%. Debit dengan probabilitas 80% adalah debit yang memiliki kemungkinan terjadi di bendung sebesar 80% dari 100% kejadian. Jumlah kejadian yang dimaksud adalah jumlah data yang digunakan untuk menganalisis probabilitas tersebut.

Ada beberapa hal yang dapat mempengaruhi jumlah debit air suatu PLTMH, antara lain sebagai berikut :

1. Curah hujan, merupakan sumber air yang berasal dari sungai. Besarnya curah hujan suatu wilayah ditentukan oleh intensitas hujan dan lamanya hujan serta luas wilayah tersebut.
2. Penambahan air tanah dan kelembapan tanah, hal ini dipengaruhi oleh :
 - a) Luas dan bentuk tanah
 - b) Keadaan wilayah
 - c) Faktor geologi
 - d) Faktor meteorologi, hal ini meliputi kelembapan, suhu udara, dan kecepatan angin.

- Ketinggian jatuh air

Penentuan tinggi jatuh efektif dapat diperoleh dengan mengurangi tinggi jatuh total (dari permukaan air sampai permukaan air saluran bawah) dengan kehilangan tinggi pada saluran air. Tinggi jatuh penuh adalah tinggi air yang kerja efektif saat turbin air berjalan.

Ada beberapa cara untuk dapat mengetahui tinggi jatuh air PLTMH dari bak penenang menuju turbin, yaitu :

1. Metode Selang transparan
2. Metode *waterpass*
3. Metode altimeter
4. Metode meteran pandang.

Untuk pengukuran tinggi jatuh air kali ini pada ketiga PLTMH yang ada di Kecamatan IV Nagari Bayang Utara hanya menggunakan metode meteran pandang, hal ini dikarenakan alat dan perlengkapan yang kurang memadai.

- Ukuran bak penenang

Bak penenang (*headtank*) berfungsi sebagai pengatur perbedaan keluaran air

antara headrace dan penstock. Selain itu dipakai juga untuk pemisahan akhir kotoran yang ada dalam air, seperti pasir, kayu dll, sehingga ada 2 tahap penyaringan.

Berikut adalah data tabel ukuran bak penenang dari ketiga PLTMH, yaitu PLTMH Muaro Aie, Pulau Indah, dan Bayang Janiah.

Tabel 1. ukuran bak penenang PLTMH Muaro Aie

No.	Uraian	Simbol	Satuan	Ket.
1	Panjang bak penenang	P	m	9,15
2	Lebar bak penenang	L	m	1,9
3	Tinggi bak penenang	T	m	2,2

Tabel 2. ukuran bak penenang PLTMH Pulau Indah

No.	Uraian	Simbol	Satuan	Ket.
1	Panjang bak penenang	P	m	7
2	Lebar bak penenang	L	m	2
3	Tinggi bak penenang	T	m	2,5

- Generator yang digunakan

Generator adalah sebuah alat yang digunakan untuk mengubah daya gerak menjadi daya listrik. Untuk sistem mikro hidro ini kami menggunakan generator tak-serempak, baik untuk sistem *fixed-speed* maupun sistem *variable speed*.

- Panel Kontrol

Panel kontrol merupakan rangkaian beberapa alat listrik yang pada dasarnya berfungsi sebagai system pengontrolan. Sistem kontrol ini bertugas untuk mengatur kompensasi beban untuk menyeimbangkan beban dengan besar daya output generator. Sistem ini melindungi generator dan turbin dari

kelebihan beban apabila terjadi drop tegangan.

Pada panel kontrol ini juga terdapat beberapa alat ukur, seperti alat ukur tegangan, arus dan frekuensi serta juga terdapat MCB dan lampu tanda. Apabila beban berkurang sedangkan daya yang dihasilkan generator tetap, maka nilai tegangan yang terdapat pada alat ukur voltmeter naik. Untuk mencegah terjadi panas yang berlebihan dan kerusakan, maka perlu dilakukan juga pengontrolan air yang masuk ke turbin.

Data Hasil Survey

Di bawah ini terdapat data peralatan dan perlengkapan PLTMH Muaro Aie, PLTMH Pulau Indah dan PLTMH Bayang Janiah.

1. PLTMH Muaro Aie

Untuk data pengukuran yang diperoleh, dapat dilihat pada tabel 3.

Tabel 3. Data hasil survey pada PLTMH Muaro Aie

No	Uraian	Simbol	Satuan	Ket.
1	Panjang bak penenang	p_b	M	9,15
2	Lebar bak penenang	l_b	M	1,9
3	Tinggi bak penenang	t_b	M	2,2
4	Tinggi jatuh air	H	M	21
5	Panjang pipa pesat	p_p	M	95,6
6	Diameter pipa pesat	d_p	M	0,5
7	Daya terukur	P	W	12.900
8	Tegangan terukur	V	V	220
9	Arus terukur	I	A	34
10	Tinggi air bak penenang	$t_{(air\ bak)}$	M	2,1
11	Tinggi saluran	t_s	M	0,8
12	Lebar saluran	l_s	M	0,4

13	Tinggi air saluran	$t_{(air\ saluran)}$	M	0,4
----	--------------------	----------------------	---	-----

2. PLTMH Pulau Indah

Setelah melakukan survey pada PLTMH Pulau Indah, diperoleh beberapa data pengukuran, dapat dilihat pada tabel 4.

Tabel 4. Data hasil survey pada PLTMH Pulau Indah

No.	Uraian	Simbol	Satuan	Ket.
1	Panjang bak penenang	p_b	M	7
2	Lebar bak penenang	l_b	M	2
3	Tinggi bak penenang	t_b	M	2,5
4	Tinggi jatuh air	H	M	18
5	Panjang pipa pesat	p_p	M	70
6	Diameter pipa pesat	d_p	M	0,55
7	Daya terukur	P	W	-
8	Tegangan terukur	V	V	220
9	Arus terukur	I	A	-
10	Tinggi air bak penenang	$t_{(air\ bak)}$	M	2,2
11	Tinggi saluran	t_s	M	0,85
12	Lebar saluran	l_s	M	1,4
13	Tinggi air saluran	$t_{(air\ saluran)}$	M	0,8

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. PLTMH Muaro Aie

- a. Diameter pipa pesat = 0,5 m
Maka dapat dihitung besar luas penampang dari pipa pesat menggunakan persamaan

$$A = \frac{1}{4} \pi d^2$$

$$= \frac{1}{4} \cdot 3,14 \cdot (0,5)^2$$

$$= \frac{1}{4} \cdot 3,14 \cdot 0,25$$

$$A = 0,19 \text{ m}^2$$

Volume air bak penenang, pengukuran pada saat tinggi air pada bak = 2,1 m dapat dihitung menggunakan persamaan

$$V = p \times l \times t$$

$$= 9,15 \times 1,9 \times 2,1$$

$$V = 36,5 \text{ m}^3$$

Kecepatan air pada pipa pesat, jika waktu yang terukur sebesar 10 detik, dan panjang pipa 95,6 m dapat dihitung menggunakan persamaan

$$V = \frac{s}{t}$$

$$= \frac{95,6}{10}$$

$$= 9,56 \text{ m/s}$$

- b. Debit air

Untuk debit air hanya dilakukan perhitungan debit air dari data yang telah terkumpul di lapangan.

Dimana :

$$Q = \text{Debit air (m}^3/\text{s)}$$

$$V = \text{Kecepatan air pada pipa pesat (m/s)}$$

$$A = \text{Luas penampang pada pipa pesat (m}^2\text{)}$$

Perhitungan debit air per detik dapat dihitung menggunakan persamaan

$$Q = V \cdot A$$

$$= (9,56 \cdot 0,19)10$$

$$Q = 18,2 \text{ m}^3/\text{s}$$

- c. Daya

Daya turbin untuk volume bak penenang sebesar $15,75 \text{ m}^3$ dapat dihitung menggunakan persamaan (5)

$$P = g \times H \times Q \times E_{to}$$

$$= 9,8 \times 21 \times 1,82 \times 74 \%$$

$$P = 277 \text{ kW}$$

Daya generator untuk volume bak penenang sebesar $15,75 \text{ m}^3$ dapat dihitung menggunakan persamaan (6)

$$P_g = g \times H \times Q \times \eta_t \times \eta_{gen} \times \eta_{belt}$$

$$= 9,8 \times 21 \times 1,82 \times 0,74 \times 0,80 \times 0,95$$

$$P_g = 210 \text{ kW}$$

Untuk daya yang terukur, diperoleh dapat digunakan persamaan (7)

$$P = \sqrt{3} V \cdot I \cos \phi$$

Pada saat pengukuran, diperoleh arus sebesar 34 Ampere masing-masing

phasa, dan tegangan keluaran sebesar 220 Volt, maka

$$\begin{aligned} P &= \sqrt{3} V \cdot I \cos \varphi \\ &= \sqrt{3} 220 \cdot 34 \cos 0,8 \\ &= \sqrt{3} 220 \cdot 34 \cdot 1 \\ P &= 12.955 \text{ Watt} \\ P &= 12,9 \text{ kW} \end{aligned}$$

Untuk daya yang maksimum, pada PLTMH ini terdapat 76 kepala keluarga, dengan masing-masing pemakaian daya yaitu 48 kk menggunakan daya sebesar 450 VA dan sisanya 28 kk menggunakan daya sebesar 900 VA.

Maka, total keseluruhan daya yang terpakai adalah :

$$\begin{aligned} P &= (48 \times 450) + (28 \times 900) \\ P &= 46,8 \text{ kVA} \end{aligned}$$

2. PLTMH Pulai Indah

Diameter pipa pesat = 0,55 m
Maka dapat dihitung besar luas penampang dari pipa pesat menggunakan persamaan (1)

$$\begin{aligned} A &= \frac{1}{4} \pi d^2 \\ &= \frac{1}{4} \cdot 3,14 \cdot (0,55)^2 \\ &= \frac{1}{4} \cdot 3,14 \cdot 0,3 \\ A &= 0,23 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

Volume air bak penenang, pengukuran pada saat tinggi air pada bak = 2,1 m dapat dihitung menggunakan persamaan (2)

$$\begin{aligned} V &= p \times l \times t \\ &= 7 \times 2 \times 2,2 \\ V &= 30,8 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Kecepatan air pada pipa pesat, jika waktu yang terukur sebesar 10 detik, dan panjang pipa 70 m dapat dihitung menggunakan persamaan

$$\begin{aligned} V &= \frac{s}{t} \\ &= \frac{70}{10} \\ &= 7 \text{ m/s} \end{aligned}$$

Debit air

Untuk debit dilakukan perhitungan debit air dari data yang telah terkumpul di lapangan.

Dimana :

$$\begin{aligned} Q &= \text{Debit air (m}^3/\text{s)} \\ V &= \text{Kecepatan air pipa pesat (m/s)} \end{aligned}$$

A = Luas penampang pipa pesat (m²)

Perhitungan debit air pada waktu 10 detik dapat dihitung menggunakan persamaan

$$\begin{aligned} Q &= V \cdot A \\ &= (7 \cdot 0,23) 10 \\ Q &= 16,1 \text{ m}^3/\text{s} \end{aligned}$$

Daya

Daya turbin untuk volume bak penenang sebesar 15,75 m³ dapat dihitung menggunakan persamaan (5)

$$\begin{aligned} P &= g \times H \times Q \times E_{to} \\ &= 9,8 \times 19 \times 1,61 \times 74 \% \\ P &= 209 \text{ kW} \end{aligned}$$

Daya generator untuk volume bak penenang sebesar 15,75 m³ dapat dihitung menggunakan persamaan

$$\begin{aligned} P_g &= g \times H \times Q \times \eta_t \times \eta_{gen} \times \eta_{beit} \\ &= 9,8 \times 19 \times 1,61 \times 0,74 \times 0,80 \times 0,98 \\ P_g &= 163 \text{ kW} \end{aligned}$$

Untuk daya yang maksimum, pada PLTMH ini terdapat 33 kepala keluarga, dengan masing-masing pemakaian daya sebesar 450 VA.

Maka, total keseluruhan daya yang terpakai adalah :

$$\begin{aligned} P &= (33 \times 450) \\ P &= 14,8 \text{ kVA} \\ 4 \times 0,80 \times 0,95 \\ P_g &= 50,6 \text{ kW} \end{aligned}$$

Analisa Kelayakan PLTMH Di Kecamatan IV Nagari Bayang Utara

Berikut adalah analisa dari PLTMH Muaro Aie dan PLTMH Pulai Indah

1. PLTMH Muaro Aie

Pada saat melakukan penelitian di PLTMH Muaro Aie, Kecamatan IV Nagari Bayang Utara, PLTMH ini menggunakan generator bermerek *Matari*, berdaya sebesar 72,5 kW dengan tegangan generator 400/220 Volt. Kondisi peralatan dan bangunan PLTMH ini masih dalam keadaan yang sangat baik, karena PLTMH ini baru saja selesai diperbaiki karena peralatan

PLTMH yang lama, seperti turbin, generator serta pipa pesatnya tidak sanggup lagi untuk mencukupi besar kebutuhan listrik penduduk kampung Muaro Aie ini.

Daya yang diperoleh sebesar 46,8 kVA merupakan daya maksimum keseluruhan pemakaian energi listrik pelanggan pada PLTMH Muaro Aie pada saat sedang beban puncak, sedangkan pada saat pengukuran daya yang terpakai saat itu baru sebesar 12,9 kW dan itu artinya daya yang digunakan masih $\frac{1}{4}$ dari daya maksimum pemakaian. Jika dibandingkan dengan daya nominal yang mampu dibangkitkan generator dengan debit air sebesar 1,82 m/s yaitu sebesar 210 kW, maka dapat dikatakan bahwa PLTMH ini masih banyak terdapat potensi untuk menambah pembangkit baru. Dengan dibangunnya pembangkit listrik yang baru, listrik yang dihasilkan tersebut dapat pula disalurkan ke tempat lain atau dijual ke PLN sehingga potensi air yang ada di Nagari Muaro Aie tidak terbuang sia-sia.

Generator lama PLTMH ini berdaya sebesar 40 kW dan diameter pipa pesatnya sebesar 0,45 m yang memakan lama waktu perbaikan lebih kurang 8 bulan, dan sekarang pipa tersebut hanya digunakan sebagai pipa air pembuangan dari bak penenang. Dilihat dari potensi daya keluaran dan jumlah debit air yang mengalir di turbin, PLTMH ini layak untuk dibangun, karena dengan jumlah air yang telah melebihi 80 % kapasitas bak penenang, PLTMH tersebut tidak akan kekurangan air untuk menjalankannya. Akan tetapi pada saat sekarang, yang bertepatan dengan musim bercocok tanam padi, air yang mengalir pada saluran pembawa juga dialirkan ke sawah-sawah penduduk, ini akan menyebabkan debit air untuk PLTMH akan berkurang, sehingga pada bendungan pengambil dan pintu air harus diberikan air yang melebihi jumlah biasanya, sehingga pasokan air PLTMH tetap stabil terpenuhi.

Hal yang masih kurang efisien pada PLTMH ini adalah pada bendungan pengambil, air tidak dibendung dengan

baik, bendungan tersebut hanya terdiri dari kayu, batu serta daun-daun untuk menutupi lubang bendungan, sehingga apabila air besar, otomatis bendungan tersebut akan runtuh terbawa derasnya air sungai. Hal lainnya yang masih perlu diperbaiki adalah saluran pembawa aliran air, di beberapa tempat sekitar 300 m dari arah bak penenang, ada sebagian saluran pembawa yang memiliki lebar yang cukup besar antara 1,5 – 2 meter, tetapi memiliki ketinggian yang rendah, hanya berkisar 0,45 meter, sehingga air yang mengair banyak yang keluar dari saluran. Salah satu langkah penanggulangan masalah-masalah tersebut adalah dengan mendam bendungan dengan semen permanen sehingga tidak akan terjadi masalah saat air besar, dan saluran pembawa digali serta mengeluarkan pasir dan batu yang membuat saluran menjadi dangkal.

PLTMH ini dinyalakan setiap hari dan hanya dimatikan pada hari senin untuk melakukan perawatan pada peralatan yang ada di dalam power house serta untuk membersihkan sampah-sampah yang terbawa aliran air pada bak penenang.

2. PLTMH Pulau Indah

Pada PLTMH Pulau Indah ini menggunakan generator 3 fasa 380/220 Volt, generator ini dapat menghasilkan daya 60 kW. Saat melakukan penelitian ke lokasi PLTMH, banyak dari alat serta perlengkapan PLTMH yang telah mengalami kerusakan, diantaranya adalah pada *panel control*, *ballast load panel* sudah mengalami kerusakan yang sudah lama dan belum pernah dilakukan perbaikan, hal ini mengakibatkan alat ukur arus pada *panel control* tidak berfungsi, kemudian turbin dan generatornya juga sudah berkarat di berbagai bagian, jika ini dibiarkan terus-menerus maka akan berakibat alat tersebut akan mengalami kerusakan.

Untuk pemakaian energi listrik sendiri di Nagari Limau Puruik ini, dengan jumlah kepala keluarga hanya 33 rumah, dan pemakaian masing-masing rumah

adalah sebesar 900 VA, maka daya total untuk kampung ini adalah sebesar 29,7 kVA. Sedangkan jika ditinjau dari segi daya nominal yang mampu dibangkitkan generator pada PLTMH Pulau Indah ini yaitu 163 kW, itu artinya masih banyak terdapat kelebihan daya yang dapat dibangkitkan lagi, jika ditinjau dari perkembangan penduduknya, dengan daya yang sedemikian besar tidak akan mampu dimanfaatkan keseluruhan daya nominal generator tersebut, sehingga langkah yang dapat diambil selanjutnya adalah membangun PLTMH yang baru untuk menghasilkan daya yang lebih besar dan mengalir tempat lain yang masih kekurangan energi listrik.

Dilihat dari potensi daya, PLTMH Pulau Indah ini layak untuk dibangun PLTMH baru, karena keadaan dan ketersediaan air sebagai pembangkit PLTMH sangat berlimpah, ini sangat efisien untuk memenuhi kebutuhan listrik masyarakat di Nagari Limau Puruik yang belum terjangkau pasokan listrik dari PLN. Untuk saat ini, generator pada PLTMH ini sudah tepat dipakai karena selama digunakan masih bisa mencukupi kebutuhan listrik di Nagari Limau Puruik.

Jika dihitung dari kemampuan generator menghasilkan listrik, jumlah ini masih mencukupi kebutuhan listrik masyarakat. Kondisi *power house* PLTMH ini juga sangat memprihatinkan, salah satu dinding bangunan di atas saluran pembuangan turbin sudah roboh, dan banyak dinding di bagian lain bangunan juga sudah retak, jika tidak segera ditanggulangi, kemungkinan bangunan akan makin rusak dan roboh.

Debit air yang dihasilkan oleh PLTMH ini setelah dihitung adalah sebesar $1,68 \text{ m}^3/\text{s}$ selama 10 detik, dengan nilai yang demikian sudah dapat mencukupi kebutuhan air untuk menggerakkan turbin dan menghasilkan daya yang besar pada generator. Pada saat musim becocok tanam padi, air pada saluran pembawa akan juga dialirkan ke sawah-sawah penduduk, hal ini tentu akan membuat jumlah debit air pada

bak penenang juga akan akan berkurang, dan daya keluaran generator juga akan berkurang, langkah yang dapat dilakukan adalah dengan menambah debit air masukan pada bendungan pengambil.

PLTMH ini dinyalakan sepanjang hari dan hanya dimatikan minimal 1 minggu sekali, jika pada poros turbin dan generator tidak dilakukan perawatan yang teratur, tentu peralatan tersebut akan mengalami percepatan pemanasan berlebihan, salah satunya adalah dengan pemberian gemuk pada poros-poros tersebut.

SIMPULAN

Dari penelitian yang telah dilakukan, maka dapat diperoleh beberapa kesimpulan, diantaranya adalah sebagai berikut :

1. Untuk PLTMH Muaro Aie, dengan debit air mencapai $18,2 \text{ m}^3/\text{s}$, pada PLTMH Pulau Indah, debit airnya juga tinggi, mencapai $16,1 \text{ m}^3/\text{s}$, ketinggian jatuh air yang cukup tinggi, membuat PLTMH tersebut tidak akan kekurangan tenaga untuk menghasilkan listrik dan bisa menghasilkan daya yang besar sehingga sangat memungkinkan untuk penambahan PLTMH baru pada kedua daerah tersebut.
2. Pada PLTMH Muaro Aie, generator mampu menghasilkan daya 210 kW , sedangkan daya yang terpakai sebesar $12,9 \text{ kW}$
3. Pada PLTMH Pulau Indah, generator mampu menghasilkan daya nominal 163 kW , sedangkan daya yang terpakai tidak dapat diukur karena alat ukur panel kontrol PLTMH rusak
4. Peralatan kontrol yang ada pada PLTMH diantaranya yaitu Governor dan serta push button on off pada panel kontrol, baik digunakan secara otomatis maupun manual, sedangkan untuk peralatan proteksi yang digunakan antara lain, MCB, Fuse dan grounding.

DAFTAR PUSTAKA

- Kurniawan, Adi Martha, dkk. “Studi Kelayakan Perencanaan PLTMH Di Saluran Turitunggoro Pada Bendung Gerak Mrican Kediri”. *Tugas Sarjana*. Malang : Teknik Jurusan Pengairan, Universitas Brawijawa.
- Sudargana, dkk. 2005. “Studi Kelayakan Dan Prancangan Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro Di Duku Pekuluran Kec. Doro Kab. Pekalongan”. *Jurnal Teknik FT - UNDIP*. Semarang : Jurusan Teknik Elektro, Universitas Diponegoro.
- Suyanto, Muhammad. 2013. “Perbandingan Peningkatan Daya Terpasang Pada Pembangkit Listrik Mikrohidro (PLTMH) Di Daerah Wukirsari Imogiri Bantul Jogjakarta”. *Jurnal Teknik Elektro*. Jogjakarta : Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Industri Institut Sains & Teknologi AKPRIND Jogjakarta..
- Zuliansyah, Alfriady. “Studi Kelayakan PLTMH Di Kabupaten Deli Serdang, Kecamatan Sibolangit Desa Buluh Awar”. *Tugas Sarjana*. Medan : Fakultas Teknik Elektro, Universitas Sumatera Utara, (online