

PERENCANAAN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA MIKRO HIDRO (PLTMH) MEMANFAATKAN OUTLET KONDENSOR PLTU II NTT DI DESA BOLOK KECAMATAN KUPANG BARAT, KABUPATEN KUPANG

Frans J. Likadja¹, Agustinus Sampeallo², Clizardo R. D. N. R. Amaral³

^{1,2,3}Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Sains dan Teknik, Universitas Nusa Cendana
Kupang-NTT, Telp. (0380) 881557, HP.081239898101
Email : Frankylikadja@yahoo.com

ABSTRACT

The NTT PLTU II condenser is a type of heat exchanger that condenses the working fluid. The condenser has the task of cooling or condensing the low pressure steam of the turbine with sea water as the cooling liquid so that it can be pumped back to the boiler. Seawater as cooling liquid, which exits through the water cooling outlet in the condenser, is used as micro-hydro power plant (PLTMH). The aim of this study is to conduct a planning study and find out how much electricity is generated from reusing condenser wastewater in PLTMH from condenser wastewater and by using electricity in the administration building in PLTU II NTT. Based on the analysis and measurement results, the average water discharge from the condenser outlet is 0.834 m³ / s at an effective height of 8.2 meters. PLTMH uses a T-14 cross-flow turbine with a diameter of 710 mm, a turbine efficiency of 76% and a turbine output of 47.26 KW. Two synchronous generators of the type STC-20 with 3 \emptyset and 2 x 25 kVA with generator and transmitter efficiency are used to generate electrical power. Fat content of 85% and 98%, so the output power is 39.36 kVA. Assuming electricity consumption in the administration building of 9.7 KW. The power plant site is located near the NTT PLTU II generating unit, so that for the low voltage grid there is an NFA2X cable (3 x 35 + 1 x 25 mm²) with a cable length of 445 meters from the power plant and 11 iron masts with a height of 9 meters and one Distance between the poles of 40 meters is used. Since the conductor length is relatively short, the channel impedance is 0.369732 + j0.17129. The value of the voltage drop occurring is 2.38 V and 2.46 V (0.6%) and the power losses are 14.48 watts.

Keywords : Outlets condenser, Head, Flow

ABSTRAK

Kondensor PLTU II NTT adalah salah satu jenis mesin penukar kalor (heat exchanger) yang berfungsi untuk mengkondensasikan fluida kerja. fungsi kondensor adalah untuk mendinginkan atau mengkondensasikan uap keluaran turbin tekanan rendah dengan menggunakan air laut sebagai fluida pendinginnya sehingga dapat dipompakan kembali ke boiler. Air laut sebagai fluida pendinginnya yang keluar melalui outlet water cooling di kondensor dimanfaatkan menjadi pembangkit listrik tenaga Mikro hidro (PLTMH). Penelitian ini bertujuan untuk melakukan studi perencanaan dan mengetahui seberapa besar tenaga listrik yang dihasilkan dengan memanfaatkan kembali air buangan kondensor menjadi PLTMH dari air buangan kondensor serta pemanfaatan daya listrik pada gedung administrasi di PLTU II NTT. Berdasarkan hasil analisis dan pengukuran diperoleh, rata-rata debit air dari outlet kondensor adalah 0.834 m³/det, dengan ketinggian efektif 8.2 meter. PLTMH menggunakan turbin Cross flow tipe T-14 dengan diameter 710 mm, efisiensi turbin adalah 76% sehingga daya keluaran turbin 47.26 KW, dan untuk membangkitkan daya listrik digunakan 2 unit generator sinkron 3 \emptyset , 2x25 kVA bertipe STC-20 pada dengan efisiensi generator dan transmiter fatbelty yaitu 85% dan 98% sehingga daya keluarannya sebesar 39.36 kVA. Dengan asumsi pemakaian listrik di gedung administrasi sebesar 9.7 KW. Lokasi pembangkitan berada berdekatan unit pembangkit PLTU II NTT, sehingga Jaringan tegangan rendah menggunakan kabel NFA2X (3 x 35 + 1 x 25 mm²) dengan panjang penghantar 445 meter dari gedung pembangkit dan menggunakan 11 tiang besi dengan ketinggian 9 meter serta jarak antar tiang 40 meter. Karena panjang penghantar relatif pendek sehingga impedansi salurannya adalah 0.369732 + j0.17129. Nilai jatuh tegangan yang terjadi sebesar 2.38 V dan 2.46 V (0.6%) dan rugi-rugi daya sebesar 14.48 Watt.

Kata Kunci : Outlet Kondensor, Head, Debit.

1. PENDAHULUAN

Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) II NTT merupakan salah satu pembangkit listrik konvensional yang berada di Desa Bolok Kecamatan Kupang Barat Kabupaten Kupang, dengan kapasitas terpasang 2 x 16,5 MW. PLTU II NTT bertujuan untuk melayani kebutuhan listrik masyarakat di Pulau Timor serta melayani beban pemakaian sendiri yaitu pada unit pembangkit dan gedung-gedung penunjang. Dengan dibantu oleh pembangkit-pembangkit lain yaitu Kapal *Marine Vessel Power Plant* (MVPP) dan PLTU Kupang Baru, PLTU II NTT mampu melayani beban listrik di Pulau Timor.

PLTU II NTT memiliki lima komponen utama yaitu *boiler*, turbin uap, pompa, kondensor, dan generator. Komponen tersebut bekerja secara berkaitan untuk menghasilkan energi listrik dengan cara mengubah air menjadi uap. Dengan siklus kerja PLTU yaitu siklus uap tertutup (*rankine*), uap yang telah memutar turbin dengan energinya dikondensasikan menjadi air di kondensor lalu di tampung di *hot well* dan dipompa ke *boiler*, selanjutnya dipanaskan di dalam *boiler*. Demikian seterusnya siklus ini terjadi terus menerus, sehingga energi listrik yang dibangkitkan beroperasi secara efisien dan kontinyutas (Muslim, 2008).

Kondensor PLTU II NTT adalah salah satu jenis mesin penukar kalor (*heat exchanger*) yang berfungsi untuk mengkondensasikan fluida kerja. fungsi kondensor adalah untuk mendinginkan atau mengkondensasikan uap keluaran turbin tekanan rendah dengan menggunakan air laut sebagai fluida pendinginnya sehingga dapat dipompakan kembali ke *boiler* (Premana,2015). Kondensor merupakan suatu sistem pendingin *open cooling*, sistem kerja kondensor yaitu air laut yang dipompa masuk kedalam pipa-pipa kondensor melalui *inlet water cooling* sebagai fluida pendingin untuk mengkondensasikan uap turbin. Air laut keluar melalui *outlet water cooling* kemudian kembali lagi ke laut tanpa dipergunakan lagi. Air laut yang keluar (air buangan) dari kondensor ini memiliki debit air rata-rata pada bulan Mei 2019 yaitu 0.834 m³/det sehingga dapat dijadikan sebuah pembangkit listrik tenaga air.

Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH) merupakan sebuah pembangkit listrik tenaga air yang berskala kecil dengan daya listrik yang dibangkitkan kurang dari 100 kW (Koy, 2006). Debit air pada bulan Mei 2019, yaitu sebesar 0.834 m³/det maka daya listrik dari hasil perencanaan PLTMH sebesar 39.36 kVA digunakan

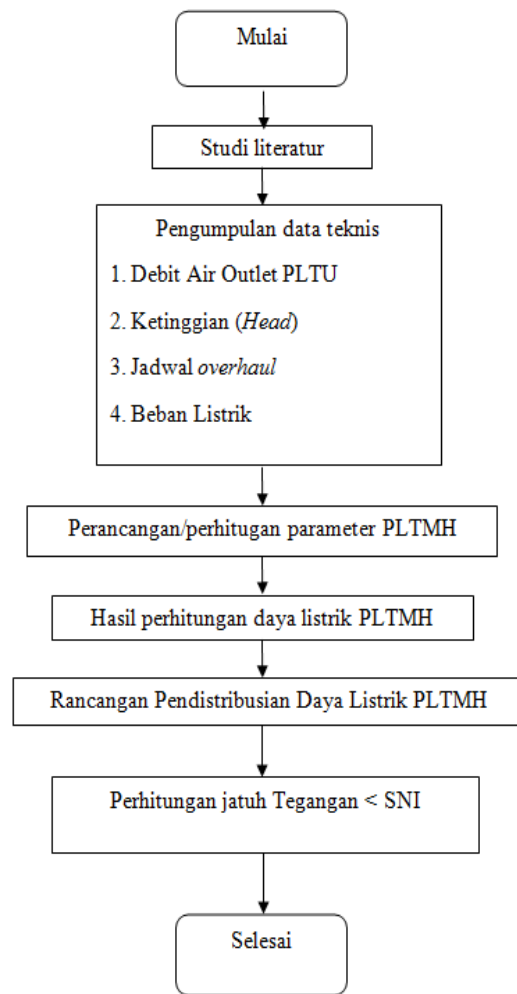
pada beban listrik gedung-gedung penunjang di PLTU II NTT. Gedung administrasi merupakan salah satu gedung penunjang di PLTU II NTT yang berperan penting pada unit pembangkit dalam tugas catat mencatat. Beban listrik di gedung adminnistrasi yaitu berupa lampu penerangan, *Air Conditioner* (AC), motor-motor listrik dan beberapa peralatan elektronik lainnya. Perencanaan PLTMH ini tidak mengganggu pengoperasian PLTU II NTT.

Berdasarkan latar belakang di atas, penulis tertarik mengambil tugas akhir yang berjudul “Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH) Memanfaatkan Outlet Kondensor PLTU II NTT di Desa Bolok ”.

2. METODE PENELITIAN

2.1 Langkah Penelitian

Tahapan penelitian tugas akhir yang dilakukan, dapat dilihat pada diagram alir pada gambar 1 berikut ini:



Gambar 1 Diagram Alir Penelitian

2.2 Pengumpulan Data

Data-data yang diperlukan dalam penelitian ini diperoleh dari PLTU II NTT, yaitu data primer berupa pengukuran Head dan kontur lokasi pembuatan PLTMH dan data sekunder yaitu single line, data debit air, data *Circulating Water Pump* (CWP), serta Jadwal pemeliharaan unit pembangkit

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Gambaran Umum PLTU II NTT

Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) II NTT berlokasi di Desa Bolok, Kecamatan Kupang Barat, Kabupaten Kupang, Nusa Tenggara Timur. PLTU II NTT berada berdekatan dengan dua pembangkit listrik, yaitu Kapal *Marine Vessel Power Plant* (MVPP) dan PLTU Kupang Baru. PLTU II NTT bersama dua Pembangkit lainnya di Bolok berfungsi untuk melayani kebutuhan listrik di Pulau Timor

PLTU II NTT adalah pusat pembangkit listrik milik PLN yang menggunakan tenaga uap sebagai energi penggerak mula dengan kapasitas 2 x 16.5 MW. PLTU II NTT merupakan salah satu pusat pembangkit yang bertujuan untuk melayani kebutuhan listrik masyarakat di Pulau Timor pada sistem timor. Pembangkit ini mulai beroperasi pada tanggal 20 November 2014 untuk unit satu dan Desember 2015 untuk unit dua. PT. PJB *Services* merupakan pihak yang menjalankan dan merawat pusat pembangkit listrik milik PLN tersebut. Operator (yang menjalankan dan merawat) dari pusat pembangkit listrik ini yakni anak perusahaan dari PT pembangkit jawa bali (PT.PJB) yang merupakan anak perusahaan dari PT. PLN (persero).

Untuk mendukung dalam pengoperasian PLTU II NTT, PT. PJB *Services* memiliki beberapa

gedung penunjang. Gedung administrasi ialah salah satu gedung penunjang yang berfungsi sebagai aktivitas yang meliputi catat-mencatat, surat-menyurat, pembukuan sederhana, pengetikan, dan kegiatan lain. Dalam melakukan aktivitas tersebut, gedung administrasi terdapat peralatan-peralatan penunjang seperti *Air conditioner* (AC), Laptop, printer, dan peralatan elektronik lainnya sehingga mempermudah dan memperlancar pekerjaan. Beban listrik pada gedung administrasi yaitu 15059 Watt atau 15 kW.

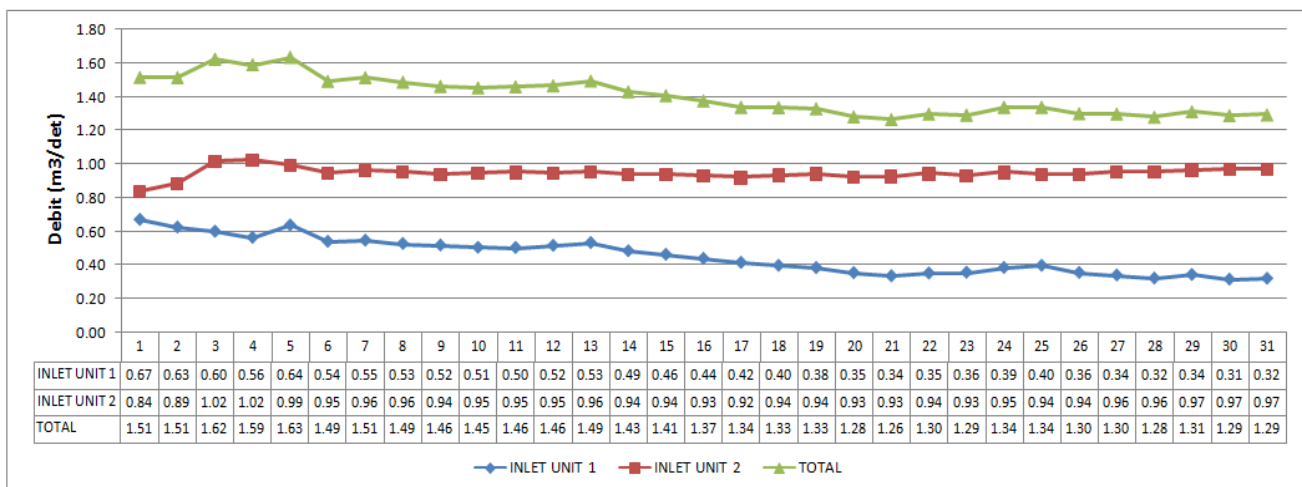
3.2 Data dan Hasil Pengukuran

3.2.1 Data Debit Air

Air yang dimanfaatkan merupakan limbah dari kondensor yang diambil dari laut. Pemompaan air ke dua kondensor menggunakan empat *circulating water pump* (CWP). Dalam keadaan normal untuk memompa air ke kondensor, CWP dari tiap kondensor yaitu unit satu dan dua bekerja dalam keadaan masing-masing 50% sedangkan saat dalam keadaan *maintenance* pada CWP, pompa akan bekerja satu unit saja dengan keadaan 100%. Air yang dipompa oleh dua unit menuju kondensor digabungkan menjadi satu *line* untuk menuju ke *inlet water cooling*. Air tersebut diukur debit airnya dengan menggunakan flow meter.

Dari hasil pencatatan debit air, diambil rata-rata debit air tiap hari pada bulan Mei 2019. Tabel 1 merupakan hasil rata-rata pada bulan Mei 2019.

Tabel 1 Rata-rata outlet kondensor perhari unit satu dan dua bulan Mei 2019



Tabel 1 merupakan rata-rata debit air perhari pada bulan Mei 2019. Tabel 1 terdapat tiga grafik yaitu grafik inlet unit satu, grafik unit dua dan grafik total debit. Grafik unit satu debit air terendah terjadi pada tanggal 30 Mei dengan debit air rata-rata yaitu 0.31 m³/det. Debit air rata-rata tertinggi untuk inlet kondensor unit satu yaitu pada tanggal 1 Mei dengan debit air rata-rata adalah 0.67 m³/det. Dari Tabel 1 dapat dilihat, grafik unit dua terendah terjadi pada tanggal 1 Mei dengan debit air rata-rata yaitu 0.84 m³/det. Debit air rata-rata yang tertinggi untuk inlet kondensor unit dua yaitu pada tanggal 3 dan 4 Mei dengan debit air rata-rata adalah 1.02 m³/det.

Grafik total debit pada tabel 1 merupakan hasil penjumlahan rata-rata debit air unit satu dan dua pada bulan Mei 2019. Dari tabel di atas juga diketahui rata-rata debit total terbesar pada tanggal 3 Mei yaitu sebesar 1.62 m³/det sedangkan rata-rata debit air total terkecil pada tanggal 28 Mei yaitu sebesar 1.28 m³/det. Rata-rata debit air dalam bulan Mei 2019 dapat dilihat pada tabel 2

Tabel 2 Data Flow Meteran Kondensor

unit kondensor	Rata-rata CWP flow (t/h)
unit 1	1,633.60
unit 2	3,412.61
Total	5,046.21

Dari tabel 2 Debit air yang masuk berdasarkan data flow meteran kondensor unit satu dan dua jika dijumlahkan mendapatkan debit total rata-rata dalam bulan Mei 2019 yaitu sebesar 5,046.21 m³/h atau 1.39 m³/det. *valve outlet* untuk PLTU II NTT dibuka sebesar 60% sehingga debit air yang keluar melalui *outlet* kondensor pada bulan Mei 2019 sebesar 0.834 m³/det

Debit air bergantung pada CWP, maka sangat penting untuk mengetahui jadwal pemeliharaan tahunan (*overhaul*) agar dapat mengetahui besar daya listrik yang dihasilkan. Jadwal pemeliharaan tahunan di PLTU II NTT berdasarkan pada SPLN K5.008: 2019 .

3.2.2 Pengukuran Ketinggian (Head)

Pengukuran ketinggian (*Head*) dilakukan dengan menggunakan selang dan meteran pada jarak 115 meter dari perencanaan kolam penampung menuju ke gedung pembangkit dengan hasil pengukuran yaitu 10.7 meter.

3.3 Perhitungan Daya

Dalam perhitungan daya, debit air yang digunakan yaitu total rata-rata air pada bulan Mei 2019 yaitu sebesar 0.834 m³/det dan ketinggian (*head*) 10.7 meter pada jarak 78 meter dari *outlet* kondensor unit dua dan pada jarak 42.6 meter dari *outlet* kondensor unit satu menuju kolam penampung. Ketinggian tersebut merupakan ketinggian kotor karena ketinggian bersih diperoleh dari kolam penampung menuju gedung pembangkit. Jarak kolam penampung dengan gedung pembangkit 115 meter dengan ketinggian 8.2 meter sehingga ketinggian tersebut merupakan ketinggian efektif dengan demikian daya yang dihasilkan :

$$P_{teoritis} = \rho \times Q \times g \times H_{eff} \times \eta_{penstok} \dots\dots\dots(1)$$

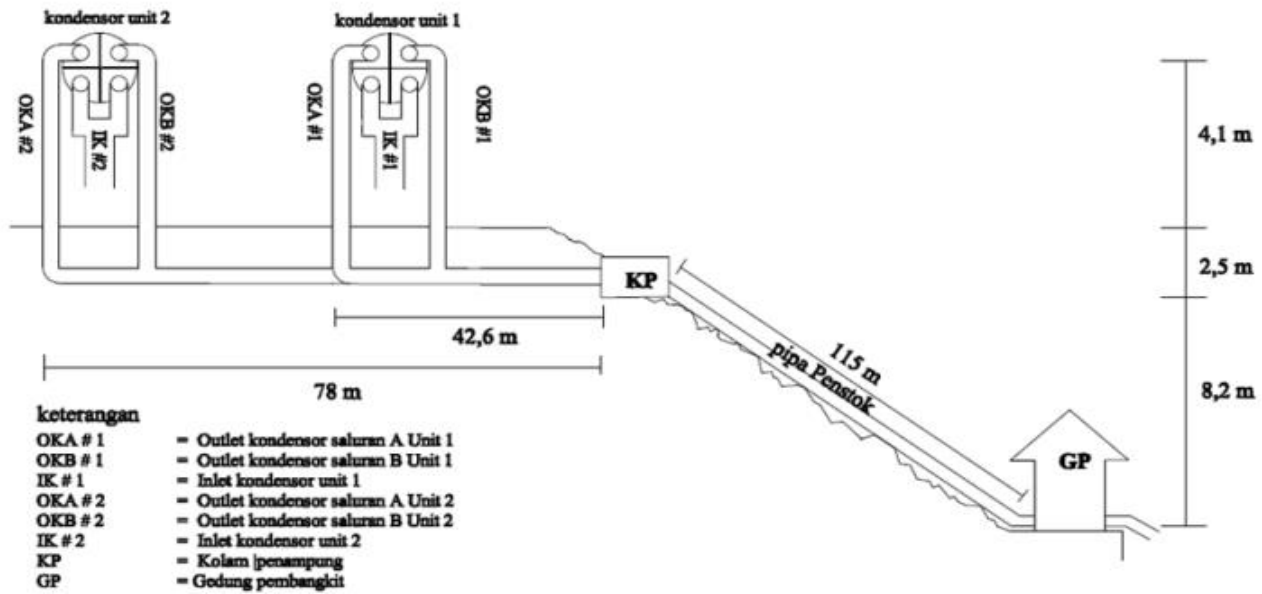
Dengan : $\eta_{penstok} = 0.9$
 Sehingga Daya Teoritis (P_{input})
 $P_{input} = 1030 \times 0.834 \times 9.81 \times 8.2 \times 0.9$
 $= 62.19 \text{ kW}$

3.4 Perencanaan Kontruksi Sipil

3.4.1 Saluran Pembawa

Saluran pembawa yang dibuat adalah saluran tertutup dengan bentuk lingkaran dan panjang saluran adalah 78 meter dari unit kondensor pertama sedangkan untuk saluran kondensor kedua adalah 44.6 meter menuju ke kolam penampung.

Dari *outlet* kondensor menuju gedung pembangkit, Jarak kolam penampung ke gedung pembangkit 115 meter yang merupakan panjang pipa pesat. sehingga ketinggian dari kolam penampung sampai gedung pembangkit 8.2 meter. Untuk perencanaan konstruksi sipil dapat dilihat pada gambar 2.



Gambar 2 Perencanaan konstruksi sipil

3.4.2 Kolam Penampung

Kapasitas Kolam penampung harus dipertimbangkan debit air yang akan masuk sehingga dari hasil pengolahan data yaitu debit sebesar sebesar 0.834 m³/det sehingga kapasitas kolam yang dibangun harus memiliki luas dasar yang lebih dibandingkan dengan ketinggian penampung sehingga panjang, lebar dan tinggi pipa adalah 2, 3 dan 1.5 meter atau 9 m³ kapasitas penampungnya dimana dapat menampung sementara air yang keluar dari outlet kondensor menuju pipa pesat.

3.4.3 Pipa Pesat

Pipa pesat (*penstock*) adalah pipa yang berfungsi untuk mengalirkan sejumlah debit air dengan kecepatan jatuh untuk memutar turbin. Pada perencanaan pembangkit ini digunakan pipa *fibre reinforced plastic multi-unit* (FRPDM) atau serat plastik diperkuat multi-unit. Digunakan karena mudah dalam pemasangan.

Diameter pipa pesat dapat ditentukan berdasarkan tinggi jatuh, panjang pipa pesat, koefisien kekerasan material dan desain debit. Diameter pipa pesat dapat dihitung menggunakan rumus (Linsley, 1989) :

Diameter *penstock*

$$(D) = 2.69 \times \left(\frac{n^2 \times Q^2 \times L}{H} \right) 0.1875 \dots\dots\dots(2)$$

Dengan :

- D : Diameter pipa pesat (m)
- Q : Debit air (m³/dt)

- H : Tinggi jatuh air (m)
- L : Panjang pipa pesat (m)
- n : Koefisien kekerasan material pipa FRPDM yaitu 0.009

sehingga :

$$D = 2.69 \times \left(\frac{0.009^2 \times 0.834^2 \times (115)}{8.2} \right) (0.1875)$$

$$= 0.704 \text{ meter}$$

Perencanaan pipa pesat, menggunakan pipa yang berdiameter 710 mm yang ada pada pasaran.

3.4.4 Gedung Pembangkit

Gedung pembangkit berfungsi untuk menyimpan peralatan-peralatan utama pembangkitan seperti turbin, Generator dan peralatan control (*panel control*). Pada gedung pembangkit energi listrik dihasilkan kemudian disalurkan melalui jaringan distribusi. Pada perencanaan gedung pembangkit, dipilih lokasi dengan titik koordinat 10° 14.343'S dan 123° 29.340'E.

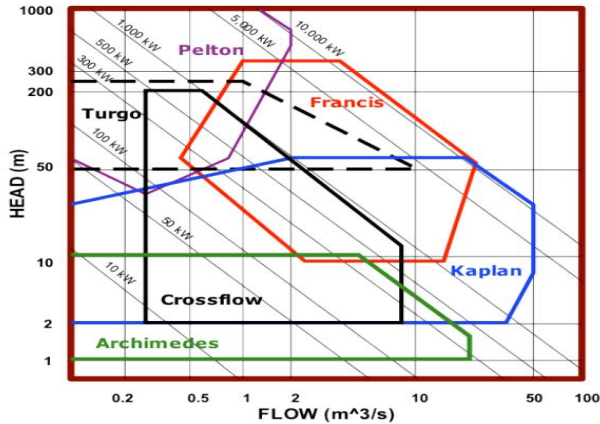
3.4.5 Saluran Pembuangan

Saluran pembuangan berfungsi untuk membuang air yang telah dipakai untuk memutar turbin. Saluran pembuangan berada di bawah gedung turbin, dan saluran pembuangan yang berada di luar gedung pembangkit didesain sama dengan saluran pembawa.

3.5 Perencanaan Pembangkitan

3.5.1 Turbin

Turbin PLTMH adalah kincir yang berputar disebabkan oleh tekanan air. Bila turbin dihubungkan dengan sebuah generator maka akan menghasilkan energi listrik. Pemilihan jenis turbin harus berdasarkan pada debit air (Q) dan ketinggian (*head*), seperti yang ditunjukkan pada gambar 3.



Gambar 3 Diagram Pemilihan Jenis Turbin

Dari hasil pengukuran didapat ketinggian (*head*) yaitu 8.2 dan debit air 0.834 m³/det, maka turbin yang digunakan adalah turbin *cross flow*. Penggunaan turbin Turbin *cross flow* terdiri dari tabung yang pada bagian luarnya dipasang sirip (*runner*), untuk mengarahkan air dipasang alat pengarah yaitu *control vanes*. Jenis turbin *cross flow* yang digunakan adalah *Cross Flow T-14* dengan efisiensi 76%.

Daya keluaran turbin Cross Flow

$$P_{\text{turbin}} = P_{\text{input}} \times \eta_{\text{Turbin}} \dots\dots\dots(3)$$

$$= 62.19 \times 0.76$$

$$= 47.26 \text{ kW}$$

3.5.2 Generator

Generator adalah suatu peralatan yang berfungsi merubah energi mekanik menjadi energi listrik. Pada Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH) generator dihubungkan dengan turbin yang berfungsi sebagai penggerak mula (*prime mover*).

Generator yang digunakan adalah dua generator sinkron 3 fasa bertipe STC-20 dengan kapasitas 25 kVA, pada tegangan keluaran 380/220 V, dengan efisiensi generator adalah 0.85%.

4.5.2.1 Daya Keluaran Generator

Daya keluaran generator diperoleh dengan rumus :

$$P_{\text{generator}} = P_{\text{turbin}} \times \eta_{\text{generator}} \times \eta_{\text{transmisi}} \dots\dots\dots(4)$$

$$\eta_{\text{generator}} = 0.85$$

$\eta_{\text{transmisi}}$ = karena turbin *Cross Flow* memiliki kecepatan putaran yang rendah sehingga digunakan transmisi sabuk *fatbelty* untuk menaikkan putaran turbin sama dengan putaran generator dengan efisiensinya 0.98.

sehingga

$$P_{\text{generator}} = P_{\text{turbin}} \times \eta_{\text{generator}} \times \eta_{\text{transmisi}}$$

$$= 47.26 \times 0.85 \times 0.98$$

$$= 39.36 \text{ kVA}$$

3.5.2.2 Proteksi Generator

Generator merupakan salah satu bagian dari sistem tenaga listrik yang terdapat di pusat pembangkit dan digerakan oleh sebuah mesin penggerak mula (*prime mover*). Generator sebagai sumber energi listrik dalam sistem perlu diamankan dari gangguan agar tidak mengalami kerusakan, karena akan mengganggu jalannya operasi sistem tenaga listrik.

3.5.3 Peralatan Kontrol

Pengatur kecepatan berfungsi untuk menjaga kecepatan turbin konstan karena kecepatan selalu berubah oleh perubahan beban ketinggian air serta debit air. Pengatur terdiri dari pendeteksi kecepatan, pengontrol dan operasi. ada dua jenis pengatur yaitu :

1. Jenis mekanik untuk mengontrol debit air dengan operasi otomatis dari *guide vane*
2. Jenis beban *dummy* untuk mengontrol keseimbangan antara beban nyata dan daya output generator.

Pada pembangkit mikro hidro pengatur jenis beban *dummy* yang digunakan. Pengatur tipe beban *dummy* dapat dikontrol dengan *Electronic Load Controller (ELC)*. Kapasitas beban *dummy* dapat ditulis dengan rumus (Koy, 2006) :

$$p_d \text{ (kW)} = p_g \text{ (kVA)} \times p_f \times SF \dots\dots\dots(5)$$

Dimana

$$P_d = \text{kapasitas beban dummy (kW)}$$

- Pg = Output generator (kVA)
- Pf = faktor daya generator
- SF = 1.2 -1.4 dari output generator (kW) (faktor Keamanan pada metode pendinginan)

Sehingga :

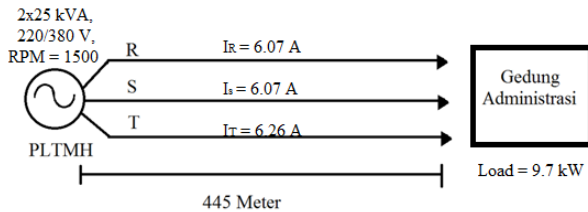
$$pd \text{ (kW)} = pg \text{ (kVA)} \times pf \times SF$$

$$= 39.36 \times 0.8 \times 1.3$$

$$= 40.93 \text{ kW}$$

3.6 Perencanaan Jaringan Distribusi

PLTMH melayani kebutuhan energi listrik di gedung administrasi PLTU II NTT. Penyaluran daya dari pembangkit ke gedung administrasi menggunakan jaringan tegangan rendah. Jaringan tegangan rendah ini merupakan jaringan distribusi tipe radial. Sistem jaringan tegangan rendah ini merupakan saluran udara yang menggunakan tegangan 220/380 V, 3 fasa - 4 kawat dengan jarak 445 meter dari rumah pembangkitan menuju ke beban listrik di gedung administrasi. Gambar 4 merupakan single line diagram pada perencanaan PLTMH.



Gambar 4 Single line diagram perencanaan PLTMH

3.6.1 Penghantar

Penghantar yang digunakan adalah penghantar jenis NFA2X dengan diameter 1x35 + 1x25 mm² dan panjangnya kira-kira 445 meter dari rumah pembangkit menuju gedung administrasi.

3.6.2 Tiang Listrik

Perencanaan distribusi tegangan rendah, tiang listrik yang digunakan adalah jenis tiang besi dengan ketinggian 9 meter dan jarak antar tiang adalah 40 meter serta dengan banyak tiang yang digunakan adalah 11 tiang dari gedung pembangkit sampai gedung administrasi.

3.7 Pengamanan Jaringan Distribusi

Untuk melindungi jaringan distribusi tegangan rendah dari gangguan, maka digunakan peralatan proteksi. Peralatan proteksi yang

digunakan untuk melindungi jaringan distribusi, antara lain:

3.7.1 Fuse Cut Out

Pengamanan jenis ini digunakan dalam sistem jaringan distribusi sebagai pengamanan peralatan transformator dan generator. *Fuse Cut Out* memiliki bagian-bagian seperti isolator, penyangga pelebur dan tabung pelebur. Jika terjadi gangguan melewati fuse, maka elemen lebur akan meleleh dan menimbulkan busur api sehingga menyebabkan deionisasi gas pada bahan yang melapisi penyangga tabung.

3.7.2 Arrester

Arrester sebagai peralatan proteksi dimana berfungsi melindungi peralatan listrik seperti transformator dan generator terhadap gangguan yang terjadi oleh sambaran petir. *Arrester* berfungsi untuk melewatkan arus yang besar ke tanah serta memutuskan arus susulan.

4.8 Perhitungan Jatuh Tegangan

Rugi tegangan adalah selisi antara tegangan pengiriman dengan tegangan pada sisi penerima atau dapat dinyatakan dengan (Arismunandar, 1993):

$$\% V_D = \frac{V_s - V_r}{V_r} \times 100\% \dots \dots \dots 6$$

Dimana :

- V_D = voltage drop
- V_S = voltage source
- V_r = voltage resciver

Berdasarkan asumsi pola beban pemakaian di gedung administrasi yaitu sebesar 9.7 KW, maka pembagian beban untuk tiap fasa yaitu sebesar 3.2 kW fasa R, 3.2 kW fasa S dan 3.3 kW fasa T.

Jenis penghantar yang digunakan adalah jenis kabel NFA2X dengan diameter 3 x 35 + 1 x 25 mm² dengan R = 0.8403 dan X = j0.3893 sehingga Z = 0.8403 + j0.3893 jaringan yang digunakan hanya 1 *feeder* dengan panjang saluran 445 meter.

Dikarenakan cara perhitungan, jarak, nilai impedansi dan nilai reaktansi yang sama, maka nilai drop tegangan untuk fasa R dan S sama besar yaitu sebesar 0.63% sedangkan untuk fasa T sebesar 0.65% terjadi perbedaan pada daya pemakaian sehingga drop tegangan memiliki perbedaan, namun perbedaan ini relatif kecil. Perhitungan di atas nilai jatuh tegangan masih dalam standar PLN yaitu sebesar 5%.

3.8 Perhitungan Rugi-Rugi Daya

Rugi-Rugi daya listrik merupakan rugi teknis yang terjadi dikarenakan adanya tahanan dari penghantar yang dialiri arus sehingga timbul rugi teknis. atau dapat dinyatakan dengan :

$$P = I^2 \times R \dots\dots\dots(7)$$

berdasarkan asumsi pola beban pemakaian di gedung administrasiyaitu sebesar 9.7 KW, maka pembagian beban untuk tiap fasa yaitu sebesar 3.2 kW fasa R, 3.2 kW fasa S dan 3.3 kW fasa T.

Rugi-rugi pada perencanaan jaringan pada PLTMH di fasa R dan S sebesar 13.62 Watt sedangkan untuk fasa T sebesar 14.48 Watt. Sehingga rugi-rugi total pada jaringan PLTMH sebesar 41.72 Watt.

3.9 Ketersediaan Daya Bangkit

Karena ketinggian dan jaraknya tetap, maka Perhitungan daya sangatlah bergantung pada debit air yang keluar dari *outlet* kondensor. Jumlah air yang keluar melalui *outlet* kondensor bergantung pada tekanan dan suhu kondensor sehingga air yang keluar dikontrol menggunakan *valve outlet*. Untuk PLTU II NTT *valve outlet* dibuka sebesar 60% sehingga debit air yang keluar melalui *outlet*

kondensor pada bulan Mei 2019 lebih kecil dibandingkan *outlet* kondensor.

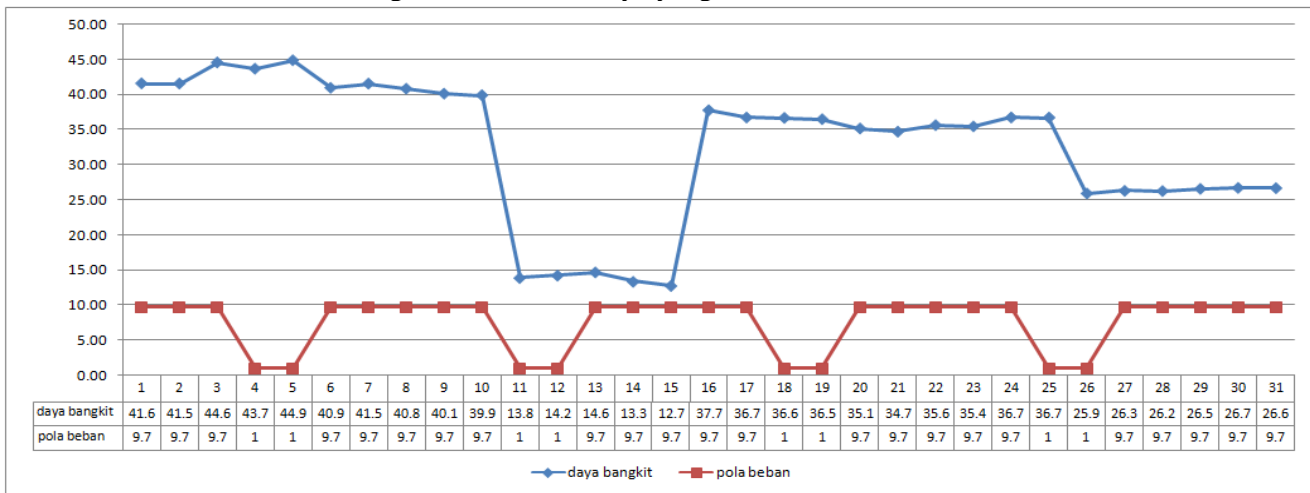
Debit air yang keluar bergantung pada kondisi *circulating water pump* (CWP), jadwal pemeliharaan tahunan (*overhaul*) agar dapat mengetahui daya yang dihasilkan karena pada saat jadwal pemeliharaan dilakukan, maka unit kondesor satu atau dua akan tidak beroperasi. Keadaan tidak beroperasi ini mengakibatkan penurunan daya yang suplai ke beban pemakaian sendiri. Tabel 3 di bawah merupakan grafik beban dan daya yang disalurkan, pada asumsi jika terjadi pemeliharaan tahunan dalam bulan mei 2019. Daya yang disalurkan dapat ditulis dengan rumus (Penche, 1998):

$$P = \rho \times Q \times 60\% \times g \times H \times \eta \dots\dots\dots (8)$$

Dimana :

- P = Daya yang disalurkan (kVA)
- ρ = Kerapatan Air laut (1030 kg/ m³)
- Q = Debit Air (m³ /s)
- g = Gravitasi Bumi (9,81 m/s²)
- H = Ketinggian Jatuh Air (m)
- η = Efisiensi turbin 76% (η_t) x Efisiensi transmitter 98% (η_m) x Efisiensi generator 85% (η_g)

Tabel 3 grafik beban dan daya yang disalurkan bulan Mei 2019



Tabel 3 menunjukkan dua buah garis yaitu garis warna biru mewakili daya yang disalurkan dari PLTMH dan garis warna merah mewakili pola beban pada bulan Mei 2019. Tabel 4.3 pula merupakan asumsi perkiraan daya yang disalurkan, dimana terdapat dua jadwal pemeliharaan dalam kurun waktu lima hari pada unit satu dan dua menggunakan data *outlet* kondensor di bulan Mei 2019. Daya yang

disalurkan listrik dari tanggal 1 sampai tanggal 10 Mei dan tanggal 15 sampai 25 Mei merupakan keadaan dimana dua unit kondensor bekerja sehingga total daya yang disalurkan bersekitar dari 34.9 kW sampai 44.9 kW. Pada tanggal 11sampai 15 Mei 2019, daya bangkit dari PLTMH berkurang dikarenakan unit dua dalam jadwal pemeliharaan, sehingga daya yang disalurkan berkisaran dari 12.7 kW sampai

14.6 kW. Untuk tanggal 26 sampai 31 Mei 2019, unit 1 mengalami jadwal pemeliharaan, maka terjadi penurunan daya sehingga daya bangkitnya sebesar 26.2 kW sampai 26.7 kW.

Garis warna merah pada tabel 3 merupakan garis pola beban perhari dimana diasumsikan penggunaan beban untuk hari Senin sampai Jumat sama dikarenakan merupakan jam kantor lalu Sabtu dan Minggu berbeda karena merupakan hari libur kantor. Untuk hari Senin sampai Jumat, beban pemakaian diasumsikan sebesar 9.7 kW sedangkan untuk hari Sabtu dan Minggu sebesar 1 kW.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan, maka dapat disimpulkan beberapa hal berikut :

1. Hasil perhitungan debit air rata-rata *outlet* kondensor yaitu sebesar 0.834 m³/det pada bulan Mei 2019, dengan ketinggian efektif 8.2 meter dari kolam penampung menuju gedung pembangkit. Turbin yang digunakan adalah turbin *cross flow* T-14 dan generator yang digunakan adalah dua generator sinkron 3 fasa, bertipe STC-20 dengan kapasitas 25 kVA pada tegangan keluaran 220/380 Volt. Daya listrik yang dihasilkan PLTMH berdasarkan hasil perhitungan sebesar 39.36 kVA.
2. Daya listrik yang dihasilkan oleh PLTMH jika dalam kondisi dua unit PLTU bekerja berkisar atau pada kisaran dari 34.9 kVA sampai 44.9 kVA. Asumsi keadaan pemeliharaan tahunan untuk unit satu berkisar antara 12.7 kVA sampai 14.6 kVA dan asumsi unit dua asumsi dalam keadaan pemeliharaan tahunan sebesar 26.2 kVA sampai 26.7 kVA dimana menggunakan data debit pada bulan Mei 2019.
3. Penggunaan beban harian pada pemakaian sendiri di gedung administrasi yaitu 9.7 kW pada hari Senin sampai Jumat dan 1 kW untuk hari Sabtu dan Minggu sehingga perencanaan distribusi dengan panjang saluran 445 meter menggunakan 11 tiang besi dengan ketinggian 9 meter dan jarak tiang 40 meter. Kabel yang digunakan adalah NFA2X (3 x 35 + 1 x 25 mm²) dengan impedansi salurannya 0.8403 + j0.3791, sehingga nilai rugi-rugi daya sebesar 14.48 Watt dan jatuh tegangannya yang terjadi sebesar 2.38 V dan 2.6 V (0.6%) .

REFERENSI

- [1] Arismunandar, A, Kuwahara, S., 1993. Buku Pegangan Teknik Tenaga Listrik jilid 1. PT. Pradnya Paramita. Jakarta.
- [2] Gonen, Turan. 1986. Electric Power Distribution System Engineering. Mc Graw-Hill Book Company. New York.
- [3] Koy, Yohanes Gerardus Mau. 2006. Perencanaan Pembangkit Listrik dan Jaringan Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH) Di Desa Fatulotu Kecamatan Lasiolat Kabupaten Belu. Skripsi. Universitas Nusa Cendana. Kupang
- [4] Linsley, Ray.K. 1989. Teknik SumberDaya air. Jakarta: Erlangga
- [5] Muslim, H. Supari. 2008. Teknik Pembangkit Tenaga Listrik untuk Sekolah Menengah Kejuruan. Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan. Jakarta
- [6] Penche, C., I. Dc Minas. 1998. Layman'S Gued book : on how to develop a small hydrosite 2nd edition. Berussel: European Small Hidro Power Assosiation.
- [7] Premana, Maulana Ibrahim Azka. 2015. Analisis Unjuk Kerja Kondensor Unit 1 TIPE N - 16000 - 2 di PLTU 3 Jawa Timur Tanjung Awar Awar. Skripsi. Universitas Diponegoro. Semarang.