

Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH) Jantur Tabalas Kalimantan Timur

Sri Sukamta¹, Adhi Kusmantoro²

¹ Teknik Elektro, Universitas Negeri Semarang, ssukamta2014@gmail.com

² Akademi Teknik Elektro Medik, ATEM Semarang, adhiteknik@gmail.com

Abstrak— PLTMH di Jantur Tabalas dibangun pada tahun 2007 dengan kapasitas daya sebesar 40 KW. Tujuan yang ingin di capai adalah memanfaatkan energi potensi air menjadi energi listrik untuk memenuhi kebutuhan masyarakat Jantur Tabalas. Dari debit air tersedia saluran penghantar air menghasilkan data beban listrik tersambung, sehingga dapat direncanakan kapasitas turbin dan generator, serta tipe jaringan listrik, dan menghasilkan tegangan listrik yang konstan antara -5% s.d + 10 % dari tegangan listrik efektif sesuai Peraturan Umum Instalasi Listrik (PUIL 2000). Metodologi yang dilakukan adalah melakukan pengukuran debit air (Q), diameter pipa pesat (d), tinggi jatuh air (H), mendata jumlah beban terpasang, hingga dapat menentukan turbin dan generator. Hasil yang diperoleh debit air (Q) di sungai mencapai 323 liter/detik, , serta tinggi jatuh air 15 m dan aliran air melalui pipa menuju ruang turbin sebesar 274,55 liter/detik. PLTMH yang direncanakan menghasilkan daya sebesar 40 KW. Berdasarkan hasil perhitungan kapasitas PLTMH yang dihasilkan hanya dapat memenuhi kebutuhan 113 konsumen.

Keywords— PLTMH, turbin air

I. LATAR BELAKANG MASALAH

Sehubungan dengan terjadinya lonjakan harga minyak di dunia,serta menurunnya kualitas lingkungan yang akhir-akhir ini semakin mengawatirkan. Hal ini diakibatkan oleh beberapa faktor-faktor seperti:

1) Menipisnya cadangan minyak bumi di belahan dunia, yang pada suatu ketika akan dikawatirkan bahwa cadangan minyak yang ada di perut bumi akan habis.

2) Kenaikan / Ketidak stabilan akibat laju permintaan yang lebih besar dari pada laju peningkatan produksi minyak. Walaupun beberapa ahli perminyakan di Negara maju berusaha menemukan lading-ladang baru, hal ini tidak berpengaruh signifikan terhadap kenaikan harga minyak tersebut.

3) Meningkatnya pencemaran-pencemaran Lingkungan akibat dari penggunaan minyak fosil yang berakibat meningkatnya gas CO₂, dan menipisnya lapisan OZON di atmosfer yang pada suatu ketika dapat menimbulkan malapetaka bagi manusia maupun lingkungan hidup lainnya.

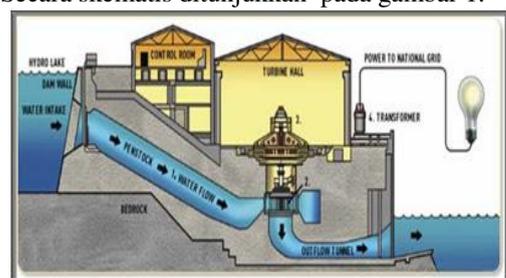
4) Tuntutan pasar Global, bahwa suatu saat pemerintah akan menghapuskan subsidi terhadap BBM

Dari penjelasan faktor-faktor di atas, berbagai negara telah melakukan berbagai penelitian untuk menemukan alternatif pengganti bahan bakar minyak yang selama ini sebagai sumber energi utama dunia yang lazim disebut bahan bakar fosil dengan sumber energi yang terbarukan.

II. TINJAUAN PUSTAKA

Pengertian PLTMH adalah pembangkit listrik yang menggunakan tenaga air sebagai media utama untuk penggerak turbin dan generator. Tenaga mikrohidro, dengan skala daya yang dapat dibangkitkan 5 kilo watt hingga 50 kilo watt. Pada PLTMH proses perubahan energy kinetic berupa (kecepatan dan tekanan air), yang digunakan untuk menggerakkan turbin air dan generator listrik hingga menghasilkan energi listrik (NOTOSUDJONO, D. 2002).

Secara teknis, mikrohidro mempunyai tiga komponen utama yaitu air sumber energi, turbin dan generator. Air yang mengalir dengan kapasitas tertentu disalurkan dengan ketinggian tertentu melalui pipa pesat menuju rumah instalasi (powerhouse). Di rumah instalasi, air tersebut akan menumbuk turbin sehingga akan menghasilkan energi mekanik berupa berputarnya poros turbin. Putaran poros turbin ini akan memutar generator sehingga dihasilkan energi listrik. Secara skematis ditunjukkan pada gambar 1.



Gambar 1. Skema PLTMH

A. Cara Kerja PLTMH

Aliran sungai dibendung agar mendapatkan debit air (Q) dan tinggi jatuh air (H), kemudian air yang dihasilkan disalurkan melalui saluran penghantar air menuju kolam penenang, Kolam penenang dihubungkan dengan pipa pesat, dan pada bagian paling bawah di pasang turbin air. Turbin air akan berputar setelah mendapat tekanan air (P), dan perputaran turbin dimanfaatkan untuk memutar generator, Setelah mendapat putaran yang constan maka generator akan menghasilkan tegangan listrik, yang dikirim kekonsumen melalui saluran kabel distribusi (JTM atau JTR).

B. Pendekatan Analisis

Pendekatan analisis yang digunakan umumnya bersifat parametrik (ZUHAL, 1981). Secara teoritis daya yang dapat dibangkitkan oleh PLTMH dilakukan dengan pendekatan :

$$P = 9,8 \cdot \rho \cdot Q \cdot H$$

Dimana :

- P : Masa jenis air (kg/m³)
- Q : Debita air dalam (m³/dt)
- H : Tinggi jatuh air dalam (m)

Daya teoritis PLTMH tersebut di atas, akan berkurang setelah melalui turbin dan generator, yang diformulasikan sebagai berikut :

$$P = 9,8 \cdot \rho \cdot Q \cdot H \cdot \text{eff}_T \cdot \text{eff}_G$$

Dimana :

- eff_T : Efisiensi Turbin antara (0,8 s/d 0,95)
- eff_G : Efisiensi Generator (0,8 s/d 0,95)

Perkiraan beban tersambung (SUBROTO, I . 2002).

$$P_T = \sum_{n=1}^n n \cdot P$$

Dimana : n = banyaknya pelanggan

P = Daya listrik pada tiap pelanggan (Watt)

Kecepatan medan putar di dalam generator sinkron dinyatakan oleh persamaan :(THERAJA, BL. 2001).

$$n_s = \frac{120 \cdot f}{p}$$

Dimana :

- n_s = Kecepatan medan putar (rpm)
- f = Frekuensi (Hz)
- p = Jumlah kutub motor induksi

Kecepatan putar rotor tidak sama dengan kecepatan medan putar, perbedaan tersebut dinyatakan dengan slip :

$$s = \frac{n_s - n_r}{n_s} \times 100\%$$

Dimana :

- s = slip
- n_s = kecepatan medan putar stator (rpm)
- n_r = kecepatan putar rotor (rpm)

Dan daya maksimum yang di hasilkan dirumuskan :

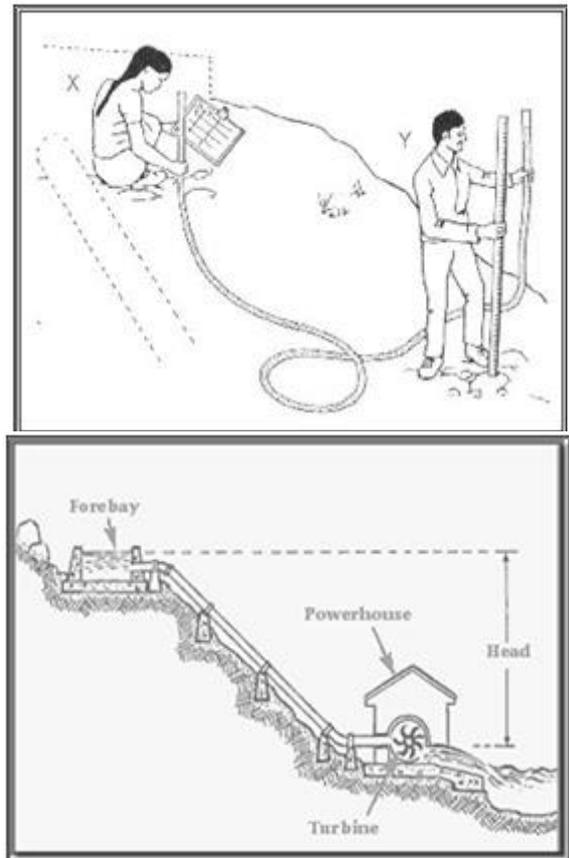
$$P = I_M \times V_M$$

Dan efisiensi dituliskan :

$$\text{Eff} = \frac{P_{OUT}}{P_{IN}} \times 100\%$$

C. Tinggi Jatuh Air (Head)

Penentuan debit dan head pada PLTMH mempunyai arti yang sangat penting dalam menghitung potensi tenaga listrik. Seperti pada gambar 2. Variabel debit “diwakili” oleh jumlah rata-rata bulan kering dalam satu tahun. Artinya dicari areal-areal yang jumlah bulan keringnya kecil atau bahkan tidak ada bulan keringnya sama. Pengukuran debit air (Q) sungai pada dasarnya terdapat banyak metode pengukuran debit air. Untuk sistem konversi energi air skala besar pengukuran debit bisa berlangsung bertahun-tahun. Sedangkan untuk sistem konversi energi air skala kecil waktu pengukuran dapat lebih pendek, misalnya untuk beberapa musim yang berbeda saja. (WIBAWA, U. 2006). Tingkat kemiringan yang diwakili oleh indikator gradien skematik, semakin miring areal, semakin besar kemungkinan untuk ditemukannya head yang cukup untuk PLTMH.



Gambar 2. Pengukuran tinggi jatuh air.

Gradien skematik rata-rata dirumuskan sebagai berikut : .
 (WIBAWA,U. 2006)

$$I = \frac{h_1 - h_2}{A}$$

Dimana :

- h_1 = Elevasi titik tertinggi (m)
- h_2 = Elevasi titik terendah (m)
- A = Luas areal (m^2)

D. Pengukuran Debit Air

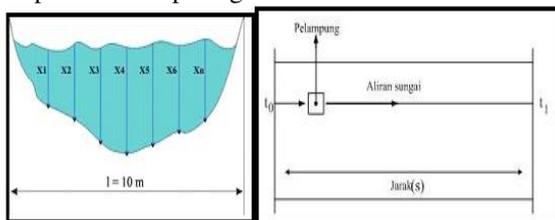
Terdapat banyak metode pengukuran debit air. Sistem konversi energi air skala besar pengukuran debit dapat berlangsung bertahun-tahun. Sedangkan untuk sistem konversi energi air skala kecil waktu pengukuran dapat lebih pendek, misalnya untuk beberapa musim yang berbeda saja. (WIBAWA,U. 2006) Mengukur luas permukaan sungai, dan kecepatan aliran air sungai dapat dilakukan seperti langkah – langkah pengukuran berikut: (SUBROTO, I . 2002).

- 1) Pengukuran kedalaman sungai dilakukan di beberapa titik berbeda $X_1 - X_n$ (lihat gambar 3.).
- 2) Lebar sungai (l) dimisalkan 10 m.
- 3) Hitung kedalaman rata-rata, menggunakan rumus:

$$x_{rata} = \frac{\sum x}{n}$$

- 4) Luas diperoleh dengan mengalikan kedalaman rata-rata dengan lebar sungai, yaitu : $A = X(\text{rata}). l$

Mengukur kecepatan aliran sungai (v), langkah – langkah pengukuran: carilah bagian sungai yang lurus dengan panjang sekitar 20 meter, dan tidak mempunyai arus putar yang menghambat jalannya pelampung. (SUBROTO, I. 2002). Ikatlah sebuah pelampung kemudian dihanyutkan dari titik $t_0 - t_1$ seperti terlihat pada gambar 3. berikut.



Gambar 3. Pengukuran luas permukaan dan kecepatan aliran sungai.

Hal ini dilakukan 5 kali berturut – turut kemudian catat waktu tempuh pelampung tersebut ($t_0 - t_1$) dengan menggunakan stopwatch. Hitunglah waktu tempuh rata-rata dari pelampung tersebut, yaitu :

$$t_{rata} = (\text{sigma } t) / n$$

Kecepatan aliran air sungai (v) diperoleh dengan membagi jarak sungai (s) dengan waktu tempuh rata-rata dari pelampung tersebut, yaitu :

$$(t_0 - t_1), v = s / t_{rata}$$

Setelah luas dan kecepatan aliran sungai diketahui, maka besar debit pada sungai tersebut dapat dianalisis:

$$Q = A \times v \quad (m^3/\text{det})$$

III. MAKSUD DAN TUJUAN

Maksud dari pekerjaan perencanaan ini adalah untuk menyiapkan suatu sistem energi listrik dengan memanfaatkan energi potensial air yang tersedia di Jantur Tabalas, yang berlokasi di Perkampungan Linggang Melapeh, Kecamatan Linggang Bigung Kabupaten Kutai Barat. Karena Energi yang dihasilkan adalah sesuai dengan Tenaga air yang kecil maka istilah pembangkit ini disebut: Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH).

IV. METODOLOGI PENELITIAN

A. Lokasi dan Waktu Penelitian.

Lokasi penelitian dilaksanakan di Jantur Tabalas, yang berlokasi di Perkampungan Linggang Melapeh, Kecamatan Linggang Bigung Kabupaten Kutai Barat. Lama waktu penelitian selama satu tahun (September 2007 hingga Oktober 2008), dimulai survai lapangan hingga laporan akhir.

B. Ruang Lingkup Pekerjaan

Uraian-uraian Lingkup pekerjaan perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH) adalah:

- 1) Survey dan Pemetaan Lokasi Jantur Tabalas yang mencakup Hulu, Hilir Jantur Tabalas.
- 2) Survey dan Pemetaan Lokasi disebelah kiri dan kanan Hulu, Hilir Jantur Tabalas.
- 3) Pengukuran Topografi/Elevasi hulu dan hilir Jantur Tabalas.
- 4) Perhitungan Energi yang dapat dikonversikan.
- 5) Survey dan Pengukuran jarak Rumah Turbin (PLTMH) degan Kampung Linggang Melapeh
- 6) Perhitungan Sistem Transmisi Energi ke Konsumen.
- 7) Survey data kependudukan di Linggang Melapeh.

C. Alat dan Bahan Kerja Survey Lapangan.

Beberapa unit alat dan bahan kerja yang perlu disiapkan:

- 1) Alat keselamatan kerja, seperti P3K, sepatu boot, tali pendaki gunung, sarung tangan, dan helm atau topi.
- 2) Alat Kerja, rol meter, alat tulis, selang plastik, papan mistar, serta beberapa alat pendukung lainnya.

D. Alat Ukur dan Pengujian

Beberapa alat ukur dan alat pengujian yang digunakan adalah, debit meter 1 unit, spidometer 1 unit, volt meter, amper meter dan watt meter masing-masing satu unit, osiloskop kapasitas 20MHz, unit dan taco meter 1 unit, serta beberapa Mini Circuit Breaker.

E. Perlengkapan Fasilitas Penelitian

Perlengkapan fasilitas yang digunakan untuk melakukan penelitian terdiri:

- 1) Perlengkapan Teknik Sipil berupa bendungan air, saluran penghantar dan kolam air.

2) Perlengkapan mekanik berupa, pipa pesat, turbin, gear box, dan governor.

3) Perlengkapan listrik berupa generator sinkron, alat control dan proteksi serta alat-alat pengukuran listrik (volt meter, amper meter, cos phi meter, watt meter dan frekuensi meter serta beberapa alat ukur lainnya).

4) Alat-alat pendukung lainnya.

V. HASIL PENELITIAN

A. Data Debit dan Tinggi Jatuh Air

Di daerah Kecamatan Linggang Bigung Kabupaten Kutai Barat terdapat aliran sungai Jantur Tabalas secara topografi berpotensi digunakan sebagai Pembangkit Listrik Tenaga MikroHidro, hal tersebut dapat disimpulkan berdasarkan hasil pengukuran debit air sebelum areal Jantur Tabalas = 323 liter/detik.



4. Situa Jantur Tabalas

Gambar

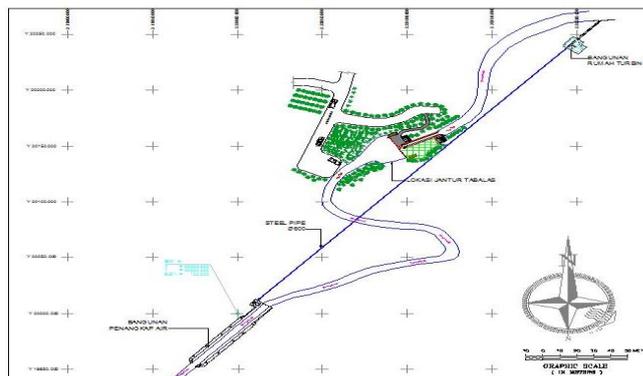
Menurut pengamatan dan penuturan sesepuh di kampung Linggang Melapeh, bahwa debit air Jantur Melapeh hamper merata sepanjang musim. Dari data pengukuran topografi, bahwa elevasi permukaan sungai sebelum Jantur dan sesudah Jantur sejauh 400 m di dapat elevasi 15 m.

Air yang melalui Jantur akan dibagi dua aliran

1) Aliran 1 (satu) memasuki pipa saluran penghubung ke ruang Turbin diatur $85\% \times 323 \text{ liter/detik} = 274,55 \text{ liter/detik}$

2) Aliran air tetap melalui Jantur sebesar $15\% \times 323 \text{ liter/detik} = 48,45 \text{ liter/detik}$.

Jantur Tabalas akan tetap berjalan walaupun debit airnya berkurang, selanjutnya air yang dialirkan melalui pipa ke Turbin akan kembali kebadan sungai.



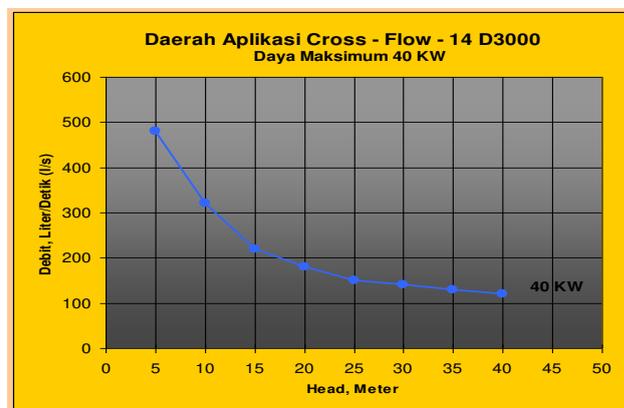
Gambar 5. Skema bangunan penangkap air, pipa transmisi, rumah turbin

B. Data Beban Konsumen

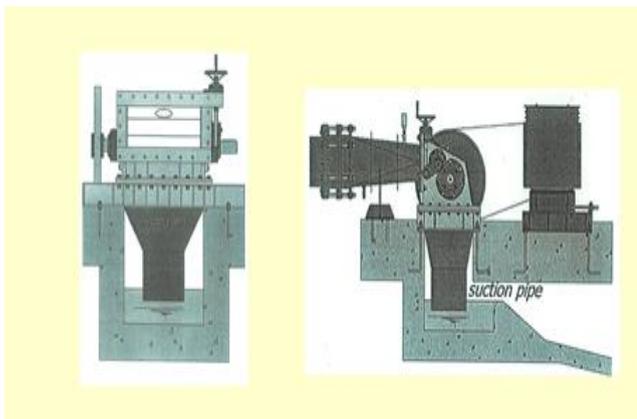
Beban konsumen di Jantur Tabalas pada rumah permanen 450 VA atau 360 Watt dengan faktor kerja 0,8 standar PT.PLN diperoleh $360 \times 113 = 40680 \text{ Watt}$. Dari hasil sensus penduduk kampung Linggang Melapeh Agustus 2007 jumlah KK = 326. Sedangkan kemampuan PLTMH adalah untuk 113 konsumen.

C. Data Turbin dan Kapasitas PLTMH

Untuk pipa transmisi digunakan pipa stell DN 508 Tebal 6,3 mm. Turbin yang digunakan Turbin Cros Flow 14 D3000.

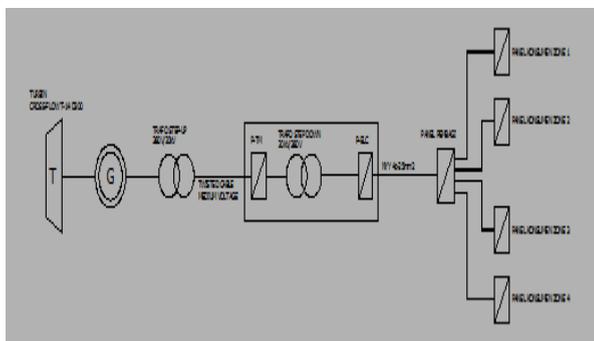


Gambar 6. Grafik turbin Cross - Flow 14 D3000

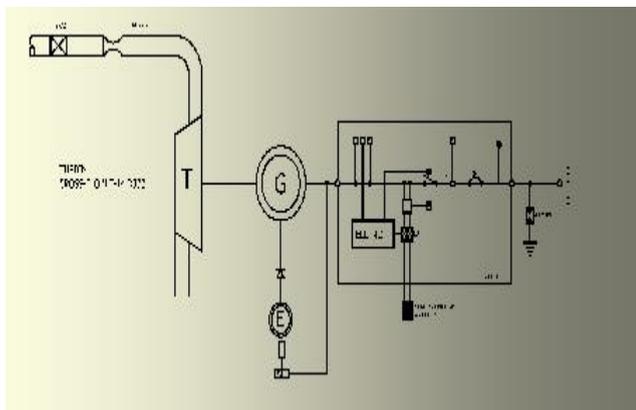


Gambar 7. Turbin Cross - Flow 14 D3000

Daya yang dihasilkan oleh PLTMH = 40 KW.



Gambar 8. Diagram skematik PLTMH 40 KW



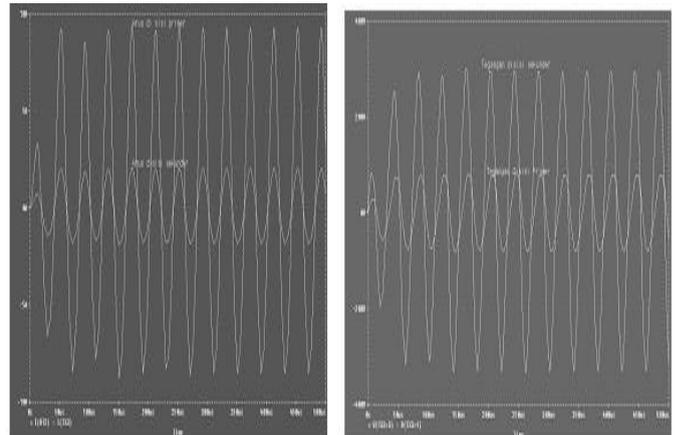
Gambar 9. Skematik panel kontrol dan beban

Untuk jaringan distribusi daya listrik ke rumah penduduk digunakan Transformator Step Up dan Transformtor Step Down 50KVA.

D. Pengukuran Tegangan, arus dan beban listrik

Data jaringan listrik menggunakan system radial, panjang jaringan dari Power house ke pusat beban terjauh 820 meter, dengan drop tegangan 1,03 % masih dalam batas standar PUIL 2000 yaitu sebesar 5 %. Hasil pengamatan grafik arus dan tegangan menggunakan osiloskop 20 MHz, Yokogawa, 2

Chanel, dan grafik pengamatan beban diperlihatkan pada Gambar 10. berikut.



Gambar 10. Gelombang arus dan tegangan output dari PLTMH

TABEL I
 PENGUKURAN BESARAN LISTRIK OUTPUT PLTMH

Waktu (Jam)	Tegangan (V)	Arus (A)	Faktor Kerja terbelakang	Daya Listrik (KW)
00:00 - 01:00	381	21	0,87	12
01:00 - 02:00	381	21	0,87	12
02:00 - 03:00	381	21	0,87	12
03:00 - 04:00	381	21	0,87	12
04:00 - 05:00	381	21	0,87	12
05:00 - 06:00	381	21	0,87	12
06:00 - 07:00	381	24	0,82	13
07:00 - 08:00	381	32	0,82	17
08:00 - 09:00	381	43	0,82	23
09:00 - 10:00	381	43	0,82	23
10:00 - 11:00	381	43	0,82	23
11:00 - 12:00	381	43	0,82	23
12:00 - 13:00	381	44	0,82	24
13:00 - 14:00	381	46	0,82	25
14:00 - 15:00	381	46	0,82	25
15:00 - 16:00	381	46	0,82	25
16:00 - 17:00	381	46	0,82	25
17:00 - 18:00	381	55	0,82	30
18:00 - 19:00	378	69	0,8	36
19:00 - 20:00	378	71	0,8	37
20:00 - 21:00	378	71	0,8	37
21:00 - 22:00	378	69	0,8	36
22:00 - 23:00	381	31	0,87	18
23:00 - 24:00	381	21	0,87	12

VI. KESIMPULAN

1) Manfaat yang diperoleh dari pembangunan PLTMH Jantur Tabalas diantaranya :

- Memberikan penerangan dengan kualitas lebih baik, sehingga jam belajar dan beraktifitas lebih panjang.
- Menciptakan Tenaga Teknisi di desa.
- Membukakan akses pada informasi (radio, televisi, internet).
- Memberikan akses pada sumber air minum dan pertanian.
- Menciptakan bisnis baru didesa (jadi distributor/service center yang mampu dilakukan oleh Koperasi,
- Menciptakan lapangan kerja di desa (penjualan dan service center memerlukan banyak tenaga lokal).

2) Tegangan listrik yang dibangkitkan pada saat melayani beban maksimum dan minimum berkisar 378 – 381 volt (sistem phasa-ke phasa), masih memenuhi ketentuan PUIL 2000 yaitu (- 5 % s.d + 10 %) dari tegangan efektif.

REFERENSI

- [1] Abdul Hafid, Ari Satmoko. (2007). Pemeliharaan prediktif dengan jaringan listrik dengan thermography inframerah, Pusat Teknologi Reaktor dan Keselamatan Nuklir Puspitek Serpong.
- [2] Ari Satmoko (2008). Analisis kualitatif teknik Thermography Inframerah dalam rangka pemeliharaan secara prediktif pada pompa, Pusat Teknologi Reaktor dan Keselamatan Nuklir Puspitek Serpong.
- [3] Miko (2009). Dasar Termografi. <http://termografi.blog.ac.id> di akses tanggal 5 November 2009.
- [4] M Ozgun Korukcu, Muhsin Kilic. (2009). Penggunaan IR Thermography untuk pengukuran suhu di dalam kabin mobil, Jurnal online, Department of Mechanical Engineering, Uludag University, 16059 Bursa, Turkey , akses 18 November 2009.
- [5] Serway Jewet (1994). Physics for Scientist and Engineers. California State Politechnic University, Ponomo.
- [6] Sri Sugiarti, Hani Rama Putri (2008), Pengaruh radiasi gelombang elektromagnetik pada ponsel terhadap kesehatan manusia. Seminar mahasiswa Fisika 2008, FMIPA ITB, Bandung.
- [7] Rita Lambros. (2009). <http://Electricalbody.com>. Akses tanggal 20 September 2009.
- [8] J Andrzej Wrotniak. (2009). [http// Digital Camera Infrared.com](http://Digital Camera Infrared.com). Akses tanggal 2 Oktober 2009.