

Pemanfaatan Aliran Air Terasing Sebagai Sumber Energi Pembangkit Listrik Tenaga Piko hidro di Desa Kadongdong Kabupaten Garut Jawa Barat

Hermawati¹, Naufal Nadzir¹
¹Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik
 Universitas Sriwijaya, Palembang, Indonesia
 Penulis korespondensi: naunad01@gmail.com

Abstrak— Listrik merupakan salah satu kebutuhan vital bagi keberlangsungan hidup manusia. Namun belum semua daerah di Indonesia dapat dialiri listrik dengan baik, di antaranya di daerah pegunungan dan terpencil. Dengan memanfaatkan sumber energi listrik terbarukan, salah satunya tenaga air, masyarakat di daerah pegunungan dan terpencil dapat membuat pembangkit listrik skala kecil sebagai cadangan listrik apabila pasokan listrik dari PT. PLN terganggu. Pembangkit listrik Piko hidro merupakan pembangkit listrik sederhana dan murah, sehingga dapat dengan mudah dibangun secara swadaya. Sumber energi listrik dari aliran air pada penelitian ini memiliki daya potensial sebesar 2000 Watt. Sistem PLTPH ini pun cukup sederhana, yaitu hanya terdiri dari kincir yang dikopel dengan velg sebagai pulley tambahan sebelum dikopel ke generator. Kincir memiliki kecepatan sudut sebesar 3,559 rad/s yang mana menghasilkan 938 putaran per menit pada generator. Tegangan listrik yang dibangkitkan oleh pembangkit ini memiliki nilai beragam tergantung besar dari pintu air saluran, mulai dari 117,5 Volt hingga 401,8 Volt. Pintu air ini dapat diatur sedemikian sehingga tetap dapat menghidupkan lampu yang digunakan untuk penerangan lorong rumah warga dan pos ronda dekat lokasi PLTPH dengan faktor daya rata-rata sebesar 0,945.

Kata kunci— energi terbarukan, PLTPH, daya potensial

Abstract— Electricity is one of the vital needs for human. However, not all areas in Indonesia can be electrified properly, including in mountainous and remote areas. By utilizing renewable sources of electrical energy, one of which is hydropower, people in mountainous and remote areas can make small-scale power plants as backup electricity if the electricity supply from PT. PLN is disrupted. The Pico hydro power plant is a simple and inexpensive power plant, so it can be easily built independently. The source of electrical energy from the flow of water in this study had a potential power of 2000 Watt. The PLTPH system is also quite simple, which only consists of a windmill coupled to a wheel as an additional pulley before it is coupled to a generator. The mill had an angular speed of 3,559 rad/s which made 938 revolutions per minute on the generator. The electrical voltage generated by this generator has various values depending on the size of the channel floodgates, ranging from 117.5 Volts to 401.8 Volts. This floodgate was arranged so that it can still turn on the lights used for lighting the hallways of residents' houses and the patrol post near the PLTPH location with an average power factor of 0.945.

Keywords— renewable energy, Pico hydro power plant, potential power.

I. PENDAHULUAN

Desa yang terletak di areal pegunungan, biasanya akan sulit mendapatkan pasokan listrik yang optimal. Namun desa di areal pegunungan biasanya memiliki aliran air yang berpotensi untuk dijadikan sumber pembangkit listrik. termasuklah desa Kadongdong, Kecamatan Banjarwangi, Kabupaten Garut, Jawa Barat. Desa ini memiliki aliran air di depan rumah warga yang belum pernah surut atau kering, sehingga bisa dijadikan sebagai penggerak turbin untuk Pembangkit Listrik Tenaga Piko hidro (PLTPH).

Saluran mata air ini terletak persis di depan rumah warga dan berada di tengah-tengah desa, sehingga listrik hasil pembangkitannya dapat langsung dinikmati oleh warga sekitar. Proses pembuatannya pun menggunakan barang-barang bekas layak pakai sehingga dapat menekan biaya produksi. Listrik yang dihasilkan meskipun dalam skala kecil, namun memiliki fungsi ganda. Selain sebagai *back up* apabila pasokan listrik dari PT. PLN terganggu, listrik hasil pembangkitan ini dapat digunakan sebagai sumber penerangan jalan atau lorong pada desa pada malam hari.

Tidak seperti di kota/kabupaten, pemadaman listrik (*blackout*) di suatu desa atau perkampungan berlangsung cukup lama. Apabila pemadaman listrik atau *blackout* ini terjadi sampai malam hari, timbul kemungkinan terjadinya kejahatan kriminal seperti perampokan atau perampasan. Diharapkan penerangan jalan hasil dari pembangkitan

listrik ini dapat membantu aktivitas masyarakat pada malam hari, karena hingga saat ini warga tidak dapat beraktivitas pada malam hari karena kurangnya penerangan untuk lampu jalan.

Masyarakat desa Kadongdong membutuhkan penerangan pada malam hari apabila terjadi gangguan pasokan listrik. Pemadaman listrik atau *blackout* mengakibatkan masyarakat desa Kadongdong enggan untuk keluar rumah dan beraktivitas. Kemudian dengan biaya yang terbatas, Desain Pembangkit Listrik Tenaga Pikohidro harus dibuat sederhana mungkin namun tetap kokoh sehingga tahan lama.

Tujuan dari penelitian ini adalah membuat Pembangkit Listrik Tenaga Pikohidro skala kecil di desa Kadongdong, Jawa Barat. Listrik yang dihasilkan akan digunakan untuk menghidupkan beberapa buah lampu yang akan dipasang di lorong antar rumah warga. Lampu ini dapat dijadikan penerangan utama ataupun dijadikan penerangan cadangan apabila pasokan listrik dari PT. PLN mengalami gangguan. Kemudian peneliti ini juga bertujuan untuk membuat desain PLTPH yang sederhana, sehingga biaya yang dikeluarkan akan lebih murah dan sistem pengoperasian yang tidak terlalu sulit.

II. STUDI PUSTAKA

A. PLTPH

Pembangkit Listrik Tenaga Pikohidro adalah pembangkit listrik yang menggunakan energi air sebagai sumber energi penggerakannya, selayaknya Pembangkit Listrik Tenaga Air. Sesuai dari namanya, piko berarti kecil dan hidro berarti air, PLTPH merupakan versi mini dari PLTA atau PLTMH. PLTPH memiliki beberapa perbedaan dibandingkan dengan PLTA. Hal yang paling menjadi pembeda diantara keduanya adalah bentuk konstruksi dan komponen dari pembangkit listrik itu sendiri. PLTA membutuhkan konstruksi dan perencanaan yang rumit, termasuk didalamnya pembuatan dam (bendungan) dan *penstock* yang memiliki *head* tinggi diatas 20 meter termasuk perhitungan dan perancangan lain yang lebih besar. Sedangkan PLTPH hanya membutuhkan konstruksi yang sederhana dengan *head* yang rendah (dibawah 20 meter). PLTA membutuhkan lahan yang luas sedangkan PLTPH hanya membutuhkan lahan kecil untuk penempatan turbin/kincir dan generator. Dari segi daya, PLTA menghasilkan daya yang jauh lebih besar daripada PLTPH. Gambar 1 menunjukkan klasifikasi dari *hydropower*.

Klasifikasi	Daya
Large Hydro	> 100 MW
Medium Hydro	15-100MW
Small Hydro	1-15 MW
Mini Hydro	100kW-1000kW
Micro Hydro	5kW- 100kW
Pico Hydro	< 5kW

Gambar 1. Klasifikasi *hydropower*

B. Debit Air

Debit air adalah banyaknya air (volume) yang mengalir dari suatu penampang tertentu (sungai, saluran, terasering, mata air) per satuan waktu (t). Debit air menentukan langsung bentuk konstruksi dari kincir air yang digunakan, terutama ukuran besarnya diameter kincir dan penggunaan jumlah *blade* yang terpasang dalam kincir tersebut. Semakin kecil debit air yang ada, semakin kecil pula desain kincir yang akan dibuat. Semakin kecil debit air yang ada, semakin banyak jumlah *blade* yang dibutuhkan pada kincir. Pada penelitian ini, diameter kincir yang digunakan adalah 1 meter dan jumlah sudu yang digunakan adalah 12 buah.

Sebelum menentukan lokasi tempat dibangunnya pembangkit listrik, terlebih dahulu diukur debit air potensi untuk menentukan besarnya potensi air tersebut sebagai sumber energi pembangkit listrik. Apabila debit airnya mencukupi, barulah direncanakan pembuatan pembangkit listriknya. Sedangkan untuk pemilihan turbin dan kincir air, debit yang dijadikan acuan adalah debit air pada pipa pesat (*penstock*). Untuk mendapatkan data rancangan yang baik, maka pengukuran debit air ini sebaiknya dilakukan pada kondisi debit minimum, yaitu pada musim kering atau musim kemarau.

Pengukuran besarnya debit dapat dilakukan dengan metode apung. Secara garis besar, pengukuran debit air dengan metode Apung sangatlah sederhana, yaitu dengan mengukur waktu yang dibutuhkan benda apung untuk melewati jarak yang telah ditentukan pada suatu aliran air. Benda apung yang digunakan haruslah benda yang sangat ringan sehingga massanya dapat diabaikan pada penelitian ini menggunakan potongan gabus.

Untuk melakukan pengukuran, terlebih dahulu dihitung panjang saluran air sebagai jarak tempuh benda apung melaju di air. Benda apung lalu dialirkan sejauh jarak yang ditentukan, kemudian dihitung berapa waktu yang dibutuhkan untuk menempuh jarak tersebut. Nilai debit adalah besar kecepatan aliran air dikali dengan luas penampang aliran tersebut atau secara matematis dapat ditulis dengan :

$$Q = v \times A \quad (1)$$

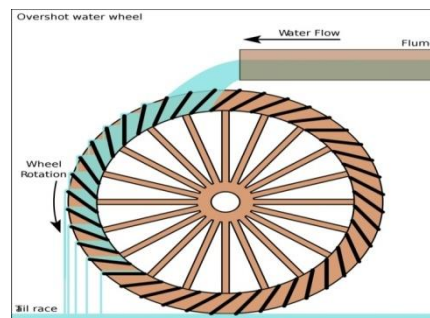
Dimana : Q = Debit air (m^3/sekon)
 v = kecepatan aliran air (meter/sekon)
 A = Luas penampang air (meter^2)

C. Kincir Air

Kincir air adalah salah satu teknologi kuno yang sampai saat ini masih dipergunakan dalam berbagai macam hal, salah satunya sebagai tenaga penggerak. Kincir air terdiri dari sebuah roda besar (terbuat dari kayu atau besi) yang disekelilingnya dilengkapi dengan sudu-sudu atau *blade* yang apabila pada sudu-sudu tersebut diberikan aliran air maka dorongan air akan menggerakkan sudu-sudu dan kincir akan berputar pada porosnya. Keuntungan lain penggunaan kincir air ini adalah dapat dibuat dengan sederhana menggunakan kayu ataupun logam. Selain itu apabila kincir tersebut sedikit dimodifikasi, misalnya poros putarnya diberi bantalan/bearing dan sudu-sudunya/*blade* diperhitungkan dengan baik, maka kincir air ini akan memberikan efisiensi daya yang maksimal dimana daya yang dihasilkan ini dapat dipergunakan untuk sumber tenaga penggerak yang menguntungkan. Kincir air bekerja tanpa menggunakan bahan bakar sehingga tidak memiliki biaya operasional. Kincir air juga tidak menghasilkan polusi sehingga sangat ramah lingkungan. Tenaga atau daya mekanik yang dihasilkan oleh kincir air tersebut bisa dimanfaatkan salah satunya sebagai tenaga penggerak dinamo/generator yang dapat menghasilkan energi listrik.

Salah satu tipe dari kincir air yang umum digunakan adalah tipe *Overshot* seperti yang ditunjukkan oleh Gambar 2. Kincir air *Overshot* bekerja dengan memanfaatkan berat air yang jatuh ke dalam sudu/*blade* sehingga kincir berputar. Air dialirkan menuju sudu/*blade* bagian atas dari kincir, sehingga putaran kincir dapat menjadi maksimal. Kincir tipe *Overshot* ini dapat digunakan pada aliran air sedang sampai aliran air yang kecil dengan penggunaan jumlah sudu/*blade* yang banyak. Semakin kecil aliran airnya, penggunaan jumlah sudu/*blade* harus semakin banyak, sesuai dengan fungsi sudu/*blade* sebagai tempat air mendorong kincir.

Keuntungan lain dari penggunaan kincir air tipe *overshot* ini adalah tingkat efisiensi yang tinggi yaitu dapat mencapai 85%. Namun tipe kincir ini membutuhkan ruang yang lebih luas untuk penempatan dan konstruksi yang lebih rumit.



Gambar 2. Kincir air *overshot*

D. Generator

Generator adalah sebuah alat listrik yang dapat mengubah energi gerak atau energi mekanik menjadi energi listrik. Hal ini terjadi karena adanya kumparan yang digerakkan atau diputar dengan memotong garis-garis medan magnet. Gerakan inilah yang menimbulkan Gaya Gerak Listrik (GGL). Cara kerja generator ini sesuai dengan prinsip kerja induksi listrik yang ditemukan oleh Faraday.

Generator AC yang paling mudah digunakan untuk membangkitkan listrik adalah generator dengan magnet permanen. Generator jenis ini tidak memerlukan tegangan eksitasi untuk menimbulkan medan magnet, sehingga lebih praktis penggunaannya. Kekurangannya adalah daya yang dihasilkan tidak terlalu besar dibandingkan dengan menggunakan tegangan eksitasi. Namun untuk pembangkit skala kecil seperti PLTPH, generator ini sangat cocok untuk digunakan.

Bagian utama dari generator AC dengan magnet permanen adalah kumparan, magnet permanen, sikat arang, dan cincin geser (*slip ring*). Sesuai hukum Faraday, GGL induksi akan muncul apabila ada perpotongan garis

gaya magnet. GGL induksi ini dapat diperbesar dengan beberapa cara, yaitu dengan memperbanyak jumlah lilitan, menggunakan magnet permanen yang lebih kuat sehingga besarnya medan magnet yang timbul akan semakin kuat, dan mempercepat perputaran kumparan.

E. Daya Potensial Air

Head dan debit air adalah dua faktor yang sangat mempengaruhi besarnya energi air yang dapat dimanfaatkan. Head adalah perbedaan ketinggian antara muka air pada saluran air/penampungan air atau biasa disebut dengan *reservoir* dan muka air pada kincir air/turbin air. Total energi yang tersedia dari suatu *reservoir* air adalah merupakan energi potensial air yaitu :

$$P = \rho Qgh \tag{2}$$

- Dimana : P = Daya (watt)
- ρ = Massa jenis air (kg/m³)
- Q = Debit air (m³/s)
- g = percepatan gravitasi (m/s²)
- h = head (m)

$\frac{E}{t}$ atau energi per satuan waktu adalah rumus dari daya, maka rumus diatas dapat ditransformasikan menjadi,

F. Daya Mekanis pada Kincir Air

Daya mekanis dihitung untuk mengetahui pendekatan seberapa besar daya listrik yang didapatkan dari sistem PLTPH. Daya mekanis akan lebih kecil daripada daya potensial air, namun akan lebih besar dibandingkan daya listrik yang dihasilkan. Perhitungan untuk mengetahui besarnya daya yang dapat dihasilkan dari kincir air *overshot* ini dihitung dengan menggunakan rumus :

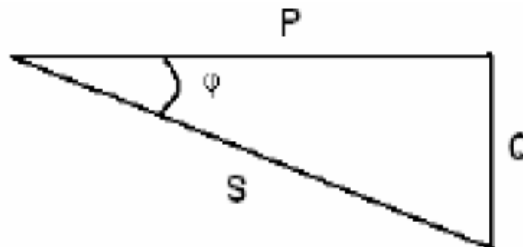
$$P_{kincir} = \tau \times \omega \tag{3}$$

- Dimana : P_{kincir} = Daya Mekanis Kincir (Watt)
- τ = Torsi (Nm)
- ω = Kecepatan Sudut (RPM)

G. Daya Listrik

Daya listrik didefinisikan sebagai laju energi yang dibangkitkan atau dikonsumsi oleh suatu peralatan listrik, satuannya adalah Joule/detik atau Watt yang sering disebut sebagai daya aktif (P). Selain daya aktif ada pula daya reaktif. Daya reaktif adalah jumlah daya yang diperlukan untuk pembentukan medan magnet. Daya reaktif memiliki satuan VAR. Gabungan antara daya aktif dan daya reaktif adalah daya semu (S) dengan satuan VA atau Volt Ampere.

Segitiga daya, seperti yang dapat dilihat pada Gambar 3, adalah sebuah bangun yang menggambarkan hubungan dari ketiga daya pada sistem kelistrikan, yaitu daya aktif, daya reaktif dan daya semu. P menunjukkan daya aktif, S adalah daya semu, dan Q adalah daya reaktif, sedangkan φ adalah sudut fasa.



Gambar 3. Segitiga daya

H. Perhitungan Faktor Daya

Faktor daya adalah perbandingan antara daya aktif (watt) dengan daya semu/daya total (VA), atau cosinus sudut antara daya aktif dan daya semu/daya total. Daya reaktif yang tinggi akan mengakibatkan peningkatan sudut ini dan sebagai hasilnya faktor daya akan menjadi lebih rendah. Nilai dari faktor daya akan selalu lebih kecil atau sama dengan satu. Jadi, daya reaktif haruslah sekecil mungkin untuk mendapatkan nilai keluaran daya aktif yang lebih besar. Faktor daya juga menggambarkan sudut fasa antara daya aktif dan daya semu.

III. BAHAN DAN METODOLOGI

Penelitian ini menggunakan kayu sebagai bahan dasar pembuatan komponen konstruksi PLTPH. Komponen konstruksi tersebut adalah kincir air, sudu, rumah kincir, *penstock*, dan *reservoir*. Kemudian pipa besi digunakan sebagai poros (as) kincir. Listrik yang dihasilkan oleh PLTPH ini dialirkan ke sebuah MCB dengan kabel SR. Lalu untuk pemanfaatan listriknya digunakan lampu LED dan lampu pijar. Disediakan pula satu buah stopkontak untuk menghidupkan peralatan listrik yang dapat dimanfaatkan oleh warga sekitar.

Pembuatan PLTPH dimulai dengan meninjau lokasi yang akan dibangun. Pada lokasi ini diukur besar debitnya, apakah cukup baik untuk dibangun pembangkit atau tidak. Nilai debit minimal yang dapat digunakan untuk membangkitkan listrik adalah $0,09 \text{ m}^3/\text{s}$. Kemudian dihitung besar *head* dari aliran airnya. Aliran air datar akan sulit untuk dijadikan tenaga penggerak kincir.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Debit Potensial Air

Saluran air yang akan digunakan dalam penelitian ini merupakan saluran air hasil pembuangan dari rumah warga, irigasi sawah, dan kolam-kolam ikan yang mengalir menuju sungai. Saluran air ini memiliki luas penampang sebesar $0,1386 \text{ m}^2$ dan kecepatan aliran air sebesar $0,6944 \text{ m/s}$. Ini berarti nilai debit potensial dari saluran ini adalah $0,09625 \text{ m}^3/\text{s}$, cukup baik untuk dijadikan sumber tenaga penggerak kincir maupun turbin.

B. Daya Potensial Air

Nilai daya potensial air ditentukan oleh besarnya debit yang mengalir menuju kincir atau debit yang mengalir pada *penstock*. *Penstock* yang dibuat pada penelitian ini memiliki luas penampang sebesar $0,02924 \text{ m}^2$ dan memiliki kecepatan aliran air sebesar $3,3613 \text{ m/s}$, sehingga besar debitnya adalah $0,09828 \text{ m}^3/\text{s}$.

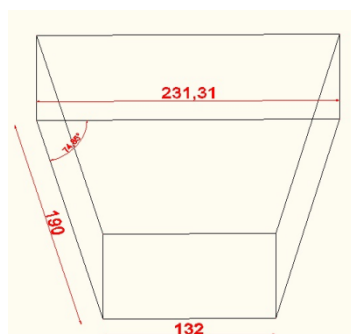
Penstock memiliki panjang 500 cm , sedangkan jarak horizontal dari sudu ke reservoir adalah 246 cm . Dengan rumus *pythagoras*, didapatkan nilai *head* sebesar $435,297 \text{ cm}$. Nilai daya potensial yang didapatkan adalah $1.995,171 \text{ Watt}$. Ini merupakan daya maksimum yang dapat dihasilkan oleh PLTPH dengan asumsi nilai rugi-rugi pada sistem adalah nol.

C. Daya Mekanis Kincir

Daya mekanis dihitung dengan metode pemodelan ruang dalam penelitian ini. Sudu kincir dianggap sebagai sebuah prisma trapesium, kemudian dihitung besar volume maksimumnya. Gambar 4 menunjukkan sudu kincir dan pemodelan ruang sudu kincir dapat dilihat pada Gambar 5. Volume sudu hasil perhitungan ini merupakan volume maksimum sudu, volume yang didapat apabila semua ruang sudu terisi penuh oleh air.



Gambar 4. Sudu kincir



Gambar 5. Pemodelan ruang sudu kincir

Nilai volume yang didapatkan adalah sebesar 3002,609 cm², kemudian dengan dikalikan nilai massa jenis standar air (1 gram/cm²) didapatlah massa airnya seberat 3 kg. Dari data ini dapat dihitung besar momen gaya atau torsi yang dilakukan sudu untuk mendorong kincir berputar. Dengan asumsi nilai gravitasi adalah 9,8 m/s², nilai momen gaya pada sudu oleh air adalah sebesar 14,7147 Nm.

Data lain yang harus diambil adalah kecepatan sudut kincir. Langkah awalnya adalah dengan menghitung putaran kincir per menit atau RPM. Pada penelitian ini kincir memiliki kecepatan putar sebesar 34 RPM, sehingga nilai kecepatan sudutnya adalah 3,559 rad/s. Dengan demikian, nilai daya mekanis dari kincir adalah sebesar 471,3266 Watt.

D. Daya Maksimum yang Termanfaatkan

Pengujian ini dilakukan dengan cara menghidupkan peralatan listrik melalui socket yang sudah terpasang. Dalam pengujian ini, peralatan yang digunakan adalah sebuah penanak nasi elektronik dan setrika listrik. Kedua peralatan ini memiliki nilai beban yang sama, yaitu 350 Watt. Pengujian setrika listrik dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Pengujian setrika listrik

Baik setrika listrik maupun penanak nasi, saat dipasang secara terpisah pada sistem, lampu indikator keduanya menyala tanda bahwa kedua peralatan ini dalam kondisi hidup. Namun saat dipasang bersamaan, lampu keduanya mati dan kincir harus diputar ulang agar listrik kembali mengalir.

E. Tegangan dan Arus Listrik

TABLE I. TEGANGAN TERUKUR

Kondisi Pintu Air	Besar Tegangan (Volt)
Terbuka 25 %	117,5
Terbuka 33 %	144,6
Terbuka 50 %	153,7
Terbuka 75 %	322,6
Terbuka 75 % (Hujan)	401,8

Besarnya tegangan pada PLTPH ini sangat bergantung pada besarnya pintu air yang dibuka pada saluran. Hubungan antara tegangan terukur dari berbagai kondisi pintu air dapat dilihat pada Tabel 1. Makin besar pintu air yang dibuka, makin besar pula aliran air yang mengalir pada penstock, mengakibatkan kincir berputar lebih cepat, dan tegangan yang dihasilkan pun akan lebih besar. Pada PLTPH ini, pintu air dapat diatur sehingga nilai tegangan mendekati 220 Volt, namun nilai tegangan tersebut akan fluktuatif karena dalam penelitian ini tidak digunakan stabilizer tegangan. Pada penelitian ini, untuk keperluan perhitungan digunakan tegangan saat pintu air terbuka 50% karena pada kondisi inilah dihitung daya daya mekanis kincir.

Untuk pengambilan data arus listrik, beban yang dipasang adalah lampu LED dan lampu pijar yang dipasang secara paralel. Arus listrik yang terukur akan bergantung dengan beban yang dipasang pada system sebagaimana yang ditunjukkan oleh Tabel 2. Semakin besar beban yang dipasang, semakin besar pula arus yang akan terukur.

TABLE II. DATA PENGAMBILAN ARUS

Tegangan (Volt)	Besar Arus (mA)	Beban (Watt)
153,7	179,4	29 Watt
	167,4	27 Watt
	73,2	13 Watt

F. Faktor Daya

Untuk mendapatkan nilai faktor daya, terlebih dahulu dihitung besar nilai dari daya semu dan daya aktif. Data daya aktif dan semu dapat dilihat pada Tabel 3. Daya semu yang digunakan dalam perhitungan faktor daya adalah daya yang tertera pada label lampu, sedangkan daya aktif adalah hasil kali antara tegangan dan arus yang terukur.

TABLE III. DATA DAYA AKTIF DAN DAYA SEMU

Tegangan	Arus	Daya Aktif	Daya Semu
153,7 Volt	79,3 mA	12,188 W	13 VA
	167,4 mA	25,729 W	27 VA
	179,4 mA	27,574 W	29 VA

1. Besar faktor daya untuk beban 13 VA adalah
 $\cos \varphi = 0,938$
 2. Besar faktor daya untuk beban 27 VA adalah
 $\cos \varphi = 0,95$
 3. Besar faktor daya untuk beban 29 VA adalah
 $\cos \varphi = 0,95$
- Dengan demikian, nilai faktor daya rata-rata nya adalah sebesar 0,945.

V. KESIMPULAN DAN SARAN

Daya maksimum yang dapat dihasilkan oleh energi potensial air pada penelitian ini adalah sebesar 2 kW. Nilai tegangan yang dapat dihasilkan sudah mendekati 220 Volt namun belum stabil, dengan faktor daya rata-rata sebesar 0,945.

Untuk menaikkan nilai efisiensi dan agar daya listrik yang dihasilkan dapat lebih besar, *reservoir* dan *penstock* dapat dibangun secara permanen agar lebih kokoh. *Reservoir* dapat dibuat menggunakan semen, sedangkan *penstock* dapat dibuat menggunakan pipa besi. Kemudian untuk mengatasi tegangan yang naik turun, dapat dipasang auto voltage regulator (AVR) pada sistem sehingga peralatan akan aman dari tegangan lebih.

REFERENSI

- [1] R. I. Anggara, *Perancangan Pembangkitan Listrik Mikrohidro di Saluran Irigasi Desa Sungai Gading Kab. Mukomuko, Prov. Bengkulu*, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta, Yogyakarta, 2014.
 - [2] H. Asy'ari dkk, "Desain Generator Magnet Permanen Kecepatan Rendah Untuk Pembangkit Listrik Tenaga Angin Atau Bayu (PLTB)", *Jurnal Seminar Nasional Aplikasi Teknologi Informasi*, Surakarta, 2012.
 - [3] O. S. Henry, "Analisis Perubahan Dimensi Kincir Air Terhadap Kecepatan Aliran Air (Studi Kasus Desa Pandan Enim)", *Jurnal Skripsi Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya*, 2013
 - [4] Jatmiko, "Pemanfaatan Pemandian Umum untuk Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH) Menggunakan Kincir Tipe Overshot", *Jurnal Emitor*, Vol. 12, No. 01, 2012.
 - [5] J. Y. Morong, "Rancang Bangun Kincir Air Irigasi sebagai Pembangkit Listrik di Desa Talawaan", *Skripsi Program Studi Teknik Listrik, Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Manado*, 2016.
 - [6] T. Sumantry, "Pengukuran Debit dan Kualitas Air Sungai Cislak Pada Tahun 2012", *Pusat Teknologi Limbah Radioaktif – BATAN, Tangerang Selatan : Hasil Penelitian dan Kegiatan PTLR Tahun 2012*.
 - [7] A. Suryanto dan Samiyono, "Implementasi Model Analisis Perbaikan Faktor Daya Listrik Rumah Tangga Dengan Simulasi Perangkat Lunak", *Jurnal Kompetensi Teknik*, Vol. 3, No. 1, November 2011.
- R. Sutopo dan P. Triawansyah, "Modul Praktikum Fisika Kelistrikan", Indralaya : Universitas Sriwijaya, 2017