

RANCANGAN PEMODELAN PROTOTYPE PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA *MICROHYDRO* (PLTMH)

Muhammad Iqball¹, Ganjar Febriani Pratiwi²

^{1,2} Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik dan Informatika, Universitas Dian Nusantara, Jakarta

Corresponding author

E-mail: muhammad.iqball@undira.ac.id



Diterima : 15/03/2021
Direvisi : 25/04/2021
Dipublikasi : 19/05/2021

Abstrak: Microhydro merupakan sumber energi terbarukan dengan memanfaatkan tenaga air dan ramah lingkungan yang memiliki potensi untuk sebagai pengganti bahan bakar minyak bumi dan batu bara yang semakin berkurang. Namun akibat dari kurangnya pemahaman sumber daya manusia mengenai pemanfaatan energi air ini menjadi salah satu kendala di Indonesia untuk mengaplikasikannya sehingga dibuatlah suatu prototype pembangkit listrik tenaga microhydro sebagai suatu model penelitian. Dalam suatu pembangkit yang memanfaatkan energi air, debit merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi jalannya proses. Untuk itu, dalam penelitian ini dilakukan pengkajian terhadap pengaruh debit yang digunakan untuk menghasilkan daya listrik. Dalam penelitian ini digunakan pompa air untuk mengalirkan air menuju turbin. Debit air serta pemilihan jenis turbin dan generator yang digunakan menjadi penentu untuk hasil output tegangan yang diharapkan. Perancangan desain prototype microhydro menggunakan aplikasi turbin pro v3 dengan penggunaan turbin tipe pelton, Pembuatan prototype portable microhydro dengan menggunakan turbin tipe pelton ini sebagai bentuk menyempurnakan penelitian sebelumnya dengan perubahan terhadap ketinggian dan rendahnya nilai efisiensi sehingga didapatkan nilai efisiensi terhadap prototype yang dilakukan penelitian. Prototype PLTMH diketahui memiliki nilai volume air 0.21 m³ bergerak dalam waktu 60 detik dan menghasilkan debit air sebesar 0.0035 m³/s dengan nilai daya 30.61275 Watt atau 0.03061275 KW. Prototype memiliki nilai efisiensi sebesar 39%.

Kata Kunci: Microhydro, Prototype, Turbin

PENDAHULUAN

Dengan perkembangan zaman yang kian hari kian meningkat ini, kebutuhan akan energi pun makin meningkat terutama energi listrik. Di Indonesia sendiri pemenuhan akan kebutuhan listrik masih menggunakan bahan bakar berupa energi fosil. Energi ini merupakan energi tidak ramah lingkungan karena menimbulkan polusi udara, air dan tanah yang berdampak pada penurunan tingkat kesehatan dan standar hidup. Selain itu, energi ini merupakan energi yang jumlahnya terbatas sehingga perlu adanya peralihan penggunaan energi terbarukan yang bersifat lebih ramah lingkungan. Berdasarkan data blueprint pengelolaan energi nasional 2005-2025 yang dikeluarkan oleh Departemen Energi dan Sumber Daya Mineral (ESDM) pada tahun 2005, cadangan minyak bumi, gas dan batu bara di Indonesia akan habis dalam kurun tahun tertentu ditunjukkan pada tabel 1.

Tabel 1. Cadangan Energi Fosil

No.	Jenis Energi Fosil	Cadangan	
		Indonesia	Dunia
1.	Minyak Bumi	18 Tahun	40 Tahun
2.	Gas Alam	61 Tahun	60 Tahun
3.	Batu Bara	147 Tahun	200 Tahun

Sumber : ESDM (2005)

Untuk mengatasi masalah krisis energi ini maka dari itu dilakukan upaya memanfaatkan energi terbarukan. Berikut potensi energi terbarukan di Indonesia yang dapat dilihat pada tabel 2.

Tabel 2. Potensi Energi Terbarukan di Indonesia

No.	Sumber Energi	Potensi(MW)	Terpasang (MW)	Pemanfaatan (MW)
1.	Air	75.670	4.200	5,550
2.	Biomassa	49.810	302,4	0,607
3.	Panas Bumi	27.000	800	2,960
4.	Microhidro	458,75	84	18,30
5.	Energi Cahaya	156,487	84	18,30
6.	Angin	9.286	0,5	0,005
Total		318.711,75	5.391,9	27,427

Sumber : Blueprint Pengolahan Energi Nasional (2005 – 2025)

Berdasarkan tabel diatas, salah satu energi terbarukan yang sangat berpotensi dimanfaatkan yaitu energi air. Energi air merupakan energi yang memanfaatkan aliran air. Energi ini dapat dimanfaatkan dan dikonversikan menjadi listrik. Selain itu energi air merupakan salah satu energi yang ramah lingkungan dan bahan bakunya mudah didapat. Dengan memanfaatkan energi air menjadi sumber energi maka peluang untuk keluar dari krisis energi saat ini akan semakin besar.

Menanggapi permasalahan yang ada di atas, dan juga untuk mencari solusi dari permasalahan tersebut, peneliti bermaksud melakukan penelitian mengenai rancangan, pembuatan dan pengembangan *prototype* pembangkit listrik tenaga microhidro melalui pembuatan *prototype*

pembangkit listrik tenaga microhidro. Dimana dalam penelitian ini, peneliti akan mencari tingkat kelayakan dan efektifitas alat yang telah dibuat.

Prototype pembangkit listrik tenaga microhidro merupakan salah satu alat yang dapat digunakan mahasiswa dalam mengenal lebih dalam perkembangan sistim pembangkit tenaga listrik, khususnya dalam program keahlian di bidang teknik elektro dan teknik sipil. Desain dan perancangan PLTMH berkaitan dengan bidang teknik sipil dimana bangunan untuk pltmh memerlukan berbagai perhitungan untuk mengalirkan aliran air sungai menuju instalasi pembangkit sebelum akhirnya digunakan untuk menggerakkan turbin. PLTMH mendapatkan energi dari aliran air yang memiliki perbedaan ketinggian tertentu. Pada dasarnya, mikrohidro memanfaatkan energi potensial jatuhnya air (*head*). Semakin tinggi jatuhnya air maka semakin besar energi potensial air yang dapat diubah menjadi energi listrik. Penentuan debit dan *head* pada PLTMH mempunyai arti yang sangat penting dalam menghitung potensi tenaga listrik.

KAJIAN PUSTAKA

Pembangkit Listrik Tenaga Microhidro (PLTMH)

(Sukamta, D. 2013) Pengertian PLTMH adalah pembangkit listrik yang menggunakan tenaga air sebagai media utama untuk penggerak turbin dan generator. Tenaga *Microhydro*, dengan skala daya yang dapat dibangkitkan 5 kilowatt hingga 50 kilowatt. Pada PLTMH proses perubahan energi kinetik berupa kecepatan dan tekanan air, yang digunakan untuk menggerakkan turbin air dan generator listrik hingga menghasilkan energi listrik.

Secara teknis PLTMH memiliki tiga komponen utama yaitu air (*hidro*), turbin, dan generator. Prinsip kerja dari PLTMH sendiri pada dasarnya sama dengan PLTA hanya saja PLTMH kapasitasnya tidak begitu besar. PLTMH pada prinsipnya memanfaatkan beda ketinggian atau sudut kemiringan dan jumlah debit air per detik yang ada pada saluran irigasi, sungai, serta air terjun. Aliran air akan memutar turbin sehingga akan menghasilkan energi mekanik.

Ketersediaan sumber energi dapat dilihat dari segi pemakaian seperti energi primer dan energi sekunder. Energi primer ialah energi yang diberikan atau sudah tersedia oleh alam dan belum mengalami proses pengolahan lebih lanjut. Sementara energi sekunder ialah energi primer yang telah menjalani proses lebih lanjut. Salah satu energi primer yang akan dibahas yaitu adalah Air. Sebagai salah satu sumber daya dari energi terbarukan, air memiliki potensi sebagai pembangkit listrik.

(Made, 2009) Konsumsi energi khususnya energi listrik terus meningkat sejalan dengan laju pertumbuhan ekonomi dan penambahan penduduk yang menyebabkan masalah penyediaan energi di masa datang. Salah satu jenis sumberdaya energi terbarukan yang termasuk dalam energi hijau adalah energi air (*hydropower*) yang dalam skala sangat kecil disebut *Microhydro* (5 kW – 1 MW) atau bahkan disebut *picohydro* (100 W – 5 kW). Kondisi air yang bisa dimanfaatkan sebagai sumber daya (*resources*) penghasil listrik adalah memiliki kapasitas aliran dan ketinggian tertentu dari instalasi. Semakin besar kapasitas aliran maupun ketinggiannya dari instalasi maka semakin besar energi yang bisa dimanfaatkan untuk menghasilkan energi listrik.

Microhydro dibangun berdasarkan kenyataan bahwa adanya air yang mengalir di suatu daerah dengan kapasitas dan ketinggian yang memadai. Banyak orang beranggapan untuk

membuat pembangkit listrik harus dari air terjun alami, tidak selamanya demikian, beda tinggi (head) bisa diperoleh dengan membuat intake dari sungai dan mengalirkannya pada posisi yang tepat sehingga terbentuk ketinggian yang optimal. Instalasi pembangkit listrik *Microhydro* menggunakan sumber daya yang telah disediakan oleh alam dan ramah lingkungan.

(Iqball, 2016) energi *Microhydro* (PLTMH) dan energi minihidro (PLTM) yang mempunyai kapasitas 200 - 5.000 kW potensinya adalah 458,75 MW, sangat layak dikembangkan untuk memenuhi kebutuhan tenaga listrik di daerah pedesaan di pedalaman yang terpencil ataupun pedesaan di pulau-pulau kecil dengan daerah aliran sungai yang sempit. Biaya investasi untuk pengembangan pembangkit listrik *Microhydro* relatif lebih murah dibandingkan dengan biaya investasi PLTA. Hal ini disebabkan adanya penyederhanaan standar konstruksi yang disesuaikan dengan kondisi pedesaan. Biaya investasi PLTMH dan PLTM adalah lebih kurang 2.000 dollar/kW, sedangkan biaya energi dengan kapasitas pembangkit 20 kW (rata rata yang dipakai di desa) adalah Rp 194/ kWh. Langkah-langkah yang dilakukan untuk pengembangan *Microhydro* adalah dengan mengintegrasikan program pengembangan PLTMH dan PLTM dengan kegiatan ekonomi masyarakat, memaksimalkan potensi saluran irigasi untuk PLTMH dan PLTM, mendorong industri *Microhydro* serta minihidro dalam negeri, dan mengembangkan berbagai pola kemitraan dan pendanaan yang efektif.

Bagian – Bagian Pembangkit Listrik Tenaga Microhydro (PLTMH)

(Made,2009) Skema sebuah sistem Pembangkit Listrik Tenaga *Microhydro* ditunjukkan seperti gambar 2. Terdapat beberapa komponen yang merupakan bagian penting dari suatu sistem Pembangkit Listrik Tenaga *Microhydro* (PLTMH), antara lain :

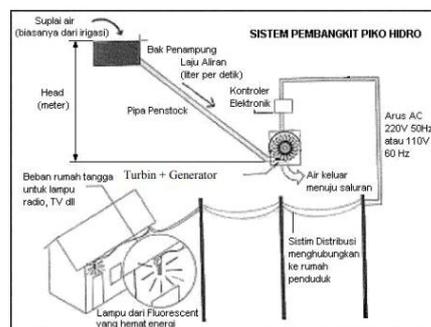
- a. Sumber Air (*Water Supply*)
Sumber aliran air penggerak turbin Pembangkit Listrik Tenaga *Microhydro* (PLTMH) dapat berupa mata air atau sungai. Hal yang paling penting diperhatikan adalah debit sumber aliran air tersebut kontinyu sepanjang tahun. Dengan sumber air yang kontinyu maka bangunan *intake/reservoir/forebay tank* yang dibutuhkan tidak perlu besar.
- b. Bangunan *Intake/Forebay Tank/Reservoir*
Air dari suatu sumber dialirkan ke tangki/bendung untuk mengarahkan dan mengatur aliran air ke bangunan *intake*. Bangunan *intake* didesain untuk menjamin debit aliran air ke sistem *Microhydro* sesuai dengan debit yang dibutuhkan.
- c. Pipa Pesat atau *Penstock Pipe*
Pipa Pesat digunakan untuk mengalirkan air dari bak *intake* ke turbin, dimana energi potensial air dirubah menjadi energi kinetik untuk memutar turbin.
- d. *Powerhouse* dan *Tailrace*
Bangunan yang digunakan untuk melindungi turbin, generator, dan unit kontrol. *Powerhouse* bisa dibuat sederhana namun fondasinya harus solid. *Tailrace* adalah adalah kanal untuk mengarahkan aliran air kembali ke saluran irigasi/sungai untuk pemanfaatan lebih lanjut.
- e. Turbin
Turbin berperan untuk mengubah energi air (energi potensial, tekanan dan kinetik) menjadi energi mekanik dalam bentuk putaran poros. Putaran poros turbin ini akan diubah oleh generator menjadi tenaga listrik
- f. Generator
Generator mengubah energi mekanik (putaran poros) menjadi energi listrik. Ada dua tipe generator, yaitu generator *synchronous* dan *asynchronous* (umumnya disebut induction generator). Generator sinkron adalah standar generator yang digunakan dalam

pembangkit daya listrik dan digunakan pada kebanyakan power plant. Semua generator harus digerakkan pada putaran konstan untuk menghasilkan daya yang konstan pada frekuensi 50 Hz. Untuk *Microhydro* umumnya digunakan generator 4 kutub dengan putaran sekitar 1.500 rpm.

$$H_t = (z_1 - z_2) + \left(\frac{P_1 - P_2}{\gamma}\right) + \left(\frac{v_1^2 - v_2^2}{2g}\right) + H_L \quad (1)$$

Keterangan:

- z_1 = head statis/elevasi permukaan air di bak intake (m)
- z_2 = head statis/ elevasi permukaan air di bak tailrace (m)
- p_1 = head statis tekanan air bak intake (N/m²)
- p_2 = head statis tekanan air di bak tailrace (N/m²)
- v_1 = head dinamis kecepatan air di bak intake (m/det)
- v_2 = head dinamis kecepatan air keluar tailrace (m/det)
- H_t = head total aliran air (m)
- H_L = head losses total instalasi penstock/perpipaan sistem PLTMH (m)



Gambar 1 Skema Perjalanannya Air pada Pembangkit Listrik Tenaga *Microhydro* (Maher dan Smith, 2001)

Sumber : http://eprints.undip.ac.id/33848/6/1799_CHAPTER_II.pdf

Debit Air

(I Wayan, 2017) Air yang mengalir mempunyai energi yang dapat digunakan untuk memutar roda turbin, karena itu pusat – pusat tenaga air dibangun di sungai dan didaerah pegunungan. Pusat tenaga air tersebut dapat dibedakan dalam 2 golongan, yaitu pusat tenaga air tekanan tinggi dan pusat tenaga air tekanan rendah. Aliran air yang jatuh dengan debit Q (m³/s) yang mengenai kincir atau turbin air akan menghasilkan daya sebesar :

$$P = \rho \cdot Q \cdot g \cdot H \quad (2)$$

Keterangan :

- P = Daya (W)
- ρ = Kerapatan Air (1000 kg/m³)
- Q = Debit Air (m³/s)
- g = Gravitasi Bumi (9,81 m/s²)
- H = Ketinggian Jatuh Air (m)

Setelah diperoleh daya, dapat diketahui efisiensi dari pembangkit listrik tenaga *Microhydro* sebagai berikut :

$$\eta = \frac{P_{in}}{P_{out}} \quad (3)$$

Keterangan :

- η = Efisiensi

P_{In} = Daya Kincir (W)

P_{Out} = Daya Generator (W)

Untuk menghitung torsi dapat dilakukan dengan persamaan :

$$T = \frac{P}{2\pi \frac{n}{60}} \quad (4)$$

Keterangan :

T = Torsi (Nm)

P = Daya (W)

n = Putaran (rpm)

Kincir Air

Ribuan tahun yang lalu manusia telah memanfaatkan tenaga air untuk beberapa keperluan, misalnya untuk menaikkan air keperluan irigasi, menggiling padi dan sebagainya. Di daerah-daerah terpencil, misalnya terbuat dari bambu atau dari kayu dengan diameter yang besar masih dapat dilihat di sungai Hoang Ho (Cina), sungai Nil (Mesir), sungai Eufrat (Irak) (Patty, 1995). Efisiensi roda air yang dijalankan oleh aliran air tanpa menggunakan seluruh potensi air yang terdapat dalam sungai, tentu kecil sekali. Perbaikan cara ini dilakukan pada abad ke -15. Untuk menjalankan roda, dibuat saluran tersendiri dengan tiga macam roda air, sehingga menumbuk roda pada bagian atas, pada bagian tengah atau bagian bawahnya (Miller and Richard, 2004). Kalau kita kebetulan sedang pergi ke daerah pedesaan yang letaknya ada di kaki pegunungan atau di daerah dataran tinggi kadang kita akan menemui kincir air. Sebuah alat pendistribusian air yang bekerja dengan system rotasi sederhana. Alat utamanya berbentuk lingkaran bisa terbuat dari kayu atau bambu dengan dua sisi berseberangan bisa berukuran besar bisa juga kecil tergantung kebutuhan dan derasnya air. Pada bagian antara sisi satu dengan sisi lainnya biasanya ada beberapa bak untuk menampung air dari sungai atau mata air. Kincir ini akan berputar pada sumbunya karena ada dorongan air, putaran ini akan menyambungkan air yang ditampung ke potongan bambu yang dibelah-belah menyerupai pipa yang berfungsi sebagai penyalur air ke rumah-rumah penduduk yang ada didataran di bawahnya. Kincir ini dengan setianya tetap berputar selama ada air yang mendorongnya, kincir inilah yang membantu masyarakat sehingga tanpa perlususah payah untuk mengambil air ke sungai ataupun mata air (Ruzaldi, 2009).

Kincir air merupakan sarana untuk merubah energi air menjadi energi mekanik berupa torsi pada poros kincir. Ada beberapa tipe kincir air yaitu :

- a. Kincir Air Tipe Overshot adalah tipe turbin air yang aliran air pendorongnya menabrak sudu pada bagian atas turbin.

Keuntungan dari penggunaan tipe overshot ialah:

- (1) Tingkat efisiensi yang tinggi dapat mencapai 85 %.
- (2) Tidak membutuhkan aliran yang deras.
- (3) Konstruksi yang sederhana.
- (4) Mudah dalam perawatan.
- (5) Teknologi yang sederhana mudah diterapkan di daerah yang terpencil.

Sedangkan kerugian dari tipe overshot yaitu:

- (1) Karena aliran air berasal dari atas maka biasanya reservoir air atau bendungan sir memerlukan investasi lebih banyak.
- (2) Tidak dapat digunakan untuk mesin putaran tinggi.
- (3) Membutuhkan ruang yang lebih luas untuk penempatan.

- b. Kincir Air Tipe Undershot adalah turbin air yang aliran air pendorongnya menabrak sudu pada bagian bawah turbin.

Keuntungan dari penggunaan tipe undershot ialah:

- (1) Membutuhkan ruang yang lebih luas untuk penempatan.
- (2) Konstruksi lebih sederhana.
- (3) Lebih ekonomis.
- (4) Mudah untuk dipindahkan.

Sedangkan kerugian dari tipe undershot yaitu:

- (1) Efisiensi kecil (25%-70%)
- (2) Daya yang dihasilkan relatif kecil

- c. Kincir Air Tipe Breastshot adalah tipe turbin air yang aliran air pendorongnya menabrak sudu pada bagian tengah turbin.

Keuntungan dari tipe Breastshot yaitu:

- (1) Tipe ini lebih efisiensi dari tipe undershot.
- (2) Dibandingkan tipe overshot tinggi jatuhnya lebih pendek.
- (3) Dapat diaplikasikan pada sumber air aliran rata.

Sedangkan kerugian dari tipe breastshot yaitu:

- (1) Sudu-sudu dari tipe ini tidak rata seperti tipe undershot (lebih rumit).
- (2) Diperlukan pada arus aliran rata.
- (3) Efisiensi lebih kecil daripada tipe overshot (20% - 75%).

- d. Kincir Air Tub

Kincir air Tub merupakan kincir air yang kincirnya diletakkan secara horizontal dan sudut-sudutnya miring terhadap garis vertikal, dan tipe ini dapat dibuat lebih kecil dari pada tipe overshot maupun tipe undershot. Karena arah gaya dari pancuran air menyamping maka, energi yang diterima oleh kincir yaitu energi potensial dan kinetik.

Keuntungan dari tipe kincir air Tub yaitu:

- (1) Memiliki konstruksi yang lebih ringkas
- (2) Kecepatan putarnya lebih cepat

Sedangkan kerugian dari tipe breastshot yaitu:

- (1) Tidak menghasilkan daya yang besar
- (2) Karena komponennya lebih kecil membutuhkan tingkat ketelitian yang lebih teliti

Turbin Air

(Sinaga, B.J,2009) Turbin air berperan untuk mengubah energi air (energi potensial, tekanan dan energi kinetik) menjadi energi mekanik dalam bentuk putaran poros. Putaran poros turbin ini akan diubah oleh generator menjadi tenaga listrik. Berdasarkan prinsip kerjanya, turbin air dibagi menjadi dua kelompok:

- a. Turbin impuls (cross-flow, pelton & turgo) untuk jenis ini, tekanan pada setiap sisi sudu gerakannya lrunnerna - bagian turbin yang berputar - sama.
- b. Turbin reaksi (francis, kaplan propeller).

Pemilihan jenis turbin dapat ditentukan berdasarkan kelebihan dan kekurangan dari jenis-jenis turbin, khususnya untuk suatu desain yang sangat spesifik. Pada tahap awal, pemilihan jenis turbin dapat diperhitungkan dengan mempertimbangkan parameter-parameter khusus yang mempengaruhi sistem operasi turbin, yaitu:

- a. Faktor tinggi jatuhnya air dan debit yang dimanfaatkan untuk operasi turbin.
- b. Faktor daya yang diinginkan berkaitan dengan head dan debit yang tersedia.
- c. Kecepatan putaran turbin yang akan ditransmisikan ke generator.

(Made, 2009) Air yang mengalir mempunyai energi hidrolis yang dialirkan ke suatu turbin. Turbin terdiri dari runner yang dihubungkan dengan poros adalah untuk mengubah energi

potensial air menjadi energi mekanis atau daya poros. Turbin bisa dihubungkan langsung dengan generator atau melalui roda-gigi atau *belt* dan *pulley*, tergantung pada putaran turbin yang dihasilkan dan putaran generator yang harus diputar.

Turbin air adalah turbin yang menggunakan air sebagai fluida kerja. Air mengalir dari tempat yang lebih tinggi menuju tempat yang lebih rendah. Dalam proses aliran didalam pipa, energi potensial berangsurangsur berubah menjadi energi kinetik. Didalam turbin, energi kinetik air diubah menjadi energi mekanis dimana air akan memutar roda turbin yang ditransmisikan pada generator untuk menghasilkan energi listrik. Untuk menghitung energi listrik yang dihasilkan dapat digunakan persamaan sebagai berikut (Sari dan Fasha, 2012):

$$\begin{aligned} P_{\text{listrik}} &= V \cdot I & (5) \\ T &= \text{Torsi (Nm)} \\ P &= \text{Daya (W)} \\ n &= \text{Putaran (rpm)} \end{aligned}$$

Generator

Berdasarkan arus yang dihasilkan, Generator dapat dibedakan menjadi dua macam, yaitu generator AC dan generator DC. Generator AC menghasilkan arus bolak-balik (AC) dan generator DC menghasilkan arus searah (DC). Baik arus bolak-balik maupun searah dapat digunakan untuk penerangan dan alat-alat pemanas.

a. Generator AC

Bagian utama generator AC terdiri atas magnet permanen (tetap), kumparan (solenoida) cincin geser, dan sikat. Pada generator perubahan garis gaya magnet diperoleh dengan cara memutar kumparan di dalam medan magnet permanen. Karena dihubungkan dengan cincin geser, perputaran kumparan menimbulkan GGL induksi AC. Oleh karena itu, arus induksi yang ditimbulkan berupa arus AC. Adanya arus AC ini ditunjukkan oleh menyalnya lampu pijar yang disusun seri dengan kedua sikat. Sebagaimana percobaan Faraday, GGL induksi yang ditimbulkan oleh generator AC dapat diperbesar dengan cara:

- (1) Memperbanyak lilitan kumparan,
- (2) Menggunakan magnet permanen yang lebih kuat
- (3) Mempercepat perputaran kumparan, dan menyisipkan inti besi lunak ke dalam kumparan.

Contoh generator AC yang akan sering dijumpai dalam kehidupan sehari-hari adalah dinamo sepeda. Bagian utama dinamo sepeda adalah sebuah magnet tetap dan kumparan yang disisipi besi lunak. Jika magnet tetap diputar, perputaran tersebut menimbulkan GGL induksi pada kumparan. Jika sebuah lampu pijar (lampu sepeda) dipasang pada kabel yang menghubungkan kedua ujung kumparan, lampu tersebut akan dilalui arus induksi AC. Akibatnya, lampu tersebut menyala. Nyala lampu akan makin terang jika perputaran magnet tetap makin cepat (laju sepeda makin kencang).

b. Generator DC

Prinsip kerja generator (dinamo) DC sama dengan generator AC. Namun, pada generator DC arah arus induksinya tidak berubah. Hal ini disebabkan cincin yang digunakan pada generator DC berupa cincin belah (komutator). Komutator menyebabkan terjadinya komutasi, peristiwa komutasi merubah arus yang dihasilkan generator menjadi searah. Berdasarkan sumber arus kemagnetan bagi kutub magnet buatan tersebut generator arus searah dapat dibedakan menjadi:

- (1) Generator dengan penguat terpisah, bila arus kemagnetan diperoleh dari sumber tenaga listrik arus searah di luar generator.

- (2) Generator dengan penguat sendiri, bila arus kemagnetan bagi kutub-kutub magnet berasal dari generator itu sendiri.

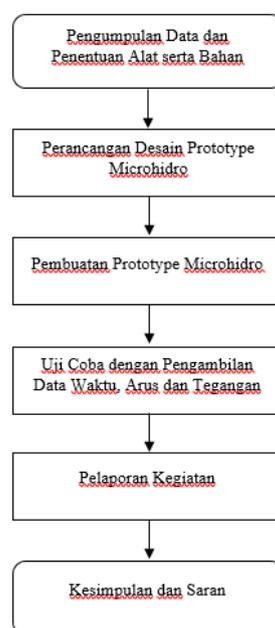
Berdasarkan hubungan lilitan penguat magnet dengan lilitan jangkar generator penguat sendiri dibedakan atas:

- (1) Generator shunt, yaitu generator penguat sendiri dimana lilitan penguat magnetnya dihubungkan shunt atau parallel dengan lilitan jangkar.
- (2) Generatoar seri, yaitu generator penguat sendiri dimana lilitan magnetnya dihubungkan seri dengan lilitanjangkar.
- (3) Generator kompon, yaitu generator arus searah yang lilitan penguat magnetnya terdiri dari lilitan penguat terdiri dari dua macam yaitu:
 - (a) Generator kompon panjang, merupakan generator kompon yang lilitan penguat serinya terletak pada rangkaian jangkar.
 - (b) Generator kompon pendek, merupakan generator yang kompon lilitan penguat serinya terletak pada rangkaian beban.

Di dalam generator dibagi menjadi dua bagian yaitu bagian generator yang berputar dan bagian generator yang tidak berputar. Untuk bagian generator yang berputar disebut rotor, dan rotor ini terbagi atas Poros jangkar (Armatur), Inti Jangkar, Komutator, dan Kumparan Jangkar. Untuk bagian generator yang tidak berputar disebut Stator dan stator ini terdiri atas Kerangka Generator, Kutub utama bersama belitannya, Bantalan-bantalan poros, Sikat arang (*Pull Brush*).

METODE PENELITIAN

Metodologi penelitian merupakan tahap-tahap penelitian yang harus ditetapkan dahulu sebelum melakukan pemecahan masalah, sehingga penelitian dapat dilakukan dengan terarah dan memudahkan dalam menganalisis permasalahan yang ada. Berikut diagram alir Metode Penelitian yang digunakan dapat dilihat pada gambar 2 berikut :

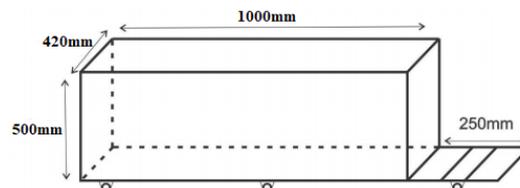


Gambar 2. Diagram alir proses penelitian

Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro *Prototype* pembangkit listrik tenaga mikrohidro merupakan *prototype* pengenalan teknologi pada sistem pembangkit listrik dengan menggunakan air sebagai penggerak turbin dan generator. Teknologi alat untuk mengubah energi potensial air menjadi menjadi energi mekanik. Energi mekanik ini kemudian diubah menjadi energi listrik oleh generator. Perancangan ini dibagi dalam 2 bagian utama yaitu desain rangka dan desain *prototype*, berikut desain keduanya :

1) Desain rangka

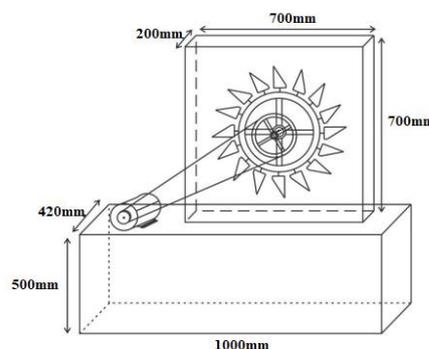
Desain rangka yang dibuat seperti pada gambar di bawah ini :



Gambar 3. Desain Rangka

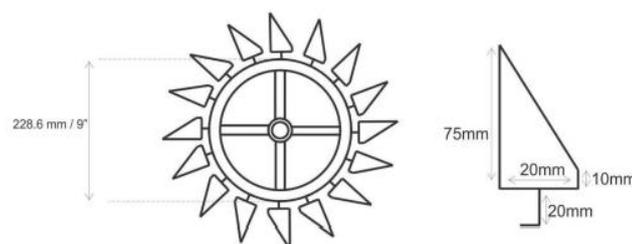
2) Desain *prototype*

Desain *prototype/layout* yang dibuat dapat dilihat pada gambar di bawah ini :



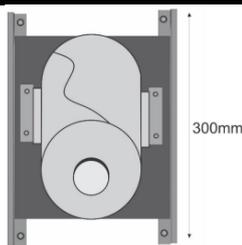
Gambar 4. Desain *prototype/layout*

Desain turbin air yang akan dibuat dapat dilihat pada Gambar 3.3 Pada *prototype* pembangkit listrik tenaga mikrohidro ini mengaplikasikan desain turbin jenis pelton karena yang paling sesuai serta paling mudah dalam perawatan dan penggantian komponen komponen bila mengalami kerusakan



Gambar 5. Desain turbin

Desainudukan untuk generator dibuat sedemikian rupa dengan betumpu pada kerangka besi. Ini bertujuan agar kerangka dapat menahan getaran yang dihasilkan yang dihasilkan oleh generator ketika berputar. Desain generator dapat dilihat pada Gambar 3.4, berikut :



Gambar 6. Desain generator

Gambar 7 dan Gambar 8, merupakan dua buah bearing yang dipasang sejajar pada box acrylic digunakan untuk dudukan turbin sehingga turbin dapat beputar dengan lancar

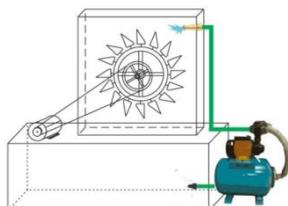


Gambar 7. Bearing sisi kanan



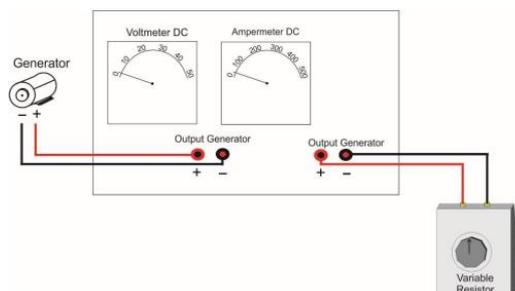
Gambar 8. Bearing sisi kiri

Pembangkit listrik tenaga air mengubah energi potensial air menjadi menjadi energi mekanik. Pada *prototype* ini energi potensial air didapatkan dari pompa air. Air yang keluar dari pompa air akan diarahkan ke turbin sehingga dapat memutar turbin yang seporos dengan generator yang akan menimbulkan gaya gerak listrik, dan menimbulkan adanya energi listrik oleh generator.



Gambar 9 Desain Rancangan Pompa Air

Pada gambar 10 adalah rancangan untuk alat ukur untuk *prototype*. Terdapat alat ukur, yaitu voltmeter untuk pengukuran tegangan dan amperemeter untuk pengukuran arus. Proses pengukuran tegangan dan arus pada gambar 10, akan menggunakan multimeter digital sebagai alat ukur hasil keluaran dari generator.



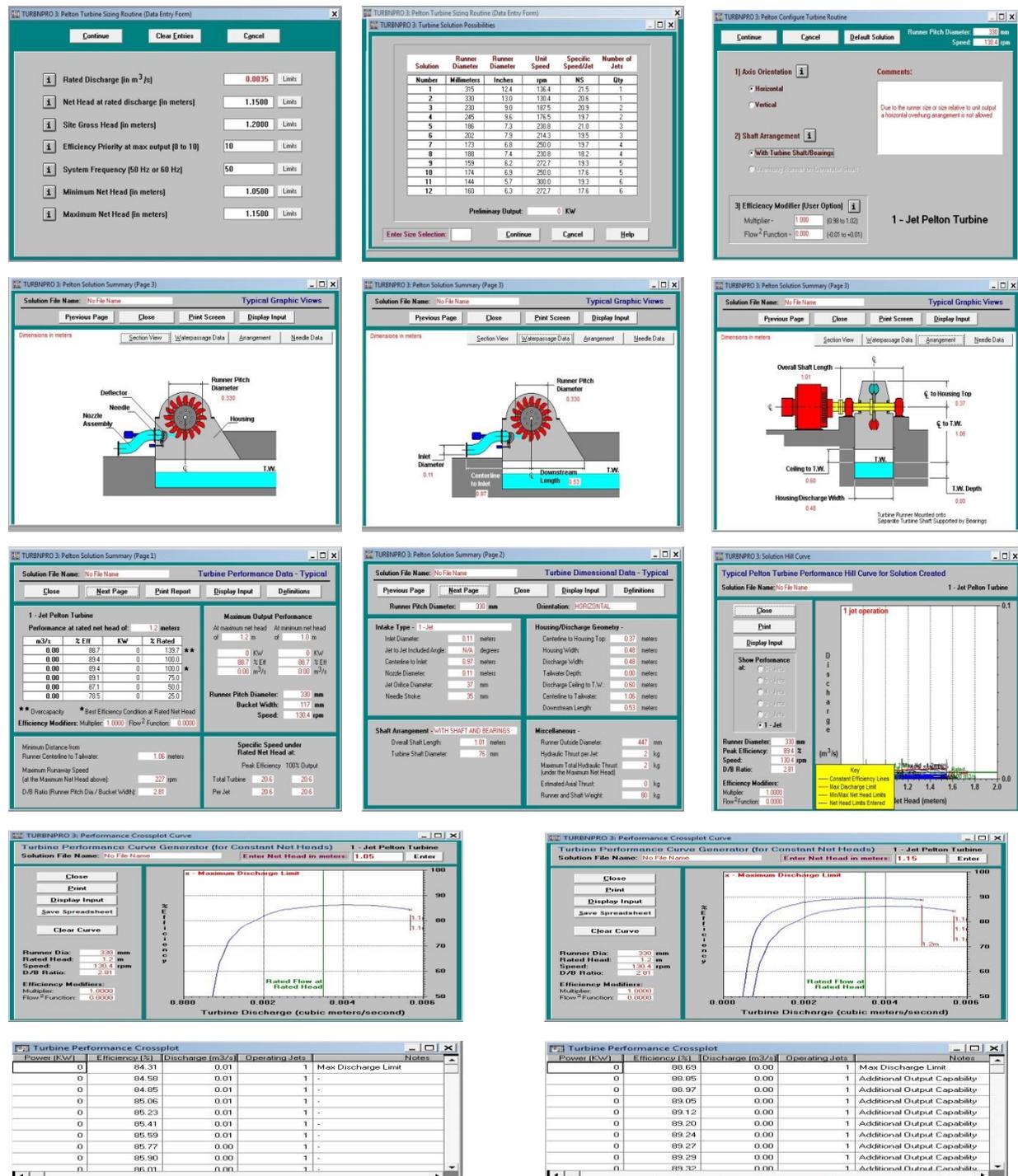
Gambar 10. Desain Rancangan Alat Ukur

HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis Dan Pembahasan Hasil

Hasil Pemodelan Perhitungan menggunakan Aplikasi Turbin Pro V3

Data yang di jelaskan pada Bab ini ialah data hasil Pemodelan *Prototype* Pembangkit Listrik Tenaga *Microhydro* (PLTMH) dan data actual berdasarkan hasil pemantauan dan pengukuran.



Gambar 11. Data Actual Berdasarkan Hasil Pemantauan Dan Pengukuran

Pembuatan *Prototype* terhadap Rancangan Kebutuhan Alat dan Bahan

Sebelum melakukan proses pembuatan *prototype* pembangkit listrik tenaga mikrohidro, terlebih dahulu menentukan alat-alat dan bahan yang akan digunakan pada proses pengerjaannya. Berikut ini merupakan data kebutuhan alat dan bahan yang akan digunakan selama proses pengerjaan pembuatan *prototype* :

- 1) Rancangan kebutuhan bahan dan alat yang digunakan pada proses pembuatan *prototype* ini ditunjukkan pada tabel 3 dan 4

Tabel 3. Kebutuhan Bahan

No.	Nama komponen	Spesifikasi	Jumlah	Satuan	Merk
1	Kaca Akuarium	Ketebalan 8mm	1	mm	
1	Plat Akrilik	Ketebalan 5mm	1	mm	Adiwarna Mika
2	Besi Siku	tebal 2mm	6500	mm	-
3	Doff dan Clam	Pipa dan besi	12	mm	-
4	Mur & Baut	-	secukupnya	buah	-
5	Puli	10", 7"	3	inci	-
6	V-Belt	M-35	1	buah	Bando
7	Kabel Jumper	NYAF, 1mm	secukupnya	mm	-
8	Automatic Pump Control		1	buah	-
12	Generator	DC, 500W	1	buah	-
13	Pompa Air	-	1	buah	-
14	Pipa PVC	1", ½"	1	buah	Wavin
	Stop kran		1	buah	
15	Bearing	20mm	2	buah	-

Tabel 4. Kebutuhan Alat

No.	Nama Alat	Spesifikasi	Jumlah	Satuan	Merk
1	Tang	Kombinasi	1	Buah	-
2	Gergaji	Besi	1	Buah	-
3	Solder	40 watt	1	Buah	-
4	Bor Listrik	Bor listrik AC	1	Buah	Modern
5	Penggaris	100cm	1	Buah	Joyko
6	Kunci Ring	Ukuran 12, 14	2	Buah	-
7	Obeng Set	plus(+), min (-)	2	Buah	-
8	Gerinda Tangan	-	1	Buah	-
9	Gerinda Duduk	-	1	Buah	-
10	Silicone Sealant	-	2	Buah	-
11	Multimeter Analog	-	1	Buah	Heles
12	Taco meter	-	1	Buah	
13	Water meter	-	1	Buah	

Rencana Pengujian

Setelah selesai menentukan konsep rancangan yang telah diterapkan pada pembuatan *prototype*, langkah selanjutnya adalah menjalankan rancangan pengujian untuk menyimpulkan dan mengetahui keberhasilan kinerja serta mencapai tujuan dari media pembelajaran dengan *prototype* sistem pembangkit listrik tenaga Mikrohidro. Adapun pengujian yang dilakukan dalam proses pengujian *prototype* pembangkit listrik tenaga mikrohidro ini, dengan melakukan uji fungsi *prototype*. Langkah yang dilakukan untuk uji

fungsi yaitu dengan mengamati kerja *prototype* pembangkit listrik tenaga mikrohidro, melakukan pengukuran dan pemeriksaan terhadap komponen-komponennya.

Berikut konsep rancang pengujian yang dilakukan :

- 1) Pengujian Koresponden, yang menguji hasil pembuatan *prototype* pembangkit listrik tenaga mikrohidro kepada beberapa siswa SMK Al-Murqoniyah.
- 2) Aspek-aspek yang diuji dari hasil pembuatan *prototype* pembangkit listrik tenaga mikrohidro ini meliputi uji fungsi kerja *prototype* yaitu yaitu pengujian kinerja dan fungsi *prototype*.

Hasil Pengujian Dengan Pengamatan Langkah-langkah Uji Teknis

Dalam menguji kemampuan teknis pada keluaran generator DC untuk *prototype* pembangkit listrik tenaga mikrohidro maka dilakukan pengujian tiap-tiap langkah mulai dari debit air yang mengalir, tegangan yang dihasilkan, putaran turbin dan generator, serta pengukuran tegangan dan arus ketika beban terpasang. Pengujian yang dilakukan meliputi:

- 1) Langkah pertama yaitu memeriksa instalasi yang terpasang pada *prototype* pembangkit listrik tenaga mikrohidro.
- 2) Langkah kedua yaitu memeriksa kinerja dari setiap komponen – komponen yang terpasang pada *prototype* pembangkit listrik tenaga mikrohidro.
- 3) Langkah ketiga yaitu melakukan pengukuran dan pemeriksaan pada setiap komponen untuk mengetahui kondisi dan kinerja komponen.
- 4) Langkah keempat yaitu mengamati hasil pengukuran tegangan keluaran generator DC.

Berikut ini adalah hasil pengujian yang telah dilakukan :

- 1) Uji Fungsional *Prototype*
Tujuan dari pengujian fungsional yaitu untuk mengetahui kinerja dari *prototype* yang telah dibuat.
- 2) Hasil Uji Fungsional
 - a) *Prototype* pembangkit listrik tenaga mikrohidro dapat berfungsi sebagai sistem pembangkit tenaga listrik ketika dioperasikan.
 - b) Hasil pemeriksaan berdasarkan kinerja masing-masing komponen sebagai berikut :
 1. Generator
Generator bekerja dengan baik, generator dapat memberikan output energi listrik sesuai dengan apa yang diharapkan sebagai *prototype* pembangkit listrik tenaga mikrohidro.
 2. Turbin
Turbin yang digunakan bekerja dengan baik, mangkuk air dapat menampung air dari pancaran pompa dengan baik. Turbin berputar dengan lancar.
 3. Alat ukur
Pengukuran hasil pengujian dilakukan dengan multimeter. Alat ukur tersebut bekerjadengan baik, dapat mengukur besaran arus dan tegangan yang dihasilkan dari generator.
- 3) Hasil Uji Pengukuran
Pada pengujian debit air menggunakan metode sederhana yaitu menggunakan perhitungan debit air :

$$Q = v / t$$

Keterangan :

Q = Debit air (m³/s)

V = Volume air (m³)

t = Waktu (detik)

Untuk mengetahui daya power yang dihasilkan dapat dihitung berdasarkan rumus sebagai berikut :

$$P = \rho \cdot Q \cdot h \cdot g \cdot r_{\text{turbin}}$$

P = Daya (watt)
 ρ = Masa jenis (kg/m^3)
Q = Debit air (m^3/s)
h = Ketinggian (m)
g = Gaya Gravitasi (m/s^2)
r = Flow rate

Volume air yang digunakan pada pengujian yaitu 0.21m^3

Hasil pengujian yang didapat sebagai berikut :

(1) Debit Air

$$Q = v / t$$

$$Q = (0.21 \text{ m}^3) / (60 \text{ detik})$$

$$Q = 0.0035 \text{ m}^3/\text{s}$$

(2) Daya yang dihasilkan

$$P = \rho \cdot Q \cdot h \cdot g \cdot r_{\text{turbin}}$$

$$P = (1000 \text{ kg/m}^3) \times (0.0035 \text{ m}^3/\text{s}) \times (1.05\text{m}) \times (9.8 \text{ m/s}^2) \times 0.85$$

$$P = 30.61275 \text{ Watt}$$

$$P = 0.03061275 \text{ KW}$$

(3) Setelah diperoleh daya, dapat diketahui efisiensi dari pembangkit listrik tenaga *Microhydro* sebagai berikut :

$$\eta = \frac{P_{\text{in}}}{P_{\text{out}}}$$

$$\eta = \frac{12}{30,61275} = 0,39$$

(4) Untuk menghitung torsi dapat dilakukan dengan persamaan :

$$T = \frac{P}{2\pi \frac{n}{60}}$$

$$T = \frac{30,61275}{2 \times 3,14 \times \frac{250}{60}} = \frac{30,61275}{10,447} = 2,93$$

$$T = \frac{P}{2\pi \frac{n}{60}}$$

$$T = \frac{12}{2 \times 3,14 \times \frac{800}{60}} = \frac{12}{83,73} = 0,14$$

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Dari analisa dan perhitungan *Prototype* Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro maka kami dapat mengambil beberapa kesimpulan:

- 1) Debit air sangat mempengaruhi kerja dari *prototype* PLTMH, karena semakin tinggi nilai volume air per detik maka akan menghasilkan nilai debit yang tinggi untuk menunjang energi listrik yang cukup besar. Berdasarkan percobaan yang telah dilakukan diketahui nilai volume air 0.21 m^3 bergerak dalam waktu 60 detik dan menghasilkan debit air sebesar $0.0035 \text{ m}^3/\text{s}$

- 2) Secara perhitungan dan pengukuran dapat dilihat nilai daya yang dihasilkan oleh *prototype* PLTMH dengan nilai debit air sebesar $0.0035 \text{ m}^3/\text{s}$ adalah 30.61275 Watt atau 0.03061275 KW.
- 3) Nilai daya yang dihasilkan oleh generator berdasarkan pengukuran adalah sebesar 12 Watt.
- 4) Unjuk kerja dari *prototype* pembangkit listrik tenaga Mikrohidro didapatkan hasil efisiensi sebesar 39%.

Saran

Berdasarkan keterbatasan pembuatan *prototype* pembangkit listrik tenaga mikrohidro, saran yang dapat penulis sampaikan adalah untuk mendapatkan hasil pengukuran yang lebih spesifik dan lebih mudah dalam pembacaan perlu adanya pengembangan di bagian alat ukur, diharapkan alat ukur analog dapat digantikan dengan alat ukur digital. *Prototype* pembangkit listrik tenaga mikrohidro perlu dicoba dengan variasi beban lain tidak hanya menggunakan restart. Adanya penyetabil tegangan pada keluaran generator akan lebih baik karena output akan langsung biasa digunakan untuk berbagai beban, misal lampu DC 12 volt. Disisi lain perlu ada nya presisi terhadap as besi dengan bearing dan turbin sehingga putaran (RPM) dan besar daya yang dihasilkan lebih maksimal

DAFTAR RUJUKAN

- Busyaeri,Akhmad; Udin,Tamsik; Zaenudin,A. 2016. Pengaruh Penggunaan Video Pembelajaran Terhadap Peningkatan Hasil Belajar Mapel Ipa Di Min Kroya Cirebon. Jurnal Al Ibtida; Vol. 3, No.1 hal 116-137
- Hadiyanto R, Bakri F, 2013. *Rancang Bangun Prototype Portable Mikro Hydro Menggunakan Turbin Tipe Pelton*. Seminar Nasional Fisika Universitas Negeri Jakarta
- Iqball, Muhammad. Analisis Studi Kelayakan Teknis Dan Ekonomi Pembangunan Pembangkit Listrik Tenaga Minihidro (Pltm) Studi Kasus : PLTM Prukut Sambirata, Kabupaten Banyumas, Purwokerto. 2016. Thesis. Universitas Gunadarma
- I Wayan B.S, Antonius I.W, Lie J. Rancang Bangun Pemodelan Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH) Menggunakan Kincir Overshot Wheel. Teknologi Elektro, Vol. 16, No. 02, Mei - Agustus 2017 hal 48-54
- Made Suarda,2009, Kajian Teknis dan Ekonomis Potensi Pembangkit Listrik Tenaga Mikro-Hidro di Bali, Jurnal Ilmiah Teknik Mesin CakraM Vol. 3 No.2. Oktober 2009 (184 - 193)
- Nunu Mahnun, 2012, MEDIA PEMBELAJARAN (Kajian terhadap Langkah-langkah Pemilihan Media dan Implementasinya dalam Pembelajaran) , Jurnal Pemikiran Islam; Vol. 37, No. 1 hal 27-35
- Syarif A, Trisnaliani L, Dimas M, 2017. *Rancang Bangun Prototype Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH) Turbin Pelton*. Jurnal ISSN : 1693-9050
- Sunardi, I. A, 2017. *Pembuatan Prototype Pembangkit Listrik Tenaga Pikohidro*. Yogyakarta : Universitas Negeri Yogyakarta
- Trisasiwi W, dkk, 2017. *Rancang Bangun Turbin Cross-Flow Untuk Pembangkit Listrik Tenaga Microhydro (PLTMH) Skala Laboratorium*. Jurnal Dinamika Rekayasa Vol. 13 No. 1 (2017) Hal.: 29-36
- Umar, 2014, MEDIA PENDIDIKAN: Peran dan Fungsinya dalam Pembelajaran, Jurnal Tarbawiyah Volume 11 Nomor 1 Edisi Januari-Juli hal 131-144.