

DESAIN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA PIKOHIDRO MENGGUNAKAN PROGRAM ARDUINO UNO PADA PENAMBAHAN VARIASI ALIRAN AIR DAN FLYWHEEL

Rahmawati^{1*}, M. A. Fajri¹

¹ Teknik Elektro, Universitas Sriwijaya, Palembang
Corresponding author: etikmahyuddin@yahoo.com

ABSTRAK: Penelitian ini dengan judul “Desain Pembangkit Listrik Tenaga Pikohidro menggunakan Program Arduino Uno pada Penambahan Variasi Aliran Air dan *Flywheel*” dan latar belakang penelitian ini yaitu negara Indonesia lebih banyak daerah perbukitan, pegunungan dibandingkan dengan daratan serta ditambah semakin menipisnya bahan baku tambang seperti minyak bumi dan gas alam, batubara. Pemerintah mengambil kebijakan dengan mengembangkan potensi energi baru terbarukan seperti air, angin, cahaya matahari dan lain - lain. Peneliti melihat potensi air didaerah perbukitan dan pegunungan merupakan wilayah yang sulit dijangkau oleh listrik PLN dan hal ini merupakan suatu permasalahan yang harus segera diatasi dengan membuat suatu pembangkit pikohidro yang dapat membantu masyarakat didaerah tersebut untuk mendapatkan aliran listrik sebagai energi alternatif. Daerah perbukitan dan pegunungan aliran airnya sangat bervariasi tergantung musim hujan atau kemarau sehingga variasi aliran air ini diatasi dengan pemasangan *flywheel* sehingga pengaruh perubahan aliran air dapat diatasi pada Pembangkit Listrik Tenaga Pikohidro (PLTPH) menggunakan program Arduino Uno. Pembangkit ini dapat membangkitkan listrik kurang dari 5 kW. Penelitian ini memanfaatkan aliran air sebagai bahan baku energi baru terbarukan yang bebas polusi dan murah.

Kata Kunci: Arduino Uno, *Flywheel*, PLTPH

ABSTRACT: This study is entitled "Design of Pikohidro Power Plant Using Arduino Uno Program in Addition to Variations in Water Flow and *Flywheel*" and the background of this research is Indonesia has more hilly, mountainous compared to land areas plus the depletion of mining raw materials such as oil and natural gas and coal. The government adopted a policy by developing the potential for new renewable energy such as water, wind, sunlight, etc. Researchers see the potential of water in the hills and mountains is an area that is difficult to reach by PLN electricity is a problem that must be addressed immediately by creating a Pikohidro plant that can help people in these areas to get electricity as an alternative energy. The hilly and mountainous areas of the water flow vary greatly depending on the rainy or dry season so that we can overcome the variation in the flow of water by installing *flywheel* so that the effect of changes in water flow can be overcome in the Pembangkit Listrik Tenaga Pikohidro (PLTPH) using the Arduino Uno program, this plant can generate electricity less than 5 kW. This research utilizes water flow as a raw material for renewable energy that is free of pollution and inexpensive.

Keywords: Arduino Uno, *Flywheel*, PLTPH

PENDAHULUAN

Seiring berjalannya zaman, banyak yang merasakan sumber energi baru dan terbarukan menjadi sebuah pilihan yang tepat bagi daerah terpencil yang tidak dapat merasakan listrik dari pemerintah yang dikelola oleh Perusahaan Listrik Negara (PLN). Dengan menggunakan energi alternatif masyarakat sekitar dapat membuat pembangkit listrik dengan cara memanfaatkan potensi

alam disekitar mereka, seperti aliran sungai, angin dan maupun panas matahari.

Pada pembangkit listrik yang menggunakan energi alternatif terdapat alat yang berguna untuk menyimpan energi dalam bentuk tertentu, seperti halnya *Flywheel* (Roda Gila) yang digunakan pada Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH) dan Pembangkit Listrik Tenaga Pikohidro (PLTPH) yang berguna untuk menyimpan energi rotasi kemudian langsung

dikeluarkan berupa putaran pada poros generator yang akan tetap stabil sehingga menghasilkan daya listrik yang lebih konstan dan dapat menjaga umur dari generator tersebut yang diakibatkan oleh aliran arus sungai yang tidak tentu.

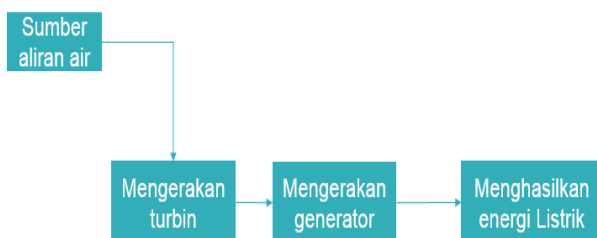
Untuk bisa mengetahui beda pembangkit listrik tenaga pikohidro saat menggunakan *Flywheel* dan tidak menggunakan *Flywheel* maka berdasarkan latar belakang tersebut penulis memilih judul “Desain Pembangkit Listrik Tenaga Pikohidro menggunakan Program Arduino Uno pada penambahan Variasi Aliran Air dan *Flywheel*”.

Pada tahap penelitian yang dilakukan, aliran air akan dibuat bervariasi tanpa menggunakan *Flywheel* dan akan diukur daya keluaran generator lalu dibandingkan dengan apabila *flywheel* digunakan dan diaplikasikan pada program Arduino Uno sehingga diharapkan hasil yang baik (Henry et al. 2013), (Jatmiko et al. 2012) (Kusnaedi et al. 2000), (Morong et al. 2016).

PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA AIR PIKOHIDRO

PLTPH adalah pembangkit listrik yang mempunyai kapasitas daya dibawah 5 KW. Sebuah PLTPH yang akan dibangun harus memenuhi beberapa kriteria seperti aliran air sungai yang cukup baik dan tempat yang memadai untuk pembangunan PLTPH yang ditinjau dari ketinggianannya (Anggara et al. 2014), (Asy'ari et al. 2012).

Fungsi dari pembangkit listrik tenaga air ini pada dasarnya untuk mengkonversi potensi tenaga air yang berupa aliran air sungai yang mempunyai debit dan tinggi jatuh yang dapat menghasilkan energi listrik seperti pada gambar 1.



Gambar 1. Skema sistem PLTPH.

Komponen penting desain sistem Pembangkit Listrik Tenaga Air Pikohidro sebagai berikut:

1. Pembangkit Listrik Tenaga Air Pikohidro
2. Bagian-bagian alat dasar dan mekanik simulator PLTPH
3. Macam-macam turbin air
4. *Flywheel*
5. Generator

Bagian-bagian Alat Dasar dan Mekanik Simulator PLTPH

a) Bak penampung

Fungsi bak penampung ialah untuk menampung air yang akan digunakan untuk menggerakan turbin dan untuk mengontrol jumlah air yang dibutuhkan. Sebelum ke turbin, air ditampung didalam bak penampung (penstok).

Agar terhindar dari bahaya erosi dan mudah untuk di rawat maupun di perbaiki, penempatan penstok harus tepat dan sesuai. Selain itu, penstok harus bisa menahan gelombang tekanan air, jika sewaktu waktu terjadi penutupan aliran secara tiba-tiba dan penstok tidak rusak. Maka dari itu, perencanaan yang matang sangat dibutuhkan agar bertujuan untuk menekan biaya perawatan maupun pergantian penstok yang rusak. Di dalam simulasi, penstok diartikan sebagai sebuah pipa paralon yang berukuran 1 inch kemudian diperkecil menjadi ½ inch.

b) Turbin Air

Turbin air merupakan komponen yang berfungsi sebagai sumber energi air untuk menghasilkan fluida kerja. Dari tempat yang lebih tinggi menuju ke tempat yang lebih rendah, air dapat membuat energi yang cukup untuk memutar turbin.

c) Tinggi Jatuh Air (*Head Sistem*)

Masing – masing jenis turbin memiliki kapasistas yang diperlukan untuk menampung jatuhnya air.

d) Katup

Fungsi katup adalah mengontrol laju aliran air sungai yang berasal dari pompa kemudian melewati pipa untuk menuju ke arah turbin. Jenis katup yang biasa digunakan pada pembangkit listrik tenaga mikrohidro adalah *gate valve* dan *butterfly valve*.

e) Kemampuan Kapasitas Aliran

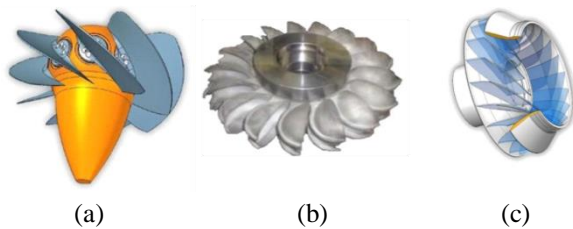
Kapasitas aliran air menentukan sebuah luas penampang yang dibutuhkan. Secara tidak langsung hal itu berhubungan langsung dengan diameter roda turbin yang berpengaruh dengan kecepatan aliran pada turbin. Pemilihan roda turbin dan diameter yang baik akan sangat menentukan kapasitas aliran yang ditampung oleh turbin yang digunakan nanti. Jenis turbin akan berpengaruh jika kapasitas aliran air yang tersedia sebagai sumber energi semakin besar karena akan menentukan nilai efisiensi yang di dapat.

Pada skema pikohidro dibutuhkan dua hal yaitu ketinggian jatuh air yang biasa disebut “*Head*” dan debit

air yang berguna untuk mendapatkan hasil tenaga yang bermanfaat. Ini merupakan sistem konversi tenaga yang bekerja dengan menyerap energi dari bentuk aliran dan ketinggian kemudian menyalurkan energi dalam bentuk daya gagang mekanik atau daya listrik. Gesekan, suara, panas dan sebagainya merupakan bentuk daya yang hilang akibat sistem konversi daya yang tidak dapat mengirim sebanyak yang diserap (Patty 1995), (Sumantry 2012), (Suryanto dan Samiyono 2011), (Sutopo dan Triawansyah 2017).

Macam - Macam Turbin

Ditinjau dari teknik mengkonversikan energi potensial air menjadi energi mekanik pada turbin, ada tiga macam turbin air yaitu :



Gambar 2 Turbin air. (a). Turbin kaplan (b). Turbin pelton (c). Turbin francis.

Turbin Kaplan pada gambar 2 (a) digunakan untuk tinggi terjun yang rendah, dibawah 20 meter. Teknik mengkonversikan energi potensial air menjadi energi mekanik dilakukan melalui pemanfaatan kecepatan air. Roda turbin Kaplan menyerupai baling – baling dari kipas angin selanjutnya turbin Pelton seperti ditunjukkan pada gambar 2 (b) adalah turbin untuk tinggi terjun yang tinggi yaitu diatas 300 meter. Teknik mengkonversikan energi potensial air menjadi energi mekanik pada roda air turbin dilakukan melalui proses impuls sehingga turbin pelton juga disebut turbin impuls. Untuk semua macam turbin air tersebut di atas, ada katup pengatur yang mengatur banyaknya air yang akan dilarikan ke roda air. Dengan pengaturan air ini, daya turbin dapat diatur. Di depan katup pengatur terdapat katup utama yang harus ditutup apabila turbin air dihentikan untuk melaksanakan pekerjaan pemeliharaan atau perbaikan pada turbin. Apabila terjadi gangguan listrik yang menyebabkan PMT *generator trip* maka untuk mencegah turbin berputar terlalu cepat karena hilangnya beban generator yang diputar oleh turbin, katup pengatur air yang menuju ke turbin harus ditutup.

Pada gambar 2 (c) adalah Turbin Francis. Turbin Francis paling banyak digunakan di Indonesia. Turbin ini digunakan untuk tinggi terjun sedang yaitu antara 20

sampai dengan 400 meter. Teknik mengkonversikan energi potensial air menjadi energi mekanik pada roda air turbin dilakukan melalui proses reaksi hingga turbin Francis juga disebut sebagai turbin reaksi.

Flywheel

Flywheel atau Roda Gila merupakan perangkat mekanik berputar yang digunakan untuk menyimpan energi rotasi. *Flywheel* juga memiliki momen inersia yang signifikan, dengan demikian *flywheel* dapat menahan perubahan kecepatan rotasi. Jumlah energi yang tersimpan dalam *flywheel* sebanding dengan kuadrat kecepatan rotasi.

Pada PLTMH, *flywheel* berperan sebagai penyimpan energi rotasi guna untuk menstabilkan tegangan dan arus yang dihasilkan oleh generator karena aliran air sungai yang tidak konstan yang kadang dapat menjadi deras dan tidak *flywheel* akan berfungsi jika pada putaran turbin kencang seketika aliran sungai tidak deras lagi maka *flywheel* akan memberikan pengaruh yang diakibatkan oleh massa yang begitu berat sehingga putaran turbin ke generator cenderung tidak menurun dengan cepat dan daya yang dihasilkan pun akan terbilang sangat baik ataupun tetap, adapun persamaan 1 untuk menentukan daya adalah :

$$P = V \cdot I \cos \theta \quad (1)$$

Keterangan :

P = Daya aktif (watt)

V = Tegangan (volt)

I = Arus (ampere)

$\cos \theta$ = Faktor daya

Flywheel merupakan benda dengan berbagai macam bentuk yang berputar terhadap titik pusat massa. Pada umumnya, *flywheel* berbentuk silinder pejal atau cakram yang memiliki massa dan jari jari tertentu. Mekanisme penyimpanan energinya menggunakan gerak rotasi, energi disimpan dalam bentuk energi kinetik rotasi. *Flywheel* akan menyimpan energi saat berputar karena dikenai gaya dalam bentuk energi kinetik rotasi dan akan melepaskan energi tersebut saat gaya yang mengenainya berkurang atau dihilangkan. Sebuah *flywheel* bisa berputar sampai puluhan ribu RPM tergantung dari material yang menyusunnya, semakin padat dan keras material suatu *flywheel* semakin bagus karena volume yang kecil massanya semakin besar dan selain itu juga akan semakin tahan jika diputar dengan kecepatan tinggi (Beckwith et al. 1987), (Gajjar dan Sanjay 2009).

Momen inersia adalah ukuran resistansi kelembaban sebuah benda terhadap perubahan dalam gerak rotasi.

Berbeda dengan massa benda yang hanya tergantung pada jumlah kandungan zat didalam benda tersebut, momen inersia disamping tergantung pada jumlah kandungan zat (masa benda) juga tergantung bagaimana zat- zat atau massa ini terdistribusi. Semakin jauh distribusi massa dari pusat putaran semakin besar momen inersinya. Momen inersia I suatu benda titik (partikel) terhadap suatu sumbu putar didefinisikan sebagai perkalian massa partikel, m dengan kuadrat jarak partikel r dari sumbu putar yang ditunjukkan pada persamaan 2

$$I = \frac{1}{2}mr^2 \quad (2)$$

Keterangan :

I = Momen inersia

m = Massa partikel

r = Jarak partikel dari sumbu putar

Generator

Generator listrik adalah sebuah alat yang dapat merubah suatu energi gerak menjadi sebuah energi listrik. Energi yang menggerakkan generator sangat bermacam-macam misalnya PLTB generator bergerak karena ada angin dan sama halnya seperti PLTMH generator bergerak karena ada aliran sungai yang memutar turbin yang di-*couple* ke generator.

Generator bekerja berdasarkan hukum Faraday, apabila suatu penghantar diputar dalam sebuah medan magnet sehingga memotong garis gaya magnet maka ujung penghantar tersebut akan menimbulkan ggl (gaya gerak listrik) yang mempunyai satuan volt.

Keluaran dari generator dapat berupa tegangan dan arus yang dihasilkan oleh putaran rotor sehingga menimbulkan gaya gerak listrik. Tegangan sendiri merupakan beda potensial di antara dua titik yang dihasilkan oleh 1 joule perpindahan 1 coulomb dari satu titik ke titik lainnya (1 volt = 1 joule/coulomb) seperti pada persamaan 3 :

$$V = I \cdot R \quad (3)$$

Keterangan :

V = Tegangan (volt)

I = Arus (ampere)

R = Hambatan (ohm)

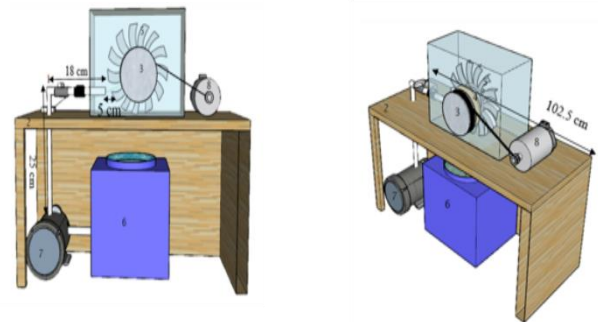
ROAD MAP PENELITIAN

Road map penelitian ini diawali dari penelitian terdahulu mengenai pembangkit listrik tenaga air yang banyak digunakan di daerah terpencil dan sulit dijangkau

oleh listrik PLN seperti di pegunungan dan perbukitan yang banyak memiliki sumber air dengan kapasitas beragam maka peneliti melakukan penelitian mengenai pembangkit listrik pikohidro menggunakan arduino uno dengan menambahkan variasi aliran air dan *flywheel* seperti ditunjukkan pada gambar 3



Gambar 3 Skema peta jalan penelitian.



Gambar 4 *Prototype* alat penelitian.

Keterangan pada gambar 4 yaitu :

1. Pipa PVC
2. Kerangka Kayu Alat
3. *Pulley*
4. *Flywheel*
5. Turbin
6. Drum Air
7. Mesin Pompa Air
8. Generator

HASIL DAN PEMBAHASAN

Ada dua percobaan yang dilakukan yaitu yang pertama adalah mengukur tegangan yang dihasilkan *prototype* untuk menentukan tegangan yang lebih bagus kemudian dianalisis. Percobaan kedua yaitu mengukur dan menghitung tegangan, arus dan daya dari *prototype* dengan ditambah beban berupa lampu LED 220 volt 9 watt dan menganalisis hasil yang diperoleh dari percobaan.

Tabel 1 Pengambilan data tanpa beban.

Bukaan Kran	Debit Air (l / min)	Flywheel	
		Tegangan (Volt)	
FULL	18	140	
2/3	17	125	
1/3	16	70	

Tabel 2 Pengambilan data menggunakan beban dan flywheel.

Bukaan Kran	Debit Air (l / min)	Flywheel					Keterangan beban
		V	A	Daya (W)	Tegangan R (V)		
FULL	18	60	0,023	2,688	0,028	Redup berkedip	
2/3	17	57,5	0,019	0,874	0,023	Mati	
1/3	16	52	0,015	0,624	0,019	Mati	

Fungsi Arduino

Arduino Uno merupakan piranti kecil elektronika yang termasuk dalam kategori mikrokontroler. Arduino Uno dapat digunakan untuk berbagai macam hal dalam menjalankan program-program elektronika bahkan sampai ke robotik. Pada *prototype* ini, Arduino mempunyai fungsi untuk mengetahui debit air yang keluar dari pipa yang di sempatkan oleh mesin pompa air. Dari program yang telah dimasukkan ke dalam Arduino maka debit aliran air akan diketahui. Selain Arduino, terdapat sensor *flowmeter* untuk mendapatkan debit air yang keluar. Sistem kerja *flowmeter* ini ialah saat air melewati sebuah rotor kecil ada di dalam sensor maka putaran rotor akan mengirimkan data yang berupa yang diubah langsung menjadi debit air dengan satuan l / min kemudian ditampilkan ke serial monitor sehingga dapat dicatat besar keluaran debit air yang telah melalui sensor *flowmeter*.

Pembahasan dan Analisis

Flywheel atau roda gila merupakan alat yang dapat membantu memberikan energi berupa energi rotasi. Jika poros suatu turbin berputar dengan kencang dan mengalami penurunan putaran maka *flywheel* akan menjaga putaran poros turbin agar tidak terlalu mengalami penurunan putaran yang signifikan. Hal ini disebabkan karena massa dari *flywheel* yang dapat memberikan momen inersia kepada poros turbin. *Flywheel* yang digunakan menggunakan *flywheel* yang memiliki berat massa jenis 700 gram, berat dari massa jenis ini yang mempengaruhi putaran dari *flywheel* tersebut. Pada tabel 2 yang menggunakan *flywheel flywheel* hanya bekerja selama 3 detik setelah itu putarannya akan kembali seperti tabel 1 yang tidak menggunakan *flywheel*.

Pemasangan beban berupa lampu LED 220 volt 9 watt bertujuan untuk mengetahui daya yang dihasilkan oleh generator seperti pada data di tabel 2 jika bukaan kran diturunkan maka debit aliran air akan berkurang juga hal ini berbanding lurus dengan tegangan yang dihasilkan oleh generator. Pada saat menggunakan dan tidak menggunakan beban terlihat begitu besar beda tegangan yang dihasilkan oleh generator dan dinamakan dengan *Voltage Unbalance* yang artinya tegangan yang tersedia di ketiga phasanya tidak sama, kondisi ini disebabkan karena hanya menggunakan dua phasa saat mengukur tegangan pada beban.

KESIMPULAN

Dari hasil analisis diatas dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Pembuatan *prototype* pembangkit listrik tenaga pikohidro diawali dengan menganalisis kebutuhan, perancangan alat, pembuatan alat dan pengujian alat.
2. Dari pengujian alat ini dapat beroperasi layaknya pembangkit listrik tenaga pikohidro sehingga proses pembuatan dinyatakan selesai.
3. Pembangkit Listrik Tenaga Pikohidro menghasilkan daya yang relatif kecil dibandingkan pembangkit listrik konvensional lainnya.
4. Pembangkit Listrik Tenaga Pikohidro membutuhkan aliran sungai yang deras untuk menghasilkan daya yang optimum.
5. Putaran turbin berbanding lurus dengan tegangan yang dihasilkan oleh generator.
6. Momen inersia yang dihasilkan oleh *flywheel* bergantung dengan berat massa jenis yang dimiliki *flywheel* tersebut.

7. Semakin besar debit aliran air maka akan semakin besar tegangan yang dihasilkan.

DAFTAR PUSTAKA

- Anggara, Raditya Ibnu. (2014). Perancangan Pembangkitan Listrik Mikrohidro di Saluran Irigasi Desa Sungai Gading Kab. Mukomuko, Prov. Bengkulu. Universitas Muhammadiyah Yogyakarta, Yogyakarta.
- Asy'ari, Hasyim dkk. (2012). Desain Generator Magnet Permanen Kecepatan Rendah Untuk Pembangkit Listrik Tenaga Angin Atau Bayu (PLTB). Universitas Muhammadiyah Surakarta, Surakarta : Jurnal Seminar Nasional Aplikasi Teknologi Informasi 2012.
- Beckwith, Thomas G. dkk. (1987). Pengukuran Mekanis Edisi Ketiga. Diterjemahkan oleh: Ir. Kusnul Hadi. Jakarta : Erlangga.
- Gajjar, Sanjay. (2009). Current Meter, (online) <http://www.indiamart.com/rajinstrument/current-meters.html>. (Diakses pada tanggal 2 Juni 2017).
- Henry, Ogy Sukasah dkk. (2013). Analisis Perubahan Dimensi Kincir Air Terhadap Kecepatan Aliran Air (Studi Kasus Desa Pandan Enim). Universitas Sriwijaya, Indralaya : Jurnal Skripsi Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik.
- Jatmiko dkk. (2012). Pemanfaatan Pemandian Umum untuk Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH) Menggunakan Kincir Tipe Overshot. Universitas Muhammadiyah Surakarta, Surakarta : Jurnal Emitor Vol. 12 No. 01.
- Kusnaedi, dan Suharsono. 2000. Kincir Air Pembangkit Listrik. Jakarta : Penebar Swadaya.
- Morong, Juneidy Yohanes. (2016). Rancang Bangun Kincir Air Irigasi sebagai Pembangkit Listrik di Desa Talawaan. Skripsi. Program Studi Teknik Listrik, Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Manado.
- Patty, Ir. O.F. (1995). Tenaga Air. Jakarta : Penerbit Erlangga.
- Sumantry, Teddy. (2012). Pengukuran Debit dan Kualitas Air Sungai Cisalak Pada Tahun 2012. Pusat Teknologi Limbah Radioaktif – BATAN, Tangerang Selatan : Hasil Penelitian dan Kegiatan PTLR Tahun 2012.
- Suryanto, Agus dan Samiyono. (2011). Implementasi Model Analisis Perbaikan Faktor Daya Listrik Rumah Tangga Dengan Simulasi Perangkat Lunak. Universitas Negeri Semarang, Semarang : Jurnal Kompetensi Teknik Vol. 3, No. 1, November 2011.
- Sutopo dan Putra Triawansyah. (2017). Modul Praktikum Fisika Kelistrikan. Indralaya : Universitas Sriwijaya.