

PEMANFAATAN PEMBANGKIT LISTRIK DC SEBAGAI SUMBER LISTRIK DI DESA KOPO KEC.CISARUA DENGAN PENGENDALIAN LAMPU VIA TELEGRAM

Oleh :

Yoga Agung Prawira¹, Didik Notosudjono², Agustini Rodiah Machdi³

Abstrak

Energi terbarukan dijadikan salah satu alternatif dalam menghasilkan energi listrik untuk memenuhi kebutuhan rumah, salah satunya yaitu PLTPH (Pembangkit listrik tenaga piko hidro) dengan pemanfaatan air berskala kecil yang mampu menghasilkan energi listrik dengan penambahan pada pengendalian penerangan (lampu) menggunakan aplikasi telegram. Pengoperasian alat ini yaitu memanfaatkan energi berskala kecil untuk menjadi sumber listrik bagi rumah dan juga pemanfaatan pengendalian lampu via telegram yang dimana dapat menghidupkan atau mematikan penerangan rumah dari jarak jauh dengan bantuan modul Node MCU ESP8266, sumber listrik yang dihasilkan dari generator yang disimpan di baterai lalu tegangan dari baterai dapat di manfaatkan untuk menghidupkan lampu ac 220 v, arduino uno, node mcu esp8266, dan display. Tegangan yang dihasilkan oleh generator maupun tegangan yang tersimpan di baterai akan ditampilkan melalui display dengan bantuan pembacaan dari sensor tegangan dan aplikasi telegram yang dimanfaatkan sebagai alat kontrol dari jarak jauh dengan bantuan koneksi melalui modul Node MCU ESP8266 yang dapat memberikan perintah ke relay dalam memutuskan atau menyambungkan aliran listrik ke lampu. Dari pengukuran yang telah dicoba bahwa generator mendapatkan rata-rata tegangan sebesar 11,84 volt dc dan mendekati tegangan generator secara spesifikasi yang ada yaitu 12 volt dc, tegangan ini bertujuan untuk dapat terus mengisi tegangan di baterai sehingga dapat digunakan dalam sistem kerja alat ini. Baterai yang dipakai mempunyai kapasitas 12 volt 7ah yang jika dipasang beban 84 watt akan bertahan 1 jam, karena beban yang dipakai pada alat ini dengan lampu 12 watt maka akan bertahan selama 7 jam ketika baterai dalam keadaan kapasitas yang maksimal.

Kata kunci : *PLTPH, Arduino UNO, Node MCU ESP8266, Sensor tegangan, Telegram.*

I. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Energi terbarukan dijadikan salah satu alternatif dalam menghasilkan energi listrik untuk memenuhi kebutuhan rumah, salah satunya yaitu PLTPH (Pembangkit listrik tenaga piko hidro) dengan pemanfaatan air berskala kecil yang mampu menghasilkan energi listrik. Desa Kopo kec.Cisarua merupakan salah satu desa yang memiliki sumber air melimpah dan dapat dimanfaatkan sebagai sumber utama dalam memutarakan turbin generator sehingga terciptanya sumber listrik yang

dapat dimanfaatkan pada penerangan rumah. Penelitian ini bermaksud untuk merancang pembangkit listrik tenaga piko hidro sebagai sumber listrik yang dapat dimanfaatkan untuk penerangan rumah dengan pengendalian penerangan menggunakan aplikasi telegram sehingga dapat dikendalikan dari jarak jauh. Dengan jurnal referensi yang berjudul rancang bangun prototype PLTPH sebagai sumber listrik penerangan rumah 9 watt [2], isi dari jurnal yang dijadikan sebagai referensi yaitu hanya memanfaatkan PLTPH sebagai sumber listrik saja untuk penerangan, pengembangan yang ditunjukkan pada penelitian ini adalah penambahan kontrol

lampu yang dapat dimatikan atau dinyalakan melalui aplikasi telegram. Dari uraian di atas maka di rancang *prototype* pemanfaatan PLTP (Pembangkit listrik tenaga pico hidro) sebagai sumber listrik dengan pengendalian lampu via telegram berbasis *Internet Of things*. Pembangkit Tenaga Piko Hidro (PLTP) ini menyuplai listrik untuk dapat digunakan dalam peralatan penerangan, dan dalam sistem kendali jarak jauh yang digunakan untuk mematikan atau menyalakannya menggunakan aplikasi telegram dengan dukungan dari modul Node MCU ESP8266 serta pengawasan tegangan yang dihasilkan oleh PLTP menggunakan Arduino UNO melalui *display*.

1.2 Maksud Dan Tujuan

Tujuan yang ingin di capai dalam penelitian ini adalah:

- Menghasilkan energi listrik dari aliran air berskala kecil untuk kebutuhan peralatan elektronik rumah.
- Pengendalian lampu dapat dilakukan dengan menggunakan aplikasi telegram.
- Dapat mengawasi tegangan yang dihasilkan dari pembangkit listrik tenaga piko hidro menggunakan sensor tegangan yang ditampilkan melalui *display*.

II. TEORI DASAR

2.1 Pembangkit Listrik Tenaga Pico

Hidro

PLTPH merupakan pembangkit listrik skala kecil yang menghasilkan energi listrik kurang dari 5 kW. Pembangkit listrik tenaga air mempunyai prinsip bahwa merupakan suatu bentuk perubahan energi, dalam hal ini tenaga air dengan debit dan ketinggian tertentu menjadi tenaga listrik, dengan

memanfaatkan turbin dan generator untuk menghasilkan listrik. Prinsip dalam PLTA skala picohidro adalah memanfaatkan perbedaan ketinggian dan jumlah debit air per detik pada aliran sungai, kemudian aliran air akan menggerakkan turbin, kemudian turbin mentransmisikan putaran ke generator sehingga menghasilkan listrik.

Pembangkit listrik pikohidro dalam hal ini memanfaatkan aliran air yang mengalir dari saluran irigasi, sungai-sungai yang berada di dataran rendah, dan memanfaatkan daerah yang memiliki air melimpah meskipun tidak berbukit, karena pembangkit listrik pikohidro tidak harus memanfaatkan aliran air yang deras. , tetapi dapat memanfaatkan penggunaan sistem bendungan. Energi listrik yang dihasilkan oleh generator berhubungan dengan frekuensi putaran turbin. Pembangkit listrik pico-hydro skala kecil dapat dimanfaatkan sebagai energi alternatif dari pembangkit listrik tenaga diesel (PLTD) yang menggunakan bahan bakar minyak yaitu solar yang biaya operasionalnya lebih tinggi.

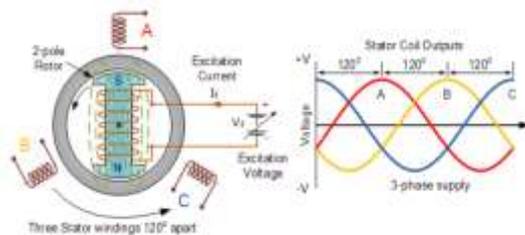
Tabel 2. 1 Klasifikasi pembangkit listrik tenaga air

No	Jenis	Kapasitas
1	PLTA Pico	< 500 W
2	PLTA Micro	0.5-100 kW
1	PLTA Mini	100-1000 kW
2	PLTA Kecil	1 MW-10 MW
3	PLTA Skala Penuh	> 10 MW

2.2 Generator

Generator pada dasarnya merupakan alat yang dapat memproduksi energi listrik yang dimana dihasilkan melalui sumber energi mekanik , dan pada umumnya

generator menggunakan elektromagnetik untuk dapat menghasilkan energi listrik bila disederhanakan lagi pada intinya generator merubah energi gerak (kinetik) menjadi energi listrik (elektrik).



Gambar 2.1 Rangkaian Generator

1. Stator

Stator merupakan bagian generator yang diam yang tersusun dari badan generator yang terbuat dari baja yang fungsinya melindungi bagian dalam generator, kotak terminal dan *name plate* dari generator. Konstruksi stator dapat dilihat pada gambar 2.2 di bawah ini :



Gambar 2.2 Konstruksi Stator

2. Rotor

Bagian Rotor ialah bagian generator yang dapat berputar. Bagian rotor dalam generator terdiri atas besi magnet yang berputar pada porosnya. Bagian rotor terletak di bagian tengah stator. Konstruksi rotor dapat dilihat pada gambar 2.3 di bawah ini :



Gambar 2.3 Konstruksi Rotor

Rotor memiliki beberapa komponen utama yang ada didalamnya yaitu:

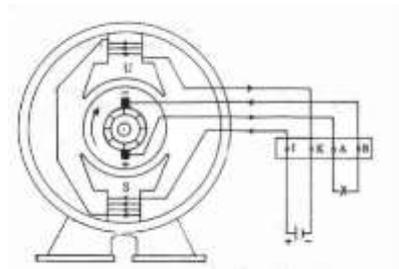
- a. Kumparan Rotor (Kumparan Medan) Kumparan ini adalah hal yang mempunyai peranan penting sebagai menghasilkan medan magnet
- b. Poros Rotor Kumparan medan ini diletakan di poros rotor yang mempunyai bentuk slot-slot
- c. Slip Ring

Komponen ini adalah cincin yang terbuat dari logam dan melingkari poros rotor dan saling terpisah (diisolasi) Pada intinya, rotor yang ada pada generator sinkron adalah suatu electromagnet. Dan kutub medan magnet rotor ini terbagi menjadi salient (kutub sepatu) dan non salient (rotor silinder).

- a. Generator Berpenguatan Bebas dan Terpisah

Generator berpenguatan bebas dan terpisah hanya dipakai dalam keadaan tertentu saja. Dengan terpisahnya sumber arus kemagnitan dari generator, berarti besar kecilnya arus kemagnitan tidak terpengaruh oleh nilai-nilai arus ataupun tegangan generator.

Generator berpenguatan bebas dan terpisah ditunjukkan pada gambar 2.4 di bawah ini :



Gambar 2.4 Konstruksi Generator Berpenguatan Bebas

Tegangan searah yang dipasangkan pada kumparan medan yang mempunyai tahanan R_f akan menghasilkan arus I_f dan menimbulkan fluks pada kedua kutub. Tegangan induksi akan dibangkitkan pada generator. Jika generator dihubungkan dengan beban, dan R_a adalah tahanan dalam generator, maka hubungan yang dapat dinyatakan untuk menghitung tegangan medan V_f dapat menggunakan persamaan berikut:

$$V_f = I_f \times R_f \dots\dots\dots(2.1)$$

Jika yang dihitung GGL induksi jangkar E_a maka dapat dihitung menggunakan persamaan 2.2 berikut. [9]

$$E_a = V_t + I_a \times R_a \dots\dots\dots(2.2)$$

Yang dimana :

- E_a : GGL induksi jangkar (volt)
- I_f : Arus medan (Ampere)
- V_f : Tegangan medan (Volt)
- V_t : tegangan terminal (volt)
- I_a : arus jangkar (ampere)
- R_a : hambatan jangkar (ohm)
- R_f : Hambatan medan (ohm)
- I_L : arus beban

b. Generator Berpenguatan Sendiri

Generator penguat sendiri memperoleh arus kemagnetan dari dalam generator itu sendiri, maka dengan sendirinya arus kemagnetan akan terpengaruh oleh nilai-nilai tegangan dan arus yang terdapat

pada generator. Dalam hal ini medan magnet yang terdapat menimbulkan GGL mula-mula, ditimbulkan oleh adanya remanensi magnet (magnet tinggal) pada kutub kutub nya. Contoh generator penguat sendiri adalah generator searah seri dan generator *shunt*

Untuk generator searah seri berlaku hubungan sebagai berikut untuk menghitung tegangan terminal V_t dapat ditunjukkan pada persamaan 2.3 di bawah ini [9]

$$V_t = I_a \times R_a \dots\dots\dots(2.3)$$

Jika yang dihitung GGL induksi jangkar E_a pada generator searah seri maka dapat dihitung menggunakan persamaan 2.4 berikut. [9]

$$E_a = I_a \times (R_a + R_f) \times V_t \dots\dots\dots(2.4)$$

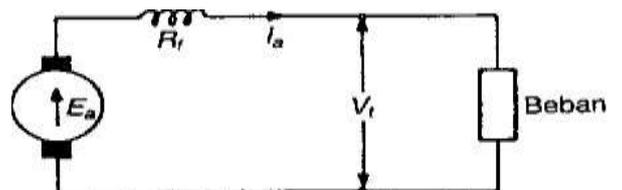
Sedangkan untuk generator shunt berlaku hubungan sebagai berikut untuk menghitung tegangan V_t dapat ditunjukkan pada persamaan 2.5 di bawah ini. [9]

$$V_t = I_f \times R_f \dots\dots\dots(2.5)$$

Jika yang dihitung GGL induksi jangkar E_a pada generator shunt maka dapat dihitung menggunakan persamaan 2.6 berikut. [9]

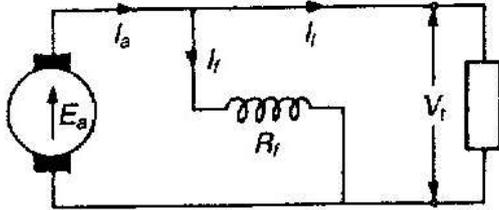
$$E_a = I_a \times R_a + V_t \dots\dots\dots(2.6)$$

Sedangkan untuk gambar rangkaian listrik generator searah seri dan ditunjukkan pada gambar 2.5 di bawah ini : [12]



Gambar 2. 5Rangkaian Generator Seri

Dan juga generator shunt ditunjukkan pada gambar 2.6 di bawah ini: [12]



Gambar 2. 6 Rangkaian Generator

Pararel

2.3 Baterai

Baterai merupakan sebuah komponen yang mampu menyimpan energi listrik didalamnya. Didalam sebuah baterai terjadi proses kimia yaitu pada saat pengisian baterai dan saat pengeluran baterai. Pada proses pengisian (*charging*) baterai, energi listrik akan diubah menjadi energi kimia, dan pada saat pelepasan (*discharging*) energi kimia diubah kembali menjadi energi listrik. Baterai adalah sebuah sel listrik yang menggunakan proses elektrokimia yang *reversible* (dapat berkebalikan) dengan efisiensi yang tinggi. Reaksi elektrokimia *reversible* adalah pada baterai berlangsung proses perubahan kimia menjadi listrik dan juga perubahan energi listrik menjadi kimia

Kapasitas baterai adalah kemampuan baterai untuk menyimpan energi listrik. Besarnya kapasitas adalah tergantung dari banyaknya bahan aktif yang terdapat pada baterai yang dipengaruhi oleh jumlah plat tiap-tiap sel, ukuran, dan tebal plat, kualitas elektrolit serta umur baterai. Kapasitas baterai dinyatakan dalam satuan Ah (*Amper Hour*).

Kapasitas yang bisa digunakan baterai, dapat diperhitungkan menggunakan perhitungan matematis, perhitungan tersebut dapat dilakukan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$P = V \times I \dots \dots \dots (2.7)$$

Dimana:

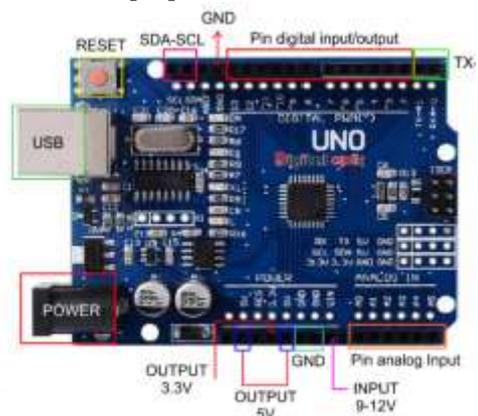
P = Daya pada Baterai (Watt hour)

V = Tegangan Baterai (Volt)

I =Kapasitas Baterai (Ampere hour)

2.4 Arduino UNO

Arduino Uno adalah sebuah mikrokontroller Atmega328 yang memiliki 14 pin yang mana 6 pin *input* sebagai *output* PWM dan 6 pin *input* analog. Arduino UNO memiliki koneksi USB, *jack power*, tombol reset, ICSP *header* dan juga 16 MHz osilator kristal. Salah satu cara menggunakan Arduino dengan menghubungkan Arduino ke komputer menggunakan kabel USB. Arduino UNO ditunjukkan pada gambar 2.7 berikut:[10]



Gambar 2.7 Arduino UNO

Arduino Uno memberikan fasilitas untuk berkomunikasi dengan mikrokontroller lain yaitu dengan UART TTL untuk melakukan komunikasi serial, yang juga tersedia melalui pin digital 0 (RX) dan 1 (TX), selain untuk berkomunikasi dengan mikrokontroller lain, fasilitas ini juga memungkinkan arduino untuk berkomunikasi dengan komputer ataupun arduino lain.[3]

2.5 Node MCU ESP8266

Node MCU ESP8266 merupakan sebuah modul wifi yang juga terdapat mikrokontroller didalamnya, sehingga dalam menggunakan Node MCU, cukup dengan menghubungkan modul ke komputer dengan menggunakan USB kemudian di program menggunakan *software* Arduino IDE. Node MCU ESP8266 ini juga mampu menjalankan peran sebagai *ad hoc* akses poin maupun *klien* sekaligus ditunjukkan pada gambar 2.8 berikut:



Gambar 2.8 NodeMCU ESP8266

Terdapat kemampuan *on-board* *processing* dan penyimpanan (*storage*) yang memungkinkan ESP8266 untuk diintegrasikan dengan sensor-sensor atau alat-alat melalui pin *input output* dan pemrograman.[4]

2.6 Internet of Things

Internet of Things (IoT) adalah sebuah program yang memungkinkan objek untuk mentransmisikan data melalui jaringan internet. IoT memungkinkan untuk menggunakan sensor-sensor cerdas dan benda yang dimiliki untuk bekerja sama dalam jaringan internet. [20] *Internet of things* memiliki kemampuan untuk melakukan interkoneksi diantara pengguna dan objek dalam waktu dan tempat yang tak terbatas. *Internet of things* dirancang agar sistemnya dapat dikonfigurasi sendiri dan mampu melakukan adaptasi yang terdiri dari jaringan sensor dan *smart object* yang tujuannya adalah menghubungkan semua hal, termasuk objek dalam ranah industri,

kemudian dirancang sedemikian rupa sehingga membuatnya cerdas, terprogram dan lebih mampu berinteraksi dengan manusia.[31]

2.7 Sensor Tegangan

Sensor Tegangan adalah sensor yang dapat mengukur tegangan listrik dengan cara menghubungkan sumber listrik dengan sensornya. Sensor tegangan memiliki banyak jenis namun sensor yang digunakan dalam pembuatan *sistem kontrol otomatis* ini adalah sensor tegangan dengan kapasitas pembacaan 0-25V DC seperti yang diperlihatkan pada gambar 2.9 berikut:[25]



Gambar 2.9 Sensor Tegangan

Pada prinsipnya sensor tegangan ini hanyalah sebuah rangkaian yang dapat menurunkan tegangan DC lima kali lebih kecil daripada tegangan seharusnya. Tegangan maksimal yang dapat diterima oleh arduino adalah 5V sehingga dengan penurunan tegangan lima kali lebih kecil maka besar tegangan yang dapat diterima sensor ini adalah 25V. [25]

2.8 Relay

Relay adalah sebuah saklar yang beroperasi menggunakan prinsip elektromagnetik yang dimanfaatkan untuk menggerakkan kontak-kontak yang terdapat pada *relay*. Kontak yang terdapat pada *relay* membutuhkan arus listrik untuk mengubah kondisi menjadi *on* atau *off*. Berbeda halnya dengan saklar

biasa yang harus mengubah posisi kontak *on* atau *off* secara manual.[25]

Penggunaan *relay* pada arduino digunakan sebagai saklar otomatis, menggunakan tegangan 5VDC yang didapat dari arduino sebagai sumber tegangannya. *Relay* dapat mengatasi tegangan AC maupun DC dengan tegangan maksimal seperti yang tercantum dalam spesifikasi *relay* tersebut. Bentuk *relay* ditunjukkan pada gambar 6 dibawah ini:[28]



Gambar 2.10 Relay

Relay juga memiliki dua kondisi kontak yaitu, *Normally Close* (NC) dimana kondisi awal kontak *relay* tertutup dan *Normally Open* (NO) kondisi awal kontak *relay* terbuka. Namun dua kondisi tersebut akan berubah ketika *relay* dialirkan listrik, kondisi NC akan berubah menjadi NO bergitupun sebaliknya.

2.9 Charge Control

Charge Controller adalah rangkaian elektronik yang mengatur proses pengisian aki atau rangkaian aki (Baterai). Tegangan DC yang dihasilkan oleh putaran turbin air umumnya bervariasi 12 volt ke-atas. Kontroler ini berfungsi sebagai alat pengatur tegangan aki agar tidak melampaui batas toleransi dayanya. Disamping itu, alat pengontrol ini juga mencegah pengaliran arus dari aki mengalir balik ke turbin air ketika proses pengisian sedang tidak berlangsung (misalnya *water pump* mengalami kerusakan) sehingga aki yang sudah dicas tidak terkuras tenaganya.

Apabila aki atau rangkaian aki sudah penuh terisi, maka aliran DC dari turbin air akan diputuskan agar aki itu tidak lagi menjalani pengisian sehingga pengerusakan terhadap baterai bisa dicegah dan usia aki bisa diperpanjang. Pengendalian proses pengisian aki dengan membuka dan menutup aliran arus DC dari turbin air ke aki adalah fungsi yang paling dasar sebuah charge controller. Kontroler PWM adalah sakelar yang menghubungkan panel surya ataupun turbin air ke baterai. Ketika sakelar ditutup, panel dan baterai akan berada di hampir tegangan yang sama. Dengan asumsi baterai yang kosong, tegangan pengisian awal akan menjadi sekitar 13 V, dan dengan asumsi kehilangan tegangan 0,5 V melalui kabel plus pengontrol, panel akan berada di $V_{pwm} = 13,5$ V. Tegangan perlahan-lahan akan meningkat dengan meningkatnya status pengisian baterai. Saat penyerapan tegangan tercapai, pengontrol PWM akan mulai memutuskan dan menyambungkan kembali panel untuk mencegah *overcharge*. *Charger Controller* dapat dilihat pada gambar 2.11 di bawah ini :



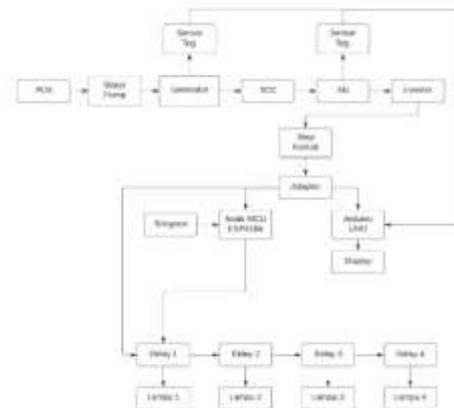
Gambar 2.11 Charge Control

III. PERANCANGAN ALAT

3.1 Umum

Pemanfaatan PLTPH (Pembangkit Listrik Tenaga Piko Hidro) sebagai sumber listrik dengan pengendalian lampu via telegram berbasis IoT merupakan alat yang memanfaatkan sumber air dalam skala kecil yang dapat

menghasilkan sumber energi listrik dan dapat dipergunakan pada alat elektronik yang ada, cara kerja dari PLTPH ini yaitu dengan memanfaatkan debit air berskala kecil untuk memutar turbin dan mengaktifkan generator DC yang dimana diketahui secara umum bahwa generator merupakan alat pengubah energi kinetik menjadi energi listrik yang mana generator DC ini dihubungkan dengan *Charger Controller*, Baterai dan inverter yang dapat mengaktifkan peralatan elektronik pada rumah seperti lampu sebagai penerangan dimana pada perancangan alat ini dapat menghidupkan dan mematikan lampu dengan menggunakan aplikasi Telegram yang sudah dikombinasikan dengan Node MCU ESP8266 dan relay, lalu pada pengontrolan kapasitas baterai yang digunakan yaitu menggunakan Arduino UNO yang mana telah disambungkan dan diberi program dengan sensor tegangan agar dapat diawasi melalui *display*, untuk lebih jelasnya dapat dilihat dari blok diagram pada gambar 3.1 berikut.



Gambar 3.1 Blok Diagram Alat

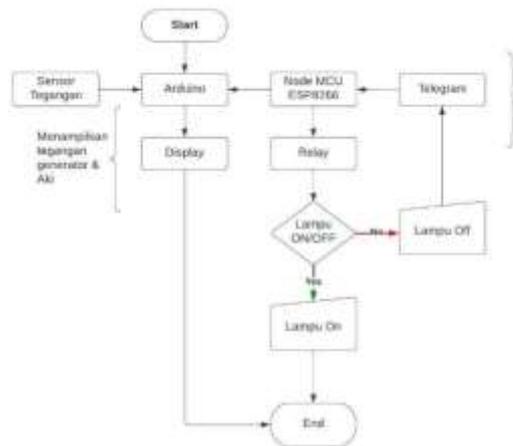
Pada gambar 3.2 dapat dilihat bahwa generator DC menghasilkan dan menyimpan aliran listrik ke baterai lalu tegangan DC dirubah menjadi tegangan AC menggunakan inverter untuk menghidupkan lampu, Arduino UNO dan Node MCU ESP8266 mendapat

supply aliran listrik dari inverter 220V menggunakan adaptor 5V 2A untuk menghidupkan komponen alat yang lain, yang dimana Arduino UNO bertugas sebagai monitor dari tegangan yang dihasilkan oleh generator dan tegangan yang terdapat pada baterai (aki) melalui display yang terpasang, dari keseluruhan sistem pada alat yang sudah dibuat, dimana menerima perintah dari smartphone melalui aplikasi telegram yang ada pada smartphone lalu dikirimkan ke modul Node MCU ESP8266 yang sudah terhubung dengan relay 4 channel yang kemudian *relay* akan menerima perintah dari Node MCU ESP8266 untuk memutuskan dan menghubungkan daya listrik yang terhubung dengan perangkat yang ada pada alat yaitu 4 lampu, Node MCU ESP8266 bertugas untuk mengontrol dan mengirim informasi yang diterima dari smartphone melalui aplikasi telegram ke relay agar alat berjalan dengan baik.

3.2 Gambar Flowchart Keseluruhan

Pemanfaatan PLTPH (Pembangkit Listrik Tenaga Piko Hidro) sebagai sumber listrik dengan pengendalian lampu via telegram berbasis IoT ini menggunakan generator sebagai pembangkit dengan sumber air dan mengontrol lampu menggunakan Node MCU ESP8266 sebagai mikrokontroler yang bertujuan untuk memudahkan pengguna untuk pengontrolan dengan aplikasi telegram yang ada pada *smartphone*. Pertama generator membangkitkan tenaga listrik dari sumber air, yang disuplai ke aki melalui *charger controller* untuk mengisi aki yang akan dirubah dari tegangan 12 Volt dc menjadi 220 Volt AC melalui Inverter. Tegangan 220 Volt disuplai untuk menghidupkan lampu, dan Arduino UNO serta Node MCU ESP8266 menggunakan adaptor 5 Volt dengan arus 2 Ampere. Dari Node MCU ESP8266 akan memberikan *supply* daya untuk *relay*

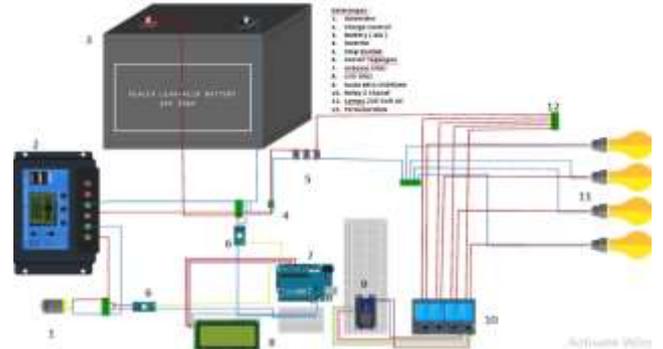
yang diman telah terhubung pada alat penerangan rumah (lampu). Kemudian Arduino UNO akan terhubung dengan sensor yang digunakan untuk memonitoring tegangan dan arus pada generator dan baterai yang dimana dapat dilihat pada display. Mengoperasikan alat ini harus menggunakan data kouta pada smartphone yang nantinya dapat memberikan perintah ke modul Node MCU ESP8266. Lalu akan diterima oleh Relay 4 chanel yang akan mengeksekusi perintah tersebut. Sistem bekerja berdasarkan tugas yang telah ditentukan seperti *relay* yang digunakan untuk menghidupkan atau mematikan 4 lampu. Berikut gambar flowchart system control alat keseluruhan pada gambar 3.2 :



Gambar 3.2 Flowchart Keseluruhan

3.3 Perancangan Alat Keseluruhan

Pada perancangan rangkaian keseluruhan yang merupakan gabungan dari seluruh perancangan dari masing-masing perangkat yang dirangkai menjadi sebuah sistem *smart home*. Rangkaian keseluruhan dapat dilihat seperti pada gambar 3.3 di bawah ini:



Gambar 3.3 Skema Alat Keseluruhan

3.4 Perancangan Alat

Perancangan ini hanya bersifat *prototype* dimana skala yang digunakan 1:200, untuk *prototype* pembangkit listrik tenaga piko hidro ini menggunakan water pump yang berfungsi untuk mengalirkan air dari wadah melalui pipa sehingga dapat memutarakan generator dc 12v yang disambungkan melalui *charger controller* dan diubah menjadi listrik ac 220v menggunakan inverter. Komponen yang ada pada meja adalah *prototype* PLTPH, *charger control*, baterai (aki), inverter, sensor tegangan, display 20x4, stop kontak, mcb, piting lampu, lampu 220v ac, arduino uno, ESP8266 dan relay 4 CH. Perancangan Alat dapat dilihat pada gambar 3.4 di bawah ini.



Gambar 3.4 Perancangan Alat

IV. PENGUJIAN DAN ANALISA

4.1 Program Utama

Perancangan pada alat Pemanfaatan PLTPH (Pembangkit Listrik Tenaga Piko Hidro) sebagai sumber listrik dengan pengendalian lampu via telegram berbasis IoT ini dibuat dengan menggunakan generator DC sebagai pembangkit listrik dan mikrokontroler sebagai alat untuk mengoperasikan alat elektronik yang digunakan, yang dimana telah dimasukan program. Alat ini dikendalikan oleh Node MCU ESP8266 sebagai alat untuk mengendalikan hidup dan matinya alat elektronik yang digunakan melalui aplikasi telegram dan Arduino UNO sebagai alat untuk memonitoring tegangan yang dikeluarkan oleh generator DC beserta tegangan yang ada pada baterai (Aki).

4.2 Tahapan Pengoperasian

Dalam pengoperasian alat ini ada beberapa langkah yang harus dilakukan untuk dapat menjalankan pada proses pengujian alat ini. Pengujian alat ini dilakukan terbagi menjadi dua tahap, untuk yang pertama dalam membangkitkan generator DC agar menghasilkan listrik DC yaitu dengan menghidupkan alat *water pump* untuk membuat aliran air yang dimana bertujuan memutarakan turbin generator dan menghasilkan listrik DC, Tahap yang kedua setelah generator sudah menghasilkan listrik DC lalu disimpan ke battery dan dikonversi menjadi listrik AC agar dapat digunakan pada alat elektronik rumah tangga dari 12 Volt DC menjadi 220 Volt AC. Alat ini dibuat sederhana mungkin agar memudahkan dalam pengujian mengikuti judul yang telah dibuat yaitu Prototype, jika memang masih ada kekurangan yang ada dapat diperbaiki kembali.

Langkah-Langkah dalam pengoperasian alat ini sebagai berikut :

- a. Dihubungkan terlebih dulu *control charger* dengan baterai (Aki)
- b. Dihubungkan kabel generator DC ke *control charger*
- c. Genator berputar karena aliran air yang dibuat oleh *water pump* (Pengujian ini dilakukan diruangan tertutup yang tidak ada sumber air mengalir)
- d. dihubungkan inverter 220 Volt AC ke Baterai, lalu diaktifkan mcb yang ada
- e. Menyambungkan sumber listrik yang telah diubah dari 12 Volt DC menjadi 220 Volt AC ke Arduino UNO untuk memonitoring tegangan yang dihasilkan oleh generator DC dan tegangan yang tersimpan di baterai (Aki) melalui display dengan adapter 5 Volt
- f. Menyambungkan sumber listrik 220 Volt AC ke relay yang telah terhubung dengan Node MCU ESP8266 sebagai alat kontrol dalam mengendalikan alat elektronik rumah tangga (Penerangan)
- g. Membuka aplikasi Telegram sebagai alat bantu dalam mengendalikan alat elektronik rumah tangga (Penerangan)

4.3 Data Hasil Pengujian Alat

Dalam hasil pengujian yang dilakukan mendapatkan beberapa hasil berikut ini

4.3.1 Data Hasil Pengukuran

Generator

Pengukuran ini dilakukan pada sumber tegangan yang dihasilkan oleh generator DC yang menerima aliran air dari *water pump* dan hasil dari pengukuran dengan menggunakan alat ukur multimeter yang dimana dilakukan percobaan sebanyak 10 kali, pengukuran tanpa beban dapat dilihat pada tabel 4.1 di bawah ini:

Tabel 4. 1 Hasil Pengukuran Tegangan Generator Tanpa Beban

Percobaan	Tegangan DC generator (Volt)	Arus (mA)
1	11,8	1,43
2	11,9	1,44
3	11,8	1,43
4	11,9	1,44
5	11,9	1,44
6	11,8	1,43
7	11,8	1,43
8	11,8	1,43
9	11,9	1,44
10	11,8	1,43
Rata-Rata	11,84	1,434

Pada pengukuran tegangan yang dihasilkan oleh generator dengan tanpa beban mendapatkan hasil rata-rata 11,84 volt dengan arus rata-rata 1,434 mA dan daya rata-rata 0,0169, hasil ini mendekati kinerja generator pada kapasitas maksimal yaitu 3-12 volt

4.3.2 Data Hasil Pengujian Kapasitas dan Pengisian Baterai

a. Perhitungan kapasitas dan pengisian baterai

Kapasitas tegangan dan arus pada baterai jika diberikan suatu beban maka tegangan pada baterai akan habis tergantung beban yang dipasang. Untuk mengetahui berapa lama kapasitas baterai bekerja secara maksimal maka dapat dihitung berapa energi total baterai menggunakan persamaan 2.16 berikut

$$E_{total} = I_{total} \times V_n \dots\dots\dots(2.16)$$

Nilai arus total baterai (I_{total}) dan tegangan pada baterai (V_n) diambil dari tabel 3.2, yang dimana :

$$I_{total} = 7 \text{ Ah}$$

$$V_n = 12 \text{ V} , \text{ Sehingga :}$$

$$E_{total} = 7Ah \times 12 \text{ V} = 84 \text{ Wh} \dots\dots(2.10)$$

Untuk menentukan arus yang mengalir suatu beban maka dapat dihitung menggunakan persamaan 2.17 berikut.

$$I_{beban} = \frac{P_{beban}}{V_n} \dots\dots\dots(2.11)$$

Nilai beban keseluruhan diambil dari tabel 3.3 yang dimana inverter mampu memberikan daya sebesar 500 Watt, maka :

$$I_{beban} = \frac{500 \text{ Watt}}{12 \text{ V}} = 41.6 \text{ Amper} \dots\dots\dots(2.25)$$

Sedangkan beban yang terpasang pada saat pengujian dapat dilihat pada tabel 4.2 berikut.

Tabel 4. 2 Beban terpasang

No	Nama Alat	Beban Terpasang (Watt)
1	Lampu 220 Volt AC	3 Watt
2	Lampu 220 Volt AC	3 Watt
3	Lampu 220 Volt AC	3 Watt
4	Lampu 220 Volt AC	3 Watt
Jumlah Beban Terpasang		12 Watt

maka besar arus yang mengalir yaitu :

$$I_{beban} = \frac{12 \text{ Watt}}{12 \text{ V}} = 1 \text{ Ampere} \dots\dots\dots(2.11)$$

Untuk menentukan berapa lama baterai dapat bertahan jika diberikan beban maka hasil dari persamaan 2.10 bisa dibagi dengan nilai beban yang terpasang yaitu sebesar 22 Watt, maka dapat dihitung menggunakan persamaan 2.18 berikut.

$$T_{baterai \text{ total}} = \frac{E_{total}}{P_{beban}} \dots\dots\dots(2.12)$$

$$T_{\text{baterai total}} = \frac{84 \text{ Watt}}{12 \text{ Watt}} = 7 \text{ Wh atau 7 Jam.}$$

b. Analisis hasil perhitungan kapasitas baterai

Dari hasil data perhitungan yang didapat dari setiap perhitungan dapat disimpulkan bahwa baterai dengan kapasitas tegangan 12 Volt DC dan arus 7 Ah dapat bertahan selama 1 jam jika dipasang dengan beban sebesar 84 Wh. Penggunaan baterai akan menjadi hemat jika diberi beban yang tidak terlalu besar, berdasarkan perhitungan jika kapasitas baterai 12 Volt DC dengan arus 7 Ah dipasang beban sesuai pada tabel 4.2 yaitu sebesar 12 Watt maka baterai dapat bertahan selama 7 jam. Jika baterai dipasang beban secara keseluruhan yaitu sebesar 500 Watt didapat hasil arus yang mengalir sebesar 41.6 Ampere, tetapi biasanya jika beban yang terpasang secara keseluruhan tidak sepenuhnya digunakan, hanya 50% dari total beban keseluruhan. Sedangkan jika baterai dipasang beban sesuai pada tabel 4.3 yaitu sebesar 12 Watt maka arus yang mengalir yaitu sebesar 1 Ampere, hasil dari perhitungan ini tidak dapat dijadikan patokan, karena beban yang terpasang bisa berubah kapan saja.

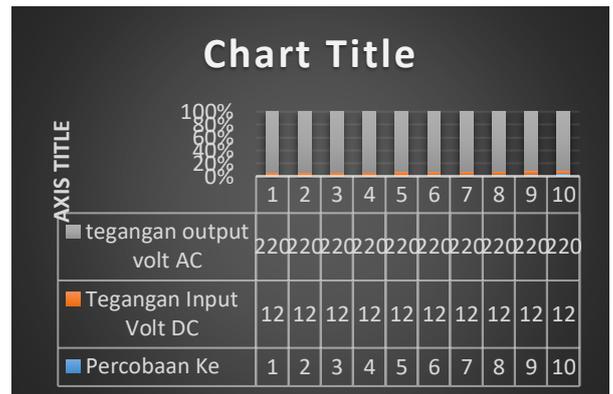
4.3.3 Data Pengujian Pada Tegangan Input dan Output Pada Inverter

Pengujian tegangan pada inverter ini dilakukan untuk mengetahui tegangan yang diterima oleh inverter melalui baterai dengan tegangan yang dihasilkan dari inverter pada tegangan ac, pengukuran ini dilakukan dengan cara menghubungkan probe pada alat ukur sesuai dengan jenis tegangan yang ada. Data hasil pengukuran tegangan input dan output pada inverter tanpa beban dapat dilihat pada tabel 4.3 di bawah ini:

Tabel 4. 3 Pengukuran tegangan input dan output inverter tanpa beban

Percobaan	Tegangan Input Volt DC	Tegangan Output Volt AC
1	11,8	219,8
2	11,66	220,0
3	11,67	219,8
4	11,70	219,7
5	11,67	219,8
6	11,71	220,0
7	11,70	219,9
8	11,66	220,0
9	11,70	219,9
10	11,71	219,9
Rata-Rata	11,69	219,88

Dengan grafik yang dapat dilihat pada gambar 4.2 di bawah ini:



Gambar 4. 1 Grafik Pengukuran

tegangan input dan output inverter

Untuk menghitung keakuratan tegangan yang dihasilkan oleh inverter 220 VAC dengan 10 kali pengukuran maka dapat menggunakan persamaan 2.14 berikut:

$$\begin{aligned} \text{Rata - rata keakuratan} &= \left(\frac{\text{nilai rata-rata pengukuran tanpa beban}}{\text{nilai tegangan sebenarnya}} \right) \\ \times 100\% &= \frac{219,88 \text{ Volt}}{220 \text{ Volt}} \times 100\% \\ &= 99,9\% \end{aligned}$$

Pengukuran tegangan input output pada inverter dengan beban dapat dilihat pada tabel 4.5 di bawah ini:

Tabel 4. 4 Pengukuran tegangan input dan output dengan beban 3 watt

Percobaan	Tegangan Input Volt DC	Tegangan Output Volt AC	Beban Watt
1	11,3	222,8	3
2	11,4	221,0	3
3	11,5	222,0	3
4	11,4	221,8	3
5	11,4	222,6	3
6	11,3	221,0	3
7	11,3	220,0	3
8	11,3	221,6	3
9	11,3	221,8	3
10	11,4	222,8	3
Rata-Rata	11,36	221,74	3

Untuk menghitung keakuratan tegangan yang dihasilkan oleh inverter 220 VAC dengan menggunakan beban dan 10 kali pengukuran maka dapat menggunakan persamaan 2.14 berikut:

$$\begin{aligned}
 \text{Rata - rata keakuratan} &= \left(\frac{\text{nilai rata-rata pengukuran tanpa beban}}{\text{nilai tegangan sebenarnya}} \right) \\
 \times 100\% &= \frac{221,74 \text{ Volt}}{220 \text{ Volt}} \times 100\% \\
 &= 100,8 \%
 \end{aligned}$$

Setelah dilakukan pengukuran inverter dengan banyak percobaan 10 kali mendapatkan hasil yang berbeda antara tanpa beban mendapatkan rata-rata tegangan 219,88 volt dengan presentasi keakuratan sebesar 99,9%, sedangkan pengukuran yang dilakukan menggunakan beban 3 watt mendapatkan hasil rata-rata tegangan 221,74 volt dengan presentasi keakuratan sebesar 100,8 %, hal ini dikarenakan adanya tegangan lebih ketika digunakan beban namun dalam persentase keakuratan keduanya memiliki nilai yang masih

dibatas tegangan toleransi dari tegangan 220 volt.

4.3.4 Data Hasil Pengujian Arduino UNO

Pengujian tegangan ini dilakukan untuk tegangan kerja pada pin output arduino UNO, pengukuran tegangan ini dilakukan tanpa beban. Nilai tegangan yang dibutuhkan oleh arduino UNO yaitu 5 volt dc yang didapat dari adaptor, percobaan ini dilakukan sebanyak 5 kali yang dapat dilihat 4.5 di bawah ini:

Tabel 4. 5 Hasil pengukuran tegangan

output arduino UNO

Percobaan	Hasil Tegangan volt dc
1	5,1
2	5,1
3	5,1
4	5,1
5	5,1
Rata-Rata	5,1

Dari tabel tersebut hasil pengukuran tegangan Output pada Arduino UNO menggunakan multimeter didapatkan angka rata-rata tegangan sebesar 5,1 Volt DC. Jadi Arduino UNO ini dapat beroperasi dengan baik karena *rating* tegangan kerjanya adalah 5 Volt DC.

4.3.5 Data Hasil Pengujian Relay 4 CH

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui kinerja dari relay yang memutus dan menghubungkan tegangan dan arus pada pengontrolan penerangan pada saat on dan off dari perintah dari Node MCU ESP8266 dengan program yang sudah dimasukan program sebelumnya, pengujian ini berdasarkan tegangan yang keluar beserta delay yang ada tergantung dengan koneksi internet

yang ada, data hasilnya dapat dilihat pada tabel 4.6 di bawah ini :

Tabel 4. 6 Data hasil pengujian relay 4

Chanel

Percobaan	Relay	Kon disinya	Waktu delay (detik)	Tegangan Output (Volt ac)
1	Relay 1	On	07,46 Detik	219,8
		Off	07,81 Detik	
2	Relay 2	On	07,49 Detik	220
		Off	07,75 Detik	
3	Relay 3	On	07,38 Detik	219,9
		Off	07,50 Detik	
4	Relay 4	On	07,02 Detik	220,6
		Off	07,15 Detik	

Dari hasil pengujian relay diatas mendapatkan hasil yang berbeda disetiap relay hal ini disebabkan kondisi jaringan internet yang baik dan kurang baik, untuk percobaan yang terlama pada proses on ada di relay 2 dengan waktu 07,50 detik dan percobaan yang terlama pada proses off ada di relay 1 dengan waktu 07,81 detik, hal ini disebabkan oleh jaringan internet yang digunakan, semakin bagus jaringan maka akan semakin cepat proses pengontrolan.

4.4 Pengujian Keseluruhan

Pengujian secara keseluruhan adalah pengujian pada sistem kontrol yang dilakukan secara menyeluruh meliputi semua fungsi yang terdapat pada sistrem kontrol. Tahap paling awal yang harus dilakukan adalah sebagai berikut:

1. Langkah yang pertama menghidupkan mcb untuk menghubungkan tegangan 220 volt ac (pln) ke *water pump* sehingga dapat memutarakan generator 12 volt dc melalui pipa.
2. Selanjutnya ketika kapasitas batterai sudah mencukupi maka sistem dari pengendalian lampu via telegram dengan modul Node MCU ESP8266 ini dapat otomatis terhubung dengan jaringan wifi.
3. Setelah sistem sudah terhubung dengan jaringan wifi maka dapat membuka aplikasi telegram untuk mengontrol relay yang dapat menghubungkan atau memutuskan tegangan dan arus pada penerangan rumah (lampu).
4. Jika kondisi jaringan wifi bagus maka dalam sistem pengontrolan dapat cepat namun sebaliknya jika kondisi jaringan wifi yang kurang bagus maka akan sedikit terdapat delay pada saat pengontrolan.
5. Sistem pengawasan tegangan yang dihasilkan oleh generator dan tegangan yang tersimpan pada batterai dapat dilihat melalui display 20x4 yang sudah terhubung dengan sensor tegangan dan arduino uno.

V. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian yang dilakukan pada bab IV maka didapat kesimpulan sebagai berikut:

- a) Nilai tegangan yang di peroleh dari hasil putaran generator yang mendapat aliran air dari water pump mendapatkan hasil rata-rata sebesar 11,81 volt dc, dengan kondisi ini generator telah menghasilkan tegangan sesuai kapasitas generator itu sendiri yaitu 12 volt.
- b) Dari data analisa yang diperoleh pada batterai mendapatkan hasil jika batterai mempunyai kapasitas yang penuh maka dapat menghidupkan lampu selama 7 jam.
- c) Setelah dilakukan pengukuran inverter dengan banyak percobaan 10 kali mendapatkan hasil yang berbeda antara tanpa beban mendapatkan rata-rata tegangan 219,88 volt dengan presentasi keakuratan sebesar 99,9%, sedangkan pengukuran yang dilakukan menggunakan beban 3 watt mendapatkan hasil rata-rata tegangan 221,74 volt dengan presentasi keakuratan sebesar 100,8 %, hal ini dikarenakan adanya tegangan lebih ketika digunakan beban namun dalam persentase keakuratan keduanya memiliki nilai yang masih dibatas tegangan toleransi dari tegangan 220 volt.
- d) Dari hasil pengujian kinerja relay 4 chanel dalam menghubungkan atau memutuskan tegangan dan arus dari sumber mendapatkan hasil delay yang berbeda hal ini di sebabkan oleh jaringan internet yang digunakan, ketika jaringan internet yang digunakan dalam kondisi baik maka delay yang didapat dalam menghubungkan atau memutuskan tegangan dapat lebih cepat namun sebaliknya jika kondisi jaringan internet yang kurang bagus maka dalam kinerja relay dapat terhambat sehingga menimbulkan waktu delay yang agak lama.

DAFTAR PUSTAKA

1. Puji Rahayu Sekolah Tinggi Agama Islma Nahdotul Ulama (2019). "Pengaruh Era Digital Bagi Kehidupan Masyarakat" (Diakses pada 10 April 2022) <file:///C:/Users/USER-PC/Downloads/1423-183-4734-1-10-20190701.pdf>
2. Samsuddin1, Susmanto2, Munawir3, Taufik Hidayat4, Muhammad Reza. (2016). "Perancang Lampu Otomatis Menggunakan Bloetooth Module Berbasis Arduino" (Dikases pada 10 April 2022) [file:///C:/Users/USER-PC/Downloads/3242-7174-1-SM%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/USER-PC/Downloads/3242-7174-1-SM%20(1).pdf)
3. Kadir, Abdul. (2008). "Panduan Praktis Mempelajari Aplikasi Mikrokontroler dan Pemogramannya Menggunakan Arduino". (Diakses pada 10 April 2022) <file:///C:/Users/USER-PC/Downloads/228-452-1-SM.pdf>
4. Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral Direktorat Jenderal Energi Baru Terbarukan dan Konservasi Energi (Diakses pada 15 April 2022) <https://drive.esdm.go.id/wl/?id=EB7YGX2mwJm7LVjxmEdzC64QQWJQxP8w>
5. Sukamta, Sri, and Adhi Kusmanto. "Perencanaan pembangkit listrik tenaga piko hidro (PLTPH) Jantur Tabalas Kalimantan Timur." *Jurnal Teknik Elektro* 5.2 (2013).
6. Nugroho, Hunggul Yudono Setio Hadi, and Markus Kudeng Sallata. *PLTPH (Pembangkit Listrik Tenaga piko Hidro): Panduan Lengkap Membuat Sumber Energi Terbarukan Secara Swadaya*. Penerbit Andi, 2015.
7. Rohermanto, Agus. "Pembangkit Listrik Tenaga Piko hidro (PLTPH)." (2013).

8. Dwiyanto, Very, Dyah Indriana Kusumastuti, and Subuh Tugiono. "Analisis Pembangkit Listrik Tenaga Piko Hidro (PLTPH) Studi Kasus: Sungai Air Anak (Hulu Sungai Way Besai)." *Jurnal Rekayasa Sipil dan Desain* 4.3 (2016): 407-422.
9. Subandono, Agus. "Pembangkit listrik tenaga piko hidro (PLTPH)." *J. Rekayasa Elektr* 10.4 (2013): 1-13.
10. Gunawan, Arif, Arisco Oktafeni, and Wahyu Khabzli. "Pemantauan pembangkit listrik tenaga piko hidro (PLTPH)." *Jurnal rekayasa elektrika* 10.4 (2013): 201-206.
11. McIntosh, Evan M. "MCB elements and the regulation of DNA replication genes in yeast." *Current genetics* 24.3 (1993): 185-192.
12. Nugroho, Nalaprana, and Sri Agustina. "Analisa motor DC (Direct Current) sebagai penggerak mobil listrik." *vol 2* (2015): 28-34.
13. Birdayansyah, Radi, Noer Soedjarwanto, and Osea Zebua. "Pengendalian Kecepatan Motor DC Menggunakan Perintah Suara Berbasis Mikrokontroler Arduino." *Electrician* 9.2 (2015): 97-108.
14. Khan, K. A., and Farhana Yesmin. " water pump for vegetable field under the climatic condition in Bangladesh." *International Journal of Advance Research and Innovative Ideas in Education* 5.1 (2019): 631-641.
15. Salameh, Ziyad M., and Fouad Dagher. "The effect of electrical array reconfiguration on the performance of a PV-powered volumetric water pump." *IEEE Transactions on Energy Conversion* 5.4 (1990): 653-658.
16. Osaretin, C. A., and F. O. Edeko. "Design and implementation of a solar charge controller with variable output." *Electrical and electronic engineering* 12.2 (2015): 40-50.
17. Khera, Nupur, et al. "Design of charge controller for solar PV systems." *2015 International Conference on Control, Instrumentation, Communication and Computational Technologies (ICCICCT)*. IEEE, 2015.
18. Afif, Muhammad Thowil, and Ilham Ayu Putri Pratiwi. "Analisis perbandingan baterai lithium-ion, lithium-polymer, lead acid dan nickel-metal hydride pada penggunaan mobil listrik-review." *Jurnal Rekayasa Mesin* 6.2 (2015): 95-99.
19. Tsyppkin, Iakov Zalmanovich, and Yakov Z. Tsyppkin. *Relay control systems*. CUP Archive, 1984.
20. Satriady, Aditya, et al. "PENGUJIAN PENGARUH LUAS ELEKTRODA TERHADAP KARAKTERISTIK BATERAI LiFePO4." *Jurnal Material dan Energi Indonesia* 6.02 (2016): 43-48.
21. Gupta, Krishna Kumar, and Shailendra Jain. "Comprehensive review of a recently proposed multilevel inverter." *IET Power Electronics* 7.3 (2014): 467-479.
22. Iourov, I. Yu, et al. "Visualization of interphase chromosomes in postmitotic cells of the human brain by multicolour banding (MCB)." *Chromosome Research* 14.3 (2006): 223-229.
23. Fajar Wicaksono, Mochamad. "Implementasi modul wifi NodeMCU Esp8266 untuk smart home." *KOMPUTIKA-Jurnal Sistem Komputer* 6 (2017).
24. Efendi, Mohamad Yusuf. "Implementasi Internet of Things Pada Sistem Kendali Lampu Rumah Menggunakan Telegram Messenger Bot Dan Nodemcu Esp 8266." *Global Journal of Computer Science and Technology* (2019).
25. Junaidi, Apri. "Internet of things, sejarah, teknologi dan penerapannya." *Jurnal Ilmiah*

Teknologi Infomasi Terapan 1.3 (2015).

26. Tan, Lu, and Neng Wang. "Future internet: The internet of things." *2010 3rd international conference on advanced computer theory and engineering (ICACTE)*. Vol. 5. IEEE, 2010.
27. Samsugi, Selamat, Zainabun Mardiyansyah, and Andi Nurkholis. "Sistem Pengontrol Irigasi Otomatis Menggunakan Mikrokontroler Arduino UNO." *Jurnal Teknologi Dan Sistem Tertanam 1.1* (2020): 17-22.
28. Taif, Muhammad, M. Yunus Hi Abbas, and Moh Jamil. "Penggunaan Sensor Acs712 Dan Sensor Tegangan Untuk Pengukuran Jatuh Tegangan Tiga Fasa Berbasis Mikrokontroler Dan Modul Gsm/Gprs Shield." *Jurnal PROtek Vol 6.1* (2019).
29. Githa, Dwi Putra, and Wayan Eddy Swastawan. "Sistem pengaman parkir dengan visualisasi jarak menggunakan sensor ping dan LCD." *Jurnal Nasional Pendidikan Teknik Informatika: JANAPATI 3.1* (2014): 10-14.
30. Iourov, I. Yu, et al. "Visualization of interphase chromosomes in postmitotic cells of the human brain by multicolour banding (MCB)." *Chromosome Research 14.3* (2006): 223-229.

PENULIS



- 1.) **Yoga Agung Prawira, ST.**, Alumni (2022) Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Pakuan Bogor (email : yogaagung1507@gmail.com)
- 2.) **Prof. Dr. rer. pol. Ir. H. Didik Notosudjono, M.Sc.** Staff Dosen Fakultas Teknik Universitas Pakuan Bogor
- 3.) **Agustini Rodiah Machdi, S.T., M.T.** Staff Dosen Fakultas Teknik Universitas Pakuan Bogor