

TUGAS AKHIR

**PENERAPAN SISTEM KONTROL BEBAN PADA PEMBANGKIT TENAGA
HYBRID (PLTMH DAN PLTS) SEBAGAI SUPPLY BEBAN PEDESAAN
BERBASIS ARDUINO UNO**

*Diajukan Sebagai Syarat Untuk mendapatkan Gelar sarjana
Program Setara-1 Pada Fakultas Teknik Program Studi Teknik Elektro
Uinversitas Muhammadiyah Sumatera Utara*

Disusun Oleh :

Muhammad Alfarisi Hasan

1707220033



UMSU

Unggul | Cerdas | Terpercaya

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
2021**

HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Akhir ini diajukan oleh :

Nama : Muhammad Alfarisi Hasan

NPM : 1707220033

Program Studi : Teknik Elektro

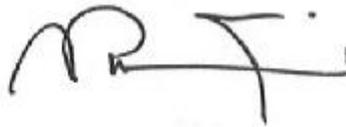
Judul Skripsi : PENERAPAN SISTEM KONTROL BEBAN PADA
PEMBANGKIT TENAGA HYBRID (PLTMH DAN PLTS)
SEBAGAI SUPPLY BEBAN PEDESAAN BERBASIS
ARDUINO UNO

Telah berhasil dipertahankan dihadapan Tim Penguji dan diterima sebagai salah satu syarat yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Medan, 30 - 102021

Mengetahui dan Menyetujui

Pembimbing



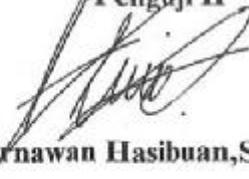
(Rimbawati S.T,M.T)

Penguji I



(Faisal Irsan Pasaribu, S.T,M.T)

Penguji II



(Arnawan Hasibuan, S.T,M.T)



Program Studi Teknik Elektro

(Faisal Irsan Pasaribu, S.T,M.T)

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya yang bertanda tangan dibawah ini

Nama : Muhammad Alfarisi Hasan

NPM : 1707220033

Tempat/Tanggal Lahir : Medan, 01 Januari 2000

Fakultas : Teknik

Program Studi : Teknik Elektro

Menyatakan dengan sesungguhnya dan sejujurnya, bahwa laporan tugas akhir saya yang berjudul :

PENERAPAN SISTEM KONTROL BEBAN PADA PEMBANGKIT TENAGA HYBRID (PLTMH DAN PLTS) SEBAGAI SUPPLY BEBAN PEDESAAN BERBASIS ARDUINO UNO

Bukan merupakan plagiarisme, pencuri hasil karya milik orang lain, hasil kerja orang lain untuk kepentingan saya karena hubungan material maupun non material, ataupun segala kemungkinan lain, yang pada hakekatnya bukan merupakan karya tulis Tugas Akhir saya secara orisinal dan otentik.

Bila kemudian hari diduga kuat ada ketidaksesuaian antara fakta dengan kenyataan ini, saya bersedia diproses oleh ti fakultas yang dibentuk untuk melakukan verifikasi dengan sanksi terberat berupa pembatalan kelulusan / kesarjanaan saya.

Demikian surat pernyataan ini saya buat dengan kesadaran sendiri dan tidak atas tekanan ataupun paksaan dari pihak manapun demi menegakkan integritas Akademik di Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Medan, 16 Oktober 2021



Menyatakan

MUHAMMAD ALFARISI HASAN

1707220033

ABSTRAK

Energi listrik merupakan energi yang sangat penting bagi kehidupan manusia, mulai dari yang tinggal di daerah perkotaan sampai pada daerah pedesaan. Dari kebutuhan yang sifatnya mendasar seperti untuk kebutuhan rumah tangga, hingga untuk kebutuhan komersil, hampir semuanya membutuhkan energi listrik. Pada saat ini, penyaluran energi listrik di Indonesia masih sangat terbatas. Tidak terjangkaunya akses listrik bagi penduduk yang tinggal di daerah pedesaan adalah salah satu contoh dampak dari terbatasnya penyaluran energi listrik yang disalurkan oleh Pembangkit Listrik Negara (PLN). Salah satu upaya untuk mengatasi tidak terjangkaunya sumber energi listrik di daerah pedesaan, adalah dengan menggunakan pembangkit Listrik Tenaga Hybrid merupakan salah satu cara yang digunakan penduduk untuk dapat menikmati listrik karena tidak tersedianya sumber energi listrik pada waktu tertentu. Penelitian ini berfokus pada Penerapan Sistem Kontrol Beban Pada Pembangkit Tenaga *Hybrid* (PLTMH dan PLTS) Sebagai *Supply* Beban Pedesaan Berbasis Arduino Uno yang berlokasi di Dusun Bintang Asih Desa Rumah Sumbul Kec.Tanjung Muda Hulu Kabupaten Deli Serdang Provinsi Sumatera Utara. Fungsi arduino uno pada penelitian ini sebagai alat pengontrolan beban yang akan dihasilkan oleh tenaga *hybrid* yang kemudian beban dari pembangkit tersebut akan dijadikan *supply* ke pedesaan sebagai sumber energi listrik, Berdasarkan pengujian dan pengamatan yang dilakukan, dapat diketahui bahwa arduino dapat melakukan pengontrolan beban secara optimal ketika beban dari pembangkit hybrid akan disupply, dan untuk proses beban tenaga PLTMH dan PLTS bisa sinkron dapat dilihat pada table di bab 4 dimana penggabungan antara kedua tenaga tersebut dapat digabungkan melalui proses ketika mikrohidro drop di tegangan 200 Volt maka Arduino Uno akan memerintahkan PLTS sebagai backup tenaga agar konsisi tegangan di hybrid menjadi stabil. Dan untuk sinkronisasi daya PLTS menjadi DC di proses pada inverter yang terdapat pada panel. Dari hasil pengontrolan yang dilakukan pengujian alat berjalan sesuai prosedur dimana hasil pembangkitan beban dari pembangkit *hybrid* sebagai *supply* beban untuk pedesaan tercukupi.

Kata Kunci : Arduino Uno, PLTS,PLTMH,HYBRID

ABSTRACT

Electrical energy is energy that is very important for human life, ranging from those living in urban areas to rural areas. From basic needs such as household needs, to commercial needs, almost all of them require electrical energy. At this time, the distribution of electrical energy in Indonesia is still very limited. The inaccessibility of electricity access for residents living in rural areas is one example of the impact of the limited distribution of electrical energy distributed by the State Electricity Generator (PLN). One of the efforts to overcome the inaccessibility of electrical energy sources in rural areas, is to use a Hybrid Power Plant, which is one way that residents can enjoy electricity because of the unavailability of electrical energy sources at certain times. This research focuses on the application of load control systems in hybrid power plants (MHPP and PLTS) as an Arduino Uno-based rural load supply located in Bintang Asih Hamlet, Rumah Sumbul Village, Tanjung Muda Hulu District, Deli Serdang Regency, North Sumatra Province. The function of the Arduino Uno in this study is as a means of controlling the load that will be generated by hybrid power which then the load from the generator will be used as a supply to the countryside as a source of electrical energy. Based on the tests and observations made, it can be seen that Arduino can control the load optimally when The load from the hybrid generator will be supplied, and for the process of synchronous PLTMH and PLTS power loads, it can be seen in the table in chapter 4 where the combination of the two energies can be combined through the process when the micro-hydro drops at a voltage of 200 Volts, Arduino Uno will order the PLTS as a backup power. so that the voltage condition in the hybrid becomes stable. And for synchronizing PLTS power to DC, it is processed on the inverter located on the panel. From the results of the control carried out the testing of the tool runs according to the procedure where the results of load distribution from the hybrid generator as a load supply for rural areas are fulfilled.

Key Word : Arduino Uno, PLTS,PLTMH,HYBRID

KATA PENGANTAR



Dengan menyebut nama Allah yang Maha Pengasih Maha Penyayang. Tidak ada kata yang lebih indah selain puji dan syukur kepada Allah SWT, yang telah menetapkan segala sesuatu, sehingga tiada sehelai daun pun yang jatuh tanpa izin-Nya. Alhamdulillah atas izin-Nya, penulis dapat menyelesaikan penyusunan skripsi ini yang berjudul “**Penerapan Sistem Kontrol Beban Pada Pembangkit Tenaga Hybrid (PLTMH Dan PLTS) Sebagai Supply Beban Pedesaan Berbasis Arduino Uno**” sebagai syarat untuk meraih gelar akademik Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara (UMSU), Medan.

Pada kesempatan ini, penulis ingin mengucapkan beribu terima kasih kepada orang-orang yang telah membantu dalam menyelesaikan skripsi ini baik yang secara langsung maupun tidak langsung. Untuk itu, penulis menyampaikan banyak terima kasih kepada :

1. Orang tua penulis : Bapak Buyung Hasan dan Ibu Nismah, yang tak hentinya mendo'akan dan memberikan dukungan serta nasehat setiap harinya.
2. Bapak Dr. Agussani, M.A.P, selaku Rektor Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
3. Bapak Munawar Alfansury Siregar, S.T., M.T selaku Dekan Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
4. Bapak Dr. Ade Faisal, M.sc, P.hd, selaku Wakil Dekan Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
5. Bapak Khairul Umurani, S.T, M.T, selaku Wakil Dekan III Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

6. Bapak Faisal Irsan Pasaribu, S.T, M.T., selaku Ketua Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
7. Bapak Partaonan Harahap., S.T, M.T., selaku Sekretaris Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara
8. Ibu Rimbawati., S.T, M.T., selaku Dosen Pembimbing yang telah membimbing dan mengarahkan penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.
9. Seluruh Bapak/ibu Dosen di Program Studi Teknik Elektro, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara yang telah memberikan ilmu ketekniklistrikan kepada penulis.
10. Bapak/Ibu Staf Administrasi di Biro Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
11. Last but not least, I wanna thank me, I wanna thank me for believing in me, I wanna thank me for doing this all hard work, I wanna thank me for having no days off, I wanna for just being me at all times, semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi penulis dan bagi orang lain pada umumnya.

Medan, 9 April 2021

Penulis

M ALFARISI HASAN

170722033

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	i
BAB I	1
PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	6
1.2. Rumusan Masalah	8
1.3. Ruang Lingkup.....	3
1.4. Tujuan Penelitian.....	3
1.5. Manfaat Penelitian.....	3
1.6. Metode Penulisan	3
BAB II.....	5
TINJAUANA PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI	5
2.1 Tinjauan Pustaka	5
2.2 Landasan Teori	9
2.2.1 Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH).....	9
2.2.1 Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS)	15
2.2.2. Definisi <i>Hybrid</i>	22
2.2.3. Beban Listrik	24
2.2.4. Arduino Uno.....	26
2.2.5. Sensor Tegangan	29
2.2.6. Sensor Arus	32
2.2.7. Arduino IDE	33
BAB III	33
METODOLOGI PENELITIAN	33
3.1. Tempat dan Waktu	33
3.2. Alat dan Bahan	33
3.3. Perancangan Sistem.....	34
3.3.1. Perancangan Hardware	34
3.3.2. Perancangan Software.....	35
3.3.3. Perancangan Arduino IDE	35
3.4. Prosedur Penelitian.....	40
3.5. Flowchart	41

BAB IV.....	41
HASIL DAN PEMBAHASAN.....	41
4.1. Hasil Pengujian	41
4.1.1. Hasil Pengujian Arduino	41
4.2. Hasil Pengujian Arduino Hybrid Mikrohidro.....	42
4.3. Hasil Pengujian Arduino Hybrid PLTS.....	44
4.4. Hasil Pengujian Keseluruhan.....	45
BAB V.....	46
KESIMPULAN DAN SARAN.....	46
5.1. Kesimpulan.....	46
5.2. Saran.....	46
DAFTAR PUSTAKA.....	47

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Prinsip Kerja PLTMH.....	11
Gambar 2.2 Pengaruh Temperatur Terhadap Daya Solar Sel.....	15
Gambar 2.3 Skema Konversi Energi Matahari.....	16
Gambar 2.4 Jenis-Jenis Sel Surya.....	18
Gambar 2.5 Beban Arus Bolak Balik.....	22
Gambar 2.6 Bentuk Fisik Arduino Uno.....	23
Gambar 2.7 Rangkaian Sensor Tegangan.....	27
Gambar 2.8 Sensor Arus SCT 013-000.....	28
Gambar 2.9 Tampilan Software Arduino IDE.....	29
Gambar 2.10 Sketch Arduino IDE.....	31
Gambar 3.1 Diagram Block Hibrida.....	34
Gambar 3.2 Arduino Dan Kabel USB.....	36
Gambar 3.3 Contoh Blink LED.....	37
Gambar 3.4 Memilih Board.....	37
Gambar 3.5 Memilih Port.....	38
Gambar 3.6 Upload Program.....	38
Gambar 3.7 Flowchart.....	40

DAFTAR TABEL

Tabel 4.1 Hasil Pengujian Rangkaian Arduino Kondisi Stabil.....	41
Tabel 4.2 Hasil Pengujian Rangkaian Arduino Kondisi Drop Tegangan.....	41
Tabel 4.3 Hasil Pengujian Arduino Mikrohidro Ke PLTS	42
Tabel 4.4 Status Lampu Indikator Ketika Mikrokontroler Mati.....	43
Tabel 4.5 Hasil Pengujian Arduino Mikrohidro Mati.....	43
Tabel 4.6 Status Lampu Indikator Ketika Mikrohidro Mati	44
Tabel 4.7 Tabel Hasil Pengujian Arduino.....	45

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Energi listrik merupakan energi yang sangat penting bagi kehidupan manusia, mulai dari yang tinggal di daerah perkotaan sampai pada daerah pedesaan. Dari kebutuhan yang sifatnya mendasar seperti untuk kebutuhan rumah tangga, hingga untuk kebutuhan komersil, hampir semuanya membutuhkan energi listrik. Pada saat ini, penyaluran energi listrik di Indonesia masih sangat terbatas. Tidak terjangkaunya akses listrik bagi penduduk yang tinggal di daerah pedesaan adalah salah satu contoh dampak dari terbatasnya penyaluran energi listrik yang disalurkan oleh Pembangkit Listrik Negara (PLN). Salah satu upaya untuk mengatasi tidak terjangkaunya sumber energi listrik di daerah pedesaan, adalah dengan menggunakan pembangkit Listrik Tenaga Hybrid merupakan salah satu cara yang digunakan penduduk untuk dapat menikmati listrik karena tidak tersedianya sumber energi listrik pada waktu tertentu. Nantinya penggunaan Pembangkit Listrik Tenaga Hybrid digunakan penduduk secara bergantian yaitu antara generator dan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS). (Yohanes & Marpaung, 2016)

Media penyimpanan energi listrik yang biasanya digunakan pada PLTS adalah baterai. Baterai tersebut tidak hanya digunakan sebagai media penyimpanan, namun ketika penuh dapat digunakan untuk mensuplai beban. Ketika baterai telah habis, maka PLTS akan kembali mengisi baterai untuk dapat digunakan kembali. Dalam proses pengisian baterai, hanya menggunakan PLTS saja tidaklah efisien, karena ketika musim penghujan, baterai otomatis tidak akan terisi. Maka dari itu, pemanfaatan pembangkit hibrid dalam proses pengisian baterai sangat diperlukan. Dalam proses pengisian, baterai ini menggunakan dua sumber energi, maka dari itu perlu adanya pengontrolan pengisian. Alasan perlunya dilakukan

pengontrolan adalah untuk mengontrol sumber pengisian dan pemutusan pengisian baterai untuk menghindari kerusakan pada baterai, menampilkan atau memberikan informasi kondisi baterai pada saat digunakan maupun tidak digunakan dan juga untuk mengontrol waktu penggunaan baterai terhadap besar beban yang akan disuplai. Ketika kondisi baterai sudah penuh, maka pengisian akan diputus, dan ketika baterai sudah pada kondisi bawah (low), maka perlu dilakukan pengisian dan proses pensuplaian beban oleh baterai juga akan diputus. Pemasokan energi listrik secara berkesinambungan pada beban yang berubah-ubah dilakukan untuk mengantisipasi lonjakan beban puncak dan menjamin keseimbangan kerja pembangkit daya. Penelitian ini bertujuan untuk mengontrol beban suplai dari pemangkit hibrid berbasis arduino agar pembangkitan dan penggunaan daya listrik dapat diatur secara seimbang dan optimal. Metode yang digunakan adalah perancangan dan pembuatan peralatan untuk menentukan optimalisasi dari sumber daya yang akan diaktifkan berdasarkan kebutuhan beban. Pengujian sistem dilakukan pada variasi beban induktif dan resistif. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem dapat mengatur kondisi beban yang berubah-ubah. Adapun pemakaian beban dibangkitkan oleh baterai sebagai penyimpan energi listrik yang bekerja secara paralel atau secara bergantian sesuai dengan kapasitas dari baterai itu sendiri. Dapat disimpulkan bahwa dengan menggunakan beban resistif, arus akan berubah secara linier terhadap setiap perubahan beban. (Hartawan Abdillah et al., 2019)

1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian di atas maka permasalahan yang akan dibahas adalah:

1. Bagaimana cara pengontrolan beban pembangkit hybrid berbasis arduino uno dari baterai sesuai kondisi beban ?
2. Bagaimana pengaruh baterai terhadap *supply* beban lebih ?

1.3. Ruang Lingkup

Adapun ruang lingkup dari penelitian ini adalah:

1. Perancangan ini mengontrol beban pembangkit tenaga hybrid
2. Perancangan ini menggunakan arduino uno sebagai alat kontrol

1.4. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Untuk mengetahui hasil dari pengontrolan beban pembangkit tenaga hybrid secara optimal ?
2. Untuk mengetahui besarnya efek drop tegangan pada saat baterai mensuplai beban terlalu besar ?

1.5. Manfaat Penelitian

Dengan dilakukannya penelitian ini dapat memberi manfaat sebagai berikut:

1. Membantu mahasiswa dalam mempelajari pengontrolan beban pembangkit hybrid yang menggunakan arduino uno
2. Mahasiswa dapat mengetahui data tegangan dan arus yang keluar masuk dari pembangkit hybrid

1.6. Metode Penulisan

Metode Penulisan dilakukan secara sistematis, logis dan konsisten agar dapat melihat dan mengkaji dari penelitian secara teratur dan sesuai metode, maka dibuatlah Metode Penulisan yang dianggap berkaitan antara sub bab dengan bab yang lainnya sebagai berikut :

BAB I : PENDAHULUAN

Dalam bab ini yang akan diuraikan adalah Latar Belakang, Rumusan Masalah, Tujuan, Manfaat, dan Metode Penulisan.

BAB II : TINJAUAN PUSTAKA

Dalam bab ini yang diuraikan adalah Tinjauan Pustaka Relevan, Landasan Teori, PLTMH, PLTS, Hybrid, Arduino, Sensor Tegangan, dan Arduino IDE.

BAB III : METODE PENELITIAN

Bab ini menjelaskan tentang gambaran dan penjelasan metode yang digunakan untuk penelitian.

BAB IV : HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini membahas hasil pengujian alat dan percobaan dari alat tersebut.

BAB V: PENUTUP

Bab ini berisi kesimpulan penulis tentang hasil Penerapan Sistem Kontrol Beban Pada Pembangkit Tenaga *Hybrid* (PLTMH dan PLTS) Sebagai *Supply* Beban Rumah Pedesaan Berbasis Arduino Uno

BAB II

TINJAUNA PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI

2.1 Tinjauan Pustaka

Berdasarkan kajian pustaka sebelumnya telah banyak dilakukan penelitian tentang perencanaan pembangkit listrik tenaga surya, dengan hasil-hasil yang sudah di publikasikan baik secara nasional dan internasional sebagai berikut:

(Pongoh et al., 2013), melakukan penelitian tentang pengaturan pembangkit tenaga listrik dari baterai sesuai kondisi beban secara optimal. Metode yang digunakan adalah perancangan dan pembuatan peralatan untuk menentukan optimalisasi dari sumber daya yang akan diaktifkan berdasarkan kebutuhan beban. Pengujian sistem dilakukan pada variasi beban induktif dan resistif. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem dapat mengatur kondisi beban yang berubah-ubah. Adapun pemakaian beban dibangkitkan oleh baterai sebagai penyimpan energi listrik yang bekerja secara paralel atau secara bergantian sesuai dengan kapasitas dari baterai itu sendiri.

(Raharjo et al., 2000), melakukan penelitian tentang perancangan sistem hibrid solar cell, baterai, pln menggunakan *programmable logic controllers*. Semua sistem dikontrol dengan PLC menggunakan bahasa ladder diagram, input yang digunakan adalah sensor tegangan untuk mengetahui tegangan solar cell dan tegangan baterai. Solar cell digunakan mensuplai beban jika tegangan output lebih besar dari 13V. Baterai dapat mensuplai beban jika tegangan output lebih besar dari 11,8v. Pengujian sistem menunjukkan bahwa sistem telah berjalan sesuai perencanaan.

(Wisnu et al., 2016), melakukan penelitian tentang desain sistem monitoring nirkabel berbasis website untuk pemantauan baterai dan beban pembangkit listrik hibrida surya dan angin, merancang website yang mampu memantau secara remote kinerja PLTH. Rancangan

perangkat keras sistem monitoring meliputi: perangkat *wireless node* pemantauan baterai, perangkat *wireless node* pemantauan beban dan perangkat pusat pemantauan. Untuk dikirimkan ke pusat pemantauan secara nirkabel melalui *wireless tranceiver* menggunakan protokol komunikasi 802.11 b/g/n. Pengiriman data hasil pemantauan ke jaringan internet dilakukan oleh pusat pemantauan melalui sebuah modem GSM. Rancangan prototipe sistem monitoring yang diusulkan diimplementasikan pada skala laboratorium dengan menggunakan DC *power supply (battery charger)* sebagai sumber arus DC, baterai nominal 2x12V dan inverter 1 kW. Hasil pengujian menunjukkan bahwa keseluruhan perangkat node monitor dan sentral monitor dapat bekerja dengan baik.

(Kuncoro et al., 2017), melakukan penelitian tentang pengembangan sistem monitoring *mini showcase* bertenaga listrik *hybrid* berbasis aplikasi android, dan platform *Arduino*. *Arduino Mega 2560* diintegrasikan dengan sensor temperature DS18B20, sensor tegangan dc, dan sensor cahaya. Semua data temperature (kabin *showcase*, produk, mesin refrigerasi, lingkungan), data tegangan dc panel surya, dan intensitas cahaya yang dibaca sensor akan disimpan pada *data logger*, ditampilkan pada LCD, dan dikirim ke *smartphone Android* melalui koneksi *Bluetooth*. Dari hasil percobaan, fungsi sistem monitoring mampu memberikan informasi data temperature, tegangan, dan intensitas cahaya untuk mengatur kerja sistem pembangkit listrik *hybrid* dan kerja sistem refrigerasi *mini showcase*. Sistem monitoring yang dirancang juga mampu menampilkan data-data terukur pada LCD, dan mengirim data tersebut ke *smartphone Android* selama periode monitoring.

(Rauf et al., 2005), melakukan penelitian tentang studi penyediaan daya listrik hibrid (PLTMH, Photovoltaik) di kabupaten pesisir selatan menggunakan software HOMER (*Hybrid Optimization Model for Energy Renewable*). HOMER adalah perangkat lunak yang digunakan untuk

membantu pemodelan dari sebuah sistem tenaga listrik dengan menggunakan berbagai pilihan sumber daya terbarukan. Kita harus memasukkan data *load* beban, data sumber daya matahari, sumber daya air dari daerah di mana kita akan membangun PLTH, data ekonomi, data *constraints*, *system control inputs*, data emisi dan data harga solar. Dengan simulasi menggunakan software HOMER, dapat diperoleh spesifikasi paling optimal dari sumber energi – sumber energi yang nantinya dapat diterapkan di desa Koto Pulau.

(Ariandy et al., 2018), melakukan penelitian tentang perancangan sistem pengisi dan penyaluran daya baterai pada pembangkit listrik tenaga *hybrid*. merancang suatu pembangkit listrik tenaga hybrid yang dapat selalu menyuplai listrik arus DC untuk beban DC sehingga dapat digunakan kapan saja sesuai kebutuhan. Analisis yang dilakukan akan terfokus pada analisis daya masuk dan keluar pada baterai. Daya masuk berasal dari solar panel dan PLN sedangkan daya keluar akan disalurkan ke beban DC. Akan digunakan sensor arus dan sensor tegangan untuk memantau daya masuk dan daya keluar pada baterai. Pada penelitian kali ini, diharapkan daya baterai dapat bertahan meskipun beban mengalami fluktuasi. Sesuai dengan pengujian yang telah dilakukan, dengan menggunakan sensor tegangan yang memiliki akurasi rata-rata 98,4% dan sensor arus dengan error rata-rata 1,78 % diperoleh nilai daya pengisian oleh panel surya yaitu sekitar 4,45 Watt dengan arus masukan sekitar 0,37 Ampere. Total daya beban yang diuji yaitu 13,68 Watt. Dan berdasarkan pengujian, sistem hybrid yang telah dirancang dapat dikatakan berhasil.

(Android, 2020), melakukan penelitian tentang *Battery charge controller system hybrid*. Melakukan kombinasi teknologi energi terbarukan dengan generator pembakaran seperti genset dan penyimpanan baterai, untuk menghasilkan listrik secara kompetitif. Sistem ini disebut juga sebagai *system energy hybrid*. Alat ini akan

mengombinasi antara energi terbarukan dan genset untuk menyediakan listrik didaerah yang minim akan pasokan listrik. Sistem ini bekerja secara bergantian untuk mensuplai sebuah beban AC. Pada alat ini tegangan aki akan menjadi sumber utamanya. Jika tegangan aki berada dibawah 11.2 V maka genset akan menggantikan aki sebagai tegangan supply pada beban hingga tegangan aki kembali diatas 13 V. Selama proses perpindahan sumber terjadi delay 5 detik agar kontaktor berjalan dengan stabil.

(Sukandi et al., 2020), melakukan penelitian tentang rancang bangun kontroler pembangkit listrik hybrid angin dan surya berbasis arduino. membuat rancang bangun kontroler berbasis microcontroller dengan tujuan agar energi dapat disimpan ke dalam baterai, mengetahui efisiensi kontroler, serta pengaruh tegangan input terhadap arus pengisian baterai. Rancang bangun ini menggunakan buck-boost converter sebagai regulator yang outputnya dapat disesuaikan dengan tegangan aki serta Arduino Uno yang berfungsi sebagai pengendali dan monitoring data sensor. Pengujian kontroler menggunakan aki 12 V 7,2 AH dengan tegangan pengisian sebesar 13,8 V. Pengujian pembangkit hybrid menggunakan panel surya 10 WP dan supply sebagai pengganti dari generator DC turbin angin dengan pengaturan tegangan sebesar 1,6-15 V. Berdasarkan hasil pengujian, tegangan input pembangkit hybrid tidak mempengaruhi arus pengisian yang mengalir ke dalam aki rata-rata sebesar 0,38 A dan efisiensi kontroler sebesar 73%.

(Seminar et al., 2020), melakukan penelitian tentang rancang bangun *supply hybrid* energi dengan *auto selection switching* untuk beban *charger battery* pada laptop dan *cooling pad* yang bertujuan untuk memaksimalkan pemanfaatan energy listrik dari panel surya pada sumber energi hybrid yang berasal dari panel surya dan PLN. Pada penelitian ini menggunakan mikrokontroler untuk mengatur saklar (*relay*) yang mampu memutus dan mengganti sumber yang digunakan untuk mensuplai sistem. Serta

menggunakan kontrol PID pada boost converter untuk mengatur duty cycle supaya tegangan keluaran konstan.

(Hartawan Abdillah et al., 2019), melakukan penelitian tentang kendali *supply* beban pada sistem pembangkit *hybrid* melalui pembangkit listrik tenaga surya dihibridasi dengan sistem pembangkit listrik tenaga angin dikombinasikan dan di supply dengan PLN atau genset sehingga diperoleh sinergi yang memberikan keuntungan ekonomis maupun teknis, Berdasarkan pengujian yang telah dilakukan intensitas cahaya matahari mempengaruhi daya yang dihasilkan oleh sel surya. Intensitas cahaya matahari tertinggi saat pengujian yaitu pada siang hari sebesar 567 Lux dengan nilai tegangan 21.22 V dan arus 0.30 A, sedangkan intensitas cahaya matahari terendah pada sore pukul 17.00 dengan intensitas cahaya matahari 56 Lux dengan nilai tegangan 5.5 V dan arus 0.15 A.

2.2. Landasan Teori

2.2.1. Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH)

PLTMH merupakan pembangkit listrik untuk skala kecil dengan debit air yang kecil. Air yang bias digunakan PLTMH harus mempunyai kapasitas aliran serta tinggi jatuh air tertentu. Yang dapat digunakan untuk PLTMH adalah air pada irigasi, dan sungai yang ada, dengan memanfaatkan tinggi terjunan dan kapasitas mengacu kepada jumlah volume aliran air persatuan waktu. Tinggi jatuh air dan kapasitas air berpengaruh pada daya listrik yang dihasilkan.

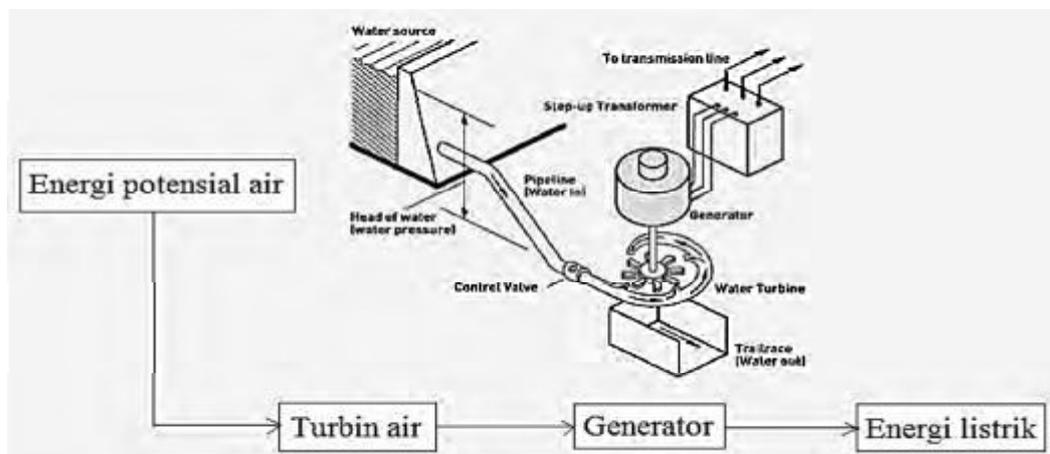
sebagai pembangkit listrik pedesaan yang ramah lingkungan karena tidak menggunakan bahan bakar minyak. PLTMH mengandung makna, secara bahasa diartikan mikro adalah kecil dan hydro adalah air, maka dapat dikatan bahwa mikrohydro adalah Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA) yang berskala kecil, karena pembangkit tenaga listrik ini memanfaatkan aliran sungai atau aliran irigasi sebagai sumber tenaga

untuk menggerakkan turbin dan memutar generator. Jadi pada prinsipnya dimana ada air mengalir dengan ketinggian minimal 2,5 meter dengan debit 250 liter/detik, maka disitu ada energi listrik. Selain daripada itu mikrohydro tidak perlu membuat waduk yang besar seperti PLTA. Menurut Agus Maryono "PLTMH adalah salah satu Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA) *low head* dengan kapasitas kurang dari 500 Kilo Watt (KW). Selain itu Maria Hartiningsih (Energi Tri Mumpuni) mengatakan "Mikrohydro memanfaatkan debit dan ketinggian jatuhnya air pada sungai kecil di desa-desa untuk menghasilkan energi listrik di bawah 100 kilowatt.

Penggunaan energi mikrohydro sebagai salah satu alternatif energi untuk daerah pedesaan sangatlah tepat karena ramah lingkungan karena tidak menggunakan BBM, sehingga harga jual listriknya bisa lebih kompetitif dan murah. Walaupun daya yang dihasilkan PLTMH berkisar antara 10-500 KW akan tetapi sangat membantu masyarakat yang belum mendapatkan listrik dari PLN. Pertimbangan mengapa PLN belum dapat memberikan listrik pada daerah-daerah pedesaan di Kalbar mungkin dikarenakan faktor ekonomis, teknis dan lain-lain. Selain itu keuntungan dengan penggunaan PLTMH adalah pembangkit listrik ini tidak rumit dalam pembuatannya, harganya yang relatif murah dan yang tidak kalah penting kita sudah memiliki SDM kompeten dibidang tersebut. Dari keuntungan-keuntungan tersebut sangatlah tidak logis apabila pemerintah daerah tidak mempertimbangkan alternatif energi PLTMH ini. Yang juga patut untuk diperhatikan adalah dampak lain yang akan timbul sangatlah besar yaitu tumbuhnya perekonomian di pedesaan dan masyarakat akan semakin peduli terhadap kelestarian sumber daya hutan sebagai sumber air dan masyarakat akan termotivasi untuk memelihara hutan dan vegetasi pohon disekitar mata air serta mencegah pembakaran hutan. Alangkah merupakan suatu anugrah bagi masyarakatpedesaan yang belum menikmati listrik, bila akhirnya pemerintah daerah Kalbar membuat dan mewujudkan PLTMH tersebut. (Very Dwiyanto, Dyah Indriana K, 2018)

1. Prinsip Kerja PLTMH

Prinsip kerja PLTMH memanfaatkan beda ketinggian serta jumlah air yang jatuh (debit) meter perdetik yang disalurkan melalui pipa. Air yang mengalir kemudian menggerakkan turbin, turbin di hubungkan dengan generator. Generator inilah yang dapat menghasilkan daya listrik. Untuk putaran turbin diteruskan kegenerator bisa menggunakan sambungan sabuk dan juga busa menggunakan roda gigi. Listrik yang dihasilkan oleh generator ini akan melalui trafo guna mendapat tegangan yang di sesuaikan kebutuhan. Kemudian listrik akan melewati jaringan transmisi rendah (JTR) untuk disalurkan ke rumah-rumah dengan cara memasang pengaman (sekring). Untuk generator yang digunakan harus menyesuaikan dengan debit air yang tersedia. Generator yang tidak sesuai juga akan menyebabkan tingkat efisiensi rendah.(Very Dwiyanto, Dyah Indriana K,



2018)

Sumber : <https://journal.akprind.ac.id>

Gambar 2.1 Prinsip Kerja PLTMH

Cara kerja Pembangkit Listrik Sistem Hybrid tergantung dari bentuk beban atau fluktuasi pemakai energi (load profile) yang mana selama 24 jam

distribusi beban tidak merata untuk setiap waktunya. Load profil ini sangat dipengaruhi penyediaan energinya. Untuk mengatasi permasalahan tersebut maka kombinasi sumber energi antara Sumber energi terbarukan atau disebut Pembangkit Listrik Sistem Hibrida adalah salah satu solusi paling cocok untuk sistem pembangkitan yang terisolir dengan jaringan yang lebih besar seperti jaringan PLN. Pada umumnya PLTH bekerja sesuai urutan sebagai berikut:

1. Pada kondisi beban rendah, maka beban disuplai 100% dari baterai dan PV module, selama kondisi baterai masih penuh sehingga diesel tidak perlu beroperasi.
2. Untuk beban diatas 75% beban inverter (tergantung setting parameter) atau kondisi baterai sudah kosong sampai level yang disyaratkan, diesel mulai beroperasi untuk mensuplai beban dan sebagian mengisi baterai sampai beban diesel mencapai 70-80% kapasitasnya (tergantung setting parameter). Pada kondisi ini Hybrid Controller bekerja sebagai charger (merubah tegangan AC dari generator menjadi tegangan DC) untuk mengisi baterai.
3. Pada kondisi beban puncak baik diesel maupun inverter akan beroperasi dua duanya untuk menuju paralel sistem apabila kapasitas terpasang diesel tidak mampu sampai beban puncak. Jika kapasitas genset cukup untuk mensuplai beban puncak, maka inverter tidak akan beroperasi paralel dengan genset

2. Kelebihan Dari PLTMH

- a. Potensi energi air yang melimpah
- b. Teknologi yang mampu beroperasi lebih dari 50 tahun
- c. PLTMH merupakan teknologi ramah lingkungan dan terbarukan
- d. Efisiensi tinggi (70-85 persen)
- e. Sumber energi terbarukan
- f. Bebas polusi
- g. Sumber melimpah
- h. Biaya pembangkitan rendah
- i. Mendorong upaya penyelamatan lingkungan

- j. Pembangkit listrik tenaga air
- k. Output daya 10 kW – 100 kW

3. Kekurangan Dari PLTMH

- a. Investasi awal relatif besar
- b. Bermasalah saat kemarau, tergantung debit air
- c. Berpotensi menjadi teknologi yang konsumtif.

Selain keuntungan, kekurangan dan peruntukan seperti tersebut di atas, PLTMH ini juga dapat difungsikan di jaringan irigasi. Tujuan dari penerapan pembangkit listrik tenaga mikrohidro di jaringan irigasi adalah untuk menunjang pembangunan pedesaan melalui peningkatan taraf sosial-ekonomi masyarakat desa. Jaringan irigasi yang banyak dibangun di daerah pedesaan untuk menunjang pembangunan pertanian menyimpan potensi tenaga air yang cukup besar untuk dimanfaatkan bagi PLTMH.

Penerapan pembangkit listrik tenaga mikrohidro di jaringan irigasi adalah untuk mengembangkan potensi tenaga air yang terdapat pada jaringan irigasi menjadi potensi tenaga listrik, dengan membuat pembangkit listrik tenaga mikrohidro pada bagian-bagian dari jaringan irigasi yang mempunyai potensi, dan menyalurkan tenaga listrik yang dihasilkan kepada masyarakat pengguna untuk dimanfaatkan bagi pengembangan potensi sosial-ekonomi desa (pendidikan, kesehatan, keluarga berencana, keagamaan, pertanian, peternakan, industri kecil/rumah, kerajinan, ketrampilan, perdagangan dan lain-lain).

4. Persyaratan Dan Skema Teknis

Persyaratan secara teknis dalam pembuatan pembangkit listrik tenaga mikrohidro ini adalah :

- a. Sistem pengelolaan jaringan irigasi cukup baik, sehingga pendistribusian air berlangsung secara teratur sepanjang tahun

- b. Debit air yang diperlukan tersedia sepanjang tahun dan dapat dipenuhi oleh debit sungai rata-rata pada musim kemarau.
- c. Tinggi terjun yang cukup, yang bersama-sama dengan debit aliran menghasilkan potensi tenaga air yang dinyatakan dengan daya sumber $P_s = r gQH$ dimana: P_s = daya sumber (W), r = kerapatan massa air (kg/m^3), G = percepatan gravitasi (m/dt^2), Q = debit aliran (m^3/dt), H = tinggi terjun (m). Sedangkan potensi listrik tenaga mikrohidro dinyatakan dengan daya hasil $P_h = ht P_s$ dimana : P_h = daya hasil (W), ht = efisiensi total PLTMH (%) , (4) Pembuatan PLTMH tidak mengganggu sistem irigasi yang sudah ada, bahkan agar diusahakan adanya peningkatan/perbaikan.
- d. PLTM menggunakan teknologi tepat guna agar pembuatan, pengoperasian dan pemeliharannya dapat dilakukan dengan menggunakan tenaga kerja setempat.

Persyaratan secara Sosio-Ekonomisnya yaitu:

- a. Potensi listrik tenaga mikrohidro yang ada merupakan sumber daya yang dapat menunjang pembangunan pedesaan. Potensi sosial-ekonomi desa yang dapat dikembangkan dengan adanya PLTM cukup besar.
- b. Biaya pembuatan PLTM dapat ditanggulangi oleh usaha swadaya masyarakat, koperasi atau unit usaha swasta kecil dan menengah lainnya.
- c. Usaha kelistrikan dari PLTM secara ekonomi dapat dipertanggung jawabkan, dalam arti potensi konsumen yang ada dapat menyerap produksi listrik yang dihasilkan dengan harga jual yang ditetapkan berdasarkan prinsip-prinsip perusahaan. (Arifin, 2015)

Membangun suatu PLTMH yang tangguh dan kuat diperlukan suatu tahapan dan prosedur yang harus dilaksanakan, antara lain:

- a. Survei Potensi.
- b. Studi Kelayakan.

- c. Perencanaan Teknis.
- d. Konstruksi (Sipil, Mekanikal, Elektrikal).
- e. *Commisioning*.

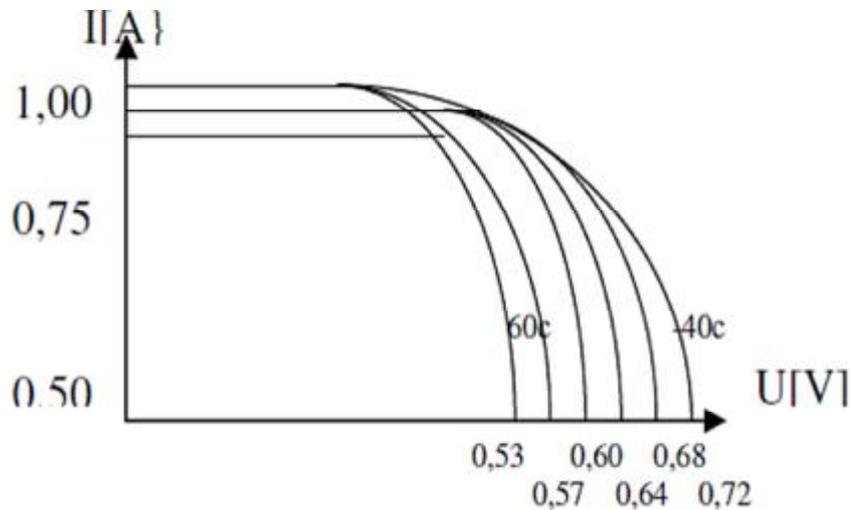
2.2.1 Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS)

Sel surya adalah semikonduktor dimana radiasi surya langsung diubah menjadi energi listrik. Material yang sering digunakan untuk membuat selsurya adalah silikon kristal. Pada saat ini silikon merupakan bahan yang banyak digunakan untuk pembuatan sel surya. Agar dapat digunakan sebagai bahan sel surya, silikon dimurnikan hingga satu tingkat yang tinggi.

Pemanfaatan energi matahari semakin meningkat seiring dengan pengetahuan yang kita dapatkan. Salah satu pemanfaatan energi cahaya matahari adalah Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) yang memanfaatkan energy cahaya matahari menjadi energi listrik. Wilayah Indonesia sendiri merupakan salah satu negara yang dilalui oleh garis khatulistiwa sehingga intensitas penyinaran matahari lebih besar. Radiasi matahari adalah pancaran energi yang berasal dari proses thermonuklir yang terjadi di matahari. Energi radiasi matahari berbentuk sinar dan gelombang elektro magnetik. Spektrum radiasi matahari itu sendiri terdiri dari dari sinar bergelombang pendek dan sinar bergelombang panjang. Sinar yang termasuk gelombang pendek adalah sinar x, sinar gamma, sinar ultra violet, sedangkan sinar gelombang panjang adalah sinar infra merah. Ada tiga macam cara radiasi matahari sampai kepermukaan bumi, yaitu:

- a. Radiasi langsung (*beam/direct radiation*) adalah radiasi yang mencapai bumi tanpa perubahan arah atau radiasi yang diterima oleh bumi dalam arah sejajar sinar datang.
- b. Radiasi hambur (*diffuse radiation*) adalah radiasi yang mengalami perubahan akibat pemantulan dan penghamburan.

c. Radiasi total (*global radiation*) adalah penjumlahan radiasi langsung.



Sumber : <https://journal.akprind.ac.id>

Gambar 2.2 Pengaruh temperature terhadap daya solar sel

Dari Gambar 2.2 dapat dilihat bahwa penurunan tegangan jauh lebih besar dibanding dengan kenaikan arus. Sebaiknya *solar sell* ditempatkan pada temperatur yang agak dingin agar penurunan tegangan tidak terlalu besar. Walaupun hal ini agak sulit sebab solar sel akan memanass sendiri apabila ada sinar yang jatuh padanya.

Atom merupakan partikel pem-bentuk suatu unsur. Atom terdiri dari inti dengan muatan positif yang disebut proton dan neutron yang bermuatan netral Inti atom dikelilingi sejumlah elektron yang bermuatan negatif. Sebuah atom silikon terdiri dari sebuah inti yang berisi 14 proton dan dikelilingi 14 elektron yang beredar dalam lintasan tertentu. Jumlah maksimum elektron dalam masing-masing lintasan mengikuti pola $2n^2$, dengan n adalah nomor lintasan dari atom (Mallvino, 1986). Apabila atom-atom silikon bergabung membentuk zat padat, maka atom-atom itu akan membentuk suatu pola teratur yang disebut kristal. Setiap atom silikon mempunyai 4 buah elektron valensi dan mempunyai 4 atom tetangga.

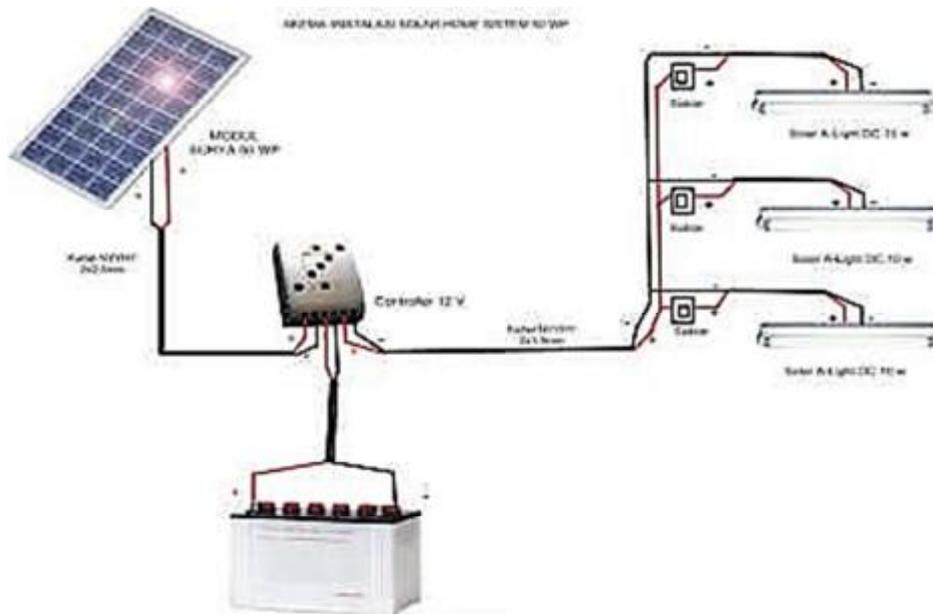
Setiap atom tetangga memberikan sebuah elektron untuk dipakai bersama-sama dengan atom yang berada ditengah. Atom yang ditengah mendapat tambahan 4 elektron dari tetangga sehingga jumlah elektron valensi menjadi 8 buah, karena inti atom yang berdekatan memiliki muatan positif akan menarik elektron-elektron yang dipakai bersama dan menciptakan gaya yang sama besar tetapi berlawanan arah. Penarikan dalam arah yang berlawanan ini menyebabkan atom-atom akan terikat dalam ikatan kovalen (Malvino,1986).

Dengan penyinaran yang konstan, daya pada *solar sell* akan berkurang sesuai dengan kenaikan temperatur. Hal ini sesuai dengan sifat tegangan pada beban nol dan berlawanan dengan arus hubung singkat. Tegangan beban pada nol berkurang sesuai dengan kenaikan temperatur yang besarnya lebih kurang 3mV/K. Sedangkan arus hubung singkat akan bertambah sesuai dengan naiknya temperatur yang besarnya $\pm 0,1\%/K$. grafik kenaikan temperatur terhadap daya. Efisiensi konversi merupakan perbandingan antara daya yang dapat diperoleh sebuah sel surya dengan daya yang diterima dari matahari. Kepadatan daya cahaya matahari yang mencapai bagian luar atmosfer bumi sekitar 136 m.W/cm² tetapi setelah melewati atmosfer sebagian diham- burkan, sedangkan kepadatan daya matahari yang sampai di permu-kaan bumi pada siang hari yang cerah sekitar 100 m.W/cm². Pengaruh luas permukaan solar sel terhadap daya luas solar sel mempengaruhi daya yang dihasilkan oleh solar sel tersebut dalam hal ini hubungannya adalah linier. Misalnya solar sel dengan luas penampang 100 cm dayanya akan dua kali lebih besar dibandingkan dengan solar sel yang luasnya 50 cm.(*Subandi1, Slamet Hani2, 2015, n.d.*)

1. Potensi Energi Matahari

Potensi energi matahari diketahui dengan cara melakukan pendekatan

melalui pengukuran daya yang dihasilkan dari photovoltaik (Sel Surya). Sel surya atau photovoltaik adalah suatu alat semikonduktor dimana penyerapan sinar matahari akan menimbulkan muatan – muatan listrik. Sinar matahari terdiri atas foton, dimana foton inilah yang dikonversi menjadi energi listrik. Energi matahari merupakan radiasi gelombang elektromagnetik yang terdiri atas radiasi sinar matahari dan energi foton. radiasi energi matahari rata-rata berkisar $800 - 2000 \text{ W/m}^2$ dengan daya listrik konstan yang dihasilkan berkisar $10 - 14 \text{ Watt}$. Adapun skema pemanfaatan energi matahari melalui PLT-Surya, selengkapnya dapat dilihat pada gambar. (Mustek Anim, 2016, n.d.)



Sumber : <http://ejournal.unmus.ac.id>

Gambar 2.3 Skema konversi energy matahari menjadi energi listrik

2. Komponen Utama PLTS

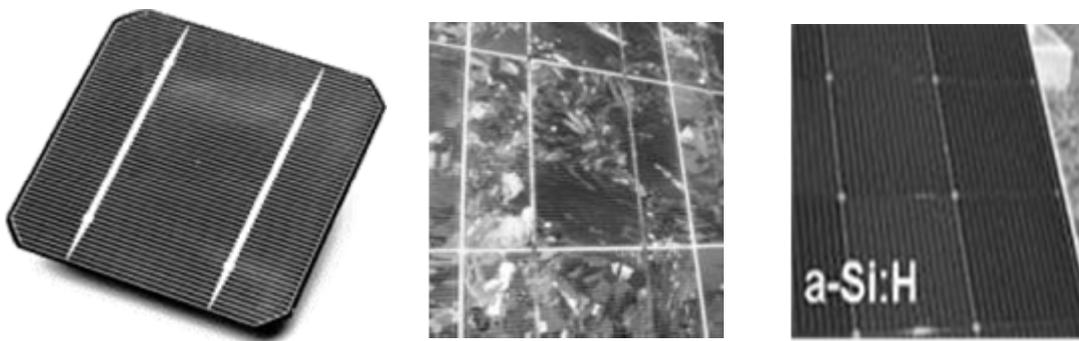
Fotovoltaik adalah suatu alat yang dapat mengubah energi surya (foton) menjadi listrik arus searah. Kemudian listrik arus searah diubah menjadi arus bolak-balik sesuai dengan sistem tegangan dan frekuensi setempat. Suatu PLTS memiliki komponen utama yaitu: panel surya (fotovoltaik), *inverter* dan baterai. PLTS tidak memiliki daya konstan (*non capacity value generation system*) karena kapasitas keluarannya tergantung pada tingkat radiasi matahari yang selalu berubah setiap waktu. PLTS dinilai dari seberapa banyak energi yang bisa dihasilkan, bukan seberapa besar dayanya, kecuali pada sistem yang memiliki *storage system*. Oleh sebab itu, kapasitas suatu PLTS ditentukan oleh besarnya konsumsi energi suatu beban dalam suatu periode, yaitu dengan menggunakan harga rata-rata suatu beban pada suatu lokasi dalam periodenya. Kapasitas komponen utama ditentukan sesuai tipe dan desain dari PLTS yang akan dibangun. Pada sistem PLTS, menghitung kapasitas masing-masing komponen atau disebut juga *sizing*, sangat penting karena jika kapasitas komponen terlalu kecil, maka sistem tidak dapat memenuhi kebutuhan energi yang diinginkan, tetapi jika kapasitasnya terlalu besar, maka biaya untuk PLTS akan sangat besar. Sistem PLTS memiliki komponen utama yaitu: modul surya, *inverter/power conditioner unit (PCU)*, *solar charge controller (SCC)/battery charge controller (BCC)* dan *storage system (Battery)*.(Sianipar, 2014)

A. Modul Surya

Bagian terkecil dari fotovoltaik adalah sel surya yang pada dasarnya sebuah foto dioda yang besar dan dapat menghasilkan daya listrik. Fotovoltaik terdiri dari dua jenis bahan berbeda yang disambungkan melalui suatu bidang junction yang jika sinar jatuh pada permukaannya akan diubah menjadi listrik arus searah. Untuk mendapatkan daya yang

cukup besar diperlukan banyak sel surya. Biasanya sel-sel surya itu sudah disusun sehingga berbentuk panel, dan dinamakan modul surya.

Ada (dua) jenis modul surya yang paling populer yaitu jenis *crystalline silicon* dan *thin film*. Jenis *crystalline silicon* terbuat dari bahan silikon dan *thin film* sebagian besar terbuat dari bahan kimia. Jenis *crystalline* terdiri dari 2 (dua) jenis yaitu tipe *monocrystalline* (Gambar 2a) dan *polycrystalline* (Gambar 2b).



(a) *monocrystalline*

(b) *polycrystalline*

(c) a-Si:H

Sumber : <http://ejournal.unmus.ac.id>

Gambar 2.4 Jenis-jenis sel surya

Masing- masing jenis memiliki efisiensi berbeda yaitu *monocrystalline* 14-16%, *polycrystalline* 13 – 15%. Modul surya *thin film* terdiri dari beberapa jenis yang dinamai sesuai dengan bahan dasarnya, seperti A-Si:H, CdTe dan CIGs (Gambar 2c). Rata-rata efisiensi modul surya jenis *thin film* 6,5 – 8%. Sehingga, dengan kapasitas yang sama, masing-masing jenis modul memiliki luas permodul yang berbeda, hal ini berimplikasi pada penyediaan lahan yang berbeda. Kapasitas modul surya yang dinyatakan dalam Wp dan tersedia dalam beberapa ukuran. Untuk penggunaan

pembangkit, ukuran modul yang lazim digunakan adalah 80 – 300 Wp permodul. Untuk mendapatkan tegangan yang lebih besar, modul disusun secara seri dan untuk mendapatkan arus yang besar, modul disusun secara paralel. Kebutuhan kapasitas (kWp) panel surya ditentukan oleh besar energi (kWh) yang dibutuhkan beban dalam satu periode dan tingkat radiasi matahari di lokasi. Beberapa faktor dapat mempengaruhi efisiensi panel seperti temperatur, koneksi kabel, *inverter*, baterai, dan lain-lain, sehingga secara praktek hasil perhitungan yang diperoleh dikoreksi dengan faktor *derating* yang umumnya sekitar 0,67%. Untuk mendapatkan tegangan yang diinginkan, modul surya disusun secara berderet yang disebut *string*. Untuk dapatkan daya yang diinginkan, *string* modul surya disusun secara paralel. Besarnya tegangan *string* disesuaikan dengan tegangan masukan *inverter*.

B. Battery Charge Controller (BCC).

Charge controller berfungsi memastikan agar baterai tidak mengalami kelebihan pelepasan muatan (over discharge) atau kelebihan pengisian muatan (over charge) yang dapat mengurangi umur baterai. Charge controller mampu menjaga tegangan dan arus keluar masuk baterai sesuai kondisi baterai. Charge controller sering disebut dengan solar charge controller atau battery charge controller. Jika charge controller menghubungkan panel surya ke baterai atau peralatan lainnya seperti inverter maka disebut solar charge controller. Jika bagian ini terhubung dari inverter ke baterai lazim disebut battery charge controller, namun hal tersebut tidak baku. Walaupun kedua alat ini berfungsi sama.

C. Inverter

Inverter adalah “jantung” dalam sistem suatu PLTS. *Inverter* berfungsi mengubah arus searah (DC) yang dihasilkan oleh panel surya menjadi arus

bolak balik (AC). Tegangan DC dari panel surya cenderung tidak konstan sesuai dengan tingkat radiasi matahari. Tegangan masukan DC yang tidak konstan ini akan diubah oleh *inverter* menjadi tegangan AC yang konstan yang siap digunakan atau disambungkan pada sistem yang ada, misalnya jaringan PLN. Parameter tegangan dan arus pada keluaran *inverter* pada umumnya sudah disesuaikan dengan standar baku nasional/internasional.

D. Baterai

Baterai yang berfungsi untuk penyimpanan (*storage*) juga berbeda dari baterai untuk *buffer* atau stabilitas. Baterai untuk pemakaian PLTS lazim dikenal dan menggunakan *deep cycle lead acid*, artinya muatan baterai jenis ini dapat dikeluarkan (*discharge*) secara terus menerus secara maksimal mencapai kapasitas nominal. Baterai adalah komponen utama PLTS yang membutuhkan biaya investasi awal terbesar setelah panel surya dan *inverter*. Namun, pengoperasian dan pemeliharaan yang kurang tepat dapat menyebabkan umur baterai berkurang lebih cepat dari yang direncanakan, sehingga meningkatkan biaya operasi dan pemeliharaan. Atau dampak yang paling minimal adalah baterai tidak dapat dioperasikan sesuai kapasitasnya. (Sianipar, 2014)

2.2.2 Definisi Hybrid

Sistem *Hybrid* adalah penggunaan dua atau lebih pembangkit listrik dengan sumber yang berbeda. Tujuan utama dari sistem *Hybrid* pada dasarnya adalah berusaha menggabungkan dua atau lebih sumber (sistem pembangkit) sehingga dapat saling menutupi kelemahan masing-masing dan dapat dicapai keandalan *supply* dan efisiensi ekonomi pada beban tertentu. (Hiron et al., 2019)

Cara kerja dari pembangkit listrik sistem hibrida ini secara umum dan berurutan mulai dari semua energi yang dihasilkan oleh semua sumber

pembangkit yang ada yaitu sistem sel surya dan sistem energi angin disalurkan kedalam unit kontrol. Energi yang masuk kedalam unit kontrol ini berbentuk listrik arus searah. Jika terdapat kelebihan energi maka energi tersebut akan disimpan dalam baterai, kemudian sebelum disalurkan ke konsumen energi arus searah diubah dulu menjadi energi arus bolak-balik oleh inverter. Setelah diubah kedalam bentuk energi arus bolak-balik maka energi dialirkan melalui distribusi arus bolak-balik menuju ke konsumen yang terdiri dari bermacam – macam jenis dan keperluan.

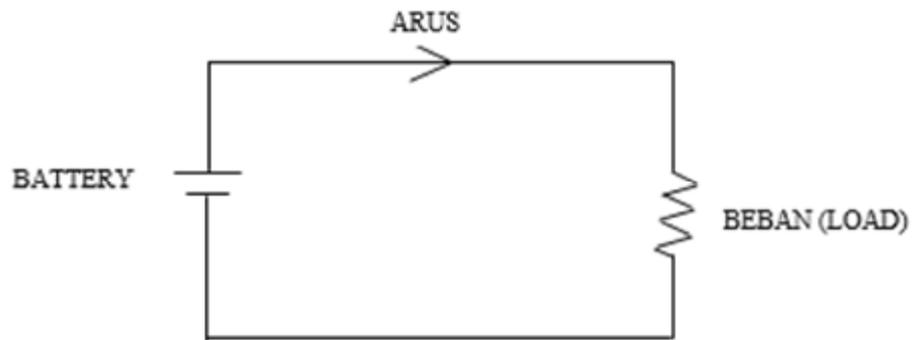
Pembangkit listrik tenaga hybrid merupakan salah satu alternatif sistem pembangkit yang tepat diaplikasikan pada daerah-daerah yang sukar dijangkau oleh sistem pembangkit besar, pada pembangkit listrik tenaga hybrid, renewable energy yang digunakan dapat berasal dari energi matahari, angin, dan lain-lain yang dikombinasikan dengan Diesel-Generator Set sehingga menjadi suatu pembangkit yang lebih efisien, efektif dan handal untuk dapat mensuplai kebutuhan energi listrik. Pembangkit listrik tenaga hybrid pada prinsipnya mengkonversi sinar matahari menjadi listrik DC. Mengingat sistem hybrid menggunakan solar panel dalam jumlah yang cukup banyak dan semuanya disambungkan baik seri maupun paralel, maka modul surya dengan kapasitas per panel yang besar (> 100 Wp/panel) lebih disukai, dengan demikian dapat mengurangi kebutuhan kabel koneksi. Listrik yang dihasilkan oleh panel surya, sebelum masuk ke jaringan distribusi dikonversi menjadi listrik AC (alternating current), oleh karena itu output dari panel solar diusahakan dengan voltage >12 VDC (system voltage 48V ~ 120 VDC umum dipakai). Untuk kebutuhan ini, BP Solar mengeluarkan panel surya 130Wp dengan sistem voltage 24V DC, hal ini memudahkan koneksi untuk mengejar DC voltage yang tinggi. Koneksi seri/paralel antar panel surya juga disertai dengan diode-diode pengaman (Bypass Diode dan Blocking Diode) untuk mencegah short circuit, hot spot, dan reverse current. Energi Terbarukan (Renewable energy) yang digunakan dapat berasal dari energi matahari,

angin, dan lain-lain yang dikombinasikan dengan Diesel-Generator Set sehingga menjadi suatu pembangkit yang lebih efisien, efektif dan handal untuk dapat mensuplai kebutuhan energi listrik baik sebagai penerangan rumah atau kebutuhan peralatan listrik yang lain seperti TV, pompa air, strika listrik serta kebutuhan industri kecil di daerah tersebut. Dengan adanya kombinasi dari sumber-sumber energi tersebut, diharapkan dapat menyediakan catu daya listrik yang kontinyu dengan efisiensi yang paling optimal. PLTH merupakan energi ramah lingkungan karena relatif tidak menimbulkan emisi udara.

Tujuan dari pembangkit listrik tenaga hybrid ini untuk membangun suatu pembangkit yang lebih efisien, efektif dan handal dalam mensuplai kebutuhan energi listrik baik sebagai penerangan rumah atau kebutuhan peralatan listrik serta kebutuhan industri kecil. Dengan adanya kombinasi dari sumber-sumber energi tersebut, diharapkan dapat menyediakan catu daya listrik yang kontinyu dengan efisiensi yang paling optimal.(Hiron et al., 2019)

2.2.3 Beban Listrik

Beban Listrik adalah segala sesuatu yang ditanggung oleh pembangkit listrik atau bisa disebut segala sesuatu yang membutuhkan tenaga/daya listrik. Dalam kehidupan sehari-hari contoh beban listrik adalah setrika listrik, lampu listrik, Television, Kompor listrik. Pada keseluruhan system, total daya jumlah semua daya aktif dan reaktif yang dipakai oleh peralatan yang menggunakan energy listrik. Jadi dalam penggunaan rumah tangga, total beban listrik adalah total semua daya yang dikonsumsi oleh peralatan listrik tersebut yang aktif, karena dalam kondisi mati peralatan tertentu tidak menggunakan daya listrik.



Gambar 2.5. Beban Arus Bolak Balik

Beban listrik dikatakan juga sebagai hambatan/resistan(Resistance) dalam ilmu listrik dimana dapat dirumuskan pada hukum ohm : $V = I R$

Dimana : I : Arus listrik dengan satuan Ampere

R : Hambatan Listrik dengan satuan Ohm

V : Tegangan listrik dengan satuan Volt

Daya pada arus bola

Hukum Ohm adalah suatu pernyataan bahwa besar arus listrik yang mengalir melalui sebuah penghantar selalu berbanding lurus dengan beda potensial yang diterapkan kepadanya. Sebuah benda penghantar dikatakan mematuhi hukum Ohm apabila nilai resistansinya tidak bergantung terhadap besar dan polaritas beda potensial yang dikenakan kepadanya.

Ada 2 jenis beban listrik berdasarkan sumbernya:

1. Beban Listrik Tegangan Searah : Pada tegangan searah, semua beban adalah resistif (tidak ada pergeseran fase atau sudut) maka rumus yang digunakan adalah rumus pada hokum Ohm
2. Beban Listrik Tegangan bolak-balik. (Purnomo, 2015)

Daya pada arus bolak-balik atau *alternating current* (ac) ada 3 macam yaitu daya aktif, daya reaktif dan daya nyata.

1. Daya aktif

Daya aktif digunakan secara umum oleh konsumen. Daya aktif inilah yang biasanya dapat dikonversikan dalam bentuk kerja. Satuan daya aktif dinyatakan dalam watt. Daya aktif (*real power*), didapat dari persamaan.

$$P = V.I.\cos \theta \text{ [kW]}$$

2. Daya reaktif

Daya reaktif adalah jumlah daya yang diperlukan untuk pembentukan medan magnet. dari pembentukan medan magnet. Maka akan terbentuk fluks magnet. Satuan daya reaktif dinyatakan dalam VAr. Daya reaktif (*reactive power*), didapat dari persamaan:

$$Q = V.I.\sin \theta \text{ [kVA]}$$

3. Daya nyata

Daya nyata adalah penjumlahan geometris dari daya aktif dan daya reaktif. Daya nyata merupakan daya yang diproduksi oleh perusahaan sumber listrik untuk didistribusikan ke konsumen, Satuan daya nyata ini dinyatakan dalam VA. Daya nyata (*apparent power*),di dapat dari persamaan:

$$S = V.I \text{ [kVA]}$$

2.2.4 Arduino Uno

Arduino uno merupakan papan mikrokontroler yang di didalamnya tertanam microcontroller dengan merk ATmega yang dibuat oleh perusahaan Atmel Corporation. Berbagai papan Arduino menggunakan tipe ATmega yang berbeda-beda tergantung dari spesifikasinya. Untuk microcontroller yang digunakan pada arduino uno sendiri jenis ATmega328, sebagai otak dari pengendalian sistem alat. Arduino uno sendiri merupakan kesatuan perangkat yang terdiri dari berbagai komponen elektronika dimana penggunaan alat sudah dikemas dalam kesatuan perangkat yang dibuat oleh pemroduksi untuk di perdagangkan. Arduino dikatakan open source karena sebuah platform dari physical computing.

Platform di sini adalah sebuah alat kombinasi dari hardware, bahasa pemrograman dan IDE (Integrated Development Environment) yang canggih. IDE adalah sebuah software yang sangat berperan untuk menulis program, meng compile menjadi kode biner dan meng-upload ke dalam memory microcontroller. Arduino, selain itu juga ada banyak modul-modul pendukung untuk bisa disambungkan dengan Arduino.



Sumber : [http:// journal.polimdo.ac.id](http://journal.polimdo.ac.id)

Gambar 2.6 Bentuk fisik Aduino Uno

Kelebihan Arduino, antara lain:

- a. Tidak perlu perangkat chip programmer karena di dalamnya sudah ada bootloader yang akan menangani upload program dari komputer. 18
- b. Sudah memiliki sarana komunikasi USB, sehingga pengguna laptop yang tidak memiliki port serial/RS323 bisa menggunakannya.
- c. Memiliki modul siap pakai (shield) yang bisa ditancapkan pada board arduino. Contohnya shield GPS, Ethernet, dan lain-lain.

Arduino juga mempunyai bahasa pemrogramanya sendiri yang

berupa bahasa C. Selain itu dalam board arduino sendiri sudah terdapat loader yang berupa USB sehingga memudahkan kita ketika kita memprogram mikrokontroler didalam arduino. Sedangkan pada kebanyakan board mikrokontroler yang lain yang masih membutuhkan rangkaian loader terpisah untuk memasukkan program ketika kita memprogram mikrokontroler. Port USB tersebut selain untuk loader ketika memprogram, bisa juga difungsikan sebagai port komunikasi serial.

Sifat open source arduino juga banyak memberikan keuntungan tersendiri untuk kita dalam menggunakan board ini, karena dengan sifat open source komponen yang kita pakai tidak hanya tergantung pada satu merek, namun memungkinkan kita bisa memakai semua komponen yang ada dipasaran.(Gianda.R.J.Wungow, 2016)

1. Bagian Papan Arduino Uno

Untuk sebuah papan Arduino tipe USB, bagian-bagiannya dapat dijelaskan sebagai berikut.

A. 14 pin input/output digital (0-13)

Berfungsi sebagai input atau output, dapat diatur oleh program. Khusus untuk 6 buah pin 3,5,6,9,10 dan 11, dapat juga berfungsi sebagai pin analog output dimana tegangan outputnya dapat diatur. Nilai sebuah pin output analog dapat diprogram antara 0-255, dimana hal itu mewakili nilai tegangan 0-5V.

1. USB Berfungsi untuk: Memuat program dari komputer ke dalam papan Komunikasi serial antara papan dan komputer memberi daya listrik kepada papan serial antara papan dan computer.
2. Sambungan SV1. Sambungan atau jumper untuk memilih sumber daya papan, apakah dari sumber eksternal atau menggunakan USB. Sambungan ini tidak diperlukan lagi pada papan arduino versi terakhir karena pemilihan sumber daya eksternal atau USB dilakukan secara

otomatis.

3. Q1- Kristal (quartz crystal oscillator) jika mikrokontroler dianggap sebagai sebuah otak, maka kristal adalah jantungnya karena komponen ini menghasilkan detak-detak yang dikirim kepada mikrokontroler agar melakukan sebuah operasi untuk setiap detaknya. Kristal ini dipilih yang berdetak 16 juta kali per detik (16MHz).
4. Tombol Reset. Untuk mereset papan sehingga program akan mulai lagi dari awal. Perhatikan bahwa tombol reset ini bukan untuk menghapus program atau mengosongkan mikrokontroler.
5. In-Circuit Serial Programming (ICSP). Port ICSP memungkinkan pengguna untuk memprogram mikrokontroler secara langsung, tanpa melalui bootloader.
6. IC 1-Mikrokontroler Atmega Komponen utama dari papan Arduino, di dalamnya terdapat CPU, ROM dan RAM. X1-sumber daya eksternal. Jika hendak disupply dengan sumber daya eksternal, papan Arduino dapat diberikan tegangan DC antara 9-12V. 7. 6 pin input analog (0-5) Pin ini sangat berguna untuk membaca tegangan yang dihasilkan oleh sensor analog, seperti sensor suhu. Program dapat membaca nilai sebuah pin input antara 0-1023, dimana hal itu mewakili nilai tegangan 0-5V. (Gianda.R.J.Wungow, 2016)

2.2.5 Sensor Tegangan

Sensor adalah komponen yang digunakan untuk mengkonversi suatu besaran tertentu menjadi satuan analog sehingga dapat dibaca oleh suatu rangkaian elektronik. Sensor merupakan komponen utama dari transduser, sedangkan transduser merupakan sistem yang melengkapi agar sensor tersebut mempunyai keluaran yang sesuai diinginkan dan dapat langsung dibaca pada keluarannya. Sensor adalah transduser yang digunakan untuk mengubah besaran mekanis, magnetis, panas, dan kimia menjadi tegangan dan arus listrik. Sensor sering digunakan untuk pendeteksian pada saat

melakukan pengukuran atau pengendalian.

Sensor dalam teknik pengukuran dan pengaturan secara elektronik berfungsi mengubah tegangan fisika (misalnya: Temperatur, cahaya, gaya, kecepatan putaran) menjadi putaran listrik yang profesional. Sensor dalam pengukuran dan pengaturan ini harus memenuhi persyaratan-persyaratan yakni sebagai berikut:

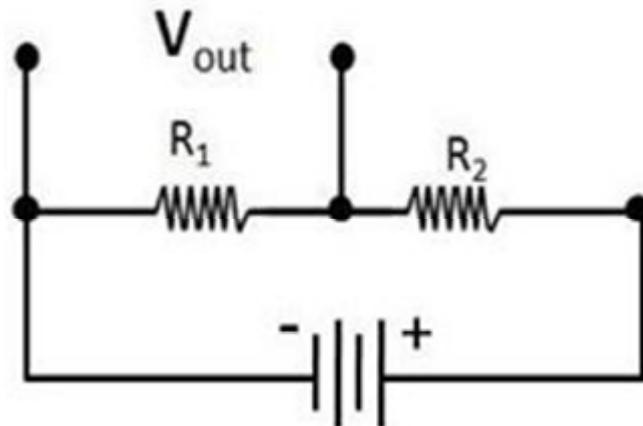
- a. Linieritas: konversi harus benar-benar proposional, jadi karakteristik konversi harus linier.
- b. Tidak tergantung temperatur: keluaran inverter tidak boleh tergantung pada temperatur disekelilingnya, kecuali sensor suhu.
- c. Kepekaan sensor harus dimiliki sedemikian, sehingga pada nilai-nilai masukan yang ada dapat diperoleh tegangan listrik yang besar.
- d. Waktu tanggapan adalah waktu yang diperlukan keluaran sensor untuk mencapai nilai akhirnya. Sensor harus dapat berubah cepat bila nilai masukan pada sistem tempat sensor terus berubah.

Secara umum berdasarkan fungsi dan penggunaannya sensor dapat dikelompokkan menjadi tiga bagian, yaitu:

- a. Sensor thermal (panas)
- b. Sensor mekanis
- c. Sensor optik (cahaya)

Sensor digunakan untuk mendeteksi adanya perubahan lingkungan fisika atau kimia yang variabel keluaran dari sensor yang diubah menjadi besaran listrik menjadi transduser. Sensor tegangan berfungsi membaca nilai tegangan suatu rangkaian. Arduino dapat membaca nilai tegangan dengan memanfaatkan pin analog. Jika *range* tegangan yang dibaca diantara 0-5V bisa langsung menggunakan pin analog, sedangkan jika *range* tegangan yang dibaca >5V harus menggunakan rangkaian tambahan yakni pembagi tegangan karena pin Arduino bekerja pada max5V. Data yang diterima

arduino berupa nilai ADC. Jika tegangan yang diukur $>5V$ maka dapat dilakukan *coding* atau perbandingan tegangan pada arduino agar tegangan yang di baca sesuai dengan keinginan.



Sumber : [http:// journal.polsri.ac.id](http://journal.polsri.ac.id)

Gambar 2.7 Rangkaian Sensor Tegangan

1. Cara Kerja Sensor Tegangan

Prinsip kerjanya adalah membuat perbandingan antara tegangan asli dengan tegangan yang terbaca oleh arduino. Untuk membuat rangkaian pembagi tegangan kita harus menentukan beberapa parameter yaitu:

- Tegangan maksimal yang diukur (V_i) = 24 Volt.
- Tegangan maksimal ADC (V_o) = 4 Volt (atur max 5 Volt).
- $R_1 = 1000\Omega$ (bebas menyesuaikan)

Dari ketentuan diatas dapat disimpulkan ketika arduino membaca tegangan sebesar 4V itu artinya tegangan sebenarnya adalah 24V atau $V_i:V_o = 6:1$.

Berikut cara menentukan nilai :

$$R_2:R_2 = V_o/V_i \times$$

$$(R_1+R_2)R_2 = 4/24 \times$$

$$(1000+R_2) R_2 = 200\Omega$$

2.2.6 Sensor Arus

Menurut Para ahli Sensor Arus adalah monitoring besaran yang digunakan untuk memberitahu para pemakai energi listrik agar terhindar dari dampak negatif beban lebih yang bisa menyebabkan arus melebihi batas (May, 2013)

Sensor Arus ini merupakan perpindahan muatan dalam satuan waktu tertentu. Besar nilai arus listrik dibutuhkan untuk mengukur besar daya yang digunakan oleh sebuah perangkat elektronik. Sensor Arus SCT 013-000 1V Splilt-core Current Transformer adalah sensor arus yang menggunakan konsep cara kerja trafo arus. Transformator arus dirancang untuk mendapatkan nilai arus sekunder yang lebih kecil dibandingkan sisi primernya sehingga aman untuk dilakukan pengukuran. Gambar 2.7 merupakan jenis trafo arus SCT 013-000 1V dengan batas arus yang diukur sebesar 100 ampere.



Sumber : <http://journal.uumus.ac.id>
Gambar 2.8 Sensor Arus SCT 013-000

Spesifikasi :

1. Arus yang dapat dibaca : 0~100A AC
2. Output arus: 0~50mA
3. Resistance Grade: Grade B
4. Standart panjang kabel : 1m
5. Non-linearity : $\pm 3\%$
6. Turn Ratio: 100A:0.05A
7. Suhu kerja : $-25^{\circ}\text{C} \sim + 70^{\circ}\text{C}$
8. Open Size: 13mm x 13mm

2.2.7 Arduino IDE

Arduino IDE (Integrated Development Environment) adalah software yang di gunakan untuk memprogram di arduino, dengan kata lain Arduino IDE sebagai media untuk memprogram board Arduino. Arduino IDE bisa di download secara gratis di website resmi Arduino IDE. Arduino IDE ini berguna sebagai text editor untuk membuat, mengedit, dan juga mevalidasi kode program. bisa juga digunakan untuk meng-upload ke board Arduino. Kode program yang digunakan pada Arduino disebut dengan istilah Arduino “sketch” atau disebut juga source code arduino, dengan ekstensi file source code .ino Editor Programming pada umumnya memiliki fitur untuk cut / paste dan untuk find / replace teks, demikian juga pada Arduino IDE. Pada bagian keterangan aplikasi memberikan pesan balik saat menyimpan dan mengekspor serta sebagai tempat menampilkan kesalahan. Konsol log menampilkan teks log dari aktifitas Arduino IDE, termasuk pesan kesalahan yang lengkap dan informasi lainnya. Pojok kanan bawah menampilkan port serial yang di gunakan. Tombol toolbar terdapat ikon tombol pintas untuk memverifikasi dan meng-upload program, membuat, membuka, dan menyimpan sketch.(Dr. Muhammad Yusro, 2017)



Sumber: <http://apa-itu-arduino-ide-dan-arduino-sketch/>

Gambar 2.9 Tampilan Software Arduino IDE

1. Bagian Arduino IDE

Berikut adalah penjelasan bagian yang ada pada arduino IDE

- a. Verify pada versi sebelumnya dikenal dengan istilah Compile. Sebelum aplikasi di-upload ke board Arduino, biasanya untuk memverifikasi terlebih dahulu sketch yang dibuat. Jika ada kesalahan pada sketch, nanti akan muncul error. Proses Verify / Compile mengubah sketch ke binary code untuk di-upload ke mikrokontroler.
- b. Upload berfungsi untuk mengupload sketch ke board Arduino. Walaupun kita tidak mengklik tombol verify, maka sketch akan di-compile, kemudian langsung diupload ke board. Berbeda dengan tombol verify yang berfungsi untuk memverifikasi source code saja.
- c. New Sketch Membuka window dan membuat sketch baru.
- d. Open Sketch Membuka sketch yang sudah pernah dibuat. Sketch yang dibuat dengan IDE Arduino disimpan dengan ekstensi file .ino
- e. Save Sketch menyimpan sketch, tapi tidak disertai dengan mengcompile.
- f. Serial Monitor Membuka interface untuk komunikasi serial, nanti akan kita diskusikan lebih lanjut pada bagian selanjutnya.

- g. Keterangan Aplikasi pesan-pesan yang dilakukan aplikasi akan muncul di sini, misal *Compiling* dan *Done Uploading* ketika kita mengcompile dan mengupload sketch ke board Arduino
- h. Konsol log Pesan-pesan yang dikerjakan aplikasi dan pesan-pesan tentang sketch akan muncul pada bagian ini. Misal, ketika aplikasi mengcompile atau ketika ada kesalahan pada sketch yang kita buat, maka informasi error dan baris akan diinformasikan di bagian ini.
- i. Baris Sketch bagian ini akan menunjukkan posisi baris kursor yang sedang aktif pada sketch.
- j. Informasi Board dan Port Bagian ini menginformasikan port yang dipakai oleh board Arduino.
- k. Sketch Arduino Pada arduino bahasa pemrograman yang digunakan adalah bahasa C/C++. Program pada Arduino terbagi menjadi tiga bagian utama yaitu Structure, Values (berisi variable dan konstantata) dan yang terakhir function.

```
sketch_jan01a 5  
  
int ledPin = 13;  
  
void setup()  
{  
  pinMode(ledPin, OUTPUT);  
}  
  
void loop()  
{  
  digitalWrite(ledPin, LOW);  
}
```

Sumber : <http://apa-itu-arduino-ide-dan-arduino-sketch/>

Gambar 2.10 Sketch arduino IDE

1. Values. Berisi variable atau konstanta sesuai dengan type data yang didukung oleh Arduino.
2. Function. Segmentasi kode ke fungsi memungkinkan programmer untuk membuat potongan-potongan modular kode yang melakukan tugas yang terdefinisi dan kemudian kembali ke asal kode dari mana fungsi itu “dipanggil”.

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Tempat dan Waktu

Adapun lokasi penelitian ini dilaksanakan di Dusun Bintang Asih, Desa Rumah Sumbul, Kecamatan Sinembah Tanjung Muda Hulu, Kabupaten Deli Serdang, Provinsi Sumatera Utara. Waktu pelaksanaan penelitian tugas akhir ini berlangsung dimulai dari bulan 15 Februari 2021 sampai 30 Juni 2021.

3.2 Alat dan Bahan

Adapun peralatan yang digunakan pada penelitian kali ini adalah sebagai berikut:

1. Meteran, untuk mengukur panjang bahan yang digunakan
2. Multimeter digital, sebagai alat pengukur tegangan listrik
3. Tang ampere digital, sebagai alat pengukur arus listrik
4. Tang Crimping, berfungsi untuk pegencang kabel lug terhadap kabel.
5. Tang kombinasi, sebagai media jepit
6. Tang potong, untuk memotong kabel
7. Obeng, untuk mengunci skrup
8. Kunci ring dan pas untuk mengunci baut

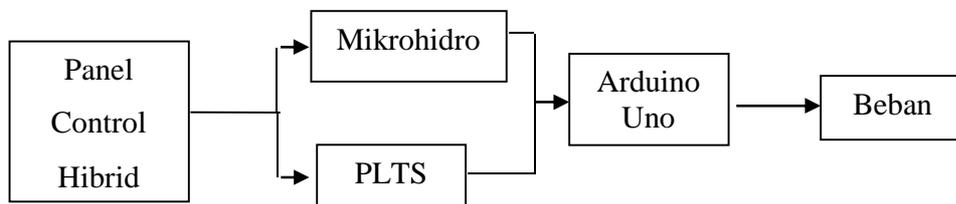
Dan adapun bahan-bahan yang dibutuhkan dalam perancangan pembangkit listrik tenaga hybrid (PLTMH dan PLTS) adalah sebagai berikut:

1. Modul Photovoltaik, berfungsi untuk mengubah sinar matahari menjadi energi listrik.
2. Inverter, berfungsi untuk mengubah arus searah menjadi arus tidak searah, dan tegangannya disesuaikan dengan tegangan yang dibutuhkan.

3. Baterai, berfungsi untuk menyimpan sementara listrik yang dihasilkan modul surya.
4. Solar Charge Controller, berfungsi untuk mengatur tegangan dan arus yang dikeluarkan dari modul surya, melakukan proses pengisian battery, mencegah battery dari pengisian yang berlebihan.
5. Generator, berguna sebagai penghasil energi listrik dari putaran energi mekanis.
6. Panel control berfungsi sebagai penstabil tegangan.
7. Arduino Uno, sebagai alat pengontrol beban pada tenaga hybrid.

3.3 Perancangan Sistem

Pada perancangan sistem ini pengontrol beban yang dihasilkan dari mikrohidro dan PLTS ketika masing – masing tegangan masuk ke inverter akan di kontrol menggunakan Arduino Uno seperti gambar berikut :



Gambar 3.1 Diagram Blok pengontrolan beban hibrida

3.3.1 Perancangan Hardware

Pada perancangan sistem hardware memiliki beberapa komponen yang dibutuhkan untuk mendapatkan data arus dan tegangan untuk menghasilkan data yang sesuai untuk mengalir energi listrik ke beban, yang kemudian dikontrol menggunakan arduino uno dengan cara pemasangan sensor arus menggunakan sistem seri, keluaran fasa dari

hibrida masuk ke sensor lalu ke beban, untuk sensor arus nanti nya akan dikontrol menggunakan arduino uno, kemudian sensor nanti nya dipasang dengan menggunakan sistem paralel. Sensor tegangan membutuhkan dua resistor yang salah satunya akan masuk ke arduino dan satunya lagi masuk ke fasa netral. Untuk menjalankan alat sensor tersebut menggunakan arduino sebagai alat pengoperasian yang nanti nya akan digerakan sesuai perintah untuk mengotrol beban yang disalurkan.

3.3.2 Perancangan Software

Perancangan ini menggunakan software Arduino IDE, sebagai perangkat lunak untuk membuat program coding sebagai kontrol beban pada tenaga hibrida, berikut adalah langkah – langkah nya:

1. Langkah pertama yaitu instal aplikasi Arduini IDE di laptop hingga selesai, kemudian buka aplikasi dan tunggu sampai menampilkan codingan
2. Langkah kedua yaitu membuat coding alat pemantau arus dan tegangan yang dijalankan dengan software di aplikasi, setelah coding selesai pilih gambar centang di aplikasi dengan bacaan komplie (Verify) untuk mengecek bahwa coding dalam keadaan benar atau tidak.
3. Langkah ketiga yaitu mengupload file coding yang sudah di verify tadi dengan file nama pemantauan arus dan tegangan.
4. Langkah Keempat yaitu mengupload coding yang sudah di verify tadi dengan memilik gambar panah mengarah ke kanan di aplikasi dengan bacaan upload coding dan selesai.

3.3.3 Perancangan Arduino IDE

Software Arduino IDE (*Integrated Development Environment*) adalah sebuah perangkat lunak yang memudahkan dalam mengembangkan aplikasi mikrokontroler mulai dari menuliskan source program, kompilasi,

upload hasil kompilasi, dan uji coba secara terminal serial. Arduino dapat dijalankan di komputer dengan berbagai macam *platform* karena didukung atau berbasis Java. Source program yang dibuat untuk aplikasi mikrokontroler adalah bahasa C/C++ dan dapat digabungkan dengan *assembly*. Berikut adalah prosedur cara menggunakan arduino IDE.(Dr. Muhammad Yusro, 2017)

1. Menyiapkan Arduino Board dan Kabel USB

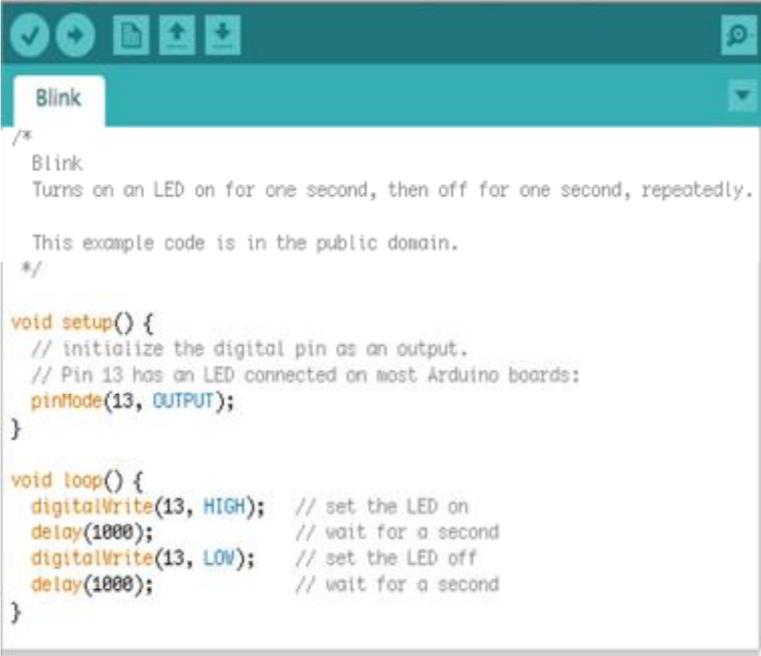


Gambar 3.2. Arduino dan Kabel USB

2. Men-download Software Arduino dapatkan versi terbaru dari halaman download yang tersedia di situs resmi Arduino, Setelah download selesai, unzip file yang didownload (jika mendownload file tipe .zip). Pastikan untuk mempertahankan struktur folder. Klik dua kali pada folder untuk membukanya, dan akan ada beberapa file dan sub-folder di dalam.
3. Menghubungkan Arduino Board ke Komputer. Arduino Uno, Mega Duemilanove dan Arduino Nano memerlukan sumber listrik dari salah satu koneksi USB komputer atau power supply eksternal. Sumber daya dipilih dengan jumper, plastik kecil yang terdapat antara USB dan jack listrik. Periksa apakah jumper diatur pada dua pin paling dekat dengan

port USB atau tidak. Hubungkan papan Arduino ke komputer menggunakan kabel USB. LED indikator daya hijau (berlabel PWR) akan menyala.

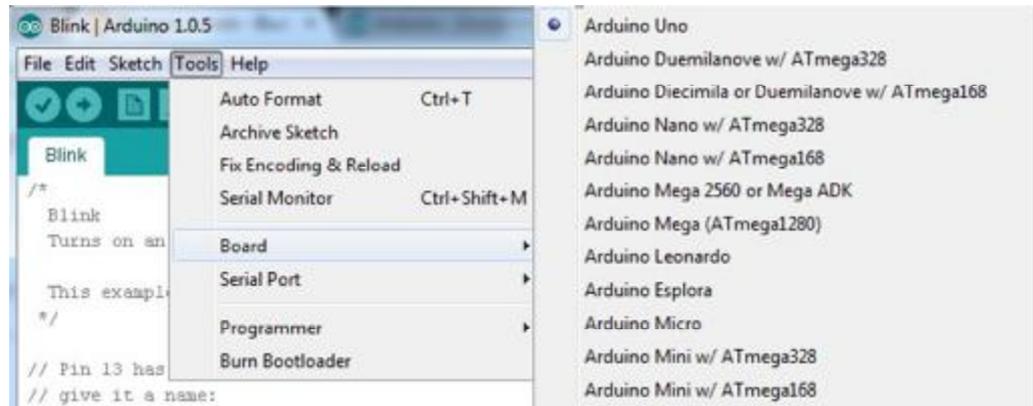
4. Membuka Software Arduino. Klik dua kali aplikasi Arduino, lalu dapat dilakukan simulasi dengan hal-hal sebagai berikut:
 - a. Buka contoh blink
 - b. Buka LED berkedip contoh sketsa: File > Examples > 1.Basics > Blink.

A screenshot of the Arduino IDE interface. The window title is "Blink". The code editor shows the following code:

```
/*  
Blink  
Turns on an LED on for one second, then off for one second, repeatedly.  
  
This example code is in the public domain.  
*/  
  
void setup() {  
  // initialize the digital pin as an output.  
  // Pin 13 has an LED connected on most Arduino boards:  
  pinMode(13, OUTPUT);  
}  
  
void loop() {  
  digitalWrite(13, HIGH); // set the LED on  
  delay(1000);           // wait for a second  
  digitalWrite(13, LOW); // set the LED off  
  delay(1000);           // wait for a second  
}
```

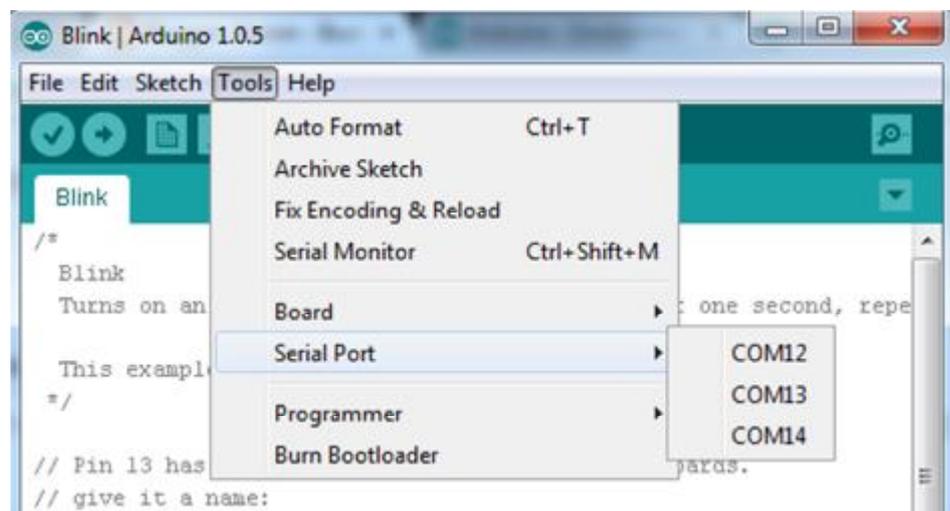
Gambar 3.3. Contoh Blink LED

- c. Pilih Board yang digunakan dengan memilih entri dalam menu Tools > Board yang sesuai dengan Arduino. Misalnya dipilih Arduino Uno



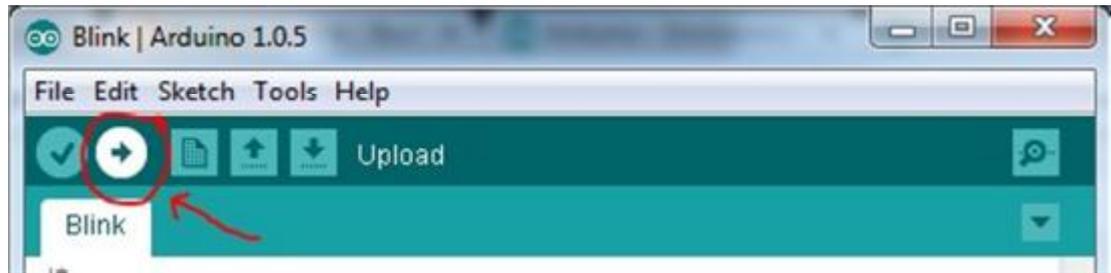
Gambar 3.4. Memilih Board

- d. Pilih port serial, pilih perangkat serial Arduino dari menu Tools Serial Port. Biasanya Port akan otomatis terdeteksi.



Gambar 3.5. Memilih Port

- e. Upload program Dengan meng-klik tombol "Upload". Tunggu beberapa detik – akan terlihat akan berkedip LED RX dan TX pada Arduino Board.



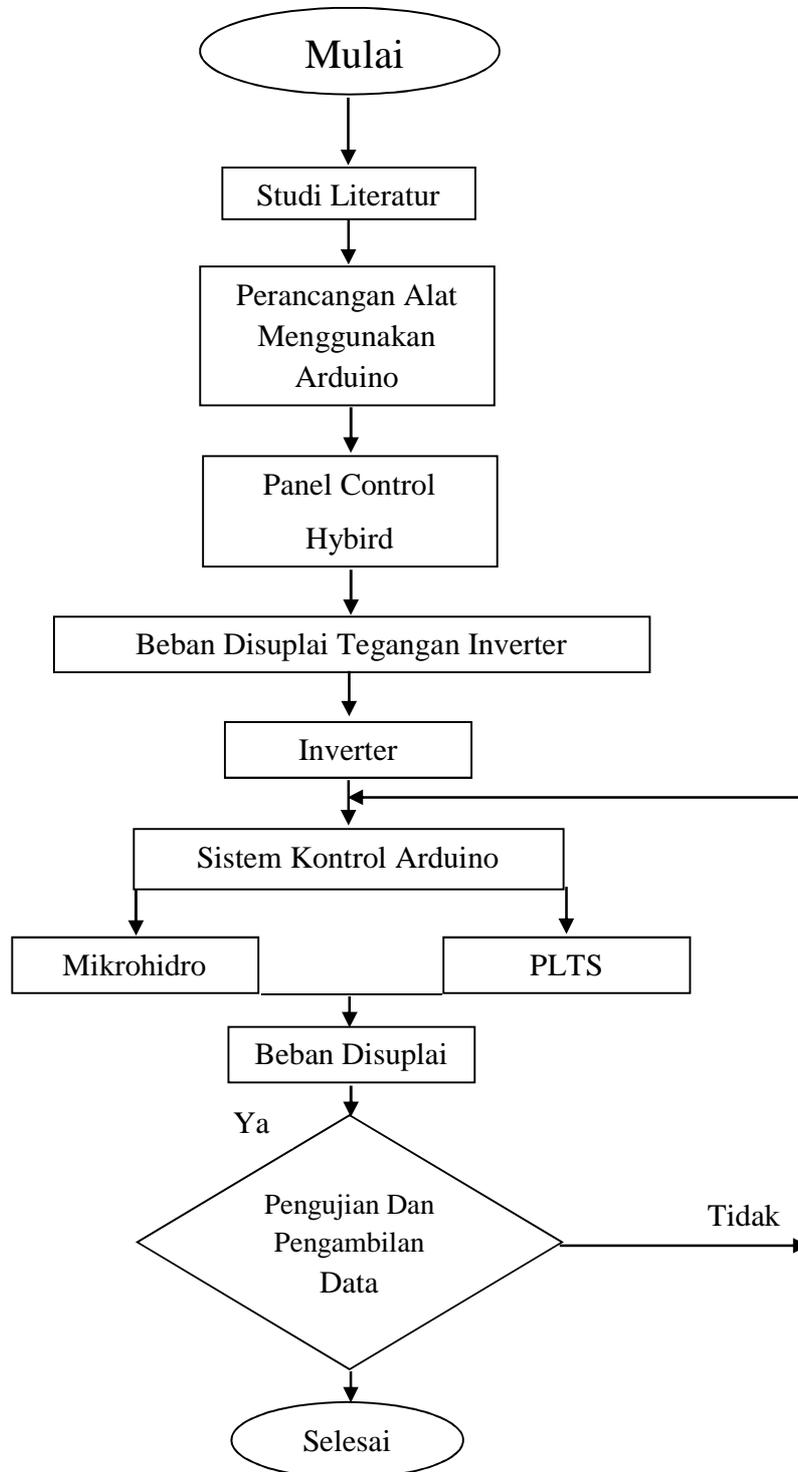
Gambar 3.6. Upload Program

- a. Arduino merupakan papan-tunggal mikrokontroler serba guna yang bisa diprogram dan bersifat open-source.
- b. Arduino Uno adalah salah satu kit mikrokontroler yang berbasis pada ATmega328. Modul ini sudah dilengkapi dengan berbagai hal yang dibutuhkan untuk mendukung mikrokontroler untuk bekerja.
- c. Arduino IDE menggunakan bahasa pemrograman C++ dengan versi yang telah disederhanakan, sehingga lebih mudah dalam belajar pemrograman.
- d. Software Arduino IDE (Integrated Development Environment) adalah sebuah perangkat lunak yang memudahkan dalam mengembangkan aplikasi mikrokontroler mulai dari menuliskan source program, kompilasi, upload hasil kompilasi, dan uji coba secara terminal serial.
- e. Hubungan komunikasi data antara IDE arduino dengan board Arduino digunakan komunikasi secara serial dengan protokol RS232. Jika board arduino sudah dilengkapi dengan komunikasi serial RS232 (biasanya USB), maka dapat langsung ditancapkan ke USB komputer. (Dr. Muhammad Yusro, 2017)

3.4 Prosedur Penelitian

1. Ketika pemakaian beban yang disalurkan dari panel kontrol hibrid berada di kondisi beban yang masih stabil
2. Selanjutnya sensor arus dan tegangan akan mengukur pemakaian beban dari panel secara bertahap.
3. Ketika kapasitas baterai berada pada posisi normal dan stabil maka arduino akan otomatis melakukan pengolahan data untuk mensuplai beban ke masing – masing rumah penduduk.

3.5 Flowchart



Gambar 3.7 Flowchart

BAB IV
HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Pengujian

Hasil pengujian Hybrid automatic Arduino Uno secara keseluruhan dilakukan untuk melihat kinerja sistem dari perangkat keras dan perangkat lunak apakah bekerja sesuai sistem yang diinginkan.

Metode yang digunakan dalam pengujian alat ini adalah dengan melakukan pengamatan langsung pada kedua sistem yang dibuat. Hasil keluaran dari hasil pengujian dan pengamatan dapat berupa tabel dan gambar grafik. Masing-masing Hybrid dilakukan pengujian sebanyak 5 kali, dengan konsep dan metode yang sama.

4.1.1 Hasil Pengujian Hybrid Arduino Uno

Hasil Pengujian Arduino Uno ketika drop tegangan Mikrohidro dan PLTS sebagai pergantian untuk mensuplay tegangan yang ada pada Mikrohidro

Tabel 4.1 Hasil Pengujian Rangkaian Arduino Kondisi Stabil

No.	Sistem kontrol Hybrid	Tampilan LCD	Kondisi Mikrohidro	Kondisi PLTS	Output	Status Mikrohidro	Status PLTS
1.	Arduino Uno	Pembacaan Emergency Stop	Tegangan 210	Tidak Menyuplai	Sistem	Run	Stop
					Lampu indikator	ON	OFF
		Mode Pembacaan	Memakai Mikrohidro	Tidak Terpakai	Relay 24 VDC	Aktif	Mati

		Mode Pembacaan	Lampu Hijau	Lampu Merah	Lampu indikator	on	Off
--	--	-------------------	----------------	----------------	--------------------	----	-----

Pada tabel 4.1 dapat dilihat tegangan PLTMH menyuplai ketika kondisi masi stabil yaitu ditegangan 210 VAC sedangkan kondisi PLTS dalam keadaan tidak menyuplai dikarenakan kodisi beban dari PLTMH masi dalam kedaan stabil, dan tampilan dari layar LCD yang di kontrol menggunakan Arduino uno dapat dilihat pada Gambar 4.1 dibawah.



Gambar 4.1 LCD Menunjukkan PLTMH Stabil

Hasil pengujian menunjukan PLTMH berada di tegangan 210 VAC yang berarti kondisi masi dalam kedaan stabil



Gambar 4.2 LCD Menunjukkan Lampu indikator

Pada tampilan LCD Gambar 4.2 menunjukkan tampilan dari lampu indikator, yang berarti ketika lampu hijau ON menandakan bahwa PLTMH sedang menyuplai sedangkan ketika lampu merah OFF menandakan bahwa PLTS sedang tidak menyuplai.

Tabel 4.2 Hasil Pengujian Rangkaian Arduino Kondisi Drop Tegangan

No.	Sistem kontrol Hybrid	Tampilan LCD	Kondisi Mikrohidro	Kondisi PLTS	Output	Status Mikrohidro	Status PLTS
2.	Arduino Uno	Pembacaan Emergency Stop	Tegangan 200	Aktif Menyuplai	Sistem	Stop	Run
					Lampu indikator	OFF	ON
		Mode Pembacaan	Memakai Mikrohidro	Tidak Terpakai	Relay 24 VDC	Mati	Aktif
		Mode Pembacaan	Lampu Hijau	Lampu Merah	Lampu indikator	OFF	ON

Pada tabel 4.2 dapat dilihat tegangan PLTMH mengalami drop tegangan sekitar 200 VAC kebawah yang dimana kondisi tersebut berarti menandakan PLTMH tidak sanggup untuk mensuplai beban. Dan PLTS seketika akan

membekup suplai agar kondisi kembali stabil. Dari layar LCD yang di kontrol menggunakan Arduino uno dapat dilihat pada Gambar 4.3 dibawah.



Gambar 4.3 LCD Menunjukkan PLTMH Drop tegangan

Hasil pengujian menunjukan kondisi PLTMH mengalami drop tegangan dibawah 200 VAC. Dan PLTS melalukan suplai agar kondisi stabil.



Gambar 4.4 LCD Menunjukkan Lampu Indikator

Pada tampilan LCD Gambar 4.4 menunjukkan tampilan dari lampu indikator, yang berarti ketika lampu hijau OFF menandakan bahwa PLTMH sedang mengalami drop tegangan, dan ketika lampu merah ON menandakan bahwa PLTS sedang menyuplai agar kondisi dari beban stabil.

4.2 Hasil Pengujian Arduino Hybrid Mikrohidro

Jaringan listrik Mikrohidro dalam penelitian ini merupakan suplai utama dimana kondisi Arduino dari Hybrid ditentukan oleh variabel yang terjadi pada Mikrohidro. Ketika Mikrohidro mengalami pemadaman listrik maka sistem Hybrid akan Memerintahkan Arduino ke suplai dari PLTS dan akan kembali Memerintahkan Arduino ke Mikrohidro ketika drop tegangan pada Mikrohidro telah stabil kembali. Waktu jeda untuk kedua sistem kontrol dibuat sama yaitu 1 detik. Hasil pengujian ketika sistem Hybrid memerintahkan Arduino dari suplai Mikrohidro ke suplai dari PLTS yang telah dilakukan ketika kondisi drop tegangan pada PLTS aktif mendapatkan hasil yang terdapat pada tabel dibawah ini:

Tabel 4.3 Hasil pengujian Arduino Mikrohidro ke PLTS

No.	Sistem Hybrid					
	Mikrohidro			PLTS		
	Jeda(s)	Vin(V)	Vout(V)	Jeda(s)	Vin(V)	Vout(V)
1	1	210	210	1	210	210
2	1	209	209	1	210	210

3	1	209	209	1	210	210
4	1	210	210	1	210	210
5	1	210	210	1	210	210

Dari hasil tabel 4.3 adalah pengujian pengontrolan Arduino Uno dengan menjalankan beban di Desa Bintang Asih dengan menggunakan mikrohidro sebagai penyuplainya. Sistem dari pengontrolan Arduino Uno untuk di Hybrid agar tegangan pada mikrohidro nantiya jika dalam keadaan drop maka PLTS yang akan bergantian menyuplai beban di Desa Bintang Asih dengan sistem bergantian secara otomatis. Untuk tegangan rata-rata normal pada Mikrohidro sebesar 210 Volt dengan pemakaian dalam 1 hari. Dengan begitu untuk melihat apabila terjadi drop tegangan maka tegangan sebesar 200 Volt maka terjadinya namanya drop tegangan.

Dalam penanda Mikrohidro dalam kondisi hidup dengan memberi tanda sebagai lampu indikator berwarna hijau. Dengan diberi tandanya dapat lebih mudah mengetahui bahwa mikrohidro dalam kondisi hidup ataupun mati dapat dilihat pada tabel 4.4 dibawah ini.

Tabel 4.4 Status lampu indikator ketika Mikrohidro aktif

Pengujian ke-	Lampu Indikator	Sistem Hybrid
		Arduino
1	Mikrohidro	ü
	PLTS	☐
2	Mikrohidro	ü
	PLTS	☐
3	Mikrohidro	ü
	PLTS	☐
	Mikrohidro	ü

4		
	PLTS	ü
5	Mikrohidro	ü
	PLTS	ü

4.3 Hasil Pengujian Arduino Hybrid PLTS

Jaringan PLTS dengan bersumber dari sinar matahari dan diubah menjadi energi listrik yang nantinya akan disuplai di Desa Bintang Asih. disini digunakan PLTS untuk di Hybrid dan membackup tengangan yang akan disalurkan di Desa Bintang Asih dengan terjadinya drop tegangan pada Mikrohidro maka suplai tegangan akan di gantikan ke PLTS, terjadinya drop tegangan sebesar 200 Volt jadi jika tegangan dibawah dari 200 Volt. Arduino akan secara otomatis Hybrid dengan PLTS.

Dapat dilihat pada tabel 4.5 di bawah ini dalam pengujian Arduino Mikrohidro dalam kondisi mati karena terjadinya drop tegangan mencapai sebesar 200 Volt pengambilan data dilakukan dalam 5 kali namun hasil keluaran drop tegangan dengan hasil yang sama. Namun juga pengambilan data pada PLTS dengan tegangan sebesar 210 Volt dengan pengambilan data sebanyak 5 kali.

Tabel 4.5 Hasil pengujian Arduino Mikrohidro mati

No.	Sistem Hybrid					
	Mikrohidro			PLTS		
	Jeda(s)	Vin(V)	Vout(V)	Jeda(s)	Vin(V)	Vout(V)
1	1	200	200	1	210	210
2	1	200	200	1	209	209
3	1	200	200	1	210	210
4	1	200	200	1	209	209
5	1	200	200	1	210	210

Disini lampu indikator untuk penanda bahwa PLTS sudah di Hybrid kan dengan penanda lampu indikator berwarna Merah.

Tabel 4.6 Status lampu indikator ketika Mikrohidro mati

Pengujian ke-	Lampu indikator	Sistem Hybrid
		Arduino Uno
1	Mikrohidro	☐
	PLTS	ü
2	Mikrohidro	☐
	PLTS	ü
3	Mikrohidro	☐
	PLTS	ü
4	Mikrohidro	☐
	PLTS	ü
5	Mikrohidro	☐
	PLTS	ü

4.4 Hasil Pengujian Keseluruhan

Hasil pengujian keseluruhan yang didapat dengan melakukan dua percobaan dan dalam pengambilan data sebanyak lima kali. Dengan hasil tegangan pengambilan pertama sebelum terjadinya drop tegangan yaitu tegangan pertama sebesar 210 Volt, tegangan kedua sebesar 209 Volt, tegangan ketiga sebesar 209 Volt, tegangan keempat sebesar 210 Volt, dan tegangan kelima sebesar 210 Volt.

Hasil Percobaan kedua untuk pengontrolan nilai tegangan setelah terjadinya drop tegangan mencapai masuk 200 Volt dengan pengambilan sebanyak 5 tahap dengan hasil tegangan masuk sebesar 200 volt

Tabel 4.7 Tabel Hasil Pengujian Arduino Uno

Suplai	Arduino Uno		Arduino Uno	
	Vin(V)	Vout(V)	Vin(V)	Vout(V)
Mikrohidro	210	0	200	0
	209	0	200	0
	209	0	200	0
	210	0	200	0
	210	0	200	0
PLTS	210	0	210	0
	210	0	209	0
	210	0	210	0
	210	0	209	0
	210	0	210	0

BAB V

PENUTUP

5.1 KESIMPULAN

Berdasarkan dari penelitian dan pengujian yang telah dilakukan, maka didapatkan beberapa kesimpulan antara lain.

1. Berdasarkan pengontrolan beban pembangkit Hybrid berbasis Arduino Uno dalam kondisi baterai yang sesuai dengan kondisi beban namun cara pengontrolannya menggunakan Arduino Uno untuk pergantian Mikrohidro ke PLTS sebagai pusat penyuplai daya pada Desa Bintang Asih.
2. Sistem kontrol pada pembangkit Hybrid sudah dapat beroperasi sesuai dengan harapan dalam mempertahankan optimalisasi beban, meskipun dalam drop tegangan yang diakibatkan oleh pengaruh lingkungan. Drop tegangan yang terjadi pada Mikrohidro sebesar 200 Volt dengan dari tegangan awal mencapai 210 Volt.

5.2 SARAN

Untuk penelitian selanjutnya diharapkan Perancangan sistem kontrol pada tenaga hybrid ini dapat dikembangkan dengan penggunaan dari pembangkit listrik yang lain dan lebih terbaru lagi agar suplai beban yang digunakan jauh lebih besar , sehingga stabilitas dan efektifitas saat penyuplaian dapat lebih baik dan optimal. Juga diharapkan agar sistem pengontrolan menggunakan alat yang lebih terbaru lagi dan baik agar mudah untuk digunakan oleh siapa pun.

DAFTAR PUSTAKA

- Android, M. S. (2020). *Scientific Journal Widya Teknik*. 19(1), 1–7.
- Ariandy, M., Sumaryo, S., & Estananto. (2018). Perancangan Sistem Pengisi Dan Penyalur Daya Baterai Pada Pembangkit Listrik Tenaga Hybrid. *E-Proceedings of Engineering*, 5(2), 1871–1882.
<https://openlibrarypublications.telkomuniversity.ac.id/index.php/engineering/article/view/6549>
- Ngakan, D., Putra, K., Mesin, J. T., Udayana, U., Bukit, K., & Badung, J. (2009). *Kajian Potensi Pengembangan Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro Memanfaatkan Aliran Sungai Kelampuak di Desa Potency of Micro Hydro Power Plant Development Use of Kelampuak River Flow Located in Tamblang Village – Buleleng*. 3(1).
- Dr. Muhammad Yusro, M. (2017). *Program Studi D3 Teknik Elektronika*.
- Gianda.R.J.Wungow. (2016). *Sistem kontrol Pembangkit Hybrid Jurusan Teknik Elektro*.
- Hartawan Abdillah, A.N. Afandi, Aldilla Qurrata A'yun, & Sulton Ari wibowo. (2019). Kendali Supply Beban Pada Sistem Pembangkit Hybrid. *Jurnal Intake : Jurnal Penelitian Ilmu Teknik Dan Terapan*, 10(2), 52–56.
<https://doi.org/10.48056/jintake.v10i2.74>
- Rimbawati. (2021). *Perancangan Automatic Transfer Switch Berbasis Zelio (Aplikasi Pada PLTS Pematang Johar)*. 7–12.
- Rimbawati, & Yusniati. (2019). Perancangan Sistem Proteksi Menggunakan Modul Deep Sea Elektronik 3110 Pada PLTMH Bintang Asih. *Journal of Electrical Technology*, 4(1), 1–8.
- Hiron, N., Elektro, T., Teknik, F., & Siliwangi, U. (2019). *Optimasi kinerja sistem pembangkit hybrid*. 01(01), 7–11.
- Kuncoro, C. B. D., Falahuddin, M. A., Sutandi, T., Hadi, R. M., Terapan, L. R., Bandung, P. N., & Barat, J. (2017). *Pengembangan Sistem Monitoring Mini*

Showcase Bertenaga Listrik Hybrid Berbasis Aplikasi Android The Development of The Monitoring System for Hybrid Electric Power of The Mini Showcase based on an Android Applications.

- May, L. E. (2013). Sistem Current Limiter Dan Monitoring Arus Serta Tegangan Menggunakan Sms Untuk Proteksi Pada Penggunaan Beban Rumah Tangga. *Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya*, 53(9), 1689–1699.
- Rimbawati, & Yusri, M. (2020). Synchronization testing of hybrid generators (Solar and wind) based on dc-ac inverters. *Proceedings of the International Conference on Industrial Engineering and Operations Management, August*, 3726–3733.
- Mustek Anim, 2016.* (n.d.).
- Pongoh, J., Samman, F. A., & Tola, M. (2013). *Pengaturan Pembangkitan Tenaga Listrik dari Baterai sesuai Kondisi Beban Secara Optimal.* 20–23.
- Raharjo, P., Sujanarko, B., Hardianto, T., Elektro, J. T., Teknik, F., Jember, U., & Kalimantan, J. (2000). *Perancangan sistem hibrid solar cell - baterai – pln menggunakan programmable logic controllers (design of hybrid system solar cell - battery - pln using.* 1–5.
- Rauf, R., Budiman, & Helny Lalan. (2005). Studi Penyediaan Daya Listrik Hibrid (PLTMH , Photofoltaik) di Kabupaten Pesisir. *Fortei 2017*), 319–328.
- Seminar, P., Nciet, N., & Conference, N. (2020). Rancang Bangun Suplai Hybrid Energy Dengan Auto Selection Switching Untuk Beban Charger Battery Pada Laptop Dan Cooling Pad. *Prosiding Seminar Nasional NCIET*, 1(1), 1–12.
<https://doi.org/10.32497/nciet.v1i1.8>
- Sianipar, R. (2014). *Dasar Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya.* 11(2), 61–78.
- Subandi1, Slamet Hani2, 2015.* (n.d.).
- Sukandi, A., Ridwan, E., Andini, D., Gifari, H. N., & Iriansyah, M. F. (2020). *Rancang Bangun Kontroler Pembangkit Listrik Hybrid Angin Dan Surya Berbasis Arduino.* 62–72.

Very Dwiyanto, Dyah Indriana K, S. T. (2018). Analisis Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH) Studi Kasus : Sungai Air Anak (Hulu Sungai Way Besai). *Jurnal Rekayasa Sipil Dan Desain*, 4(3), 407–422.

<https://www.neliti.com/id/publications/127987/analisis-pembangkit-listrik-tenaga-mikro-hidro-pltmh-studi-kasus-sungai-air-anak>

Wisnu, A., Nugraha, W., & Rosyadi, I. (2016). *Desain sistem monitoring nirkabel berbasis website untuk pemantauan baterai dan beban pembangkit listrik hibrida surya - angin*. 5(2252), 137–142.

Yohanes, E., & Marpaung, N. L. (2016). Perancangan Switch Control Battery Charger Pada Pembangkit Listrik Tenaga Hybrid Sebagai Suplai Beban Rumah Pedesaan. *Jom FTEKNIK*, 3(2), 1–8.

LEMBAR ASISTENSI TUGAS AKHIR

Penerapan Sistem Kontrol Beban Pada Pembangkit Tenaga Hybrid (PLTMH Dan PLTS) Sebagai Supply Beban Rumah Pedesaan Berbasis Arduino Uno

Nama : M Alfarisi Hasan
NPM : 1707220033

Dosen Pembimbing : Rimbawati., S.T, M.T.,

No	Hari/Tanggal	Kegiatan	Paraf
1.	26 / 3 - 2021	perbaiki ruang lingkup dan pustaka relevan	Prof.
2.	8 / 3 - 2021	Rapikan margin lanjut BAB III	Prof.
3.	15 / 3 - 2021	perbaiki metode penelitian	Prof.
4.	29 / 3 - 2021	perbaiki perancangan sistem	Prof.
5.	30 / 3 - 2021	perbaiki front cover	Prof.
6.	7 / 4 - 2021		Prof.
	Ute sempit 10/4 2021		Prof. i



UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
(UMSU)
FAKULTAS TEKNIK – TEKNIK ELEKTRO

BERITA ACARA BIMBINGAN TUGAS AKHIR (SKRIPSI)

Nama : MUHAMMAD ALFARISI HASAN
NPM : 1707220033
Fakultas : TEKNIK ELEKTRO
Judul : PENERAPAN SISTEM KONTROL BEBAN PADA PEMBANGKI TENAGA HYBRID (PLTMH DAN PLTS) SEBAGAI SUPPLY BEBAN PEDESAAN BERBASIS ARDUINO UNO

NO	TANGGAL	CATATAN ASISTENSI	PARAF PEMBIMBING
1.	30/8/2021	Perbaikan flowchart	my
2.	2/9/2021	Melaborasi ke PLTS	my
3.	9/9/2021	Perencanaan hardware	my
4.	12/9/2021	Tambah fungsi keiga	my
5.	14/9/2021	perbaiki label	my
6.	20/9/2021	ganti halaman	my
7.	27/9/2021	perbaiki perubasan.	my
		UCC sembras 29/9/2021	my

Mengetahui,
Pembimbing

Rimbawati, S.T., M.T



UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
(UMSU)
FAKULTAS TEKNIK – TEKNIK ELEKTRO

BERITA ACARA BIMBINGAN TUGAS AKHIR (SKRIPSI)

Nama : MUHAMMAD ALFARISI HASAN
NPM : 1707220033
Fakultas : TEKNIK ELEKTRO
Judul : PENERAPAN SISTEM KONTROL BEBAN PADA PEMBANGKIT
TENAGA HYBRID (PLTMH DAN PLTS) SEBAGAI SUPPLY
BEBAN PEDESAAN BERBASIS ARDUINO UNO

NO	TANGGAL	CATATAN ASISTENSI	PARAF PEMBIMBING
1	10/10/2021	perbaiki kesimpulan	
2	9/11/2021	perbaiki HALAMAN dan margin	
3	12/10/2021	UCC sidang sarjana	

Mengetahui

Rimbawati S.T., M.T

Penerapan Sistem Kontrol Beban Pada Pembangkit Tenaga Hybrid (PLTMH Dan PLTS) Sebagai Supply Beban Pedesaan Berbasis Arduino Uno

Muhammad Alfarisi Hasan¹⁾.Rimbawati S.T., M.T²⁾

¹⁾Mahasiswa Program Sarjana Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara

²⁾Pengajar dan Pembimbing Program Sarjana Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara Jl. Kapt. Muchtar Basri No. 3, Glugur Darat II, Kec. Medan Timur, Medan, Sumatera Utara, Indonesia

E-mail : alfarisihasan543@gmail.com

Abstract

Energi listrik merupakan energi yang sangat penting bagi kehidupan manusia, mulai dari yang tinggal di daerah perkotaan sampai pada daerah pedesaan. Dari kebutuhan yang sifatnya mendasar seperti untuk kebutuhan rumah tangga, hingga untuk kebutuhan komersil, hampir semuanya membutuhkan energi listrik. Pada saat ini, penyaluran energi listrik di Indonesia masih sangat terbatas. Tidak terjangkaunya akses listrik bagi penduduk yang tinggal di daerah pedesaan adalah salah satu contoh dampak dari terbatasnya penyaluran energi listrik yang disalurkan oleh Pembangkit Listrik Negara (PLN). Salah satu upaya untuk mengatasi tidak terjangkaunya sumber energi listrik di daerah pedesaan, adalah dengan menggunakan pembangkit Listrik Tenaga Hybrid merupakan salah satu cara yang digunakan penduduk untuk dapat menikmati listrik karena tidak tersedianya sumber energi listrik pada waktu tertentu. Penelitian ini berfokus pada Penerapan Sistem Kontrol Beban Pada Pembangkit Tenaga *Hybrid* (PLTMH dan PLTS) Sebagai *Supply* Beban Pedesaan Berbasis Arduino Uno yang berlokasi di Dusun Bintang Asih Desa Rumah Sumbul Kec.Tanjung Muda Hulu Kabupaten Deli Serdang Provinsi Sumatera Utara. Fungsi arduino uno pada penelitian ini sebagai alat pengontrolan beban yang akan dihasilkan oleh tenaga *hybrid* yang kemudian beban dari pembangkit tersebut akan dijadikan *supply* ke pedesaan sebagai sumber energi listrik, Berdasarkan pengujian dan pengamatan yang dilakukan, dapat diketahui bahwa arduino dapat melakukan pengontrolan beban secara optimal ketika beban dari pembangkit hybrid akan disupply, dan untuk proses beban tenaga PLTMH dan PLTS bisa sinkron dapat dilihat pada table di bab 4 dimana penggabungan antara kedua tenaga tersebut dapat digabungkan melalui proses ketika mikrohidro drop di tegangan 200 Volt maka Arduino Uno akan memerintahkan PLTS sebagai backup tenaga agar konsisi tegangan di hybrid menjadi stabil. Dan untuk sinkronisasi daya PLTS menjadi DC di proses pada inverter yang terdapat pada panel. Dari hasil pengontrolan yang dilakukan pengujian alat berjalan sesuai prosedur dimana hasil pembagian beban dari pembangkit *hybrid* sebagai *supply* beban untuk pedesaan tercukupi.

Kata Kunci : Arduino Uno, PLTS,PLTMH,HYBRID

Abstract

Electrical energy is energy that is very important for human life, ranging from those living in urban areas to rural areas. From basic needs such as household needs, to commercial needs, almost all of them require electrical energy. At this time, the distribution of electrical energy in Indonesia is still very limited. The inaccessibility of electricity access for residents living in rural areas is one example of the impact of the limited distribution of electrical energy distributed by the State Electricity Generator (PLN). One of the efforts to overcome the inaccessibility of electrical energy sources in rural areas, is to use a Hybrid Power Plant, which is one way that residents can enjoy electricity because of the unavailability of electrical energy sources at certain times. This research focuses on the application of load control systems in hybrid power plants (MHPP and PLTS) as an Arduino Uno-based rural load supply located in Bintang Asih Hamlet, Rumah Sumbul Village, Tanjung Muda Hulu District, Deli Serdang Regency, North Sumatra Province. The function of the Arduino Uno in this study is as a means of controlling the load that will be generated by hybrid power which then the load from the generator will be used as a supply to the countryside as a source of electrical energy. Based on the tests and observations made, it can be seen that Arduino can control the load optimally when The load from the hybrid generator will be supplied, and for the process of synchronous PLTMH and PLTS power loads, it can be seen in the table in chapter 4 where the combination of the two energies can be combined through the process when the micro-hydro drops at a voltage of 200 Volts, Arduino Uno will order the PLTS as a backup power. so that the voltage condition in the hybrid becomes stable. And for synchronizing PLTS power to DC, it is processed on the inverter located on the panel. From the results of the control carried out the testing of the tool runs according to the procedure where the results of load distribution from the hybrid generator as a load supply for rural areas are fulfilled.

Key Word : Arduino Uno, PLTS, PLTMH, HYBRID