

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Kajian Penelitian Terdahulu

Perancangan inverter dc ke ac pada dasarnya sudah banyak dijumpai disekitar kita , juga telah banyak digunakan untuk penulisan tugas akhir atau skripsi mahasiswa dari perguruan tinggi di Indonesia. Berikut ini disajikan beberapa penelitian terdahulu yang merupakan referensi teori terkait dengan kasus atau permasalahan yang akan diselesaikan, yang dikumpulkan dari berbagai sumber.

Penelitian oleh Erni Widarti, Ernes Cahyo Nugroho , Ratna Herawati , Muhamaad Naufal Ma'arif (2021) melakukan penelitian dan disebutkan bahwa sebagai alternatif untuk pemasokan listrik, banyak masyarakat menggunakan genset agar tidak mengganggu aktifitas atau pekerjaan masyarakat. Permasalahannya disini adalah sering terjadi kerusakan pada mesin dan dinamo genset atau tegangan yang menurun sehingga genset tidak dapat bekerja secara maksimal. Metode Pengumpulan data dilakukan melalui peninjauan langsung ke rumah yang akan diteliti. Yakni seberapa butuhkah besaran listrik yang diperlukan di suatu rumah agar pembangunan infrastuktur Inverter Pure Sinus tidak mengalami kendala.

Kesimpulan bahwa alat ini telah bekerja dengan fungsinya, yaitu sebagai alat pengganti genset yang berbasis IoT. Pada hasil perancangan alat yang dibuat telah berhasil di rancang dan bekerja dengan sempurna dan bisa

di terapkan pada masyarakat yang membutuhkan bantuan cadangan listrik.

Pada

proses pengiriman notifikasi sudah berjalan dengan lancar dan muncul di aplikasi blynk maupun notifikasi pada smartphone [1]

Penelitian oleh Aan Maulana Iksan yang berjudul Rancang Bangun Inverter Dc Ke Ac Satu Fasa Mode Push Pull Berbasis Arduino. Adanya faktor untuk memajukan dunia elektronika tentunya akan menciptakan alat – alat elektronika yang semakin canggih dan beragam. Salah satunya adalah inverter yang berfungsi mengubah tegangan DC menjadi tegangan AC. Inverter ini digunakan untuk menyediakan listrik cadangan baik di kendaraan maupun dirumah, untuk keadaan darurat saat listrik dirumah padam.

Hasil dari pengujian rancang bangun inverter ini yang menggunakan filter dan satu tingkat saja yaitu frekuensi yang dihasilkan sebesar 50Hz dan tegangan yang dihasilkan dari sumber aki 12 volt 6Ah saat tanpa beban adalah 220 volt, serta hasil dari pengujian alat mampu menghidupkan charger handphone sebesar 10 watt, solder sebesar 60 watt, dan kipas angin sebesar 20 watt [2]

Penelitian oleh Satria Dinasti ,Mohammad Luqman ,Agus Pracoyo (2022) yang berjudul Pembangkit Sinyal SPWM Berbasis Arduino Uno . PLN adalah sumber catu dayautama penyedia energi listrik untuk masyarakat, suatu saat pasti akan terjadi pemadaman listrik. Dikarenakan energi listrik sangat dibutuhkan oleh perkantoran,perhotelan, perindustrian,perumahan mewah dan sekolah - sekolah. Sehingga jika energi listrik dari PLN padam maka seluruh aktifitas akan berhenti dan terganggu. Seiring waktu berjalan

kebutuhan listrik akan terus meningkat dengan adanya peningkatan dan perkembangan baik dari jumlah penduduk dan perkembangan teknologi. Berdasarkan hasil dari pengujian dan analisa pada alat Output berupa gelombang SPWM, di dapatkan dari output frekuensi arduino uno yang diatur menjadi 10 KHz lalu terdapat IRF9540 dan IRF540 berfungsi untuk mengubah tegangan DC menjadi tegangan AC kecil 12 VAC kemudian terdapat trafo Step Up berfungsi untuk menaikkan tegangan 220 VAC [3]

Penelitian oleh Risky Binsar Pandapotan Simanjuntak, M Safii, Fitri Anggraini, Sumarno, Indra Gunawan (2021) yang berjudul rancang bangun inverter mengubah arus listrik dc ke ac berbasis arduino uno . Pada saat ini energi listrik sangat dibutuhkan dalam hal membantu manusia dalam melakukan kegiatan aktivitasnya baik itu dalam melakukan pekerjaan mereka sehari-hari. Untuk itu perlu di antisipasi dengan cara membuat alat inverter yang tujuannya untuk membuat semua aktivitas yg dilakukan mereka menggunakan energi listrik tidak terganggu. Alat ini dibantu dengan menggunakan Arduino Uno sebagai bahan utamanya yang nantinya energi listrik DC yaitu baterai akan di ubah ke energi listrik yang biasa kita pakai yaitu energi listrik AC.

Berdasarkan hasil penelitian, besar sumber daya yang dipakai penulis sangat berpengaruh terhadap daya yang dihasilkan oleh inverter kemudian Inverter yang telah dibuat mampu menghidupkan beban berupa lampu, solder (Pemanas) dengan daya yang berbeda. Jadi Arduino berperan sebagai pembangkit gelombang PWM (Pulse Width Modulation). untuk

membangkitkan frekuensi sekaligus mensaklar mosfet secara bergantian sehingga pada trafo step-up terjadilah suatu induksi dan induksi tersebut menghasilkan tegangan 220 AC pada kumparan primer trafo step-up [4]

Penelitian oleh Asriyadi, Andi Wawan Indrawan, Sarwo Pranoto, Ahmad Rizal Sultan, Rachmat Ramadhan (2016) yang berjudul Rancang Bangun Automatic Transfer Switch (ATS) System Hybrid. Automatic transfer switch (ATS) atau Automatic Main Failure (AMF). Dimana, sistem ATS/AMF umumnya digunakan pada pengalihan suplai energi listrik dari PLN ke Generator set (Genset) atau sebaliknya dari suplai Genset ke suplai PLN. Berdasarkan permasalahan yang dikemukakan diatas, maka perlu adanya suatu sistem pembangkit listrik yang menggunakan sumber energi terbarukan untuk mengantisipasi keterbatasan energi yang disuplai dari PLN yang dapat memberikan kontribusi pada ketahanan energi negara, memberikan keuntungan finansial berupa penurunan biaya tarif pemakaian listrik PLN dan dimungkinkan pula dapat menjual kelebihan energi listrik yang dibangkitkan dari sistem pembangkit listrik energi terbarukan serta ramah lingkungan

Kesimpulanya yaitu pada proses kegiatan penelitian ini, telah dilakukan desain dan pembuatan sistem kontrol ATS/AMF yang meliputi pengembangan algoritma dan pembuatan sistem kontrol ATS/AMF. Hasil penelitian menunjukkan Komponen-komponen yang digunakan bekerja dengan baik serta modul sistem kontrol yang telah dirancang dan dibuat bekerja sesuai dengan algoritma yang dikembangkan untuk sistem pengalihan

yang menggunakan sumber energi dari PLTS, PLN dan Genset dibuktikan dengan Lampu Indikator yang aktif pada sisi PLTS, Voltmeter digital PLTS menunjukkan besaran tegangan 227 Volt dan lampu pijar yang menyala dalam hal ini sebagai simulasi beban [5]

Tabel 2.1 Review Jurnal

NO	Judul	Mikrokontroler	Keterangan
1	Inverter Pure Sinus sebagai Pengganti Genset Berbasis IoT	Esp8266	Pada penelitian ini tidak dijelaskan menggunakan sensor apa saja, dan inverter akan mengirimkan notifikasi pada pengguna saat alat beroperasi
2	Rancang Bangun Inverter Dc Ke Ac Satu Fasa Mode Push Pull Berbasis Arduino.	Arduino Uno	Pada penelitian ini gelombang output inverter masih belum sinus murni, tetapi berupa gelombang modifikasi (MSW)
3	Pembangkit Sinyal SPWM Berbasis Arduino Uno	Arduino Uno	Output berupa gelombang SPWM, di dapatkan dari output frekuensi arduino uno yang diatur menjadi 10 KHz lalu terdapat IRF9540 dan IRF540 berfungsi untuk mengubah tegangan DC menjadi tegangan AC kecil 12 VAC kemudian terdapat trafo Step Up
4	Rancang Bangun Inverter Mengubah Arus Listrik Dc Ke Ac Berbasis Arduino Uno	Arduino Uno	Dalam penelitian ini Inverter yang telah dibuat mampu menghidupkan beban berupa lampu, solder (Pemanas) dengan daya yang berbeda. Jadi Arduino berperan sebagai pembangkit gelombang PWM (Pulse Width Modulation). Fungsi gelombang PWM berfungsi untuk membangkitkan frekuensi sekaligus mensaklar dua buah mosfet secara bergantian sehingga pada trafo step-up
5	Rancang Bangun Automatic Transfer		Dalam penelitian ini sistem kerja ATS/AMF menggunakan

	Switch (ATS) System Hybrid. Automatic transfer switch (ATS) atau Automatic Main Failure (AMF).		kombinasi relay dan kontaktor agar dapat menghantarkan daya yang besar.
--	--	--	---

Dalam sebuah penelitian tentunya akan ada sebuah referensi yang dijadikan sebuah acuan, sedangkan untuk penelitian disini ada beberapa perbedaan dari peneliti terdahulu diantaranya yaitu sistem kerja inverter disini nantinya bukan hanya sekedar aktif saja ,namun juga dapat mendeteksi dan mengirimkan notifikasi berupa data voltase,daya,frekuensi,dan power faktor karena pada penelitian ini akan ditambahkan sensor PZEM-004 yang mana pada penelitian terdahulu belum ditambahkan sensor serupa. Selain itu pada penelitian ini inverter dapat menghasilkan gelombang sinus murni seperti halnya gelombang listrik PLN ,sehingga kedepanya akan aman saat digunakan menyalakan perangkat elektronik.

2.2 Kajian Teori

2.2.1 IoT (Internet of Things)

IoT adalah singkatan dari internet of things yang memiliki arti bahwa internet adalah segalanya. Hal ini memberi makna bahwa suatu konsep saat suatu benda mempunyai teknologi seperti sensor dan software memiliki tujuan dalam berkomunikasi, menghubungkan, bertukar data menggunakan perangkat lain saat terhubung ke internet.[6].

IoT adalah sebuah metode yang bertujuan untuk memaksimalkan manfaat dari koneksi internet untuk melakukan transfer dan pemrosesan data-data atau informasi melalui sebuah jaringan internet secara nirkabel, virtual dan otonom. IoT dapat didefinisikan kemampuan berbagai device yang bisa saling terhubung dan saling bertukar data melalui jaringan internet. Jadi bisa dikatakan IoT merupakan sebuah teknologi yang memungkinkan adanya sebuah pengendalian, komunikasi, kerjasama dengan berbagai perangkat keras, data melalui jaringan internet [7]

Komponen IoT (Internet Of Things)

A. Sensor

Sensor adalah salah satu hal memiliki fungsi dalam pengambilan data dari suatu objek. Data yang dimaksud bisa berupa informasi misalkan temperature udara yang sesuai dengan tayangan video.

Karena IoT adalah teknologi memiliki beberapa sensor berfungsi dalam mendapatkan banyak data untuk memberi informasi lengkap terhadap penggunanya. Maka dari itu dalam teknologi ini memerlukan sensor didalamnya.

B. Konektivitas

Untuk mengirimkan data yang diambil dari sensor tersebut maka memerlukan jaringan internet sebagai medianya. Ada banyak sekali pilihan konektivitas seperti jaringan seluler atau Wi-Fi.

Dari kedua sumber internet ini memiliki banyak kelebihan serta kekurangannya masing-masing. Namun IoT adalah sebuah sistem stabil untuk itu disarankan memakai akses lebih stabil.

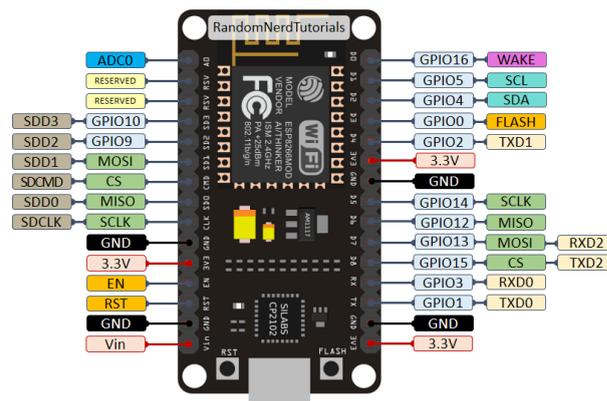
C. Data Olahan

Setelah melalui pengiriman yang mana memerlukan konektivitas maka selanjutnya adalah data didapat akan melalui proses pengolahan sebelum terjadinya dan terbentuknya suatu perintah.

D. User Interface (UI)

Perangkat yang berfungsi dalam mengendalikan device dari IoT sendiri.

2.2.2 Modul Esp8266



Gambar 2.1 Modul Esp8266

ESP8266 merupakan modul yang berfungsi sebagai perangkat tambahan mikrokontroler seperti Arduino agar dapat terhubung langsung dengan wifi dan membuat koneksi TCP/IP. Modul ini membutuhkan daya sekitar 3.3v dengan memiliki tiga mode wifi yaitu Station, Access Point dan Both (Keduanya). Modul ini juga dilengkapi dengan prosesor, memori dan GPIO dimana jumlah pin bergantung dengan jenis ESP8266 yang kita gunakan. Sehingga modul ini bisa berdiri sendiri tanpa menggunakan mikrokontroler apapun karena sudah memiliki perlengkapan layaknya mikrokontroler.[8]

Firmware default yang digunakan oleh perangkat ini menggunakan AT Command, selain itu ada beberapa Firmware SDK

yang digunakan oleh perangkat ini berbasis opensource yang diantaranya adalah sebagai berikut :

- NodeMCU dengan menggunakan basic programming lua
- MicroPython dengan menggunakan basic programming python
- AT Command dengan menggunakan perintah perintah AT

command

Untuk pemrogramannya sendiri kita bisa menggunakan ESPlorer untuk Firmware berbasis NodeMCU dan menggunakan putty sebagai terminal control untuk AT Command.Selain itu kita bisa memprogram perangkat ini menggunakan Arduino IDE.[9] Dengan menambahkan library ESP8266 pada board manager kita dapat dengan mudah memprogram dengan basic program arduino.Ditambah lagi dengan harga yang cukup terjangkau, kamu dapat membuat berbagai projek dengan modul ini. Maka dari itu banyak orang yang menggunakannya modul ini untuk membuat projek internet of things (IoT).

2.2.3 LCD

LCD *Liquid Crystal Display* adalah suatu jenis media tampilan yang menggunakan kristal cair sebagai penampil utama. LCD sudah digunakan di berbagai bidang, misalnya dalam alat-alat elektronik, seperti televisi, kalkulator ataupun layar komputer. [10]



Gambar 2.2 Modul Lcd

Tabel Pin Dari LCD 16 X 2

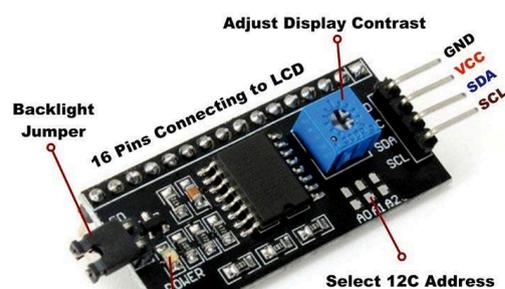
No Kaki/Pin	Nama	Keterangan
1	VCC	+5V
2	GND	0V
3	VEE	Tegangan Kontras LCD
4	RS	Register Select
5	R/W	1 = Read, 0 = Write
6	E	Enable Clock LCD
7	D0	Data Bus 0
8	D1	Data Bus 1
9	D2	Data Bus 2
10	D3	Data Bus 3
11	D4	Data Bus 4
12	D5	Data Bus 5
13	D6	Data Bus 6

14	D7	Data Bus 7	Pin LCD 4 (RS)
15	Anoda	Tegangan backlight positif	
16	Katoda	tegangan backlight Negatif	

merupakan Register Selector yang berfungsi untuk memilih Register Kontrol atau Register Data. Register kontrol digunakan untuk mengkonfigurasi LCD. Register Data digunakan untuk menulis data karakter ke memori display LCD. Pin LCD nomor 5 (R/W) digunakan untuk memilih aliran data apakah READ ataukah WRITE. Karena kebanyakan fungsi hanya untuk membaca data dari LCD dan hanya perlu menulis data saja ke LCD, maka kaki ini dihubungkan ke GND (WRITE). Pin LCD nomor 6 (ENABLE) digunakan untuk mengaktifkan LCD pada proses penulisan data ke Register Kontrol dan Register Data LCD.

2.2.4 Serial Interface

Antarmuka I2C (Inter-Integrated Circuit) adalah salah satu jenis komunikasi serial yang sering digunakan pada perangkat elektronika, sensor dan mikrokontroler selain dari komunikasi UART dan ISP. Komunikasi ini sangat fleksibel karena bisa digunakan hingga 128 device dalam 1 bus dengan transferrate yang cepat. Sistem I²C terdiri dari saluran SCL (*Serial Clock*) dan SDA (*Serial Data*) yang membawa informasi data antara I²C dengan pengontrolnya.

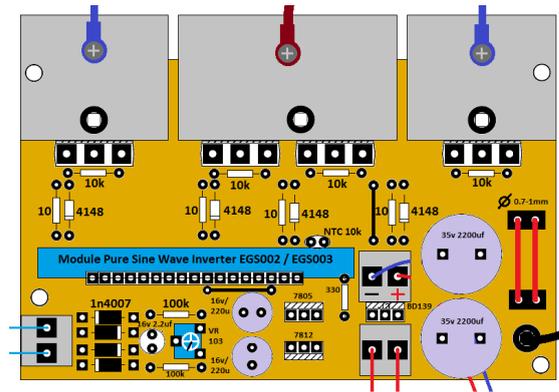


Gambar 2.3 I2C Serial Interface

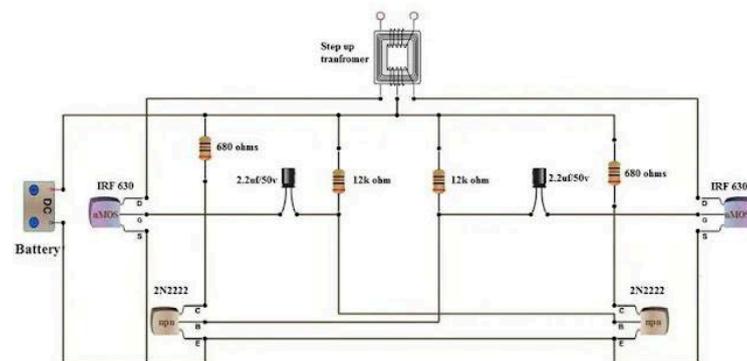
Piranti yang dihubungkan dengan sistem I2C Bus dapat dioperasikan sebagai *Master* dan *Slave*. *Master* adalah piranti yang memulai *transfer* data pada I²C Bus dengan membentuk sinyal *Start*, mengakhiri *transfer* data dengan membentuk sinyal *Stop*, dan membangkitkan sinyal *clock*. *Slave* adalah piranti yang dialamati *master*.

2.2.5 Inverter

Inverter adalah perangkat elektronika yang dipergunakan untuk mengubah tegangan DC (Direct Current) menjadi tegangan AC (Alternating Current). Output suatu inverter dapat berupa tegangan AC dengan bentuk gelombang sinus (sine wave), gelombang kotak (square wave) dan sinus modifikasi (sine wave modified). Sumber tegangan input inverter dapat menggunakan battery, tenaga surya, atau sumber tegangan DC yang lain. Inverter dalam proses konversi tegangan DC menjadi tegangan AC membutuhkan suatu penaik tegangan berupa step up transformer.



Gambar 2.4 Inverter



Gambar 2.5 Skema Inverter

Pada umumnya, inverter memiliki prinsip kerja yang sama dan sangat sederhana, singkatnya adalah inverter DC to AC ini berfungsi untuk menguatkan arus DC dengan berbagai rangkaian yang terpasang didalamnya, tinggi atau rendahnya tegangan AC yang dihasilkan tergantung pada banyaknya jumlah putaran di kumparan sekunder dan primer.

Sesuai skema diatas, rangkaian dibagi menjadi tiga bagian, yaitu Osilator, Transformator dan Amplifier. Sedangkan sebuah osilator 50Hz berperan sebagai pasokan frekuensi AC 50Hz.

Hal ini dapat dirancang dengan menggunakan Multivibrator

Astabil yang mampu menghasilkan gelombang kotak 50Hz. Sedangkan, rangkaian R1, R2, R3, R4, C1, C2, T2, dan T3 merupakan osilator. Setiap transistor akan menghasilkan arus balik gelombang kotak (square wave). Nilai C1, R1 dan R2 berfungsi untuk menentukan frekuensi. Berikut ini rumus untuk frekuensi gelombang kotak yang dihasilkan oleh Multivibrator Astabil Singkatnya, arus balik dari Osilator diperkuat oleh power MOSFET T4 dan T1, kemudian arus yang diperkuat tersebut dialirkan ke step up Transformator.

2.2.6 MCB

MCB adalah alat listrik perlindungan terminal yang paling banyak digunakan dalam pengenalan perangkat distribusi daya terminal listrik bangunan. Ini digunakan untuk hubung singkat satu fase dan tiga fase, kelebihan beban, perlindungan tegangan lebih di bawah 125A, termasuk 1P kutub tunggal, 2P dua kutub, 3P tiga kutub, dan 4P empat kutub.[11]

Korsleting atau kelebihan beban dapat terjadi karena berbagai alasan, seperti koneksi yang salah atau kondisi arus berlebih. MCB mirip dengan sekering. Satu-satunya perbedaan adalah sekering perlu diganti setelah putus, sedangkan MCB dapat dengan mudah diatur ulang dengan mengklik atau menekan tombol saat kelebihan beban. Circuit breaker terdiri dari kontak, arc extinguishing system, mekanisme operasi, tripper, dan body.



Gambar 2.6 MCB

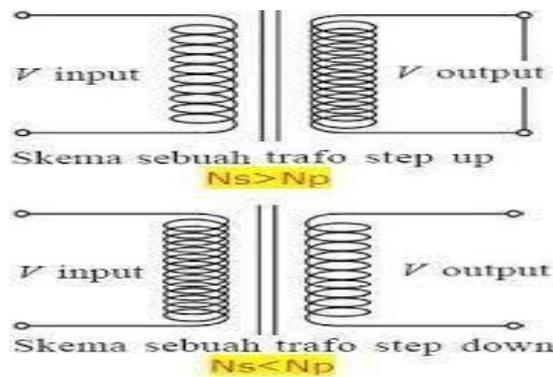
2.2.6 Baterai

Baterai merupakan sebuah komponen atau peralatan yang dapat menyimpan suatu energi. Pada baterai tiap sel memiliki kutub positif (katoda) dan kutub negatif (anoda). Kutub yang bertanda positif menandakan bahwa memiliki energi potensial yang lebih tinggi dari pada kutub bertanda negatif. Kutub bertanda negatif merupakan sumber elektron yang ketika disambungkan dengan rangkaian eksternal akan mengalir dan memberikan energi ke peralatan eksternal. Ketika baterai dihubungkan dengan rangkaian eksternal, elektrolit dapat berpindah sebagai ion didalamnya, sehingga terjadi reaksi kimia pada kedua kutubnya. Perpindahan ion dalam baterai akan mengalirkan arus listrik keluar dari baterai sehingga menghasilkan kerja.

2.2.7 Trafo Step Up

Transformator step up atau trafo step up adalah jenis trafo yang memiliki lilitan yang lebih banyak pada kumparan sekunder atau outputnya. Trafo jenis ini dapat menghasilkan tegangan listrik dengan taraf yang lebih tinggi pada terminal outputnya dibandingkan taraf tegangan listrik yang masuk ke trafo. Oleh karena itu, transformator ini disebut juga dengan trafo penaik tegangan. Pada trafo ini meskipun tegangannya naik tetapi daya listrik dan frekuensinya tetap sama.

Trafo step up merupakan salahsatu jenis trafo yang paling banyak digunakan dan sering pula ditemukan dalam dunia kelistrikan ,trafo step up secara bahasa dimana kata "step up" sendiri yang berarti menaikkan atau memperbesar, sehingga dari namanya saja dapat diketahui fungsi dari trafo ini.Pada dasarnya trafo step up berfungsi untuk mengubah tegangan dengan taraf tertentu menjadi tegangan yang lebih tinggi atau secara lebih sederhana digunakan untuk menaikkan tegangan listrik. Sebagai contoh, trafo step up 12v to 220v yang berarti trafo step up tersebut menerima tegangan listrik sebesar 12 volt yang kemudian dinaikkan menjadi 220 volt tegangan listrik yang keluar dari terminal output trafo step up. Trafo step up seperti ini biasa digunakan pada rangkaian inverter.



Gambar 2.8 Trafo Step Up dan Step Down

Dapat dilihat pada gambar diatas ,perbedaan antara trafo step up dan stepdown yang paling spesifik yaitu ada pada lilitanya , trafo step up lilitan primer lebih sedikit dari lilitan sekunder karena fungsinya yang menaikkan tegangan ,untuk perhitunganya yaitu misal tegangan input pada primer 12 volt dibagi jumlah lilitan trafo 24 lilit ,maka per lilit pada kumparan mempunyai tegangan sebesar 0,5 volt ,maka jika ingin menaikkan tegangan ke 220 volt dibutuhkan sebanyak 440 lilit pada kumparan sekunder trafo begitu pula perhitungan trafo stepdown yaitu kebalikan dari trafo step up.

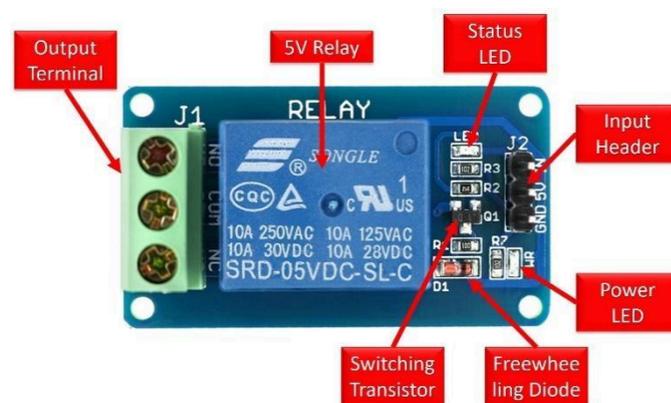


Gambar 2.9 Trafo Step Up

Pada penelitian ini penulis menggunakan Trafo bekas UPS dengan daya sekitar 350VA dapat menghasilkan tegangan 190 VAC hingga 240 VAC.

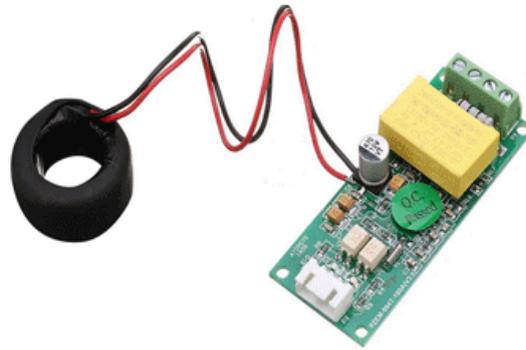
2.2.9. Modul Relay

Relay adalah Saklar (*Switch*) yang dioperasikan secara listrik dan merupakan komponen Electromechanical (Elektromekanikal) yang terdiri dari 2 bagian utama yakni Elektromagnet (Coil) dan Mekanikal (seperangkat Kontak Saklar/Switch). Relay menggunakan Prinsip Elektromagnetik untuk menggerakkan Kontak Saklar sehingga dengan arus listrik yang kecil (*low power*) dapat menghantarkan listrik yang bertegangan lebih tinggi. Sedangkan pada project ini nantinya relay akan sangat berguna untuk sistem ATS pada inverter ,yang mana relay akan memindahkan kontak antara listrik dari PLN dan inverter sehingga tidak terjadi tabrakan antara tegangan PLN dan inverter .



Gambar 2.10 Module Relay

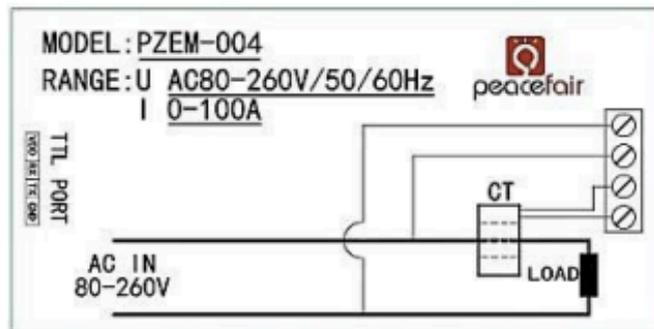
2.2.10. Modul PZEM-004T



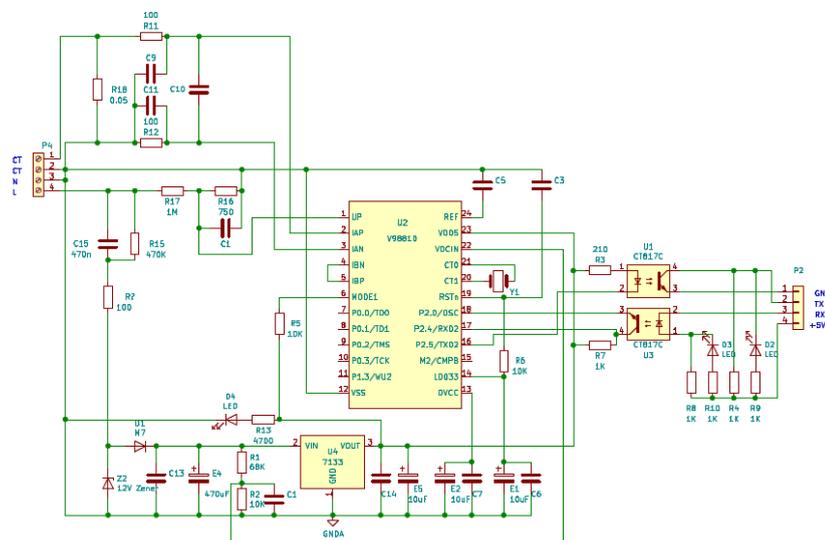
Gambar 2.11 Modul PZEM-004T

PZEM-004T adalah sebuah modul elektronik yang berfungsi untuk mengukur tegangan, arus, daya, frekuensi, energi dan power faktor. Dengan kelengkapan fungsi fitur ini, maka modul PZEM-004T sangat ideal untuk digunakan sebagai project maupun eksperimen alat pengukur daya pada sebuah jaringan listrik seperti rumah atau gedung. Modul ini sudah dilengkapi sensor tegangan dan sensor arus (CT) yang sudah terintegrasi. Dalam kegunaanya, alat ini khusus untuk penggunaan dalam ruangan (indoor) dan beban yang terpasang tidak diperbolehkan melebihi daya yang sudah ditetapkan.

Pengkabelan dari modul ini memiliki 2 bagian, yaitu pengkabelan terminal masukan tegangan dan arus, serta pengkabelan komunikasi serial.



Gambar 2.12 Sensor PZEM-004T



Gambar 2.13 Skema PZEM 004T

Pada gambar wiring diagram PZEM-004T perkabelan modul ini dibagi menjadi dua bagian yaitu kabel terminal input tegangan dan arus tes dan kabel.

komunikasi serial dan Format Tampilan

1. Power: rentang pengukuran 0 - 22kW

a) 0 - 10kW dalam format tampilan 0.000 hingga 9.999;

b) Dalam 10 - 22kW format tampilan 10.00 hingga 22.00.

2. Daya: rentang pengukuran 0 - 9999kWh

- a) 0 - 10kWh dalam format tampilan 0,000 hingga 9,999.
- b) 10 - 100kWh dalam format tampilan 10,00 hingga 99,99.
- c) 100 - 1000kWh dalam format tampilan 100,0 hingga 999,9.
- d) 1000 - 9999kWh dan di atas format tampilan dari 1000 hingga 9999.

3. Tegangan: rentang tes 80 - 260VAC

- a) Format tampilan 110.0 V - 220.0 V.

4. Arus: rentang pengukuran 0 - 100A

- a) Format tampilan 00.00 hingga 99.99.

Modul ini dilengkapi dengan Komunikasi Serial antarmuka dengan data serial TTL melalui port serial yang dapat dibaca dan mengatur parameter yang relevan, tetapi jika ingin menggunakan perangkat dengan USB atau RS232 (seperti komputer) untuk berkomunikasi, maka Anda harus dilengkapi dengan papan perangkat keras adaptor TTL yang berbeda (kebutuhan komunikasi USB dengan pelat adaptor TTL ke USB).

Karakteristik dari Modul PZEM-004T:

1. Mengukur konsumsi listrik.
2. Antarmuka serial UART dengan kecepatan 9600 bps.
3. Tegangan suplai 5V.

4. Kemungkinan menghubungkan layar LCD atau LED.

Pertimbangan yang sesuai untuk penggunaan sensor PZEM-004T yaitu:

1. Modul ini cocok untuk penggunaan di dalam ruangan, bukan di luar ruangan.
2. Beban yang diterapkan tidak boleh melebihi daya pengenal.
3. Kabel tidak bisa salah

Spesifikasi parameter Modula PZEM-004T:

1. Tegangan kerja: 80 - 260VAC
2. Tegangan uji: 80 - 260VAC
3. Nilai daya: 100A / 22000W
4. Frekuensi operasi: 45 - 65Hz
5. Akurasi pengukuran

2.2.11. Solar Charge Controller

SCC adalah sebuah alat elektronik yang berguna mengatur arus listrik yang masuk ke dalam baterai, dalam penggunaan panel surya dengan sistem *off-grid*, peran SCC sangatlah penting dan perlu diperhatikan karena fungsi utamanya antara lain menyesuaikan arus listrik yang masuk ke dalam baterai supaya baterai tidak mengalami *overcharge* atau kelebihan pengisian, Menghindari baterai *Over Discharge* atau baterai dalam keadaan lemah, Menghentikan arus terbalik ketika tidak ada sumber energi matahari yang memadai.



Gambar 2.14 SCC

2.2.12. Panel Surya (*Solar Cell*)

Sel Surya atau Solar Cell adalah suatu perangkat yang dapat mengubah energi cahaya matahari menjadi energi listrik dengan menggunakan prinsip efek Photovoltaic.[12] Yang dimaksud dengan Efek Photovoltaic adalah suatu fenomena dimana munculnya tegangan listrik karena adanya hubungan atau kontak dua elektroda yang dihubungkan dengan sistem padatan atau cairan saat mendapatkan energi cahaya. Oleh karena itu sel surya sering disebut juga dengan Sel Photovoltaic (PV). [13]

Jenis-jenis panel surya yang umum digunakan yaitu :

- A. **Monocrystalline Silicon**
- B. **. Polycrystalline**
- C. **Thin Film Solar Cell (TFSC)**