

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI

2.1 Tinjauan Pustaka

Beberapa percobaan dan perancangan alat yang sudah pernah dilakukan dan dapat dijadikan sebagai bahan rujukan diantaranya yaitu:

Rudi Hartono (2016) merancang alat untuk melakukan *monitoring* arus dan tegangan listrik 3 fasa berbasis *software* Labview sebagai tampilan GUI (*Graphic User Iterface*) untuk menampilkan betuk gelombang listrik yang dialami oleh setiap fasa R, fasa S dan Fasa T terhadap pembebanan yang terjadi, apakah pembebanan di tiap fasa seimbang atau tidak, serta harapannya dapat menganalisis kemungkinan gangguan sebelum gangguan itu bertambah parah.

Agus Budiman dan Isnan Nur Rifai (2014) merancang sistem *monitoring* dan proteksi watt meter *multi channel* listrik rumah tangga, dengan menggunakan mikrokontroller arduino, sensor ACS 712 dan *software* Labview sebagai *software* untuk melakukan *monitoring* melalui jalur komunikasi serial arduino dan dilakukan secara *realtime*.

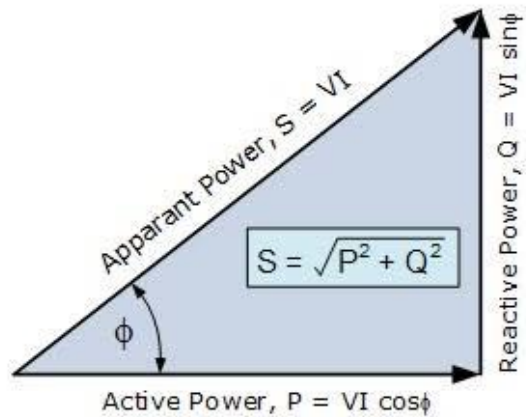
Aziska Purba Anggiawan dan Slamet Winardi (2014) merancang sebuah alat *monitoring* penggunaan daya listrik secara detail menggunakan mikrokotroller arduino uno, sensor arus ACS 712, dan LCD untuk menampilkan parameter-paramater yang terukur serta kondisi pembacaan sensor, pada rancang bangun alat ini digunakan driver SD Card untuk menyimpan file CSV sebagai

datalogger ketika hasil *monitoring* tersebut ingin diambil untuk diteliti lebih lanjut

2.2 Landasan Teori

Listrik 1 fasa adalah jenis installasi listrik yang hanya terdiri dari dua buah kawat penghantar yaitu 1 kawat fasa dan 1 kawat netral. Karena umumnya penggunaan daya listrik untuk rumah tidaklah besar maka hanya digunakan 1 kawat fasa saja, baik itu fasa R, fasa S, atau fasa T, terhadap kawat 0 (netral) untuk menyuplai kebutuhan listrik rumah.

Dalam sistem listrik AC (*Alternating Current*) atau yang lebih kita kenal dengan listrik arus bolak-balik ada 3 jenis daya listrik yaitu, Daya aktif adalah daya yang digunakan untuk keperluan energi kerja yang sebenarnya, daya inilah yang nantinya dikonversikan untuk menghidupkan peralatan elektronik di rumah tangga, satuan untuk daya aktif ini adalah Watt. Kemudian ada daya reaktif yaitu jenis daya yang digunakan untuk pembangkitan fluks magnetik (medan magnet), satuannya adalah VAR. Lalu yang terakhir adalah daya nyata yaitu, jenis daya dengan satuan VA adalah daya yang sesungguhnya atau dapat dikatakan sebagai daya yang dikirimkan oleh PLN ke konsumen.

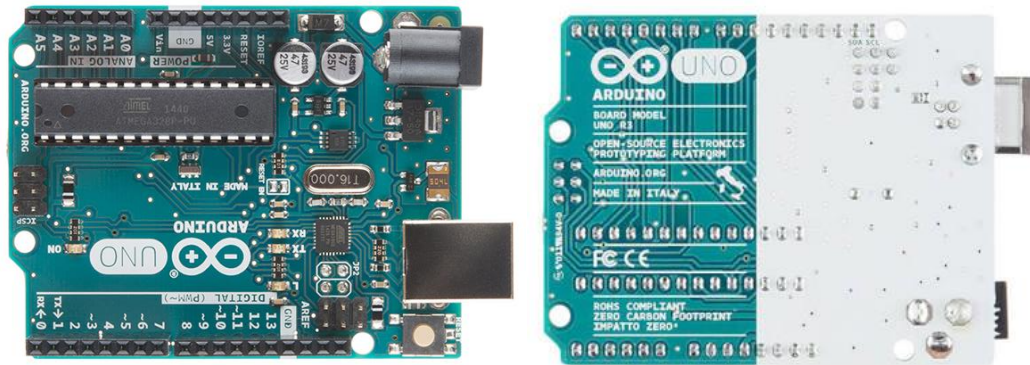


Gambar 2.1 Segitiga Daya

2.3 Arduino Uno R3

Selama ini arduino telah berkontribusi besar dalam hal perancangan berbagai macam proyek untuk menciptakan instrumen-instrumen kompleks dengan misi tertentu. Arduino juga merupakan *platform open source* yang dapat dikembangkan oleh siapa saja baik itu pelajar, mahasiswa, seniman, penggemar elektronika, *programmer*, atau seorang *professional* sekalipun.

Arduino uno dilengkapi rangkaian papan sirkuit berbasis mikrokontroller ATmega 328 dengan IC (*Integrated Circuit*) yang memiliki *port input/output* digital, 6 *port output* untuk membangkitkan sinyal PWM (*Pulse Width Modulation*) dan 6 *port* untuk *analog input*. Arduino uno R3 ini juga dilengkapi *resonantor* kristal keramik 16 MHz, koneksi jalur USB, soket adaptor sebagai *jack* catu daya, *pin header* ICSP, dan sebuah tombol reset.



Gambar 2.2 Arduino Uno R3

2.3.1 Keunggulan Arduino Uno R3

Arduino uno R3 berbeda dari semua *board* mikrokontroler sebelumnya yang tidak menggunakan *chip* khusus driver FTDI USB-to-serial. Untuk keunggulan *board* arduino R3 antara lain sebagai berikut:

- a. Ditambahkan pin SDA dan SCL di dekat pin AREF dan dua pin lainnya diletakkan dekat tombol RESET.
- b. Fungsi IOREF untuk melindungi kelebihan tegangan pada *board*.
- c. Rangkaian RESET yang lebih mantap.
- d. Penerapan *chip* AT-mega 16U2 sebagai pengganti chip 8U2.

2.3.2 Spesifikasi Arduino Uno R3

Tabel 2.1 Spesifikasi Arduino Uno R3

Spesification of Arduino Uno R3	
Microcontroller	ATmega 328
Operating voltage	5V
Input Voltage (recomended)	7-12V
Input Voltage (limits)	6-20V
Digital I/O pins	14 (of which 6 provide PWM output)
Analog Input Pins	6
DC Current per I/O Pin	40mA
DC Current for 3.3V Pin	50mA
Flash Memory	32 KB (ATmega 328) of which 0.5 KB used by bootloader
SRAM	2 KB (ATmega328)
EEPROM	1 KB (ATmega 328)
Clock Speed	16MHz
Length	68.6 mm
Width	53.4 mm
Weight	25 g

2.3.2.1 Power Supply Arduino Uno

Arduino uno untuk *supply* daya dapat melalui koneksi jalur USB atau dengan sebuah *power supply* eksternal, sumber daya tersebut dapat dipilih secara otomatis oleh *board* arduino.



Gambar 2.3 Adaptor *Power Supply* Arduino

Supply eksternal (non-USB) dapat diperoleh dari sebuah adaptor AC ke DC atau *battery*. Adaptor dapat langsung dihubungkan dengan memasukkan sebuah *center-positive plug* yang panjangnya 2,1 mm ke *port power jack* dari *board* arduino. Apabila menggunakan catu daya berupa *battery* maka dapat langsung menyambungkan ke *port* arduino pin *ground* (GND) dan pin *power* (Vin).

Board arduino uno beroperasi pada catu daya eksternal 6-12 V. Jika *supply* yang diberikan kurang dari 5 V maka dapat dipastikan arduino uno menjadi tidak stabil, dan apabila menggunakan catu daya lebih dari 12 V, dapat memungkinkan IC *voltage regulator* menjadi kelebihan panas dan dapat membahayakan *board* arduino itu sendiri. *Range* catu daya yang direkomendasikan adalah antara 6-12 Volt DC. Berikut adalah konfigurasi pin daya arduino uno R3:

- a. **Pin Vin**, yaitu port input arduino yang digunakan untuk mensuplai daya ke *board* arduino baik itu menggunakan sumber eksternal seperti baterai atau USB.
- b. **Pin 5V**, pin output ini merupakan tegangan 5 volt yang diatur dari regulator pada *board* arduino. *Board* arduino juga dapat disuplai dengan salah satu suplai DC *power jack* (7-12V), *USB connector* (5V), atau pin Vin dari *board*. Memberikan suplai tegangan pada pin 5V atau 3,3V sangat tidak dianjurkan karena akan merusak *board* arduino.
- c. **Pin 3,3V** merupakan sebuah suplai tegangan 3,3V yang dihasilkan oleh IC *voltage regulator* untuk keperluan tertentu. Arus maksimum yang dapat dilalui adalah 50mA.

d. **GND**, merupakan pin *ground* dari *board* arduino uno.

2.3.2.2 Memori Arduino Uno

Arduino uno dibekali AT-mega 328 yang memiliki kapasitas sebesar 32 KB, dengan 0,5 KB sebagai bootloader. AT-mega 328 ini juga memiliki fitur SRAM sebesar 2 KB, dan 1 KB EEPROM yang dapat dibaca dan ditulis (RW/*read and written*) menggunakan *library* EEPROM.

2.3.2.3 Input dan Output Arduino Uno

Pin *input* dan *output* arduino uno berjumlah 14 pin dan dapat dioperasikan menggunakan *command* `pinMode()`; `digitalWrite()`; dan `digitalRead()`. Fungsi-fungsi tersebut beroperasi pada tegangan 5V. Setiap pin dapat menerima arus maksimum sebesar 40mA serta memiliki sebuah resistor *pullup* sebesar 20-50 K Ω .

Selain itu beberapa pin dari arduino uno juga memiliki fungsi dan fitur spesial lainnya seperti:

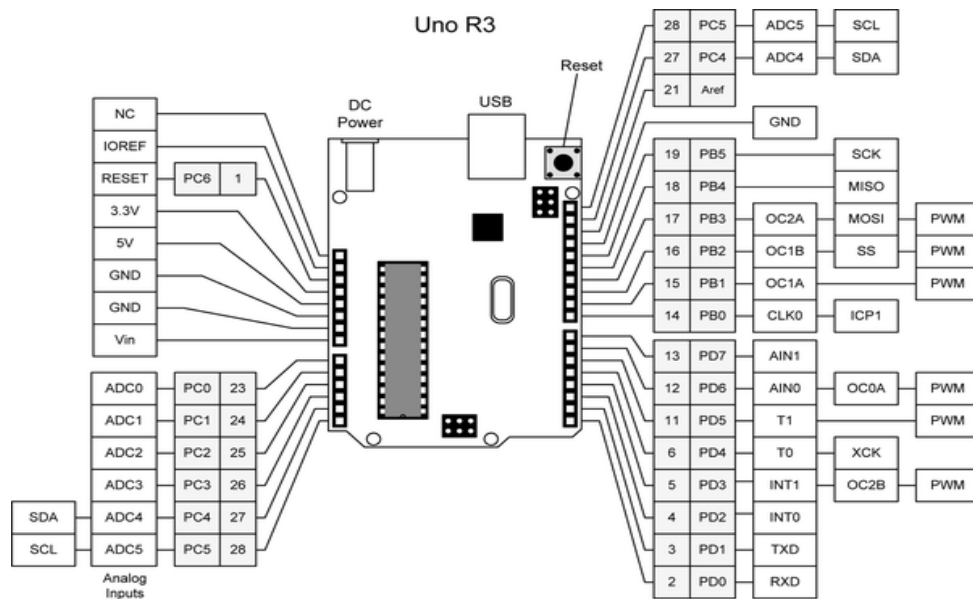
a. **Serial: 0 (RX) dan 1 (TX)**, yang digunakan untuk menerima (RX) memancarkan (TX) data serial TTL (*Transistor-Transistor Logic*). Kedua pin ini dihubungkan menuju pin-pin yang sesuai pada *chip* serial AT-mega 8U2 atau 16U2 USB ke TTL.

- b. **External Interrupts: 2 dan 3**, pin-pin ini dapat dikonfigurasi untuk memicu sebuah *interrupts* (gangguan) pada sebuah parameter, baik itu berupa kenaikan atau penurunan yang besar, atau terhadap suatu perubahan nilai tertentu.
- c. **PWM: 3, 5, 6, 9, 10, dan 11**, memberikan fungsi *pulse width modulation* sebesar 8 bit *output* dengan *command* `analogWrite()`;
- d. **SPI: 10 (SS), 11 (MOSI), 12 (MISO), 13 (SCK)**, pin-pin ini berfungsi sebagai serial komunikasi SPI menggunakan *library* SPI pada *software* arduino IDE.
- e. **LED 13**, adalah sebuah led tipe SMD yang terhubung ke pin digital 13 yang apabila diberikan *command* HIGH LED led menyala dan apabila diberikan *command* LOW LED led akan mati.
- f. **TWI: pin A4 atau SDA dan pin A5 atau SCL**, yaitu pin yang mendukung fitur komunikasi TWI dengan menggunakan *wire library*.
- g. **AREF**, yaitu pin referensi tegangan untuk input berupa analog, dapat dipanggil menggunakan *command* `analogReference()`.
- h. **RESET**, yaitu sebuah pin dengan fungsi untuk mereset mikrokontroler ketika terjadi *error* atau untuk memblok sesuatu pada mikrokontroler.

2.3.2.4 Jalur Komunikasi Arduino Uno

Arduino uno memiliki sejumlah fitur untuk komunikasi dengan sebuah komputer, arduino lainnya, atau bahkan kepada mikrokontroler lainnya. AT-mega 328 menyediakan fasilitas komunikasi serial UART TTL, yang terkonfigurasi

pada pin digital 0 (RX) dan 1 (TX). Terdapat sebuah *chip* AT-mega 16U2 pada *channel board serial* untuk membuat sebuah *port virtual* lalu mengkoneksikan *board* arduino terhadap komputer. Untuk firmware 16U2 tidaklah dibutuhkan karena merupakan driver USB COM standar pada sistem operasi komputer.

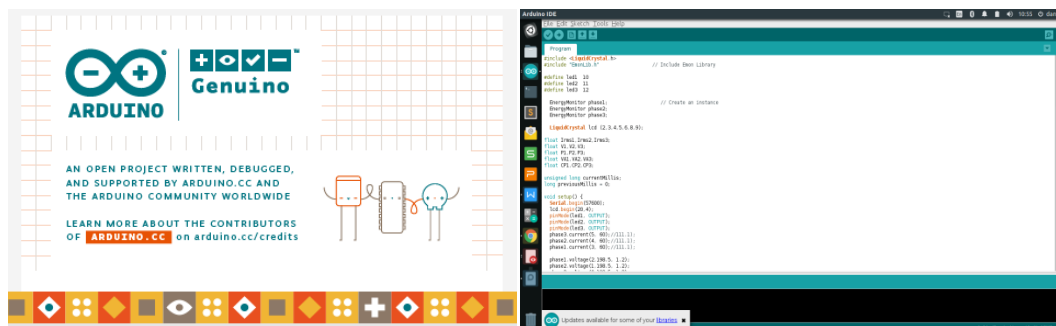


Gambar 2.4 Konfigurasi Pin Arduino Uno R3

Di dalam *software* arduino IDE terdapat sebuah *serial monitor* yang memungkinkan data tekstual terkirim ke *board* dan dari *board* arduino. Indikator berupa led TX dan RX akan menyala ketika data ditransmisikan melalui *chip* USB-to-serial dan koneksi USB pada komputer (kecuali komunikasi serial pada pin 0 dan pin 1). *Library software communication serial* sangatlah diperlukan untuk menjalankan komunikasi serial pada beberapa pin digital arduino seperti jalur komunikasi I2C (TWI) dan SPI.

2.3.2.5 Programming Arduino

Arduino uno dapat diprogram menggunakan *software* arduino IDE yang tersedia gratis dan *open source* di *website official* arduino dan tersedia untuk berbagai macam *platform* sistem operasi komputer seperti Mac, Windows, dan Linux. Pada AT-Mega 328 yang terdapat di arduino uno telah disediakan *bootloader* di dalamnya sehingga kita tidak perlu lagi mengupload kode baru ke AT-mega 328 agar dapat menggunakan *program hardware* eksternal.

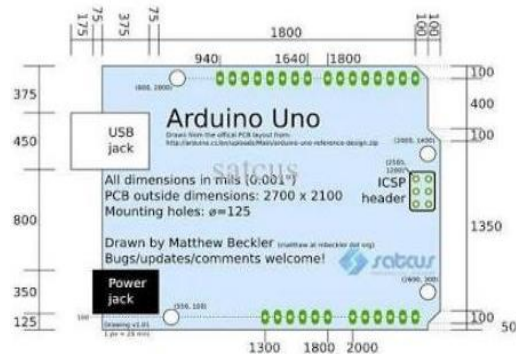


Gambar 2.5 Software Arduino IDE

2.3.2.6 Karakter Fisik Arduino Uno

Arduino uno memiliki sebuah sekering reset untuk memproteksi *port* USB komputer dari hubung singkat dan arus lebih. Jika arus yang mengalir dari *port* USB arduino lebih dari 500mA maka, sekering reset akan secara otomatis memutuskan koneksi arduino sampai hubung singkat atau *overload* hilang.

Panjang dan lebar maksimum dari PCB arduino uno yaitu 2,7 dan 2,1 *inch* disertai dengan 4 buah lubang sekrup untuk meletakkan *board* arduino.



Gambar 2.6 Dimensi Arduino Uno R3

2.4 LCD 20 x 4 (*Liquid Crystal Display*) dengan I2C

LCD (*Liquid Crystal Display*) adalah perangkat yang berfungsi sebagai media penampil dengan memanfaatkan kristal cair sebagai objek penampil utama. LCD tentunya sudah sangat banyak digunakan untuk berbagai macam keperluan seperti media elektronik televisi, kalkulator, atau layar komputer sekalipun.



Gambar 2.7 LCD *Character Display* 20x4 dengan modul I2C

LCD yang digunakan adalah LCD berukuran 20x4 karakter dengan tambahan *chip module* I2C untuk mempermudah *programmer* nantinya dalam mengakses LCD tersebut. Sebab dengan digunakannya modul I2C akan lebih memperhemat penggunaan pin arduino yang akan digunakan, contohnya saja

dengan menggunakan modul I2C maka hanya diperlukan 4 buah pin arduino, yaitu pin SCL, pin SDA, pin VCC dan pin GND.

2.4.1 Sistem dan Material LCD 20x4

LCD adalah lapisan dari campuran organik antara lapisan kaca bening dengan elektroda transparan indium oksida dalam bentuk tampilan segmen-segmen dan lapisan elektroda pada lapisan belakang LCD. Apabila elektroda LCD diaktifkan dengan sumber tegangan, molekul-molekul organik yang terdapat di dalam LCD akan menyesuaikan diri dengan elektroda dari segmen.

Lapisan LCD ini berlapis-lapis dan memiliki polizer cahaya vertikal depan dan polizer cahaya horizontal belakang yang diikuti dengan lapisan reflektor. Cahaya yang dipantulkan tersebut tidak dapat melewati molekul yang telah menyesuaikan diri dan segmen yang diaktifkan terlihat menjadi lebih gelap dan akan membentuk karakter yang kita inginkan.

2.4.2 Memori LCD 20x4

Dalam modul LCD (*Liquid Crystal Display*) di dalamnya terdapat mikrokontroller yang berfungsi sebagai pengendali tampilan karakter yang ada di dalam LCD. Mikrokontroller pada *display* ini dilengkapi dengan memori dan register. Memori yang digunakan mikrokontroller *internal* LCD adalah:

- a. **DDRAM (Display Data Random Access Memory)** merupakan memori tempat menyimpan dan memproses karakter yang akan ditampilkan.

- b. **CGRAM (Character Generator Random Access Memory)** merupakan memori untuk menggambarkan pola sebuah karakter yang dibentuk dapat diubah-ubah sesuai keinginan.
- c. **CGROM (Character Generator Read Only Memory)** merupakan memori untuk menggambarkan pola sebuah karakter yang telah dirancang secara permanen oleh pabrikan pembuat LCD, sehingga *user* hanya tinggal mengambillnya saja sesuai alamat memorinya dan tidak dapat mengedit karakter dasar yang terdapat dalam memori CGROM tersebut.

2.4.3 Register pada LCD 20x4

Ada 2 jenis register yang digunakan pada LCD untuk melakukan tugas kontrolnya sebagai pembentuk karakter diantaranya:

- a. **Register perintah** yaitu register yang berisi perintah-perintah dari mikrokontroller ke LCD pada saat proses penulisan data.
- b. **Register data** yaitu register untuk menuliskan atau membaca data menuju DDRAM tentunya dengan alamat yang telah diatur sebelumnya.

2.4.4 Konfigurasi Pin LCD 20x4

Berikut adalah konfigurasi kaki-kaki LCD karakter 20x4 untuk mengkoneksikannya ke *board* arduino:

Tabel 2.2 Konfigurasi Pin LCD 20x4

Pin No	Symbol	Details
1	GND	Ground
2	Vcc	Supply Voltage +5V
3	Vo	Contrast adjustment
4	RS	0->Control input, 1-> Data input
5	R/W	Read/ Write
6	E	Enable
7 to 14	D0 to D7	Data
15	VB1	Backlight +5V
16	VB0	Backlight ground

2.4.5 I2C (*Inter Integrated Circuit*)

Inter Integrated Circuit atau yang lebih dikenal dengan sebutan I2C adalah merupakan standar komunikasi serial dua arah dengan menggunakan dua buah saluran yang didesain khusus untuk pengontrolan IC tersebut. Secara garis besar sistem I2C itu sendiri tersusun atas dua saluran utama yaitu, saluran SCL (*serial clock*) dan SDA (*serial data*) yang membawa informasi data antara I2C dengan sistem pengontrolnya.



Gambar 2.8 LCD Modul I2C

Perangkat yang dihubungkan dengan I2C ini dapat difungsikan sebagai *master* atau *slave*. *Master* adalah perangkat yang memulai *transfer* pada data dengan membentuk sinyal *stop*, dan membangkitkan sinyal *clock*. Sedangkan *slave* adalah perangkat yang telah diberikan alamat oleh *master*.

Berikut ini merupakan beberapa kondisi ketika melakukan proses *transfer* data pada I2C bus, yaitu *transfer* data hanya dapat dilakukan ketika bus tidak dalam keadaan sibuk, lalu selama proses *transfer* data keadaan pada pin SDA haruslah stabil selama pin SCL dalam keadaan tinggi.

2.5 Sensor Arus SCT 013-000

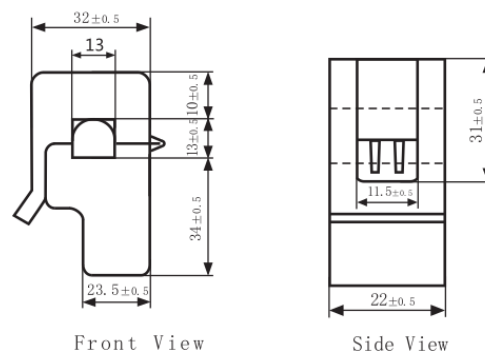


Gambar 2.9 Sensor SCT 013-000

Sensor SCT-013-000 adalah sensor yang digunakan sebagai kelengkapan untuk membaca seberapa besar nilai arus yang lewat pada suatu penghantar terhadap suatu beban. Prinsip kerja dasar dari sensor arus ini adalah sebuah penghantar yang dilewati oleh arus akan dilewatkan oleh sebuah *ring toroid* yang lalu nantinya akan menimbulkan medan magnet, sehingga pada komponen sensor

tadi memiliki *fluks* magnet yang menginduksi kumparan di dalam sensor tersebut sehingga akan memunculkan sinyal listrik yang nantinya akan dibaca dan dikonversikan oleh arduino. Beberapa karakteristik dari sensor ini yaitu:

- Dimensinya berkisar antara 13mm x 13mm.
- Panjang kabel sampai menuju *jack output* \pm 1m.
- Inti material *ferrite*.
- Fire resistance property: in accordance with UL 94-V0.*
- Ketahanan sifat dielektrik : 1000V AC/1 MIN 5mA.



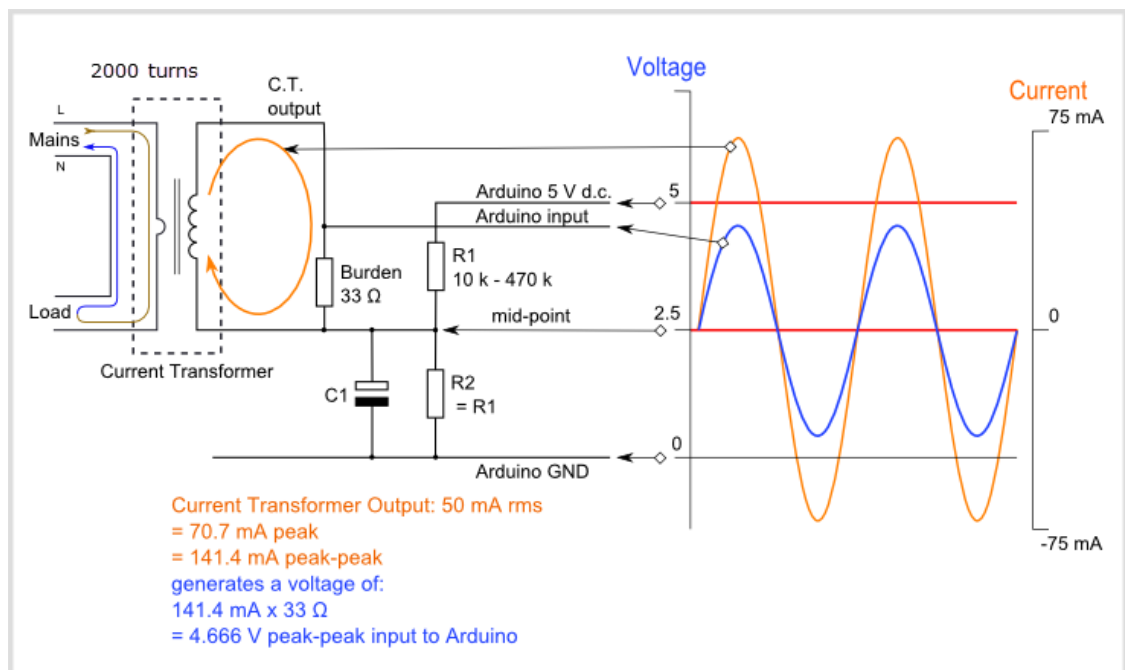
Gambar 2.10 Dimensi Sensor SCT 013-000

Tabel 2.3 Paramater Sensor SCT 013-000

input current	output voltage	non-linearity	build-in sampling resistance (Rt)
0-100A	0-50mV	\pm 3%	Ω
turn ratio	resistance grade	work temperature	dielectric strength(between shell and output)
100A:0.05A	Grade B	-25°C ~ +70°C	1000V AC/1min 5mA

Dengan memanfaatkan sinyal hasil induksi medan magnet terhadap kumparan di dalam sensor, maka akan diperoleh nilai arus yang dilewatkan

menuju beban, dengan teknik seperti ini akan membentuk sinyal berupa gelombang sinusoidal. Prinsip tersebut diterapkan pada sensor arus SCT 013-000 yang memiliki spesifikasi *range* pengukuran arus dari 0A sampai 100A. Dibagian dalam dari sensor ini terdapat dua buah kumparan, yaitu kumparan primer dan kumparan sekunder, pada kumparan primer dililitkan kesuatu inti besi. Nilai arus yang terdeteksi akan dialirkan dari kumparan primer menuju kumparan sekunder untuk selanjutnya dibaca nilainya oleh arduino.



Gambar 2.11 Skematik Diagram Kerja Sensor SCT 013-000

Prinsip dasarnya adalah arus yang mengalir pada suatu penghantar akan menginduksi inti besi yang telah dililitkan kumparan sekunder sehingga akan memunculkan nilai listrik dari hasil induksi, nilai inilah yang dimanfaatkan oleh arduino untuk diolah dan dikalkulasikan demi mendapatkan parameter tertentu.

2.6 Sensor Tegangan ZMPT101b

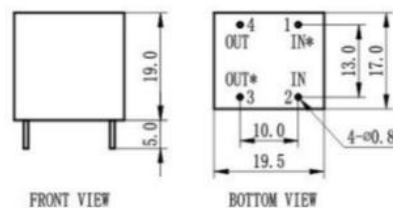
Sensor ZMPT101b merupakan salah satu sensor yang digunakan untuk melakukan *monitoring* terhadap parameter tegangan, serta dilengkapi dengan keunggulan memiliki sebuah *ultra micro voltage transformer*, akurasi tinggi, dan konsistensi yang baik untuk melakukan pengukuran tegangan dan daya.

Beberapa hal yang dapat dilakukan dengan menggunakan sensor tegangan ZMPT101b ini diantaranya adalah:

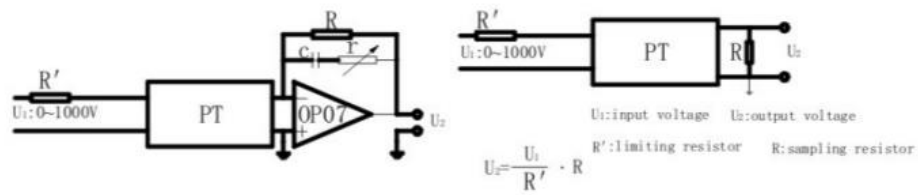
- a. Sebagai sensor untuk mendeteksi arus lebih.
- b. Sebagai *ground fault detection*.
- c. Pengukuran besaran listrik.
- d. Sebagai perangkat untuk *analog to digital converter*.



Gambar 2.12 Sensor Tegangan ZMPT101b



Gambar 2.13 Dimensi Sensor ZMPT101b



Gambar 2.14 Skematik Diagram ZMPT101b

Tabel 2.4 Spesifikasi Elektrik ZMPT101b

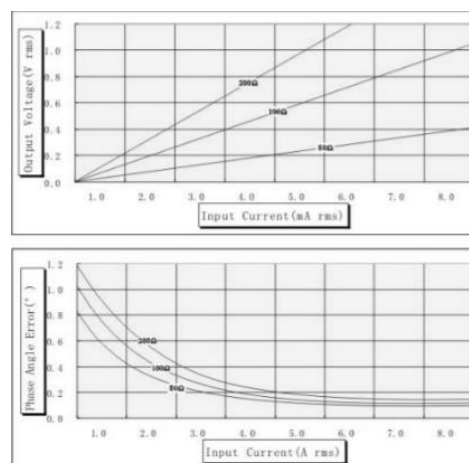
Spesifikasi Elektrik	
Arus Primer	2mA
Arus Sekunder	2mA
Rasio Balik	1000:1000
<i>Error</i> Sudut Fasa	$\leq 20^\circ$ (50 Ω)
Jarak Arus	0-3mA
Linearitas	0.1%
Tingkat Akurasi	0.2
Nilai Beban	$\leq 200\Omega$
<i>Range</i> Frekuensi	50-60 Hz
Level Dielektrik	3000VAC/min
Resistansi DC 20°C	110 Ω

Tabel 2.5 Spesifikasi Faktor Lingkungan ZMPT101b

Spesifikasi Faktor Lingkungan	
Temperatur Penyimpanan	40°C±130°C
Resistansi Insulasi	>100MΩ

Tabel 2.6 Spesifikasi Mekanik ZMPT101b

Spesifikasi Mekanik	
<i>Cup</i>	PBT
<i>Encapsulant</i>	Epoxy
Terminal	Pin ϕ 0.80 mm
Toleransi	±0.2 mm
Berat	13 g
<i>Case</i>	Karton

Gambar 2.15 Karakteristik *Output* ZMPT101

2.7 *Range Daya Pelanggan PT. PLN (Persero)*

Untuk kebutuhan rumah tangga, perkantoran, dan industri kecil, PT. PLN (Persero) memasoknya melalui Jaringan Tegangan Menengah (JTM) 20KV ke gardu distribusi sekunder yang dibangun di lokasi-lokasi tertentu sesuai dengan kebijakan PLN. Dan disalurkan kembali ke trafo tiang *step down* di dekat pusat-pusat pelanggan, untuk selanjutnya penyaluran daya listrik tersebut diteruskan melalui Jaringan Tegangan Rendah (JTR) 380V/ 220V ke meter-meter pelanggan.

Untuk menentukan besarnya daya yang terpasang pada pelanggan digunakanlah MCB (*Miniature Circuit Breaker*). Selain untuk menentukan kapasitas daya yang terpasang perangkat ini juga berfungsi sebagai proteksi pembatas arus dari gangguan akibat kelebihan beban/ *short circuit* pada instalasi rumah.



Gambar 2.16 MCB (*Miniature Circuit Breaker*)

Adapun urutan daya listrik PLN ke meter-meter pelanggan dari rumah tangga dan perkantoran kecil dapat dilihat pada table di bawah ini:

Tabel 2.7 Daftar Daya Pelanggan PLN Beserta Spesifikasi Pembatas MCB

No	Daya Terpasang (Volt Ampere)	Pembatas MCB (Ampere)
1	250	1 X 1,2
2	450	1 X 2
3	900	1 X 4
4	1300	1 X 6
5	2200	1 X 10
6	3500	1 X 16
7	4400	1 X 20
8	5500	1 X 25
9	7700	1 X 35
10	11000	1 X 50
11	13900	1 X 63
12	17000	1 X 80
13	22000	1 X 100