

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI

2.1 Tinjauan Pustaka

Beberapa penelitian yang pernah dilakukan sebagai penulis yang dapat digunakan penulis sebagai bahan rujukan antara lain:

Abid Ashar Khoirudin (2012) meneliti kwh meter berbasis voucher dengan pengamanan menggunakan metode enkripsi enigma. Dari penelitian yang dilakukan dapat disimpulkan bahwa sistem kwh meter pascabayar dengan pembelian voucher lebih simpel dan aman karena menggunakan pengaman enigma.

Nurul Hudham (2013) meneliti tentang kwh berbasis 89C51 yang menggunakan komunikasi dengan sistem DTMF (*dual tone multiple frekuensi*) dan nilai daya dan pengisian pulsa dapat dilakukan melalui internet. Dari penelitian ini dapat disimpulkan bahwa perangkat elektronis yang berfungsi untuk memantau nilai tegangan dan arus listrik sesaat secara *kontinyu*, dan dilengkapi dengan fasilitas pengiriman data secara wireless.

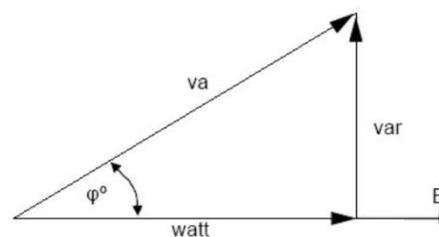
Galih Setyawan (2015) meneliti tentang kwh meter wattmeter yang digunakan untuk mengukur arus dan tegangan. Pembuatan sebuah sistem monitoring daya yang *terintegrasi* antara Arduino dan program LabView. Wattmeter yang dirancang diaplikasikan untuk mengukur tegangan dan arus AC.

Studi yang dilakukan pada penelitian ini termasuk dalam pengkondisian sinyal, konversi data analog ke digital, dan pengolahan data digital. Parameter yang diolah adalah arus, tegangan, beda fase, frekuensi, dan konsumsi energi. Dari hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa telah berhasil dibuat sistem monitoring konsumsi energi listrik dalam ruangan laboratorium. Pembacaan arus dan tegangan ditampilkan ke dalam layar monitor melalui komunikasi serial dengan program antarmuka LabView dan nilai arus dan tegangan menunjukkan pembacaan yang sesuai dibandingkan dengan pembacaan alat ukur clampmeter.

2.2 Landasan Teori

2.2.1 Daya Listrik

Daya listrik merupakan besaran tenaga listrik yang diukur dalam satuan watt melalui perkalian dua faktor besaran listrik utama, yaitu arus dan tegangan. Dalam sistem tenaga listrik arus bolak-balik yang diketahui ada tiga macam daya yaitu daya nyata, daya semu, dan daya reaktif yang biasa disebut segitiga daya yang digambarkan seperti gambar berikut:



Gambar 2.1 Segitiga Daya

Dari gambar tersebut maka dapat dijelaskan masing-masing komponen yang membentuk segitiga daya sebagai berikut:

1. Daya Nyata

Daya nyata merupakan besarnya tenaga listrik yang terpakai oleh beban murni (yang hanya bernilai resistif) dan menghasilkan daya nyata, atau 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.

Daya nyata (P) dapat dihitung sebagai berikut:

$$P = V \cdot I \cdot \cos \phi \dots (\text{watt})$$

Dimana:

V=Tegangan (volt)

I=Arus (Ampere)

2. Daya Semu

Daya semu (S) adalah besarnya daya listrik yang menghasilkan daya yang tidak sepenuhnya menghasilkan usaha

$$S = V \cdot I \dots VA$$

Dimana:

S = Daya Semu...(Watt)

V = Tegangan...(Volt)

I = Arus...(Ampere)

3. Daya Reaktif

Daya reaktif adalah daya listrik yang tidak menghasilkan usaha dan diserap oleh beban-beban yang mempunyai nilai reaktansi, seperti mengandung komponen induktansi dan kapasitansi, atau daya yang digunakan untuk pembangkitan fluks magnetik (medan magnet), satuannya adalah VAR. Daya reaktif dapat dihitung dengan persamaan:

$$Q = V.I.\sin \phi \dots \text{VAR}$$

Dimana:

V = Tegangan...(Volt)

I = Arus...(Ampere)

2.2.2 KWH Meter

KWH Meter adalah alat yang untuk menghitung pemakaian energi listrik para konsumennya. Dengan menggunakan induksi medan magnet dengan menggunakan piringan, dengan menggerakkan konter yang menandai tiap hitungan pemakaian energi listrik, semakin cepat piringan berputar akan semakin besar pula tagihan listrik yang dibayar oleh konsumen. Ada dua jenis Kwh Listrik yang digunakan PLN yang dipasang pada konsumennya yaitu kwh meter digital dan kwh meter analog.

Kwh meter analog merupakan kwh jaman dulu yang sekarang sudah tidak di produksi kembali dan beralih menggunakan Kwh Meter Digital, namun kwh

meter masih digunakan kecuali konsumen baru yang akan memasang atau menggunakan listrik akan diberi kwh meter digital.



Gambar 2.2 Kwh meter Analog dan Digital

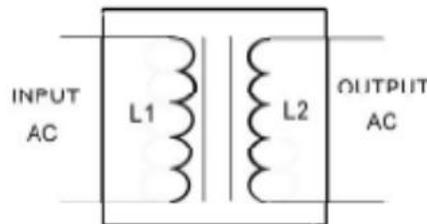
2.2.3 Transformator

Transformator adalah suatu piranti listrik yang dapat memindahkan dan mengubah energy listrik satu level tegangan ke level tegangan yang lain melalui suatu gandengan magnet berdasar prinsip induksi elektromagnetik. Transformator digunakan secara luas, baik pada bidang tenaga listrik ataupun elektronika.

Penggunaan transformator dalam sistem tenaga listrik memungkinkan terpilihnya tegangan yang sesuai dan ekonomis untuk tiaptiap keperluan, misalnya kebutuhan akan tegangan tinggi dalam pengiriman energy listrik.

Transformator ini berfungsi sebagai detector dari parameter tegangan yang akan diukur. Dalam hal ini transformator digunakan sebagai transformator

penurun tegangan (step down). Masukan tegangan jala-jala ac PLN diturunkan pada level tertentu sehingga menghasilkan keluaran yang relative lebih kecil yang dapat diterima dan digunakan pada piranti pengali.

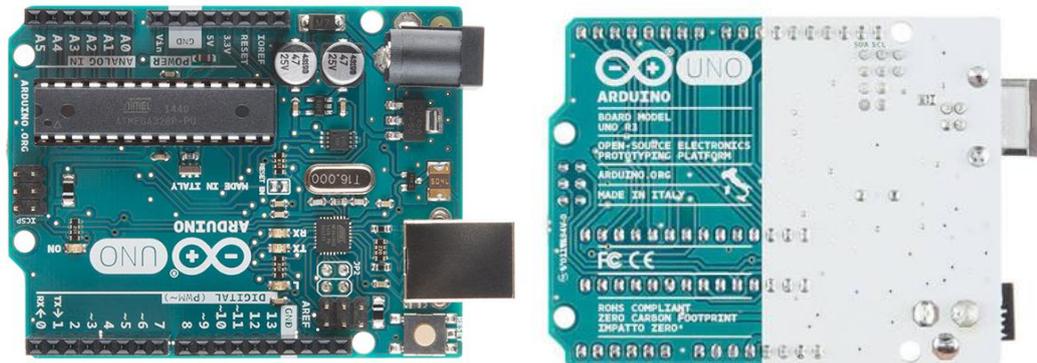


Gambar 2.3 Transformator

2.2.4 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 2.4 Arduino R3

2.2.3.1 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

2.2.3.2 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 2.5 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.

2.2.3.3 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 (*read and written*) menggunakan *library* EEPROM.

2.2.3.4 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 .

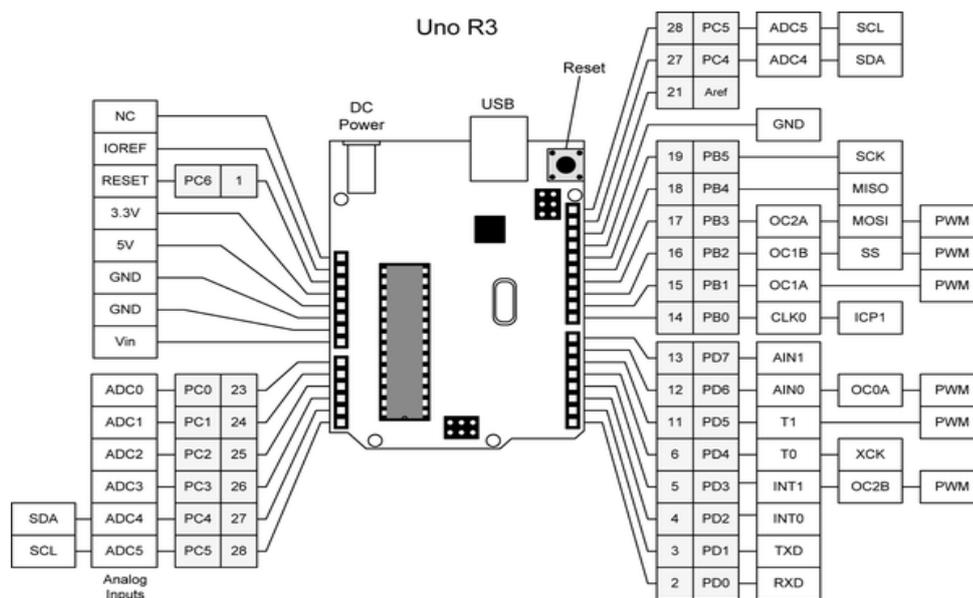
Selain itu beberapa pin dari arduino uno juga memiliki fungsi dan fitur spesial lainnya seperti:

- 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.

2.2.3.5 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.



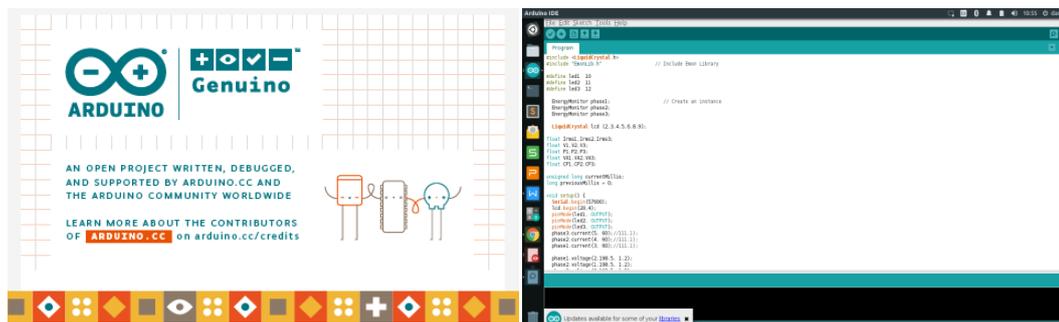
Gambar 2.6 Konfigurasi Pin Arduino Uno R3

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.

2.2.3.6 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.



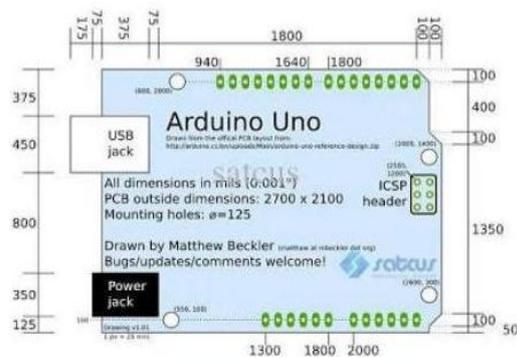
Gambar 2.7 Software Arduino IDE

2.2.3.7 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 2.8 Dimensi Arduino Uno R3

2.2.5 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 2.9 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.

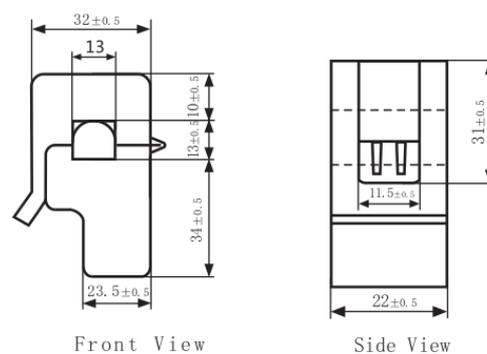
2.2.6 Sensor Arus SCT 013-000



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:

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



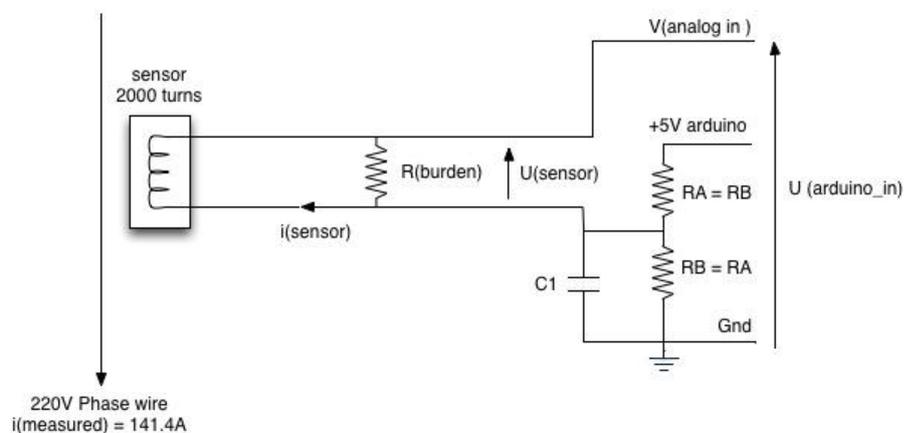
Gambar 2.10 Dimensi Sensor SCT 013-000

Tabel 2.2 Paramater Sensor SCT 013-000

Input	Output voltage	Non-linearity	Build-in sampling resistance (Rl)
0-100A	0-50mV	$\pm 3\%$	Ω
Turn ratio	Resistance grade	Work temperature	Dielectric strength(between shell and output)
100:0.05A	Grade B	$-25^{\circ}\text{C} \rightarrow +70\% \text{ }^{\circ}\text{C}$	1000V AC/Imin 5mA

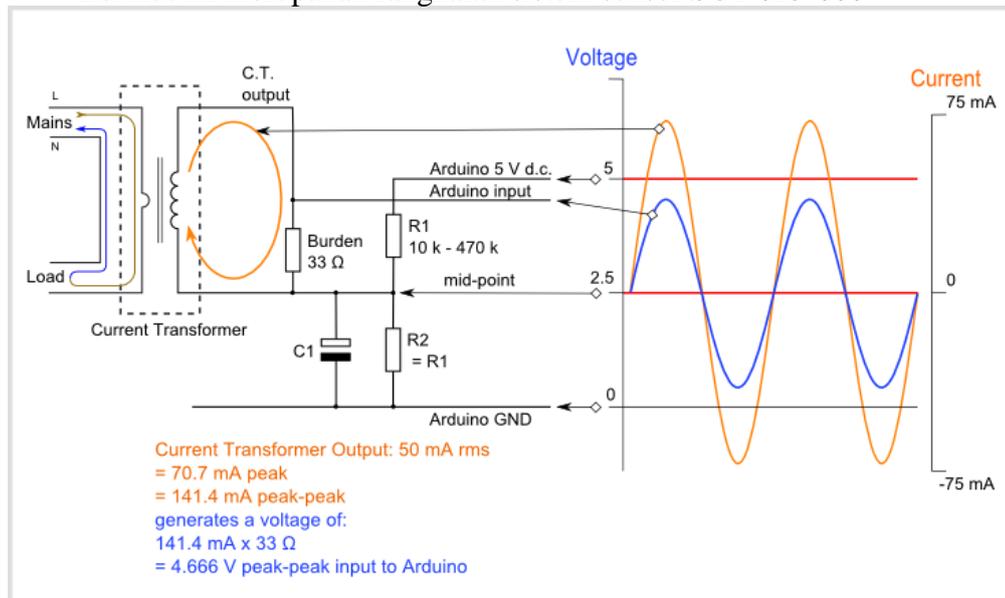
Dengan memanfaatkan sinyal hasil induksi medan magnet terhadap kumparan di dalam sensor, maka akan diperoleh nilai arus yang dilewatkan menuju beban, dengan t

eknik seperti ini akan membentuk sinyal berupa gelombang sinusioda. 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 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.

Berikut ini merupakan rangkaian sistem sensor SCT 013-000



Gambar 3.5 Skematik Sistem Kerja Sensor SCT 013-000

Rangkaian tersebut digunakan untuk menghitung resistor burden yang akan dijelaskan pada pembahasan berikutnya.

2.2.7 Sensor Tegangan ZMPT101B

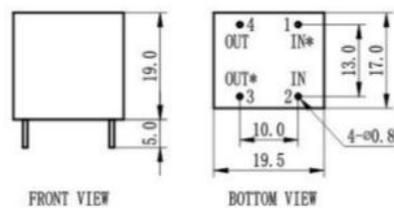
Sensor ZMPT101b merupakan salah satu sensor yang digunakan untuk melakukan *monitoring* terhadap parameter tegangan, serta dilengkapi dengan keunggulan memiliki sebuah *ultra micro voltage transformer*, akurasi tinggi dan konsistensi yang baik untuk melakukan pengukuran tegangan dan daya.

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

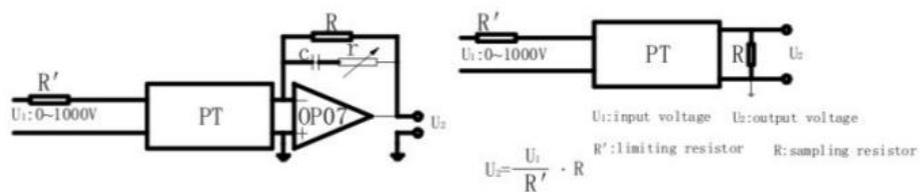
- Sebagai sensor untuk mendeteksi arus lebih.
- Sebagai *ground fault detection*.
- Pengukuran besaran listrik.
- Sebagai perangkat untuk *analog to digital converter*.



Gambar 2.12 Sensor Tegangan ZMPT101b



Gambar 2.13 Dimensi Sensor ZMPT101b



Gambar 2.14 Skematik Diagram ZMPT101B

Tabel 2.3 Spesifikasi Elektrik ZMPT101b

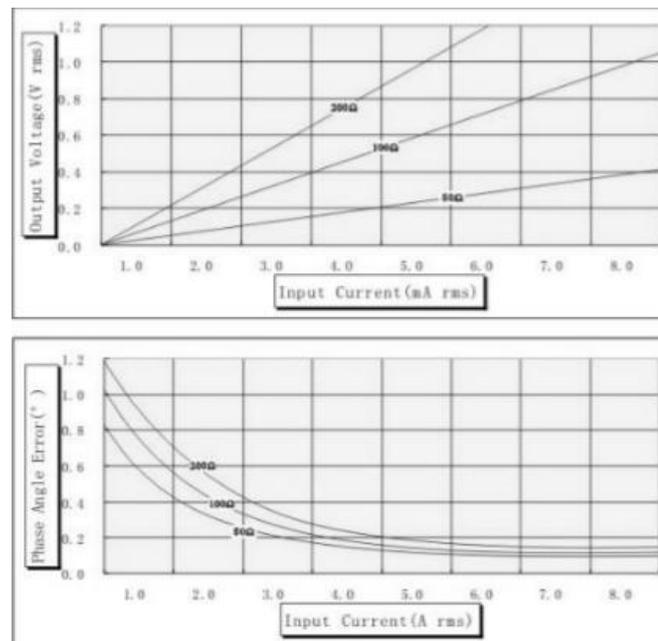
Spesifikasi Elektrik	
Arus Primer	2mA
Arus Sekunder	2mA
Rasio Balik	1000:1000
<i>Error</i> Sudut Fasa	$\leq 20^\circ$ (50 Ω)
Jarak Arus	0-3mA
Linearitas	0.1%
Tingkat Akurasi	0.2
Nilai Beban	$\leq 200\Omega$
<i>Range</i> Frekuensi	50-60 Hz
Level Dielektrik	3000VAC/min
Resistansi DC 20°C	110 Ω

Tabel 2.4 Spesifikasi Faktor Lingkungan ZMPT101b

Spesifikasi Faktor Lingkungan	
Temperatur Penyimpanan	40°C \pm 130°C
Resistansi Insulasi	>100M Ω

Tabel 2.5 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 2.13** Karakteristik *Output* ZMPT101B