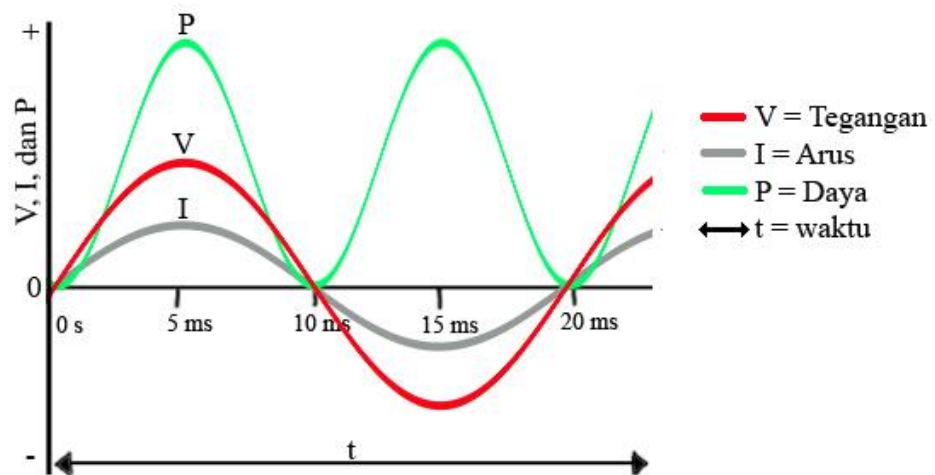


## BAB II

### LANDASAN TEORI

#### 2.1 Besaran Listrik

Besaran adalah segala sesuatu yang dapat diukur atau dihitung, dinyatakan dengan angka atau nilai dan setiap besaran pasti memiliki satuan. Pada dunia kelistrikan, dikenal beberapa besaran listrik yang penting untuk diketahui, diantaranya adalah arus ( $I$ , atau Ampere), tegangan ( $V$  atau Volt) dan daya ( $P$  atau Watt).



Gambar 2.1 Gelombang Sinusoidal Beban Resistif Listrik AC

(Sumber: modifikasi dari Artikel Teknologi, 2015)

#### 2.2 Tegangan Listrik

Tegangan listrik adalah besarnya beda energi potensial antara dua buah titik yang diukur dalam satuan volt (V). Tegangan dapat juga diartikan sebagai joule per coulomb. Misalkan sebuah baterai memiliki tegangan sebesar 12,6 V, itu berarti setiap muatan 1 coulomb menyediakan energi 12,6 joule. Jika sebuah lampu dihubungkan ke baterai tersebut maka setiap muatan 1 coulomb yang

mengalir melalui lampu akan mengkonversi energi sebesar 12,6 joule menjadi energi panas dan energi cahaya. Dengan demikian rumus tegangan adalah sebagai berikut:

$$V = \frac{E}{Q} \text{ Volt} \quad (2-2)$$

Dimana :  $V$  = Tegangan dalam satuan volt (V)

$E$  = Energi dalam satuan joule (J)

$Q$  = Muatan dalam satuan coulomb (C)

Tegangan yang disalurkan oleh PLN kepada pelanggan pada dasarnya berbentuk gelombang sinusoidal, yang akan berubah pada perioda yang tetap. Gelombang sinusoidal bisa berbentuk gelombang fungsi sinus atau gelombang fungsi kosinus. Kedua gelombang tersebut pada dasarnya identik, hanya saja memiliki perbedaan sudut sebesar  $90^0$ . Sebuah tegangan sinusoidal berbentuk fungsi sinus memiliki persamaan matematis sebagai berikut:

$$V(t) = V_{max} \text{Sin}(\omega t + q) \quad (2-3)$$

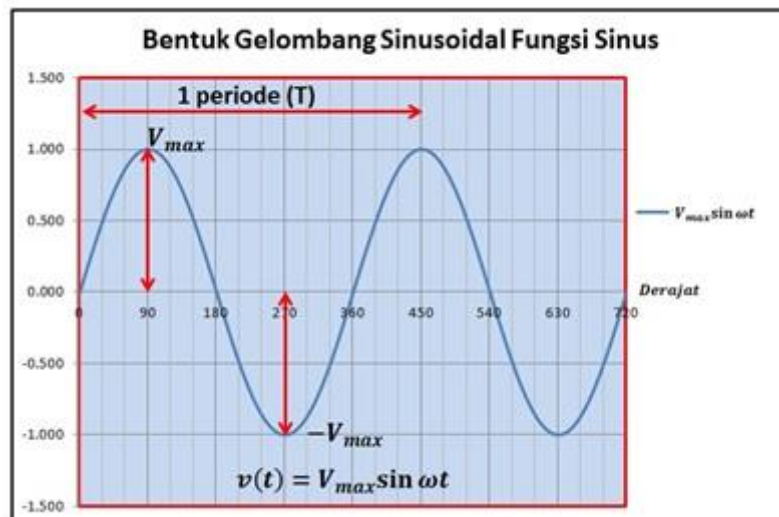
Dimana:  $V_{max}$  = Amplitude maksimum dari tegangan.

$\omega$  = Kecepatan sudut dalam radian per detik (rad/s).

$\omega t$  = Argument dari gelombang sinusoida

$q$  = Sudut fasa

Jika digambarkan dalam bentuk grafik, maka gambar 2.5 merupakan bentuk tegangan sinusoidal fungsi sinus dengan sudut fasa  $q = 0$ .



Gambar 2.2 Bentuk Gelombang Sinusoidal fungsi Sinus

(Sumber: Bambang, 2016)

Sumbu X merupakan variable derajat atau waktu, sedangkan sumbu Y mewakili amplitude dari tegangan sinusoidal. Dari grafik tersebut, terdapat beberapa parameter diantaranya yaitu.

a). Tegangan Maksimum ( $V_{max}$ )

Tegangan maksimum adalah amplituda tertinggi dari suatu gelombang sinusoidal. Dalam satu siklus gelombang, terdapat 2 buah tegangan maksimum, yaitu  $V_{max}$  dan  $-V_{max}$ .  $V_{max}$  adalah tegangan puncak pada saat gelombang sinusoida pada posisi positif.  $-V_{max}$  adalah tegangan puncak pada saat gelombang sinusoida pada posisi negatif.

Tegangan maksimum atau tegangan puncak sangat berpengaruh dalam menentukan besarnya tegangan efektif dari sumber tegangan bolak-balik. Semakin besar amplitude tegangan, maka tegangan efektifnya akan semakin tinggi. Gambar 2.6 merupakan contoh dari 3 buah gelombang sinusoidal dengan frekuensi dan fasa yang sama, tetapi berbeda amplitude, yaitu 1 volt, 3 volt dan 5volt.



Gambar 2.3. 3 Buah Gelombang Dengan Amplitudo Berbeda

(Sumber: Bambang, 2016)

b). Tegangan Efektif ( $V_{rms}$ )

Istilah tegangan efektif atau tegangan RMS muncul karena tegangan dan arus rata-rata tidak banyak membantu dalam perhitungan daya dan energi tegangan bolak-balik AC karena, nilai rata-rata fungsi sinusoida adalah nol. Hal ini tentu saja tidak banyak membantu dalam menghitung besarnya daya yang digunakan pada kurun waktu tertentu. Untuk membantu memecahkan masalah tersebut, maka diperkenalkan istilah tegangan efektif atau tegangan RMS.

Tegangan efektif atau tegangan RMS adalah besarnya tegangan AC bolak-balik yang memiliki dampak yang sama dengan tegangan DC ketika mencatu suatu beban. Sebagai contoh, sebuah tegangan baterai 5 volt mencatu lampu pijar. Untuk bisa menghasilkan daya yang sama tersebut, maka besarnya tegangan AC yang harus disalurkan adalah sebesar 5V rms.

## c). Hubungan Antara Tegangan Puncak dan Tegangan Efektif

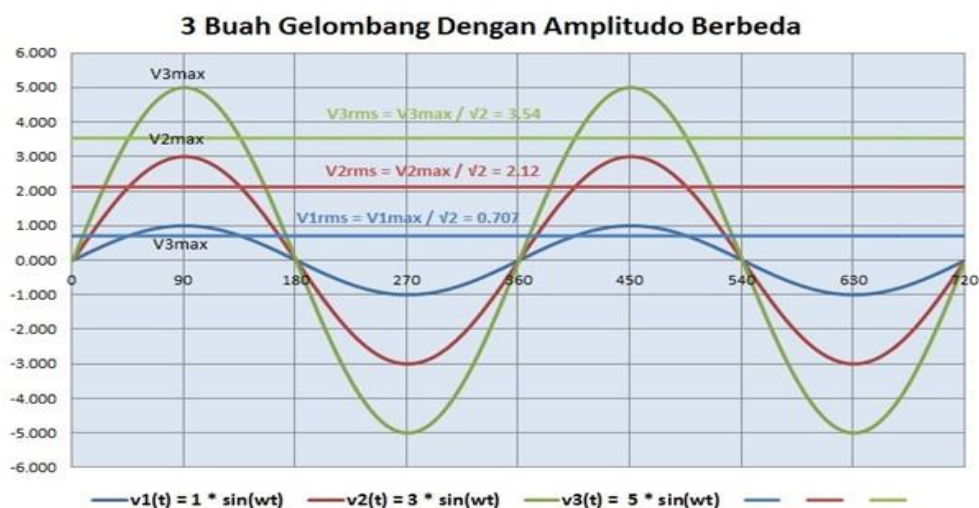
Hubungan antara tegangan maksimum atau tegangan puncak dan tegangan efektif adalah:

$$V_{max} = \sqrt{2} V_{rms} \quad (2-4)$$

Dimana:  $V_{max}$  = Tegangan maksimal

$V_{rms}$  = Tegangan Efektif

Jika  $V_{rms}$  adalah 5Volt, maka tegangan maksimumnya adalah  $1.414 * 5$  maka akan sama dengan 7.07V. Gambar 2.7 adalah contoh dari 3 buah gelombang dengan tegangan puncak dan tegangan RMS yang berbeda-beda.



Gambar 2.4. 3 Buah Gelombang Dengan  $V_{max}$  dan  $V_{rms}$  Berbeda(Sumber:

Bambang. 2015)

### 2.3 Arduino UNO

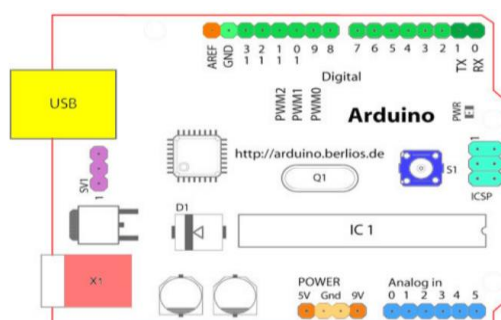
Arduino Uno adalah board berbasis mikrokontroler ATmega328 yang bersifat *open-source*. Board Arduino diprogram dengan menggunakan bahasa pemrograman *wiring-based* yang berbasiskan *syntax* dan *library*. Pemrograman *wiring-based* ini tidak berbeda dengan C/C++, tetapi dengan beberapa

penyederhanaan dan modifikasi. Untuk memudahkan dalam pengembangan aplikasinya, mikrokontroler Arduino juga menggunakan *Integrated Development Environment (IDE)* berbasis *processing*. Mikrokontroler Arduino dapat dipasangkan dengan bermacam-macam sensor dan *actuator* lainnya.



Gambar 2.5. *Board* Arduino UNO

### 2.2.1 Bagian – Bagian Arduino Uno



Gambar 2.6 Bagian-bagian *Board* Arduino Tipe Uno

(Sumber: Ferry, 2014)

Gambar diatas adalah *board* Arduino Uno dengan *conector* USB.

Bagian-bagiannya dapat dijelaskan sebagai berikut:

- 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 *output*-nya dapat diatur. Nilai sebuah pin *output*

analog dapat diprogram antara 0 – 255, dimana hal itu mewakili nilai tegangan 0 – 5V.

- USB (*Universal Serial Bus*)

Berfungsi untuk:

- a. Memuat program dari komputer ke dalam papan
- b. Komunikasi serial antara papan dan komputer
- c. Memberi daya listrik kepada papan

- 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.

- 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).

- Tombol *Reset* S1

Untuk me-*reset* papan sehingga program akan mulai lagi dari awal. Perhatikan bahwa tombol *reset* ini bukan untuk menghapus program atau mengosongkan mikrokontroler.

- *In-Circuit Serial Programming* (ICSP)

Port ICSP memungkinkan pengguna untuk memprogram *mikrokontroler* secara langsung, tanpa melalui *bootloader*. Umumnya pengguna Arduino tidak melakukan ini sehingga ICSP tidak terlalu dipakai walaupun disediakan.

- IC 1 – Mikrokontroler Atmega

Komponen utama dari papan Arduino, di dalamnya terdapat CPU, ROM dan RAM.

- X1 – sumber daya eksternal

Jika hendak disuplai dengan sumber daya eksternal, papan Arduino dapat diberikan tegangan DC antara 9-12V.

- 6 pin *input* analog (0-5)

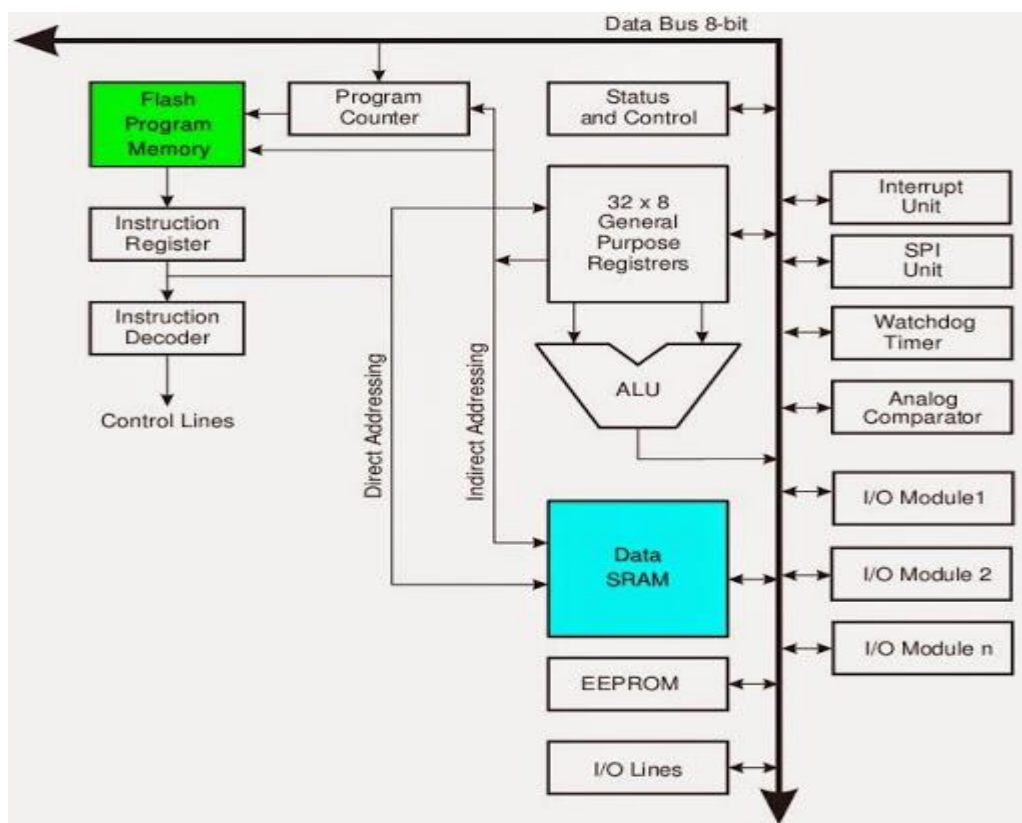
Pin ini sangat berguna untuk membaca tegangan yang dihasilkan oleh sensor analog, seperti sensor suhu. Program dapat membaca nilai sebuah pin *input* antara 0 – 1023, dimana hal itu mewakili nilai tegangan 0 – 5V.

Mikrokontroler arduino memiliki beberapa kriteria standard yaitu memiliki 32KB Flash Programmable dan 1 KB EEPROM yang dapat diprogram ulangsekitar 1000 kali write atau erase cycle, 2 KB SRAM, 14 jalur I/O, 6pin analog, dua buah 16 bit timer/counter,dengan arsitektur lima vector, empat-level interrupt, full duplex serialport, on-chip oscillator dan onchiptimer/counter.

Mikrokontroler arduino beroperasi pada frekuensi clock sampai 16 Mhz. ATmega328 memiliki dua Power Saving Mode yang dapat dikontrol melalui software, yaitu Idle Mode dan Power Down Mode. Pada Idle Mode, CPU tidak aktif sedangkan isi RAM tetap dipertahankan dengan timer/counter, serial port dan interruptsystem tetap berfungsi. Pada Power Down Mode, isi RAM akan disimpan



tetapi osilatornya tidak akan berfungsi sehingga semua fungsi dari chip akan berhenti sampai mendapat reset secara hardware.



Gambar 2.7 Arsitektur Arduino

(Sumber: Ferry, 2014)

## 2.4 Avo Meter

Fungsi Avometer adalah alat yang dapat digunakan untuk mengukur arus (ampere), tegangan (volt) dan resistansi (Ohm) dalam satu alat. Selain untuk mengukur ketiga besaran listrik tersebut AVometer dapat juga dipakai untuk mengukur kondisi komponen elektronika seperti transistor, resistor, kapasitor, tafo. Berdasarkan prinsip kerjanya, ada dua jenis AVO meter, yaitu AVO meter analog (menggunakan jarum putar / moving coil) dan AVO meter digital (menggunakan

display digital). Kedua jenis ini tentu saja berbeda satu dengan lainnya, tetapi ada beberapa kesamaan dalam hal operasionalnya. Misal sumber tenaga yang dibutuhkan berupa baterai DC dan probe / kabel penyidik warna merah dan hitam.



Gambar 2.8 Avo Meter

## 2.5 Stabilizer

Stabilizer adalah alat untuk menjaga agar tegangan arus listrik pada instalasi listrik tetap normal atau tetap stabil, aliran listrik yang tidak stabil akibat pencurian daya listrik, perubahan cuaca atau terkena hambatan secara mendadak saat melewati kebel, dapat menyebabkan perubahan voltase atau tegangan yang tidak stabil. Cara memastikan tegangan listrik dengan menggunakan test voltage, jika kurang dari 200 V, maka anda harus menggunakan Stabilizer untuk menstabilkan tegangan agar kembali normal. Tegangan arus listrik yang stabil sangat dibutuhkan untuk perangkat atau alat-alat elektronik yang sangat membutuhkan tegangan arus listrik yang stabil.

### Manfaat Stabilizer :

- Memberikan aliran listrik yang stabil kepada komponen-komponen Komputer.
- Memberikan usia yang lebih lama pada komputer dibandingkan Komputer yang tidak menggunakan Stabilizer.<sup>3</sup>



Gambar 2.9 Stabilizer

## 2.6 Regulator Tegangan

Pengatur tegangan (voltage regulator) berfungsi menyediakan suatu tegangan keluaran dc tetap yang tidak dipengaruhi oleh perubahan tegangan masukan, arus beban keluaran, dan suhu. Pengatur tegangan adalah salah satu bagian dari rangkaian catu daya DC. Dimana tegangan masukannya berasal dari tegangan keluaran filter, setelah melalui proses penyearahan tegangan AC menjadi DC. Pengatur tegangan dikelompokkan dalam dua kategori, *pengatur linier* dan *switching regulator*. yang

termasuk dalam kategori pengatur linier, dua jenis yang umum adalah *pengatur tegangan seri* (Series Regulator) dan *pengatur tegangan parallel* (Shunt Regulators). Dua jenis pengatur di atas dapat diperoleh untuk keluaran tegangan positif maupun negatif. Sedangkan untuk switching regulator terdapat tiga jenis konfigurasi yaitu, *step-up*, *step-down* dan *inverting*.

## **2.7 Adaptor Power Supply**

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.

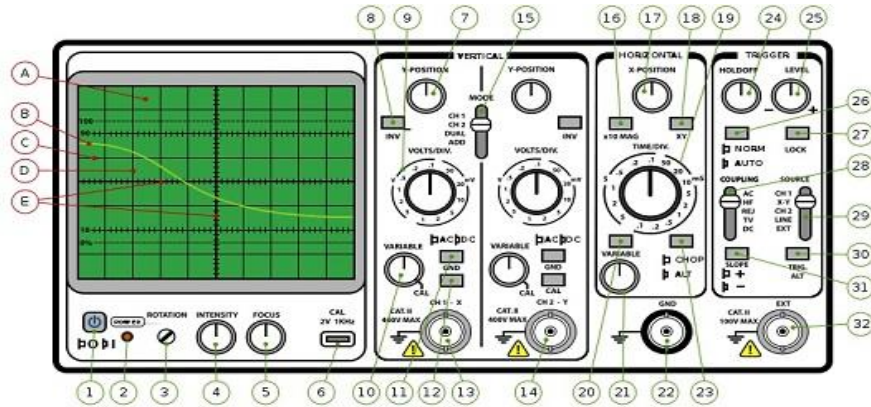
Supply eksternal (non-USB) dapat diperoleh dari sebuah adaptor AC ke DC atau battery. Adaptor dapat langsung dihubungkan dengan memasukkan sebuah center-positive plug yang panjangnya 2,1 mm ke port power jack dari board arduino. Apabila menggunakan catu daya berupa battery maka dapat langsung menyambungkan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



Gambar 2.10 Adaptor power supply

## 2.8 Oskiloskop

Oskiloskop adalah alat ukur Elektronik yang dapat memetakan atau memproyeksikan sinyal listrik dan frekuensi menjadi gambar grafik agar dapat dibaca dan mudah dipelajari. Dengan menggunakan Oskiloskop, kita dapat mengamati dan menganalisa bentuk gelombang dari sinyal listrik atau frekuensi dalam suatu rangkaian Elektronika. Pada umumnya osiloskop dapat menampilkan grafik Dua Dimensi (2D) dengan waktu pada sumbu X dan tegangan pada sumbu Y. Oskiloskop banyak digunakan pada industri-industri seperti penelitian, sains, engineering, medikal dan telekomunikasi. Saat ini, terdapat 2 jenis Oskiloskop yaitu Oskiloskop Analog yang menggunakan Teknologi CRT (Cathode Ray Tube) untuk menampilkan sinyal listriknya dan Oskiloskop Digital yang menggunakan LCD untuk menampilkan sinyal listrik atau gelombang.



Gambar 2.11 Oskiloskop

## 2.9 Sensor ZMPT101B

Sensor ZMPT101b merupakan sebuah sensor yang diaplikasikan untuk berbagai macam fungsi salah satunya dapat digunakan untuk memantau nilai tegangan sumber arus bolak balik AC (Alternating Current yang terdapat pada dua buah titik dalam sebuah rangkaian. Sensor ZMPT101B ini dapat mengukur tegangan listrik AC dengan fitur sistem active transformer kompatibel dengan arduino ataupun mikrokontoller AVR, serta dapat langsung disambungkan dengan sumber listrik tegangan PLN 220V

Beberapa hal yang dapat dilakukan dengan menggunakan sensor tegangan ZMPT101b ini diantaranya adakah sebagai sensor untuk mendeteksi arus lebih, sebagai ground fault detection, pengukuran besaran listrik dan sebagai perangkat untuk analog to digital converter.

Karakteristik ZMPT101B sensor tegangan 110-250V AC sistem Active Transformer

- Cocok untuk Arduino / AVR

- Langsung sambung ke Tegangan PLN 220V
- Model ZMPT101B
- Ukuran papan PCB : 50x19mm
- Nilai Input Current : 2mA
- Retardasi (dinilai input) : “20 (input 2mA, sampling resistance 100Ω)
- Kisaran linear : 0 ~ 1000V
- Isolasi tegangan : 4000V
- Suhu operasi : -40 C + 70 C
- linearitas  $\leq 0.2\%$  (20% dot ~ 120% dot)
- Enkapsulasi Epoxy
- Instalasi PCB mount (Pin Panjang > 3mm) Suhu pengoperasian antara -40 ° C ~ + 70 ° C

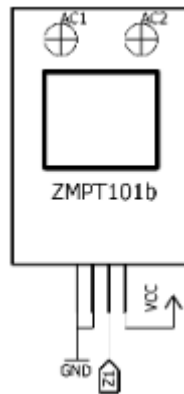


Gambar 2.12 Sensor Tegangan ZMPT1010B

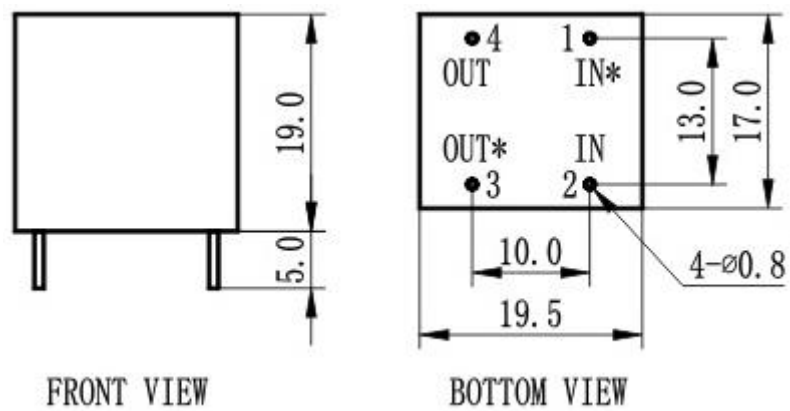
Keterangan pin :

1. Vcc / Vinput tegangan (5Vdc)
2. Voutput (Tegangan Analog)

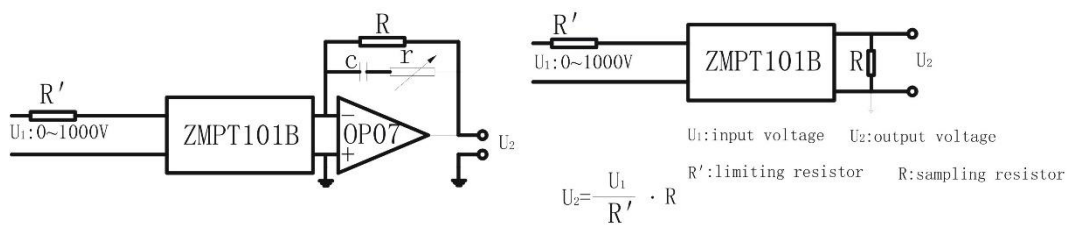
3. Gnd
4. Gnd
5. Sumber tegangan AC Neutral
6. Sumber tegangan AC Phase



Gambar 2.13 Konfigurasi Pin Sensor ZMPT101B



Gambar 2.14 Dimensi Rangkain ZMPT101B



Gambar 2.15 Wiring Diagram ZMPT101B



Tabel 2.1 Spesifikasi Faktor Lingkungan ZMPT101B

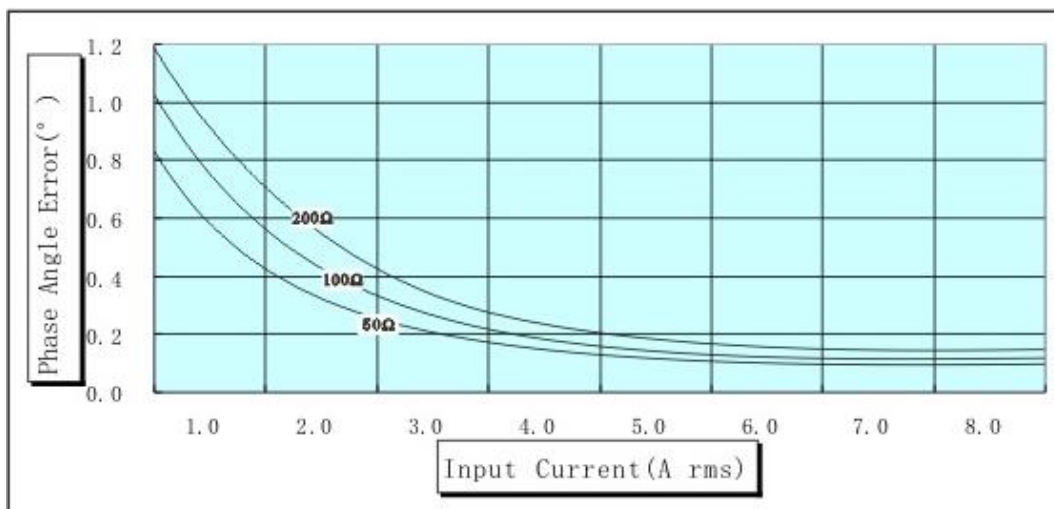
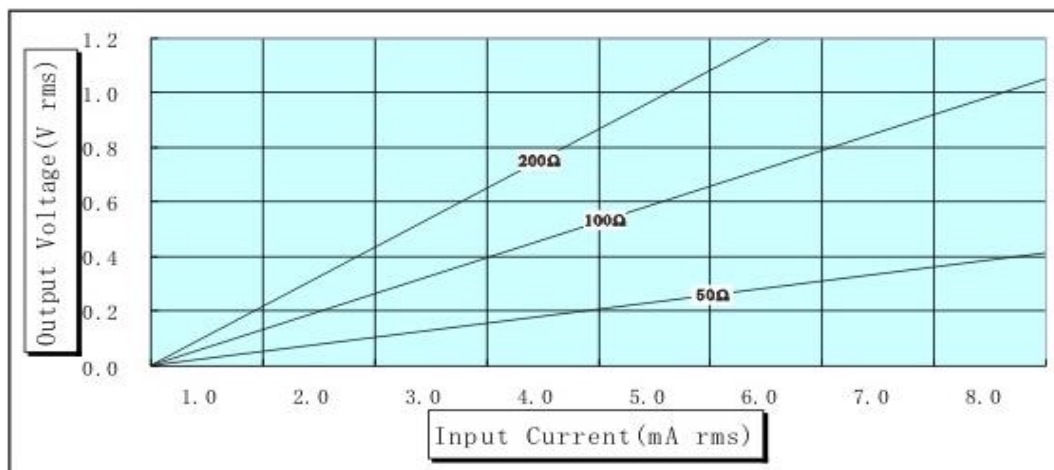
Spesifikasi Faktor Lingkungan	
Temperatur Penyimpanan	40°C±130°C
Resistansi Insulasi	>100MΩ

Tabel 2.2 Spesifikasi Elektrik ZMPT101B

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

Tabel 2.3 Mekanikal Spesifikasi ZMPT101B

Spesifikasi Mekanik	
<i>Cup</i>	PBT
<i>Encapsulant</i>	Epoxy
Terminal	Pin $\phi$ 0.80 mm
Toleransi	$\pm 0.2$ mm
Berat	13 g
<i>Case</i>	Karton



Gambar 2.16 Output Karakteristik ZMPT101B