

**LAPORAN HASIL SKRIPSI**

**RANCANG BANGUN SISTEM KONTROL PLTS  
MENGUNAKAN ARDUINO UNO**

**Disusun dan diajukan oleh:**

**WAWAN SURAHMAN  
D041 17 1008**



**PROGRAM STUDI SARJANA TEKNIK ELEKTRO**

**FAKULTAS TEKNIK**

**UNIVERSITAS HASANUDDIN**

**GOWA**

**2024**



# LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI

## RANCANG BANGUN SISTEM KONTROL PLTS MENGGUNAKAN ARDUINO UNO

Disusun dan diajukan oleh :

**WAWAN SURAHMAN**  
D041 17 1008

Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka Penyelesaian Studi Program Sarjana Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin Pada tanggal 06 Mei 2024 dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

Menyetujui

Pembimbing Utama,

Pembimbing Pendamping,

Prof. Dr. Ir. H. Ansar Sayuti, M.T., IPU, ASEAN.ENG.  
NIP. 19671231 199202 1 001

Dr. Fitriyanti Mayasari, S.T., M.T.  
NIP. 19830714 200604 2 001

Ketua Departemen Teknik Elektro



Dr. Eng. Ir. Dewyani, M.T., IPM  
NIP. 19691026 199412 2 001



## PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Wawan Surahman

NIM : D041171008

Program Studi : Teknik Elektro

Jenjang : S1

Menyatakan dengan ini bahwa karya tulisan saya berjudul

### **RANCANG BANGUN SISTEM KONTROL PLTS MENGGUNAKAN ARDUINO UNO**

Adalah karya tulisan saya sendiri dan bukan merupakan pengambilan alihan tulisan orang lain dan bahwa skripsi yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri.

Semua informasi yang ditulis dalam skripsi yang berasal dari penulis lain telah diberi penghargaan, yakni dengan mengutip sumber dan tahun penerbitannya. Oleh karena itu semua tulisan dalam skripsi ini sepenuhnya menjadi tanggung jawab penulis. Apabila ada pihak manapun yang merasa ada kesamaan judul dan atau hasil temuan dalam skripsi ini, maka penulis siap untuk diklarifikasi dan mempertanggungjawabkan segala resiko.

Segala data dan informasi yang diperoleh selama proses pembuatan skripsi, yang akan dipublikasi oleh Penulis di masa depan harus mendapat persetujuan dari Dosen Pembimbing.

Apabila dikemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa sebagian atau keseluruhan isi skripsi ini hasil karya orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Gowa, 6 Juni 2024

Yang Menyatakan



Wawan Surahman



## KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT. yang telah melimpah rahmat dan karunia-Nya. Sholawat dan salam semoga tetap tercurahkan kepada baginda Nabi Muhammad SAW sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini yang berjudul “Rancang Bangun Sistem Kontrol PLTS Menggunakan Arduino Uno”.

Skripsi ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat dalam memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Sarjana Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin. Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan skripsi ini terwujud berkat bantuan arahan, bimbingan, dan doa dari berbagai pihak. Oleh karena itu penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Kedua orang tua penulis Rahman Dg. Rama dan Sunniati Dg. Pati, serta seluruh keluarga yang senantiasa memberikan doa dan dukungan dalam bentuk apapun sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini.
2. Bapak Prof. Dr. Ir. H. Ansar Suyuti, M.T., IPU, ASEAN. Eng. selaku pembimbing utama serta ibu Dr. Fitriyanti Mayasari, S.T., M.T. selaku pembimbing pendamping yang telah meluangkan waktu dan memberikan bimbingan terhadap penelitian yang dilakukan.
3. Ibu Dr. Ir. Zaenab Muslimin, M.T. dan bapak Prof. Dr. Indar Caherah Gunadin, S.T., M.T., IPM selaku dosen penguji yang memberikan saran, koreksi, dan arahan dalam menyelesaikan skripsi ini.
4. Ibu Dr. Eng. Ir. Dewiani, M.T. dan Bapak Dr. Ikhlas Kitta, S.T., M.T. selaku Ketua dan Sekretaris Departemen Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.
5. Bapak Prof. Dr. Eng. Ir. Muhammad Isran Ramli, S.T., M.T., IPM., ASEAN. Eng selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin
6. Bapak Prof. Dr. Ir. Jamaluddin Jompa, M.Sc. selaku Rektor Universitas Hasanuddin



uruh dosen pengajar serta pegawai Departemen Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin atas bimbingan, didikan, kemudahan, dan tuhan yang telah diberikan kepada penulis selama menempuh perkuliahan.

8. Adinda Sahid, Fariz, Salam, dan adik-adik TR19GER yang telah membantu dalam penyelesaian skripsi ini.
9. Seluruh teman-teman EQUAL17ER yang telah menjadi teman seperjuangan, memberikan banyak pengalaman, cerita dan motivasi kepada penulis selama masa-masa perkuliahan.
10. Keluarga Himpunan Mahasiswa Elektro Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin yang menjadi tempat berproses penulis dalam berbagai cerita baik suka maupun duka.
11. Seluruh pihak yang telah terlibat membantu dalam penyelesaian skripsi ini yang penulis tidak dapat disebutkan satu persatu.

Semoga segala kebaikan yang telah diberikan kepada penulis mendapat balasan dari Allah SWT. Penulis menyadari sepenuhnya bahwa skripsi ini masih sangat jauh dari kesempurnaan. Oleh karena itu, saran dan kritik sangat diharapkan dalam penyempurnaan penulisan ini.

Gowa, 6 Juni 2024

Penulis



## ABSTRAK

**WAWAN SURAHMAN. RANCANG BANGUN SISTEM KONTROL PLTS MENGGUNAKAN ARDUINO UNO** (dibimbing oleh Ansar Suyuti dan Fitriyanti Mayasari)

Pembangkit listrik tenaga surya (PLTS) adalah pembangkit listrik yang mengubah energi surya menjadi energi listrik. PLTS akan lebih maksimal ketika disertai dengan sistem kontrol yang akan mengatur pembangkit untuk memutus atau menghubungkan PLTS dalam menyuplai beban. Pada saat ini sistem kontrol PLTS masih memiliki beberapa masalah, seperti masih memiliki *delay* yang lama pada waktu peralihan dari PLN ke PLTS maupun sebaliknya. Maka dari itu, penelitian ini mengembangkan sebuah model sistem kontrol PLTS menggunakan Arduino Uno yang dapat melakukan *switch* otomatis. Pengujian dilakukan terhadap dua kondisi peralihan, yaitu peralihan dari sumber tegangan PLN ke PLTS maupun sebaliknya. Peralihan ke PLTS dilakukan ketika tegangan input PLTS lebih dari 10 Volt. Parameter pengujian sistem kontrol ini yaitu untuk mendapatkan waktu delay dibawah 5 detik. Hasil yang didapat ketika peralihan dari sumber PLN ke PLTS membutuhkan rata-rata waktu peralihan sebesar 1,6 detik, dan rata-rata waktu peralihan dari PLTS ke PLN yaitu sebesar 1,8 detik. Waktu peralihan yang didapat telah memenuhi standar yaitu maksimal 5 detik, agar ketika peralihan tidak terjadi lompatan tegangan yang dapat menyebabkan kerusakan pada beban.

Kata Kunci: PLTS, delay, switch



## ABSTRACT

**WAWAN SURAHMAN.** *DESIGN OF PLTS CONTROL SYSTEM USING ARDUINO UNO* (supervised by Ansar Suyuti and Fitriyanti Mayasari)

Solar power plants (PLTS) are power plants that convert solar energy into electrical energy. PLTS will be maximized when accompanied by a control system that will regulate the generator to disconnect or connect PLTS in supplying loads. At this time the PLTS control system still has several problems, such as still having a long *delay* at the switchover time. Therefore, this research develops a PLTS control system model using Arduino Uno that can perform automatic *switches*. The tools used in the PLTS control system are LCD, Arduino Uno, Relay, voltage sensor, UPS, and *card reader*. Tests were carried out on two switching conditions, namely switching from the PLN voltage source to PLTS and vice versa. Switching to PLTS is done when the PLTS input voltage is more than 10 Volts. The testing parameter of this control system is to get a delay time below 5 seconds. The results obtained when switching from PLN to PLTS sources require an average switching time of 1.6 seconds, and the average switching time from PLTS to PLN is 1.8 seconds. The switching time obtained has met the standard, which is a maximum of 5 seconds, so that when switching there is no voltage *bounce* that can cause damage to the load.

Keywords: PLTS, delay, switch



## DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI .....	i
KATA PENGANTAR .....	iii
ABSTRAK .....	v
ABSTRACT .....	vi
DAFTAR ISI .....	vii
DAFTAR GAMBAR .....	ix
DAFTAR TABEL .....	x
DAFTAR LAMPIRAN .....	xi
<b>BAB I PENDAHULUAN .....</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	2
1.3 Tujuan Penelitian .....	2
1.4 Batasan Masalah .....	2
1.5 Sistematika Penulisan .....	3
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA .....</b>	<b>4</b>
2.1 Energi Secara Umum .....	4
2.2 Energi Surya .....	5
2.3 Pembangkit Listrik Tenaga Surya .....	7
2.3.1 Panel surya .....	8
2.3.2 Jenis-jenis panel .....	9
2.3.3 Prinsip kerja .....	11
2.3.4 Komponen PLTS .....	13
2.4 Sistem Kontrol .....	16
2.4.1 Arduino Uno .....	16
2.4.2 Arduino IDE .....	17
2.4.3 Sensor tegangan .....	18
2.4.4 Relai .....	19
2.4.5 UPS .....	22
2.4.6 <i>Circuit breaker</i> .....	24
<b>BAB III METODE PENELITIAN .....</b>	<b>25</b>
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian .....	25
3.2 Alat dan Bahan .....	25
3.3 Teknik perancangan sistem .....	25
Teknik pengujian sistem .....	27
Alur Penelitian .....	29
<b>HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>30</b>
Desain Alat .....	30



4.2	Pengujian <i>Switch</i> Relai .....	32
4.3	Pengujian Relai PLN.....	32
4.4	Pengujian Relai PLTS.....	33
4.5	Pengujian Sensor Tegangan <i>Output</i> PLN .....	34
4.6	Pengujian Sensor Tegangan <i>Output</i> PLTS .....	35
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN .....		37
5.1	Kesimpulan .....	37
5.2	Saran .....	37
DAFTAR PUSTAKA .....		38
LAMPIRAN.....		39



## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Potensi tenaga surya di Indonesia (Susandi, 2006) .....	6
Gambar 2. Monokristal (Mono-Crystalline) .....	9
Gambar 3. Polikristal (Poly-Crystalline).....	10
Gambar 4. Thin Film Photovoltaic .....	10
Gambar 5. Pendopingan semikonduktor tipe-p dan tipe-n (Sigh, 1995).....	12
Gambar 6. Prinsip kerja sel photovoltaic (sun-nrg.org, 2016).....	12
Gambar 7. Solar Charger Controller (Atonergi, 2016) .....	13
Gambar 8. Baterai (Powertechsystem, 2013).....	14
Gambar 9. Inverter .....	14
Gambar 10. Arduino Uno.....	16
Gambar 11. Arduino IDE .....	17
Gambar 12. Sensor Tegangan .....	18
Gambar 13. Relai .....	19
Gambar 14. Gambar, Bentuk, dan Simbol Relai.....	21
Gambar 15. Mini UPS.....	23
Gambar 16. Alur Perancangan Hardware .....	26
Gambar 17. Alur pengujian sistem.....	28
Gambar 18. Alur Penelitian.....	29
Gambar 19. Desain alat.....	30
Gambar 20. Tampak dalam (kiri) dan luar (kanan) alat.....	31
Gambar 21. Pengujian sensor tegangan output PLN .....	34
Gambar 22. Pengujian sensor tegangan output PLTS.....	35



## DAFTAR TABEL

Tabel 1. Potensi energi terbarukan.....	5
Tabel 2. Relai berdasarkan jumlah pole dan throw.....	22
Tabel 3. Pengujian Switch Relai .....	32
Tabel 4. Pengujian Relai PLN.....	33
Tabel 5. Pengujian relai PLTS .....	33
Tabel 6. Pengujian sensor tegangan output PLN .....	35
Tabel 7. Pengujian Sensor Tegangan Output PLTS .....	36



## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Skrip Program Arduino .....	40
Lampiran 2. Data Input Tegangan .....	45
Lampiran 3. Data Output Tegangan.....	76



# BAB I PENDAHULUAN

## 1.1 Latar Belakang

Energi listrik saat ini sudah menjadi kebutuhan sehari-hari. Semua peralatan saat ini membutuhkan sumber listrik. Di Indonesia khususnya peningkatan konsumsi listrik setiap tahun diperkirakan meningkat. Rencana umum penyediaan tenaga listrik (RUPTL) PT. PLN (Persero) tahun 2010-2019 mengatakan kebutuhan listrik per tahun adalah 55.000 MW. Jadi, rata-rata peningkatan kebutuhan listrik adalah 5.500 MW. Dari total daya energi tersebut sebanyak 32.000 MW (57%) dibangun sendiri oleh PLN, sedangkan sisanya (43%) dibangun dari pengembang listrik swasta. (Arif Febriansyah Juwito, 2012)

Pembangkit listrik di Indonesia kebanyakan masih mengandalkan fosil sebagai bahan bakar, diketahui bahwa energi fosil merupakan sumber daya alam yang tidak dapat diperbarui. Ketika digunakan secara berkelanjutan atau terus menerus, maka akan habis. Krisis energi yang terjadi dapat kita atasi dengan memanfaatkan energi baru dan terbarukan yang mempunyai peran sangat penting dalam memenuhi kebutuhan energi. Indonesia berada di jalur khatulistiwa yang diberkahi energi matahari yang berlimpah sepanjang tahun di seluruh wilayahnya sehingga sumber daya matahari yang melimpah ini dapat digunakan untuk menghadapi tantangan krisis energi, bersifat ramah lingkungan dan akan mengurangi pemanasan global, serta menciptakan kemandirian energi. Pemanfaatan pembangkit listrik tenaga surya di Indonesia memiliki potensi yang sangat besar.

Kebutuhan listrik yang semakin meningkat akan mendorong manusia untuk memanfaatkan berbagai macam potensi energi yang ada di Indonesia. Energi terbarukan seperti energi angin, gelombang laut, air, panas bumi dan lainnya belum dimanfaatkan secara optimal. Salah satu energi yang paling tepat untuk dioptimalkan di Indonesia adalah energi surya.



Pembangkit listrik tenaga surya (PLTS) adalah pembangkit listrik yang menggunakan energi surya menjadi energi listrik. *Photovoltaic* mengubah secara langsung energi cahaya menjadi listrik menggunakan efek fotoelektrik. PLTS

merupakan salah satu *distributed generation* yang bersumberkan energi terbarukan dengan memanfaatkan teknologi dalam mengubah sinar matahari untuk menghasilkan energi listrik.

PLTS akan lebih maksimal ketika disertai dengan sistem kontrol yang akan mengatur pembangkit untuk memutus atau menghubungkan PLTS dalam menyuplai beban. Pada saat ini sistem kontrol PLTS masih memiliki beberapa masalah, seperti masih memiliki *delay* yang lama pada waktu peralihan. Dengan latar belakang tersebut, maka penelitian ini mengembangkan sebuah model sistem kontrol PLTS menggunakan Arduino Uno yang dapat melakukan *switch* otomatis.

## 1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, permasalahan yang dirumuskan dalam penelitian ini, yaitu:

1. Bagaimana merancang dan mengimplementasikan sistem kontrol PLTS yang dapat bekerja secara *hybrid* dengan sistem PLN menggunakan Arduino Uno?
2. Bagaimana pengujian kinerja sistem kontrol PLTS untuk menghubungkan dan memutus sumber PLTS dan PLN?

## 1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini, yaitu:

1. Merancang dan membuat sistem kontrol PLTS yang dapat bekerja secara *hybrid* dengan sistem PLN menggunakan Arduino Uno
2. Menguji kinerja dari sistem kontrol PLTS untuk menghubungkan dan memutus sumber PLTS dan PLN

## 1.4 Batasan Masalah

Batasan masalah pada penelitian ini adalah:



gunakan Arduino Uno berbasis datasheet Atmega 328 dengan 14 pin I/O dan 5 pin analog yang berfungsi sebagai pusat pengontrolan sistem

2. Menggunakan sensor tegangan sumber arus bolak-balik dengan tipe sensor modul yaitu ZMPT101B yang berfungsi sebagai komponen untuk mengukur tegangan dari 110 VAC-250 VAC
3. Penelitian ini difokuskan pada pengendalian sistem kontrol PLTS dengan daya maksimum 2200 VA.

## 1.5 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan merupakan gambaran umum tentang keseluruhan isi dari penelitian ini dipaparkan dalam beberapa bab sebagai berikut:

### **BAB I PENDAHULUAN**

Bagian dari pendahuluan yang berisi latar belakang, rumusan masalah, tujuan penelitian, batasan penelitian dan sistematika penulisan.

### **BAB II TINJAUAN PUSTAKA**

Berisi tentang teori penunjang yang relevan untuk bahan penelitian yang diperoleh dari sumber referensi untuk menyusun kerangka teori dan konseptual.

### **BAB III METODOLOGI PENELITIAN**

Berisi tentang waktu dan tempat penelitian, metode pengambilan data, analisis data dan langkah-langkah penelitian.

### **BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN**

Berisi tentang hasil penelitian dan pembahasan yang diperoleh dari pengujian Sistem Kontrol PLTS menggunakan Arduino Uno

### **BAB V KESIMPULAN DAN SARAN**

Berisi tentang kesimpulan dari pembahasan permasalahan dan saran-saran untuk perbaikan dan penyempurnaan tugas akhir ini.



## BAB II TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Energi Secara Umum

Pada tahun 2018, total produksi energi primer yang terdiri dari minyak bumi, gas bumi, batubara, dan energi terbarukan mencapai 411,6 MTOE. Sebesar 64% atau 261,4 MTOE dari total produksi tersebut diekspor terutama batubara dan LNG. Selain itu, Indonesia juga melakukan impor energi terutama minyak mentah dan produk BBM sebesar 43,2 MTOE serta sejumlah kecil batubara kalori tinggi yang diperlukan untuk memenuhi kebutuhan sektor industri. Total konsumsi energi final (tanpa biomasa tradisional) tahun 2018 sekitar 114 MTOE terdiri dari sektor transportasi 40%, kemudian industri 36%, rumah tangga 16%, komersial dan sektor lainnya masing-masing 6% dan 2% (OEI, 2019).

Energi terbarukan adalah energi yang berasal dari elemen alam yang tersedia di bumi. Beberapa energi terbarukan yang dapat dikelola ialah antara lain panas bumi, angin, bioenergi, sinar matahari, aliran dan terjunan air, serta gerakan dan perbedaan suhu lapisan laut. Beberapa manfaat sumber energi berbasis energi terbarukan ialah minimnya atau tidak ada emisi gas rumah kaca, sehingga menjadi sebuah tren baru untuk teknologi pembangkit listrik. Selain itu, energi terbarukan mampu mengurangi kebutuhan untuk mengimpor gas atau batubara, karena tidak ada penggunaan bahan bakar fosil pada pembangkit energi terbarukan.

Berdasarkan Kebijakan Energi Nasional serta Peraturan Menteri ESDM Nomor 50 tahun 2017 tentang Pemanfaatan Sumber Energi Terbarukan untuk Penyediaan Tenaga Listrik, bahwa Indonesia saat ini merencanakan pengembangan (EBT) dengan sasaran peran energi baru dan energi terbarukan paling sedikit 23% untuk memenuhi pasokan listrik di Indonesia, minyak bumi kurang dari 25%, batubara minimal 30%, dan gas bumi minimal 22% pada tahun 2025. (PT PLN Persero, 2018)

Berkurangnya produksi energi fosil terutama minyak bumi serta komitmen dalam pengurangan emisi gas rumah kaca, mendorong Pemerintah untuk meningkatkan peran energi baru dan terbarukan secara terus menerus sebagai salah satu strategi dalam menjaga ketahanan dan kemandirian energi. Sesuai PP No. 79 Tahun



2014 tentang Kebijakan Energi Nasional, target bauran energi baru dan terbarukan pada tahun 2025 paling sedikit 23% dan 31% pada tahun 2050. Indonesia mempunyai potensi energi baru terbarukan yang cukup besar untuk mencapai target bauran energi primer tersebut, seperti terlihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Potensi energi terbarukan

Jenis Energi	Potensi
Tenaga Air	94,3 GW
Panas Bumi	28,5 GW
Bioenergi	32,6 GW
Surya	207,8 GWp
Angin	60,6 GW
Energi Laut	17,9 GW

Sumber : Ditjen EBTKE (2018)

Total potensi energi terbarukan ekuivalen 442 GW digunakan untuk pembangkit listrik, sedangkan BBN dan Biogas sebesar 200 ribu Bph digunakan untuk keperluan bahan bakar pada sektor transportasi, rumah tangga, komersial dan industri. Pemanfaatan EBT untuk pembangkit listrik tahun 2018 sebesar 8,8 GW atau 14% dari total kapasitas pembangkit listrik (fosil dan non fosil) yaitu sebesar 64,5 GW (Dewan Energi Nasional, 2019). Minimnya pemanfaatan EBT untuk ketenagalistrikan disebabkan masih relatif tingginya harga produksi pembangkit berbasis EBT, sehingga sulit bersaing dengan pembangkit fosil terutama batubara. Selain itu, kurangnya dukungan industri dalam negeri terkait komponen pembangkit energi terbarukan serta masih sulitnya mendapatkan pendanaan berbunga rendah, juga menjadi penyebab terhambatnya pengembangan energi terbarukan.

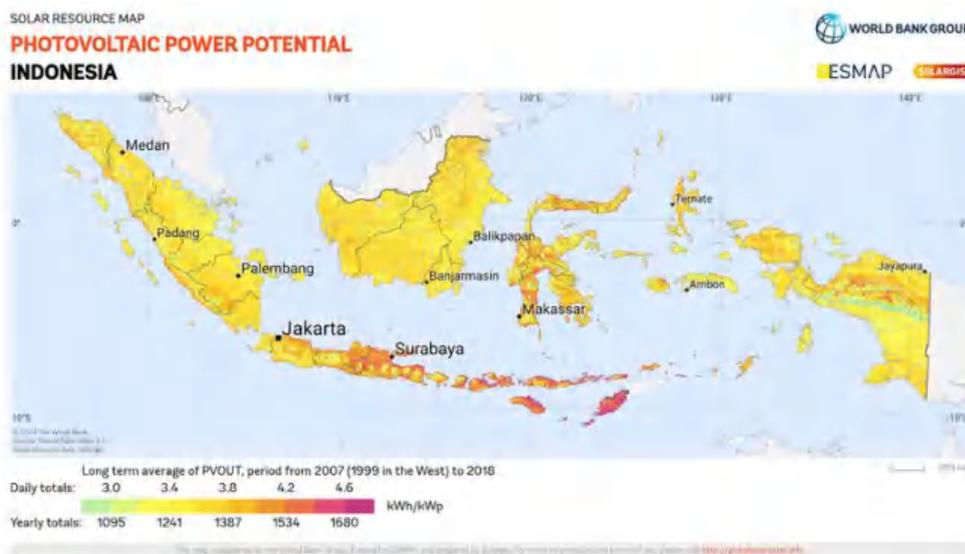
## 2.2 Energi Surya

Energi surya adalah energi yang didapat dengan mengubah energi panas surya (matahari) melalui peralatan tertentu menjadi sumber daya dalam bentuk lain. Energi surya menjadi salah satu sumber pembangkit daya selain air, uap, angin, biogas, batu bara, dan minyak bumi. Energi surya telah banyak diterapkan dalam kehidupan sehari-hari. Beberapa aplikasi energi surya adalah pencahayaan rumah, pemanasan bertenaga surya, untuk memanaskan air, memanaskan



dan mendinginkan ruangan, desalinisasi dan desinfektifikasi, memasak dengan menggunakan kompor tenaga surya (Yandri, 2012).

Energi surya salah satu energi yang sedang giat dikembangkan saat ini oleh pemerintah Indonesia karena sebagai negara tropis, Indonesia mempunyai potensi energi surya yang cukup besar. Berdasarkan data penyinaran matahari yang dihimpun dari 18 lokasi di Indonesia, radiasi surya di Indonesia dapat diklasifikasikan berturut-turut sebagai berikut: untuk kawasan Barat dan Timur Indonesia dengan distribusi penyinaran di Kawasan Barat Indonesia sekitar 4,5 kWh/m<sup>2</sup> per hari dengan variasi bulanan sekitar 10%; dan di Kawasan Timur Indonesia sekitar 5,1 kWh/m<sup>2</sup> per hari dengan variasi bulanan sekitar 9%. Dengan demikian, potensi penyinaran matahari rata-rata Indonesia sekitar 4,8 kWh/m<sup>2</sup> per hari dengan variasi bulanan sekitar 9%. Matahari adalah sumber energi utama yang memancarkan energi yang luar biasa besarnya ke permukaan bumi (Widayana, 2012).



Gambar 1. Potensi tenaga surya di Indonesia (Susandi, 2006)

Energi surya terjadi pada radiasi elektromagnetis yang memancar dari matahari secara terus menerus. Bumi dengan jarak rata-rata  $1,5 \times 10^{11}$  m dari matahari hanya menerima sebagian kecil dari radiasi tersebut. Energi yang diserap bumi nya semakin berkurang karena terjadi absorpsi, pemancaran kembali ke Secara total hanya 51% dari radiasi matahari yang sampai pada permukaan ri jumlah yang sampai ke permukaan bumi, sebagian akan dipantulkan ke



atmosfer dan selebihnya diserap oleh permukaan bumi. Intensitas matahari tidak sama disemua tempat, tergantung pada letak, cuaca, dan musim (Okka Adiyanto, 2017).

### 2.3 Pembangkit Listrik Tenaga Surya

Energi surya merupakan energi yang potensial dikembangkan di Indonesia karena letak Indonesia yang berada di daerah khatulistiwa. Energi surya dapat dibangkitkan untuk seluruh daratan di Indonesia yang mempunyai luas 2 juta km<sup>2</sup> adalah sebesar 5,10 MW atau 4,8 kWh/m<sup>2</sup> per hari atau setara dengan 112.000 GWp yang didistribusikan.

PLTS merupakan pembangkit yang mengkonversikan energi cahaya matahari menjadi energi listrik. Konversi ini terjadi pada panel surya yang terdiri dari sel-sel surya. Prinsip kerja sel surya didasarkan pada efek fotovoltaiik, yaitu dengan menimbulkan beda potensial pada *junction* radiasi elektromagnetik., dimana elektron dialirkan karena material semikonduktor menyerap cahaya dengan frekuensi di atas frekuensi ambang batas material. Energi cahaya tersebut dinamakan foton (Olindo Isabella, 2016).

Energi surya memiliki keunggulan-keunggulan dibandingkan dengan energi fosil, diantaranya:

1. Sumber energi yang mudah didapatkan.
2. Ramah lingkungan.
3. Sesuai untuk berbagai macam kondisi geografis.
4. Instalasi, pengoperasian dan perawatan mudah.
5. Listrik dari energi surya dapat disimpan dalam baterai.

Energi surya berupa radiasi elektromagnetik yang dipancarkan ke bumi berupa cahaya matahari yang terdiri atas foton atau partikel energi surya yang dikonversikan menjadi energi listrik. Energi surya yang sampai pada permukaan bumi disebut sebagai radiasi surya global yang diukur dengan kepadatan daya pada

di daerah penerima. Rata-rata nilai dari radiasi surya atmosfer bumi adalah 1000 W/m<sup>2</sup> yang dinyatakan sebagai konstanta surya. Intensitas radiasi surya ini oleh waktu siklus perputaran bumi, kondisi cuaca meliputi dan



kuantitas awan, pergantian musim dan posisi garis lintang. Intensitas radiasi sinar matahari di Indonesia berlangsung 4-5 jam per hari.

Efisiensi pemanfaatan PLTS dibutuhkan perencanaan yang baik dan akurat yaitu, sebagai berikut:

1. Jumlah data yang akan dibutuhkan dalam pemakaian sehari-hari (Watt/Hour)
2. Jumlah panel yang harus dipasang
3. Berapa unit baterai yang diperlukan untuk kapasitas yang diinginkan dan penggunaan tanpa sinar matahari

Besarnya biaya dalam penentuan harga sebuah solar panel didasarkan atas perhitungan harga per *Watt Peak* (WP), ini berlaku di pasar internasional untuk penentuan harga sebuah *solar panel*.

### 2.3.1 Panel surya

Sinar matahari yang menyinari di bumi dapat diubah menjadi energi listrik melalui sebuah proses yang dinamakan *photovoltaic* (PV). *Photo* merujuk kepada cahaya dan *voltaic* mengacu kepada tegangan. Terminologi ini digunakan untuk menjelaskan sel elektronik yang memproduksi energi listrik arus searah dari energi radiasi matahari. *Photovoltaic cell* dibuat dari material semikonduktor terutama silikon yang dilapisi oleh bahan tambahan khusus. Jika cahaya matahari mencapai *cell* maka elektron akan terlepas dari atom silikon dan mengalir membentuk sirkuit listrik sehingga energi listrik dapat dibangkitkan. Sel surya selalu didesain untuk mengubah cahaya menjadi energi listrik sebanyak-banyaknya dan dapat digabung menjadi seri atau paralel untuk menghasilkan tegangan dan arus yang diinginkan (Dafi Dzulfikara, 2016).

Panel surya atau modul fotovoltaik merupakan komponen utama yang ada pada sistem PLTS. Fungsi panel surya adalah untuk mengkonversi energi cahaya matahari menjadi energi listrik. Panel surya terdiri dari susunan sel-sel fotovoltaik.

Sel fotovoltaik adalah perangkat semikonduktor yang mengubah energi cahaya menjadi energi listrik. Begitu cahaya jatuh pada sel-sel ini dalam kondisi *reverse bias*, sel-sel ini menghasilkan listrik (Prashanth, Pramod and Kumar 2018).



Cara kerja dari *photovoltaic cell* sangat tergantung kepada sinar matahari yang diterimanya. Kondisi iklim (misal awan tebal atau kabut) mempunyai efek yang sangat signifikan terhadap jumlah energi matahari yang diterima sel sehingga akan memengaruhi pula unjuk kerjanya.

### 2.3.2 Jenis-jenis panel

Panel sel surya mengubah intensitas sinar matahari menjadi energi listrik. Panel sel surya menghasilkan arus yang digunakan untuk mengisi baterai. Panel surya terdiri dari *photovoltaic* yang menghasilkan energi listrik dari intensitas cahaya saat intensitas cahaya berkurang (berawan, mendung, hujan) arus listrik yang dihasilkan juga berkurang. Dengan memperluas panel surya berarti menambah konversi tenaga surya. Umumnya panel sel surya dengan ukuran dan jenis tertentu memberikan hasil yang tertentu juga. Berikut diberikan jenis - jenis Panel Surya:

- Monokristal (*Mono-crystalline*)

Merupakan panel yang paling efisien yang dihasilkan dengan teknologi terkini dan menghasilkan daya listrik persatuan luas yang paling tinggi. Monokristal dirancang untuk penggunaan yang memerlukan konsumsi listrik besar pada tempat-tempat yang beriklim ekstrim dan dengan kondisi alam yang sangat ganas. Memiliki efisiensi sampai dengan 15%. Kelemahan dari panel jenis ini adalah tidak akan berfungsi baik ditempat yang cahaya matahari kurang (teduh), efisiensinya akan turun drastis dalam cuaca berawan.



Gambar 2. Monokristal (*Mono-Crystalline*)



- Polikristal (*Poly-Crystalline*)

Merupakan Panel Surya yang memiliki susunan kristal acak karena dipabrikasi dengan proses pengecoran. Tipe ini memerlukan luas permukaan yang lebih besar dibandingkan dengan jenis monokristal untuk menghasilkan daya listrik yang sama. Panel suraya jenis ini memiliki efisiensi lebih rendah dibandingkan tipe monokristal, sehingga memiliki harga yang cenderung lebih rendah.



Gambar 3. Polikristal (*Poly-Crystalline*)

- *Thin Film Photovoltaic*



Gambar 4. *Thin Film Photovoltaic*



Merupakan Panel Surya (dua lapisan) dengan struktur lapisan tipis kristal-silikon dan amorphous dengan efisiensi modul hingga 8,5% hingga untuk luas permukaan yang diperlukan per-watt daya yang dihasilkan

lebih besar daripada monokristal & polykristal. Inovasi terbaru adalah *Thin Film Triple Junction Photovoltaic* (dengan tiga lapisan) dapat berfungsi sangat efisien dalam udara yang sangat berawan dan dapat menghasilkan daya listrik sampai 45% lebih tinggi dari panel jenis lain dengan daya yang ditera setara.

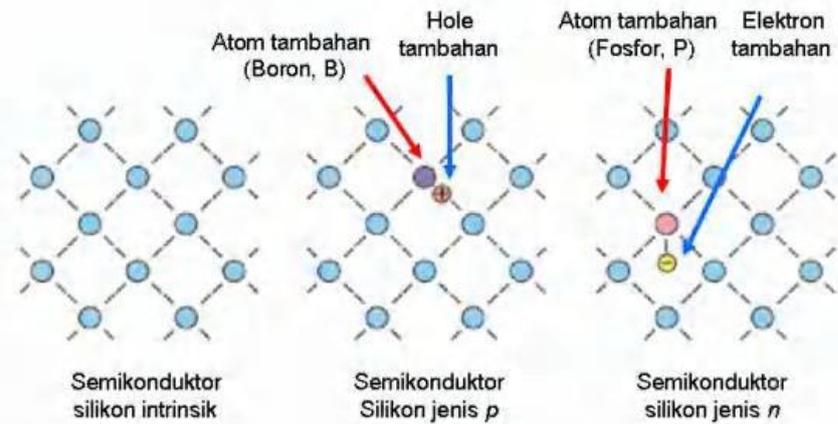
Cahaya matahari dapat diubah menjadi energi listrik melalui modul surya yang terbuat dari bahan semikonduktor. Bahan semikonduktor merupakan bahan semi logam yang memiliki partikel yang disebut elektron-proton, yang apabila digerakkan oleh energi dari luar akan membuat pelepasan elektron sehingga menimbulkan arus listrik dan pasangan elektron-*hole*. Modul surya mampu menyerap cahaya sinar matahari yang mengandung gelombang elektromagnetik atau energi foton ini.

Energi foton pada cahaya matahari ini menghasilkan energi kinetik yang mampu melepaskan elektron-elektron ke pita konduksi sehingga menimbulkan arus listrik. Energi kinetik makin besar seiring dengan meningkatnya intensitas cahaya matahari. Intensitas cahaya matahari tertinggi diserap bumi di siang hari sehingga menghasilkan tenaga surya yang diserap bumi ada sekitar 120.000 terra Watt. Jenis logam yang digunakan juga akan menentukan kinerja dari pada sel surya.

### 2.3.3 Prinsip kerja

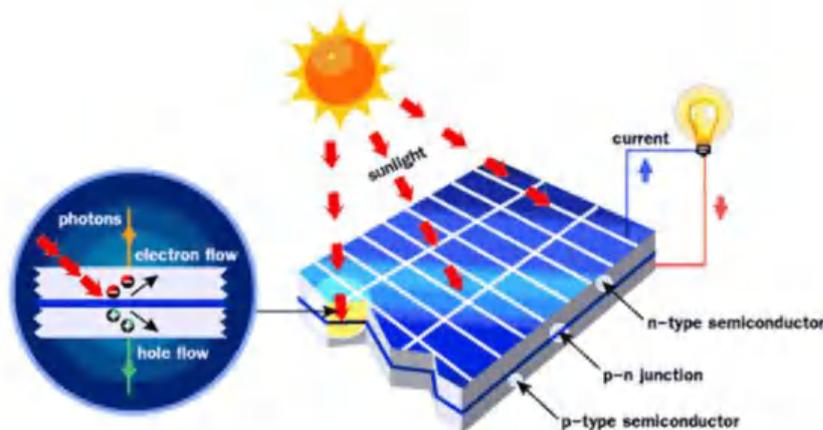
Sel surya konvensional bekerja menggunakan prinsip p-n *junction*, yaitu *junction* antara semikonduktor tipe-p dan tipe-n. Semikonduktor ini terdiri dari ikatan-ikatan atom yang dimana terdapat elektron sebagai penyusun dasar. Semikonduktor tipe-n mempunyai kelebihan elektron (muatan negatif) sedangkan semikonduktor tipe-p mempunyai kelebihan *hole* (muatan positif) dalam struktur atomnya. Kondisi kelebihan elektron dan *hole* tersebut bisa terjadi dengan mendoping material dengan atom *dopant*. Mendapatkan material silikon tipe-p dengan cara silikon di-doping oleh atom boron, sedangkan untuk mendapatkan material silickn tipe-n, silikon di-doping oleh atom fosfor.





Gambar 5. Pendopingan semikonduktor tipe-p dan tipe-n (Sigh, 1995)

Peran dari *p-n junction* ini adalah untuk membentuk medan listrik sehingga elektron dan *hole* bisa diekstrak oleh material kontak untuk menghasilkan listrik. Semikonduktor tipe-p dan tipe-n ketika terkontak, maka kelebihan elektron akan bergerak dari semikonduktor tipe-n ke tipe-p sehingga membentuk kutub positif pada semikonduktor tipe-n dan sebaliknya kutub negatif pada semikonduktor tipe-p. Aliran elektron dan *hole* ini mengakibatkan bentuk medan listrik yang mana ketika cahaya matahari mengenai susunan *p-n junction* ini maka akan mendorong elektron bergerak dari semikonduktor menuju kontak negatif yang selanjutnya dimanfaatkan sebagai listrik dan sebaliknya *hole* bergerak menuju kontak positif menunggu elektron datang.



Gambar 6. Prinsip kerja sel photovoltaic (sun-nrg.org, 2016)



### 2.3.4 Komponen PLTS

Adapun komponen-komponen yang terdapat dalam *photovoltaic* antara lain sebagai berikut:

a. *Solar Charger Controller*

*Solar charger controller* adalah *charger* baterai yang disuplai dari panel surya *photovoltaik*. Perangkat elektronik ini berfungsi untuk mengatur arus dari solar sel ke dalam baterai. Perangkat ini memiliki fitur yang lengkap dan pengoperasian yang mudah dengan satu potensiometer untuk pengaturan tegangan mengambang *floating voltage*, dan kompensasi suhu ruang otomatis, sehingga masa pakai baterai akan lebih lama. Dilengkapi juga dioda untuk proteksi kutub terbalik.



Gambar 7. Solar Charger Controller (Atonergi, 2016)

*Solar charge controller* merupakan peralatan elektronik yang digunakan untuk mengatur arus searah yang diisi ke baterai dan diambil dari baterai ke beban. *Solar charger controller* mengatur *over charging* (kelebihan pengisian pada baterai) dan kelebihan tegangan dari panel surya/*solar cell*. Kelebihan tegangan dan pengisian akan mengurangi umur baterai. Beberapa fungsi detail dari *solar charger controller* adalah sebagai berikut:

- Mengatur arus untuk pengisian ke baterai, menghindari *over charging* dan *over voltage*.

Mengatur arus yang dibebaskan/diambil dari baterai agar baterai tidak *full discharge* dan *over loading*.

*Monitoring* temperatur baterai.



b. Baterai

Baterai adalah alat elektro kimia yang dibuat untuk mensuplai listrik ke komponen kelistrikan. Baterai menyimpan listrik dalam bentuk energi kimia, yang dikeluarkannya bila diperlukan dan mensuplainya ke masing-masing sistem kelistrikan atau alat yang memerlukannya.



Gambar 8. Baterai (Powertechsystem, 2013)

Baterai merupakan suatu proses kimia listrik dimana pada saat pengisian energi listrik diubah menjadi energi kimia dan saat pengeluaran energi kimia diubah menjadi energi listrik. Baterai yang digunakan berfungsi untuk menyimpan tegangan yang dihasilkan oleh *solar cell* dan dimanfaatkan kembali untuk mensuplai beban.

c. Inverter

Inverter merupakan suatu komponen yang digunakan pada sistem *photovoltaic* yang berfungsi untuk mengubah listrik DC (*Direct Current*) sebagai output dari baterai diubah menjadi listrik AC (*Alternating Current*) untuk mensuplai beban AC.



Gambar 9. Inverter



Inverter adalah rangkaian yang mengubah tegangan DC menjadi AC. Atau lebih tepatnya inverter memindahkan tegangan dari sumber DC ke beban AC. Sumber tegangan inverter dapat berupa baterai, panel surya maupun sumber tegangan DC lainnya.

Berdasarkan gelombang keluaran yang dihasilkan, inverter dapat dibagi menjadi 3 macam yaitu *square wave*, *modified sine wave*, dan *pure sine wave*.

- *Square Wave*

Inverter ini adalah yang paling sederhana. Walaupun inverter jenis ini dapat menghasilkan tegangan 220V AC, 50 Hz namun kualitasnya sangat buruk. Sehingga hanya dapat digunakan pada beberapa alat listrik saja. Hal ini disebabkan karena karakteristik output inverter ini adalah memiliki level *total harmonic distortion* yang tinggi.

- *Modified Sine Wave*

*Modified Sine Wave* disebut juga *Modified Square Wave* atau *Quasy Sine Wave* karena gelombang *modified sine wave* hampir sama dengan *square wave*, namun pada *modified sine wave* outputnya menyentuh titik 0 untuk beberapa saat sebelum pindah ke positif atau negatif. Selain itu karena *modified sine wave* mempunyai *harmonic distortion* yang lebih sedikit dibanding *square wave* maka dapat dipakai untuk beberapa alat listrik seperti komputer, tv dan lampu. Namun tidak bisa untuk beban-beban yang lebih sensitif.

- *Pure Sine Wave*

*Pure Sine Wave* atau *true sine wave* merupakan gelombang inverter yang hampir menyerupai gelombang sinusoida sempurna, Dengan *total harmonic distortion* (THD)  $< 3\%$ . Sehingga cocok untuk semua alat elektronika. Oleh sebab itu inverter ini juga disebut *clean power supply*. Teknologi yang digunakan inverter jenis ini umumnya disebut *pulse width modulation* (PWM) yang dapat mengubah tegangan DC menjadi AC dengan bentuk gelombang yang hampir sama dengan gelombang sinusoida.



## 2.4 Sistem Kontrol

### 2.4.1 Arduino Uno

Arduino Uno adalah sebuah *board* yang menggunakan mikrokontroler ATmega328. Arduino Uno memiliki 14 pin digital (6 pin dapat digunakan sebagai output PWM), 6 input analog, sebuah 16 MHz osilator kristal, sebuah koneksi USB, sebuah konektor sumber tegangan, sebuah header ICSP, dan sebuah tombol reset. Arduino Uno memuat segala hal yang dibutuhkan untuk mendukung sebuah mikrokontroler. Hanya dengan menghubungkannya ke sebuah komputer melalui USB atau memberikan tegangan DC dari baterai atau adaptor AC ke DC sudah dapat membuatnya bekerja. Arduino Uno menggunakan ATmega16U2 yang diprogram sebagai *USB to serial converter* untuk komunikasi serial ke komputer melalui *port* USB.



Gambar 10. Arduino Uno

"Uno" berarti satu di Italia dan diberi nama untuk menandai peluncuran Arduino 1.0. Versi 1.0 menjadi versi referensi Arduino ke depannya. Arduino Uno R3 adalah revisi terbaru dari serangkaian *board* Arduino, dan model referensi untuk *platform* Arduino.

Adapun data teknis *board* Arduino UNO R3 adalah sebagai berikut:

- Mikrokontroler: ATmega328
- Tegangan Operasi: 5V
- Tegangan *Input (recommended)*: 7 - 12 V
- Tegangan *Input (limit)*: 6 – 20 V

Pin digital *I/O*: 14 (6 di antaranya pin *PWM*)

Pin Analog *input*: 6

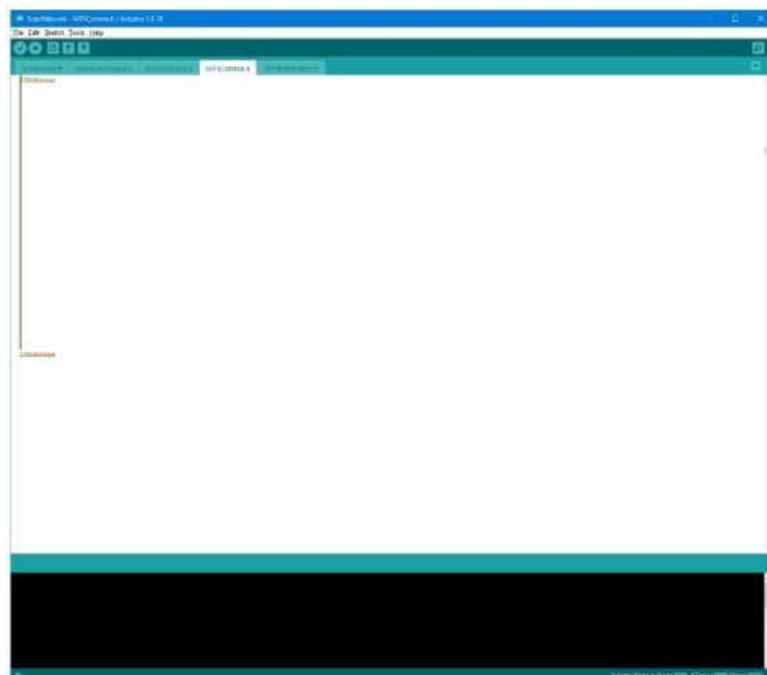
Arus DC per pin *I/O*: 40 mA



- Arus DC untuk pin 3,3 V: 150 mA
- *Flash Memory*: 32 KB dengan 0,5 KB digunakan untuk *bootloader*
- *EEPROM*: 1 KB
- Kecepatan Pewaktuan: 16 MHz

## 2.4.2 Arduino IDE

Arduino IDE atau (*Integrated Development Environment*) adalah *software* yang tersedia di situs Arduino.cc berfungsi untuk menulis *sketch* yang digunakan sebagai program di papan Arduino. IDE (*Integrated Development Environment*) berarti bentuk alat pengembangan program yang terintegrasi sehingga berbagai keperluan disediakan dan dinyatakan dalam bentuk antarmuka berbasis menu. Aplikasi Arduino IDE dirancang agar memudahkan penggunaannya dalam membuat berbagai aplikasi. Arduino IDE memiliki struktur Bahasa Pemrograman yang sederhana dan fungsi yang lengkap, sehingga mudah untuk dipelajari oleh pemula sekalipun. Pada aplikasi Arduino IDE kita dapat menulis *sketch*, memeriksa ada kesalahan atau tidak di *sketch*, dan kemudian mengunggah *sketch* yang sudah terkompilasi ke papan Arduino dengan menggunakan Arduino IDE (Kadir, 2015).



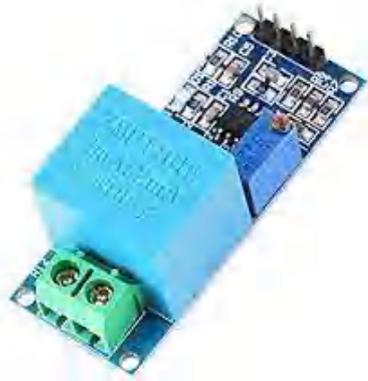
Gambar 11. Arduino IDE



### 2.4.3 Sensor tegangan

Tegangan listrik (*Voltage*) timbul dikarenakan ada beda potensial listrik antara dua titik dalam rangkaian listrik. Besaran tegangan dinyatakan dalam satuan international Volt. Pengukuran ini dilakukan dikarenakan adanya beda potensial di suatu medan listrik yang berefek pada aliran listrik yang mengalir pada material yang berbahan dari konduktor.

*Single phase AC voltage* sensor zmp101b adalah modul untuk mengukur tegangan AC 220V 1 fasa. Modul ini memiliki *built-in transformer step down* AC to AC 2mA tipe ZMPT101B dan rangkaian komparator untuk mengubah besar tegangan AC menjadi lebih rendah (*arduino / microcontroller compatible*) sehingga aman untuk dihubungkan ke Arduino atau mikrokontroler. Output modul ini adalah analog, bisa anda hubungkan ke input analog (ADC) di arduino/mikrokontroler. Modul ini cocok untuk diaplikasikan ke *project* meteran listrik, *AC voltage measuring/monitoring*, dan lain-lain.



Gambar 12. Sensor Tegangan

Spesifikasi:

- 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 Arus: 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

#### 2.4.4 Relai

Relai merupakan suatu komponen elektronika berupa saklar atau *switch*. Relai atau *switch* terbagi ke dalam 2 bagian, yaitu:

- Elektromagnet (*coil*)
- Mekanikal (seperangkat kontak saklar/*switch*)



Gambar 13. Relai

Secara umum relai menggunakan prinsip elektromagnetik dimana elektromagnetik ini memiliki kegunaan sebagai penggerak kontak saklar, sehingga dengan demikian menggunakan arus listrik yang kecil dapat menghantarkan aliran listrik tinggi.

##### a. Jenis-jenis Relai

##### 1. Relai Elektromagnetik

Jenis relai elektromagnetik dibangun menggunakan komponen listrik, magnetik dan mekanik, serta memiliki kotak mekanis dan *coil* operasi. Sehingga ketika *coil* mulai diaktifkan oleh sistem suplai, kontak mekanis akan terbuka dan tertutup.



Relai elektromagnetik sendiri memiliki berbagai macam atau jenis;

- Relai AC dan DC
- Relai Elektromagnetik daya tarik
- Relai tipe Induksi
- Relai penahan Magnetik

## 2. *Solid State Relay (SSR)*

*Solid State Relay (SSR)* memanfaatkan komponen *solid state* dalam melakukan operasi *switching* tanpa ada yang dipindahkan. Hal ini dikarenakan energi yang dihasilkan lebih jauh besar dari pada dengan energi kontrol. Jika dibandingkan dengan relai elektromagnetik, SSR ini memiliki daya jauh lebih tinggi.

## 3. Relai *Thermal*

Seperti namanya, relai jenis ini didasarkan pada efek panas, artinya suhu mengalami kenaikan dari batas, dengan mengarahkan kontak dari satu posisi ke posisi lainnya. Relai *thermal* digunakan terutama pada perlindungan motor yang terdiri dari elemen bimetal seperti sensor suhu dan kontrol.

## 4. Relai Hibrida

Relai hibrida terdiri dari relai elektromagnetik dan komponen elektronik. Relai jenis ini pada bagian input memiliki rangkaian elektronik yang melakukan perbaikan dan fungsi kontrol lainnya. Kemudian pada bagian output biasanya termasuk ke dalam relai elektromagnetik.

## 5. *Reed Relay*

*Reed relay* pada umumnya terdiri dari sepasang strip magnetik, dan disegel pada tabung gelas. Sedangkan *reed* memiliki peran sebagai angker dan pisau kontak. Medan magnet yang terdapat pada *coil* melilit tabung, sehingga *reed* bergerak, dan operasi *switching* terjadi.



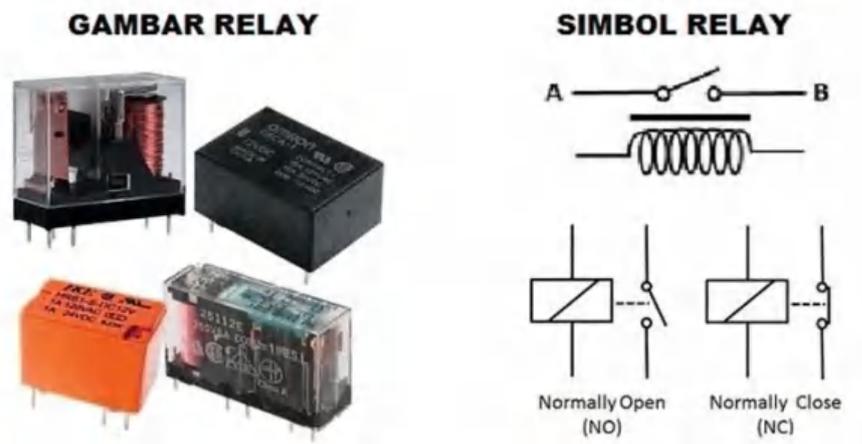
likasi dan Fungsi Relai secara umum

ara umum fungsi relai yang telah diaplikasikan ke dalam komponen  
ca adalah sebagai berikut:

- Relai berfungsi menjalankan fungsi logika (*logic function*).
- Relai difungsikan untuk pengendalian pada sirkuit tegangan tinggi dengan menggunakan bantuan dari signal yang memiliki tegangan rendah.
- Relai juga biasa digunakan untuk memberikan penundaan waktu (*time delay function*)
- Relai dapat digunakan sebagai pelindung motor dan komponen dari terjadinya hubungan arus pendek atau kelebihan tegangan.

c. Gambar, Bentuk, dan Simbol Relai

Gambar 14 memperlihatkan bentuk dan simbol relai yang sering kita temukan pada rangkaian elektronika.



Gambar 14. Gambar, Bentuk, dan Simbol Relai

d. Istilah *Pole* dan *Throw* pada Relai

Istilah *Pole* dan *Throw* ini digunakan pada saklar, hal ini juga berlaku pada Relai karena relai merupakan jenis dari saklar. Berikut sedikit penjelasan mengenai arti dari istilah *pole* dan *throw* pada relai.

- *Pole* adalah jumlah kontak (*contact*) yang dimiliki oleh relai.
- *Throw* adalah kondisi yang dimiliki oleh kontak (*contact*).



Beberapa jenis-jenis relai yang digolongkan berdasarkan jumlah *pole* dan *throw* pada Tabel 2.

Tabel 2. Relai berdasarkan jumlah *pole* dan *throw*

No	Golongan	Saklar	Coil	Jumlah
1	<i>Single Pole Single Throw</i> (SPST)	2 Terminal	2 Terminal	4 Terminal
2	<i>Single Pole Double Throw</i> (SPDT)	3 Terminal	2 Terminal	5 Terminal
3	<i>Double Pole Single Throw</i> (DPST)	4 Terminal	2 Terminal	6 Terminal
5	<i>Double Pole Double Throw</i> (DPDT)	6 Terminal	2 Terminal	8 Terminal

### 2.4.5 UPS

Suplai daya bebas gangguan (*Uninterruptible Power Supply/UPS*) adalah perangkat yang biasanya menggunakan baterai *back up* sebagai catuan daya alternatif, untuk dapat memberikan suplai daya yang tidak terganggu untuk perangkat elektronik yang terpasang. UPS merupakan sistem penyedia daya listrik yang sangat penting dan diperlukan sekaligus dijadikan sebagai benteng dari kegagalan daya serta kerusakan sistem dan *hardware*. UPS akan menjadi sistem yang sangat penting dan sangat diperlukan pada banyak perusahaan penyedia jasa telekomunikasi, jasa informasi, penyedia jasa internet dan banyak lagi. Dapat dibayangkan berapa besar kerugian yang timbul akibat kegagalan daya listrik jika sistem tersebut tidak dilindungi dengan UPS. Fungsi utama dari UPS adalah:

- Dapat memberikan energi listrik sementara ketika terjadi kegagalan daya pada listrik utama.
- Memberikan kesempatan waktu yang cukup untuk segera menghidupkan genset sebagai pengganti listrik utama.
- Memberikan kesempatan waktu yang cukup untuk segera melakukan *back up* data dan mengamankan sistem operasi (OS) dengan melakukan *shutdown* sesuai prosedur ketika listrik utama padam.
- Mengamankan sistem komputer dari gangguan-gangguan listrik yang dapat mengganggu sistem komputer baik berupa kerusakan *software*, data maupun kerusakan *hardware*.
- UPS secara otomatis dapat melakukan stabilisasi tegangan ketika terjadi perubahan tegangan pada input sehingga tegangan output yang digunakan oleh sistem komputer berupa tegangan yang stabil.



dapat melakukan diagnosa dan management terhadap dirinya sendiri tanpa memerlukan bantuan orang lain. Hal ini memudahkan pengguna untuk mengantisipasi jika akan terjadi gangguan terhadap sistem.

- *User friendly* dan mudah dalam instalasi.
- Pengguna dapat melakukan kontrol UPS melalui jaringan LAN dengan menambahkan beberapa aksesoris yang diperlukan.
- Dapat diintegrasikan dengan jaringan internet.
- Notifikasi jika terjadi kegagalan dengan melakukan pengaturan perangkat lunak *UPS management*.



Gambar 15. Mini UPS

a. Jenis-jenis UPS berdasarkan cara kerja

1. *Line-Interactive* UPS

Pada UPS jenis ini diberi tambahan alat AVR (*automatic voltage regulator*) yang berfungsi mengatur tegangan dari suplai daya ke peralatan.

2. *On-line* UPS

Pada UPS jenis ini terdapat 1 *rectifier* dan 1 inverter yang terpisah. Hal ini lebih mahal apabila dibandingkan dengan dua jenis UPS lainnya. Dalam keadaan gangguan, suplai daya ke *rectifier* akan diblok sehingga akan ada arus DC dari baterai ke inverter yang kemudian diubah menjadi AC.

3. *Off-line* UPS

UPS jenis ini merupakan UPS paling murah di antara jenis UPS yang lain. Karena *rectifier* dan inverter berada dalam satu unit. Dalam keadaan gangguan, *switch* akan berpindah sehingga suplai daya dari suplai utama terblok. Akibatnya akan mengalir arus DC dari baterai menuju inverter.

*Modified* UPS

UPS jenis ini sementara hanya di produksi oleh para antusias teknik yang berhubungan dengan komputer.



#### b. Cara kerja UPS

UPS bekerja berdasarkan kepekaan tegangan. (RT)UPS akan menemukan penyimpangan jalur tegangan misalnya, kenaikan tajam, kerendahan, gelombang dan juga penyimpangan yang disebabkan oleh pemakaian dengan alat pembangkit tenaga listrik yang murah. Karena gagal, UPS akan berpindah ke operasi *on-battery* atau baterai hidup sebagai reaksi kepada penyimpangan untuk melindungi bebannya (*load*). Jika kualitas listrik kurang, UPS mungkin akan sering berubah ke operasi *on-battery*. Kalau beban bisa berfungsi dengan baik dalam kondisi tersebut, kapasitas dan umur baterai dapat bertahan lama melalui penurunan kepekaan UPS. Kegagalan listrik sesaat akibat terputusnya aliran listrik atau akibat sambaran petir dapat meningkatkan arus catu daya dan dapat mematikan suplai arus listrik DC yang menuju *motherboard* komputer. Kegagalan listrik sesaat tersebut dapat memengaruhi kinerja perangkat komputer baik pada *hardware* maupun *software* sehingga menggunakan aktivitas pengolahan data. Gangguan *hardware* dapat mengakibatkan *motherboard* cepat rusak, berkurangnya performa sistem, dan turunnya performa *hardware*. Sedangkan gangguan sistem *software* dapat berupa kemungkinan *operating system corrupt*, *data lost*, dan lain sebagainya.

#### 2.4.6 Circuit breaker

*Circuit Breaker* atau CB adalah suatu peralatan proteksi atau pengaman suatu rangkaian listrik pada sistem tenaga listrik. CB digunakan untuk memutus secara otomatis jika terjadi kelebihan arus listrik karena kelebihan beban listrik, hubungan arus pendek (konslet), percikan api dan lain-lain, sesuai dengan ratingnya pada kondisi tegangan yang normal ataupun tidak normal. CB digunakan untuk memutus secara manual ketika dilakukan perbaikan atau perawatan.

