

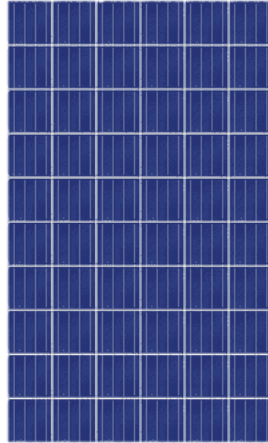
BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Solar Cell

Solar cell adalah perangkat yang terdiri dari sel surya yang mengubah cahaya menjadi listrik. Ini disebut solar cell atau matahari atau "sol" karena matahari adalah sumber cahaya paling kuat yang tersedia. Solar cell sering disebut sebagai sel photovoltaic. Tenaga surya dapat diartikan sebagai "lampu listrik". Solar cell menggunakan efek photovoltaic untuk menyerap energi. Tenaga Photovoltaic dihasilkan oleh bagian yang disebut sel surya, yang berukuran sekitar 10 hingga 15 cm persegi. Komponen ini mengubah energi dari sinar matahari menjadi energi listrik.

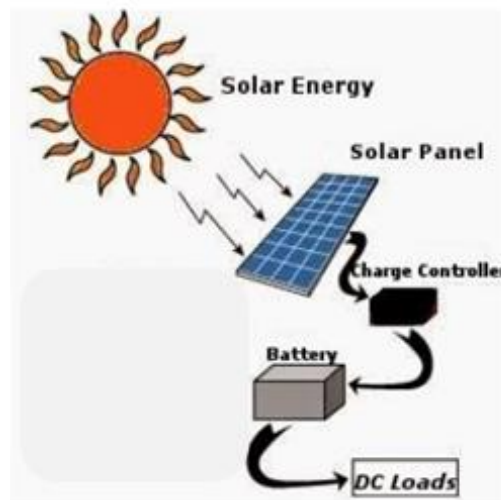
Solar cell merupakan komponen utama dan biasanya terbuat dari bahan semikonduktor. Secara sederhana, solar cell terdiri dari bahan semikonduktor tipe-p dan tipe-n yang memungkinkan elektron mengalir saat terkena sinar matahari. Aliran elektron ini disebut aliran arus. Ketika sinar matahari terdiri dari foton yang mengenai permukaan bahan sel surya (penyerap), sinar matahari diserap, dipantulkan, atau hanya ditransmisikan, dan hanya foton dengan tingkat energi tertentu yang memisahkan elektron dari ikatan atom. Solar cell merupakan modul yang terdiri dari beberapa sel surya yang dihubungkan seri dan paralel tergantung ukuran dari kapasitas yang diperlukan. Sistem sel surya yang digunakan di permukaan bumi terdiri dari Solar cell, Solar controller charger (SSC), Accu 12 Volt yang free maintenance. Solar cell biasanya diletakkan dalam posisi diam menghadap matahari. Posisi statis solar cell tidak menerima energi listrik yang optimal, karena matahari bergerak membentuk sudut yang terus berubah. Untuk penyerapan yang optimal, sinar matahari harus selalu mengenai permukaan panel surya secara tegak lurus. Oleh karena itu, untuk mendapatkan energi listrik yang optimal, sistem solar cell dilengkapi dengan rangkaian kontrol opsional untuk mengatur orientasi permukaan solar cell dan selalu menghadap matahari sehingga sinar matahari hampir vertikal untuk solar cell.



Gambar 2. 1 Solar Cell

Sumber : (<https://www.pngegg.com/en/search?q=Solar+cell>)

2.1.1 Cara Kerja Solar Cell



Gambar 2. 2 Prinsip Kerja Solar Cell

Sumber : Pribadi

Pada siang hari modul surya/panel solar cell menerima cahaya matahari yang kemudian diubah menjadi listrik melalui proses photovoltaic. Energi listrik yang dihasilkan oleh modul surya dapat langsung disalurkan ke beban atau disimpan dalam baterai sebelum digunakan ke beban. Dan arus searah DC (direct current) yang dihasilkan dari modul surya yang telah tersimpan dalam baterai sebelum digunakan ke beban terlebih dahulu[1].

Secara sederhana, cara kerja solar cell adalah dengan menyerap cahaya matahari dan menampung energi yang dihasilkan ke dalam sebuah baterai. Dengan demikian, sistem bisa berjalan meskipun di sore hari, malam hari, atau ketika kondisi hujan. Solar cell terdiri dari kumpulan sel-sel surya. Setiap sel surya terdiri dari dua lapisan silikon yang saling menempel, yaitu lapisan silikon tipe-n dan lapisan silikon tipe-p. Lapisan silikon tipe-n dan tipe-p terbentuk dari lapisan silikon murni yang disebut semikonduktor intrinsik. Semikonduktor ini terdiri dari ikatan atom di mana terdapat elektron sebagai penyusun dasar. Dalam semikonduktor tipe-n, terdapat muatan negatif yang berlebih, sedangkan dalam semikonduktor tipe-p, terdapat muatan positif yang berlebih di dalam struktur atomnya. Cara kerja solar cell diwakili oleh lapisan silikon tipe-n dan tipe-p yang digunakan untuk membentuk suatu medan listrik sehingga elektron bisa diolah untuk menghasilkan listrik. Saat semikonduktor tipe-p dan tipe-n terhubung, maka kelebihan elektron akan bergerak dari semikonduktor tipe-n ke tipe-p, dari hal tersebut maka akan membentuk kutub positif pada semikonduktor tipe-n, dan sebaliknya akan terjadi kutub negatif pada semikonduktor tipe-p. Akibat dari aliran elektron dan hole ini, terbentuklah medan listrik di mana ketika cahaya matahari mengenai susunan lapisan silikon tipe-n dan tipe-p, 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.

2.1.2 Karakteristik Solar Cell

Solar Cell pada umumnya memiliki ketebalan 0.3 mm, yang terbuat dari irisan bahan semikonduktor dengan kutub (+) dan kutub (-). Apabila suatu cahaya jatuh pada permukaannya maka pada kedua kutubnya timbul perbedaan tegangan yang tentunya dapat menyalakan lampu, menggerakkan motor listrik yang berdaya DC. Untuk mendapatkan daya yang lebih besar bisa menghubungkan Solar Cell secara seri atau paralel tergantung sifat

penggunaannya. Prinsip dasar pembuatan Solar Cell adalah memanfaatkan efek Photovoltaic yakni suatu efek yang dapat merubah langsung cahaya matahari menjadi energi listrik.

Spesifikasi keseluruhan dari Solar Cell yang digunakan adalah:

- Kekuatan daya maksimal : 50 Watt
- Kekuatan arus yang mengalir maksimal : 3.4 Ampere
- Kekuatan tegangan yang mengalir maksimal : 21.4 Volt
- Berat secara fisik : 1.8 Kg
- Ukuran fisik : 130 X 33 X 3 CM
- Tegangan maximum dalam sistem : 600 V
- Kondisi keseluruhan : $SM = 50$ E = 1000 W/m² T_c = 250 C[2].

(Sumber: Data Sheet Model Photovoltaic Module Siemens. USA)

2.1.3 Jenis – Jenis Solar Cell

1. Polikristal(Poly-crystalline)

Merupakan panel surya / solar cell yang memiliki susunan kristal acak. Type Polikristal memerlukan luas permukaan yang lebih besar dibandingkan dengan jenis monokristal untuk menghasilkan daya listrik yang sama, akan tetapi dapat menghasilkan listrik pada saat mendung.

2. Monokristal (Mono-crystalline)

Merupakan panel yang paling efisien, menghasilkan daya listrik persatuan luas yang paling tinggi. 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.

2.2 Solar Charger Controller (SSC)

Solar Charge Controller adalah salah satu komponen di dalam sistem pembangkit listrik tenaga surya, berfungsi sebagai pengatur arus listrik baik terhadap arus yang masuk dari Panel Surya maupun arus beban keluar / digunakan. Bekerja untuk menjaga baterai dari pengisian yang berlebihan. Solar

Charge Controller mengatur tegangan dan arus dari Panel Surya ke baterai. Sebagian besar Panel Surya 12 Volt menghasilkan tegangan keluaran sekitar 16 sampai 20 volt DC, jadi jika tidak ada pengaturan, baterai akan rusak dari pengisian tegangan yang berlebihan. Pada umumnya baterai 12Volt membutuhkan tegangan pengisian sekitar 13-14,8 volt (tergantung tipe baterai) untuk dapat terisi penuh[3]. Solar Charge Controller biasanya terdiri dari: 1 input yang terhubung dengan output solar cell, 1 output yang terhubung dengan baterai atau aki dan output yang terhubung dengan beban (load) dc. arus listrik dc baterai tidak mungkin masuk ke solar cell karena biasanya sudah terpasang "diode protection" yang berfungsi melewatkan arus solar cell ke baterai bukan sebaliknya.



Gambar 2. 3 Solar Charger Controller

Sumber : <https://zona-teknikk001.blogspot.com/2021/04/solar-charger-controller-pengertian.html>

Ketika Solar cell menerima daya dari sinar matahari di siang hari, rangkaian kontrol pengisi daya ini akan secara otomatis bekerja dan mengisi daya baterai agar baterai tetap stabil. Jika kita menggunakan baterai 12v rangkaian mempertahankan tegangan 12 10%, tegangan pengisian yang dibutuhkan antara 13.2 atau 13.4 v dan ketika tegangan ini tercapai rangkaian akan secara otomatis menghentikan pengisian baterai. Sebaliknya jika tegangan aki turun menjadi 11 volt, maka controller akan memutus tegangan agar aki tidak habis. Fungsi keseluruhan dari controller ini adalah untuk mencegah agar baterai tidak kelebihan muatan (overcharged) dan tegangan rendah (undercharged) sehingga masa pakai baterai bertahan lama. Perangkat atau komponen terminal pembangkit listrik tenaga surya (PLTS) antara lain: terminal panel surya, terminal baterai, terminal beban. Ketiga terminal tersebut dilengkapi dengan polarisasi yang jelas yaitu negatif (-) dan positif (+) sehingga tidak terjadi error.

2.2.1 Jenis Solar Charger Controller

Dalam sebuah sistem PLTS offgrid diperlukan sebuah komponen yaitu Solar Charge Controller (SCC). Ada dua tipe varian SCC yang sering dijumpai yaitu MPPT (Maximum Power Point Tracking) dan PWM (Pulse Width Modulation).

1. MPPT (Maximum Power Point Tracking)

Didalam controller MPPT ini terdapat beberapa komponen atau perangkat elektronika yang memiliki fungsi untuk mengatur proses pengisian daya ke dalam baterai. Selain itu kinerja antara Panel Surya dengan baterai juga menjadi lebih optimal.

2. PWM (Pulse Width Modulation)

Controller PWM ini biasanya digunakan untuk sistem yang kecil saja, yaitu saat suhu pada sel surya sedang 45 derajat Celcius sampai 75 derajat Celcius. PWM juga memiliki harga jual yang sangat murah, jauh dengan harga yang ditawarkan MPPT.

2.2.2 Metode Pengujian Solar Charger Controller

Cara menguji solar charge controller ini adalah dengan cara memberi tegangan dari panel ke solar charge controller, apa bila layar di solar charge controller ini menunjukkan tegangan dan dapat mengisi aki maka solar charge controller ini berfungsi dengan baik, dan apabila layar di solar charge controller tidak menunjukkan tegangan dan tidak mengisi aki maka solar charge controller itu rusak[4].

2.3 Accumulator

Baterai adalah perangkat yang mengandung sel listrik yang dapat menyimpan energi yang dapat dikonversi menjadi daya. Baterai menghasilkan listrik melalui proses kimia. Baterai atau akkumulatur adalah sebuah sel listrik dimana didalamnya berlangsung proses elektrokimia yang reversible (dapat berkebalikan) dengan efisiensinya yang tinggi. Yang dimaksud dengan reaksi elektrokimia reversibel adalah didalam baterai dapat berlangsung proses perubahan kimia menjadi tenaga listrik (proses pengosongan) dan sebaliknya

dari tenaga listrik menjadi tenaga kimia (proses pengisian) dengan cara proses regenerasi dari elektroda - elektroda yang dipakai, yaitu dengan melewati arus listrik dalam arah polaritas yang berlawanan didalam sel. Baterai terdiri dari dua jenis, yaitu baterai primer dan baterai sekunder[5]. Baterai (aki), terdiri dari beberapa sel. Baterai aki 12 Volt, terdiri dari 6 sel. Tegangan sebenarnya pada baterai aki 12 volt adalah, antar 13,8 – 14,7 volt. Kondisi aki tergantung dari suhu. Suhu yang tinggi menyebabkan aki cepat rusak. Pada saat charging baterai pada suhu ruangan melebihi 30°C, tegangan yang direkomendasikan adalah 2,35 volt/sel. Dan suhu dibawah 30°C pada ruangan tetap, tegangan charger untuk masing-masing sel disarankan 2.40 – 2,45 volt[6].

Agar aki dapat dipakai lagi, harus diisi dengan cara mengalirkan arus listrik kearah yang berlawanan dengan arus listrik yang dikeluarkan aki tersebut. Ketika aki diisi akan terjadi pengumpulan muatan listrik. Pengumpulan jumlah muatan listrik dinyatakan dalam ampere jam, yaitu yang disebut dengan tenaga aki. Pada kenyataannya, pemakaian aki tidak dapat mengeluarkan seluruh energi yang tersimpan aki itu. Oleh karenanya, aki mempunyai rendemen atau efisiensi[7].



Gambar 2. 4 Accumulator

Sumber : <https://www.pngall.com/automotive-batteries-png/download/39168>

2.4 Multisensor

2.4.1 Sensor Suhu DS18B20

Sensor suhu merupakan salah satu komponen elektronika yang dapat menangkap perubahan temperatur lingkungan lalu mengkonversi ke besaran listrik yang dapat dengan mudah dianalisis nilainya. Terdapat 4 macam sensor suhu, yaitu: termokopel, termistor, Resistance Temperature Detectors (RTD), dan IC LM 35. Tiap jenis sensor tersebut mempunyai cara kerja

yang berbeda.

Sensor suhu DS18B20 adalah sensor dengan operasi output dalam bentuk digital, mampu beroperasi hanya dengan menggunakan satu kabel atau disebut juga 1-Wire bus yang menggunakan protokol one wire, dimana hanya membutuhkan satu kabel untuk data (dan ground) yang terhubung ke mikrokontroller, dengan adanya protokol 1- Wire tersebut sehingga dapat dimanfaatkan untuk mengoperasikan banyak sensor DS18B20 sekaligus hanya dengan satu kabel penghubung yang sama. Definisi pembeda antar sensor dengan pengalamatan kode serial 64- bit yang berbeda untuk setiap masing-masing sensor[8]. DS18B20 menyediakan 9 hingga 12-bit hasil pembacaan. Jumlah bit tersebut dapat di konfigurasi. Hasil pembacaan dikirim ke atau dari DS18B20 melalui antarmuka one wire. Power yang dibutuhkan untuk membaca, menulis, dan melakukan konversi suhu dapat diturunkan dari jalur data itu sendiri tanpa memerlukan sumber daya eksternal. Berdasarkan keterangan dari datasheet, sensor ini memiliki rentang pengukuran suhu dari mulai -55 derajat Celcius sampai dengan +125 derajat Celcius dengan akurasi kurang lebih 0,5 derajat celcius pada rentang -10 derajat celcius sampai +85 derajat celcius.



Gambar 2. 5 Sensor Suhu DS18B20

Sumber : <https://wahyuuf.wordpress.com/2015/05/11/sensor-suhu-ds18b20/>

Sedangkan spesifikasi lengkap sensor DS18B20 adalah sebagai berikut:

1. Unik 1-Wire interface hanya memerlukan satu pin port untuk komunikasi secara 1-Wire
2. Setiap perangkat memiliki kode serial 64- bit yang disimpan dalam sebuah ROM onboard

3. Tidak memerlukan ada komponen tambahan
4. Bekerja pada kisaran tegangan 3 sampai 5,5V
5. Dapat mengukur suhu pada kisaran -55 sampai 125 °C
6. Akurasi $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$ akurasi dari suhu -10 sampai 85 °C
7. Resolusi dapat dipilih oleh pengguna antara 9 sampai 12 bit
8. Kecepatan mengkonversi suhu maksimal 750 ms[9]

2.4.2 Sensor Arus ACS712

Sensor arus ACS712 merupakan suatu IC terpaket yang mana berguna sebagai sensor arus menggantikan transformator arus yang relatif besar dalam hal ukuran. Pada prinsipnya ACS712 sama dengan sensor efek hall lainnya yaitu dengan memanfaatkan medan magnetik disekitar arus kemudian dikonversi menjadi tegangan yang linier dengan perubahan arus.

Sensor ACS712 berfungsi untuk mendeteksi arus listrik baik AC ataupun DC dalam sebuah pengkabelan listrik, dan menghasilkan sebuah sinyal yang proporsional sesuai dengan hasil deteksi. Sinyal yang dihasilkan dapat berupa analog maupun digital. Sensor ini dapat dirancang untuk menghasilkan tampilan dari arus listrik yang diukur sehingga dapat disimpan sebagai data untuk analisa lebih jauh dalam sebuah sistem akuisisi data atau dapat digunakan untuk tujuan pengontrolan[10].



Gambar 2. 6 Sensor Arus ACS712

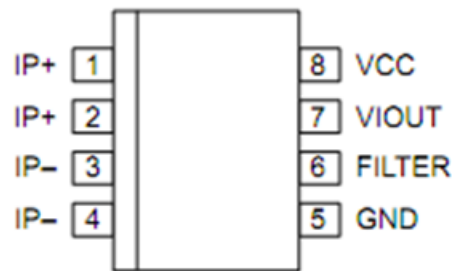
Sumber : <https://www.andalanelektro.id/2018/11/karakteristik-sensor-suhu-acs-712.html>

Cara kerja sensor ini adalah arus yang melalui kabel tembaga di dalam sensor menciptakan medan magnet yang dirasakan oleh IC Hall

onboard dan diubah menjadi tegangan proporsional.

2.4.2 Konfigurasi IC ACS712

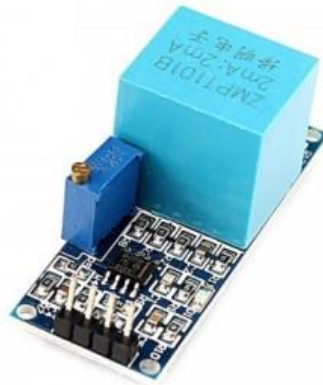
Pin-out Diagram



Gambar 2. 7 Pin-Out Diagram IC ACS712

2.4.3 Sensor Tegangan ZMPT101B

Sensor ZMPT101b merupakan sensor yang digunakan untuk melakukan monitoring terhadap parameter tegangan, serta dilengkapi keunggulan memiliki sebuah ultra micro voltage transformer, akurasi tinggi dan konsistensi yang baik untuk melakukan pengukuran tegangan dan daya. Pengukuran tegangan AC dapat dilakukan dengan cara dirubah menjadi DC agar lebih mudah dibaca oleh mikrokontroler. Sensor tegangan ZMPT101B telah dilengkapi summing-amplifier sehingga dapat digunakan untuk menaikkan tegangan negatif sehingga baik untuk pengukuran tegangan dengan menggunakan mikrokontroler[11]. Pada prinsipnya sensor tegangan sama dengan trafo step down lainnya yaitu dengan mengkonversikan tegangan tinggi menjadi tegangan yang dapat dibaca mikrokontroler dengan perubahan tegangan analog yang lemah.



Gambar 2. 8 Sensor Tegangan ZMPT101B

Sumber : <https://mybookshelvesweb.wordpress.com/2017/09/17/kalibrasi-sensor-tegangan-ac-zmpt101b/>

ZMPT101B Ultra Micro Voltage Transformer adalah sensor yang berukuran kecil, akurasi tinggi, konsisten yang baik untuk pengukuran tegangan dan pengukuran daya. Aplikasi dari sensor ini, diantaranya.

- a) Sensor arus lebih
- b) Ground fault detection
- c) Pengukuran
- d) Analog to digital circuit[12]

Sensor tegangan menggunakan trafo tegangan sebagai penurun tegangan dari 220 menjadi 5 Volt AC yang kemudian disearahkan menggunakan jembatan dioda untuk mengubah tegangan AC menjadi DC yang kemudian disaring oleh kapasitor kemudian masuk ke rangkaian pembagi tegangan untuk menurunkan tegangan, menghasilkan tegangan tidak lebih dari 5 volt DC pada input mikrokontroler. Modul sensor ZMPT101B memiliki fitur ukuran kecil, akurasi pengukuran tinggi, dan konsistensi output yang stabil untuk pengukuran tegangan dan daya. Modul sensor ini biasa digunakan untuk pengukuran daya atau energi, peralatan rumah tangga dan peralatan industri.

Berikut adalah spesifikasi dari sensor tegangan ZMPT101B

Tabel 2. 1 Spesifikasi Sensor Tegangan ZMPT101B

Model	ZMPT101B
Arus Primer	2mA
Arus Sekunder	2mA
Turns Ratio	1000: 1000
Phase angle error	$\leq 20'$ (input 2mA, sampling resistor 100 Ω)
Jangkauan linear	0~1000V 0~10mA (sampling resistor 100 Ω)
Linearitas	$\leq 0.2\%$ (20% \cdot ~120% \cdot)
Toleransi Kesalahan	$-0.5\% \leq f \leq 0$ (input 2mA, sampling resistor 100 Ω)
Tegangan Terisolasi	4000V
Pengaplikasian	Pengukuran Tegangan dan Daya
Same Polarity	1 3pin
Encapsulation	Epoxy
Instalasi	PCB
Suhu operasional	-40 $^{\circ}$ C~+70 $^{\circ}$ C

2.5 Step Down DC TO DC LM2596

Modul stepdown lm2596 adalah modul yang memiliki IC LM2596 sebagai komponen utamanya. IC LM2596 adalah sirkuit terpadu / integrated circuit yang berfungsi sebagai Step-Down DC converter dengan current rating 3A. Terdapat beberapa varian dari IC seri ini yang dapat dikelompokkan dalam dua kelompok yaitu versi adjustable yang tegangan keluarannya dapat diatur, dan versi fixed voltage output yang tegangan keluarannya sudah tetap / fixed[13]. Modul DC LM2596 berfungsi sebagai penurun tegangan dan dapat digunakan sebagai solusi pada masalah perbedaan tegangan dari objek sumber daya. Modul ini bekerja dengan menurunkan tegangan tinggi ke tegangan yang lebih rendah/kecil[14].



Gambar 2. 9 Stepdown LM2596

Sumber : <https://pakecart.com/product/lm2596-dc-to-dc-buck-adjustable-step-down-power-supply-converter-module/>

Spesifikasi Stepdown LM2596:

a. Input Voltage : DC 3V-40V

- b. Output Voltage : DC 1.5V-35V (tegangan output harus lebih rendah dengan selisih minimal 1.5V)
- c. Arus max : 3A
- d. Ukuran Board : 42mm x 20mm x 14mm[15]

2.6 RTC DS3231

RTC atau Real Time Clock ialah modul yang dapat dipakai untuk mengakses kalender, waktu dan data. Modul yang digunakan ialah DS3231. RTC menggunakan dua jalur yang memakai komunikasi data I2C yaitu Serial Data (SDA) dan Serial Clock (SCL). Jalur pada Serial Clock ialah jalur yang bisa dipakai untuk menyesuaikan sebuah data yang dikirim antara mikrokontroler dengan modul RTC dalam I2C bus. Modul RTC DS3231 ini digunakan sebagai timer yang dapat proses untuk perhitungan daya. Oleh karena itu, waktu yang dipakai dalam melakukan perhitungan akan menjadi lebih valid.



Gambar 2. 10 RTC DS3231

Sumber : <https://www.hwlibre.com/id/ds3231/>

Tabel 2. 2 Pin Out RTC DS3231

Pin	Fungsi
V Cc1, V Bat	Sebagai Power Supply, Jika V Ce2V Cel (+0.2v) Maka V Cc2 Menjadi Power Ds3231, Begitu Juga Sebaliknya
Scl	Untuk Sinkronisasi Data Pada Serial Interface (Clock)
Sda	Pin Data Bidireksional (Input Output)
Int/Sqw Out	Output Interupsi Dari Rtc Yang Dapat Diprogram Sebagai Pemberi Informasi Perubahan Waktu
32Khz	Output Gelombang Kotak Yang Dapat Diprogram
Rst	Pin Resetyang Rtc
Clock/Kalender	Memuat Data Dalam Bentuk BCD Dan Memiliki 7 Register Write/Read
Am-Pm 12-24	7 Bit Register Ditetapkan Sebagai Mode 12 Atau 24jam.
Write Protect Bit	Pada 7 Bit Pertama (Bit 0...6) Berlogika 0 Sampai Pada Proses Read, Bit 7 Harus Berlogika 0 Sebelum Ada Operasi Penulisan Untuk Clock Atau RAM
Clock/Calendar	Bagian Dari Operasi Burst Mode

Sumber : <http://jim.teknokrat.ac.id/index.php/jtikom/article/download/166/488>

RTC memiliki kemampuan untuk menghitung waktu dengan tepat. Keunggulan-keunggulan yang dimiliki oleh RTC yaitu diantaranya :

1. Menghitung waktu mulai detik, menit, jam, tanggal, bulan, tahun, hari dalam minggu dengan kompensasi tahun kabisat sampai tahun 2100.
2. Kemampuan untuk selalu membarui informasi waktu meskipun sumber utama terputus.

Tabel 2. 3 Spesifikasi RTC DS3231 (Real Time)

I2C interface	Fast (400kHz) I2C Interface
EEPROM	AT24C32 32Kbit Serial I2C
Time Format	HH: MM: SS (12/24 hr)
Data Format	YY-MM-DD-dd
Accuracy	+2ppm from 0°C to +40 °C
Accuracy	+3.5ppm from -40°C to +85 °C
1Hz Output Pin	SQW
32KHz Output Pin	32K
Voltage Supply	2.2V to 5.5V for RTC
Operating Voltage (VCC)	2.7V ~ 5.5V (including 24C32)
Operating Temperature Range	For Industrial (-40°C to + 80°C) and Commercial (0 °C to + 70 °C)
Battery Holder	2032 Coin Battery
Size	38 x 22 x14 mm
Weight	8 gm (including battery)

2.7 Mikrokontroler

Mikrokontroler adalah system mikroprosesor lengkap yang terkandung di dalam sebuah chip. Mikrokontroler berbeda dari mikroprosesor serbaguna yang digunakan dalam sebuah PC, karena sebuah mikrokontroler umumnya telah berisi komponen pendukung sistem minimal mikroprosesor, yakni memori dan pemrograman Input-Output. Mikrokontroler dapat diprogram untuk melakukan penghitungan, menerima input dan menghasilkan output. Mikrokontroler mengandung sebuah inti prosessor, memori dan pemrograman Input-Output[16].

Pada penelitian ini menggunakan dua buah mikrokontroler yaitu, Arduino mega 2560 dan NodemMcu ESP32

2.7.1 Arduino Mega 2560

Arduino merupakan salah satu jenis perangkat elektronik berbasis

mikrokontroler yang terdiri perangkat keras dan perangkat lunak yang mudah digunakan untuk ‘mendeteksi’ lingkungan dengan menerima masukan dari berbagai sensor misal: cahaya, suhu, inframerah, ultrasonic, jarak, tekanan, kelembaban dan dapat ‘mengendalikan’ peralatan lainnya seperti lampu, motor, dan actuator lainnya. Arduino berasal dari bahasa italia dan informasi lengkap tentang sejarah perkembangan Arduino, macam-macam board Arduino serta contoh aplikasinya yang sangat luas dan lengkap. Produk Arduino mempunyai banyak model atau tipe, karena bersifat open source, maka banyak vendor yang membuat dan menjual variannya baik yang official maupun yang unofficial, sebagai contoh board Arduino yang official seperti Arduino UNO, Duemilanove, Leonardo, Nano, Mega 2560/Mega ADK, Esplora, Micro, Mini, Severino (NG/Older). Software yang digunakan bersifat open source yang berbahasa C yang dinamakan sketch setelah dilakukan compile dengan perintah Verity/Compile serta menghasilkan file hex .

Kelebihan-kelebihan dari board Arduino diantaranya adalah:

1. Tidak perlu perangkat chip programmer karena di dalamnya memiliki bootloader yang dapat menangani program yang di-upload dari komputer.
2. Bahasa pemrogramannya relative mudah (bahasa C) dan software arduino mudah dioperasikan karena berbentuk Graphical User Interface (GUI), Integreted Development Environment (IDE), memiliki library yang cukup lengkap serta gratis dan Open Source.
3. Komunikasi serial dan komunikasi untuk *upload* program menggunakan jalur yang sama yaitu melalui jalur USB (atau komunikasi serial), jadi membutuhkan sedikit kabel[17].



Gambar 2. 11 Arduino Mega 2560

Sumber : <https://microcontrollerslab.com/wp-content/uploads/2018/10/Arduino-Mega-2560.jpg>

Sangat mudah digunakan, Anda perlu menyambungkan daya dari USB ke jack DC melalui PC atau adaptor AC/DC.

Tabel 2. 4 Spesifikasi Arduino Mega 2560

Mikrokontroler	Atmega2560
Operating Voltage	5V
Input Voltage (Recommended)	7 – 12V
Input Voltage (limits)	6 – 20V
Digital I/O Pins	54 (of which 15 provide PWM output)
Analog Input Pins	16
DC Current per I/O Pin	40 mA
DC Current for 3.3V Pin	50 mA
Flash Memory	256 KB of which 8 KB used by bootleader
SPRAM	8 KB
EEPROM	4 KB
Clok Speed	16 MHZ

Arduino Mega dapat diaktifkan melalui koneksi USB atau dengan catu daya eksternal. Sumber daya dipilih secara otomatis. Sumber daya eksternal (non-USB) dapat berasal baik dari adaptor AC-DC atau baterai. Adaptor dapat dihubungkan dengan mencolokkan steker 2,1 mm yang bagian tengahnya terminal positif ke ke jack sumber tegangan pada papan. Jika tegangan berasal dari baterai dapat langsung dihubungkan melalui header pin Gnd dan pin Vin dari konektor POWER. Papan Arduino mega2560 dapat beroperasi dengan pasokan daya eksternal 6 Volt sampai 20 volt. Jika diberi tegangan kurang dari 7 Volt, maka, pin 5 Volt mungkin

akan menghasilkan tegangan kurang dari 5 Volt dan ini akan membuat papan menjadi tidak stabil. Jika sumber tegangan menggunakan lebih dari 12 Volt, regulator tegangan akan mengalami panas berlebihan dan bisa merusak papan. Rentang sumber tegangan yang dianjurkan adalah 7 Volt sampai 12 Volt.

Pin tegangan yang tersedia pada papan Arduino adalah sebagai berikut:

- a) VIN : Adalah input tegangan untuk papan Arduino ketika menggunakan sumber daya eksternal (sebagai 'saingan' tegangan 5 Volt dari koneksi USB atau sumber daya ter-regulator lainnya). Anda dapat memberikan tegangan melalui pin ini, atau jika memasok tegangan untuk papan melalui jack power, kita bisa mengakses/mengambil tegangan melalui pin ini.
- b) 5V : Sebuah pin yang mengeluarkan tegangan ter-regulator 5 Volt, dari pin ini tegangan sudah diatur (ter-regulator) dari regulator yang tersedia (built-in) pada papan. Arduino dapat diaktifkan dengan sumber daya baik berasal dari jack power DC (7-12 Volt), konektor USB (5 Volt), atau pin VIN pada board (7-12 Volt). Memberikan tegangan melalui pin 5V atau 3.3V secara langsung tanpa melewati regulator dapat merusak papan Arduino.
- c) 3V3 : Sebuah pin yang menghasilkan tegangan 3,3 Volt. Tegangan ini dihasilkan oleh regulator yang terdapat pada papan (on-board). Arus maksimum yang dihasilkan adalah 50 mA.
- d) GND : Pin Ground atau Massa. e) IOREF : Pin ini pada papan Arduino berfungsi untuk memberikan referensi tegangan yang beroperasi pada mikrokontroler. Sebuah perisai (shield) dikonfigurasi dengan benar untuk dapat membaca pin tegangan IOREF dan memilih sumber daya yang tepat atau mengaktifkan penerjemah tegangan (voltage translator) pada output untuk bekerja pada tegangan 5 Volt atau 3,3 Volt.

Arduino ATmega2560 memiliki 256 KB flash memory untuk menyimpan kode (yang 8 KB digunakan untuk bootloader), 8 KB SRAM dan 4 KB EEPROM (yang dapat dibaca dan ditulis dengan perpustakaan EEPROM)[18].

Arduino Mega 2560 memiliki jumlah pin terbanyak dari semua papan pengembangan Arduino. Mega 2560 memiliki 54 buah digital pin yang dapat digunakan sebagai input atau output, dengan menggunakan fungsi pin Mode (), digital Write (), dan digital (Read). setiap pin dapat menerima arus sebesar 20 mA, bekerja pada tegangan 5V dan memiliki tahapan pull-up berkisar 20-50 ohm. untuk menghindari kerusakan pada chip mikrokontroler sebaiknya nilai maksimum yang digunakan adalah 40mA. Beberapa pin memiliki fungsi khusus diantaranya :

1. Serial : memiliki 4 serial yang setiap serial terdiri dari 2 pin. Serial 0 : pin 1 (TX) dan pin 0 (TX). Serial pin 1 : pin 18 (TX) dan pin 19 (RX). Serial 2 : pin 16 (TX) dan pin 17 (RX). Serial 3: pin 14 (TX) dan pin 15 (RX).
2. Interrupt Eksternal : yaitu pin 3 (interrupt 1), pin 2 (untuk interrupt 0), pin 21 (interrupt 2), pin 20 (interrupt 3), pin 19 (interrupt 4), dan pin 18(interrupt 5). pin 19 (interrupt 4), pin 20 (interrupt 3), dan pin 21 (interrupt 2). Arduino mega 2560 memiliki 6 buah dan untuk mengatur interrupt tersebut digunakanlah fungsi attachInterrupt().
3. SPI : pin 53 (SS), pin 52 (SCK), pin 51 (MOSI), dan Pin 50 (MISO) mendukung komunikasi SPI dengan menggunakan Library.
4. LED : pin 13, pada pin 13 terhubung build-in led yang dikendalikan oleh digital pin no 13. Set HIGH untuk menyalakan led, LOW untuk memadamkannya.
5. TWI : pin 20 (SDA) dan pin 21 (SCL) yang mendukung komunikasi TWI dengan menggunakan Wire Library[19].

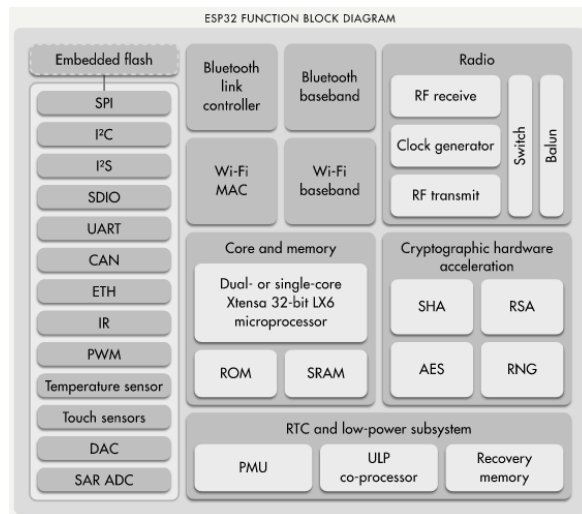
2.7.2 NodemMCU ESP32

NodeMCU ESP32 merupakan penerus dari ESP8266 yang memiliki

fitur dan keunggulan dibandingkan generasi sebelumnya. ESP32 memiliki 36 pin GPIO dan resolusi ADC-nya 12 bit, sedangkan ESP8266 hanya memiliki 17 pin GPIO dan resolusi ADC-nya 10 bit. ESP32 terdapat inti CPU serta Wi-Fi yang lebih cepat dan didukung dengan adanya bluetooth[20]. ESP32 berfungsi sebagai mikrokontroler yang dimana contohnya dapat digunakan sebagai pengontrol menyalanya lampu secara otomatis tergantung dari program yang telah dibuat dan dimasukkan kedalam ESP32 tersebut[21].

NodeMCU ESP32 salah satu *single-board open-source* yang digunakan pada *platform IoT* dan pengembangan yang menggunakan bahasa pemrograman Lua untuk membantu dalam pembuatan *prototype* produk berbasis *Internet of Things* atau bisa dengan memakai *script* bahasa pemrograman dengan *software* Arduino IDE. Pengembangan kit ini didasarkan pada modul ESP32, yang mengintegrasikan GPIO, PWM (*Pulse Width Modulation*), IIC, 1-Wire dan ADC (*Analog to Digital Converter*) yang semua terintegrasi dalam satu *board*. NodeMCU berukuran panjang 4.83cm, lebar 2.54cm, dan berat 7 gram. *Board* ini sudah dilengkapi dengan fitur WiFi beserta *Firmware* yang bersifat *open-source*[22].

Memiliki WIFI dalam chip adalah suatu kelebihan dari NodeMCU ESP32 dibandingkan dengan mikrokontroler lainnya oleh sebab itu ESP32 sangat mendukung dalam pembuatan suatu sistem aplikasi IoT atau Internet Of Things. Pada seri chip berdaya rendah dengan WIFI dan memiliki juga Bluetooth dua mode dengan harga yang lumayan rendah.



Gambar 2. 12 Arsitektur Diagram ESP32

Sumber : <https://www.edukasiElektronika.com/2019/07/arsitektur-dan-fitur-esp32-module-esp32.html>

ESP32 sendiri tidak jauh berbeda dengan ESP8266 yang familiar dipasaran, hanya saja mikrokontroler ESP32 lebih kompleks dibandingkan ESP8266, cocok untuk kita yang ingin melakukan proyek besar.

Tabel 2. 5 Spesifikasi Mikrokontroler ESP32

Atribut	Detail
CPU	Tensilica Xtensa LX6 32bit Dual-Core di 160/240MHz
SRAM	520 KB
FLASH	2MB (max. 64MB)
Tegangan	2.2V sampai 3.6V
Arus Kerja	Rata-rata 80mA
Dapat diprogram	Ya (C, C++, Python, Lua, dll)
Open Source	Ya
Konektivitas	
Wi-Fi	802.11 b/g/n
Bluetooth®	4.2BR/EDR + BLE
UART	3
I/O	
GPIO	32
SPI	4
I2C	2
PWM	8
ADC	18 (12-bit)
DAC	2 (8-bit)

Sumber : <https://raharja.ac.id/2021/11/16/mikrokontroler-esp32-2/>

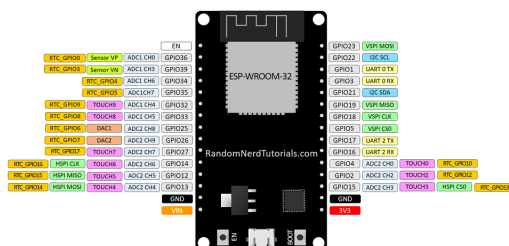
1. *Prosesor*: Xtensa dual-core (or single-core) 32bit LX6 *micriprocessor*, operating at 160 or 240 MHz.
2. *Memory*: 520 KB SRAM.
3. *Wireless connectivity*: Wi-Fi 802.11 b/g/n, *Bluetooth* v4.2 BR/EDR and BLE (shares the radio with Wi-Fi).
4. Peripheral I/O: 12 bit SAR ADC (*up to 18 channels*), 2x8-bit DACs, 10x touch sensors (capacitive sensing GPIOs) 4x SPI, 2x I2S interfaces, 2x I2C interfaces, 3x UART, SD/SDIO/CE-ATA/MMC/Emmc host controller, SDIO/SPI slave controller, Ethernet MAC interface, CAN bus 2.0, infrared remote controller (TX/RX, *up to 8 channels*), motor PWM, LED PWM (*up to 16 channels*), hall effect sensor, ultralow power analog pre-amplifier.
5. *Security*: IEEE 802.11 standard security, secure boot, flash, encryption, 1024-bit, OTP (*up to 768-bit for customers*), cryptographic hardware acceleration (AES, SHA-2, RSA, ECC), random number generator (RNG).



Gambar 2. 13 NodemMcu Esp 32

Sumber : <https://rep.alphabetincubator.id/mengenal-esp32-development-kit-untuk-iot-internet-of-things/>

ESP32 DEVKIT V1 – DOIT
version with 30 GPIOs



Gambar 2. 14 Pin Out Esp32

Sumber : <https://iotkece.com/apa-itu-esp32-spesifikasi-esp32/>

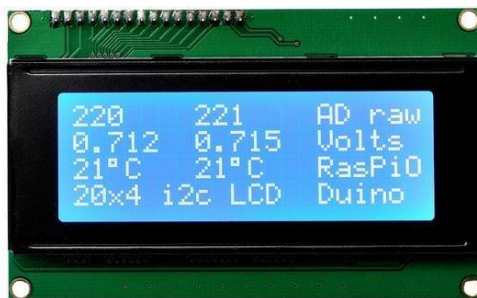
Mikrokontroler ESP 32 ini dapat diprogram dengan menggunakan bahasa C++, bahasa C, Python, Lua, dll. Untuk menjalankan program mikrokontroler ESP32 ini memerlukan suatu *software* atau perangkat lunak yang dapat melakukan pemrograman, pemrograman yang dilakukan supaya mikrokontroler dapat bekerja sesuai dengan yang kita inginkan, berikut ini merupakan contoh *software-software* untuk menjalankan pemrograman mikrokontroler ESP32 diantaranya sebagai berikut:

1. Arduino Promini
2. Arduino IDE
3. Ubuntu 14.04 LTS.
4. ESP-IDF Visual Studio Code Extension.
5. Espressif IOT Development Framework.

2.8 Liquid Crystal Display (LCD) 20x4

Display elektronik adalah salah satu komponen elektronika yang berfungsi sebagai tampilan suatu data, baik karakter, huruf ataupun grafik. LCD (*Liquid Cristal Display*) adalah salah satu jenis display elektronik yang dibuat dengan teknologi CMOS logic yang bekerja dengan tidak menghasilkan cahaya tetapi memantulkan cahaya yang ada di sekelilingnya terhadap front-lit atau mentransmisikan cahaya dari back-lit. LCD (Liquid Cristal Display) berfungsi sebagai penampil data baik dalam bentuk karakter, huruf, angka ataupun grafik. LCD ini mempunyai delapan jalur data (DB0 s/d DB7) dan tiga jalur control (RS, R/W, E). Modul ini menggunakan tegangan Vcc sebesar +5V[23]. LCD adalah lapisan dari campuran organik antara lapisan kaca bening dengan elektroda transparan indium oksida dalam bentuk tampilan seven-segment dan lapisan elektroda pada kaca belakang. Ketika elektroda diaktifkan dengan medan listrik (tegangan), molekul organik yang panjang dan silindris menyesuaikan diri dengan elektroda dari segmen. Lapisan sandwich memiliki polarizer cahaya vertikal depan dan polarizer cahaya horisontal belakang yang diikuti dengan lapisan reflektor. Cahaya yang dipantulkan tidak dapat melewati molekul-molekul yang telah menyesuaikan diri dan segmen yang diaktifkan terlihat menjadi gelap dan

membentuk karakter data yang ingin ditampilkan.



Gambar 2. 15 LCD 20X4

Sumber : <https://rasp.io/duino/lcd20/>

LCD juga merupakan perangkat display yang paling umum dipasangkan di Mikrokontroler, Mengingat ukurannya yang kecil dan kemampuannya menampilkan karakter atau grafik yang lebih dibandingkan display seven-segmen. Pada pengembangan sistem embedded, LCD mutlak diperlukan sebagai sumber pemberi informasi utama, misalnya alat pengukur kadar gula darah, penampil waktu jam, penampil counter putaran motor industri dan lain-lain. Berdasarkan jenis tampilan, LCD dapat dikelompokkan menjadi beberapa jenis, yaitu:

- Segment LCD

LCD ini berbentuk dari beberapa Sevent Segment Display atau Sixteen Segment Dispaly, namun ada juga yang menggabungkan keduanya. LCD ini sering dipakai untuk jam digital.

- Dot Matrix character LCD

LCD ini terbentuk dari beberapa Dot Matrix Display berukuran 5x7 atau 5x9 yang membentuk sebuah matriks yang lebih besar dengan berbagai kombinasi jumlah baris dan kolom. Kombinasi ini yang menentukan karakter yang dapat ditampilkan LCD tersebut. Seperti 2 baris x 20 karakter atau 4 baris 20 karakter.

- Graphic LCD

LCD jenis ini masih berkembang saat ini. Resolusi LCD ini bervariasi, diantaranya 128x64, 128x128. Sekarang ini Graphic LCD banyak dipakai pada

Handycam, laptop, telpon seluler (cellphone), monitor komputer dan lain sebagainya.

Tabel 2. 6 Pin Out LCD 20X4

No	Syombol	Function
1	Vss	GND pin, 0V
2	Vdd	Positive power pin, +5V
3	Vo	LCD Drive voltage input pin
4	Rs	Data / Instruction select input pin
5	R/W	Read / Write select input pin
6	E	Enable Input pin
7 – 14	D0 – D7	Data Bus Line
15	Led A	LED Power Supply
16	Led K	LED Power Supply

Fungsi pin pada LCD 20x4 terdiri sebagai berikut:

- DB7 – DB0 → jalur bus data, berfungsi sebagai jalur komunikasi untuk mengirim (transmitter) dan menerima (receiver) data dari mikrokontroler ke LCD.
- RS → berfungsi sebagai selector register (register select), memberi logika high (1) untuk register data serta logika 0 (low) sebagai register perintah.
- R/W → mempunyai fungsi untuk menetapkan mode tulis atau baca dari data yang ada pada DB7–DB0. Pemberian mode baca ini dengan logika 1 (high) untuk mode write dan 0 (low) untuk fungsi read.
- Enable (E) → mempunyai fungsi sebagai enable-clock (EC), logika 1 setiap kali pembacaan serta pengiriman informasi/data.

Tabel 2. 7 Spesifikasi LCD 20X4

Item	Standard Value
Display Type	20characters × 4 lines
LCD Type	STN, NEGATIVE (BLUE) ,TRANSMISSIVE
Driver Condition	LCD Module : 1/16Duty , 1/5Bias
Viewing Direction	6 O'clock
Backlight Type	SIDE WHIET
Interface	8-bit MPU interface
Driver IC	SPLC780D

Sumber : <http://id.shenzhenlcd.com/lcd/character-lcd/20x4-character-lcd-display.html>

2.9 Arduino IDE

IDE (Integrated Development Environment, atau secara bahasa mudahnya merupakan lingkungan terintegrasi yang digunakan untuk melakukan pengembangan. Disebut sebagai lingkungan karena melalui software inilah Arduino dilakukan pemrograman untuk melakukan fungsi-fungsi yang dibenamkan melalui sintaks pemrograman. Arduino menggunakan bahasa pemrograman sendiri yang menyerupai bahasa C. Bahasa pemrograman Arduino (Sketch) sudah dilakukan perubahan untuk memudahkan pemula dalam melakukan pemrograman dari bahasa aslinya. Sebelum dijual ke pasaran, IC mikrokontroler Arduino telah ditanamkan suatu program bernama Bootlader yang berfungsi sebagai penengah antara compiler Arduino dengan mikrokontroler. Arduino IDE dibuat dari bahasa pemrograman JAVA. Arduino IDE juga dilengkapi dengan library C/C++ yang biasa disebut Wiring yang membuat operasi input dan output menjadi lebih mudah. Arduino IDE ini dikembangkan dari software processing yang dirombak menjadi Arduino IDE khusus untuk pemrograman dengan Arduino[24]. sebagaimana tampilan aplikasi software Arduino IDE pada gambar 2.16



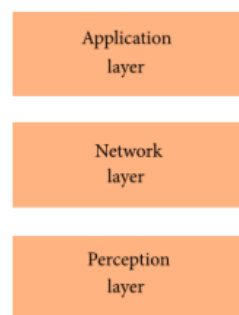
Gambar 2. 16 Arduino IDE

Sumber : <http://allgoblog.com/apa-itu-arduino-ide-dan-arduino-sketch/>

2.10 Internet of Things (IoT)

Internet of Things (IoT) adalah struktur di mana obyek, orang disediakan dengan identitas eksklusif dan kemampuan untuk pindah data melalui jaringan tanpa memerlukan dua arah antara manusia ke manusia yaitu sumber ke tujuan atau interaksi manusia ke komputer. Internet of Things (IoT) merupakan perkembangan teknologi yang menjanjikan dapat mengoptimalkan kehidupan dengan sensor sensor cerdas dan benda yang memiliki jaringan dan bekerjasama dalam internet[25]. Cara Kerja *Internet of Things* yaitu dengan memanfaatkan sebuah argumentasi pemrograman yang dimana tiap-tiap perintah argumennya itu menghasilkan sebuah interaksi antara sesama mesin yang terhubung secara otomatis tanpa campur tangan manusia dan dalam jarak berapa pun. Internetlah yang menjadi penghubung di antara kedua interaksi mesin tersebut, sementara manusia hanya bertugas sebagai pengatur dan pengawas bekerjanya alat tersebut secara langsung[26].

Pada penelitian tugas akhir ini, ada tiga layer digunakan sebagai arsitektur IoT. Layer ini menunjukkan bagaimana hubungannya pada proses-proses yang terjadi saat menggunakan IoT. Tiga layer ini terdiri dari sensing layer, network layer dan application layer.



Gambar 2. 17 Arsitektur IoT

- Sensing/Perception Layer: Layer ini terdapat sensor-sensor dan mikrokontroler yang digunakan dalam sistem. Pengumpulan nilai-nilai real-time dari sensor juga merupakan tugas dari layer ini.
- Network Layer: Semua sensor membutuhkan konektivitas untuk dapat mengirimkan data yang sudah dikoleksi oleh sensor. Gateways ini berfungsi

sebagai media transport data-data tersebut. Contoh gateways seperti mikrokontroller atau mikroprosesor dan contoh networks adalah Wi-Fi, GSM/GPRS, atau LTE. –

- Application Layer: Application Layer adalah layer terakhir dalam arsitektur IoT. Application Layer merupakan aplikasi yang dibuat untuk memenuhi tujuan dari penggunaan IoT dan dapat diakses oleh pengguna. Aplikasi dari IoT seperti contoh adalah smart homes, smart cities, smart health, monitoring traffic, dll. Aplikasi IoT juga bergantung pada informasi yang sudah dikoleksi oleh sensor.

2.10.1 Adafruit IO

Layanan cloud yang menjalankan suatu program tanpa mengelolanya. Adafruit dapat terhubung pada internet guna untuk menyimpan dan mengambil data. Selain itu adafruit juga dapat melakukan perintah lainya seperti :

- ❖ Tampilkan data secara real time
- ❖ Membuat proyek dapat terhubung dengan internet, contoh : kontroling, membaca data sensor
- ❖ Menghubungkan proyek ke layanan web seperti twitter, RSS feed, layanan cuaca.
- ❖ Menghubungkan proyek ke perangkat internet lainnya.



Gambar 2. 18 Adafruit IO

Sumber : <https://pdacontrolen.com/category/hardware/adafruit-io/>

Io Adafruit adalah suatu database online server yang bisa dikoneksikan melalui jaringan internet, setelah data dikirim melalui jaringan internet maka data tersebut disimpan di dalam database online server secara real time yaitu io adafruit server[27].