

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 *Total Suspended Particulate* (TSP)

Total Suspended Particulate (TSP) adalah partikel udara yang berukuran kecil seperti debu, asap, dan uap dengan diameter kurang dari 100 mikrometer. TSP dapat berasal dari beberapa sumber termasuk pembangkit tenaga listrik, insinerator, kendaraan dan aktivitas konstruksi (Fita Prilila et al., 2016).

Partikulat yang memberikan dampak negatif terhadap lingkungan dan kesehatan manusia dikategorikan berdasarkan ukurannya yaitu PM₁₀ berukuran <10 µm dan PM_{2,5} berukuran <2,5 µm. Dampak terhadap kesehatan akan semakin besar pada ukuran partikulat yang semakin kecil, serta tergantung pada komposisi kimia yang dikandungnya (Kadir et al., 2020).

Pengukuran Konsentrasi *Total Suspended Particulate* (TSP) diukur dengan menggunakan satuan ppm atau (*part per million*) ppm di definisikan sebagai berat komponen zat terlarut dibagi berat larutan di kali 10⁶(satuan juta) atau bisa juga masa zat terlarut(mg) di bagi volume larutan (L).

2.1.1 Dampak *Total Suspended Particulate* (TSP) bagi Kesehatan

Particulate matter (PM) atau debu partikulat yang dibedakan berdasar ukurannya yakni PM_{2,5} dan PM₁₀. PM salah satu bahan pencemar yang terdiri dari campuran kompleks partikel seperti debu, kotoran, asap, dan cairan yang ditemukan di udara dengan ukuran kecil. Jenis partikulat yang saat ini banyak diteliti karena sifatnya yang dapat menembus sampai bagian paru paling dalam dan kandungannya yang dapat beredar dalam aliran darah (Sembiring, 2020).

Kadar Partikulat ini sangat penting untuk di monitor karena banyak memberikan efek negatif pada tubuh khusus nya pada organ pernapasan seperti paru – paru jika terlalu banyak terdapat pada paru maka akan terjadi perubahan sel dalam saluran pernapasan setelah itu akan di serap oleh pembuluh darah di edarkan ke seluruh organ tubuh sehingga akan meningkatkan radikal bebas di dalam tubuh yang tidak dapat dinetralisir oleh tubuh sehingga menimbulkan berbagai penyakit seperti penyakit pernapasan, penyakit jantung, stroke, kanker, serta resiko penyempitan pembuluh darah.

Tabel 2. 1 *kategori pencemaran udara menurut ISPU*

Rentang	Kategori	Penjelasan
1-50	Baik	Tingkat mutu udara yang sangat baik, tidak memberikan efek negatif terhadap manusia, hewan dan tumbuhan
51-100	Sedang	Tingkat mutu udara masih dapat diterima pada kesehatan manusia, hewan dan tumbuhan.
101-200	Tidak Sehat	Tingkat mutu udara yang bersifat merugikan pada manusia, hewan dan tumbuhan.
201-300	Sangat Tidak Sehat	Tingkat mutu udara yang dapat meningkatkan resiko kesehatan pada sejumlah segmen populasi yang terpapar.
301+	Berbahaya	Tingkat mutu udara yang dapat merugikan kesehatan serius pada populasi dan perlu penanganan cepat.

Sumber: (Presiden Republik Indonesia, 2020.)

2.2 Mikrokontroler

Mikrokontroler adalah sebuah sistem komputer fungsional dalam sebuah chip. Di dalamnya terkandung sebuah inti prosesor, memori(sejumlah kecil RAM,

memori program, atau keduanya), dan perlengkapan input-output. Mikrokontroler adalah salah satu dari bagian dasar dari suatu sistem komputer. Meskipun mempunyai bentuk yang jauh lebih kecil dari suatu komputer pribadi dan komputer mainframe, mikrokontroler dibangun dari lemen-elemen dasar yang sama. Secara sederhana, komputer akan menghasilkan output spesifik berdasarkan inputan yang diterima dan program yang dikerjakan (Kusuma & Mulia, 2018).

Berikut merupakan komponen penyusun mikrokontroler:

1. CPU (*Central Processing Unit*)

CPU merupakan otak atau bagian utama dari mikrokontroler. CPU bertanggung jawab untuk mengambil instruksi, menterjemahkannya (*decode*) dan mengeksekusinya (*Execute*).

2. ROM (*Read Only Memory*)

ROM merupakan penyimpanan untuk menyimpan program yang telah di buat, program di buat dalam format biner 0 atau 1.

3. RAM (*Random Access Memory*)

RAM merupakan sebuah komponen yang di gunakan sebagai tempat untuk penyimpanan sementara

4. ADC (*Analog to Digital Converter*)

Konverter ADC digunakan untuk mengubah sinyal *Analog* menjadi sinyal *Digital*, *Input* sinyal harus berupa sinyal *Analog* misalnya input sensor *Analog* sedangkan dalam bentuk *Digital*.

5. DAC (*Digital to Analog Converter*)

Konverter DAC digunakan untuk mengubah sinyal *Digital* menjadi sinyal *Analog*, biasanya digunakan untuk mengendalikan perangkat analog seperti motor dc dan lain sebagainya.

6. Port I/O

Port I/O di gunakan sebagai penghubung untuk terminal *input* dan *output* mikrokontroler terhadap dunia luar.

2.2.1 Raspberry Pi 4 Model B

Raspberry Pi 4 Model B adalah generasi baru dari raspberry pi sebelumnya yaitu versi 3B+. Model raspberry pi ini hadir dengan peningkatan CPU, GPU dan I/O, namun tetap memiliki bentukan dan harga yang sama dengan model sebelumnya. Cpu yang di gunakan Raspberry pi 4 adalah, Broadcom BCM2711, Quad core Cortex-A72 (ARM v8) 64-bit SoC @ 1.8GHz, dengan variasi RAM 1GB, 2GB, 4GB or 8GB LPDDR4-3200 SDRAM, memiliki 2.4 GHz and 5.0 GHz IEEE 802.11ac wireless, Bluetooth 5.0, BLE dan Gigabit Ethernet, memiliki 2 USB 3.0 ports; 2 USB 2.0 ports, Raspberry Pi standard 40 pin GPIO header, 2 × micro-HDMI® ports (up to 4kp60 supported), 2-lane MIPI DSI display port, 2-lane MIPI CSI camera port, 4-pole stereo audio and composite video port, H.265 (4kp60 decode), H264 (1080p60 decode, 1080p30 encode), OpenGL ES 3.1, Vulkan 1.0, Micro-SD card slot for loading operating system and data storage, 5V DC via USB-C connector (minimum 3A), 5V DC via GPIO header (minimum 3A), Power over Ethernet (PoE) enabled (requires separate PoE HAT), Operating temperature: 0 – 50 degrees C ambient (*Raspberry Pi 4 Model B Specifications – Raspberry Pi*, n.d.)



Gambar 2. 1 Gambar tampak atas Rasberry Pi 4 Model B

2.2.2 Mikrokontroler Arduino Mega

Arduino Mega 2560 merupakan papan mikrokontroler berdasarkan ATmega2560 (datasheet) yang deprogram menggunakan software Arduino dan dapat berjalan baik secara online maupun offline. Terdiri dari 54 pin digital I/O, 16 input analog, 4 UART, koneksi USB, header ICSP, tombol reset dan ruang sketsa yang lebih besar, sehingga sesuai untuk proyek-proyek yang membutuhkan banyak input/output dan memori (Siswanto et al., 2017). Yang membedakan Arduino Mega ini di karenakan memiliki 4 UART, memiliki memory yang dan memory data dari pada Arduino yang lain, Arduino Mega menggunakan mikrokontroler ATmega2560, yang berbeda dengan Arduino uno.



Gambar 2. 2 Arduino Mega

2.3 Modul Catu Daya

Modul catu daya berfungsi untuk menurunkan atau menaikkan tegangan searah (DC) masukan menjadi tegangan luaran yang diinginkan (Juwariyah et al., 2017). Pada penelitian ini Modul Catu daya di gunakan untuk menurunkan tegangan baterai ke komponen yang bertegangan rendah seperti arduino.



Gambar 2. 3 Modul Catu daya Penurun tegangan

2.4 SX1262 868M LoRa HAT

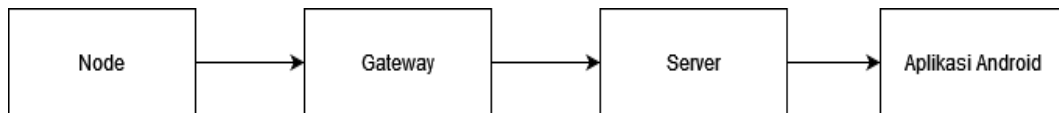
Modul LoRa HAT SX1262 868M adalah modul buatan Perusahaan waveshare. Modul LoRa ini di tujuan untuk Rasberry namun karena menggunakan komunikasi UART maka modul ini juga bisa di akses oleh Arduino. Dengan menggunakan teknologi *modulasi spread spectrum* LoRa generasi baru, jarak komunikasi SX126X LoRa HAT dapat mencapai hingga 5km, juga mendukung pengulangan otomatis untuk mentransmisikan jarak yang lebih

jauh. Modul SX1262/SX1268 berjalan pada opsi frekuensi 433/470/868M/915Mhz (SX1262/SX1268 LoRa HAT for Raspberry Pi, UART Interface, Options For Frequency Band, n.d., 2019).



Gambar 2. 4 Modul SX1262 868M LoRa HAT Waveshare

2.5 Sistem Arsitektur *Device* yang di gunakan



Gambar 2. 5 Sistem Arsitektur *Device* yang di gunakan

Sistem Arsitektur *Device* yang di gunakan menggunakan dua modul LoRa sebagai *node* atau *transceiver* dan satu lagi sebagai *gateway* atau penerima data, *node* akan mengirim data ke *gateway* menggunakan jaringan LoRa dan *gateway* akan menerima data dari *node* setelah data di terima, *gateway* akan kembali mengirimkan data ke *server* dan setelah itu data akan di tampilkan pada aplikasi android.

2.6 Sensor

Sensor adalah suatu peralatan yang berfungsi untuk mendeteksi gejala-gejala atau sinyal-sinyal yang berasal dari perubahan suatu energi seperti energi listrik, energi fisika, energi kimia, energi biologi, energi mekanik dan sebagainya. (M. Adrinta A. et al., 2017). Sensor bisa di ibaratkan sebagai indera pada makhluk hidup.

2.6.1 Sensor SEN1077

Sensor SEN1077 merupakan sensor buatan DFRobot yang berfungsi untuk Pengukuran konsentrasi partikel di udara yang berukuran 0.3 – 10 mikron. Berdasarkan Penelitian (Migos et al., 2019). SEN0177 memiliki pengukurang yang lebih kredibel di bandingkan Sensor SDS011 dan sesuai dengan pengukuran yang menggunakan perangkat PM Dylos DC1100 yang telah beredar di pasaran.



Gambar 2. 6 DFRobot SKU: SEN1077

2.6.2 Sensor Anemometer tipe SEN0170

Sensor Anemometer berfungsi untuk mengukur kecepatan angin dan arah angin di sekitarnya. Prinsip kerja anemometer yang terhubung melalui arduino yaitu sensor mengubah besaran kecepatan angin menjadi sinyal digital. Sinyal ini

diolah oleh suatu rangkaian elektronik optocoupler yang terdiri dari photodiode data diolah oleh piranti Mikrokontroller Arduino uno (Rocky Alfatikh, 2019). Sensor anemometer yang digunakan adalah sensor dfrobot tipe SEN0170.

SEN0170 digunakan untuk mengukur kecepatan angin dalam tegangan dengan rentang dari 0.4V (0 m/s angin) hingga 5.0V (untuk kecepatan angin 32.4m/s) dengan data keluaran analog.



Gambar 2. 7 Sensor Anemometer tipe SEN0170

2.6.3 Sensor Arah Angin

Dalam penelitian ini, sensor arah angin digunakan untuk menentukan arah datangnya angin. Sensor ini terdiri dari 8 switch yang terhubung secara seri pada resistor yang berbeda-beda. Switch pada sensor berupa magnet yang mampu menutup 2 saklar sekaligus, sehingga dapat menunjukkan 16 posisi arah mata angin yang berbeda-beda (Erwan et al., 2018).

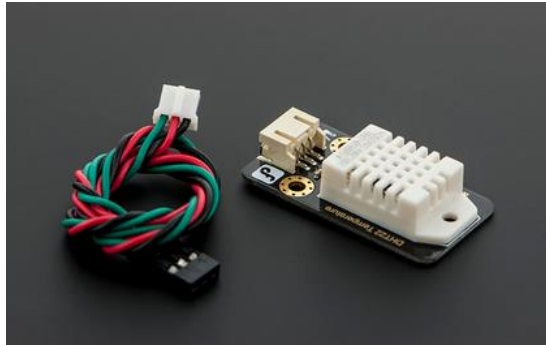


Gambar 2. 8 Sensor Arah Angin

Sensor ini memiliki signal *output* 0-5V, dan masuk ke pin Arduino untuk mengolahnya menjadi 16 posisi arah mata angin yang berbeda-beda.

2.6.4 Sensor DHT 22

DHT22 adalah sensor digital kelembaban dan suhu relatif. Sensor DHT22 menggunakan kapasitor dan termistor untuk mengukur udara disekitarnya yaitu suhu dan kelembaban dan keluar sinyal pada pin data. DHT22 diklaim memiliki kualitas pembacaan yang baik, dinilai dari respon proses akuisisi data yang cepat dan ukurannya yang minimalis, serta dengan harga relatif murah jika dibandingkan dengan alat *thermohygrometer* (Fitri Puspasari et al., 2020). Sensor DHT yang di gunakan adalah sensor DHT 22 *dfrobot*.



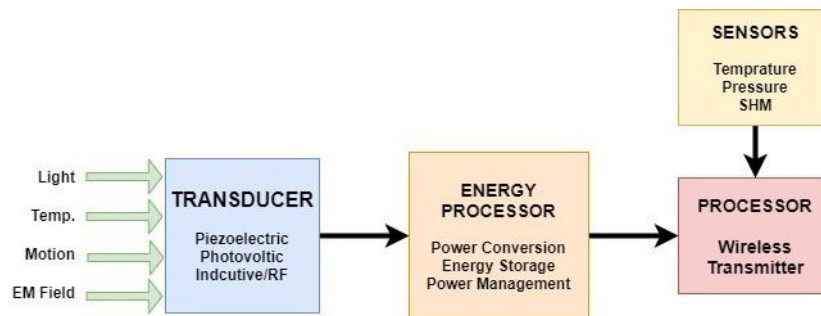
Gambar 2. 9 Sensor DHT22 DFRobot

Setelah sensor mengukur nilai suhu dan kelembaban sensor DHT22 mengonversi nilai-nilai tersebut menjadi nilai digital yang dapat dibaca oleh mikrokontroler. Output data dari sensor DHT22 berupa suhu dalam satuan Celcius dan Kelembaban dalam kelembaban relatif atau satuan persen.

2.7 Energy Harvesting

Pemanenan energi atau *energy harvesting* merupakan cara baru dalam mendapatkan energi yang berasal dari alam dan terbarukan tanpa merusak alam. Mengambil energi yang berasal dari alam untuk diolah menjadi energi yang dapat digunakan oleh manusia untuk kebutuhannya sehari-hari. Listrik ini diolah dari sumber daya alam yang tersedia, seperti angin dan sinar matahari (Widianto et al., 2021).

Sistem *energy harvesting* adalah kombinasi dari beberapa subsistem yang bekerja secara paralel, di mana pembangkit listrik memiliki peran kunci yang bertanggung jawab untuk menggerakkan perangkat IoT. Pemanenan energi untuk perangkat berdaya rendah dari sumber seperti termal, matahari, angin, frekuensi radio, suara, dan lain lain telah dilakukan secara efisien selama dekade terakhir (Elahi et al., 2020).

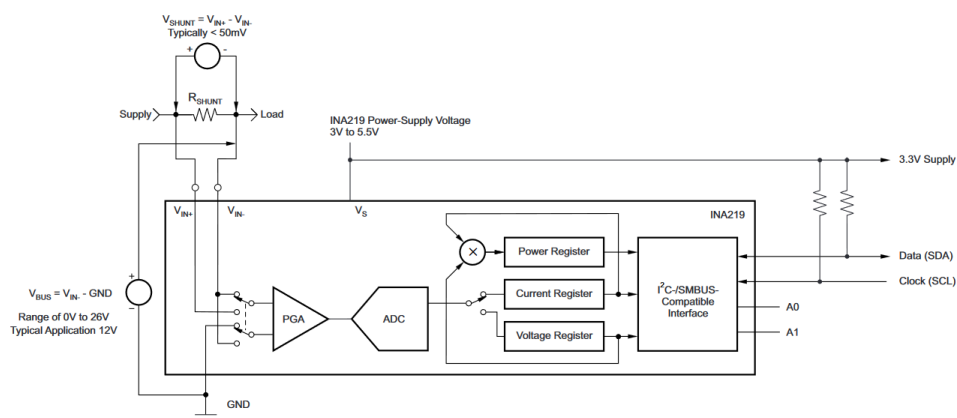


Gambar 2. 10 Alur Kerja *Energy Harvesting*.

Dengan menggunakan konsep *Energi Harvesting* di harapkan sistem yang di buat mampu bekerja selama 24 jam dengan hanya menggunakan Energi yang di dapatkan dari alam sehingga bisa di sebut sebagai Sistem Mandiri Energi.

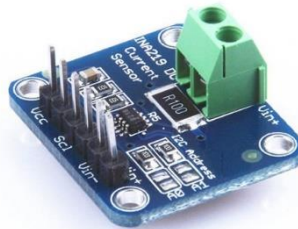
2.7.1 Sensor INA 219

Sensor INA 219 adalah sensor yang mampu mendeteksi dan memonitoring arus, tegangan dan daya secara bersamaan (Indrasari & Fadhiran, 2019). Sehingga cocok untuk di gunakan pada sistem yang menggunakan *energy harvesting* untuk mengetahui perbandingan daya yang di gunakan dan daya yang di hasilkan.



Gambar 2. 11 Rangkaian Sensor INA 219

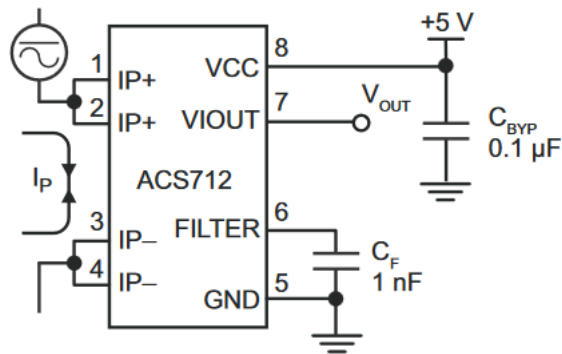
Arus yang di ukur masuk melalui terminal Vin+ dan Vin- dan resistor shunt. Fungsi PGA Jika tegangan shunt skala penuh yang lebih besar diinginkan, INA219 menyediakan fungsi PGA yang meningkatkan rentang skala penuh hingga 2, 4, atau 8 kali lipat (320 mV). Selain itu, pengukuran tegangan bus memiliki dua rentang skala penuh: 16 atau 32 V. untuk *Power Register*, *Current Register* dan *Voltage Register* adalah *Register Internal* untuk menyimpan data daya, arus dan juga tegangan. Setelah itu sensor terkoneksi dengan menggunakan antarmuka I2C, yaitu SCL (*Serial Clock*) yang di hubungkan dengan Pin SCL mikrokontroler dan Pin SDA (*Serial Data*) yang di hubungkan dengan Pin SDA mikrokontroler.



Gambar 2. 12 Sensor INA 219

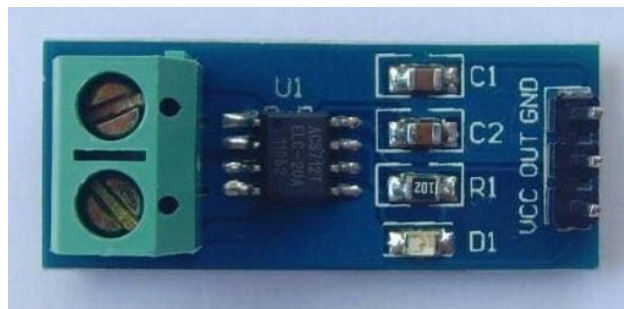
2.7.2 Sensor ACS712

Sensor arus ACS712 menggunakan prinsip *Hall Effect* sebagai sensor arus. ACS712, yang diproduksi oleh Allegro, adalah sensor yang sangat presisi dalam mendeteksi arus AC maupun DC. Penggunaannya luas dalam berbagai industri seperti industri otomotif, komersial, dan sistem komunikasi (Anantama et al., 2020).



Gambar 2. 13 Rangkaian Sensor ACS712

Arus yang di ukur bisa berupa arus AC atau DC masuk ke IP+ dan IP-, setelah itu hubungkan vcc ke 5 Volt Arduino dan pin GND dengan pin GND Arduino, keluaran sensor ada pada Vout berupa nilai Analog yang akan terhubung dan di baca oleh Pin analog Arduino

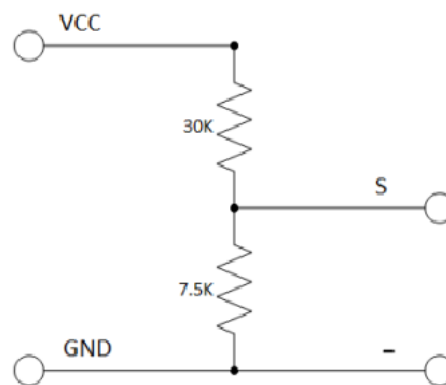


Gambar 2. 14 Sensor ACS712

2.7.3 Sensor Tegangan

Sensor tegangan adalah alat yang dapat mengukur tegangan baik dalam bentuk DC maupun AC dan menampilkan nilainya dalam bentuk angka diskrit. Voltmeter digital dibuat dengan menggunakan rangkaian elektronik yang

mengandalkan IC tertentu seperti ICL7107 / ICL7106, atau bisa juga menggunakan IC pengendali dengan memanfaatkan ADC (Analog to Digital Converter). Penting untuk memperhatikan bahwa tegangan yang masuk ke ADC0 atau Vs harus tetap di bawah 5 volt karena jika melebihi nilai tersebut, dapat merusak mikrokontroler (Junaldy Muhammad. et al., 2019).



Gambar 2. 15 Rangkaian Sensor Tegangan

Tegangan yang akan di ukur di hubungkan dengan pin Vcc dan Pin Gnd sensor, kemudian sensor akan menurunkan tegangan dari 0-5V yang dapat di ukur pada mikrokontroler pada gambar terletak pada pin S dan – kemudian akan di ukur dengan Pin analog Mikrokontroler dengan menggunakan rumus

$$V_{out} = V_{in} \times \frac{R_2}{R_1 + R_2} \quad (2. 1)$$

Dimana Vout adalah tegangan yang terukur, Vin adalah tegangan yang masuk ke Arduino dan R2 adalah 7500 ohm dan R1 adalah 30000 ohm.



Gambar 2. 16 Sensor Tegangan

2.8 LCD SHIELD 3.5 TFT TOUCHSCREEN ILI9486

Modul LCD *SHIELD* 3.5 TFT *TOUCHSCREEN* ILI9486 pada penelitian ini di gunakan untuk menampilkan keluaran data dari Arduino.



Gambar 2. 17 LCD SHIELD 3.5 TFT TOUCHSCREEN ILI9486

2.9 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 (Yandri, 2012).

2.9.1 Panel Surya

Sel surya merupakan sebuah perangkat yang mengubah energi sinar matahari menjadi energi listrik dengan proses efek *fotovoltaic*, oleh karenanya

dinamakan juga sel *photovoltaic* (Photovoltaic cell – disingkat PV) (Hari Purwoto et al., 2018).



Gambar 2. 18 Panel Surya

Panel surya *polycrystalline* cukup sensitif dan mampu mendapatkan energi dari matahari walaupun matahari tertutup awan (cuaca mendung). Sedangkan *monocrystalline* ketika cahaya matahari dalam keadaan cerah sekalipun tetapi lambat untuk menangkap cahaya nya (Putriani et al., 2019).

Cahaya matahari dapat diubah menjadi energi listrik melalui modul surya yang terbuat dari bahan semikonduktor. Semikonduktor adalah material semi-logam yang mengandung partikel-partikel seperti elektron dan proton. Ketika partikel ini digerakkan oleh energi eksternal, elektron akan terlepas, menciptakan arus listrik dan pasangan electron-hole. Modul surya menyerap cahaya matahari, yang mengandung energi foton atau gelombang elektromagnetik. Energi foton tersebut memberikan energi kinetik yang cukup untuk melepaskan elektron menuju pita konduksi, sehingga menghasilkan arus listrik (Hasan, 2012).

2.9.2 Polikristal (*Poly-Crystalline*)

panel surya *polycrystalline* 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 surya jenis ini memiliki efisiensi lebih rendah dibandingkan tipe monokristal, sehingga memiliki harga yang cenderung lebih rendah (Hari Purwoto et al., 2018). Meski begitu panel surya tipe *polycrystalline* cenderung lebih sensitif ketimbang tipe monokristal dalam keadaan mendung.

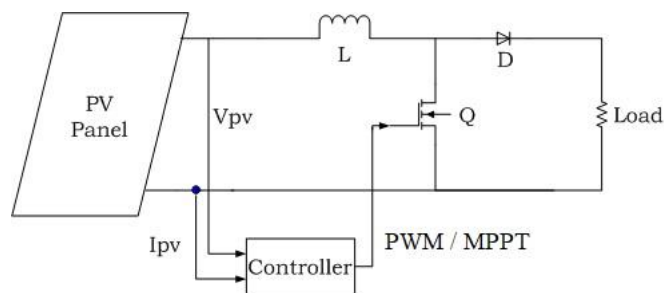


Gambar 2. 19 Panel Surya Polikristal

2.9.3 *Solar Charge Controller*

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 atau yang digunakan (Hari Purwoto et al., 2018).

Cara kerja dari *Solar Charge Controller* yaitu mencegah pengisian energi baterai yang berlebihan dengan membatasi jumlah dan laju pengisian daya ke baterai selain itu *Solar Charge Controller* mencegah pengurasan daya baterai yang tersimpan jika kapasitas sudah di bawah 50% sehingga baterai lebih awet. *Solar Charge Controller* terbagi atas dua yaitu *Pulse Width Modulation* (PWM) dan *Maximum Power Point Tracking* (MPPT). Dan yang di pakai pada penelitian ini adalah SCC jenis *Maximum Power Point Tracking* (MPPT).



Gambar 2. 20 skema rangkaian Solar Charge Controller

Perhitungan nilai efisiensi *Solar Charge Controller* dihitung menggunakan persamaan dibawah ini :

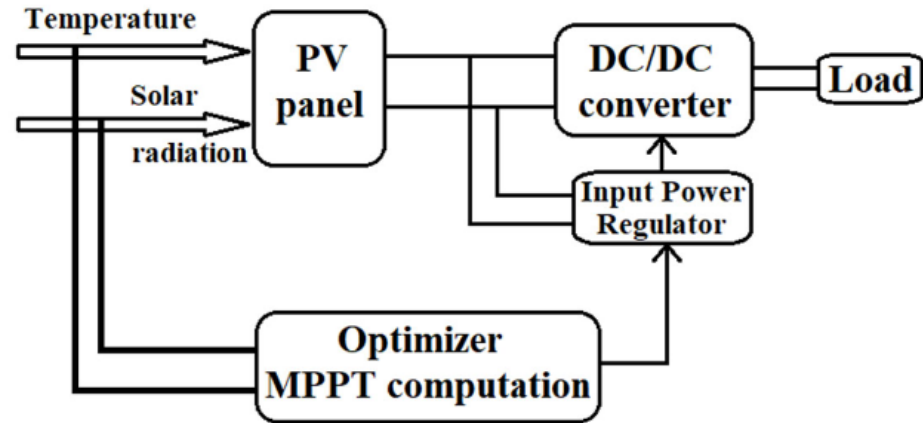
$$\eta = \frac{P_{out}}{P_{in}} \times 100\% \quad (2.2)$$

η merupakan efisiensi dengan satuan persen, P_{out} merupakan daya scc, dan P_{in} merupakan daya panel surya.

2.9.4 *Maximum Power Point Tracking* (MPPT)

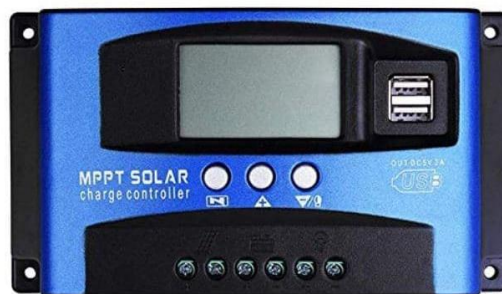
Sistem *Maximum Point Tracker* (MPPT) sepenuhnya adalah sebuah rangkaian devais elektronik yang dapat mengubah-ubah titik operasi dari panel surya. Salah satu metode mudah yang dapat diterapkan pada sistem MPPT adalah

dengan menaikkan/menurunkan tegangan sampai ditemukannya titik daya maksimal panel (Winarno et al., 2017).



Gambar 2. 21 Arsitektur MPPT

Untuk mempertahankan energi maksimum yang dihasilkan untuk setiap nilai beban dan variabel kondisi eksternal, MPPT sangat penting. Prinsip pengoperasian arsitektur MPPT didasarkan pada dalam menghitung nilai optimal yang diperlukan untuk panel fotovoltaik. Nilai optimal yang diperoleh adalah kemudian dikirim sebagai referensi ke blok kontrol yang bertanggung jawab atas pengaturan konverter DC/DC (Hamidi et al., 2020).



Gambar 2. 22 Maximum Power Point Tracking (MPPT)

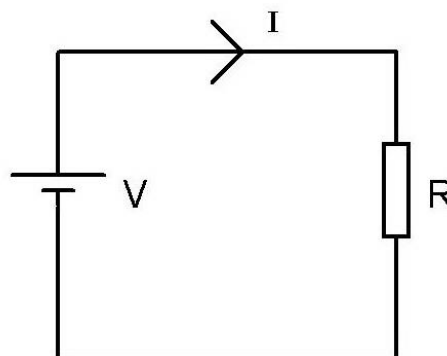
2.9.5 Baterai

Baterai adalah alat yang digunakan untuk menyimpan energi listrik dalam bentuk kimia kemudian diubah menjadi energi listrik untuk memperoleh arus listrik yang diperlukan sehingga dapat digunakan menghidupkan peralatan yang diperlukan, seperti strika, rice cooker, mengerakkan mesin-mesin dan peratan elektronik lainnya (Nasution, 2021). Pada penelitian ini menggunakan Baterai berjenis aki lead Acid yang memiliki kapasitas 20Ah dan bertegangan kurang lebih 12V.



Gambar 2. 23 Baterai

2.10 Energi Listrik



Gambar 2. 24 Rangkaian Listrik Sederhana

Dalam Rangkaian tertutup seperti Gambar 2. 21, akan terjadi aliran listrik, hal ini karena aliran tersebut mengalir akibat beda potensial, atau dari kutub positif ke kutub negatif, dan melewati beban listrik seperti lampu, sehingga peralatan listrik tersebut bisa menyala di karenakan terjadinya aliran Listrik tersebut. Untuk menghitung tegangan Listrik bisa menggunakan persamaan berikut:

$$V = I \times R \quad (2. 3)$$

V merupakan tegangan listrik dengan satuan Volt, sedangkan I merupakan arus listrik dengan satuan A, dan R merupakan beban listrik atau hambatan listrik dengan satuan ohm.

Daya listrik adalah ukuran dari seberapa cepat energi listrik yang di konsumsi oleh beban listrik, atau yang di hasilkan oleh pembangkit listrik. Untuk menghitung daya listrik bisa menggunakan persamaan berikut:

$$P = V \times I \quad (2. 4)$$

P merupakan daya listrik dengan satuan Watt, sedangkan V merupakan tegangan dengan satuan Volt, dan I merupakan Arus dengan satuan A.

Energi listrik merupakan akumulasi dari daya Listrik yang di gunakan dalam periode tertentu, bisa di hitung menggunakan persamaan berikut:

$$E = P \times t \quad (2. 5)$$

$$E = Ah \times V \quad (2. 6)$$

E merupakan energi listrik dengan satuan Wh atau Watt-hour, sedangkan P merupakan daya listrik dengan satuan W atau Watt, dan t merupakan waktu dalam jam. E juga bisa dari hasil kali Ah atau Ampere Hour di kali V atau tegangan.

2.11 Penelitian Terkait

Berdasarkan Penelitian Rancang bangun sensor kualitas udara mandiri energi didasari penelitian – penelitian sebelumnya yang berkaitan dengan Rancang bangun sistem *monitoring* partikel, berikut adalah beberapa penelitian terkait, dapat di lihat pada tabel di bawah ini

Tabel 2. 2 penelitian terkait

No	Judul jurnal	Nama peneliti	Tahun	Pembahasan
1	Penilaian Kinerja Sensor PM _{2.5} Berbiaya Rendah untuk Periode Empat Bulan dekat di Oslo, Norwegia	Hai-Ying Liu, Philipp Schneider, Rolf Haugen, dan Matthias Vogt	2019	Penelitian ini membahas kinerja kelayakan sensor SDS011 selama empat bulan di Oslo Norwegia, sensor yang di gunakan berjumlah empat dan di bandingkan pengukurannya dengan stasiun pemantuan kualitas udara.

2	Rancang bangun alat ukur konsentrasi massa PM _{2.5} Berbasis Optik	Niki Adi Negoro, Indra Chandra, dan Ismudiati Puri Handayani	2020	Penelitian ini membahas rancang bangun alat ukur konsentrasi massa PM _{2.5} dengan laser diode 405nm.
3	Pemantauan Konsentrasi PM _{2.5} dan CO ₂ Berbasis Low-Cost Sensor secara Real-Time di Cekungan Udara Bandung raya	Ashari Sya'bani, Indra Chandra, Lutfi Ikbali Majid, Furqan Vaicdan, Robbi Adam Aldino Barus, Arief Abdurachman, dan Rahmat Awalud	2020	Penelitian ini membahas Pemantauan konsentrasi PM _{2.5} dan CO ₂ serta kondisi meteorologi berbasis low-cost sensors secara realtime di cekungan udara Bandung Raya telah dilakukan pada 12 Maret-25 April 2019. Sensor PM _{2.5} dan CO ₂ , serta detektor parameter meteorologi telah dikalibrasi di

				Laboratorium. Alat ukur ditempatkan di dua lokasi dengan perbedaan jarak ± 300 m dan ketinggian ± 20 m, yaitu Gedung Tokong Nanas (Lokasi 1 / L1) dan Gedung Deli (L2), Universitas Telkom, Bandung.
4	Optimalisasi Sistem Pengukuran PM _{2.5} Menggunakan NOVA Sensor SDS011	A Y P Wardoyo, H A Dharmawan, M Nurhuda dan E T P Adi	2020	Penelitian ini membahas merancang sistem menggunakan sensor NOVA SDS011 untuk mengukur konsentrasi PM _{2.5} . Sistem pengukuran PM _{2.5} dikalibrasi menggunakan monitor debu Kanomax 3443.

				Menunjukkan bahwa sistem bekerja dengan baik.
5	Kinerja lapangan sensor berbiaya rendah dalam pemantauan partikel di Santiago, Chile	Matías Tagle, Francisca Rojas, Felipe Reyes, Yeanice Vásquez, Fredrik Hallgren, Jenny Lindén, Dimitar Kolev, Ågot K. Watne, dan Pedro Oyola	2020	Penelitian ini membahas Integrasi sensor kualitas udara murah dengan internet of things (IoT), Prototipe di buat dengan menggunakan sensor SDS011. Uji lapangan dilakukan di tiga stasiun pemantau regulasi selama musim dingin <i>austral</i> 2018 dan musim semi.

Perbedaan yang diteliti dengan penelitian sebelumnya yaitu pada penelitian sebelumnya belum menggunakan sistem mandiri energi dan masih menggunakan energi dari Listrik dari penyedia listrik. Oleh karena itu penulis berfokus mengembangkan sistem mandiri energi yang mampu bertahan selama 24 jam menggunakan energi surya.