

BAB II

DASAR TEORI

2.1 KAJIAN PUSTAKA

Pada penelitian Manish Katyarmal, et al di tahun 2018 tentang sistem monitoring *solar power* dengan mikrokontroler menggunakan ATmega 328 sebagai jembatan antara panel surya dan IoT (*Internet of Things*). ATmega 328 ditenagai dengan *supply* 5 VDC untuk operasinya. Kemudian untuk sensor arus dan tegangan menggunakan sensor INA219 yang nantinya terprogram dan terbaca oleh Atmega 328. Semua data yang dihitung oleh ATmega 328 lebih lanjut diproses oleh Modul Wi-Fi ESP8266 untuk disimpan di IoT (*Internet of Things*) Server atau *Cloud* [4].

Kemudian pada penelitian rancang bangun sistem pemantauan kinerja panel surya menggunakan tipe *Monocrystalline silicon* yang berbasis IoT oleh Mahardika Yoga Darmawan, dkk di tahun 2019. Pemantauan dan penyimpanan data dilakukan selama 5 hari yang berlokasi di ITERA dimulai pada pukul 00.00-23.59 WIB. Data akan tersimpan pada *platform Thingspeak*, hasil yang didapatkan adalah parameter arus dan tegangan panel surya, dari pukul 05.30 s/d 15.00 nilai rata-rata tegangan panel surya adalah 20.75V dan nilai arus 2.81A sedangkan nilai pengukuran stabilitas standar deviasinya adalah 0,32 V dan 0,14 A [5].

Sedangkan penelitian sistem monitoring pada panel surya mencakup parameter arus, tegangan, dan intensitas cahaya dengan menggunakan *platform Thingspeak* di tahun 2020 oleh Cahaya Lidya Aritonang, dkk. Sensor yang digunakan untuk mengukur arus dan tegangan adalah sensor INA219 yang menghasilkan persentase galat sebesar 0,66% sedangkan dalam mengukur arus dari panel surya yang disambung beban lampu DC 5 Watt memiliki persentase sebesar 1,08%. Sensor intensitas cahaya BH1750 mampu mengukur intensitas cahaya matahari dengan baik karena memiliki persentase galat sebesar 1,01%. Hasil dari pemantauan panel surya ditampilkan pada *website Thingspeak* dalam bentuk grafik ataupun format Ms. Excel [6].

Dan penelitian Moranain Mungkin, dkk di tahun 2020 tentang perancangan sistem pemantauan panel surya tipe *polycrystalline* yang berbasis IoT menggunakan *platform firebase*. Proses pengujian dimulai dengan *upload* data hasil dari pengukuran sensor tegangan dan arus ke *website firebase*. Mikrokontroler NodeMCU V3 dengan modul wifi ESP 8266 terus terkoneksi jaringan internet agar data dapat dikirim setiap saat, pembacaan tegangan dan arus sensor INA219 dengan multimeter digital memiliki persentase galat adalah masing-masing 0.28% dan 2.29% [7].

Penelitian pada perancangan sistem monitoring kinerja *photovoltaic* pada sebuah PLTS di Pematang Johar Sumatera Utara oleh Muhammad Aslam Ridho Effendy di tahun 2021 dengan menggunakan *platform blynk*. Untuk mengirimkan data ke internet menggunakan NodeMCU dan Arduino Uno sebagai mikrokontroler utama dan NodeMCU sebagai modul WiFi yang digunakan untuk mengirimkan data ke *platform blynk* [8].

Berdasarkan penelitian diatas, perlu dirancang sebuah sistem monitoring panel surya yang berbasis *Internet of Things* sehingga dapat dipantau dimanapun dan kapanpun dengan pembiayaan minim serta dengan pengiriman data cepat. Pada tabel 2.1 menjelaskan mengenai judul penelitian terdahulu beserta kelebihan dan kekurangannya.

Tabel 2.1 Kajian Pustaka

No	Tahun	Nama Peneliti	Judul Penelitian	Kelebihan	Kekurangan
1	2018	Manish Katyarmal, dkk	<i>Solar Power Monitoring System Using IoT</i>	<i>Prototype</i> yang dirancang lebih rapi sehingga lebih memudahkan dalam pengaplikasiannya ke panel surya	Sensor yang digunakan untuk mengukur tegangan dan arus hanya menggunakan 1 jenis sensor, yakni sensor

No	Tahun	Nama Peneliti	Judul Penelitian	Kelebihan	Kekurangan
					INA219 yang hanya mampu mengukur tegangan dan arus dalam skala kecil.
2	2019	Mahardika Yoga Darmawan, dkk	Rancang Bangun Sistem Pemantauan Kinerja Panel Surya Tipe <i>Mono-Crystalline Silicon</i> Berbasis IoT	Hasil pemantauan dalam 5 hari menunjukkan kestabilan setelah menghitung standar deviasi pengukuran panel surya bernilai 0.32 Volt dan 0.14 Ampere.	Pada uji sensor tidak menunjukkan bahwasanya sensor yang dipakai yakni sensor INA219 mampu mengukur parameter listrik dari Modul PV yang sesuai dengan <i>datasheet</i> -nya.
3	2020	Cahaya Lidya Aritonang, dkk	Sistem Monitoring Tegangan, Arus, dan Intensitas Cahaya pada Panel Surya	Hasil rancangan <i>prototype</i> didesain menggunakan box untuk memudahkan pengaplikasian ke panel surya dan	Sensor INA219 sebagai sensor yang digunakan untuk mengukur

No	Tahun	Nama Peneliti	Judul Penelitian	Kelebihan	Kekurangan
			dengan <i>Thingspeak</i>	persentase galat dari pembacaan sensor cukup presisi.	arus dan tegangan tidak menjelaskan bahwa sensor tersebut mampu mengukur berapa kapasitas Modul PV yang digunakan.
4	2020	Moranain Mungkin, dkk	Perancangan Sistem Pemantauan Panel Surya <i>Polycrystalline</i> Menggunakan Teknologi <i>Web Firebase</i> Berbasis IoT	Sistem monitoring ini dapat dipantau menggunakan <i>web-base</i> dan di <i>smartphone</i>	Waktu tunda pembacaan dari <i>web firebase</i> sebesar 500ms yang berarti <i>delay</i> tersebut sangat besar karena untuk sistem monitoring <i>real-time</i> , diperlukan pengiriman data yang cepat.

No	Tahun	Nama Peneliti	Judul Penelitian	Kelebihan	Kekurangan
5	2021	Muhammad Aslam Ridho	Sistem Monitoring Kinerja Panel Surya Berbasis IoT Menggunakan Arduino Uno Pada PLTS Pematang Johar	Sistem ini dapat memantau PLTS yang terdiri dari lebih dari 1 modul <i>Photovoltaic</i> .	Sensor yang digunakan memiliki galat yang cukup besar terhadap pembacaan pengukuran.

2.2 DASAR TEORI

Pada dasar teori ini berisi mengenai penjelasan komponen-komponen dan software serta platform yang akan digunakan dalam perancangan sistem dan perhitungan untuk mengolah hasil data. Dalam penelitian ini komponen serta yang diperlukan antara lain adalah Modul PV, *Solar Charge Controller (SCC)*, Baterai/Aki, Arduino Uno, Wemos D1 Mini, F031-06 Sensor tegangan, ACS 712 sensor arus, LCD I2C, Arduino IDE, *Thingspeak*, dan *Wireshark*.

2.2.1 Modul PV

Modul PV (*photovoltaic*) merupakan teknologi yang berfungsi untuk mengubah energi dari radiasi matahari menjadi energi listrik. Modul PV ini terdapat beberapa sel surya dan di sel surya inilah terdapat bahan semi-konduktor yang pada biasanya dibuat dari Silikon (Si) yang mampu mengkonversi energi tadi.

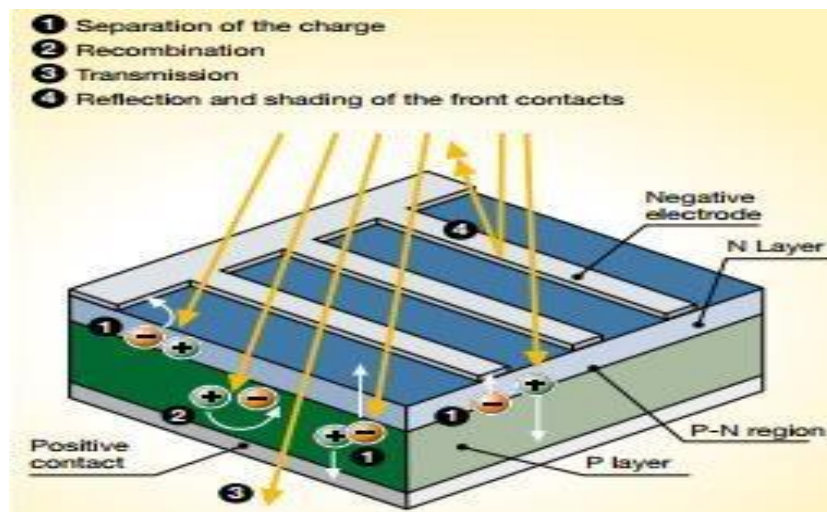
Silikon tipe-n dan tipe-p yang disebut semikonduktor intrinsik terbentuk di dalam lapisan silikon murni. Pada ikatan atom yang di dalam nya terdapat *electron* sebagai bahan dasarnya membentuk sebuah semi-konduktor. di dalam struktur atomnya, semi-konduktor tipe-n memiliki muatan negatif yang berlebih sedangkan tipe-p memiliki muatan positif yang berlebih. Sehingga panel surya ini

dapat berkerja karena lapisan tipe-n dan tipe-p inilah yang dikonsumsi untuk membangkitkan medan listrik yang bisa digunakan elektron guna membangkitkan listrik. Semakin besar intensitas radiasi matahari yang masuk ke modul *photovoltaic* maka arus yang dihasilkan akan semakin besar juga. Modul PV yang digunakan ditunjukkan pada gambar 2.1.



Gambar 2.1 Modul *Photovoltaic*

Sehingga cuaca merupakan salah satu faktor utama yang mempengaruhi kinerja dari modul *photovoltaic*. Efek *photovoltaic* ditunjukkan pada gambar 2.2.



Gambar 2.2 Efek *Photovoltaic* [9]

Apabila semikonduktor dipanaskan maka akan terbentuk pasangan elektron dan *hole* dimana elektron bermuatan negatif dan *hole* dapat dianggap sebagai muatan positif. Konsentrasi elektron pada bahan semikonduktor sama dengan konsentrasi *hole*-nya dapat diketahui pada persamaan 2.1 berikut.

$$n_i^2 = BT^3 e^{\left(\frac{E_g}{kT}\right)} \quad (2.1)$$

Keterangan:

E_G = Energi celah pita semikonduktor (eV)

B = konstanta bahan (untuk Si = $1,08 \times 10^{31} \text{ K}^{-3} \text{ cm}^{-6}$)

T = temperatur (K)

k = konstanta Boltzman ($8,62 \times 10^5 \text{ eV/K}$)

$n_i = 10^{10} \text{ cm}^{-3}$ untuk silikon pada temperatur kamar

Ketika semikonduktor tipe-p dan tipe-n dihubungkan, itu menyebabkan kelebihan elektron berpindah dari semikonduktor tipe-n ke semikonduktor tipe-p. Oleh karena itu, semikonduktor tipe-p akan membentuk kutub negatif dan sebaliknya, semikonduktor tipe-n akan membentuk kutub positif. Karena aliran elektron dan *hole*, medan listrik terbentuk ketika sinar matahari mengenai lapisan silikon tipe-p dan tipe-n, yang akan mendorong elektron ke arah kontak negatif untuk digunakan sebagai listrik dan sebaliknya lalu akan melakukan perjalanan ke kontak positif dan menunggu elektron tiba [9].

Kemampuan sel surya untuk mengubah sinar matahari menjadi listrik merupakan bagian dari teknologi yang digunakan pada sel surya itu sendiri. Teknologi disini mengacu pada jenis bahan yang digunakan sebagai bahan utama pembuatan sel surya, dan teknologi/proses pembuatan sel surya. Teknologi sel fotovoltaik secara luas diklasifikasikan sebagai film kristal atau film tipis. Sel silikon kristal (c-Si) memiliki efisiensi tinggi. Selanjutnya dibagi menjadi silikon monokristalin/silikon monokristalin (mono-c-Si) atau silikon polikristalin/silikon polikristalin (multi-c-Si). *Monocrystalline* biasanya yang paling efektif, tetapi juga lebih mahal daripada *polycrystalline*. Baterai film tipis menawarkan alternatif yang lebih murah tetapi kurang efisien. Ada tiga jenis utama sel film tipis, yaitu *cadmium*

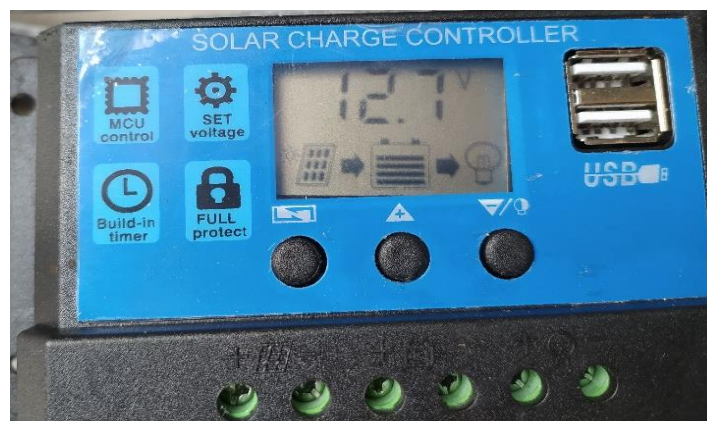
telluride (CdTe), copper indium (gallium), diselenide (CIGS/CIS), dan amorphous silicon (a-Si) [10].

2.2.2 Solar Charge Controller (SCC)

Solar Charge Controller (SCC) termasuk perangkat elektronik yang diperlukan pada sistem PLTS khususnya pada sistem *off-grid*. Alat ini dapat mengatur arus DC yang akan diisi ke baterai dan mengatur arus yang keluar dari baterai ke beban. Alat ini dapat mengontrol agar tidak terjadi *overcharging* maupun *overdischarge* dari panel surya. Hal itu bertujuan agar baterai dapat lebih awet dan memperpanjang umur baterai. SCC memiliki 6 terminal, masing-masing 2 terminal *input* ke panel surya, 2 terminal *output* ke baterai, dan 2 terminal *output* ke beban [11]. SCC yang digunakan pada penelitian ini ditunjukkan pada gambar 2.3.

Berikut adalah fungsi dari *Solar Charge Controller* :

- a. Mengatur pengisian arus ke baterai, agar baterai tidak *overcharge* atau pengisian berlebih yang menyebabkan baterai cepat rusak. Untuk itu baterai diharapkan tetap dalam keadaan penuh tanpa harus *overcharge*.
- b. Mengatur arus yang keluar dari baterai ke beban agar tidak terjadi *overdischarge* atau baterai lemah. Sehingga ketika baterai dalam keadaan lemah atau rendahnya tegangan, SCC akan stop aliran ke beban.
- c. Menghentikan arus terbalik dari baterai ke solar panel ketika tidak ada sumber energi matahari atau ketika baterai dalam keadaan tidak *discharge*.



Gambar 2.3 Solar Charge Controller (SCC)

2.2.3 Baterai / Aki

Baterai adalah bagian penting dari sistem PLTS khususnya pada sistem *off-grid*. Berfungsi untuk menyimpan energi yang dihasilkan oleh panel surya, sehingga ketika listrik masih ada, orang dapat menggunakannya di malam hari. Baterai terdiri dari banyak komponen yang berbeda, dan larutan elektrolit kemudian dicampur pada plastik atau kotak keras. Pelat positif dan negatif adalah komponen dasar dari tiap sel. Pelat positif dan negatif ini kemudian membentuk kelompok pelat, yang dijaga tetap terpisah satu sama lain oleh separator. Pada bagian terpisah kotak baterai, elemen-elemen tersebut ditempatkan. Setiap sel memiliki satu bagian, tetapi tetap terhubung satu sama lain. Di dalam baterai, sel-sel terhubung satu sama lain, dengan terminal positif sel terhubung ke terminal negatif sel di sebelah kutub baterai.

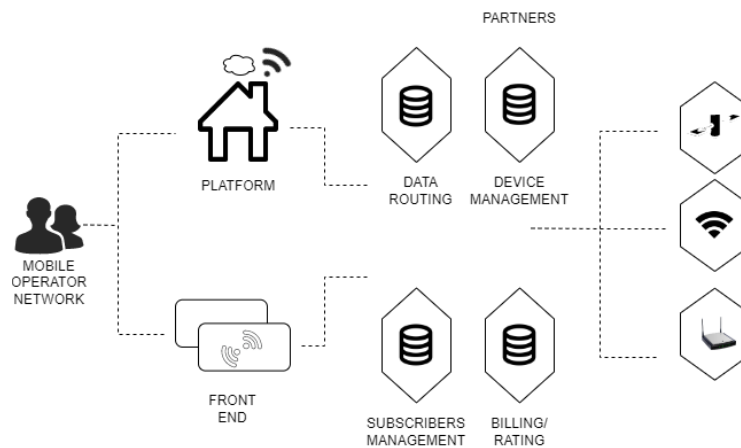
Larutan elektrolit baterai merupakan larutan pekat asam sulfur (H_2SO_4) dicampur air (H_2O). Tutup ventilasi, atau pipa, digunakan untuk menambah elektrolit atau air. Selain itu, di lokasi tersebut terdapat lubang keluar, yang berfungsi untuk mengeluarkan gas yang terbentuk selama pengisian baterai [12]. Aki yang digunakan pada penelitian ini adalah aki GS Astra tipe MF 36B20L / NS40ZL 12V 35AH seperti yang ditunjukkan pada gambar 2.4.



Gambar 2.4 Baterai / Aki

2.2.4 *Internet of Things (IoT)*

Konsep "*Internet of Things*" mengacu pada sesuatu yang memiliki kemampuan untuk mengirimkan data atau informasi melalui jaringan tanpa intervensi manusia. Teknologi *Internet of Things* (IoT) berasal dari kombinasi sistem mikroelektronik (MEMS) dan Internet dengan jaringan nirkabel. Hubungannya yang dekat dengan komunikasi mesin dengan mesin (M2M) yang terjadi tidak ada campur tangan manusia atau komputer, *Internet of Things* lebih dikenal dengan istilah *smart* atau pintar [13].



Gambar 2.5 Sistem Kerja IoT

Gambar 2.5 menunjukkan bahwa cara kerja *Internet of Things* ini adalah dengan menggunakan suatu instruksi pemrograman sehingga tiap perintah argumennya dapat membuat perintah dan interaksi dimanapun dan kapanpun antar perangkat yang sama juga saling terhubung satu sama lainnya secara otomatis tidak ada campur tangan manusia selama itu terhubung internet. Manusia hanya akan mengatur dan mengawasi alat tersebut apakah akan bekerja dengan baik atau tidak. *IoT* juga membutuhkan *platform* untuk menampung data atau informasi yang dibutuhkan, pada kasus penelitian ini adalah seperti data tegangan, arus dan daya pada panel surya. Beberapa *platform IoT* yang mudah diakses dan gratis antara lain

adalah *Thingspeak*, *Firebase*, *Antares*, *Blynk*, *Telkomsel IoT*, *Thinger I/O* dan masih banyak lagi.

2.2.5 Arduino Uno dan Wemos D1 Mini

Arduino Uno merupakan sebuah mikrokontroler yang bersifat *open source* sehingga memudahkan untuk memodifikasi atau membuat suatu proyek sesuai yang diinginkan dan dapat disebarluaskan secara bebas yang bertujuan untuk pengembangan. Arduino Uno memiliki prosesor Atmega 328p yang memerlukan tegangan input sebesar 5 Volt untuk dapat bekerja dengan baik. Mikrokontroler ini mempunyai 32 pin diantaranya adalah 14 pin analog serta 18 pin digital [14]. Arduino Uno yang digunakan pada penelitian ini ditunjukkan pada gambar 2.6.



Gambar 2.6 Arduino Uno

Sementara itu Wemos D1 mini merupakan board wifi yang memungkinkan untuk akses mikrokontroler ke jaringan wifi karena menggunakan chip ESP8266 yang terkenal ekonomis dan handal. Dengan hal itu, Wemos D1 mini mampu menghubungkan mikrokontroler seperti arduino dengan internet. Modul ini mampu bekerja sendiri atau dapat diprogram sendiri karena Wemos D1 mini dapat bekerja sebagai mikrokontroler. Berbeda dengan modul wifi tipe SOC (*System On Chip*) lainnya yang masih membutuhkan mikrokontroler lain untuk memprogram modul tersebut. Dengan bentuk yang kecil membuat Wemos D1 mini dapat dengan mudah dikembangkan menjadi *project* yang berbasis IoT yang memungkinkan dapat dimonitoring secara *online* dan *realtime* lewat *smarthphone* atau PC selama terhubung dengan internet [15]. Dengan dibekali 16 pin yang termasuk di dalamnya adalah pin TX dan RX sebagai komunikasi serial sehingga modul ini dapat

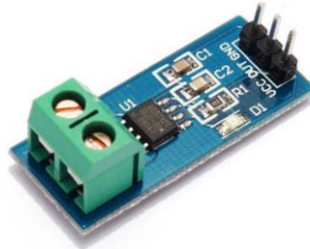
menambahkan konektivitas Wi-Fi ke mikrokontroler. Wemos D1 mini dapat diprogram menggunakan Arduino IDE, sehingga modul ini terhubung ke suatu mikrokontroler menggunakan *serial interface* agar dapat diaplikasikan ke proyek yang akan dibuat. Secara keseluruhan, modul ini sangat cocok digunakan untuk proyek-proyek yang berkaitan dengan penerimaan dan pengiriman data berbasis jaringan internet seperti pemantauan atau kontrol jarak jauh. Modul Wemos D1 Mini yang digunakan seperti yang ditunjukkan pada gambar 2.7.



Gambar 2.7 Wemos D1 Mini

2.2.6 Sensor ACS712

ACS712 merupakan sensor yang dapat mengukur arus dan terkenal menggunakan prinsip efek Hall. Sensor ini dapat mengukur arus AC atau DC mulai dari 5A hingga 30A dan bekerja dengan mendeteksi medan magnet yang dihasilkan oleh arus yang mengalir melalui konduktor. Jadi, ketika sensor dialiri arus maka sensor ini mendeteksi adanya medan magnet dan mengubahnya menjadi sinyal listrik yang dapat digunakan untuk mengukur arus. Sensor ini mengeluarkan tegangan analog 0-5 V berdasarkan arus yang mengalir melalui kabel sehingga sangat mudah untuk menghubungkan ke mikrokontroler jenis apapun. Sensor ACS712 memiliki 3 pin yakni VCC, *output*, dan *ground*. VCC terhubung ke +5V untuk memberi daya pada sensor dan *ground* terhubung ke *ground* sistem dan tegangan analog pada pin output yang diberikan oleh sensor ACS712 dibaca menggunakan pin analog pada mikrokontroler [16]. Sensor arus ACS712 yang digunakan pada penelitian ini adalah tipe 30A seperti yang ditunjukkan pada gambar 2.8.



Gambar 2.8 Sensor ACS712

Berikut ini beberapa karakteristik sensor arus ACS712:

- *Low noise*
- Memiliki sensitivitas keluaran 66 hingga 185 mV/A
- *Bandwidth* sebesar 80 kHz
- Bekerja dalam tegangan 5 V
- Memiliki resistansi 1.2 m Ω

Dalam pengaplikasiannya, sensor ini memiliki sensitivitas 185mV/A untuk pengukuran arus <5A, untuk pengukuran <20A memiliki sensitivitas 100mV/A, dan untuk pengukuran <30A memiliki sensitivitas 66mV/A.

2.2.7 Sensor Tegangan F031-06

Dengan menggunakan prinsip pembagi tegangan resistor, sensor ini dapat mendeteksi dan mengukur tegangan dengan membagi tegangan inputnya dengan 5. Sebagai contoh, jika tegangan yang dibaca oleh sensor adalah 20 VDC, maka outputnya adalah $20/5 = 4$ VDC. Dengan demikian, jika Arduino bekerja pada 5 VDC, tegangan maksimum yang ingin dideteksi oleh sensor adalah $5V \times 5 = 25$ VDC. Tujuannya adalah untuk menghindari input arduino yang melebihi tegangan kerja pada 5 VDC [17]. Sensor tegangan yang digunakan pada penelitian ini ditunjukkan pada gambar 2.9. Untuk mendeteksi tegangan Sensor ini memiliki 5 pin dengan spesifikasi berikut:

- Tegangan input : 0-25VDC
- Tegangan deteksi : 0.02445-25VDC

- Ketelitian pengukuran : 0.00489V
- Ukuran : 25x13 mm

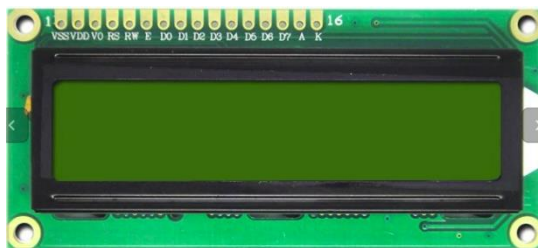


Gambar 2.9 Sensor Tegangan F031-06

Dalam proses pembacaan dari sensor ini pada dasarnya adalah dapat membaca data yang diterima dengan mengubah bentuk bilangan dari 0 sampai 1023 karena Arduino memiliki 10 bit. Sehingga ketelitian pengukuran pada sensor ini dapat dirumuskan dengan $\frac{5V}{1023} = 0.0489 V$ dan tegangan input atau tegangan deteksi dari sensor ini adalah harus lebih dari $0.0489 V \times 5 = 0.02445 V$.

2.2.8 *Liquid Crystal Display (LCD)*

Liquid Crystal Display (LCD) termasuk salah satu komponen elektronika. LCD ini berguna untuk menampilkan data dari sensor yang telah dilakukan pembacaan pada mikrokontroler. Pada penelitian ini LCD akan menampilkan *output* dari panel surya berupa tegangan, arus, dan juga daya. LCD memerlukan tegangan input sebesar 5 volt. Pada LCD ini akan tertampil dua baris dan dapat menampilkan 16 karakter [18]. LCD ditunjukkan pada gambar 2.10.



Gambar 2.10 LCD

2.2.9 *Stepdown XY-3606 DC*

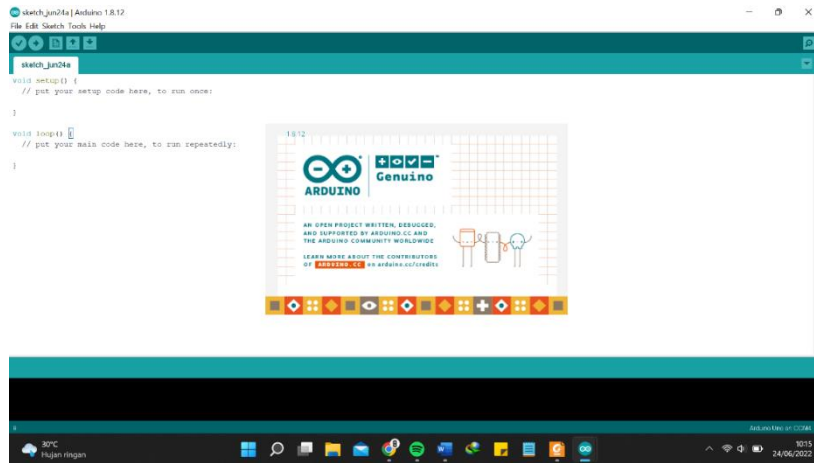
Stepdown module ini adalah sebagai penurun tegangan yang mengkonversikan tegangan masukan DC 12 V menjadi tegangan DC 5 V. Modul ini memiliki 2 varian yaitu versi *adjustable* atau tegangan outputnya dapat diatur dan varian *fixed voltage output* yang tegangan *outputnya* sudah tetap [19]. *Stepdown* modul yang digunakan pada penelitian ini ditunjukkan pada gambar 2.11.



Gambar 2.11 *Stepdown XY-3606*

2.2.10 *Software Arduino IDE*







Software Arduino IDE adalah perangkat lunak yang digunakan untuk memasukkan program ke mikrokontroler Arduino Uno sehingga alat dapat berjalan sesuai dengan apa yang kita inginkan. IDE merupakan singkatan dari *Integrated Development Environment* dimana mempunyai bahasa pemrograman yang hampir sama dengan bahasa C. Pada jendela awal Arduino disebut dengan *sketch*, dimana *sketch* ini ditulis di suatu editor teks dan *disave* dalam format file *.ino*. Telah dilakukan beberapa penyesuaian sehingga sangat memudahkan bagi pengguna baru untuk dapat mengoperasikan *software* ini. Pada *software* ini terdapat *message box* yang berwarna hitam sebagai indikator apakah program berhasil *ter-upload*, *error* atau saat berhasil *compile* [20]. Di dalam *software* ini terdapat *serial monitor* yang menampilkan jendela berisikan data apa saja yang telah dikirim dan diterima. Tampilan awal pada *Arduino IDE* ditunjukkan pada gambar 2.12.



Gambar 2.12 Tampilan Software Arduino IDE

Terdapat beberapa tools di dalam arduino IDE yang memiliki fungsi masing-masing seperti yang ditunjukkan pada tabel 3.4 berikut.

Tabel 2.2 Tools Arduino IDE

No	Ikon	Nama	Fungsi
1		<i>Verify</i>	Untuk <i>checking code</i> yang telah dibuat, apakah ada error atau tidak
2		<i>Upload</i>	Untuk menjalankan koding menjadi bahasa yang dipahami oleh Arduino
3		<i>New</i>	Berfungsi untuk membuka lembar kerja baru (<i>new sketch</i>)
4		<i>Open</i>	Berfungsi membuka <i>sketch</i> yang sudah pernah dibuat
5		<i>Save</i>	Berfungsi menyimpan <i>sketch</i> koding
6		<i>Serial Monitor</i>	Berfungsi untuk menampilkan jendela yang berisikan data apa saja yang telah dikirim dan diterima oleh Arduino

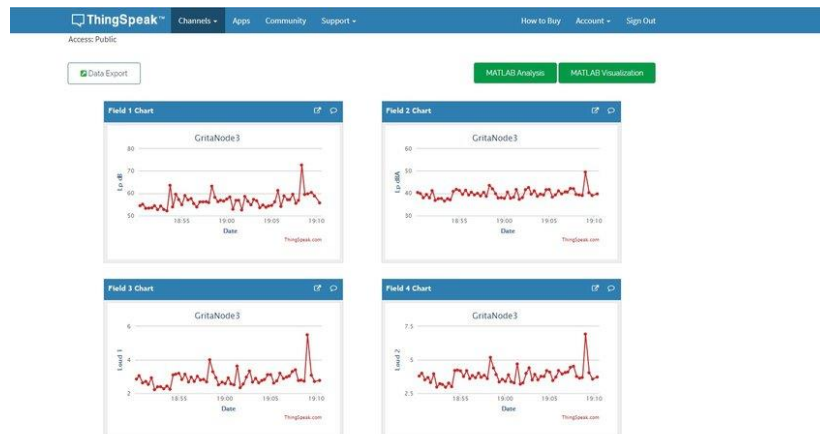
2.2.11 Thingspeak

Thingspeak adalah salah satu *platform IoT open source* yang memiliki fungsi sebagai pengumpul data yang sudah terhubung ke internet dimana kita dapat mengirim dan menerima data dengan protokol komunikasi HTTP sehingga nilai

data tersebut dapat tertampil pada sebuah *dashboard* gratis yang memungkinkan untuk keperluan visualisasi data, analisis historis, notifikasi, maupun kontrol [21]. Dalam perancangan monitoring sistem panel surya nantinya, hasil pengukuran tegangan, arus, dan daya akan ditampilkan dalam bentuk grafik dengan *timecale* tertentu. Tampilan dari thingspeak ditunjukkan seperti yang ada pada gambar 2.13.

Fitur-fitur dari *Thingspeak* antara lain adalah :

- a. *Open API*
- b. *Real-Time data collection*
- c. *Geolocation data*
- d. *Data processing*
- e. *Data visualizations*
- f. *Device status messages*
- g. *Plugin*



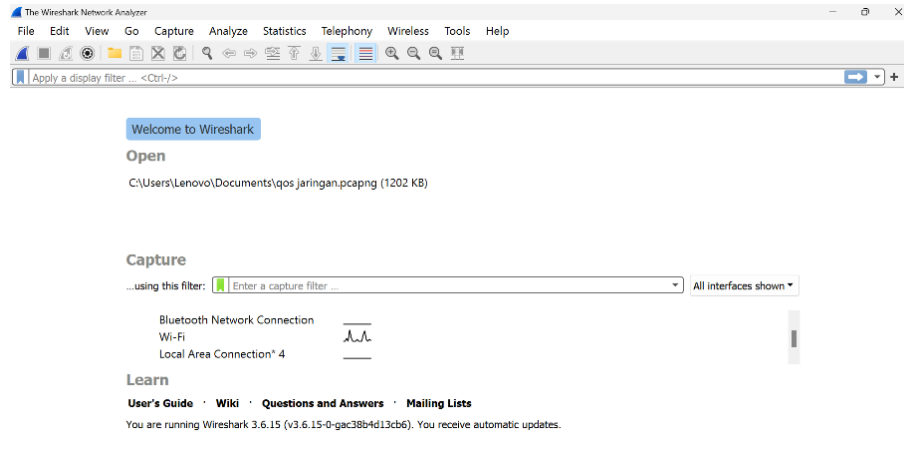
Gambar 2.13 Dashboard Thingspeak [21]

2.2.12 Wireshark

Wireshark adalah program untuk menganalisa dan memecahkan masalah jaringan dengan kemampuan untuk menangkap sejumlah paket data yang melintasi jaringan dan menangkap informasi dalam berbagai format protokol [22]. Tampilan

awal pada *wireshark* ditunjukkan pada gambar 2.14. Berikut adalah beberapa manfaat penggunaan *software wireshark*:

- a. Menangkap informasi dari paket data yang diterima dan dikirim
- b. Dapat mengetahui aktivitas yang terjadi di dalam jaringan
- c. Menganalisa kinerja jaringan yang digunakan



Gambar 2.14 Dashboard Wireshark

2.2.13 Quality Of Service (QoS)

Quality of Service adalah metode pengukuran untuk mengetahui seberapa baik jaringan yang dimiliki dengan parameter tertentu. Tujuan dari QoS adalah untuk mendapatkan kualitas jaringan yang baik dan andal serta sebagai usaha untuk dapat mendefinisikan karakteristik atau sifat dari suatu servis [23]. Dalam penelitian ini parameter QoS yang digunakan adalah *delay* dan *packet loss*.

a. Delay

Delay didefinisikan ketika data membutuhkan waktu dalam menempuh jarak dari asal paket data ke tujuan paket data. Jarak, media fisik, *congesti* atau proses yang lama adalah hal-hal yang mempengaruhi *Delay*. *Delay* dapat dihitung dengan persamaan 2.2 dan untuk menghitung rata-rata *delay* dapat dihitung dengan persamaan 2.3.

$$\mathbf{Delay = Time\ 2 - Time1} \quad \mathbf{(2.2)}$$

Kemudian untuk mencari rata-rata *delay* dapat menggunakan persamaan ini.

$$\text{Rata - Rata Delay} = \frac{\text{Total Delay}}{\text{Total Paket Diterima}} \quad (2.3)$$

Tabel 2.3 Kategori Delay

Kategori	Besar Delay	Indeks
Sangat Bagus	<150 ms	4
Bagus	150 ms s/d 300 ms	3
Sedang	300 ms s/d 450 ms	2
Buruk	>450 ms	1

b. *Packet Loss*

Packet loss didefinisikan ketika transmisi paket data gagal mencapai tujuannya atau bisa dikatakan paket tersebut hilang karena tidak dapat terkirim ke tujuan paket tersebut. Gagalnya paket tersebut dalam mencapai tujuan disebabkan oleh beberapa faktor seperti penurunan sinyal dalam media jaringan, paket yang *corrupt*, dan kesalahan pada *hardware* jaringan. *Packet loss* dapat dihitung dengan persamaan 2.4 berikut.

$$\text{Packet loss (\%)} = \frac{(\text{paket data dikirim} - \text{paket data diterima})}{\text{paket data dikirim}} \times 100 \quad (2.4)$$

Kategori *packet loss* mempunyai 4 nilai indeks, nilai indeks 1 merupakan kategori jelek, nilai indeks 2 termasuk kategori sedang, nilai indeks 3 termasuk dalam kategori bagus, dan nilai indeks 4 termasuk dalam kategori sangat bagus. Tabel 2.3 menunjukkan kategori *packet loss* dengan beserta nilai indeks dan besar *delay*nya (*latency*).

Tabel 2.3 Kategori *Packet Loss*

Kategori	Percentage	Indeks
Sangat Bagus	0%	4
Bagus	3%	3

Sedang	15%	2
Buruk	25%	1

2.2.14 Uji Validasi

Dalam penelitian ini akan dilakukan beberapa perhitungan dari data yang diperoleh dari pembacaan sensor dan multimeter, diantaranya adalah :

a. Uji Galat

Pengujian parameter yang melibatkan sensor dan multimeter dilakukan secara bersama sehingga dapat dibandingkan hasil pengukuran dari sensor dan multimeter. Setelah perhitungan diperoleh, persentase kesalahan (% error) pembacaan sensor terhadap alat ukur dapat diketahui. Perhitungan galat ditunjukkan pada persamaan 2.5 dan rata-rata galat pada persamaan 2.6.

$$\% \text{Galat} = \frac{|\text{Pengukuran Multimeter} - \text{Sensor}|}{\text{Pengukuran Multimeter}} \times 100\% \quad (2.5)$$

$$\text{Average \%Galat} = \frac{\Sigma \% \text{Galat}}{\text{Banyaknya pengukuran}} \quad (2.6)$$

b. RMSE

RMSE (*Root Mean Square Error*) adalah metode pengukuran yang menghitung selisih nilai *predicted* model sebagai estimasi dari nilai observasi. Nilai RMSE yang kecil menunjukkan bahwa metode estimasi dengan nilai RMSE yang lebih kecil lebih akurat daripada metode estimasi dengan nilai RMSE yang lebih besar [24]. Perhitungan RMSE ditunjukkan pada persamaan 2.7.

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{t=1}^n (A_t - F_t)^2}{n}} \quad (2.7)$$

A_t = Nilai pengukuran dari sensor

F_t = Nilai pengukuran dari multimeter

n = banyaknya data

Σ = *Summation* (Total nilai)

c. MAE

MAE (*Mean Absolute Error*) adalah rata-rata kesalahan dari nilai aktual (*actual*) dan prediksi (*predicted*) [25]. Digunakan untuk mengukur keakuratan model statistik dalam membuat prediksi atau peramalan. Penelitian ini akan menggunakan nilai dari pengukuran sensor dan nilai baca multimeter. Perhitungan MAE ditunjukkan pada persamaan 2.8.

$$MAE = \sum \frac{|Y' - Y|}{n} \quad (2.8)$$

Y' = Nilai Prediksi (nilai pengukuran dari sensor)

Y = Nilai Sebenarnya (nilai pengukuran dari multimeter)

n = Jumlah Data