

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Robot *Security*

Robot *security wall follower*, menggunakan tenaga surya sebagai sumber energinya, menggerakkan aktuator bergerak mengelilingi *greenhouse* untuk mendeteksi objek pengganggu tanaman (OPT), dengan harapan robot ini bergerak mengelilingi *greenhouse* dengan mengikuti dinding selama 24 jam secara terus-menerus. Pada siang hari robot *security* menggunakan sumber energi dari panel surya dan ketika malam hari atau keadaan cuaca mendung robot *security* menggunakan baterai sebagai sumber energinya[7].



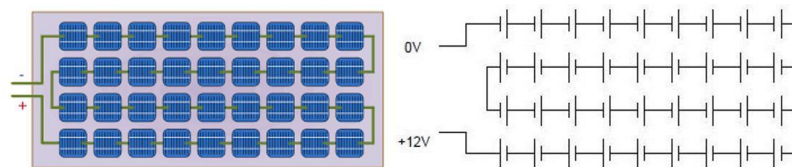
Gambar 2.1 *Robot Security*

(Sumber : https://smrobotics.com/application_autonomus_mobile_robots/robot-guard/)

Robot *security* memiliki sistem kerja secara mekanik dan elektronik, untuk sistem elektronik merupakan sistem yang terdiri dari komponen-komponen elektronika seperti sensor yang berperan sebagai input untuk mendeteksi objek dan *controller* sebagai penerima dan pengolah data dari untuk mengendalikan atau membuat penggerak berupa komponen mekanik seperti motor DC sebagai penggerak roda (aktuator) dapat berkerja secara sistem mekanik.

2.2 Solar Panel

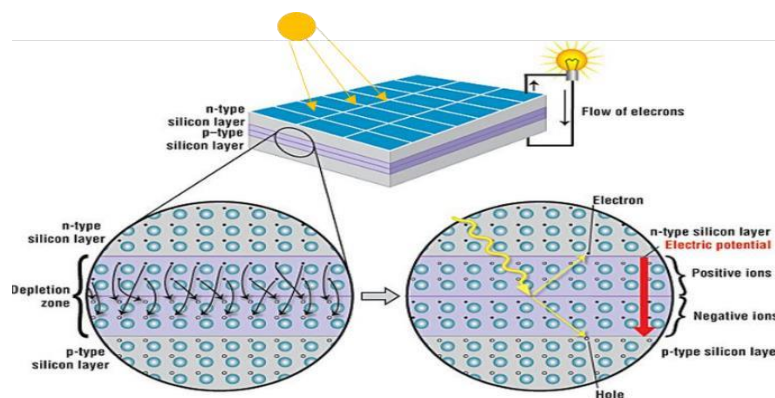
Solar panel atau *panel photovoltaik* (PV) adalah perangkat elektronik yang dirancang dalam sebuah unit yang disebut modul yang terdiri dari beberapa susunan sel secara *parallel* dan *seri* yang dapat mengkonversi energi cahaya matahari (*photo*) menjadi energi listrik (*voltaiic*). Setiap sel surya dalam solar panel terdiri dari lapisan-lapisan silikon yang bersifat *semikonduktor*, metal, lapisan anti *reaktif*, dan *strip konduktor metal*[8]. Pada **Gambar 2.2** merupakan gambaran dari struktur susunan sel pada solar panel.



Gambar 2.2 Struktur Susunan Sel *Solar panel*

(Sumber : <https://www.sanspower.com/pengertian-dan-cara-kerja-panelsurya.html>)

Lapisan dari *solar panel* terdiri dari lapisan atas bermuatan *negatif* (*n-type*) sebagai daerah dengan elektron bebas yang bersifat *negatif* dan pendonor *elektron*, sedangkan lapisan bawah bermuatan *positif* (*p-type*) sebagai penerima *elektron*. Lapisan-lapisan inilah yang berfungsi untuk menghasilkan energi listrik, dan semakin banyak sel surya yang tersusun pada *solar panel* maka semakin banyak energi yang dapat dihasilkan.

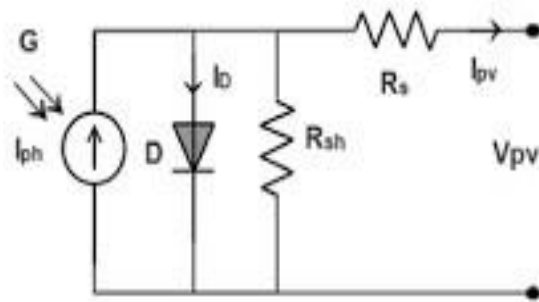


Gambar 2.3 Solar panel

(Sumber : <https://www.sanspower.com/pengertian-dan-cara-kerja-panelsurya.html>)

Pada **Gambar 2.3** merupakan prinsip kerja solar panel mengonversi energi panas cahaya matahari menjadi energi listrik dimana ketika sinar matahari jatuh

pada sel surya, partikel-partikel foton dalam cahaya tersebut menghantam atom dengan muatan *negatif* (*elektron*) dan atom dengan muatan *positif* (*hole*) pada *semikonduktor* silikon sela surya sehingga menghasilkan energi yang cukup untuk memutuskan ikatan elektron dengan atom induknya. Akibatnya, *elektron* terlepas dari ikatan atom dan bergerak menuju daerah pita konduksi. Pada saat yang sama, terbentuklah *hole* karena terjadi kekosongan pada atom akibat kehilangan *elektron*. Hal tersebut meyebabkan *elektron* dan *hole* bergerak berlawanan arah. Elektron mendekati daerah *positif*, sementara *hole* bergerak mendekati daerah *negatif*. Proses tersebut meghasilkan perbedan potensial yang menghasilkan aliran elektron atau arus listrik.



Gambar 2.4 Rangkaian Ekuivalen Solar Panel

(Sumber: <http://electricityofdream.blogspot.com/2016/09/pengertian-rangkaian-ekivalen-kurva.html>)

Pada solar panel memiliki rangkaian ekuivalen seperti pada **Gambar 2.4** untuk memahami karaktersitik solar panel yang digunakan dan pemodelan matematis yang diperlukan untuk mengetahui parameter arus dan tegangan solar panel dengan menggunakan persamaan dibawah ini:

$$I = I_L - I_0 \left[\exp\left(\frac{V + R_S \cdot I}{V_t a}\right) - \frac{V + R_S}{R_{Sh}} \right] \dots \dots \dots (1)$$

Dimana :

- I_L = Arus Yang dihasilkan Oleh Cahaya Pada Solar Panel (A)
- I_0 = Arus Saturasi Dioda P-N Pada Solar Panel (A)
- R_s = Resistor Seri Pada Sel Solar Panel (W)
- R_{sh} = Resistor Paralel Pada Sel Solar Panel (W)
- a = Parameter Dioda Yang Memiliki Nilai Antara 1 – 2

- V_t = Tegangan Terminal Pada Solar Panel (V)

Tegangan pada solar panel dinyatakan dengan persamaan berikut:

$$V_t = N_s \frac{kT}{q} \dots \dots \dots (2)$$

Dimana :

- N = Faktor Idealitas
- k = konstanta Boltzman (1.3806×10^{-23} C)
- T = Temperature (K)
- I_L = Arus Yang dihasilkan Cahaya
- I = Arus (A)
- I_0 = Arus Saturasi Gelap
- q = Muatan Elektron (1.6021×10^{-19} C)

Dan untuk mengetahui daya yang dihasilkan dari panel surya saat pengisian baterai langsung digunakan rumus:

$$P = V \cdot I \dots \dots \dots (3)$$

Keterangan :

P = Daya (VA)

V = Tegangan (V)

I = Arus (A)

2.3 *Solar Charger Controller (SCC)*

Solar Charger Controller adalah rangkaian kontrol yang mengatur *output* tegangan, arus dan daya yang dihasilkan solar panel menuju ke baterai agar tidak kelebihan pelepasan muatan (*over discharge*) atau kelebihan pengisian muatan (*over charge*) yang dapat mengurangi umur baterai dan menyebabkan kerusakan pada baterai.



Gambar 2.5 *Solar Charge Controller*

(Sumber: <https://sandiinverter.com/scc18650.html>)

Solar charge controller berperan penting dalam sistem pengisian daya baterai guna menjaga kondisi baterai agar tetap berada dalam kisaran tegangan yang aman dan optimal. Dengan menggunakan *solar charge controller* (SCC), baterai dapat diisi secara tepat sesuai dengan kebutuhan dan kapasitasnya serta pengaturan aliran tegangan dan arus yang masuk ke baterai dapat dikontrol dengan baik, sehingga baterai tetap aman dan terlindungi dari kerusakan akibat *overcharging* dan *undercharging*. Selain itu, juga membantu memperpanjang masa pakai baterai serta memastikan efisiensi pengisian daya dari panel surya ke baterai. Terdapat 2 jenis *solar charge controller* yang beredar di pasaran, yaitu SCC PWM (*Pulse Width Modulation*) dan SCC MPPT (*Maximum Power Point Tracking*). Dari kedua jenis SCC tersebut memiliki kelebihan dan kekurangan masing-masing.

SCC PWM atau *solar charging controller pulse width modulation*, alat ini berfungsi memanipulasi lebar pulsa ketika pengisian daya baterai, sehingga didapat nilai tegangan yang diinginkan sesuai spesifikasi besaran tegangan dan arus pada baterai yang ingin dilakukan pengisian daya oleh panel surya. Jadi dapat disimpulkan, prinsip kerja SCC PWM adalah tegangan yang masuk dari panel surya di drop atau disesuaikan dengan tegangan baterai yang akan dilakukan pengisian daya, dan arus yang dihasilkan oleh panel surya dialirkan secara maksimal berapapun yang dihasilkan[9].

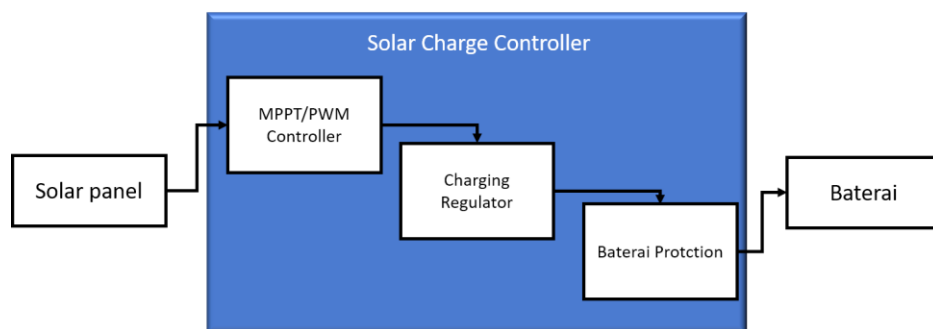
Sedangkan pada SCC MPPT atau *solar charge controller maximum power point tracking*, alat ini berfungsi sebagai pencari atau mentracking titik daya

maksimum dari *output* panel surya, dengan kata lain tegangan yang berlebih dari panel surya akan dikonversi untuk menaikkan arus keluaran panel surya dengan pengisian daya yang sesuai dengan tegangan baterai.

Berikut penjelasan perbedaan antara SCC PWM dan MPPT, dapat kita lihat pada tabel berikut :

Deskripsi	PWM	MPPT
Tegangan Solar Panel Terhadap Tegangan Baterai	PV Array dan tegangan baterai sama	Tegangan PV Array lebih tinggi dari tegangan baterai
Kapasitas PLTS	Kecil, 10wp – 200 wp	Besar, >200 Wp

2.3.1 Blok Diagram SCC



Gambar 2.6 Blok Diagram SCC

Berikut penjelasan dari blok diagram *solar charge controller* :

1. Solar Panel merupakan perangkat yang menghasilkan energi listrik dari sinar matahari untuk dideteksi oleh SCC.
2. MPPT/PWM *Controller* merupakan bagian dari SCC bertanggung jawab untuk mengatur aliran arus dan tegangan dari solar panel ke baterai.
3. *Charging Regulation* merupakan bagian dari SCC untuk mengatur proses pengisian baterai dengan mengontrol arus yang masuk ke baterai termasuk pengaturan arus pengisian saat baterai dalam kondisi rendah dan mengurangi arus saat baterai mendekati penuh untuk mencegah *overcharging*.

4. *Battery Protection* merupakan bagian SCC untuk melindungi baterai dari kerusakan akibat *overcharging*, *overdischarging*, dan kondisi lainnya yang dapat merusak baterai.
5. Baterai merupakan tempat menyimpan energi listrik yang dihasilkan oleh solar panel melalui *solar charge controller*.

2.4 Baterai

Baterai (*Battery*) adalah perangkat yang dapat diisi ulang atau digantikan ketika energinya habis yang terdiri dari beberapa sel elektrokimia yang digunakan untuk menyimpan energi dan menghasilkan energi listrik untuk komponen elektronik. Baterai terdiri dari dua elektrode yaitu *elektrode positif* (katoda) dan *elektrode negatif* (Anoda) yang dipisahkan oleh *elektrolit* yang berfungsi sebagai penghantar. Arus listrik yang dihasilkan oleh baterai adalah arus searah atau disebut juga dengan arus DC (*Direct Current*)[10].

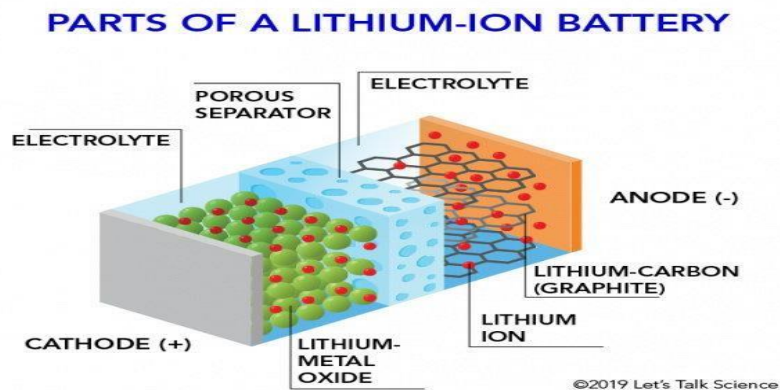


Gambar 2.7 Baterai Litium Ion

(Sumber : <https://lidocleaners.net/jenis-jenis-baterai-lithium-ion-dan-pengaplikasiannya/>)

Pada tugas akhir, digunakan baterai tipe *Lithium-ion* tegangan 12 Volt. Kelebihan baterai ini meliputi kapasitas energi yang tinggi, kepadatan daya yang besar, masa pakai yang panjang, dan kemampuan pengisian ulang yang cepat. Selain itu, baterai tipe *Lithium-ion* juga memiliki ukuran yang relatif kecil dan ringan, sehingga sangat cocok digunakan pada robot *security* dan juga memiliki tingkat *self-discharge* yang rendah, sehingga mampu menjaga daya penyimpanan dalam jangka waktu yang lama tanpa mengalami penurunan yang signifikan. Baterai litium-ion terdiri dari beberapa bagian utama yang bekerja sama untuk

menyimpan dan melepaskan energi. Bagian-bagian tersebut mencakup katoda, anoda, elektrolit, dan *separator* yang dapat dilihat pada **Gambar 2.8**.



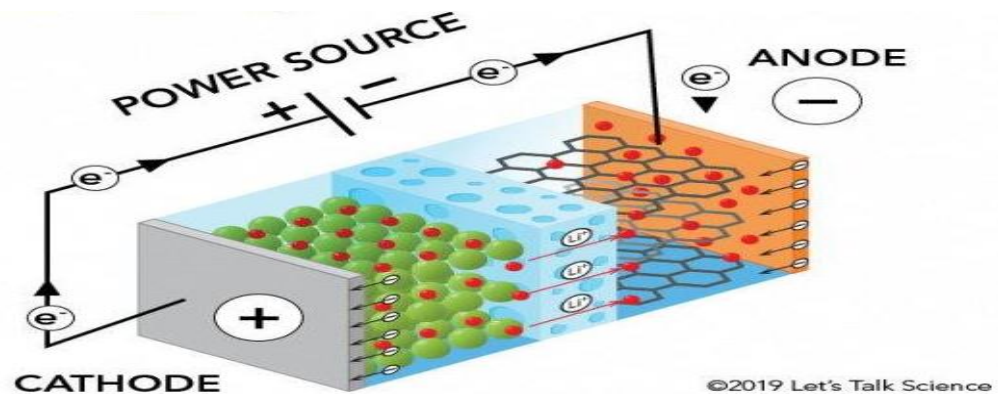
Gambar 2.8 Bagian- Bagian Baterai Litium-Ion

(Sumber: <https://www.dictio.id/t/bagaimana-cara-kerja-baterai-lithium-ion/146948>)

Katoda, terbuat dari material *litium kobalt oksida* (LiCoO_2), berfungsi sebagai terminal *positif* yang menerima *elektron* selama proses pengisian dan melepaskan *elektron* selama proses pengosongan. Anoda terbuat dari material *karbon grafit* dan berfungsi sebagai terminal *negatif* yang memiliki kemampuan elektrokimia dan menyimpan *litium* selama proses pengisian. Elektrolit terdiri dari larutan garam yang menghubungkan katoda dan anoda, serta berperan dalam mencegah kontak langsung antara keduanya yang dapat menyebabkan korosi atau korsiion elektrokimia. Separator terbuat dari bahan polimer pori-pori, memisahkan katoda dan anoda dalam baterai dan memungkinkan pergerakan ion litium dan mencegah kontak langsung antara *electrode*.

2.4.1 Pengisian Baterai (*Charging*)

Baterai litium-ion bekerja berdasarkan prinsip reaksi kimia. Dimana prinsip kerja pada saat pengisian adalah ketika arus listrik mengalir dari sumber pengisian ke baterai, sehingga membuat *elektron-elektron* dari sumber pengisian memasuki anoda. Selama proses tersebut, atom *litium* di anoda kehilangan satu *elektron* dan menjadi *ion litium positif* (Li^+).



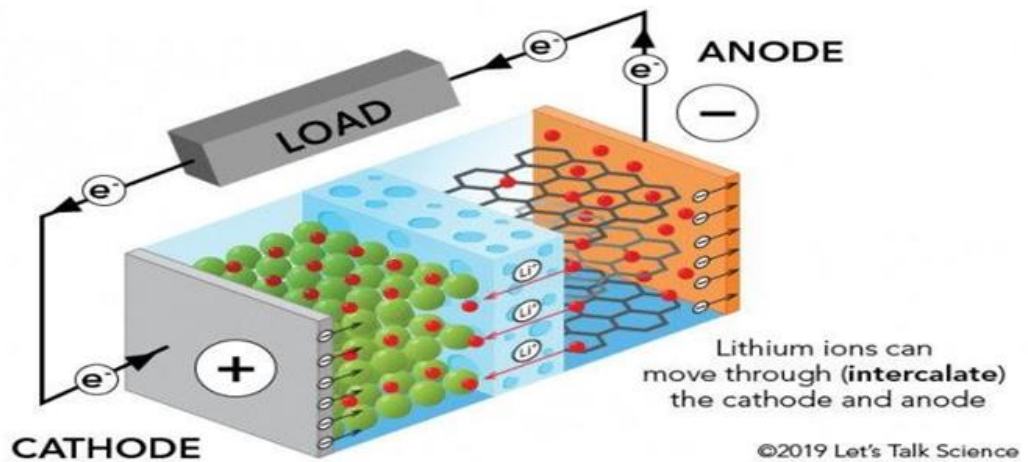
Gambar 2.9 Prinsip Kerja Pengisian

(Sumber : <https://www.dictio.id/t/bagaimana-cara-kerja-baterai-lithium-ion/146948>)

Ion litium kemudian bergerak melalui *elektrolit* menuju katoda dengan bantuan *elektrolit* yang memfasilitasi pergerakan *ion litium* secara selektif. Ketika *ion litium* mencapai katoda, mereka menerima *elektron* dari sirkuit *eksternal* dan membentuk *atom litium*, sehingga energi disimpan dalam baterai dalam bentuk energi kimia. Proses ini berulang hingga baterai mencapai tingkat pengisian yang diinginkan[11].

2.4.2 Pengosongan Baterai (*Discharging*)

Prinsip kerja saat pengosongan baterai litium-ion melibatkan reaksi kimia di dalam sel baterai dengan melepaskan energi yang telah disimpan. Ketika baterai digunakan dan diberikan beban, arus listrik mengalir dari katoda ke anoda melalui sirkuit *eksternal*. Atom *litium* di katoda kehilangan *elektron* dan berubah menjadi *ion litium positif* (Li^+), sementara *elektron-elektron* tersebut dilepaskan dan menghasilkan arus listrik yang digunakan oleh beban. *Ion litium positif* bergerak melalui *elektrolit* menuju anoda, mempertahankan keseimbangan muatan dalam sel baterai. Di anoda, *ion litium* diterima oleh bahan anoda seperti grafit, menerima *elektron* dari sirkuit *eksternal* dan melepaskan energi kimia dalam bentuk energi listrik yang dapat digunakan oleh beban[12].



Gambar 2.10 Prinsip Kerja Pengosongan

(Sumber : <https://www.dictio.id/t/bagaimana-cara-kerja-baterai-lithium-ion/146948>)

2.4.3 State of Charge (SOC)

Over charge atau *over discharge* baterai akan menyebabkan kerusakan pada baterai. Untuk memperpanjang masa pakai dan keamanan baterai, sangat penting untuk mendeteksi keadaan baterai. Di antara semua jenis parameter baterai, SOC merupakan yang paling penting. SOC adalah parameter untuk menggambarkan berapa banyak energi yang dimiliki baterai. SOC memberikan status baterai saat ini yang memungkinkan baterai diisi dan dikosongkan dengan aman pada tingkat yang sesuai untuk peningkatan masa pakai baterai. Dengan demikian, SOC sangat membantu dalam manajemen baterai.

Namun, pengukuran SOC tidak dapat dilakukan secara langsung, karena melibatkan pengukuran tegangan baterai, arus, suhu, dan informasi lain yang berkaitan dengan baterai yang digunakan. Estimasi SOC yang akurat mencegah kerusakan baterai atau rapid aging dengan menghindari *overcharge* dan *over discharge* yang sesuai. Namun dalam prakteknya, nilai SOC awal sulit didapat dan nilai pengukuran arus selalu bercampur dengan *noise*. Selain itu, ketika baterai beroperasi sulit untuk melepaskan baterai[13].

Rumus umum untuk memperkirakan state of charge (SOC) berdasarkan tegangan pada baterai tergantung pada jenis baterai yang digunakan. Berikut ini adalah rumus estimasi SOC untuk baterai Li-ion.

$$SOC (\%) = \frac{(V_t - V_{min})}{(V_{max} - V_{min})} \times 100\% \dots \dots \dots (4)$$

Di mana :

V_t = Tegangan Aktual Baterai

V_{min} = Tegangan Minimum Untuk Baterai

V_{max} = Tegangan Maksimum Untuk Baterai

2.5 Sensor

Sensor adalah suatu perangkat atau alat yang berfungsi untuk mendeteksi atau merasakan perubahan dalam lingkungan fisik, kimia, atau lingkungan di sekitarnya. Kemudian, sensor mengubah sinyal dari perubahan tersebut menjadi bentuk yang dapat diinterpretasikan atau digunakan oleh sistem elektronik atau komputer untuk berbagai tujuan. Sensor bertugas untuk mengukur dan mengumpulkan informasi dari lingkungan sekitar, seperti suhu, cahaya, tekanan, gerakan, kelembaban, gas, dan berbagai parameter fisik atau kimia lainnya. Setelah mendeteksi perubahan, sensor akan mengubahnya menjadi sinyal listrik atau sinyal lain yang sesuai dengan jenisnya, seperti sinyal analog atau digital[14].

2.5.1 Sensor Arus

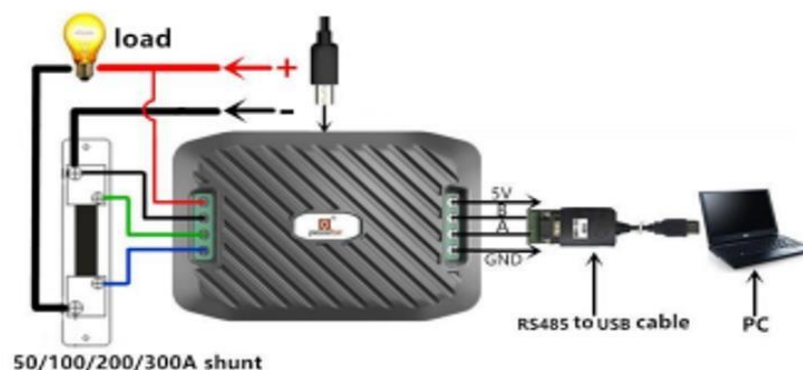
Sensor arus adalah suatu jenis sensor yang berfungsi untuk mendeteksi dan mengukur arus listrik yang mengalir dalam suatu rangkaian atau kawat penghantar. Arus listrik adalah aliran muatan listrik (elektron) yang mengalir melalui konduktor seperti kawat tembaga atau logam lainnya. Prinsip kerja sensor arus berdasarkan pada efek magnetik yang dihasilkan oleh arus listrik yang mengalir melalui penghantar. Ketika arus listrik mengalir melalui kawat penghantar, maka sensor akan menciptakan medan magnetik di sekitar kawat. Sensor arus menggunakan prinsip ini untuk mendeteksi arus melalui medan magnetik yang dihasilkan oleh kawat penghantar[15].

2.5.2 Sensor Tegangan

Sensor tegangan adalah sebuah perangkat elektronik yang digunakan untuk mengukur tegangan listrik pada suatu sirkuit atau perangkat. Tegangan adalah perbedaan potensial listrik antara dua titik dalam suatu sirkuit, diukur dalam satuan volt (V). Prinsip kerja sensor tegangan beroperasi berdasarkan prinsip bahwa perubahan tegangan di sirkuit akan menyebabkan perubahan pada parameter fisik tertentu, seperti resistansi, kapasitansi, atau arus listrik. Perubahan parameter ini kemudian dapat diukur dan dikonversi menjadi nilai tegangan yang sesuai[16].

2.5.3 Sensor PZEM 017

Sensor PZEM 017 adalah modul komunikasi DC multifungsi yang dapat digunakan untuk mengukur berbagai parameter listrik seperti tegangan (*Voltage*), arus (*Current*), daya (*Power*), faktor daya (*Power Factor*), dan energi listrik (*Energy*) dan biasanya menggunakan komunikasi *serial* atau protokol modbus untuk mentransmisikan data pendeteksian ke perangkat seperti arduino. Pada sensor pzem 017 dapat mendeteksi tegangan DC dengan rentang dari 6 VDC – 300 VDC dan pendeteksian arus sesuai dengan pemasangan *shunt eksternal* 50 A – 300 serta daya yang dideteksi hasil menggalikan tegangan dengan arus pada satu titik waktu tertentu[17].

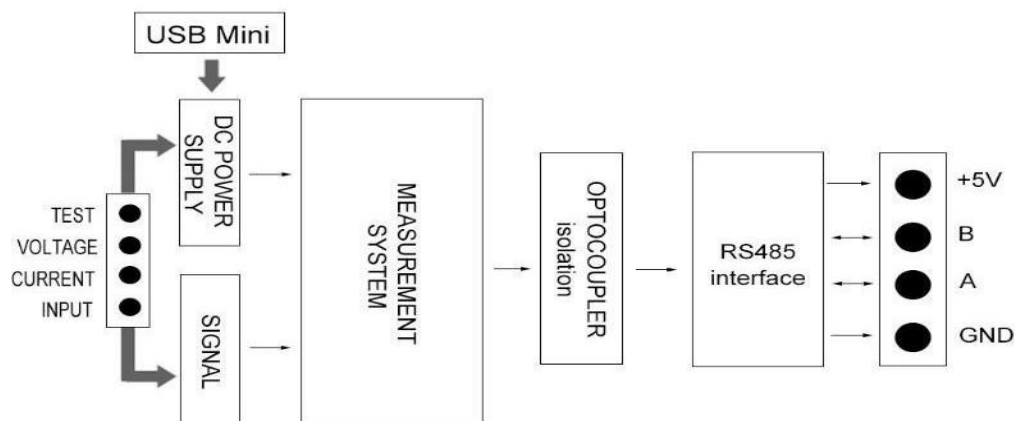


Gambar 2.11 Sensor PZEM 017

(Sumber: <https://solarduino.com/pzem-017-dc-energy-meter-with-arduino/>)

Pada tugas akhir, sensor PZEM 017 berperan sebagai sebagai *input* dalam sistem monitoring arus, tegangan dan daya pada robot security “Maarinos” untuk mendeteksi *output* tegangan, arus, daya listrik pada solar panel dan baterai. Sensor

tersebut dihubungkan ke NodeMCU menggunakan modul UART TTL to RS485. Penggunaan sensor PZEM 017 dipilih karena multifungsi dan akurat dalam pendeteksian serta dapat diandalkan dalam mengambil data tegangan, arus, dan daya listrik. Hal tersebut memungkinkan memperoleh informasi yang akurat mengenai *output* tegangan, arus dan daya solar panel dan baterai[18]. Adapun blok diagram *functional* dari sensor PZEM 017 seperti pada **Gambar 2.12**.



Gambar 2.12 Blok Diagram *Fuctional* Pzem 017

(Sumber : <https://community.home-assistant.io/t/how-to-connect-pzem-017-dcwith-nodemcu/160754>)

2.5.3.1 Spesifikasi Sensor PZEM 017

Sensor PZEM 017 memiliki spesifikasi yang dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 2.1 Spesifikasi Sensor PZEM 017

No.	Keterangan	Spesifikasi
1.	Nomor Model	PZEM 017
2.	Tipe Tampilan	Hanya Digital
3.	Rentang Pengukuran	0,02-300 A
4.	Kelas Akurasi	1,0 <i>Grade</i>
5.	Tegangan Suplai	0,05-300 VDC
6.	Suhu Operasional	- 20° C ~ +60° C
7.	Rentang Uji Tegangan	6 - 300 VDC
8.	Resolusi Tegangan	0,01 V
9.	Resolusi Arus	0,01 A

10.	Rentang Uji Daya	0,1-3 kW
11.	Resolusi Daya	0,1 W
12.	Rentang Uji Energi	0-9999 kWh
13.	Resolusi Energi	1 Wh
14.	Komunikasi	RS485 <i>Port</i> MODBUS-RTU <i>Protocol</i>

2.5.4 Komponen Pendukung Sensor PZEM 017

2.5.4.1 Resistor Shunt

Resistor *Shunt* adalah kompoenen elektronika yang berfungsi untuk menciptakan jalur resistansi rendah pada arus listrik. Fungsi utamanya adalah sebagai *ammeter* atau resistor *shunt* yang digunakan untuk mengukur arus listrik tinggi maupun rendah dengan range 0,02 A – 300A serta membuat jalur hambatan yang lebih kecil pada suatu aliran arus yang besar di dalam sirkuit elektronik. Komponen tersebut terbuat dari bahan dengan nilai koefisien *resistansi* suhu rendah sehingga dapat menghasilkan jalur resistansi yang stabil meskipun suhu lingkungan berubah-ubah. Resistor *shunt* beroperasi dengan prinsip membagi arus menjadi dua jalur, di mana sebagian kecil arus melalui resistor *shunt* dan sisanya melalui sirkuit utama (PZEM 017). Tegangan jatuh pada resistor *shunt* kemudian diukur untuk menghitung besaran arus yang mengalir melalui sirkuit. Dengan menggunakan resistor *shunt*, pendeteksian arus listrik dapat dilakukan tanpa mengganggu aliran arus secara signifikan[19].



Gambar 2.13 Resistor *Shunt*

(Sumber : <https://eepower.com/resistor-guide/resistor-applications/shunt-resistor/#>)

2.5.4.2 Modul UART TTL To RS485 Converter

Modul UART TTL TO RS485 Converter adalah sebuah modul yang berfungsi sebagai prantara antara komunikasi RS485 dan komunikasi serial (UART TTL). Modul tersebut digunakan pada mikrokontroler untuk berkomunikasi, membaca, atau memberikan perintah pada perangkat yang menggunakan RS485. Dalam komunikasi RS485 digunakan protokol komunikasi serial *asinkron* yang tidak memerlukan *pulsa clock*. Komunikasi tersebut menggunakan teknik yang disebut sinyal *diferensial* digunakan untuk mentransfer data biner dari satu perangkat ke perangkat lainnya. Teknik *diferensial* bekerja dengan menghasilkan tegangan *diferensial* menggunakan 5V positif dan negatif sehingga komunikasi yang dihasilkan *duplex* dengan dua kabel atau *full-duplex* dengan empat kabel[20].



Gambar 2.14 Modul UART TTL to RS485 Converter

(Sumber: <https://www.nyebarilmu.com/apa-itu-protokol-komunikasi-rs485/>)

RS485 converter memiliki beberapa pin yang koneksinya dapat dilihat pada

Tabel 2.2 berikut:

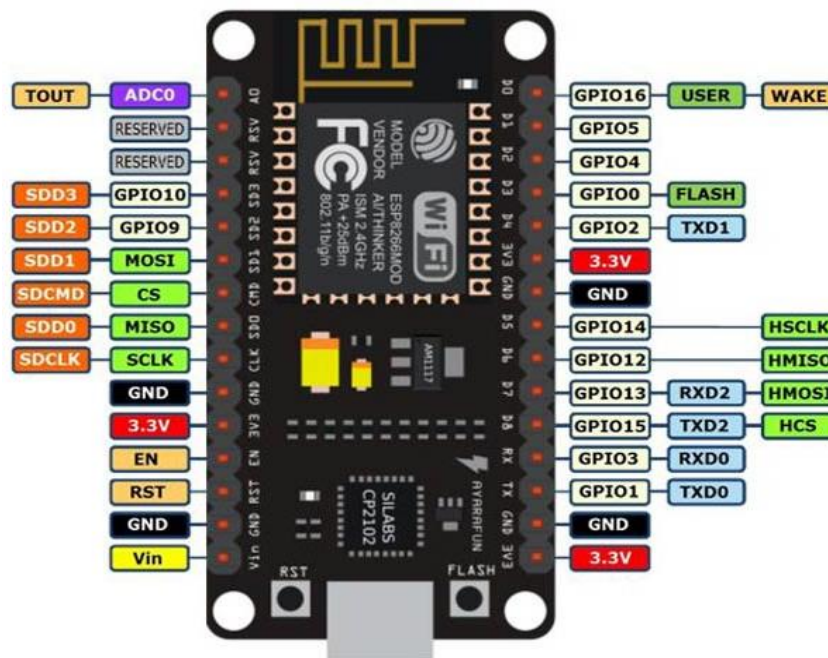
Tabel 2.2 Spesifikasi RS485 Converter

No.	Pin	Keterangan
1.	Pin RO	<i>Read Only</i> atau pin masukan baca saja
2.	Pin RE	<i>Reference Voltage</i> atau tegangan referensi
3.	Pin DE	<i>Data Enable</i> atau pin transfer data
4.	Pin DI	<i>Digital Input</i> atau pin masukan digital
5.	VCC	V+ atau tegangan
6.	B	Saluran data luar

7.	A	Saluran data dalam
8.	GND	Ground (-)

2.6 Node MCU ESP8266

Node MCU adalah sebuah mikrokontroller platform IoT yang bersifat *opensource*. Terdiri dari perangkat keras berupa System *On Chip* ESP8266 dari ESP8266 buatan Espressif System, juga *firmware* yang digunakan, yang menggunakan bahasa pemrograman scripting Lua. Dapat di analogikan Node MCU sebagai board arduino-nya ESP8266. Namun Node MCU telah me-package ESP8266 ke dalam sebuah board yang kompak dengan berbagai fitur layaknya mikrokontroler + kapabilitas akses terhadap Wifi juga chip komunikasi USB to serial[21].



Gambar 2.15 Node MCU ESP 8266

(Sumber : www.google.com)

Sehingga untuk memprogramnya hanyadiperlukan ekstensi kabel data USB persis yang digunakan sebagai kabel data dan kabel charging smartphone Android. **Gambar 2.15** menunjukkan gambar Node MCU ESP8266. Beberapa fitur dari Node MCU tersebut antara lain:

- 1) 10 Port GPIO dari D0 – D10
- 2) Fungsionalitas PWM
- 3) Antarmuka I2C dan SPI
- 4) Antarmuka 1 Wire
- 5) ADC

2.6.1 Spesifikasi Node MCU ESP8266

Node MCU ESP8266 memiliki beberapa spesifikasi yang dapat dilihat pada

Tabel 2.3 berikut :

Tabel 2.3 Spesifikasi Node MCU ESP8266

No.	Keterangan	Spesifikasi
1.	<i>Chip</i> Mikrokontroller	Node MCU ESP8266
2.	Tegangan Operasi	3.3V
3.	Tegangan <i>Input</i> (via jack DC)	7-12 V
4.	<i>Digital I/O pin output</i>	16
5.	<i>Analog Input pin</i>	1
6.	UARTs	2
7.	SPIs	1
8.	I2Cs	1
9.	USB ke Serial	CH340G
10.	Flash Memory	4MB
11.	SRAM	64 Kb
12.	<i>Clock Speed</i>	80 MHz
13.	USB Port	Micro USB
14.	USB to <i>Serial Converter</i>	CH340G

2.7 StepDown LM2596

Stepdown Lm2596 adalah sebuah modul regulator tegangan DC-to-DC yang sering digunakan untuk menurunkan tegangan listrik. Modul tersebut memiliki kemampuan mengubah tegangan *input* DC dari 3 V – 40 V menjadi tegangan *output*

DC dari 1.5 V – 35 V dan dapat mengalirkan arus listrik hingga 3 A secara stabil. Fitur penting LM2596 adalah menggunakan seri *adjustable* yang berarti tegangan *outputnya* dapat diubah-ubah sesuai kebutuhan sehingga stabil untuk digunakan di rangkaian eletronik dan mikrokontroller. Module tersebut bekerja dengan prinsip *pulse width Modulation* (PWM) yaitu pengaturan siklus sinyal PWM untuk mengendalikan tegangan *output*[22].



Gambar 2.16 StepDown LM2596

(Sumber : <http://www.jayabhaya.com/2019/06/mengenal-lm2596-modul-step-downatau.html>)

2.8 Internet of Things (IoT)

Internet of Things adalah konsep yang menggabungkan berbagai jenis perangkat elektronik dan sensor ke dalam jaringan internet, sehingga dapat saling terhubung dan berinteraksi satu sama lain. Tujuan utama dari IoT adalah untuk memungkinkan perangkat untuk saling berkomunikasi, berbagi data, dan melakukan tindakan tanpa perlu campur tangan manusia.

Contoh dari perangkat IoT yang populer termasuk *smart home devices*, seperti termostat pintar, lampu pintar, dan kamera keamanan pintar. Perangkat-perangkat ini dapat terhubung ke internet dan diatur melalui aplikasi pada smartphone atau perangkat lainnya. Misalnya, sebuah termostat pintar dapat memantau suhu di dalam rumah dan menyesuaikan suhu berdasarkan preferensi pengguna. Sebuah lampu pintar dapat diatur untuk menyalakan atau mematikan secara otomatis berdasarkan jadwal atau perintah suara[23].

Selain itu, IoT juga digunakan di bidang industri, transportasi, kesehatan, dan lainnya. Contoh lain dari IoT di industri adalah sensor yang dipasang pada mesin-mesin pabrik untuk memantau kinerja dan mencegah kerusakan, serta sistem penjadwalan otomatis untuk meminimalkan waktu berhenti produksi. Di bidang kesehatan, IoT dapat digunakan untuk memantau kondisi pasien secara real-time dan memberikan peringatan dini jika ada masalah yang terdeteksi. **Gambar 2.17** menunjukkan berbagai implementasi *Internet Of Things* contohnya pengimplementasian IoT pada rumah, industri, otomotif, medis, dan lingkungan[24].



Gambar 2.17 *Internet Of Things*

(sumber : www.e2consulting.co.id)

Dengan semakin banyaknya perangkat yang terhubung melalui IoT, kita dapat mengambil manfaat dari informasi yang terkumpul untuk meningkatkan efisiensi, produktivitas, dan kenyamanan hidup kita. Namun, dengan semakin banyaknya perangkat terhubung, kita juga harus memperhatikan keamanan dan privasi data yang terkumpul. Robot security menggunakan fitur *internet of things* (IoT) untuk memudahkan pemilik memantau keadaan robot dan lingkungan sekitar *greenhouse* secara *realtime*.

2.8.1 Prinsip Kerja *Internet of Things*

2.8.1.1 *Big Analog Data*

Data analog merepresentasikan hal-hal alamiah di dunia manusia. Contoh data analog yaitu: cahaya, suara, suhu, getaran, kecepatan, akselerasi, waktu, lokasi, dll. Hal ini merupakan data tertua, tercepat dan terbesar daripada jenis big data lain

terutama data digital. Maka dari itu, data analog harus mendapat perlakuan spesial daripada data digital[25].

2.8.1.2 Prepetual Connectivity

Internet of things akan selalu terhubung dan selalu aktif selama terkoneksi dengan internet. Jadi, perangkat akan terhubung dengan internet secara terus menerus. Dengan demikian, *user* bisa memonitor informasi *realtime* secara berkelanjutan dan *maintenance* perangkat untuk optimasi sesuai kebutuhan. Selain itu, perusahaan bisa mendapat keuntungan dari adanya konektivitas konstan dan berkelanjutan dengan konsumen. Dari situ, perusahaan bisa mendapat *insight* marketing untuk memotivasi konsumen melakukan pembelian[26].

2.8.1.3 Really Real Time

Real time pada konsep *internet of things* tidak bekerja seperti hal lain. *Real time* pada konsep ini bahkan bukan pada saat data mengenai *switch* jaringan atau sistem komputer. *Internet of things* mengusung konsep *really real time* yang mulai beroperasi sejak sensor memperoleh data. Contohnya untuk alat pencegah kebakaran. Anda tentu butuh informasi secepat mungkin sebelum api melahap habis rumah Anda. Maka dari itu, alat akan bekerja dalam sepersekian detik setelah sensor asap dan sensor suhu mendeteksi adanya kobaran api. Bayangkan jika harus menunggu data dikirim ke *cloud* atau pusat data. Rumah Anda pasti tinggal puing-puing[27].

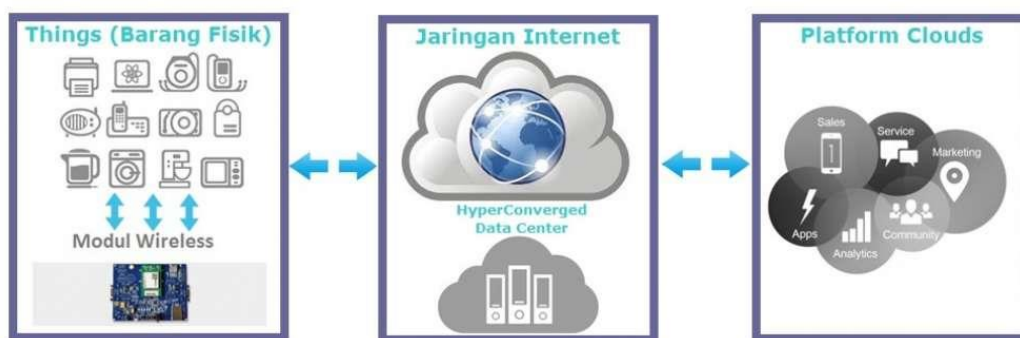
2.8.1.4 The Spectrum of insight

Spectrum of Insight berasal dari data IoT. Data tersebut termasuk dalam 5 fase data *flow*, yaitu: *real time*, *in motion* atau bergerak, *early life* atau awal mula menyala, *at rest* atau saat istirahat, dan arsip. *Spectrum of insight* mencakup data *real time* untuk menentukan respon langsung pada sistem kontrol. Selain itu, data yang masuk arsip (pusat data), jadi *insight* penting untuk melakukan analisis perbandingan dengan data bergerak yang lebih baru[28].

2.8.1.5 *Immediacy Versus Depth*

Dalam konsep ini, “*Time-to-Insight*” sangatlah penting. Artinya, analisis data yang bernilai atau memiliki *value* untuk mendukung pengambilan keputusan. Prinsip *immediacy versus depth* artinya menukar kedalaman informasi dengan kecepatan *time-to-insight*. Dengan adanya komputer dan solusi *internet of things*, Anda sudah bisa mendapatkan *Time-to-Insight* pada saat analitik dasar[29].

2.8.2 Unsur-unsur *Internet of Things*



Gambar 2.18 Unsur-unsur IoT

(sumber : <http://www.myspsolution.com>)

Internet of things terdiri dari beberapa unsur yang saling terkait untuk memungkinkan perangkat yang terhubung untuk berkomunikasi dan berinteraksi dengan lingkungan sekitarnya dan internet. **Gambar 2.18** menunjukkan unsur-unsur dari *Internet Of Things*. Berikut adalah beberapa unsur IoT dan contoh serta deskripsinya[30].

2.8.2.1 Sensor

Sensor adalah komponen yang digunakan untuk mengukur dan mendeteksi perubahan lingkungan dan memberikan data yang akurat pada perangkat IoT. Contohnya thermometer digital yang dapat mengukur suhu atau sensor gerak yang dapat mendeteksi gerakan[31].

2.8.2.2 Aktuator

Aktuator adalah perangkat yang dapat menerjemahkan sinyal dari perangkat IoT menjadi tindakan nyata dalam dunia fisik. Contohnya adalah aktuator pintu otomatis yang dapat membuka atau menutup pintu secara otomatis[32].

2.8.2.3 Gateway

Gateway merupakan perangkat yang berfungsi sebagai titik penghubung antara perangkat IoT dan internet. *Gateway* dapat membantu dalam pengiriman data antara perangkat IoT dan platform IoT yang terpusat[33].

2.8.2.4 Platform IoT

Platform IoT adalah perangkat lunak atau infrastruktur yang memungkinkan untuk mengumpulkan, menyimpan, menganalisis, dan memvisualisasikan data yang dihasilkan oleh perangkat IoT. Contoh platform IoT adalah *Amazon Web Services* (AWS) atau *Google Cloud Platform* (GCP), *Thingsboard*, dsb[34].

2.8.2.5 Cloud

Cloud adalah tempat penyimpanan data dan aplikasi yang dapat diakses melalui internet. Cloud digunakan dalam IoT untuk menyimpan data dari perangkat IoT yang terhubung dan memungkinkan akses ke data dari mana saja[35].

2.8.2.6 Protokol

Protokol adalah bahasa yang digunakan untuk memungkinkan perangkat IoT berkomunikasi dengan perangkat IoT lain dan platform IoT. Beberapa contoh protokol IoT termasuk MQTT, HTTP, dan CoAP[36].

2.8.2.7 API

API (*Application Programming Interface*) memungkinkan perangkat IoT dan platform IoT untuk berkomunikasi dengan aplikasi lain melalui antarmuka yang telah ditentukan. API dapat membantu dalam menghubungkan aplikasi dengan perangkat IoT untuk memperoleh data secara *real-time*[37].

2.8.2.8 User Interface

Unsur ini berperan sebagai *controller*. Selain itu, perangkat *UI* juga berfungsi untuk memberikan informasi pada Anda sebagai *user*. Perangkat *UI* bisa terpasang jadi satu dengan barang, bisa juga terpisah. Perangkat *UI* juga bisa menggunakan *smartphone* dengan perantara suatu aplikasi[38].

2.9 Aplikasi Thingsboard

Aplikasi *Thingsboard* adalah platform *Internet of Things* (IoT) yang bersifat *open source*. *Thingsboard* ini adalah web server yang dapat dipergunakan untuk platform visualisasi data berbasis website, pengumpulan data, dan *management device*[39]. Pembacaan data oleh sensor lalu dikirimkan ke web server *Thingsboard*. **Gambar 2.19** menunjukkan gambar aplikasi Thingsboard.

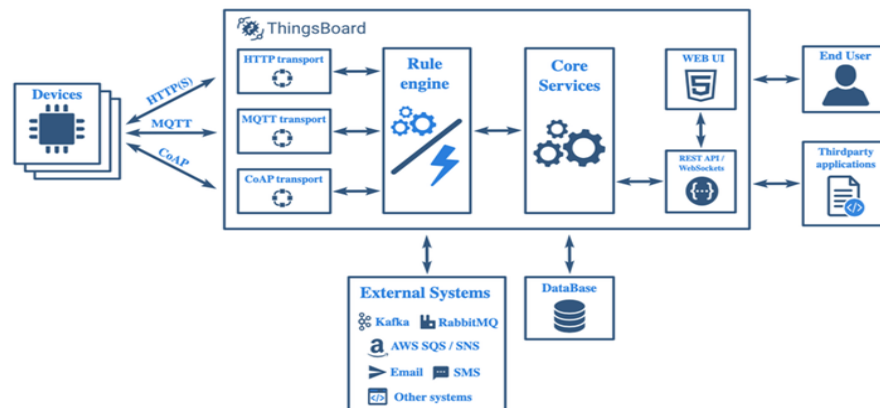


Gambar 2.19 Thingsboard

(sumber: <https://github.com/thingsboard/thingsboard>)

2.9.1 Cara Kerja Thingsboard[40]

Thingsboard adalah platform *open-source* untuk *Internet of Things* (IoT) yang digunakan untuk mengumpulkan, menganalisis, dan memvisualisasikan data dari perangkat IoT. **Gambar 2.20** menunjukkan proses komunikasi IoT menggunakan aplikasi *Thingsboard*.



Gambar 2.20 Proses Komunikasi *Thingsboard*

(sumber: google.com)

Adapun Cara kerja *Thingsboard* secara umum terdiri dari beberapa langkah sebagai berikut.

2.9.1.1 Pemasangan dan konfigurasi

Pengguna harus mengunduh dan memasang platform *Thingsboard* pada *server* atau *cloud*. Setelah itu, pengguna harus mengkonfigurasi platform dengan informasi kredensial dan menghubungkannya ke perangkat IoT yang ingin dipantau.

2.9.1.2 Pengumpulan Data

Setelah terhubung dengan perangkat IoT, platform *Thingsboard* akan mengumpulkan data dari perangkat dan menyimpannya di dalam database.

2.9.1.3 Analisis Data

Data yang dikumpulkan dari perangkat IoT dapat dianalisis menggunakan fitur analisis data yang tersedia di platform *Thingsboard*. Pengguna dapat memilih untuk menganalisis data secara real-time atau dengan mengatur jadwal analisis.

2.9.1.4 Visualisasi Data

Setelah data dianalisis, pengguna dapat memvisualisasikan data dalam bentuk grafik, tabel, atau *dashboard*. Pengguna dapat menyesuaikan tampilan dashboard sesuai dengan kebutuhan dan preferensi mereka.

2.9.2 Komponen *Thingsboard*[41]

2.9.2.1 *Thingsboard Server*

Thingsboard Server adalah komponen utama dalam *Thingsboard*. Server ini menyimpan dan mengolah data yang dikirim oleh perangkat IoT dan membuatnya tersedia untuk dilihat oleh pengguna. Contohnya, ketika sebuah sensor suhu mengirim data suhu yang terbaca di suatu wilayah, *Thingsboard Server* akan menerima data tersebut dan menyimpannya ke dalam *database*.

2.9.2.2 *Thingsboard Rule Engine*

Thingsboard Rule Engine memungkinkan pengguna untuk membuat aturan yang kompleks untuk memproses data yang dikirim oleh perangkat IoT. Contohnya, jika suhu di sebuah wilayah melebihi batas tertentu, maka sistem akan mengirimkan notifikasi ke pengguna untuk memberi tahu bahwa suhu telah melebihi batas.

2.9.2.3 *Thingsboard Dashboard*

Thingsboard Dashboard adalah antarmuka pengguna yang memungkinkan pengguna untuk memantau dan mengontrol perangkat IoT. *Dashboard* dapat menampilkan data dalam bentuk grafik atau tabel yang mudah dibaca. Contohnya, sebuah *dashboard* dapat menampilkan suhu, kelembaban, dan tekanan udara dalam satu tampilan yang mudah dipahami oleh pengguna.

2.9.2.4 *Thingsboard Widget*

Thingsboard Widget adalah elemen-elemen yang dapat ditambahkan ke dalam dashboard untuk menampilkan data secara *visual*. *Widget* dapat berupa grafik, tabel, atau elemen visual lainnya. Contohnya, sebuah widget dapat menampilkan data suhu dalam bentuk grafik garis.

2.9.2.5 Thingsboard Device

Thingsboard Device adalah perangkat IoT yang terhubung ke platform Thingsboard. Device dapat berupa sensor, aktuator, atau perangkat lainnya. Contohnya, sebuah sensor suhu dapat dianggap sebagai *Thingsboard Device*.

2.9.2.6 Thingsboard API

Thingsboard API memungkinkan pengguna untuk mengakses data dan fungsi-fungsi dari platform *Thingsboard* secara programatik. *API* ini memungkinkan pengguna untuk mengintegrasikan *Thingsboard* dengan aplikasi lain atau mengotomatiskan tugas-tugas tertentu. Contohnya, pengguna dapat menggunakan *API* untuk mengirimkan data dari *Thingsboard* ke sistem lain untuk analisis lebih lanjut.

2.9.2.7 Thingsboard Extension

Thingsboard Extension adalah *plugin* atau modul yang dapat digunakan untuk memperluas fungsionalitas dari platform *Thingsboard*. *Extension* dapat berupa fitur baru atau integrasi dengan sistem lain. Contohnya, sebuah *extension* dapat menambahkan fitur prediksi suhu berdasarkan data historis yang telah dikumpulkan oleh *Thingsboard*.

2.10 Penelitian Terdahulu

Dalam melakukan penelitian ini, tidak terlepas dari penelitian-penelitian yang telah dilakukan sebelumnya sebagai bahan referensi dan perbandingan. Hasil dari penelitian yang dijadikan referensi serta perbandingan pada laporan Tugas Akhir ini tentunya tidak terlepas dari topik yang akan dibahas. Berikut merupakan penelitian terdahulu yang menjadi referensi penulis dapat dilihat pada **Tabel 2.4**.

Tabel 2.4 Penelitian Terdahulu Yang Terkait

No	Nama Peneliti dan Judul Penelitian	Tahun	Alasan menjadi Tinjauan Penelitian	Perbedaan Penelitian
1.	Muhammad Rafly: IOT Monitoring Output PV Pada Sistem Sumber Daya Energi Untuk Rumah Kaca	2022	Karena memiliki kesamaan dalam memonitoring output dari panel surya menggunakan IoT	Pada penelitian ini Output dari PV sebagai sumber daya energy untuk rumah kaca, sedangkan penelitian penulis output PV sebagai sumber daya energy pada Robot <i>Security</i> “Maarinos
2.	Muhammad Budiono : Rancang Bangun Robot Penyemprotan Pesticida Otonom Dengan Sistem <i>Wall Follower</i> pada penyemprotan Tanaman Cabai	2021	Karena memiliki kesamaan dalam metode gerak robot yaitu <i>wall follower</i> (mengikuti dinding/objek)	Pada penelitian ini robot mobile <i>wall follower</i> digunakan sebagai penyemprot pestisida.
3.	Yusril Izza : Mobile Robot	2018	Karena memiliki kesamaan dalam	Pada penelitian ini tidak

	Bertenaga Surya Untuk Pemetaan Konsentrasi Gas		penggunaan dari panel surya untuk mengisi baterai sebagai sumber daya pada robot mobile.	menggunakan sensor arus, dan tegangan tambahan, langsung dari pembacaan <i>Solar Cell Controller</i> untuk mengetahui data charging baterai dari Panel Surya pada robot.
--	--	--	--	--