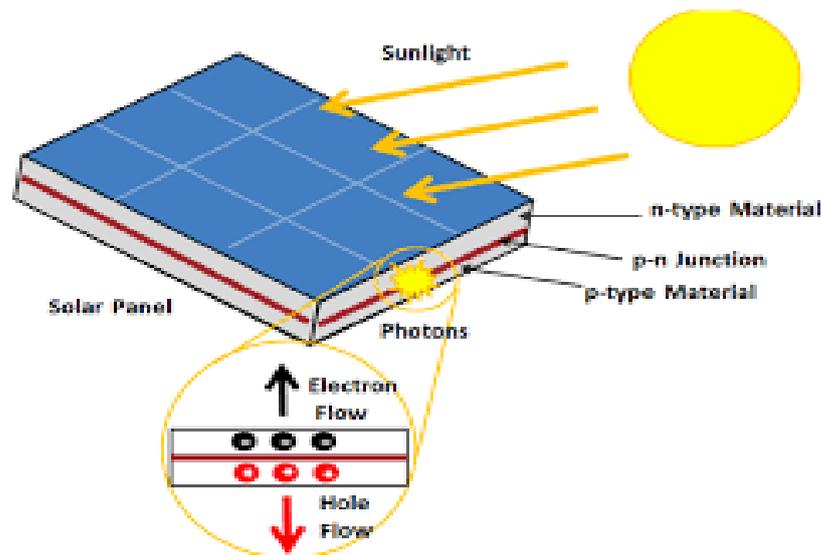


BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

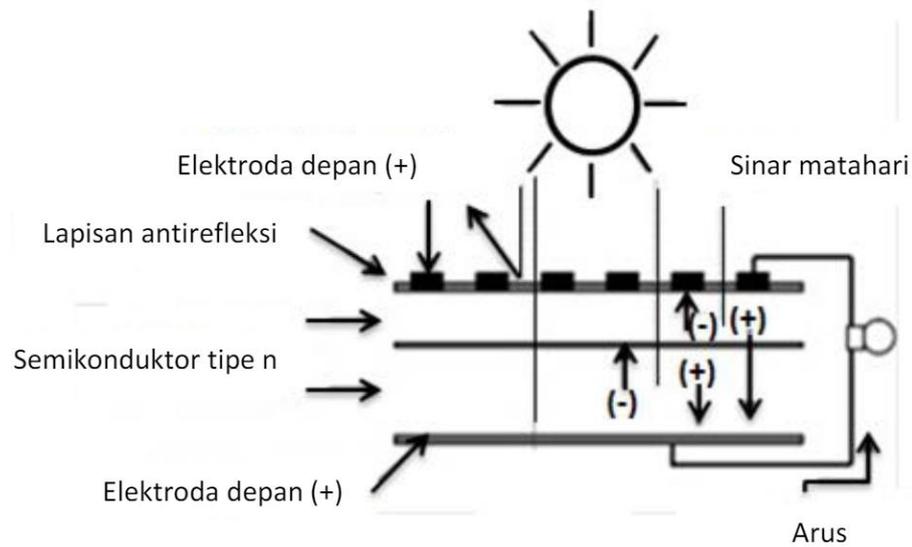
2.1 Sel Surya (*solar cell*)

Pembangkit listrik tenaga surya (PLTS) adalah sebuah pembangkit yang mengandalkan matahari sebagai sumber utamanya, cara kerja sel surya ini dengan mengubah secara langsung radiasi dari matahari menjadi daya listrik. Berikut adalah contoh *solar cell* yang dapat dilihat pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1 Prinsip kerja solar cell [15]

Gambar 2.1 merupakan contoh sel surya yang dapat menghasilkan energi listrik dalam jumlah yang tidak terbatas, sumber utamanya yang diambil dari radiasi matahari tanpa adanya perantara. Sehingga sistem pada sel surya dikatakan ramah lingkungan dan juga bersih [15]. Berikut adalah diagram potongan sel surya yang dapat dilihat pada Gambar 2.2.



Gambar 2.2 Skema Potongan *Solar cell*

Gambar 2.2 adalah sebuah proses dari efek *photovoltaic*. Prinsip kerja sel surya ketika radiasi matahari yang terdiri dari foton-foton yang jatuh pada permukaan bahan sel surya (*absorber*), foton yang memiliki tingkat tinggi yang mampu membebaskan electron dari ikatan atomnya, sehingga dapat mengalirkan arus listrik. Tingkat energi ini disebut *band-gap* yang memiliki definisi sebagai jumlah energi elektron menjadi pembawa n dan meninggalkan *hole* pembawa p. Pembawa p akan bergerak menuju persambungan, demikian pula dengan pembawa n akan bergerak ke persambungan, perpindahan tersebut akan menghasilkan beda potensial [16].

2.2 Indikator Kinerja PV

Sumber energi dari PV dapat lebih bersaing dengan sumber energi yang lain, maka harus terus diupayakan peningkatan pada efisiensinya. Salah satu besaran yang menjadi parameter untuk menentukan kinerja dari PV adalah faktor pengisian atau yang biasa disebut dengan *fill factor* (FF). *Fill factor* merupakan besaran satuan yang mampu untuk membandingkan daya maksimal dari PV terhadap perkalian antara V_{oc} dan I_{sc} [17].

Untuk menentukan nilai daya yang dihasilkan, langkah pertama yang harus dilakukan adalah mengetahui daya yang diterima (*input*), daya tersebut merupakan hasil dari perkalian dari intensitas radiasi matahari yang diterima pada luas modul

surya. Berikut adalah persamaan daya dengan *irradiance* yang dapat dilihat pada persamaan dibawah ini [18]:

$$P_{in} = I_r \times A \quad (2.1)$$

Keterangan:

P_{in} : Daya *input* dari *irradiance* matahari (*Watt*)

I_r : Intensitas radiasi matahari (*Watt/m²*)

A : Luasan area Permukaan PV Modul (*m²*)

Besarnya daya PV modul (P_{out}) adalah perkalian tegangan rangkaian terbuka (V_{oc}), Aruh hubung singkat (I_{sc}), dan juga FF yang dihasilkan oleh *photovoltaic cell*. Berikut adalah penentuan daya maksimal pada persamaan dibawah ini [19]:

$$P_{out} = V_{oc} \cdot I_{sc} \cdot FF \quad (2.2)$$

Keterangan:

P_{out} : Daya maksimal (*Watt*)

V_{oc} : *Open circuit voltage* (V)

I_{sc} : *Short circuit current* (A)

FF : *Fill factor* (%)

Berikut adalah perhitungan untuk menentukan *fill factor* agar besaran *output* daya solar sel (P_{out}) dapat ditentukan pada persamaan dibawah [19]:

$$FF = \frac{V_{mpp} \cdot I_{mpp}}{V_{oc} \cdot I_{sc}} \quad (2.3)$$

Keterangan:

FF : *Fill factor* (%)

V_{mpp} : *Optimum operating voltage* (V)

I_{mpp} : *Optimum operating current* (A)

V_{oc} : *Open circuit voltage* (V)

I_{sc} : *Short circuit current* (A)

Efisiensi pada sel surya merupakan perbandingan daya yang dapat dibangkitkan oleh sel surya dengan energi *input* yang diperoleh dari *irradiance* matahari. Efisiensi sel surya pula merupakan rasio *output* listrik dari sel surya untuk

jumlah energi yang terkesan ada dalam suatu permukaan pada jarak tertentu dari sumber dalam bentuk sinar matahari [20].

Iradiasi *photovoltaic cell* diperoleh dari radiasi sinar matahari di luar atmosfer bumi dihitung dengan menggunakan rapat daya pancaran di permukaan matahari, jari-jari matahari, dan jarak antara matahari dan bumi. Hasil perhitungan iradiasi matahari diperoleh dari persamaan dibawah ini [20]:

$$I_{total} = \frac{P}{A} = e\sigma T^4 \quad (2.4)$$

Keterangan:

P : Daya Radiasi (W = J/s)

A : Luas Penampang (m^2)

σ : Konstanta Stefan Boltzmann ($5,67 \times 10^{-8} \text{ W/m}^2\text{k}^4$)

e : Emisivitas

T : Suhu (K)

2.3 Penyebab Kerusakan Pada Modul PV

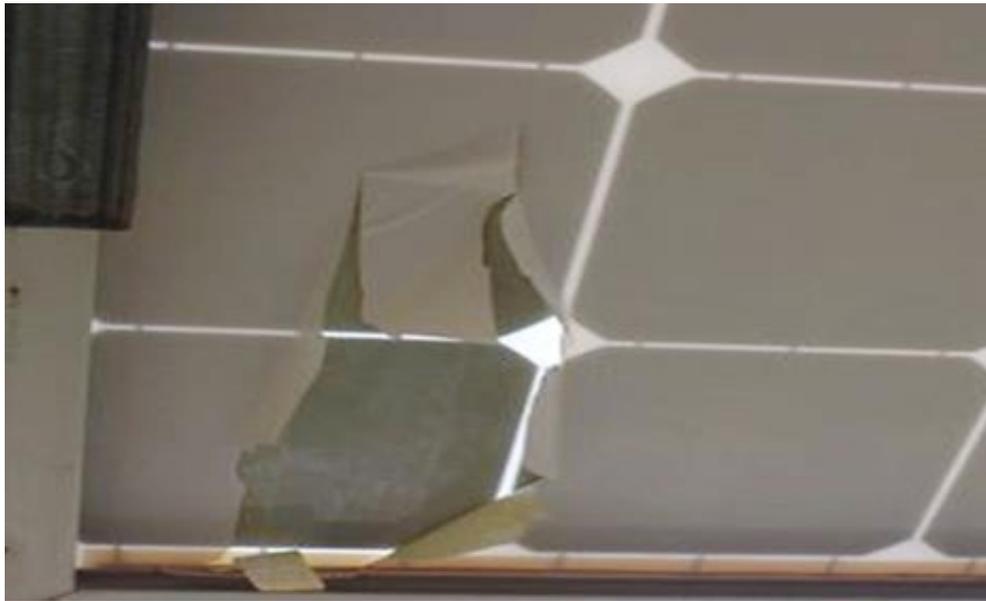
Kerusakan atau kecacatan yang terdapat pada PV modul bisa disebabkan oleh beberapa faktor, Kecacatan terkait dengan bagaimana modul hubungan dengan sistem PV dan juga kecacatan yang disebabkan pengemasan yang biasanya terjadi pada berbagai modul PV. Kerusakan pada modul PV dapat disebabkan oleh delaminasi, *hot spot fault*, kegagalan kontak sambungan, dan *snail track* [12].

Kerusakan juga dapat terjadi dikarenakan lingkungan sekitar dimana PV yang dipasang, kerusakan juga bisa disebabkan seperti lingkungan sekitar yang terlalu panas, cuaca yang tidak stabil, bersalju, gempa bumi, angin topan, dan masih banyak lagi yang dapat menyebabkan kerusakan pada PV karena lingkungan serta bencana alam [21]. Berikut *deterioration* pada kondisi fisik panel surya yang telah beroperasi dalam jangka waktu yang lama

2.3.1 Delaminasi (*Delamination*)

Delaminasi adalah sebuah kesalahan pada modul PV karena terjadinya pengelupasan pada lapisan enkapsulasi yang terletak pada panel surya. Delaminasi dapat mengakibatkan penurunan produksi listrik, berkurangnya panel surya dalam melakukan penyerapan sinar matahari, dan dapat memicu terjadinya *hot spot* [12].

Berikut adalah delaminasi yang terjadi pada panel surya dapat dilihat pada gambar 2.3

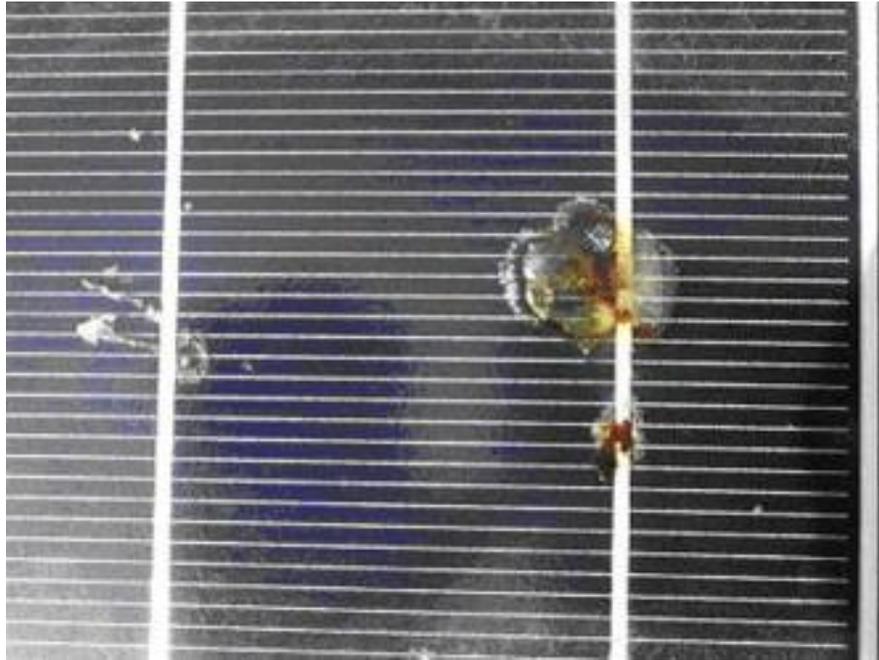


Gambar 2.3 *Delamination* pada Panel Surya [12]

Gambar 2.2 merupakan jenis kerusakan delaminasi yang terjadi pada panel surya, kerusakan ini dapat terjadi karena kualitas dari perekat yang terdapat pada panel surya kurang baik. Kerusakan delaminasi juga dapat terjadi karena panel surya selalu terkena sinar matahari yang cukup tinggi dan perubahan suhu signifikan yang terjadi [12].

2.3.2 Hot spot

Hot spot adalah tempat di panel surya yang mengalami kelebihan beban yang mengakibatkan titik panas di panel tersebut. Pada umumnya jika panel surya mengalami *hot spot* pelepasan panas pada sel cenderung akan meningkat yang diakibatkan karena perbedaan pencahayaan pada sel surya tersebut. Berikut adalah *hotspot* yang terjadi pada panel surya dapat dilihat pada gambar 2.4

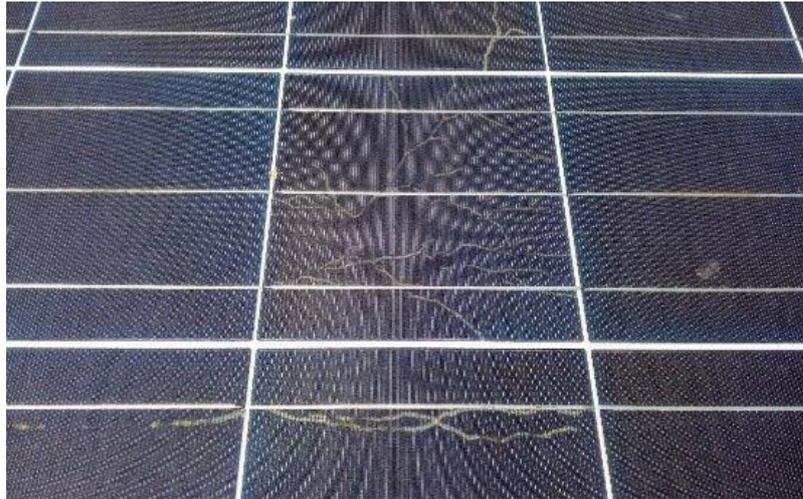


Gambar 2.4 *Hotspot* pada panel surya [21]

Gambar 2.4 merupakan *hot spot* yang terjadi pada panel surya. Efek dari *hot spot* yang terjadi dalam jangka waktu yang lama dapat mengakibatkan adanya bekas terbakar yang merusak sel surya dan pada akhirnya dapat mengakibatkan *short circuit* dan paling fatal adalah kebakaran [21].

2.3.3 *Snail track*

Snail track ini terjadi ketika panel surya telah digunakan dalam jangka waktu yang cukup lama. *Snail track* pada umumnya terjadi karena terjadinya *crack* pada pelat perak pada panel yang mengakibatkan terjadi pelepasan material pelat dan *ethylene vinyl acetate* (EVA) [21]. Berikut adalah *snail track* yang terjadi pada panel surya dapat dilihat pada gambar 2.5



Gambar 2.5 *Snail Track* pada Panel Surya

Gambar 2.5 merupakan kerusakan dengan jenis *snail track*, efek yang disebabkan oleh kerusakan ini adalah penurunan pada performa panel surya dari *output* yang mampu dihasilkan sehingga efisiensi menurun pada saat panel surya digunakan dengan jangka waktu yang cukup lama [21].

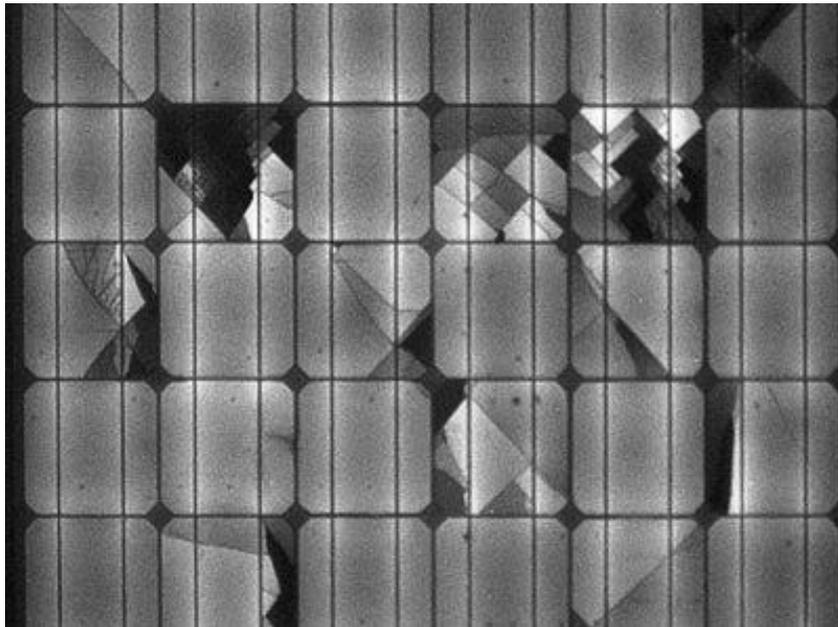
2.4 Variasi Pendeteksian Kerusakan PV

Metode pendeteksian kecacatan PV terdapat berbagai macam antara lain yaitu *Electroluminescence*, *IR thermography*, dan *integrated magnetic sensor*. Dalam pendeteksian kerusakan pada PV masing-masing memiliki kelebihan seperti menggunakan metode *integrated magnetic sensor* keuntungan yang diberikan seperti dapat mendeteksi jenis kerusakan yang berbeda, pengukuran bisa dilakukan secara langsung serta dapat mendeteksi kerusakan yang tidak kasat mata.

2.4.1. *Electroluminescence*

Electroluminescence adalah metode yang digunakan untuk mendeteksi kerusakan pada *Photovoltaic Cell* yang memiliki pencitraan pada resolusi yang jauh lebih tinggi dan dapat mengidentifikasi retakan mikro pada *Photovoltaic Cell*. *Electroluminescence* adalah salah satu teknik karakterisasi sel yang banyak digunakan, yang melibatkan pencitraan radiasi dari infra merah yang dipancarkan *photovoltaic cell* pada saat kondisi *forward bias* [22]. Berikut adalah hasil

pendeteksian kerusakan modul surya menggunakan metode *Electroluminescence* yang terjadi pada panel surya dapat dilihat pada gambar 2.6

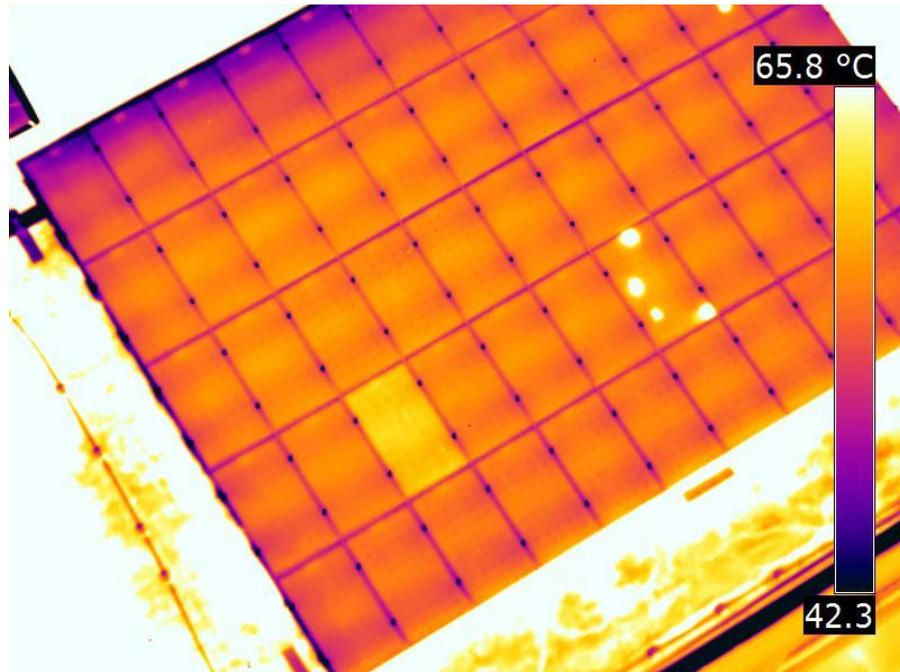


Gambar 2.6 Hasil pendeteksian menggunakan *Electroluminescence* [22].

Gambar 2.6 merupakan hasil pendeteksian kerusakan modul surya menggunakan metode *Electroluminescence*. Hasil pendeteksian menggunakan metode ini dapat menampilkan dimana letak kerusakan pada modul surya melalui hasil gambar. *Crack* pada modul surya ada beberapa jenis seperti *micro crack*, *dendritic crack*, *several direction* dan *cross crack* [22].

2.4.2. IR Thermography

Infra Red Thermography adalah sistem *preventive* yang memiliki sifat NDT (*Non Destructive Test*) dengan menggunakan media kamera Infra merah untuk memeriksa khususnya peralatan listrik (*Electrical*) [23]. Metode *Infra Red* digunakan untuk mendeteksi kerusakan pada PV dengan melihat perubahan *abnormal* yang muncul pada gambar secara visual atau *thermal* dengan menggunakan teknik pemrosesan gambar. Metode ini dapat memberikan kesimpulan bahwa kerusakan pada PV akan mengganggu aliran listrik di panel PV dan akibatnya menunjukkan perubahan suhu yang tidak normal [24]. Berikut adalah hasil pendeteksian kerusakan modul surya menggunakan metode *Electroluminescence* yang terjadi pada panel surya dapat dilihat pada gambar 2.7

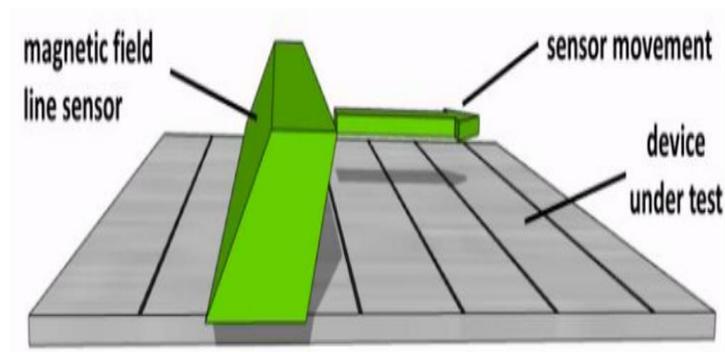


Gambar 2.7 Hasil pendeteksian menggunakan *IR Thermography* [24]

Gambar 2.7 merupakan hasil pendeteksian kerusakan pada modul surya menggunakan metode *Infra Red Thermography*. *IR Thermography* dapat melakukan pengukuran radiasi yang terpancar dari permukaan modul surya, metode ini dapat melakukan pendeteksian pada *string* modul surya karena pada umumnya kerusakan pada modul surya berdampak pada *thermal* nya [24].

2.4.3. *Integrated Magnetic Sensor*

Integrated Magnetic Sensor adalah sebuah pendeteksian kerusakan pada PV, metode ini masih terbilang baru untuk mendeteksi adanya kerusakan pada PV. Dengan menggunakan sensor khusus yang dilambangkan dengan satuan medan magnet (β), adapun dalam saat pengukuran sensor magnet memiliki tiga sumbu pengukuran ($\beta_x, \beta_y, \beta_z$). Metode ini dilakukan dengan cara meletakkan sensor diatas *busbar* pada PV setelah itu sensor akan memindai kekuatan dari medan magnet yang terdapat pada *busbar* [25]. Berikut adalah proses pendeteksian yang dilakukan dapat dilihat pada Gambar 2.8

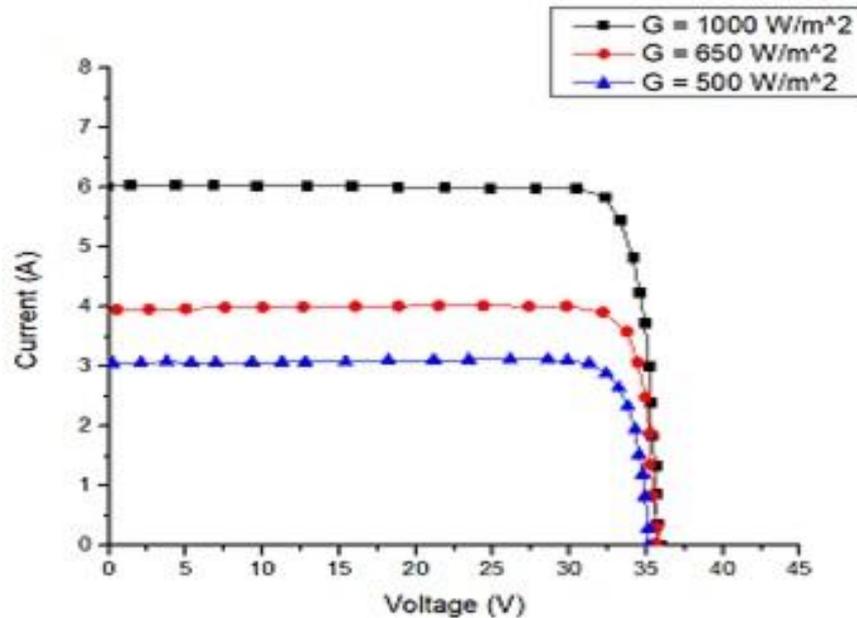


Gambar 2.8 Skema pemindaian *Busbar* pada PV [26]

Gambar 2.8 merupakan penjelasan cara pengukuran menggunakan *magnetic* sensor untuk mengetahui kekuatan medan magnet dari *busbar* PV. Dengan menggunakan metode ini ada beberapa keuntungan yang didapatkan diantaranya adalah dapat mengurangi biaya perawatan pada PV, serta dapat mendeteksi kesalahan yang tak kasat oleh mata [26].

2.4.4 I-V Curve

Kurva arus (I) dan tegangan (V) merupakan salah satu metode dari umum yang digunakan untuk pendeteksian kerusakan pada modul surya. Hubungan antara arus (I) dan tegangan (V) yang menjadi 2 paramater utama dalam menentukan kualitas dari modul surya [25]. Berikut adalah hasil pendeteksian kerusakan modul surya menggunakan metode *I-V curve* yang terjadi pada panel surya dapat dilihat pada gambar 2.9



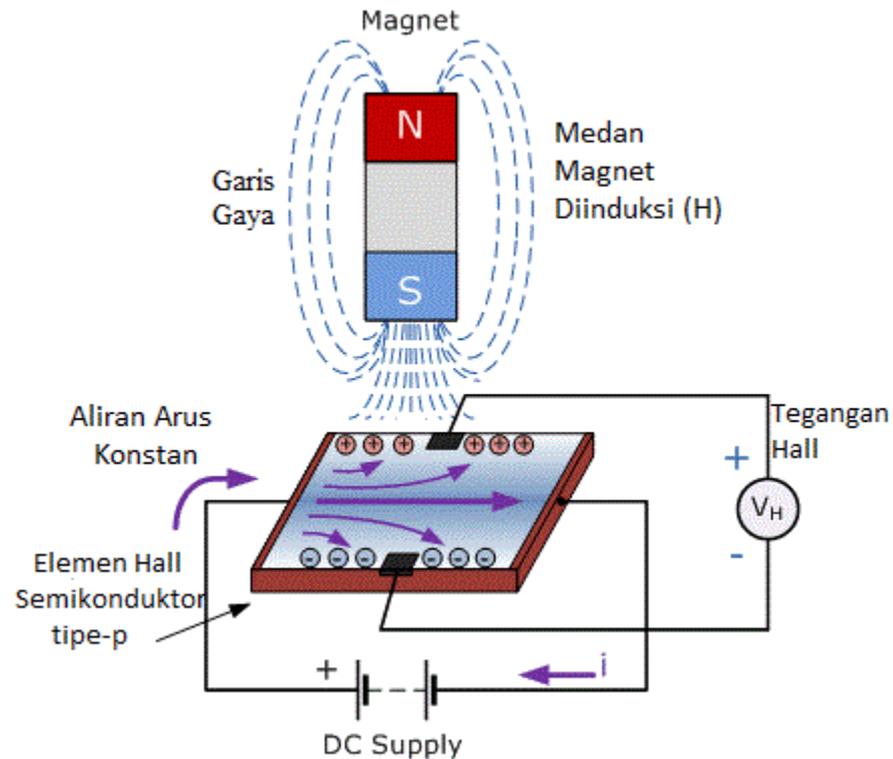
Gambar 2.9 Grafik perbandingan menggunakan metode I-V *curve*

Gambar 2.9 merupakan hasil dari perbandingan Arus (I) dan tegangan (V) pada modul surya, kurva hasil dari pengukuran terhadap modul surya dapat membantu mengidentifikasi modul surya tersebut dalam kondisi normal atau mengalami kerusakan. Bentuk *output* pada kurva dapat berubah-ubah pada intensitas dan *temperature* tertentu [26].

2.5 Penerapan *Hall-Effect* Untuk Pendeteksian Kerusakan Sel Surya

Pada tahun 1879, E. H. *Hall* mengamati fenomena medan magnet yang mengalir pada sebuah plat konduktor tipis apabila diberi arus secara tegak lurus pada sebuah plat konduktor. Peristiwa yang diamati adalah timbulnya perbedaan tegangan yang terjadi pada sebuah plat konduktor, dimana terdapat nilai perbedaan tegangan yang berbanding lurus dengan plat konduktor yang dialiri arus listrik [27].

Peristiwa ini di sebut dengan *Hall-effect* atau biasa disebut dengan *Galvanomagnetic*, *Galvanomagnetic* adalah jika terdapat arus listrik yang mengalir pada sebuah pelat logam atau semikonduktor. Ketika terdapat medan magnet yang diterapkan, maka akan muncul gaya yang dikenal sebagai gaya *Lorentz*. Gaya ini tegak lurus terhadap arah arus dan arah medan magnet [28]. Prinsip kerja *hall effect* dapat dilihat pada gambar 2.10



Gambar 2.10 Prinsip kerja *Hall-effect* [28]

Gambar 2.10 menjelaskan prinsip kerja dari *Hall-effect* apabila terdapat beda potensial yang terjadi maka akan memiliki persamaan terhadap kuat medan magnet dan besar arus listrik yang melewati plat, Magnet yang terdeteksi ini diubah menjadi tegangan listrik oleh rangkaian di dalam IC, dimana perubahan magnet berbanding lurus dengan perubahan arus *input* [29].

2.5.1. Fluks Medan Magnet

Fluks magnetik adalah kondisi dimana sejumlah garis yang memiliki kuat medan magnetik tertentu menembus suatu luas permukaan tertentu. Timbulnya medan magnetik bisa disebabkan oleh beberapa akibat, seperti adanya arus listrik yang mengalir pada sebuah konduktor ataupun adanya radiasi dari suatu benda magnetik. Gejala fluks magnetik diamati dengan mengukur jumlah induksi medan magnetik yang menembus suatu luas permukaan tertentu [30].

Fluks magnetik di lambangkan dengan (β) memiliki definisi sebagai kuat medan magnetik atau biasa disebut dengan induksi magnet. Fluks magnet memiliki persamaan dibawah ini :

$$\Phi = \beta \cdot A \quad (2.4)$$

Keterangan:

- Φ : Fluks Magnetik (Wb)
 β : Medan Magnet (T)
 A : Luas Penampang (m)

Apabila terdapat medan magnet dengan jumlah garis gaya tertentu yang dapat menembus permukaan suatu luas tertentu, hal ini bergantung pada kuat medan magnet dan sudut antara medan magnet dengan vektor permukaan. Fluks magnet dapat diukur dengan cara mengukur jumlah garis gaya yang menembus suatu permukaan sebuah medan magnet [31].

2.5.2. Persamaan *Bio-Savart*

Jika sebuah kawat konduktor yang dialiri arus listrik maka terdapat muatan yang bergerak, muatan tersebut akan menciptakan medan magnet yang kemudian akan memberikan sebuah gaya pada muatan bergerak yang lainnya. Karena muatan tersebut bergerak dan menghasilkan medan magnet, medan magnet yang dihasilkan dari muatan yang terdapat pada kawat konduktor yang dialiri arus listrik berbanding lurus dengan arus listrik dan berbanding lurus dengan panjang kawat konduktor tersebut [32].

Arah dan kuat medan magnetik dapat juga dinyatakan oleh garis gaya magnetik, gaya tersebut yang dialami kutub magnet karena pengaruh arus listrik disekitar kawat konduktor yang berarus listrik yang disebut persamaan *Bio-Savart*. Hukum *Bio-savart* memiliki persamaan dibawah ini:

$$\beta = \frac{\mu_0 I}{2\pi a} \quad (2.5)$$

Keterangan:

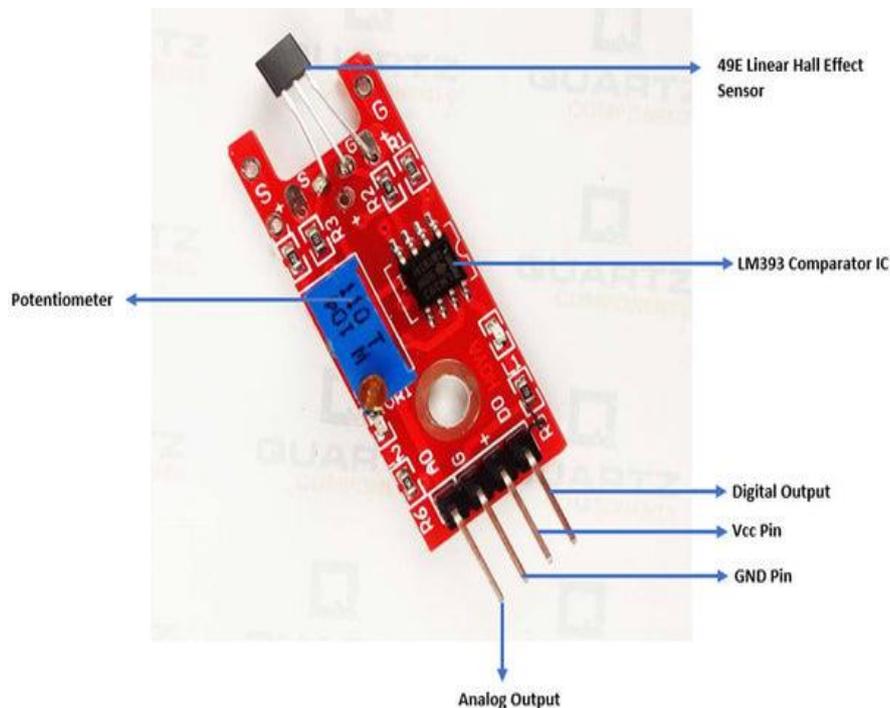
- β : Kuat Medan Magnet (T)
 μ_0 : $4\pi \times 10^{-7}$ (Wb . A-1 .m-1)
 I : Arus Listrik (A)

a : Jarak Titik Dengan Kawat (m)

Medan magnet akan berbanding lurus dengan arus listrik pada saat melakukan pengukuran, dan medan magnet memiliki sifat yang berbanding lurus dengan panjang elemen kawat penghantarnya [32].

2.6 Sensor *Hall Effect* KY-024

Sensor efek *Hall Linear* KY-024 memiliki sebuah magnet fluks awal. Fluks ini akan berinteraksi dengan fluks magnet lain yang dipancarkan dari magnet *neodymium*. Selanjutnya magnet *Neodymium* ini akan digunakan sebagai sumbu arah yang akan mengirimkan sinyal dan akan terjadi fluktuasi [33]. Berikut adalah sensor *Hall Effect* KY-024 yang dapat dilihat pada gambar 2.11.



Gambar 2.11 Sensor *Hall Effect* KY-024 [33]

Gambar 2.11 Sensor *Hall Effect* KY-024 ini dibekali dengan IC S49E yang bisa mengukur polaritas medan magnet yaitu kutub utara dan kutub selatan, sensor ini memiliki potensiometer yang memiliki fungsi untuk mengatur sensitivitas sensor dan mengirimkan *output* berupa sinyal analog dan digital [34].

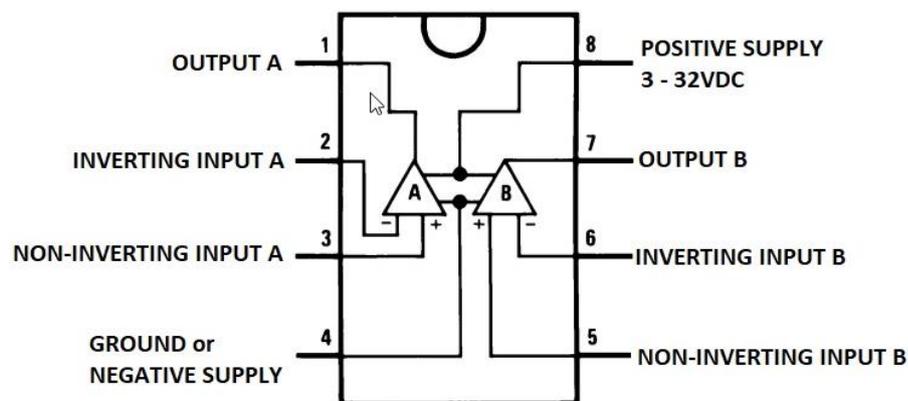
Prinsip dari sensor *hall effect* KY-024 memiliki spesifikasi *on/off*. Sensor KY-024 akan melakukan pengukuran ketika mendeteksi adanya medan magnet, sensor *hall effect* akan berada pada kondisi *low* saat mendeteksi adanya medan magnet dan akan berada pada kondisi *high* ketika sensor tidak mendeteksi adanya medan magnet. Sensor *hall effect* KY-024 memiliki 4 buah *pin* yakni VCC sebagai kutub positif yang terhubung dengan pin 5V, GND sebagai kutub negatif yang terhubung dengan pin *ground* dan *output analog* yang terhubung dengan pin A2 arduino nano serta *output digital* yang akan terhubung pada pin D2 arduino nano .

2.7 Operational Amplifier

Operational Amplifier adalah sebuah IC linear yang memiliki fungsi untuk menguatkan sinyal listrik. Op-Amp terdiri dari transistor, dioda, resistor serta kapasitor yang saling terkoneksi sehingga mampu untuk menguatkan (*Gain*) sebuah sinyal yang memiliki rentang frekuensi yang cukup besar [35]. Berikut adalah beberapa contoh *Operational Amplifier*.

2.7.1 Op-Amp LM358

Saat ini modul Op-Amp yang banyak digunakan adalah modul LM358, karena memiliki kemampuan yang dirancang khusus untuk beroperasi dari catu daya tunggal yang dapat melewati beberapa tegangan. Pada modul LM358 terdapat IC yang memiliki 8 pin yang mampu untuk beroperasi dengan tegangan DC 3.3-32 Volt [36]. Berikut adalah *pin output* IC Op-Amp LM358 dapat dilihat pada gambar 2.12.

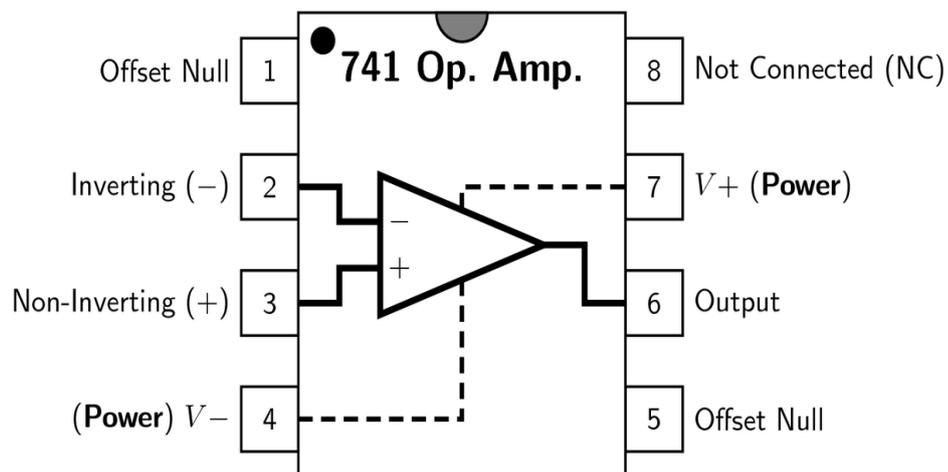


Gambar 2.12 *pin output* Op-Amp LM358 [36]

Gambar 2.12 merupakan *pin output operational Amplifier* LM358, untuk menggunakan Op-amp jenis ini kita harus menghubungkan sumber listrik pada pin VDC dan pin *negative supply*. Op-amp LM358 memiliki *microphone condenser* yang berfungsi fungsi sebagai *input* apabila diperlukan. Pada modul yang menggunakan Op-amp penguatan dapat diatur karena pada modul *amplifier* ini tersedia sekrup potensiometer yang berfungsi untuk melakukan pengaturan secara *manual* [37].

2.7.2 Op-Amp LM741

Op-amp 741 merupakan salah satu jenis *operational amplifier* yang dikemas dengan bentuk *dual in-line package* (DIP) [35]. Keunggulan IC yang memiliki bentuk *dual in-line package* yaitu memiliki *strip* pada salah satu sudutnya untuk menandai arah pin 1 pada IC tersebut, Op-amp 741 memiliki 8 buah pin [36]. Berikut adalah *pin output* diagram dari IC Op-Amp 741 dapat dilihat pada gambar 2.13

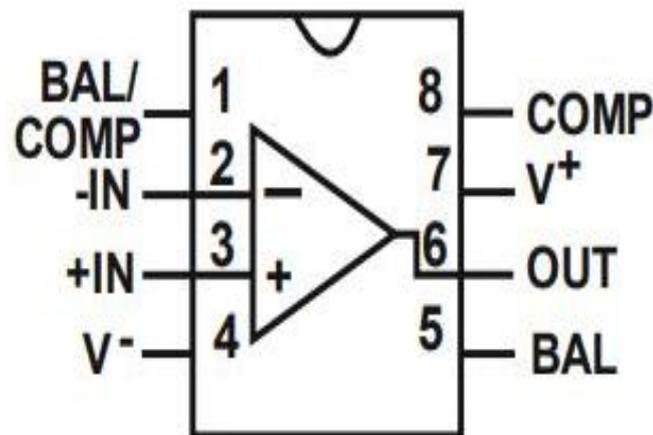


Gambar 2.13 *pin output* Op-Amp LM741 [36]

Gambar 2.13 Merupakan *pin output* diagram Op-amp 741, pada pin 1 terdapat *strip* atau bulatan sebagai penanda untuk *pin Offset Null*. *Offset Null* memiliki fungsi sebagai pengatur tegangan *offset* guna meminimalisir kebocoran. Op-Amp 741 merupakan rangkaian elektronika yang berfungsi memperkuat sinyal DC [36].

2.7.3 Op-Amp LM301

LM301 merupakan *amplifier* yang memiliki keistimewaan untuk melakukan perbaikan dari IC 709C, teknik pemrosesan secara lanjut yang dapat memungkinkan pengurangan terhadap arus *input* dan secara handal mampu memperkecil suhu dari arus *input*. LM301 dapat memberikan ketelitian yang lebih baik pada rangkaian yang memiliki impedansi tinggi[36]. Berikut adalah *pin output* diagram dari Op-Amp LM301 dapat dilihat pada gambar 2.14



Gambar 2.14 *pin output* Op-Amp LM301

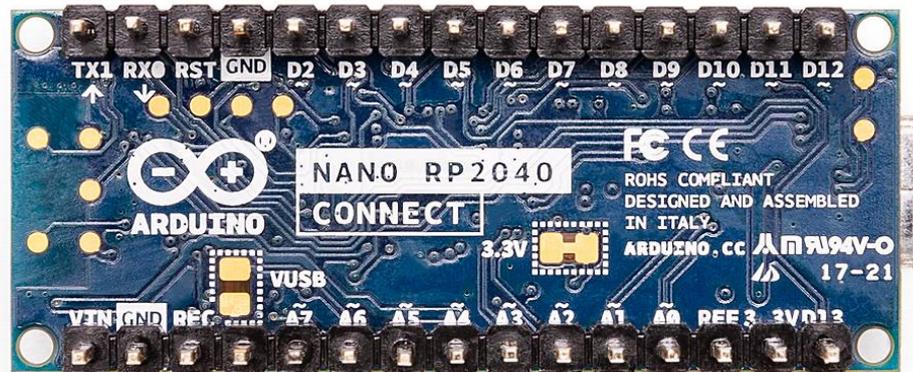
Gambar 2.14 merupakan *pin out* Op-Amp LM301, LM301 mampu untuk aplikasikan sebagai filter seperti, *low pass filter* (LPF), *High Pass Filter* (HPF), *Band Pass Filter* dan *Band Stop Filter* [37]. Arus *input* pada Op-amp yang rendah cocok untuk pembangkit frekuensi yang rendah.

2.8 Arduino Sebagai Mikrokontroler

Arduino merupakan mikrokontroler yang memiliki kendali mikro *single board* yang memiliki sifat *open source*. Pada Arduino yang didalamnya terdapat sebuah *chip* mikrokontroler yang berfungsi sebagai komponen utama yang dirancang untuk memberikan kemudahan dalam bidang elektronik di berbagai bidang [39]. Arduino memiliki *pin* analog dan digital yang berfungsi sebagai *input* dalam mengerjakan sebuah proyeksi dalam bentuk pemrograman. Berikut adalah beberapa jenis arduino

2.8.1 Arduino Nano

Arduino Nano adalah sebuah papan pengembangan (*development board*) mikrokontroler yang memiliki *chip* ATmega328P dengan bentuk yang lebih kecil. Arduino nano memiliki fungsi yang sama dengan Arduino uno, terdapat perbedaan yang terletak pada *jack power DC* yang menggunakan konektor USB tipe *mini-B*. Berikut adalah Arduino Nano dapat dilihat pada Gambar 2.15.



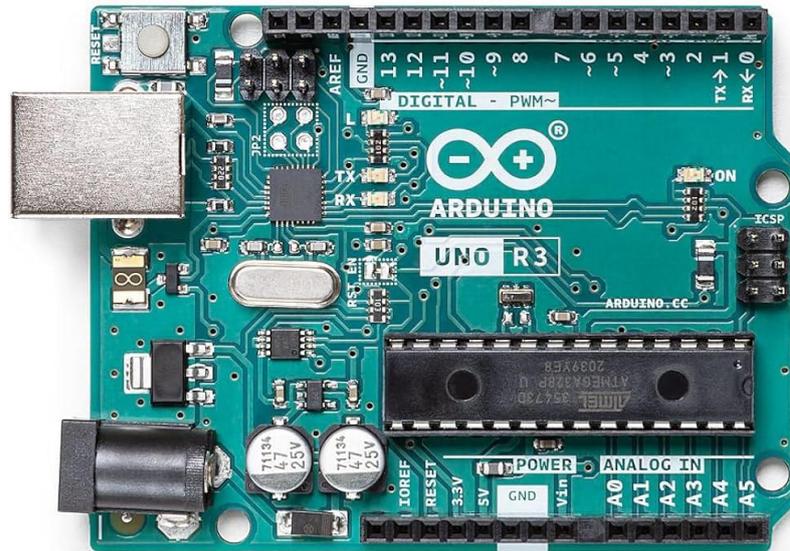
Gambar 2.15 Arduino Nano [38]

Gambar 2.15 merupakan mikrokontroler Arduino nano yang memiliki beberapa pin, Arduino Nano memiliki 14 pin *input/output* tegangan optimal untuk menjalankan *board* Arduino nano adalah 5V dan arus sebesar 40mA.

Selain itu kelebihan dari Arduino Uno sendiri dibandingkan dengan *board* mikrokontroler lainnya, Arduino Nano memiliki dimensi yang lebih kecil dibandingkan *board* mikrokontroler lainnya. Selain itu pada *board* Arduino Uno sendiri sudah terdapat *loader* yang berupa USB sehingga mampu untuk memudahkan saat melakukan pemrograman [38].

2.8.2 Arduino Uno R3

Arduino Uno adalah jenis dari Mikrokontroler Arduino yang sering digunakan, *board* yang terdapat pada Arduino Uno R3 adalah ATmega328. Arduino Uno memiliki 14 *pin* digital *input/output*. Arduino uno menggunakan daya sebesar 5V yang terkoneksi dengan *USB* atau *power supply* eksternal [39]. Berikut adalah Arduino Uno R3 dapat dilihat pada Gambar 2.15.

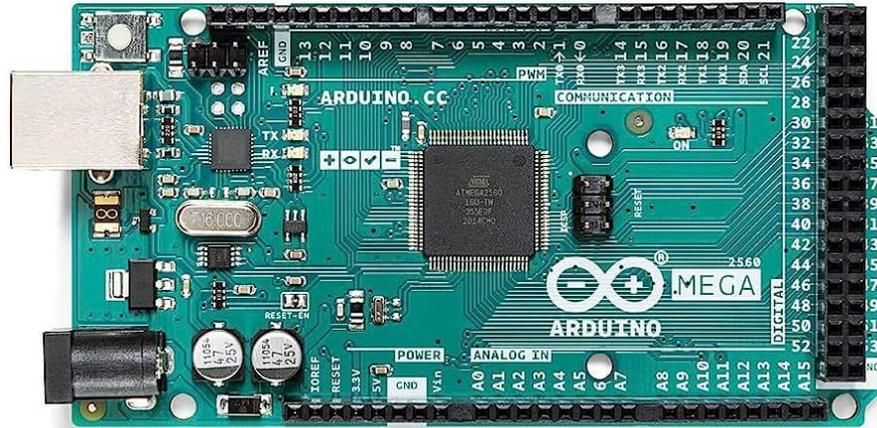


Gambar 2.16 Arduino Uno R3 [39].

Gambar 2.16 Merupakan *board* Arduino Uno R3, pada pengoperasiannya Arduino Uno memiliki beberapa kemudahan. Dilengkapi dengan 14 *pin input* analog/digital dengan menggunakan fungsi *pinMode ()*, *digital Write()*, dan *digital Read* [39].

2.8.3 Arduino Mega2560

Arduino Mega2560 merupakan salah satu jenis dari mikrokontroler Arduino yang berbasis ATmega 2560, *board* Arduino Mega2560 memiliki 54 *pin* analog/digital. Memiliki 15 *pin* yang dapat digunakan sebagai *output* PWM (*Pulse Width Modulation*) dan 14 *pin* berfungsi sebagai UART (*Port serial Hardware*) [40]. Berikut adalah Arduino Mega2560 dapat dilihat pada Gambar 2.17



Gambar 2.17 Arduino Mega2560[40]

Gambar 2.17 Merupakan *board* Arduino Mega2560, *board* Arduino Mega2560 dapat diaktifkan menggunakan koneksi USB atau catu daya eksternal. Sumber daya eksternal dapat berasal dari adaptor DC maupun baterai, Arduino Mega 2560 mampu beroperasi pada tegangan 5 Volt. Setiap *pin* harus mendapat tegangan sebesar 5V atau arus sebesar 40mA untuk menjalankan fungsi pada setiap *pin* nya [40].

2.9 Kajian Pustaka

Kajian pustaka digunakan untuk melakukan perbandingan dari penelitian sebelumnya dan sebuah sumber informasi penelitian seperti penelitian sebelumnya. Penelitian terdahulu merupakan penelusuran terhadap permasalahan-permasalahan yang hampir sama dengan penelitian yang akan dilakukan.

Tabel 2. 1 Tabel Kajian Pustaka

Nama Peneliti	Tahun Penelitian	Judul Penelitian	Hasil Penelitian
Rocky Alfanz , Marjila Burhanzoi, Onohara Kenta, Tomoaki Ikegami, Shinji Kawai	2019	<i>Photovoltaic Module Fault Detection Using Integrated Magnetic Sensors</i>	Pendeteksian dan diagnosis kesalahan pada modul fotovoltaik (PV) telah menjadi penting untuk sistem operasi PV yang andal, efisien, dan aman. Artikel ini mengusulkan metode inspeksi baru yang didasarkan pada pengukuran kerapatan fluks magnetik pada permukaan modul PV silikon kristalin. Untuk mengukur kerapatan fluks magnetik yang dihasilkan di sekitar <i>busbar</i> modul PV, permukaannya dipindai oleh dua jenis sensor magnetik terintegrasi kecil untuk profil magnetik satu

			dimensi (1-D) dan dua dimensi (2-D).
Oliver Kunz, Appu Paduthol, Alexander Slade, Matthew Edwards, Kai Kauffman	2020	<i>Investigating metal-semiconductor contacts in solar cells using magnetic field measurements</i>	Pendeteksian <i>crack</i> pada <i>solar cell</i> dengan metode <i>Magnetic Field 2D</i> . Penelitian ini membahas pendeteksian kecacatan pada sel surya dengan menggunakan <i>array magnetic sensor linier</i> . Kecacatan pada <i>solar cell</i> yang terjadi dapat diidentifikasi dengan cara menginduksi pola aliran arus melalui kontak langsung pada salah satu sisi sel surya dan mengukurnya dengan gambar medan magnet 2D yang dihasilkan
Rocky Alfan, Y Okazaki, T Ikegami, Y Deng	2019	<i>Integrated micro tesla magnetic sensor for detecting photovoltaic cells failure</i>	Perancangan serta implementasi pendeteksian <i>failure</i> pada <i>solar cell</i> menggunakan sensor magnetik AK8963 dan sensor posisi MPU-9250, setelah mendapatkan hasil yang

			berupa densitas fluks medan magnet dari pengujian pada <i>solar cell</i> , Hasil dari perangkat sensor akan ditransfer ke PC yang dilengkapi dengan program LabVIEW melalui koneksi <i>Bluetooth</i> , yang digunakan untuk akuisisi dan analisis data
--	--	--	--

Tabel 2.1 Berdasarkan referensi yang digunakan maka dari itu, penelitian tentang perancangan pendeteksian kesalahan pada *solar cell* dengan melakukan pengukuran disekitar *busbar* untuk mengetahui kuat medan magnet yang terdapat pada *solar cell* tersebut. Maka dari itu, penelitian ini dilakukan untuk mengetahui kuat medan magnet menggunakan prinsip dari sensor *Hall Effect* dan hukum *bio-savart* dengan cara pengukuran secara langsung dan hasil yang didapat dapat dihitung agar dapat mengetahui kondisi dari sel surya tersebut.