

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 *Urban Agriculture***

Pertanian adalah kegiatan pemanfaatan sumber daya hayati yang dilakukan manusia untuk menghasilkan bahan pangan, bahan baku industri, atau sumber energi, serta untuk mengelola lingkungan hidupnya [9]. Kegiatan pemanfaatan sumber daya hayati dalam pertanian dipahami sebagai budidaya tanaman atau bercocok tanam, hingga melakukan pengembang- biakan ternak hewan, yang nantinya akan menghasilkan sumber pangan sehari hari, dari makanan pokok hingga makanan olahan hasil rekayasa para penggiat budidaya agrikultur itu sendiri. Adapun kegiatan agrikultur yang dilakukan di kawasan pedesaan hingga perkotaan disebut juga sebagai *urban agriculture* [10]. Kegiatan *urban agriculture* dapat mencerminkan tingkatan ekonomi yang berbeda serta perkembangan kehidupan sosial. Dari pembudidayaannya yang dilakukan secara bersama sama, menghasilkan sebuah lingkungan dimana perkembangan dari pengolahan makanan hasil agrikultur dapat dirasakan bersama sama, serta akses untuk mendapatkan hasil panen dari pertanian didapatkan dengan lebih terjangkau.

Pengembangan dari *urban agriculture* memiliki beberapa keuntungan, diantaranya adalah [9]:

1. Mengisi lahan-lahan kosong yang tidak produktif sehingga bisa memberikan nilai tambah pada perekonomian kota.
2. Meningkatkan citra positif publik, khususnya dalam relasi antar masyarakat perkotaan.
3. Meningkatkan lahan hijau dalam wilayah kota.
4. Memberikan kesempatan bagi rumah tangga yang berpenghasilan rendah untuk bisa mengonsumsi produk pangan yang berkualitas baik dan mengandung nilai nutrisi tinggi, dengan harga yang terjangkau.

Adapun kekurangan tersendiri dalam mengembangkan *urban agriculture*, diantaranya adalah [10]:

1. Lahan-lahan yang digunakan dalam budidaya dikhawatirkan tidak menghasilkan produk dengan kualitas yang diharapkan.
2. Kurangnya dukungan dari pemerintah setempat secara nyata, atau dengan kata lain keterlibatan pemerintah hanya sebatas gagasan.
3. Kurangnya kesadaran masyarakat terhadap pentingnya kemandirian pangan dalam jangka panjang.

Oleh karena itu, untuk menjawab tantangan-tantangan yang ada, diperlukan sosialisasi serta dukungan nyata dari pemerintah setempat, baik dalam wujud sarana, infrastruktur, serta regulasi, sehingga program ini mampu berjalan dengan baik.

## 2.2 Sistem Kontrol

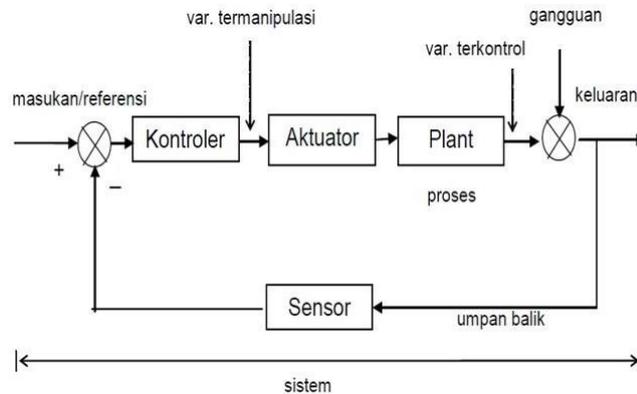
Sistem kontrol adalah suatu susunan komponen fisik yang terhubung atau terkait sedemikian rupa sehingga dapat memerintah, mengarahkan, atau mengatur diri sendiri atau sistem lain [11]. Sistem kontrol merupakan suatu kumpulan cara atau metode yang dipelajari dari kebiasaan-kebiasaan manusia dalam bekerja, dimana manusia membutuhkan suatu pengamatan kualitas dari apa yang telah dikerjakan sehingga memiliki karakteristik sesuai dengan yang diharapkan pada mulanya [12]. Perkembangan teknologi menyebabkan manusia selalu terus belajar untuk mengembangkan dan mengoperasikan pekerjaan-pekerjaan kontrol yang semula dilakukan oleh manusia menjadi serba otomatis.

Dalam aplikasinya, suatu sistem kontrol memiliki tujuan atau sasaran tertentu. Sasaran sistem kontrol adalah untuk mengatur keluaran dalam suatu sikap keadaan yang telah ditetapkan oleh masukan melalui elemen sistem kontrol. Diagram sistem kontrol ditunjukkan Gambar 2.1 [12].



Gambar 2.1 Diagram Sistem Kontrol [12].

Diketahui bahwa secara umum sistem kontrol membutuhkan 3 elemen, elemen masukan, sistem kontrol, dan keluaran. Dengan demikian, maka kualitas keluaran yang dihasilkan tergantung dari proses yang dilakukan dalam sistem kontrol ini. Diagram sistem kontrol secara detail ditunjukkan Gambar 2.2 [13].



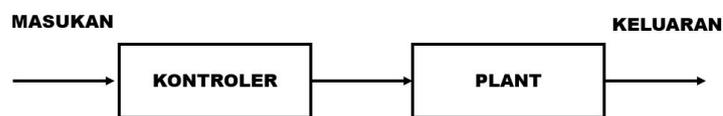
Gambar 2.2 Sistem Kontrol Secara Detail [13].

Definisi dari setiap istilah pada Gambar 2.2 adalah sebagai berikut [13]:

1. Sistem adalah kombinasi dari komponen-komponen yang bekerja bersama-sama membentuk suatu obyek tertentu.
2. Variabel terkontrol adalah suatu besaran atau kondisi yang terukur dan terkontrol. Pada keadaan normal merupakan keluaran dari sistem.
3. Variabel termanipulasi adalah suatu besaran atau kondisi yang divariasikan oleh kontroler sehingga mempengaruhi nilai dari variabel terkontrol.
4. Kontrol artinya mengukur nilai dari variabel terkontrol dari sistem dan mengaplikasikan variabel termanipulasi pada sistem untuk mengoreksi atau mengurangi deviasi yang terjadi terhadap nilai keluaran yang dituju.
5. Plant adalah sesuatu objek fisik yang dikontrol.
6. Proses adalah sesuatu operasi yang dikontrol. Contoh : proses kimia, proses ekonomi, proses biologi, dll.
7. Gangguan adalah sinyal yang mempengaruhi terhadap nilai keluaran sistem.
8. Kontrol umpan balik adalah operasi untuk mengurangi perbedaan antara keluaran sistem dengan referensi masukan.

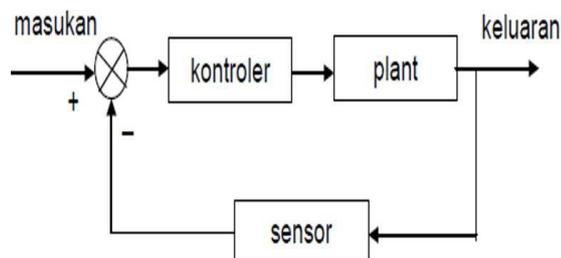
9. Kontroler adalah suatu alat atau cara untuk modifikasi sehingga karakteristik sistem dinamik yang dihasilkan sesuai dengan yang dikehendaki.
10. Sensor adalah peralatan yang digunakan untuk mengukur keluaran sistem dan menyatakannya dengan sinyal masukan sehingga bisa dilakukan suatu operasi hitung antara keluaran dan masukan.
11. Aksi kontrol adalah besaran atau nilai yang dihasilkan oleh perhitungan kontroler untuk diberikan pada *plant* (pada kondisi normal merupakan variabel termanipulasi).
12. Aktuator adalah suatu peralatan atau kumpulan komponen yang menggerakkan *plant*.

Jenis sistem kontrol ada dua yaitu, sistem kontrol *loop* terbuka dan sistem kontrol *loop* tertutup. Sistem kontrol *loop* terbuka adalah sistem yang keluarannya tidak mempengaruhi aksi kontrol, sedangkan sistem *loop* tertutup nilai keluarannya mempengaruhi aksi kontrol. Diagram dari sistem *loop* terbuka ditunjukkan Gambar 2.3 [11].



Gambar 2.3 Diagram *loop* terbuka [11].

Sistem *loop* terbuka memang mudah dibuat, murah, dan sederhana dalam desain sistemnya, namun sistem ini tidak stabil, dan rentan dengan gangguan dari luar.



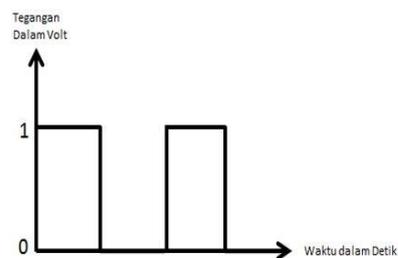
Gambar 2.4 Diagram *loop* tertutup [12].

Perbedaan diagram *loop* tertutup dengan *loop* terbuka adalah terletak pada keluarannya. Jika *loop* tertutup keluarannya mempengaruhi masukan, ada umpan balik antara keluaran dan masukan, serta melibatkan sensor dalam proses *loop* tersebut.

Dalam sistem kontrol tidak akan lepas dari yang namanya kontroler. Fungsi dari kontroler otomatis adalah membandingkan harga yg sebenarnya dari keluaran (*plant*) dengan harga yang diinginkan, menentukan deviasi dan menghasilkan suatu sinyal kontrol yang akan memperkecil deviasi sampai nol atau sampai suatu harga terkecil. Klasifikasi dari kontroler sesuai dengan pengontrolnya [13]:

1. Kontroler dua posisi atau *on* dan *off*.
2. Kontroler Proporsional.
3. Kontroler Integral.
4. Kontroler Diferensial.
5. Kontroler Proporsional dan Integral.
6. Kontroler Proporsional dan Diferensial.
7. Kontroler Proporsional, Diferensial dan Integral.

Pada penelitian ini, kontroler yang digunakan adalah kontroler dua posisi atau kontroler *on* dan *off*. Karakteristik kontroler *on* dan *off* ini hanya bekerja pada 2 posisi, yaitu *on* dan *off*. Kinerja kontroler *on* dan *off* banyak digunakan pada aksi pengendalian yang sederhana karena harganya murah. Karena sistem kerja yang digunakan adalah *on* dan *off* saja, keluaran dari sistem pengendalian ini akan menyebabkan proses variabel tidak akan pernah konstan. Besar kecilnya fluktuasi proses variabel ditentukan oleh titik dimana kontroler dalam keadaan *on* dan *off*. Pengendalian dengan aksi kontrol ini juga menggunakan *feedback*. Grafik dari kontroler *on* dan *off* ditunjukkan Gambar 2.5 [8].



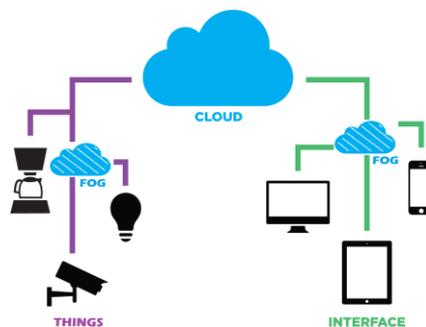
Gambar 2.5 Grafik *Signal Controller on* dan *off* [8].

Kondisi *on* dalam sistem logika dilabeli nilai 1, yang artinya menyala, sedangkan kondisi *off* dilabeli nilai 0, yang artinya padam. Kedua kondisi tersebut yang mengakibatkan kontroler ini disebut kontroler *on* dan *off*, kontroler ini umumnya digunakan pada pensaklaran manual pada *loop* terbuka. Pada penelitian ini, sistem kontroler *on* dan *off* ini diterapkan untuk mengendalikan *solenoid valve*.

### 2.3 *Internet of Things*

*Things* artinya segala, artinya apapun yang terhubung ke *internet* termasuk dalam definisi *internet of things*. Semua barang fisik yang dapat dimonitor dan dikendalikan dari jarak jauh menggunakan *internet* adalah *internet of things*. Konsep *internet of things* ini akan sangat mendorong perkembangan *big data* dan penggunaan *data center* di Indonesia, oleh karena itu pemerintah Republik Indonesia sudah merencanakan membangun pusat data tersentralisasi [14]

Konsep *internet of things* ini cukup sederhana dengan cara kerja mengacu pada 3 elemen utama pada arsitektur *internet of things*, yakni barang fisik yang dilengkapi modul *internet of things*, perangkat koneksi ke *internet* seperti *modem* dan *router wireless speedy* dan *cloud data center* tempat untuk menyimpan *web application* beserta *database* [15]. Konsep dari *internet of things* ditampilkan pada Gambar 2.6.



Gambar 2.6 Konsep *Internet of Things* [15].

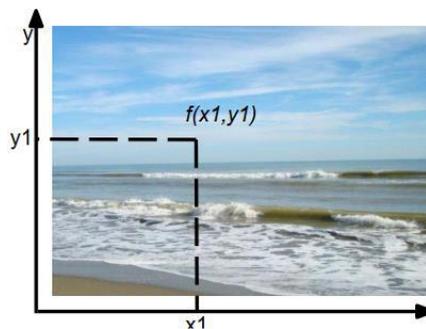
Teknologi *internet of things* sangat luar biasa. Jika sudah direalisasikan, teknologi ini tentu akan sangat memudahkan pekerjaan manusia. Manusia tidak akan perlu lagi mengatur mesin saat menggunakannya, tetapi mesin tersebut akan dapat mengatur dirinya sendiri dan berinteraksi dengan mesin lain yang dapat berkolaborasi dengannya [15]. Hal ini membuat mesin-mesin tersebut dapat bekerja

sendiri dan manusia dapat menikmati hasil kerja mesin-mesin tersebut tanpa harus repot- repot mengatur mereka.

Cara kerja dari *internet of things* cukup mudah. Setiap benda harus memiliki sebuah *IP address*. *IP address* adalah sebuah identitas dalam jaringan yang membuat benda tersebut bisa diperintahkan dari benda lain dalam jaringan yang sama. Selanjutnya, *IP address* dalam benda-benda tersebut akan dikoneksikan ke jaringan *internet*. Saat ini, koneksi *internet* sudah sangat mudah didapatkan. Dengan demikian, maka dapat dilakukan pemantauan bahkan memberi perintah kepada benda tersebut [13].

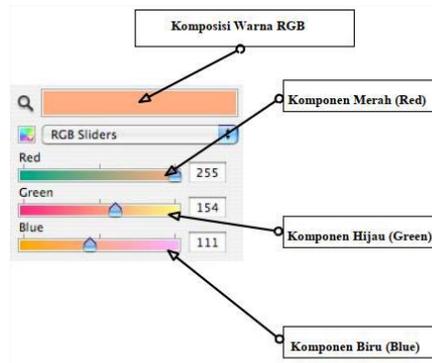
## 2.1 Pengolahan Citra Digital

Citra digital didefinisikan sebagai fungsi dua variabel,  $f(x,y)$ , dimana  $x$  dan  $y$  adalah koordinat spasial dan nilai  $f(x,y)$  adalah intensitas citra pada koordinat tersebut, Teknologi dasar untuk menciptakan dan menampilkan warna pada citra digital berdasarkan pada penelitian bahwa sebuah warna merupakan kombinasi dari tiga warna dasar, yaitu merah, hijau dan biru (*red, green, blue*) Komposisi warna RGB tersebut dapat dijelaskan pada Gambar 2.7 [7].



Gambar 2.7 Pengolahan Citra Digital [7].

Sebuah citra diubah ke bentuk digital agar dapat disimpan dalam memori komputer atau media lain. Proses mengubah citra ke bentuk digital bisa dilakukan dengan beberapa perangkat, misalnya *scanner*, kamera digital dan *handycam*. Ketika sebuah citra diubah ke dalam bentuk digital maka bermacam-macam proses pengolahan citra dapat diperlakukan terhadap citra tersebut [7].



Gambar 2.8 Komponen Warna RGB [7].

Operasi-operasi yang dilakukan di dalam pengolahan citra banyak ragamnya. Namun, secara umum, operasi pengolahan citra dapat diklasifikasikan dalam beberapa jenis sebagai berikut [16]:

1. Untuk memperbaiki tampilan citra (*image enhancement*).
2. Untuk mengurangi ukuran file dengan kualitas yang sama (*image compression*)
3. Untuk memulihkan citra ke kondisi semula (*image restoration*).
4. Untuk mengekstraksi ciri citra agar supaya lebih mudah dianalisis.

## 2.5 Open CV

*OpenCV* adalah suatu *library* gratis yang dikembangkan oleh *developer-developer Intel Corporation*. *Library* ini terdiri dari fungsi-fungsi *computer vision* dan API (*Application Programming Interface*) untuk *image processing high level* maupun *low level* dan sebagai optimasi aplikasi *realtime*. *OpenCV* sangat disarankan untuk programmer yang akan berkecukupan pada bidang *computer vision*, karena *library* ini mampu menciptakan aplikasi yang handal, kuat dibidang *digital vision*, dan mempunyai kemampuan yang mirip dengan cara pengolahan visual pada manusia, karena *library* ini bersifat cuma-cuma dan sifatnya yang *open source*, maka dari itu *OpenCV* tidak dipesan khusus untuk pengguna arsitektur *Intel*, tetapi dapat dibangun pada hampir semua arsitektur. Fitur-fitur yang dimiliki oleh *OpenCV* adalah [7] :

1. Manipulasi data citra (*allocation, copying, setting, convert*).
2. Citra dan video I/O (*file kamera based input, image/video file output*).

3. Manipulasi Matriks dan Vektor beserta rutin-rutin aljabar linear (*products, solvers, eigenvalues, SVD*).
4. Data struktur dinamis (*lists, queues, sets, trees, graphs*).
5. Pemroses citra fundamental (*filtering, edge detection, corner detection, sampling and interpolation, color conversion, morphological operations, histograms, image pyramids*).
6. Analisis struktur (*connected components, contour processing, distance transform, various moments, template matching, hough transform, polygonal approximation, line fitting, ellipse fitting, delaunay triangulation*).
7. Kalibrasi kamera (*calibration patterns, estimasi fundamental matrix, estimasi homography, stereo correspondence*).
8. Analisis gerakan (*optical flow, segmentation, tracking*).
9. Pengenalan obyek (*eigen-methods, HMM*).
10. *Graphical User Interface (display image/video, penanganan keyboard dan mouse handling, scroll-bars)*.

## 2.6 Cabai Rawit

Cabai merupakan salah satu komoditas sayuran penting yang memiliki peluang bisnis prospektif. Aneka macam cabai yang dijual di pasar tradisional dapat digolongkan dalam dua kelompok, yakni cabai kecil (*capsicum frutescens*) dan cabai besar (*capsicum annum*). Cabai kecil biasa disebut cabai rawit, sedangkan yang besar dinamakan cabai merah [17].



Gambar 2.9 Tanaman Cabai [17].

Pada buah cabai terkandung beberapa vitamin. Salah satu vitamin dalam buah cabai adalah vitamin C (asam *askorbat*). Vitamin C berperan sebagai antioksidan yang kuat yang dapat melindungi sel dari agen-agen penyebab kanker, dan secara khusus mampu meningkatkan daya serap tubuh atas kalsium (mineral untuk pertumbuhan gigi dan tulang) serta zat besi dari bahan makanan lain [17].

## 2.7 Raspberry Pi 3

*Raspberry Pi 3* merupakan sebuah komputer berukuran kecil yang dapat digunakan seperti sebuah *personal computer* [18]. Dikatakan kecil karena ukurannya sebesar kartu nama dan untuk dapat menjalankan *raspberry pi 3* dibutuhkan *charger* atau adaptor yang biasa digunakan pada telepon seluler sebesar 5V. *raspberry pi 3* menggunakan *system on a chip* dimana *central processing unit (CPU)*, *graphics processing unit (GPU)*, dan memori ada dalam satu kesatuan *integrated circuit (IC)* yang sampai saat ini telah tersedia dalam dua versi yaitu model A dan model B. Perbedaannya ada pada *port universal serial bus (USB)* dan *port ethernet*. Pada model A tidak tersedianya *port ethernet* dan hanya tersedia 1 *port USB* sedangkan pada model B tersedia *port ethernet* dan lebih dari satu *port USB* [19]. Contoh *raspberry pi 3* terdapat pada Gambar 2.10.



Gambar 2.10 *Raspberry Pi 3*.

Selain komponen-komponen pada umumnya, *raspberry pi 3* juga terdapat komponen *pin GPIO*, dengan adanya *pin* ini maka *raspberry pi 3* dapat mendukung beberapa modul salah satunya modul sensor inframerah, selain itu *raspberry pi 3* juga dapat dihubungkan dengan *arduino* [18]. Berikut ini adalah komponen-komponen *input* dan *output* pada *raspberry pi 3* [19]:

1. HDMI, untuk dihubungkan ke monitor yang mendukung jenis ini. Dapat juga di konversikan ke jenis *VGA* dan *AV output*.
2. *Video analog* (RCA port), dihubungkan ke pesawat televisi yang memiliki *input* jenis RCA.
3. *Audio output*, keluaran suara dapat dihubungkan ke *speaker*. *Audio output* ini berukuran 3.5 untuk *jack* audionya.
4. *Port USB 2.0*, untuk kebutuhan perangkat *input* dan *output* nantinya.
5. *Pin GPIO*, untuk menghubungkan dengan sensor, arduino, perangkat lain yang memiliki data analog atau digital.
6. *Port CSI* (*Camera Serial Interface*).
7. *Port DSI* (*Display Serial Interface*).
8. *Ethernet output*, dihubungkan dengan kabel UTP/STP. *SD card slot* / *MicroSD card slot*, untuk menyimpan sistem dan data.

Terdapat 40 *pin* pada *raspberry pi 3* yang terhubung langsung pada sistem yang dengan bantuan program untuk menjalankannya sehingga dapat digunakan sesuai dengan fungsinya. Selain dapat digunakan untuk *pin input/output*, terdapat beberapa *pin* yang memiliki fungsi khusus. *Python* merupakan bahasa pemrograman yang mendukung dan dapat digunakan langsung untuk mengontrol *pin-pin* yang tersedia pada *raspberry pi 3* tersebut.

Layaknya sebuah *PC*, *raspberry pi 3* membutuhkan *operating system* (*OS*) agar dapat digunakan. *OS* ini disimpan dalam *micro SDcard* yang digunakan juga untuk media penyimpanan data seperti halnya *hard disk*. *OS* yang digunakan untuk *raspberry pi 3* merupakan varian dari *OS linux*. *debian* merupakan salah satu varian 1 dari *linux* yang dapat digunakan dan secara gratis bisa didapatkan pada situs resmi *raspberry pi 3* [18].

## 2.8 Sensor *Capacitive Soil Moisture*

Sensor *capacitive soil moisture* ini merupakan sensor yang digunakan untuk mendeteksi tingkat kelembapan secara kapasitif. Sensor ini dapat digunakan sebagai parameter untuk otomatisasi penyiraman tanaman [20]. Pada Gambar 2.11 adalah contoh bentuk fisik dari sensor *capacitive soil moisture*.



Gambar 2.11 Sensor *Capacitive Soil Moisture*.

*Output* yang dihasilkannya tersebut dapat dibaca oleh *mikrokontroler* pada umumnya, seperti *arduino*, *raspberry pi 3*, hingga modul ESP pada *port* analognya. Untuk *probe* pendeteksi tanah bisa menggunakan *probe* bawaan dari modul sensornya, atau bisa juga diganti dengan *probe* tanah yang berbeda.

## 2.9 Relay

*Relay* dikenal sebagai komponen yang dapat mengimplementasikan logika *switching*. Sebelum tahun 1970, *relay* merupakan otak dari rangkaian pengendali. Baru setelah itu muncul PLC yang mulai menggantikan posisi *relay*. *Relay* yang paling sederhana ialah *relay* elektromekanis yang memberikan pergerakan mekanis saat mendapatkan energi listrik [21]. Pada Gambar 2.12 adalah bentuk fisik dari *relay*.

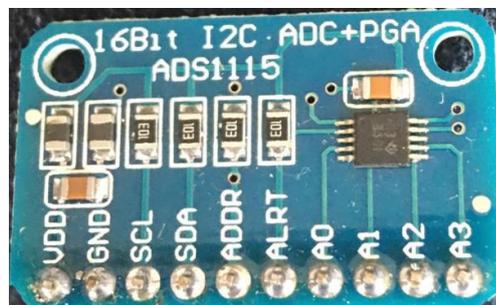


Gambar 2.12 *Relay*

Prinsip kerja dari *relay* adalah ketika *coil* mendapat energi listrik akan timbul gaya elektromagnetik yang menarik *armature* yang berpegas, dan *contact* akan menutup. Secara sederhana *relay* akan bekerja sebagai saklar ketika mendapat tegangan atau tidak. Jika *relay* diberikan tegangan, maka *relay* akan menghantarkan tegangan ke rangkaian yang terhubung dengannya. Sebaliknya jika tidak mendapat tegangan maka *relay* akan memutus tegangan [22].

## 2.10 ADS1115

Modul ADS1115 merupakan jenis ADC yang memiliki resolusi 16 bit, ini berarti ADC ini memiliki tingkat ketelitian nilai hasil konversi yang tinggi dibandingkan dengan ADC yang memiliki sedikit resolusi. Dalam ADC ini juga terdapat 4 channel yang dapat mengkonversi nilai untuk 4 sensor sekaligus dengan differensial bipolar maupun tunggal. Fitur ADC ini yaitu sebuah referensi 23 *on board* dan *oscillator*. Data yang diterima akan di *transfer* atau dikirim melalui komunikasi serial I2C. Serial tersebut terdiri dari SDA dan SCL [23]. Contoh modul ADS1115 dapat dilihat pada Gambar 2.13

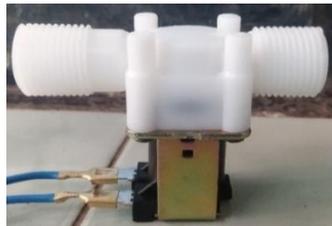


Gambar 2.13 ADS1115 [23].

## 2.11 Solenoid Valve

*Solenoid valve* merupakan katup yang dikendalikan dengan arus listrik baik AC maupun DC melalui kumparan / selenoida. *solenoid valve* ini merupakan elemen kontrol yang paling sering digunakan dalam sistem fluida. Seperti pada sistem pneumatik, sistem hidrolis ataupun pada sistem kontrol mesin yang membutuhkan elemen kontrol otomatis. Contohnya pada sistem pneumatik, *solenoid valve* bertugas untuk mengontrol saluran udara yang bertekanan menuju

aktuator pneumatik (*cylinder*). Atau pada sebuah tandon air yang membutuhkan *solenoid valve* sebagai pengatur pengisian air, sehingga tandon tersebut tidak sampai kosong. *solenoid valve* akan bekerja bila *coil* mendapatkan tegangan arus listrik yang sesuai dengan tegangan kerja (kebanyakan tegangan kerja *solenoid valve* adalah 100/200VAC dan kebanyakan tegangan kerja pada tegangan DC adalah 12/24VDC). Dan sebuah *pin* akan tertarik karena gaya magnet yang dihasilkan dari kumparan *solenoid valve* tersebut. Dan saat *pin* tersebut ditarik naik maka fluida akan mengalir dari ruang C menuju ke bagian D dengan cepat. Sehingga tekanan di ruang C turun dan tekanan fluida yang masuk mengangkat diafragma. Sehingga katup utama terbuka dan fluida mengalir langsung dari A ke F. Untuk melihat penggunaan *solenoid valve* pada sistem pneumatik [24]. Pada Gambar 2.14 adalah bentuk fisik dari *solenoid valve*.



Gambar 2.14 *Solenoid Valve*.

## 2.12 *Solar Cell*

*Solar cell* adalah *divais* yang dapat mengubah energi matahari menjadi energilistrik. Jadi secara langsung arus dan tegangan yang dihasilkan oleh *solar cell* bergantung pada penyinaran matahari. Pada *solar cell* ini dibutuhkan material yang dapat menangkap matahari, dan energi tersebut digunakan untuk memberikan energi ke elektron agar dapat berpindah melewati band gapnya ke pita konduksi, dan kemudian dapat berpindah kerangkaian luar. Melalui proses tersebutlah arus listrik dapat mengalir dari *solar cell*. Umumnya *divais* dari *solar cell* ini menggunakan prinsip *PN junction* [25]. Contoh *solar cell* terdapat pada Gambar 2.15.



Gambar 2.15 *Solar Cell*.

### 2.12.1 Proses Pembangkitan Arus Pada *Solar Cell*

Pembangkitan arus pada *solar cell* melibatkan beberapa proses [26] diantaranya yaitu :

1. Cahaya dalam bentuk foton jatuh pada permukaan *solar cell*, kemudian diserap dan menghasilkan pasangan elektron dan *hole* (apabila energi foton lebih besar dari energi band gapnya). Tetapi, electron (pada material tipe-p) dan hole (pada tipe-n) yang terbentuk bersifat tidak stabil dan hanya akan terjadi untuk jangka waktu yang sama dengan waktu hidup pembawa minoritas (*minority carrier lifetime*), sebelum akhirnya terjadi rekombinasi.
2. Untuk mencegah rekombinasi ini adalah dengan menggunakan p-n *junction* yang memisahkan elektron dan *hole*. *Carrier* ini dipisahkan oleh aksi medan listrik yang terjadi di p-n *junction*. Jika *minority carrier* (dalam hal ini *hole*) yang dihasilkan cahaya melewati p-n *junction*, maka akan didorong melewati *junction* oleh medan listrik pada *junction*, dan menjadi *majority carrier*. Sedangkan elektron mengalir kerangkaian luar setelah *emitter* dan *base* dihubungkan.
3. Setelah melewati rangkaian luar elektron tersebut akan bertemu dengan *hole*.

### 2.12.2 Baterai Aki

Sistem penyimpanan energi yang biasa dipakai untuk penyimpanan energi keluaran *solar cell* adalah baterai aki. Baterai ini digunakan karena *solar cell* memiliki karakteristik daya keluaran yang tidak stabil, berubah ubah sesuai dengan

intensitas cahaya yang jatuh pada permukaannya, sedangkan beban umumnya menyaratkan *suplai* daya yang stabil, dan apabila daya masukannya berubah ubah maka dapat merusak beban tersebut[27]. Contoh penyimpanan energi dapat dilihat pada Gambar 2.16.



Gambar 2.16 Baterai Aki.

Dikarenakan pentingnya baterai dalam sistem *solar cell* tersebut, maka penting bagi kita untuk mengetahui karakteristik dari baterai aki. Karakteristik yang perlu diperhatikan diantaranya tegangan baterai, parameter *charging* dan *discharging*, kapasitas daya dan lain lain. Baterai aki yang ideal mempunyai efisiensi yang tinggi, *self discharge* yang rendah, dan harga yang murah [27].

### 2.12.3 Solar Cell Charge

Karena baterai berfungsi untuk menyimpan energi, maka baterai tersebut akan mengalami siklus *charging* atau pemberian muatan, dari *solar cell / charger* lain mengalirkan arus ke baterai, dan siklus *discharging* atau pelepasan muatan, dari baterai tersebut mengalirkan arus ke beban [25]. Contoh *solar cell charger* terpadat pada Gambar 2.17.



Gambar 2.17 Solar Cell Charger.

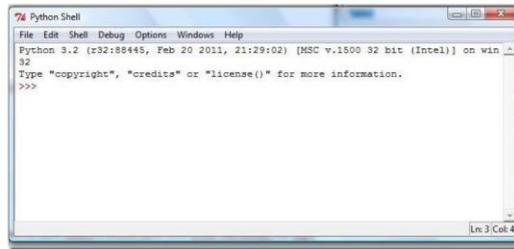
Nilai *charging*, dalam *ampere*, adalah sejumlah muatan yang diberikan pada baterai persatuan waktu. Sedangkan *discharging*, dalam *ampere*, adalah

sejumlah muatan yang digunakan kerangkaian luar (beban), yang diambil dari baterai. nilai *charging/discharging* ini dinyatakan dalam arus. Dan besarnya bergantung pada kapasitas dari baterai dan lamanya waktu yang dibutuhkan untuk proses tersebut. Nilai *discharge* ditentukan dengan membagi kapasitas baterai (Ah) dengan jam yang dibutuhkan untuk *charging/discharging* baterai. contohnya, kapasitas baterai 500 Ah secara teori dapat didischarge untuk tegangan cut off selama 20 jam dengan nilai *discharging*  $500 \text{ Ah} / 20 \text{ h} = 25 \text{ A}$ . Lalu, jika tegangan baterai 12 V, maka daya yang diberikan ke beban adalah  $25 \text{ A} \times 12 \text{ V} = 300 \text{ W}$  [25] .

Nilai *charging* dan *discharging* berpengaruh terhadap nilai kapasitas baterai. jika baterai di *discharge* sangat cepat (arus *discharge* tinggi), maka sejumlah energi yang dapat digunakan oleh baterai menjadi berkurang sehingga kapasitas baterai menjadi lebih rendah. Hal ini dikarenakan kebutuhan suatu materi/komponen untuk reaksi yang terjadi tidak mempunyai waktu yang cukup untuk bergerak ke posisi yang seharusnya. Hanya sejumlah reaktan yang diubah kebentuk lain, sehingga energi yang tersedia menjadi berkurang. Jadi seharusnya arus *discharge* yang digunakan sekecil mungkin, sehingga energi yang digunakan kecil dan kapasitas baterai menjadi lebih tinggi [26].

### **2.13 Python**

*Python* adalah bahasa pemrograman interpretatif multiguna. Tidak seperti bahasa lain yang susah untuk dibaca dan dipahami, *python* lebih menekankan pada keterbacaan kode agar lebih mudah untuk memahami sintak. Hal ini membuat *python* sangat mudah dipelajari baik untuk pemula maupun untuk yang sudah menguasai bahasa pemrograman lain [7] .



Gambar 2.18 Tampilan Utama *Python* [7].

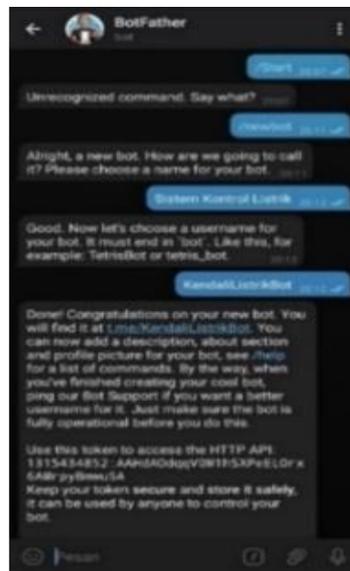
Bahasa ini muncul pertama kali pada tahun 1991, dirancang oleh seorang bernama Guido Van Rossum. Sampai saat ini *python* masih dikembangkan oleh *Python Software Foundation*. Bahasa *python* mendukung hampir semua sistem operasi, bahkan untuk sistem operasi *linux*, hampir semua distronya sudah menyertakan *python* di dalamnya. Dengan kode yang sederhana dan mudah diimplementasikan, seorang *programmer* dapat lebih mengutamakan pengembangan aplikasi yang dibuat, bukan malah sibuk mencari *syntax error*. Saat ini kode *python* dapat dijalankan di berbagai *platform* sistem operasi, beberapa di antaranya adalah [30].

- a. Linux/Unix
- b. Windows
- c. Mac OS X
- d. Java Virtual Machine
- e. OS/2
- f. Amiga
- g. Palm
- h. Symbian (untuk produk-produk Nokia)

## 2.2 Telegram

*Telegram* merupakan aplikasi pesan instan *multiplatform* berbasis *cloud* yang gratis dan bersifat nirbala. Aplikasi *telegram* banyak tersedia untuk beragam sistem operasi seperti *android*, *IOS*, *windows phone*, *ubuntu touch*, serta perangkat komputer seperti *windows*, *macOS X*, dan *linux*. Dengan *telegram*, pengguna dapat saling berkiriman pesan *teks*, foto, *video*, *audio*, dokumen, *sticker*, dan beragam tipe berkas lainnya [28].

*Telegram bot* merupakan sebuah akun *bot* dari aplikasi pesan *telegram* yang dapat diprogram dengan berbagai perintah untuk menerima dan memberikan respon dari perintah tersebut, sehingga dapat menjalankan perintah atau intruksi yang di kirimkan penggunaanya dari *bot telegram*. Cara membuat akun bot telegram yaitu melalui *bot master* yang memiliki nama akun telegram @BotFather di mana akun tersebut sudah disediakan oleh *telegram* [28]. Pada proses pembuatan *chat bot telegram* tersebut, kita akan diberikan nomor *API token*, yang nantinya untuk digunakan sebagai penghubung antara *telegram* dan NodeMCU ESP8266. Seperti pada Gambar 2.19 [29].



Gambar 2.19 Chat Bot Telegram [29].