

## **BAB 2**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Landasan Teori**

Landasan teori merupakan penjelasan berbagai konsep dasar dan teori-teori yang berkaitan dalam sistem keamanan kolam ikan jaring terapung menggunakan energi alternatif panel surya di danau Jatiluhur berbasis internet of things (IoT). Beberapa teori terkait dengan pembangunan sistem ini yang di dalamnya berhubungan dengan perangkat lunak, perangkat keras, dan bahasa pemrograman yang dibutuhkan dalam sistem keamanan kolam ikan jaring terapung menggunakan energi alternatif panel surya di danau Jatiluhur berbasis internet of things (IoT).

#### **2.2 Ikan**

Ikan adalah anggota vertebrata poikilotermik (berdarah dingin) yang hidup di air dan bernapas dengan insang. Ikan merupakan kelompok vertebrata yang paling beraneka ragam dengan jumlah spesies lebih dari 27,000 di seluruh dunia. Secara taksonomi, ikan tergolong kelompok paraphyletic yang hubungan kekerabatannya masih diperdebatkan; biasanya ikan dibagi menjadi ikan tanpa rahang (kelas Agnatha, 75 spesies termasuk lamprey dan ikan hag), ikan bertulang rawan (kelas Chondrichthyes, 800 spesies termasuk hiu dan pari), dan sisanya tergolong ikan bertulang keras (kelas Osteichthyes). Ikan dalam berbagai bahasa daerah disebut iwak, lauk, dan lain sebagainya.

Ikan memiliki bermacam ukuran, mulai dari paus hiu yang berukuran 14 meter (45 ft) hingga stout infantfish yang hanya berukuran 7 mm (kira-kira 1/4 inch). Ada beberapa hewan air yang sering dianggap sebagai "ikan", seperti paus, ikan cumi dan ikan duyung, yang sebenarnya tidak tergolong sebagai ikan.

Sampai saat ini, ikan pada umumnya dikonsumsi langsung. Upaya pengolahan belum banyak dilakukan kecuali ikan asin. Ikan dapat diolah menjadi berbagai produk seperti ikan kering, dendeng ikan, abon ikan, kerupuk ikan, ikan asin, kemplang, bakso ikan dan tepung darah ikan sebagai pupuk tanaman dan pakan ikan.

### 2.2.1 Morfologi Ikan

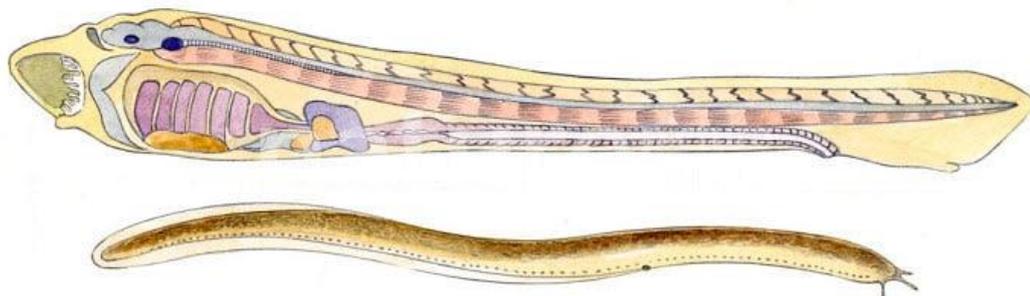
Ikan, didefinisikan secara umum sebagai hewan yang hidup di air, bertulang belakang, poikiloterm, bergerak dengan menggunakan ship, bernafas dengan insang, dan memiliki gurat sisi (linea lateralis) sebagai organ keseimbangannya. Bagian tubuh ikan mulai dari anterior sampai posterior berturut-turut adalah :

1. Kepala (caput) : bagian tubuh mulai dari ujung mulut sampai nnbagian belakang operculum.
2. Tubuh (truncus) : bagian tubuh mulai dari Batas akhiroperculum nnsampai anus
3. Ekor (cauda) : dari anus sampai bagian ujung sirip ekor

### 2.2.2 Klasifikasi Ikan

Tubuh ikan ditutupi oleh sisik-sisik yang tersusun atas zat kapur dengan permukaan sisik yang berlendir yang berfungsi dalam memberikan kemudahan dalam gerakan ikan dalam air. Pada sisi kiri kanan tubuh terdapat gurat sisi yang berfungsi sebagai alat keseimbangan dan juga sebagai penentu arah arus air serta kedalaman sewaktu berenang. *Pisces* dibagi dalam tiga kelas yakni Agatha ( ikan tidak berang ), Chondrichthyes ( ikan bertulang rawan ) dan Osteichthyes ( ikan bertulang sejati ). Nah berikut ini penjelasan dari klasifikasi Pisces ( ikan ).

1. Agnatha ( Cyclostomata )



Gambar 2.1 Ikan Agnatha (Cyclostomata)

Istilah Agnatha berasal dari bahasa Yunani yaitu an yang berarti tidak dan gnathus yang berarti rahang. Agnatha terdapat di Amerika Utara dan Eropa.

Sebagian besar dari Agnatha didasar perairan laut atau air tawar dengan mengkonsumsi bangkai atau parasit yang terdapat pada ikan lainnya.

Bentuk tubuh dari Agnatha yaitu silindris yang memanjang dengan memiliki ukuran 76-90 cm. Agnatha tidak memiliki rahang namun memiliki mulut yang berbentuk lingkaran dan berparut, memiliki lidah dan gigi yang tersusun dari zat tanduk, tidak memiliki sirip yang berpasangan, tidak bersisik, serta memiliki tubuh yang lunak dan berlendir.

Rangka dari Agnatha tersusun dari tulang rawan, Agnatha memiliki alat kelamin yang terpisah atau hermafrodit pada saat larva fertilisasi terjadi secara eksternal. Contohnya saja belut laut atau lamprey laut ( *Petromyzon marinus* ), lamprey sungai ( *Lampetra fluviatilis* ) dan *Myxine* sp ( hagfish ), *Myxine glutinosa* ( hagfish ) dapat menghasilkan lendir dalam jumlah banyak. Bila ikan dimasukkan ke dalam ember berisi 9 liter air laut maka air tersebut akan berubah menjadi bahan yang berlendir dalam beberapa detik.

## 2. Chondrichthyes



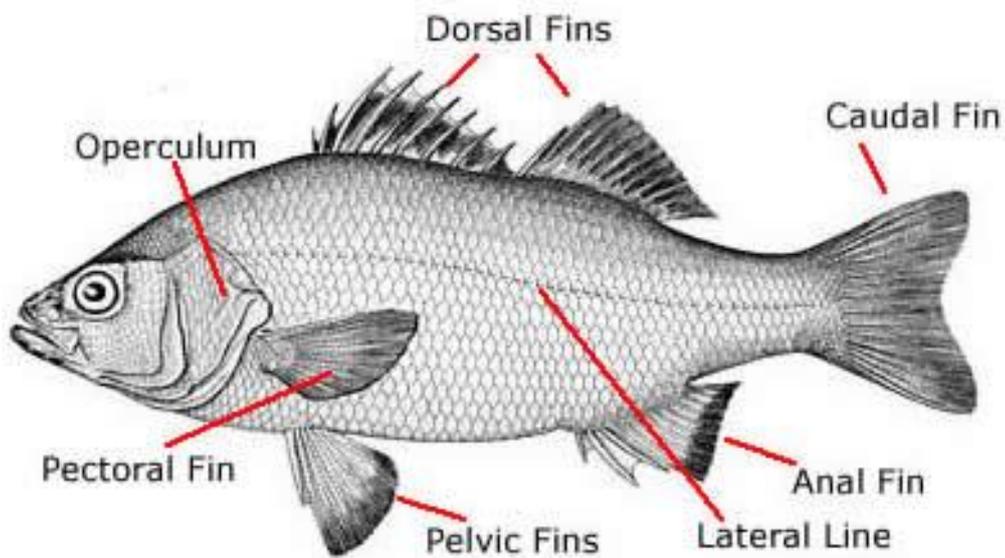
*Gambar 2.2 Ikan Chondrichthyes*

Chondrichthyes dalam bahasa Yunani Chondros berarti rawan dan Ichthyes yang berarti ikan, ia hidup di laut Chondrichthyes memiliki bentuk tubuh yang tertutup sisik-sisik plakoid kasar dengan berisi dentin ( mesodermal ) yang dilapisi dengan email ( ektodermal ).

Pada otot-otot tubuh memiliki segmen ( miotom ). Rangka atau endoskeleton tersusun atas tulang rawan Chondrichthyes memiliki dua pasang sirip dengan sirip ekor yang umumnya heteroserkal ( lobus dorsal lebih besar ). Mulut yang terletak pada bagian bawah ( ventral ) dengan lidah dan juga rahang.

Rahang yang tertutup oleh gigi, pada alat pencernaan Chondrichthyes mulai dari mulut, faring, esophagus, lambung usus, rectum dan kloaka. Kloaka ialah lubang keluar sistem pencernaan. Sistem ekskresi dan sistem reproduksi, lubang hidung berpasangan dan berfungsi untuk indra penciuman. Alat kelamin yang terpisah dan fertilisasi terjadi secara eksternal atau internal. Chondrichthyes bersifat ovipar atau ovovivipar, contoh Chondrichthyes ialah ikan hiu ( *Squalus* sp ), ikan pari ( *Makararaja* sp ), pari listrik ( *Torpedo marmorata* ), pari macam ( *Taeniura lymma* ) dan *Chimaera* sp.

### 3. Osteichthyes



*Gambar 2.3 Ikan Osteichthyes*

Osteichthyes dalam bahasan Yunani Osten yang berarti tulang sedangkan ichthys yang berarti ikan. Osteichthyes hidup di air laut, air tawar dan juga rawa-rawa. Osteichthyes memiliki ukuran tubuh yang beragam antara 1 cm-6 m. Osteichthyes ialah ikan yang memiliki tulang sejati dengan endoskeleton yang mengandung matriks kalsium fosfat yang keras. Kulit yang ditutupi oleh sisik bertipe ganoid, sikloid atau stenoid, namun ada juga yang tidak bersisik. Otot tubuh yang bersegmen-segmen, mulut berahang dengan gigi dan lidah.

Osteichthyes bernapas dengan insang yang ditutupi dengan operculum ( tutup insang ), osteichthyes mempunyai gelembung renang dengan fungsi membantu pernapasan dan sebagai alat dalam hidrostatis yaitu menyesuaikan berat tubuh dengan kedalaman air. Darah yang memiliki warna pucat dengan kandungan eritrosit berinti dan leukosit. Osteichthyes memiliki limpa yang berwarna merah. Osteichthyes memiliki alat pencernaan yang lengkap mulai dari mulut, faring, esophagus, lambung, usus dan anus. Antara lambung dengan usus dipisahkan oleh katup.

Osteichthyes memiliki hati yang berukuran besar dan kantong empedu. Osteichthyes memiliki pankreas yang tidak jelas keberadaannya, alat ekskresi yang berupa sepasang ginjal yang berwarna kehitaman dan urine yang dikeluarkan melalui sinus urogenital. Alat indra yang berupa mata, telinga, saku olfaktorik pada moncong dan gurat sisi yang digunakan untuk mendeteksi adanya perubahan tekanan arus air. Alat kelamin terletak terpisah. Umumnya bersifat ovipar dan fertilisasi internal namun ada juga vivipar dan fertilisasi eksternal. Contohnya pada ikan perak ( *Cymatogaster aggregata* ).

Pada saat ini terdapat sekitar 300.000 spesies Osteichthyes yang teridentifikasi antara lain ikan mas koki ( *Carrasius auratus* ), ikan terbang ( *Cypselurus* sp ), kuda laut ( *Hippocampus* sp ), ikan lele ( *Ameiurus melas* ), ikan gabus ( *Channa striata* ), ikan arwana ( *Osteoglossum bicirrhosum* ).

### **2.2.3 Jenis Ikan**

#### **1. Ikan Konsumsi**

Ikan konsumsi adalah jenis-jenis ikan yang lazim dikonsumsi sebagai pangan oleh manusia. Ikan konsumsi dapat dikelompokkan berdasarkan habitat hidup jenis-jenis ikan yaitu dari laut dan dari perairan di darat. Contoh dari ikan konsumsi yaitu ikan lele, ikan gurami, ikan kakap, ikan mas, dan lain sebagainya.



*Gambar 2.4 Salah Satu Contoh Ikan Konsumsi*

## 2. Ikan Hias

Ikan hias adalah jenis ikan baik yang berhabitat di air tawar maupun di laut yang dipelihara bukan untuk konsumsi melainkan untuk memperindah taman/ruang tamu. Contoh ikan hias yaitu ikan cupang, ikan arwana, ikan mas koki, ikan koi, ikan alligator, ikan guppy, ikan louhan, dan lain sebagainya.



*Gambar 2.5 Salah Satu Contoh Ikan Hias*

### 2.2.4 Kandungan Gizi Ikan

Kandungan Ikan kaya akan manfaat karena merupakan sumber protein bagi tubuh. Selain itu ternyata ikan juga mengandung berbagai zat yang sangat

bermanfaat bagi kesehatan. Kandungan zat gizi yang terdapat pada ikan segar dan manfaatnya antara lain:

1. Omega 3, untuk proses perkembangan otak pada janin dan penting untuk perkembangan fungsi syaraf dan penglihatan bayi.
  2. Mengandung serat protein yang pendek sehingga mudah di cerna.
  3. Kaya akan asam amino seperti taurin untuk merangsang pertumbuhan sel otak balita.
  4. Vitamin A dalam minyak hati ikan untuk mencegah kebutaan pada anak.
  5. Vitamin D dalam daging dan minyak hati ikan untuk pertumbuhan dan kekuatan tulang.
  6. Vitamin B6 untuk membantu metabolisme asam amino dan lemak serta mencegah anemia dan kerusakan syaraf.
  7. Vitamin B12 untuk pembentukan sel darah merah, membantu metabolisme lemak, dan melindungi jantung juga kerusakan syaraf.
  8. Zat besi yang mudah di serap oleh tubuh.
- Yodium untuk mencegah terjadinya penyakit gondok dan hambatan pertumbuhan anak.
9. Selenium untuk membantu metabolisme tubuh dan sebagian anti oksidan yang melindungi tubuh dari radikal bebas.
  10. Seng yang membantu kerja enzim dan hormon.
  11. Fluor yang berperan dalam menguatkan dan menyehatkan gigi anak.

Kandungan ikan kaya akan manfaat akan lebih optimal jika dalam bentuk daging ikan segar sehingga kandungan gizi dalam ikan tetap untuk mendapatkan kandungan ikan yang kaya akan manfaat.

### **2.3 Kolam Ikan Jaring Terapung**

Di era serba modern seperti saat ini, budidaya ikan tidak lagi membutuhkan tempat yang luas untuk dijadikan kolam pemeliharaan. Pasalnya, para pembudidaya lebih memilih menggunakan keramba jaring apung daripada memelihara dengan cara konvensional [6]. Keramba jaring apung merupakan sarana pemeliharaan ikan yang menggunakan jaring sebagai bagian utamanya.

Dengan menggunakan jaring apung, pemeliharaan ikan bisa dilakukan di laut atau pun media air tawar seperti danau atau waduk, yang memiliki kedalaman lebih dibandingkan sungai atau tambak. Alasan sederhana pembudidaya memilih keramba jaring apung yaitu sirkulasi air yang tetap terjaga karena langsung dari laut, danau, atau waduk sebagai media pemeliharaan. Kegiatan membersihkan jaring tidak terlalu sulit, sampai urusan memanen ikan yang sangat praktis.

Berbeda dengan cara konvensional atau di kolam tanah liat, pembudidaya harus terus menjaga kandungan oksigen agar tetap tersedia pada air. Selain itu, kolam tanah liat cukup rentan dengan berbagai macam serangan penyakit. Pemanenan ikan pun dilakukan secara manual, yaitu menggiring ikan dengan alat bambu yang dilakukan minimal oleh dua orang sehingga lebih sulit dibandingkan memanen ikan di kolam jaring apung.

Keramba jaring apung yang ada saat ini kebanyakan berupa jaring yang diikatkan pada pelampung yang terbuat dari drum atau gentong bekas. Para petani ikan menebarkan benih ikan pada awal masa pemeliharaan hingga saat panen tiba.

Komponen keramba jaring apung sendiri terdiri dari kerangka, pelampung, kantong jaring, bangunan pendukung, pemberat jaring, dan jangkar. Kerangka merupakan pondasi, tempat pemasangan kantong jaring dan sarana pendukung budidaya. Kerangka dapat dibuat dari bambu, balok kayu, besi (pipa atau siku).

Kantong jaring merupakan komponen penting dalam satu rangkaian kolam jaring apung. Ukuran mata jaring yang digunakan disesuaikan dengan ukuran ikan yang dipelihara. Jenis bahan yang digunakan untuk pembuatan kantong jaring, yakni hapa dan waring, masing-masing memiliki ukuran mata berbeda.

Hapa adalah anyaman senar plastik monofilamen kecil tanpa simpul dengan ukuran mata 2 cm. Sementara benang waring berukuran lebih besar dengan ukuran mata 5 cm. Kantong hapa dan waring dibuat dengan cara dijahit dan keduanya digunakan untuk pendederan. Bahkan, hapa juga bisa digunakan untuk pembenihan.

Selain kerangka dan kantong jaring, ada pelampung. Pelampung yang digunakan pada KJA kebanyakan adalah drum-drum plastik. Pelampung berfungsi sebagai tempat peletakan kerangka dan juga ponton penyeberangan. Hal yang harus

diperhatikan, fasilitas pendukung seperti rumah penjaga, gudang, serta ponton penyeberangan.

Pemberat jaring dimaksudkan untuk merentangkan jaring ke arah vertikal dan horizontal. Pemberat jaring biasanya memiliki berat kurang-lebih 5 kg dan digantung di bagian luar jaring, di setiap pojok dan tengah dengan jarak sekitar 1,5 meter.

Adapun jangkar yang dilengkapi dengan pemberat sekitar 2 x 50 kg dipasang sebanyak kebutuhan untuk menjaga posisi jaring apung di perairan. Jangkar dan pemberat dihubungkan dengan tali plastik berdiameter sekitar 2 cm dengan panjang berkisar 1,5 meter kedalaman air. Jangkar dilabuh agak miring pada setiap pojok.

### **2.3.1 Ragam Jenis Keramba Jaring Terapung**

Secara prinsip, semua bahan pembuatan kolam jaring apung hampir sama. Namun, bentuk dan ukurannya saja yang berbeda karena disesuaikan dengan kebutuhan. Ada beberapa tipe atau jenis keramba jaring apung yang saat ini digunakan para pembudidaya, yaitu keramba jaring apung bundar, kotak, dan oktagonal.

#### **1. Keramba Jaring Apung Bulat**

Seperti namanya, keramba ini berbentuk bulat dengan diameter 10 hingga 50 meter, tergantung kebutuhan. Keramba jenis ini biasa digunakan pembudidaya di laut. Namun, ada beberapa pembudidaya yang menggunakannya di waduk atau danau karena memiliki kedalaman yang cukup dan area yang luas. Keramba berukuran 20 meter ke atas dirancang khusus untuk budidaya berskala besar. Jenis ikan yang biasa dipelihara pada keramba ukuran ini seperti ikan kakap putih atau barramundi, kerapu, dan berbagai jenis ikan tuna.

Keramba jaring apung bulat dengan diameter berkisar 8—15 meter, yang dirancang untuk budidaya industri kecil dan menengah. Jenis keramba dengan ukuran ini juga bisa digunakan untuk budidaya ikan laut seperti ikan kakap putih dan ikan bawal bintang. Selain itu juga digunakan untuk budidaya ikan air tawar seperti ikan mas (carp) dan ikan nila (nile tilapia).

## 2. Keramba Jaring Kotak

Keramba jenis ini banyak digunakan di media air tawar, misalnya danau atau waduk. Bentuknya yang berupa kotak berpetak-petak memungkinkan pembudidaya memelihara berbagai jenis ikan dalam satu blok keramba. Jenis ikan yang dibudidaya dalam keramba ini seperti ikan nila, ikan mas, ikan lele, ikan bandeng, dan jenis lainnya. Tidak menutup kemungkinan penggunaan keramba jenis ini di laut.

Budidaya ikan keramba jaring apung merupakan salah satu cara budidaya pembesaran ikan yang efisien dan efektif. Model sistem budidaya ini telah terbukti lebih efisien, baik secara teknis maupun ekonomis. Dengan luasan media yang sempit, pembudidaya bisa melipat gandakan hasil panen ikan tanpa harus menambah biaya yang besar. Pola yang di pakai adalah mengintensifkan pola budidaya ikan tersebut. Meskipun berbiaya tinggi, keuntungan yang diperoleh pun lebih tinggi.

3. Keramba jaring apung oktagonal merupakan jenis lain dari kolam jaring apung. Keramba ini memberikan volume budidaya ikan yang jauh lebih besar dibanding keramba jaring apung bulat dan kotak sehingga cocok digunakan untuk memelihara ikan-ikan perenang cepat seperti ikan bandeng, ikan bawal bintang, dan kakap putih. kolam jaring apung jenis ini didesain kuat dan lentur sehingga mampu menghadapi ombak laut hingga ketinggian 2 hingga 3 meter. Alat apung dan komponen-komponen kolam jaring apung Oktagonal biasanya terbuat dari bahan Prime Grade Polyethylene (PE) dengan anti-UV yang ramah lingkungan. Tidak menggunakan styrofoam atau bahan yang mencemari lingkungan, baik di dalam maupun di luar alat apung.

Kolam jaring apung Oktagonal juga menggunakan sistem *Completely Knock Down*, terdiri dari alat apung dan komponen-komponen yang dapat dirangkai menjadi keramba yang utuh dan dapat dibongkar kembali dengan mudah tanpa merusak keramba. Dengan begitu, pembudidaya dimudahkan saat ingin memindahkan lokasi budidayanya.

### **2.3.2 Teknis Budidaya**

Kolam Ikan Jaring Apung menggunakan sistem double layer (jaring ganda) artinya pada satu luasan kolam terdapat 2 atau lebih jaring untuk jenis ikan yang berbeda tetapi saling mendukung. dalam hal ini kami menggunakan ikan mas sebagai produk utama yang di kembangkan di jaring bagian atas, sedangkan jaring kolor (jaring bagian bawah) di pelihara ikan nila, bisa juga ikan patin/jambal dan bahkan bisa gabungan keduanya nila dan patin.

Pemilihan ikan nila sebagai produk sekunder adalah karena tidak memerlukan pakan khusus, ikan nila bisa mencapai pertumbuhan cukup baik dengan hanya memakan sisa – sisa pakan yang tidak termanfaatkan/ tidak dikonsumsi dari ikan ikan mas yang ada di atasnya, selain itu ikan nila dapat memakan lumut lumut yang ada di jaring, dua keuntungan sekaligus yaitu membersihkan jaring dan meningkatkan hasil. Umumnya ikan mas ditanam pada jaring ukuran 7 X 7 m dengan padat tebar 8.000 – 10.000 ekor, diberi pakan pelet 4-5 kali perhari. Biasanya untuk mencapai ukuran konsumsi masa tanam sekitar 2,5 – 3 bulan tergantung ukuran ikan yang di kehendaki.

Berbeda dengan ikan nila yang di tanam di jaring kolor dengan ukuran 14 X 14 m dengan masa tanam 6-7 bulan. Ikan nila tidak diberi perlakuan pakan khusus, hanya saja terkadang suka di beri tambahan pakan yang berasal dari bahan bahan / limbah pertanian lokal seperti singkong, mie ataupun roti.

Selain ikan nila, jaring kolor juga dapat di gunakan untuk ikan patin, sama seperti nila, patin juga tidak memerlukan perlakuan pakan khusus, kecuali jika ingin mempercepat masa panen. sebab patin termasuk lambat pertumbuhannya jika tidak di beri pakan khusus, satu masa tanam bisa mencapai 12 bulan.

Ada teknik khusus untuk mensiati hal itu sebenarnya, yaitu dengan menggabungkan ikan nila dan patin dalam satu jaring kolor. jadi dalam satu tahun bisa panen tiga kali ikan mas, dua kali ikan nila dan satu kali ikan patin, tanpa ada penambahan biaya yang terlalu signifikan.

### **2.3.3 Teknis Panen**

Kolam jaring apung menggunakan jaring jadi panennya tidak terlalu sulit tinggal angkat, tarik, dan gulung begitu metode panennya. Pertama jaring di angkat dengan menggunakan bambu panjang yang besar dan kuat, bambu di masukkan atau di letakkan di bawah jaring yang akan di panen lalu di tarik kepermukaan setelah itu didorong atau digeser ke sisi dimana ikan akan ditimbang dan di kemas.

Setelah di gorok (istilah untuk proses tadi) dilakukan penyortiran ikan, penyortiran ini di perlukan untuk memisahkan ikan berdasarkan ukuran, sehingga akan memudahkan pada saat pengemasan nantinya, selain itu juga untuk membersihkan dari ikan - ikan.

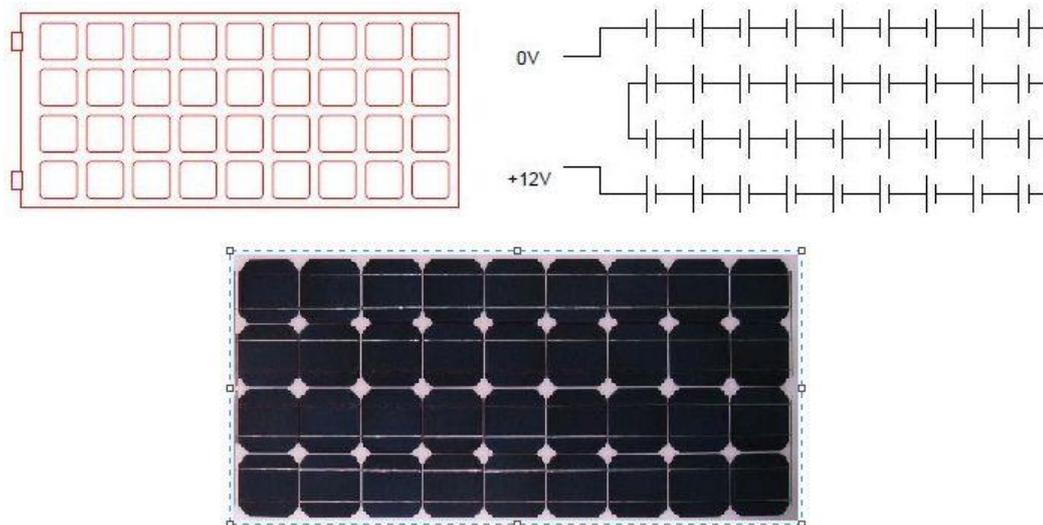
Pemilihan ikan, penggorokan jaring dan penyortiran semuanya dilakukan pada pagi hari sebelum matahari tinggi dan sebelum ikan dikasih makan, hal ini untuk menjaga agar tidak terjadi kematian pada saat pengangkutan ikan dari kolam ke konsumen.

Penimbangan dan pengepakan ikan kedalam kantong - kantong plastik beroksigen (istilahnya di balon) dilakukan pada saat sore atau malam hari, ketika cuaca sudah teduh sehingga ikan tidak mengalami tekanan panas dalam perjalanan.

## **2.4 Panel Surya**

Panel Surya adalah suatu komponen yang dapat digunakan untuk mengubah energi cahaya matahari menjadi energi listrik dengan menggunakan prinsip yang disebut efek photovoltaic [7]. Efek photovoltaic itu sendiri adalah suatu fenomena di mana muncul tegangan listrik karena adanya suatu hubungan atau kontak dari dua elektroda, dimana keduanya dihubungkan dengan sistem padatan atau cairan saat mendapatkan energi cahaya. Oleh karena itulah, panel surya sering disebut juga dengan sel photovoltaic (PV). Efek photovoltaic ini ditemukan pertama kali oleh Henri Becquerel ([wikipedia.org](http://wikipedia.org)) pada tahun 1839. Pada dasarnya, panel surya ini merupakan dioda foto yang mempunyai permukaan yang sangat besar. Permukaan panel surya yang luas, mampu menjadikan perangkat panel surya ini lebih sensitif terhadap cahaya yang masuk dan juga menghasilkan tegangan dan arus yang lebih kuat dari dioda foto pada umumnya. Contohnya, sebuah panel surya yang terbuat

dari semikonduktor silikon saat terkena cahaya matahari mampu menghasilkan tegangan sebesar 0,5V dan arus sebesar 0,1A.



*Gambar 2.6 Modul surya biasanya terdiri dari 28-36 sel surya yang dirangkai seri untuk memperbesar total daya output.*

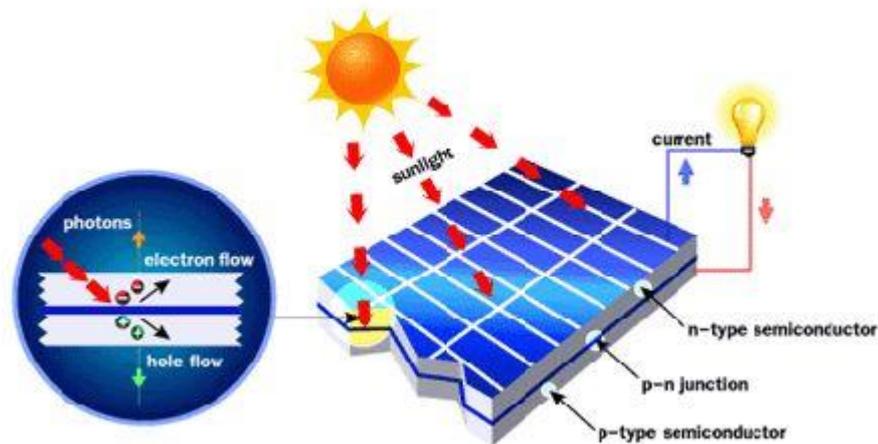
Beberapa hal yang dapat mempengaruhi performa dari panel surya adalah bahan pembuatnya, resistansi beban, intensitas cahaya matahari, dan suhu atau temperatur. Hal-hal tersebut perlu diperhatikan. Saat ini, banyak yang telah mengaplikasikan perangkat panel surya ini ke berbagai jenis penggunaan. Perangkat panel surya ini sering kita jumpai sebagai sumber listrik untuk kalkulator, mainan, pengisi baterai hingga ke pembangkit listrik.

#### **2.4.1 Prinsip Kerja Panel Surya**

Sinar matahari tersusun dari partikel kecil yang disebut dengan foton. Ketika terkena sinar matahari, foton yang merupakan partikel dari sinar matahari tersebut menabrak atom semikonduktor silikon solar cell, sehingga menimbulkan energi yang cukup besar untuk memisahkan elektron dari struktur atomnya.

Elektron yang terpisah dan bermuatan negatif tersebut akan bergerak pada daerah konduksi dari material semikonduktor. Pada atom yang kehilangan elektron, maka akan terjadi kekosongan pada strukturnya, kekosongan tersebut dinamakan dengan hole. Hole ini memiliki muatan positif. Jika terdapat elektron bebas yang bersifat negatif, maka akan berperan sebagai pendonor elektron, hal ini disebut juga

dengan semikonduktor tipe-n. Sedangkan daerah semikonduktor dengan hole yang bermuatan positif dan juga bertindak sebagai penerima elektron disebut dengan semikonduktor tipe-p [8].



Gambar 2.7 Ilustrasi cara kerja sel surya dengan prinsip p-n junction

Di antara daerah positif dan negatif, atau yang bisa dikenal dengan PN Junction, akan muncul energi yang mendorong elektron dan hole untuk bergerak ke arah yang berlawanan. Elektron akan bergerak menjauhi daerah negatif, karena elektron ini bermuatan negatif. Sedangkan hole akan bergerak menjauhi daerah positif. Ketika diberikan sebuah beban berupa lampu maupun perangkat listrik lainnya di antara PN Junction ini, maka akan menimbulkan arus listrik yang nantinya bisa dimanfaatkan.

#### 2.4.2 Rangkaian dan Struktur Panel Surya

Sama halnya dengan baterai, solar cell ternyata juga dapat dirangkai secara seri maupun paralel. Umumnya, setiap solar cell mampu menghasilkan tegangan sekitar 0,45 – 0,5 V dan arus listrik yang mampu dihasilkan adalah sebesar 0,1 A. Hal ini dapat terjadi pada saat solar cell menerima cahaya yang terang. Hal seperti ini sama dengan baterai, panel surya yang disusun secara seri mampu meningkatkan tegangan atau voltage. Sedangkan solar cell yang disusun dengan rangkaian paralel, mampu meningkatkan arus atau *current*.

Sesuai dengan perkembangan sains dan teknologi, jenis-jenis teknologi sel surya pun berkembang dengan berbagai inovasi. Ada yang disebut sel surya

generasi satu, dua, tiga dan empat, dengan struktur atau bagian-bagian penyusun sel yang berbeda. Struktur dan cara kerja dari sel surya yang umum berada dipasaran saat ini yaitu sel surya berbasis material silikon yang juga secara umum mencakup struktur dan cara kerja sel surya generasi pertama (sel surya silikon) dan kedua (thin film/lapisan tipis). Secara umum terdiri dari :

#### 1. Substrat/Metal backing

Substrat adalah material yang menopang seluruh komponen sel surya. Material substrat juga harus mempunyai konduktifitas listrik yang baik karena juga berfungsi sebagai kontak terminal positif sel surya, sehingga umumnya digunakan material metal atau logam seperti aluminium atau molybdenum. Untuk sel surya dye-sensitized (DSSC) dan sel surya organik, substrat juga berfungsi sebagai tempat masuknya cahaya sehingga material yang digunakan yaitu material yang konduktif tapi juga transparan seperti indium tin oxide (ITO) dan flourine doped tin oxide (FTO).

#### 2. Material semikonduktor

Material semikonduktor merupakan bagian inti dari sel surya yang biasanya mempunyai tebal sampai beberapa ratus mikrometer untuk sel surya generasi pertama (silikon), dan 1-3 mikrometer untuk sel surya lapisan tipis. Material semikonduktor inilah yang berfungsi menyerap cahaya dari sinar matahari. Untuk kasus gambar diatas, semikonduktor yang digunakan adalah material silikon, yang umum diaplikasikan di industri elektronik. Sedangkan untuk sel surya lapisan tipis, material semikonduktor yang umum digunakan dan telah masuk pasaran yaitu contohnya material  $\text{Cu(In,Ga)(S,Se)}_2$  (CIGS), CdTe (kadmium telluride), dan amorphous silikon, disamping material-material semikonduktor potensial lain yang dalam sedang dalam penelitian intensif seperti  $\text{Cu}_2\text{ZnSn(S,Se)}_4$  (CZTS) dan  $\text{Cu}_2\text{O}$  (copper oxide). Bagian semikonduktor tersebut terdiri dari junction atau gabungan dari dua material semikonduktor yaitu semikonduktor tipe-p (material-material yang disebutkan diatas) dan tipe-n (silikon tipe-n, CdS,dll) yang membentuk p-n junction. P-n junction ini menjadi kunci dari prinsip kerja sel surya. Pengertian semikonduktor tipe-p, tipe-n, dan juga prinsip p-n junction dan sel surya akan dibahas dibagian “cara kerja sel surya”.

### 3. Kontak metal / contact grid

Selain substrat sebagai kontak positif, diatas sebagian material semikonduktor biasanya dilapiskan material metal atau material konduktif transparan sebagai kontak negatif.

### 4.Lapisan antireflektif

Refleksi cahaya harus diminimalisir agar mengoptimalkan cahaya yang terserap oleh semikonduktor. Oleh karena itu biasanya sel surya dilapisi oleh lapisan anti-refleksi. Material anti-refleksi ini adalah lapisan tipis material dengan besar indeks refraktif optik antara semikonduktor dan udara yang menyebabkan cahaya dibelokkan ke arah semikonduktor sehingga meminimumkan cahaya yang dipantulkan kembali.

### 5.Enkapsulasi / cover glass

Bagian ini berfungsi sebagai enkapsulasi untuk melindungi modul surya dari hujan atau kotoran.

## 2.4.3 Jenis-Jenis Panel Surya

### 1. Monocrystalline Silicon

Dari jenis panel surya yang pertama adalah *Monocrystalline Silicon*. Panel surya tipe ini menggunakan material silikon sebagai bahan utama penyusun sel surya [9]. Material silikon ini diiris tipis menggunakan teknologi khusus. Dengan digunakannya teknologi inilah, kepingan sel surya yang dihasilkan akan identik satu sama lainnya dan juga memiliki kinerja tinggi. Tipe panel surya ini menggunakan sel surya jenis crystalline tunggal yang memiliki efisiensi yang tinggi. Secara fisik, tipe panel surya ini dapat dikenali dari warna sel hitam gelap dengan model terpotong pada tiap sudutnya.

### 2. Polycrystalline

Jenis panel surya ini terbuat dari beberapa batang kristal silikon yang dicairkan, setelah itu dituangkan dalam cetakan yang berbentuk persegi. Kristal silikon dalam jenis panel surya ini tidak sempurna pada sel surya monocrystalline. Jadi, sel surya yang dihasilkan tidak identik antara satu sama lainnya. Efisiensinya pun lebih rendah dari monocrystalline.



berbagai mesin atau teknologi lainnya yang semuanya tersambung ke jaringan lokal maupun global lewat sensor yang tertanam dan selalu menyala aktif. Jadi, sederhananya istilah *Internet of Things* ini mengacu pada mesin atau alat yang bisa diidentifikasi sebagai representasi virtual dalam strukturnya yang berbasis Internet.

### **2.5.1 Sejarah dan Perkembangannya**

Menurut (Burange & Misalkar, 2015) Internet of Things (IOT) adalah struktur di mana objek, orang disediakan dengan identitas eksklusif dan kemampuan untuk pindah data melalui jaringan tanpa memerlukan dua arah antara manusia ke manusia yaitu sumber ke tujuan atau interaksi manusia ke komputer.

Internet of Things merupakan perkembangan keilmuan yang sangat menjanjikan untuk mengoptimalkan kehidupan berdasarkan sensor cerdas dan peralatan pintar yang bekerjasama melalui jaringan internet (Keoh, Kumar, & Tschofenig, 2014).

*Internet of Things* ini adalah teknologi canggih yang mampu melakukan transfer data lewat jaringan dengan interaksi yang mudah, masa depan dari pengembangannya jadi sangat menjanjikan. Kehidupan manusia sehari-harinya bisa dioptimalkan dan dipermudah dengan sensor cerdas dan peralatan pintar yang berbasis internet ini.

Awalnya, internet itu sendiri mulai terkenal di tahun 1989. Lalu pada tahun 1990, seorang peneliti bernama John Romkey membuat suatu perangkat yang kala itu tergolong canggih. Perangkatnya adalah pemanggang roti yang bisa dinyalakan atau juga dimatikan lewat internet. Kemudian di tahun 1994, seseorang bernama Steve Mann menciptakan WearCam, dan pada tahun 1997-nya si Paul Saffo menjelaskan secara singkat mengenai penemuannya soal teknologi sensor dan masa depannya nanti. Barulah di tahun 1999 Kevin Ashton membuat konsep Internet of Things. Kevin adalah Direktur Auto IDCentre dari MIT.

Di tahun yang sama, yaitu 1999, ditemukan mesin yang sistemnya berbasis Radio Frequency Identification (RFID) secara global. Nah, penemuan inilah yang jadi awal kepopuleran dari konsep IoT. Orang-orang, terutama pakar teknologi jadi

berlomba-lomba mengembangkan teknologinya sesuai konsep IoT. Lalu, di tahun 2000, brand ternama LG mengumumkan rencananya untuk membuat dan merilis teknologi IoT yaitu lemari pintar. Lemari pintar ini mampu menentukan apakah ada stok makanan yang perlu diisi ulang dalam lemarnya.

Kemudian, di tahun 2003, RFID yang sebelumnya telah disebutkan, mulai ditempatkan pada posisi penting dalam masa pengembangan teknologi di Amerika, melalui Program Savi. Pada tahun yang sama pula, perusahaan ritel raksasa Walmart mulai menyebarkan RFID di semua cabang tokonya yang tersedia di berbagai belahan dunia.

### **2.5.2 Cara Kerja Internet of Things**

Cara kerja dari IoT yaitu setiap benda harus memiliki sebuah alamat Internet Protocol (IP). Alamat Internet Protocol (IP) adalah sebuah identitas dalam jaringan yang membuat benda tersebut bisa diperintahkan dari benda lain dalam jaringan yang sama. Selanjutnya, alamat Internet Protocol (IP) dalam benda-benda tersebut akan dikoneksikan ke jaringan internet [11].

Saat ini koneksi internet sudah sangat mudah didapatkan. Dengan demikian pengguna dapat memantau benda bahkan memberi perintah (remote control) kepada benda tersebut dengan koneksi internet. Setelah sebuah benda memiliki alamat IP dan terkoneksi dengan internet, pada benda tersebut juga dipasang sebuah sensor. Sensor pada benda memungkinkan benda tersebut memperoleh informasi yang dibutuhkan. Setelah memperoleh informasi, benda tersebut dapat mengolah informasi itu sendiri, bahkan berkomunikasi dengan benda-benda lain yang memiliki alamat IP dan terkoneksi dengan internet juga. Terjadi pertukaran informasi dalam komunikasi antara benda-benda tersebut. Setelah pengolahan informasi selesai, benda tersebut dapat bekerja dengan sendirinya, atau bahkan memerintahkan benda lain juga untuk ikut bekerja. Hal ini merupakan kelebihan dari IoT. Contoh remote control dengan konsep IoT dimasa yang akan datang, teknologi voice command dapat dimanfaatkan di perkantoran. Kondisi perangkat yang dipakai dalam bentuk monitor dapat dilihat, yang merupakan awal dari perkembangan teknologi yang dapat dipakai dan otomatisasi di kantor. Mungkin di

masa yang akan datang teknologi bisa dipakai untuk memantau, dan memerintahkan peralatan kantor untuk konservasi energi yang optimal.

IoT mampu menghubungkan miliaran atau triliun benda-benda yang memiliki IP melalui internet, sehingga ada kebutuhan kritis akan arsitektur berlapis fleksibel. Semakin banyak jumlah arsitektur yang diajukan belum terkonvergensi menjadi model referensi. Sementara itu, ada beberapa proyek seperti Internet of Things (IoT-A) yang mencoba merancang arsitektur bersama berdasarkan analisis kebutuhan peneliti dan industri.

Teknologi nirkabel mewakili daerah pertumbuhan dan kepentingan yang berkembang pesat untuk menyediakan akses ke jaringan yang ada di berbagai tempat. WLAN berdasarkan standar IEEE 802.11 sedang diimplementasikan terus-menerus di rumah dan Broadband Wireless (BW) juga merupakan teknologi nirkabel yang sedang berkembang yang bersaing dengan Digital Subscriber Line (DSL). Menurut Armando Roy Delgado et al., secara logis tentang pengelolaan data dengan menggunakan salah satu element IoT yaitu remote control seperti pada Gambar 1. Tetapi teknologi nirkabel dalam otomasi harus dilaksanakan dengan hati-hati .

Beberapa elemen IoT seperti RFID (Radio Frequency Identification), WSN (Wireless Sensor Network), WPAN (Wireless Personal Area Network), WBAN (Wireless Body Area Network), HAN (Home Area Network), NAN (Neighborhood Area Network), M2M (Machine to Machine), CC (Cloud Computing), dan DC (Data Center) memiliki pengaruh dalam kehidupan seperti proses penginderaan IoT berarti mengumpulkan data dari benda-benda terkait di dalam jaringan dan mengirimkannya kembali ke warehouse, database atau cloud. Elemen IoT ini merupakan bagian dari Internet Communication Technology untuk melakukan identifikasi, penginderaan, komunikasi dan perhitungan.

## **2.6 Analisis Kebutuhan Fungsional**

Analisis kebutuhan fungsional akan dimulai setelah tahap analisis terdapat sistem selesai dilakukan, analisis kebutuhan fungsional dapat didefinisikan sebagai penggambaran, perencanaan dan pembuatan sketsa atau pengaturan dari beberapa elemen yang terpisah kedalam satu kesatuan yang utuh dan berfungsi. Pemodelan

sistem dilakukan menggunakan UML (*Unified Modelling Language*) dimana tahap-tahap pemodelan dalam analisis tersebut antara lain *Use Case Diagram*, *Use Case Scenario*, *Activity diagram*, *Class diagram* dan *Sequence diagram*.

Tahapan ini menyangkut konfigurasi dari komponen-komponen perangkat lunak dan perangkat keras dari suatu sistem sehingga setelah instalasi dari sistem akan benar-benar memuaskan dari rancang bangun yang telah ditetapkan pada akhir tahap analisis sistem. Untuk menjelaskan bagaimana suatu masukan diproses pada sistem maka digunakan pada spesifikasi proses dan kamus data untuk mengetahui aliran data yang mengalir pada sistem.

### **2.6.1 UML (Unified Modeling Language)**

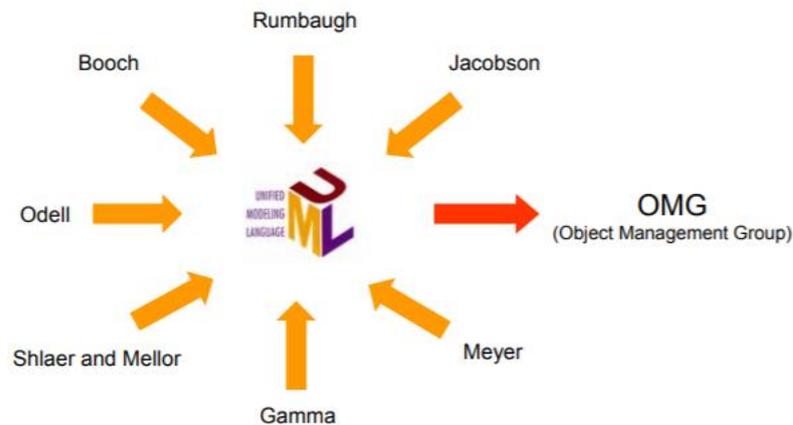
UML merupakan singkatan dari *Unified Modelling Language* yaitu suatu metode permodelan secara visual untuk sarana perancangan sistem berorientasi objek, atau definisi UML yaitu sebagai suatu bahasa yang sudah menjadi standar pada visualisasi, perancangan dan juga pendokumentasian sistem software [12]. Saat ini UML sudah menjadi bahasa standar dalam penulisan blue print software.

*Unified Modelling Language* (UML) adalah sebuah bahasa yg telah menjadi standar dalam industri untuk visualisasi, merancang dan mendokumentasikan sistem piranti lunak. UML menawarkan sebuah standar untuk merancang model sebuah sistem.

Dengan menggunakan UML kita dapat membuat model untuk semua jenis aplikasi piranti lunak, dimana aplikasi tersebut dapat berjalan pada piranti keras, sistem operasi dan jaringan apapun, serta ditulis dalam bahasa pemrograman apapun. Tetapi karena UML juga menggunakan class dan operation dalam konsep dasarnya [13], maka ia lebih cocok untuk penulisan piranti lunak dalam bahasa-bahasa berorientasi objek seperti C++, Java, C# atau VB.NET. Walaupun demikian, UML tetap dapat digunakan untuk modeling aplikasi prosedural dalam VB atau C.

Seperti bahasa-bahasa lainnya, UML mendefinisikan notasi dan syntax/semantik. Notasi UML merupakan sekumpulan bentuk khusus untuk menggambarkan berbagai diagram piranti lunak. Setiap bentuk memiliki makna tertentu, dan UML syntax mendefinisikan bagaimana bentuk-bentuk tersebut dapat

dikombinasikan. Notasi UML terutama diturunkan dari 3 notasi yang telah ada sebelumnya: Grady Booch OOD (Object-Oriented Design), Jim Rumbaugh OMT (Object Modeling Technique), dan Ivar Jacobson OOSE (Object-Oriented Software Engineering).



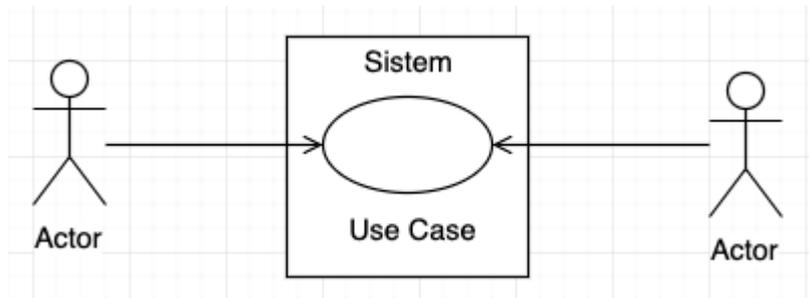
*Gambar 2.9 Unified Modelling Language (UML)*

Dimulai pada bulan Oktober 1994 Booch, Rumbaugh dan Jacobson, yang merupakan tiga tokoh yang boleh dikata metodologinya banyak digunakan memelopori usaha untuk penyatuan metodologi pendesainan berorientasi objek. Pada tahun 1995 direlease draft pertama dari UML (versi 0.8). Sejak tahun 1996 pengembangan tersebut dikoordinasikan oleh Object Management Group (OMG – <http://www.omg.org>). Tahun 1997 UML versi 1.1 muncul, dan saat ini versi terbaru adalah versi 1.5 yang dirilis bulan Maret 2003. Booch, Rumbaugh dan Jacobson menyusun tiga buku serial tentang UML pada tahun 1999. Sejak saat itulah UML telah menjelma menjadi standar bahasa pemodelan untuk aplikasi berorientasi objek.

### **2.6.1.1 Use Case Diagram**

*Use case* diagram menggambarkan fungsionalitas/ pemodelan yang diharapkan dari sebuah sistem. *Use case* merepresentasikan sebuah interaksi antara aktor dengan sistem. Seorang/sebuah aktor adalah sebuah entitas manusia atau mesin yang berinteraksi dengan sistem untuk melakukan pekerjaan-pekerjaan tertentu. *Use case* merupakan sebuah pekerjaan tertentu, misalnya login ke sistem. *Use case* diagram dapat digunakan untuk :

1. Menyusun requirement sebuah sistem
2. Mengkomunikasikan rancangan dengan klien, dan
3. Merancang test case untuk semua fungsi yang ada pada sistem.

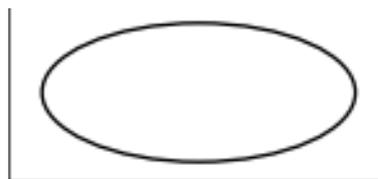


*Gambar 2.10 Use Case Diagram*

Berikut ini adalah bagian dari sebuah *use case* diagram:

a. *Use Case*

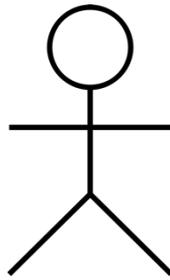
*Use case* adalah abstraksi dari interaksi antara sistem dengan *actor*. Oleh karena itu sangat penting untuk memilih abstraksi yang cocok. *Use case* dibuat berdasarkan keperluan *actor*. *Use case* harus merupakan ‘apa’ yang dikerjakan software aplikasi, bukan ‘bagaimana’ software aplikasi mengerjakannya. Setiap *use case* harus diberi nama yang menyatakan apa hal yang dicapai dari hasil interaksinya dengan *actor*. Nama *use case* boleh terdiri dari beberapa kata dan tidak boleh ada dua *use case* yang memiliki nama yang sama. Gambar 2.11 menunjukkan bentuk Use Case dalam UML.



*Gambar 2.11 Use Case*

b. *Actors*

*Actors* adalah abstraction dari orang dan sistem yang lain yang mengaktifkan fungsi dari target sistem. Orang atau sistem bisa muncul dalam beberapa peran. Bahwa *actor* berinteraksi dengan *use case*, tetapi tidak memiliki *control* atas *use case*. Gambar 2.12 menunjukkan bentuk *actor* dalam UML.



Gambar 2.12 Actor

c. Asosiasi / association

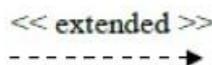
Asosiasi / association adalah komunikasi antara aktor dan *use case* yang berpartisipasi pada *use case* atau *use case* memiliki interaksi dengan aktor. Gambar 2.13 menunjukkan bentuk asosiasi dalam UML.



Gambar 2.13 Asosiasi / Association

d. Ekstensi / *Extend*

Relasi *use case* tambahan kesebuah *use case* dimana *use case* yang ditambahkan dapat berdiri sendiri walau tanpa *use case* tambahan itu. Mirip dengan prinsip *inheritance* pada pemograman berorientasi objek. Biasanya *use case* tambahan memiliki nama depan yang sama dengan *use case* yang ditambahkan, Gambar 2.14 menunjukkan bentuk ekstensi dalam UML.



Gambar 2.14 Ekstensi / *Extend*

e. Generalisasi / *generalization*

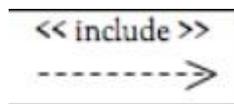
Generalisasi / *generalization* adalah hubungan generalisasi dan spesialisasi (umum – khusus) antara dua buah *use case* dimana fungsi yang satu adalah fungsi yang lebih umum dari yang lainnya. Gambar 2.15 menunjukkan bentuk generalisasi dalam UML.



Gambar 2.15 Generalisasi / Generalization

f. *Include*

*Include* adalah relasi *use case* tambahan ke sebuah *use case* dimana *use case* yang ditambahkan memerlukan *use case* ini untuk menjalankan fungsinya atau sebagai syarat dijalankan sebuah *use case*. Gambar 2.16 menunjukkan bentuk generalisasi dalam UML.



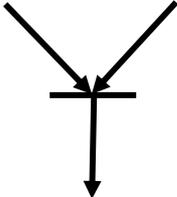
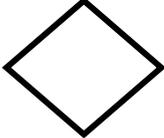
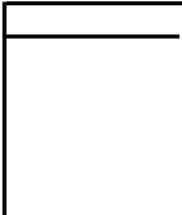
Gambar 2.16 *Include*

**2.6.1.2 Activity Diagram**

*Activity diagram* merupakan diagram yang menggambarkan *workflow* (aliran kerja) atau aktivitas dari sebuah sistem atau proses bisnis. *Activity diagram* juga digunakan untuk mendefinisikan urutan atau pengelompokan tampilan dari sistem/*user interface* dimana setiap aktivitas dianggap memiliki sebuah rancangan antar muka tampilan serta rancang menu yang ditampilkan pada perangkat lunak.

Tabel 2.1 *Activity Diagram*

Gambar	Keterangan
	<i>Start point</i> , diletakkan pada pojok kiri atas dan merupakan awal aktivitas.
	<i>End point</i> , akhir aktivitas
	<i>Activities</i> , menggambarkan suatu proses / kegiatan bisnis.
	<i>Fork</i> /percabangan, digunakan untuk menunjukkan kegiatan yang dilakukan secara paralel atau untuk

	menggabungkan dua kegiatan paralel menjadi satu.
	<i>Join</i> (penggabungan) atau <i>rake</i> , digunakan untuk menunjukkan adanya dekomposisi
	<i>Decision Points</i> , menggambarkan pilihan untuk pengambilan keputusan, <i>true</i> atau <i>false</i> .
	<i>Swimlane</i> , pembagian <i>activity diagram</i> untuk menunjukkan siapa melakukan apa.

### 2.6.1.3 Class Diagram

*Class Diagram* adalah gambaran struktur sistem dari pendefinisian kelas – kelas yang akan dibuat untuk membangun sistem [5]. *Class diagram* menggambarkan keadaan atribut/properti suatu sistem, sekaligus menawarkan layanan untuk memanipulasi keadaan tersebut (metoda/fungsi). Menggambarkan struktur dan deskripsi *class*, *package* dan objek beserta hubungan satu sama lain seperti *containment*, pewarisan, asosiasi, dan lain-lain.

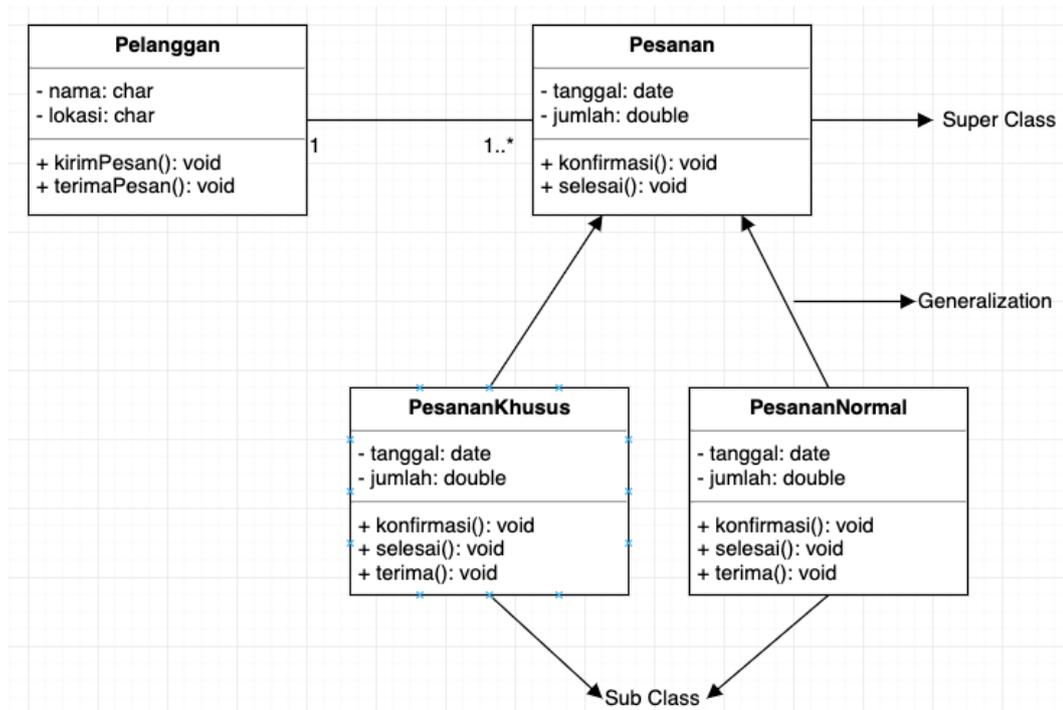
Class memiliki tiga area pokok :

1. Nama (dan *stereotype*)
2. Atribut
3. Metoda

Atribut dan metoda dapat memiliki salah satu sifat berikut :

1. Private, tidak dapat dipanggil dari luar class yang bersangkutan

2. Protected, hanya dapat dipanggil oleh class yang bersangkutan dan anak-anak yang mewarisinya
3. Public, dapat dipanggil oleh siapa saja



Gambar 2.17 Class Diagram

Class diagram mempunyai 3 relasi dalam penggunaannya, yaitu :

a. *Assosiation*

*Assosiation* adalah sebuah hubungan yang menunjukkan adanya interaksi antar class. Hubungan ini dapat ditunjukkan dengan garis dengan mata panah terbuka di ujungnya yang mengindikasikan adanya aliran pesan dalam satu arah.

b. *Generalization*

*Generalization* adalah sebuah hubungan antar class yang bersifat dari khusus ke umum.

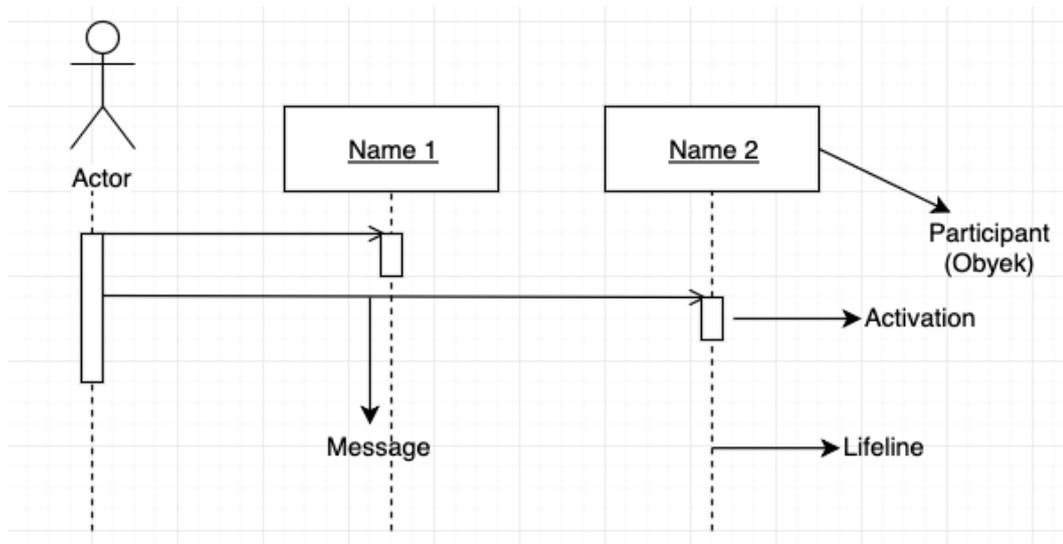
c. *Constraint*

*Constraint* adalah sebuah hubungan yang digunakan dalam sistem untuk memberi batasan pada sistem sehingga didapat aspek yang tidak fungsional.

### 2.6.1.4 Sequence Diagram

*Sequence diagram* yaitu salah satu jenis diagram pada UML yang menjelaskan interaksi objek yang berdasarkan urutan waktu, *sequence diagram*

juga dapat menggambarkan urutan atau tahapan yang harus dilakukan untuk dapat menghasilkan sesuatu seperti pada *use case* diagram. Banyaknya diagram sekuen yang harus digambar adalah minimal sebanyak pendefinisian *use case*.



Gambar 2.18 Sequence Diagram

Berikut ini merupakan komponen dalam *sequence diagram* :

a. *Activations*

Activations menjelaskan tentang eksekusi dari fungsi yang dimiliki oleh suatu objek.

b. *Actor*

Actor menjelaskan tentang peran yang melakukan serangkaian aksi dalam suatu proses.

c. *Collaboration boundary*

Collaboration boundary menjelaskan tentang tempat untuk lingkungan percobaan dan digunakan untuk memonitor objek.

d. *Parallel vertical lines*

Parallel vertical lines menjelaskan tentang suatu garis proses yang menunjuk pada suatu state.

e. *Processes*

Processes menjelaskan tentang tindakan/aksi yang dilakukan oleh aktor dalam suatu waktu.

f. *Window*

Window menjelaskan tentang halaman yang sedang ditampilkan dalam suatu proses.

g. *Loop*

Loop menjelaskan tentang model logika yang berpotensi untuk diulang beberapa kali.

## **2.7 Analisis Non Fungsional**

Analisis kebutuhan non-fungsional merupakan suatu analisis yang digunakan untuk pengspesifikasian kebutuhan sistem. Analisis kebutuhan non-fungsional terdiri dari kebutuhan perangkat keras, kebutuhan perangkat lunak serta analisis pengguna. Analisis ini diperlukan untuk menentukan keluaran yang akan dihasilkan oleh sistem, masukan yang diperlukan sistem, lingkup proses yang digunakan untuk mengolah masukan menjadi keluaran, volume data yang akan ditangani sistem, jumlah pemakai serta kontrol terhadap sistem.

### **2.7.1 Teknologi Mikrokontroler**

Mikrokontroler adalah sistem mikroprosesor lengkap yang terkandung di dalam sebuah chip. Mikrokontroler berbeda dari mikroprosesor serbaguna yang digunakan dalam sebuah PC, karena sebuah mikrokontroler umumnya telah berisi komponen pendukung sistem minimal mikroprosesor, yakni memori dan pemrograman *Input-Output*. Mikrokontroler dapat deprogram untuk melakukan penghitungan, menerima input dan menghasilkan output. Mikrokontroler mengandung sebuah inti prosessor, memori dan pemrograman *Input-Output*. Meskipun kecepatan pengolahan data dan kapasitas memori pada microcontroller jauh lebih kecil jika dibandingkan dengan komputer personal, namun kemampuan microcontroller sudah cukup untuk dapat digunakan pada banyak aplikasi terutama karena ukurannya yang kompak. Mikrokontroler sering digunakan pada sistem yang tidak terlalu kompleks dan tidak memerlukan kemampuan komputasi yang tinggi.

### 2.7.2 Smartphone

Smartphone adalah telepon pintar yang memiliki kemampuan seperti komputer. Smartphone diklasifikasikan sebagai high end mobile phone yang dilengkapi dengan kemampuan mobile computing. Dengan kemampuan mobile computing tersebut, smartphone memiliki kemampuan yang tak bisa dibandingkan dengan ponsel biasa. Smartphone yang pertama kali muncul merupakan kombinasi dari fungsi suatu personal digital assistant (PDA) dengan telepon genggam ataupun telepon dengan kamera. Seiring dengan perkembangannya, kini smartphone juga mempunyai fungsi sebagai media player portable, low end digital compact camera, pocket video camera dan GPS. Smartphone modern juga dilengkapi dengan layar touchscreen resolusi tinggi, browser yang mampu menampilkan full web seperti pada PC, serta akses data WiFi dan internet broadband.



*Gambar 2.19 Smartphone Samsung A5 2016*

### 2.7.3 Raspberry Pi

Raspberry Pi adalah sebuah SBC (Single Board Computer) seukuran kartu kredit yang dikembangkan oleh Yayasan Raspberry Pi di Inggris (UK) dengan maksud untuk memicu pengajaran ilmu komputer dasar di sekolah-sekolah. Raspberry Pi dikenalkan pada tahun 2012 dan memiliki Processor bernama Broadcom BCM2835 system on chip (SOC) yang telah memiliki ARM1176JZF-S00 MHz CPU, untuk Graphics telah disertakan VideoCore IV GPU, serta telah memiliki ram sebesar 256MB untuk model A, dan telah

ditingkatkan ke 512 MB untuk model B dan B+ pada generasi pertama. Sedangkan untuk generasi kedua Raspberry Pi, dimana diperkenalkan pada Februari 2015 memiliki Processor Broadcom BCM2836 SoC, dengan Processor quad-core ARM Cortex-A7 CPU dan sebuah VideoCore IV dual-core GPU; serta memiliki ram sebesar 1 GB. System on Chip yang dipakai oleh Raspberry Pi diciptakan oleh Boardcom, dan menggunakan arsitektur ARM. Arsitektur ARM merupakan arsitektur prosesor 32-bit RISC yang dikembangkan oleh ARM Limited. Dikenal sebagai Advanced RISC Machine dimana sebelumnya dikenal sebagai Acorn RISC Machine. Pada awalnya merupakan prosesor desktop yang sekarang didominasi oleh keluarga x86. Namun desain yang sederhana membuat prosesor ARM cocok untuk aplikasi berdaya rendah. Hal ini membuat prosesor ARM mendominasi pasar mobile electronic dan embedded sistem dimana membutuhkan daya dan harga yang rendah.



*Gambar 2.20 Raspberry Pi 4 Model B*

#### **2.7.4 Logitech Webcam C270**

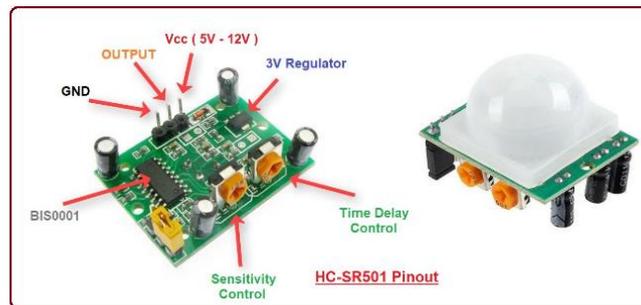
Logitech Webcam C270 adalah jenis kamera webcam dengan input USB. Kamera ini bisa digunakan pada raspberry pi 4. Berikut ini adalah gambar webcam logitech C270.



*Gambar 2.21 Logitech C270*

#### **2.7.5 Sensor PIR HC-SR501**

Sensor PIR merupakan sensor yang dapat mendeteksi pergerakan, dalam hal ini sensor PIR banyak digunakan untuk mengetahui apakah ada pergerakan manusia dalam daerah yang mampu dijangkau oleh sensor PIR. Sensor ini memiliki ukuran yang kecil, hanya membutuhkan daya yang kecil, dan mudah untuk digunakan. Oleh sebab itu, sensor ini banyak digunakan pada skala rumah maupun bisnis. Sensor PIR ini sendiri merupakan kependekan dari *Passive InfraRed* sensor [14]. Pada umumnya sensor PIR dibuat dengan sebuah sensor *pyroelectric* yang dapat mendeteksi tingkat radiasi infrared. Segala sesuatu mengeluarkan radiasi dalam jumlah sedikit, tapi semakin panas benda/mahluk tersebut maka tingkat radiasi yang dikeluarkan akan semakin besar. Sensor ini dibagi menjadi dua bagian agar dapat mendeteksi pergerakan bukan rata-rata dari tingkat infrared. Dua bagian ini terhubung satu sama lain sehingga jika keduanya mendeteksi tingkat infrared yang sama maka kondisinya akan LOW namun jika kedua bagian ini mendeteksi tingkat infrared yang berbeda (terdapat pergerakan) maka akan memiliki output HIGH dan LOW secara bergantian. Inilah mengapa sensor PIR dapat mendeteksi pergerakan manusia yang masuk pada jangkauan sensor PIR, hal ini disebabkan manusia memiliki panas tubuh sehingga mengeluarkan radiasi infrared.



Gambar 2.22 PIR Sensor HC-SR501

### 2.7.6 Modem Eksternal

Modem merupakan singkatan dari Modulator Demodulator yang memiliki arti, Modulator ( Pengubah signal informasi ke signal pembawa ) dan Demodulator ( Pemisah antara signal informasi ke signal pembawa ). Dengan demikian modem dapat diartikan sebagai sebuah perangkat komunikasi dua arah yang digunakan untuk untuk mengubah signal informasi kedalam bentuk signal pembawa (carrier) dan kemudian memisahkannya.

Perangkat yang satu ini mampu untuk mengubah data digital menjadi data analog dan sebaliknya. Komputer hanya dapat memproses data dalam bentuk digital, sedangkan telephone dan radio hanya dapat menerima signal analog. Dengan adanya modem maka perangkat komputer akan dapat berkomunikasi dengan perangkat telepon dan radio.

Pada umumnya modem digunakan untuk menghubungkan jaringan jarak jauh, seperti jaringan WAN, dan Internet. Dengan adanya perangkat ini akses internet menjadi lebih mudah dengan kualitas koneksi yang lebih baik dibandingkan dengan menggunakan gelombang radio.



Gambar 2.23 Modem Alcatel LK40

### 2.7.7 Solar Charge Controller

*Solar Charge Controller* adalah peralatan elektronik yang digunakan untuk mengatur arus searah (DC) yang diisi ke baterai dan diambil dari baterai ke beban. Solar charge controller mengatur overcharging (kelebihan pengisian - karena baterai sudah penuh) dan kelebihan voltase dari panel surya / *solar cell*. Kelebihan voltase dan pengisian akan mengurangi umur baterai. Solar charge controller menerapkan teknologi Pulse width modulation (PWM) untuk mengatur fungsi pengisian baterai dan pembebasan arus dari baterai ke beban.

Panel surya / solar cell 12 Volt umumnya memiliki tegangan output 16 - 21 Volt. Jadi tanpa solar charge controller, baterai akan rusak oleh over-charging dan ketidakstabilan tegangan. Baterai umumnya di-charge pada tegangan 14 - 14.7 Volt.



*Gambar 2.24 Solar Charge Controller*

### **2.7.8 Power Inverter**

Power Inverter atau biasanya disebut dengan Inverter adalah suatu rangkaian atau perangkat elektronika yang dapat mengubah arus listrik searah (DC) ke arus listrik bolak-balik (AC) pada tegangan dan frekuensi yang dibutuhkan sesuai dengan perancangan rangkaiannya. Sumber-sumber arus listrik searah atau arus DC yang merupakan Input dari Power Inverter tersebut dapat berupa baterai, aki maupun Sel Surya (*Solar Cell*). Inverter ini akan sangat bermanfaat apabila digunakan di daerah-daerah yang memiliki keterbatasan pasokan arus listrik AC. Karena dengan adanya Power Inverter, kita dapat menggunakan aki ataupun Sel Surya untuk menggerakkan peralatan-peralatan rumah tangga seperti televisi, kipas angin, komputer atau bahkan Kulkas dan Mesin Cuci yang pada umumnya memerlukan sumber listrik AC yang bertegangan 220V.



*Gambar 2.25 Power Inverter PSW 500W*

### **2.7.9 Baterai Aki**

Baterai terdiri dari 2 atau lebih sel elektrokimia yang mengubah energi kimia tersimpan menjadi energi listrik. Setiap baterai terdiri dari Terminal Positif (katoda) dan Terminal Negatif (Anoda), serta elektrolit yang berfungsi sebagai penghantar. Output arus listrik dari baterai adalah Arus Searah atau arus DC (Direct Current).

Tipe baterai Lead Acid adalah tipe baterai yang sesuai untuk sistem panel surya. Hal ini jelas karena dengan menggunakan tipe baterai Lead Acid, pengguna

dapat memanfaatkan energi listrik yang tersimpan pada baterai (discharge) saat panel surya tidak mendapatkan sinar matahari. Sebaliknya saat ada matahari, baterai akan diisi (charge) oleh panel surya. Jenis Baterai Lead Acid terbagi menjadi:

#### 1. Aki Otomotif (Starting Battery)

Merupakan jenis baterai yang dirancang agar menghasilkan arus listrik tinggi dalam waktu singkat, sehingga dapat menyalakan mesin kendaraan. Karena penggunaan pelat tipis secara paralel, resistensi rendah dan permukaan luas, baterai ini tidak cocok digunakan dengan panel surya. Walaupun secara aplikasi masih dapat digunakan.

#### 2. Baterai Deep Cycle (Baterai Industri)

Merupakan jenis baterai yang dirancang untuk menghasilkan arus listrik stabil dan dalam waktu lama. Baterai jenis Deep Cycle memiliki ketahanan terhadap siklus pengisian (charge) – pelepasan (discharge) berulang-ulang dan konstan.

Baterai jenis Deep Cycle dibagi menjadi dua jenis yaitu :

##### a. Baterai FLA (Flooded Lead Acid)

Secara umum dikenal sebagai baterai/aki/accu basah. Karena sel-sel di dalam aki terendam oleh cairan elektrolit agar berfungsi optimal. Ciri khasnya adalah katup pengisian cairan elektrolit di setiap katup.

##### b. Baterai VRLA (Valve Regulated Lead Acid)

Disebut juga baterai SLA (Sealed Lead Acid) atau baterai MF (Maintenance Free) atau baterai SMF (Sealed Maintenance Free). Secara fisik baterai ini hanya nampak terminal (+) positif dan terminal (-) negatif. Dirancang khusus agar cairan elektrolit tidak tumpah atau bocor atau menguap. Baterai ini memiliki katup ventilasi yang terbuka pada tekanan ekstrim untuk pembuangan gas hasil reaksi kimia. Baterai ini sering disebut batereai Maintenance Free karena tidak ada katup pengisian cairan elektrolit.

Baterai VRLA dibagi menjadi 2 jenis berdasarkan konstruksinya, yaitu :

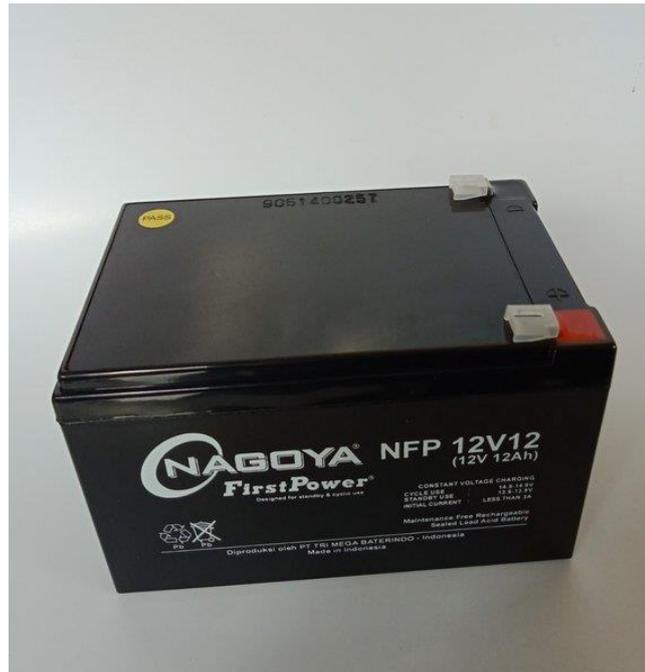
##### a) Baterai VRLA AGM (Absorbent Glass Mat)

Baterai VRLA AGM memiliki pemisah/separator yang terdiri dari fiberglass yang terletak di antara pelat-pelat sel. Tujuan peletakan ini untuk menyerap cairan

elektrolit agar tersimpan di pori-pori fiberglass. Fungsi fiberglass ini seperti handuk yang menyerap air ketika salah satu ujung handuk dicelupkan ke dalam cairan

b) Baterai VRLA Gel (Gel Cells)

Baterai VRLA Gel memiliki cairan elektrolit kental seperti agar-agar atau puding atau gel.



Gambar 2.26 Baterai Aki

**2.7.10 Miniature Circuit Breaker (MCB)**

MCB (Miniature Circuit Breaker) atau Miniatur Pemutus Sirkuit adalah sebuah perangkat elektromekanikal yang berfungsi sebagai pelindung rangkaian listrik dari arus yang berlebihan. Dengan kata lain, MCB dapat memutuskan arus listrik secara otomatis ketika arus listrik yang melewati MCB tersebut melebihi nilai yang ditentukan. Namun saat arus dalam kondisi normal, MCB dapat berfungsi sebagai saklar yang bisa menghubungkan atau memutuskan arus listrik secara manual.



*Gambar 2.27 Miniature Circuit Breaker (AC)*

MCB pada dasarnya memiliki fungsi yang hampir sama dengan Sekering (FUSE) yaitu memutuskan aliran arus listrik rangkaian ketika terjadi gangguan kelebihan arus. Terjadinya kelebihan arus listrik ini dapat dikarenakan adanya hubung singkat (Short Circuit) ataupun adanya beban lebih (Overload). Namun MCB dapat di-ON-kan kembali ketika rangkaian listrik sudah normal, sedangkan Fuse/Sekering yang terputus akibat gangguan kelebihan arus tersebut tidak dapat digunakan lagi.



*Gambar 2.28 Miniature Circuit Breaker (DC)*

### **2.7.11 Relay DC 12V**

Relay adalah Saklar (Switch) yang dioperasikan secara listrik dan merupakan komponen Electromechanical (Elektromekanikal) yang terdiri dari 2

bagian utama yakni Elektromagnet (Coil) dan Mekanikal (seperangkat Kontak Saklar/Switch). Relay menggunakan Prinsip Elektromagnetik untuk menggerakkan Kontak Saklar sehingga dengan arus listrik yang kecil (low power) dapat menghantarkan listrik yang bertegangan lebih tinggi. Sebagai contoh, dengan Relay yang menggunakan Elektromagnet 5V dan 50 mA mampu menggerakkan Armature Relay (yang berfungsi sebagai saklarnya) untuk menghantarkan listrik 220V 2A.



Gambar 2.29 Relay Omron Ly2n 12V DC

### 2.7.12 Low Voltage Disconnect (LVD)

LVD adalah alat proteksi yang berfungsi untuk melindungi baterai dari kerusakan akibat *discharge* yang terlalu berlebihan (*overdischarge*). LVD akan memutus beban dari baterai secara otomatis pada saat tegangan baterai sudah turun mencapai batas aturan tegangan rendah (low voltage disconnect), dan kemudian akan menyambungkan kembali beban secara otomatis jika baterai sudah terisi kembali dan tegangannya sudah mencapai batas aturan tegangan *reconnect* (*low voltage reconnect*). *Built-in microcontroller* untuk monitoring tegangan battery dan kontrol timing disconnect/reconnect dengan akurasi tinggi, dilengkapi dengan indikasi status baterai yang terdiri dari 2 lampu LED, sehingga mempermudah operator untuk mengetahui kondisi battery (*FULL / HIGH / LOW / EMPTY*)



Gambar 2.30 Low Voltage Disconnect (LVD)

## 2.8 Metode Pengujian

Pengujian perangkat lunak merupakan proses eksekusi program atau perangkat lunak dengan tujuan mencari kesalahan atau kelemahan dari program tersebut. Proses tersebut dilakukan dengan mengevaluasi atribut dan kemampuan program. Pengujian adalah proses untuk menemukan error pada perangkat lunak sebelum dikirim kepada pengguna. Suatu program yang diuji akan dievaluasi apakah keluaran atau output yang dihasilkan telah sesuai dengan yang diinginkan atau tidak. Ada 2 macam metode pengujian untuk validasi yaitu teknik *black box* dan teknik *white box* merupakan metode pengujian yang telah dikenal dan banyak digunakan oleh pengembang perangkat lunak.

### 2.8.1 Black Box Testing (Pengujian Kotak Hitam)

Metode pengujian *black box* merupakan metode pengujian dengan pendekatan yang mengasumsikan sebuah sistem perangkat lunak atau program sebagai sebuah kotak hitam (*black box*). Pendekatan ini hanya mengevaluasi program dari output atau hasil akhir yang dikeluarkan oleh program tersebut. Struktur program dan kode-kode yang ada di dalamnya tidak termasuk dalam pengujian ini. Keuntungan dari metode pengujian ini adalah mudah dan sederhana. Namun, pengujian dengan metode ini tidak dapat mendeteksi kekurangefektifan pengkodean dalam suatu program [15]. Ciri-ciri black box testing adalah sebagai berikut:

1. *Black box* testing berfokus pada kebutuhan fungsional pada software, berdasarkan pada spesifikasi kebutuhan dari software.
2. Merupakan pendekatan pelengkap dalam mencangkup error dengan kelas yang berbeda dari metode *white box testing*.
3. Melakukan pengujian tanpa pengetahuan detail struktur internal dari sistem atau komponen yang dites. Juga disebut sebagai *behavioural testing*, *specification-based testing*, *input/ouput testing* atau *functional testing*.
4. Terdapat jenis test yang dapat dipilih berdasarkan pada tipe testing yang digunakan.
5. Kategori error yang akan diketahui melalui *black box testing* seperti fungsi yang hilang atau tidak benar, error dari antar-muka, error dari struktur data atau akses eksternal database, error dari kinerja dan error dari inisialisasi.