



## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Sangrai Kopi

##### 2.1.1 Kopi

Kopi merupakan salah satu jenis tanaman perkebunan yang sudah lama dibudidayakan dan memiliki nilai ekonomis yang lumayan tinggi. Kopi berasal dari Afrika, yaitu daerah pegunungan di Etopia. Namun, kopi sendiri baru dikenal oleh masyarakat dunia setelah tanaman tersebut dikembangkan di luar daerah asalnya, yaitu Yaman di bagian selatan Arab.



Gambar 2.1. Tanaman Kopi

Kopi (*coffea* sp.) adalah tanaman yang berbentuk pohon termasuk dalam famili Rubiceae dan genus *Coffea*. Tanaman ini tumbuhnya tegak, bercabang, dan bila dibiarkan tumbuh dapat mencapai tinggi 12 meter. Daunnya bulat telur dengan ujung agak meruncing. Daun tumbuh berhadapan pada batang, cabang, dan ranting - rantingnya. Tanaman kopi termasuk dalam kerajaan Plantae, divisi Magnoliophyta, kelas Magnoliopsida, ordo Rubiales, famili Rubiaceae, genus *Coffea* L. Adapun jenis – jenis kopi sebagai berikut :

- 1) Kopi robusta digolongkan lebih rendah mutu citarasanya dibandingkan dengan citarasa kopi arabika. Hampir seluruh produksi kopi robusta di seluruh dunia dihasilkan secara kering dan untuk mendapatkan rasa luga



tidak boleh mengandung rasa-rasa asam dari hasil fermentasi. Kopi robusta memiliki kelebihan yaitu kekentalan lebih dan warna yang kuat

- 2) Kopi arabika adalah kopi yang paling baik mutu cita rasanya, tandatandanya adalah biji picak dan daun hijau tua dan berombak-ombak. Jenis-jenis kopi yang termasuk dalam golongan arabika adalah abesinia, pasumah, marago dan congensis.
- 3) Kopi liberika berasal dari Angola dan masuk ke Indonesia sejak tahun 1965. Meskipun sudah cukup lama penyebarannya tetapi hingga saat ini jumlahnya masih terbatas karena kualitas buah yang kurang bagus dan rendemennya rendah.

### 2.1.2 Sangrai Kopi

Penyangraian kopi adalah mengolah biji kopi dengan cara disangrai yang bertujuan untuk membentuk cita rasa dan aroma pada biji kopi dengan metode pemanasan biji. Menurut Sofi'i (2014) penyangraian adalah proses pemanasan kopi yang bertujuan untuk mendapatkan kopi sangrai yang berwarna coklat kehitaman. Penyangraian ialah salah satu kunci dari proses produksi bubuk kopi. Biji kopi sejatinya mengandung senyawa organik sebagai cikal bakal pembentuk cita rasa & aroma khas kopi. *Roasting* ditentukan berdasarkan ukuran derajat sangrai. Proses *roasting* berlangsung linear terhadap warna kopi semakin lama proses penyangraian semakin mendekati coklat kehitaman.

Penyangraian yang biasa dikenal dengan sebutan *Roasting* ialah proses pemanasan biji kopi dengan waktu dan suhu yang menjadi acuan hingga terjadi proses perubahan sifat kimiawi yang signifikan, yaitu hilangnya berat kering terutama gas CO<sub>2</sub> dan produk pirolisi volatile yang lain. Produk pirolisi ini sebagai penentu cita rasa kopi. Hilangnya berat berkaitan dengan suhurnya *roasted*. Penyangraian berdasarkan standar suhu dibedakan menjadi 3 jenis yaitu:

- a) *Light roast* suhu yang diperlukan 193°C hingga 199°C untuk menghilangkan 3-5% kadar air.



Gambar 2.2. Hasil *Light Roasting*

- b) *Medium roast* suhu yang diperlukan 204 °C untuk menghilangkan 5 - 8% kadar air



Gambar 2.3. Hasil *Medium Roasting*

- c) *Dark roast* suhu yang diperlukan 213 °C hingga 221°C C untuk menghilangkan 8 - 14% kadar air.



Gambar 2.4. Hasil *Dark Roasting*

Jenis penyangrai berbentuk oven yang dijalankan dengan cara *batch* atau *continuous*. Pemanasan dikerjakan pada tekanan atmosfer dengan memanfaatkan ruang hawa panas atau gas pembakaran. Bentuk yang paling sering digunakan akan disesuaikan pada penyangraian dengan cara batch ataupun *continuous* adalah drum horizontal yang mampu berputar. Kebanyakan biji kopi diputar sejaliran dengan hawa panas lewat drum ini, kecuali pada sebagian *roaster* dimana dimungkinkan tercipta aliran silang dengan hawa panas. Hawa yang



diperlukan segera dipanaskan memakai gas atau bahan bakar, dan terhadap rancangan baru difungsikan sistem hawa daur ulang yang bisa menurunkan polusi di atmosfer serta menekan *budget* operasional *roasting*.

Tingkat penyangraian dibagi kepada 3 tingkatan yang terdiri dari ringan (*light*), *medium* & gelap (*dark*). Dengan cara laboratoris tingkat kecerahan warna biji kopi sangrai diukur menggunakan pembeda warna Lovibond.

Biji kopi *green bean* sebelum disangrai memiliki warna permukaan kehijauan yang berfungsi memantulkan sinar yang nilai *lovibond* nya antara rentang 60 - 65. Terhadap penyangraian ringan (*light*), sebagian warna permukaan biji kopi beralih menjadi warna kecoklatan dan nilai *lovibond* nya turun jadi 40 - 45.

Apabila proses penyangraian dilanjutkan dengan proses *medium*, nilai *lovibond* nya menyusut drastis ke kisaran 38-40. Pada proses penyangraian gelap, warna biji kopi sangrai semakin jelas menuju ke warna hitam dikarenakan senyawa hidrokarbon teripolisis berubah menjadi unsur karbon. Sedangkan senyawa gula menghadapi proses karamelisasi dan menghasilkan nilai *lovibond* biji kopi sangrai 34 - 35. Rentang suhu sangrai pada tingkat sangrai ringan yakni antara 190 - 195 °C, pada tingkat sangrai *medium* yaitu sedikit di atas 200 °C, dan pada tingkat sangrai gelap yaitu diatas 205 °C.

## **2.2 Pembangkit Listrik Tenaga Surya**

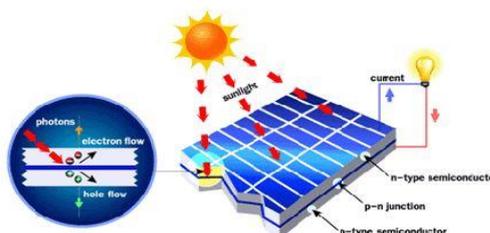
### **2.2.1 Sel Surya**

Sel surya atau sel fotovoltaik berasal dari bahasa inggris “*Photo Voltaic*”. Kata *photovoltaic* berasal dari dua kata “*photo*” berasal dari kata Yunani yakni “*phos*” yang berarti cahaya, dan kata “*volt*” adalah nama satuan pengukuran arus listrik yang diambil dari nama penemu Alessandro Volta (1745-1827), sebagai pionir dalam mempelajari teknologi kelistrikan. Jadi secara harfiah “*photovoltaic*” mempunyai arti Cahaya-Listrik, dan itu dilakukan sel surya yaitu mengkonversi

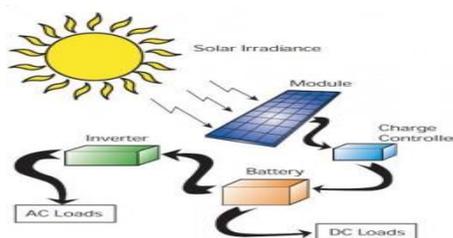


energi dari energi surya menjadi energi listrik. Keluaran dari panel surya menghasilkan tegangan DC. Daya input dari panel surya adalah intensitas cahaya matahari dan luas penampang panel surya.

Struktur sel surya yaitu berupa dioda sambungan (*junction*) antara dua lapisan yang terbuat dari semikonduktor yang masing-masing di ketahui sebagai semikonduktor jenis *p* (positif) dan semi konduktor jenis *n* (negatif). Semikonduktor jenis *n* merupakan semikonduktor yang memiliki kelebihan muatan negatif. Sedangkan semikonduktor jenis *p* memiliki kelebihan *hole*, sehingga kelebihan muatan positif. Proses pengubahan atau konversi cahaya matahari menjadi listrik ini karena divais sel surya memiliki struktur dioda, yaitu tersusun atas dua jenis semikonduktor, yakni jenis *n* dan jenis *p*. Cara nya dengan menambahkan unsur lain ke dalam semikonduktor, maka dapat mengontrol jenis semikonduktor tersebut. <sup>4</sup>



Gambar 2.5. Cara Kerja Sel Surya



Gambar 2.6. Sel Surya

<sup>4</sup> Muhammad Anwar, *Studi Experimental Potensi Penyerapan Energi Matahari Sistem Fotovoltaik Di Wilayah Pantai Bunga Kabupaten Batu Bara, Tugas Akhir*, Medan, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, 2020, hal.7



### 2.2.1.1 Jenis – Jenis Panel Surya

#### 1. Monokristal (*Mono-crystalline*)

Merupakan panel yang paling efisien yang dihasilkan dengan teknologi terkini & menghasilkan daya listrik persatuan luas yang paling tinggi. Monokristal dirancang untuk penggunaan yang memerlukan konsumsi listrik besar pada tempat-tempat yang beriklim ekstrim dan dengan kondisi alam yang sangat ganas. Memiliki efisiensi sampai dengan 15%. Kelemahan dari panel jenis ini adalah tidak akan berfungsi baik ditempat yang cahaya matahari kurang (teduh), efisiensinya akan turun drastis dalam cuaca berawan.



Gambar 2.7. Monokristal (*Mono-crystalline*)

#### 2. Polikristal (*Poly-Crystalline*)

Merupakan Panel Surya yang memiliki susunan kristal acak karena dipabrikasi dengan proses pengecoran. Tipe ini memerlukan luas permukaan yang lebih besar dibandingkan dengan jenis monokristal untuk menghasilkan daya listrik yang sama. Panel suraya jenis ini memiliki efisiensi lebih rendah dibandingkan tipe monokristal, sehingga memiliki harga yang cenderung lebih rendah.



Gambar 2.8. Polikristal (*Poly-Crystalline*)



### 3. *Thin Film Photovoltaic*

Merupakan panel surya (dua lapisan) dengan struktur lapisan tipis mikrokristal *silicon* dan amorphous dengan efisiensi modul hingga 8.5% sehingga untuk luas permukaan yang diperlukan per watt daya yang dihasilkan lebih besar daripada monokristal & polykristal. Inovasi terbaru adalah *Thin Film Triple Junction Photovoltaic* (dengan tiga lapisan) dapat berfungsi sangat efisien dalam udara yang sangat berawan dan dapat menghasilkan daya listrik sampai 45% lebih tinggi dari panel jenis lain dengan daya yang ditera setara.<sup>5</sup>



Gambar 2.9. Thin Film Photovoltaic

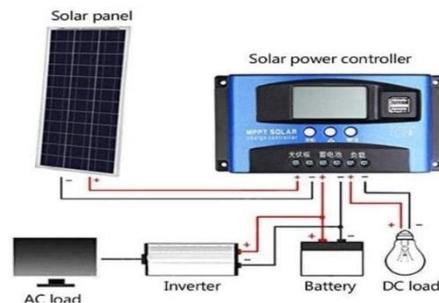
#### 2.2.2 Charge Controller

*Controller* atau sering dikenal dengan *charge controller* adalah perangkat elektronik yang digunakan dalam sistem PLTS untuk mengatur pengisian arus searah dari panel surya ke baterai dan mengatur penyaluran arus dari baterai ke peralatan listrik (beban). Alat ini juga mempunyai kemampuan untuk mendeteksi kapasitas baterai. Bila baterai sudah terisi penuh dengan cadangan energi listrik maka penyaluran energi listrik dari panel akan dapat diberhentikan secara otomatis. *Controller* mengatur *overcharging* dan kelebihan voltase dari panel surya / *solar cell*. Kelebihan voltase dan pengisian akan mengurangi umur baterai. Cara alat ini mendeteksi adalah melalui monitor level tegangan baterai. *Charge controller* menerapkan teknologi *pulse width modulation* (PWM) untuk mengatur fungsi pengisian baterai dan pembebasan arus dari baterai ke beban.

<sup>5</sup> Bambang Hari Purwoto, Jatmiko, Muhamad Alimul F, & Ilham Fahmi Huda, *Efisiensi Penggunaan Panel Surya Sebagai Sumber Energi Alternatif*, Jurnal Teknik Elektro, Surakarta, Universitas Muhammadiyah Surakarta, hal.11



Jadi tanpa *solar charge controller*, baterai akan rusak oleh *overcharging* dan ketidakstabilan tegangan. Beberapa fungsinya seperti mengatur arus untuk pengisian ke baterai, menghindari *overcharging*, *overvoltage* dan monitoring temperatur baterai.<sup>7</sup>



Gambar 2.10. Solar Charge Controller

### 2.2.3 Baterai

Komponen yang berfungsi untuk menyimpan energi listrik yang dihasilkan dari penyerapan sinar matahari oleh panel surya adalah baterai. Energi listrik yang disimpan di dalam baterai dapat berguna untuk tetap menyediakan energi listrik saat cahaya matahari tidak terpancarkan secara maksimal seperti saat langit mendung atau hujan dan di malam hari. Baterai yang digunakan untuk PLTS mengalami proses siklus pengisian (*charging*) dan pengosongan (*discharging*) tergantung pada ada atau tidak adanya sinar matahari. Selama ada sinar matahari maka panel surya akan menghasilkan energi listrik. Apabila energi listrik yang dihasilkan oleh panel surya melebihi kebutuhan energi listrik maka kelebihan energi listrik itu akan disimpan dalam baterai. Sebaliknya, saat kebutuhan energi listrik melebihi dari energi listrik yang dihasilkan oleh panel surya maka cadangan energi dari baterai dapat diberikan untuk memenuhi kekurangan energi listrik. Baterai terdiri dari dua jenis, yaitu baterai *primer* dan baterai *sekunder*. Baterai

<sup>7</sup> Robet Wahyu Arismunandar, & Deni Hendarto, *Rancang Bangun Sistem Pengisian Daya Perangkat Gadget Berbasis Panel Surya Sebagai Sumber Listrik Alternatif Di Fasilitas Umum*, Jurnal UIKA Bogor, Bogor, Universitas Ibn Khaldun Bogor, 2017, hal.49



*primer* merupakan baterai yang hanya dapat dipergunakan sekali pemakaian saja dan tidak dapat diisi ulang. Hal ini terjadi karena reaksi kimia material aktifnya tidak dapat dikembalikan. Sedangkan baterai *sekunder* dapat diisi ulang, karena material aktifnya didalam dapat diputar kembali. Kelebihan dari pada baterai *sekunder* adalah harganya lebih efisien untuk penggunaan jangka waktu yang panjang.

Ada dua jenis baterai isi ulang yang bisa digunakan dalam sistem PLTS yaitu baterai asam timbal (*lead acid*) dan baterai *nickel-cadmium*. Baterai jenis *nickel-cadmium* ini lebih sedikit digunakan dalam sistem PLTS karena baterai jenis ini memiliki efisiensi yang rendah dan biaya yang lebih tinggi. Sedangkan untuk baterai jenis asam timbal lebih banyak digunakan dalam sistem PLTS karena memiliki efisiensi tinggi dan biayanya lebih murah dibandingkan jenis baterai *nickel-cadmium*. Umumnya kapasitas baterai itu dinyatakan dalam *Ampere-hour* (Ah). Nilai Ah pada baterai menunjukkan arus yang dapat dilepaskan dikalikan dengan nilai waktu untuk pelepasan arus tersebut. <sup>4</sup>



Gambar 2.11. Baterai

## 2.2.4 Inverter

Inverter adalah komponen elektronika pendukung panel PV untuk mengubah arus searah (*direct current*, DC) menjadi arus bolak - balik (*alternating current*, AC) yang umumnya peralatan listrik butuhkan. Pemilihan inverter yang

<sup>4</sup>Muhammad Anwar, *Studi Experimental Potensi Penyerapan Energi Matahari Sistem Fotovoltaik Di Wilayah Pantai Bunga Kabupaten Batu Bara*, Tugas Akhir, Medan, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, 2020, hal.20



tepat untuk aplikasi tertentu tergantung pada kebutuhan beban dan juga kepada sistem itu sendiri; apakah sistem yang terhubung ke jaringan listrik (*grid connected*) atau sistem yang berdiri sendiri (*stand alone system*). Efisiensi inverter pada saat pengoperasian adalah sekitar 90%. Ada tiga kategori inverter, yaitu: *grid-tied*, *grid-tied* dengan baterai cadangan, dan *stand-alone*. Kedua jenis inverter yang pertama adalah inverter *line-tied*, yang digunakan dengan sistem panel surya *utility-connected*. Jenis yang ketiga adalah *stand-alone* atau inverter *off-grid*, diciptakan untuk berdiri sendiri.



Gambar 2.12. Inverter

Ada beberapa jenis gelombang pada inverter antara lain:

- *Square Wave* / Gelombang Kotak

Inverter jenis ini hanya bisa untuk lampu saja, sedangkan untuk beban seperti TV, Komputer bisa merusak inverter dan juga bisa merusak beban. Kelebihannya harganya lebih murah karena difungsikan untuk membackup lampu saja. Seiring perkembangan zaman maka inverter *square wave* ini jarang dijual dipasaran dikarenakan keinginan dari pasar menginginkan untuk membackup selain lampu.

- *Modified Sine Wave* / Gelombang Modifikasi Sinus

Di belahan dunia dan juga indonesia produk inverter dengan jenis inverter *modified sine wave* ini sering digunakan untuk beban seperti lampu, kipas,



komputer, TV, dan lain – lain. Jenis inverter *modified sine wave* yang beredar pun ada yang memberikan *low noise* atau berarti sangat kecil kebisingan suara yang dihasilkan saat beroperasi. dan ada juga yang menghasilkan *noise* yang besar.

- *True Sine Wave/ Pure Sine Wave/ Gelombang Sinus Murni*

Dari segi harganya untuk yang berkualitas harga diatas harga inverter *modified sine wave*. Aplikasi yang cocok dari inverter *pure sine wave* adalah speaker dan peralatan sensitif seperti alat kedokteran. <sup>1</sup>

### 2.3 Mikrokontroler

Mikrokontroler adalah sebuah komputer kecil ("*special purpose computers*") di dalam satu IC yang berisi CPU, memori, timer, saluran komunikasi serial dan paralel, *port* input/output, ADC. Mikrokontroler digunakan untuk suatu tugas dan menjalankan suatu program.

Mikrokontroler adalah komponen yang sangat umum dalam sistem elektronika modern. Penggunaannya sangat luas, dalam kehidupan kita sehari hari baik dirumah, kantor, rumah sakit, bank, sekolah, industri, dan lain - lain. Mikrokontroler digunakan dalam sejumlah besar sistem elektronika seperti : sistem manajemen mesin mobil, keyboard komputer, alat ukur elektronik (multimeter digital, *synthesizer* frekuensi, dan osiloskop), televisi, radio, telepon digital, mobile phone, *microwave oven*, printer, *scanner*, kulkas, pendingin ruangan, CD/DVD player, kamera, mesin cuci, PLC (*programmable logic controller*), robot, sistem otomasi, sistem akuisisi data, sitem keamanan, sistem EDC (*Electronic Data Capture*), mesin ATM, modem, *router*, dan lain – lain.

Mikrokontroler dapat digunakan untuk berbagai aplikasi misalnya untuk pengendalian, otomasi industri, akuisisi data, telekomunikasi, dan lain-lain. Keuntungan menggunakan mikrokontroler yaitu harganya murah, dapat

---

<sup>1</sup> Prodi Teknik Elektro Universitas PGRI Palembang, *Buku Jurnal Ampere*, Palembang, Universitas PGRI Palembang, 2017, hal. 42



diprogram berulang kali, dan dapat diprogram sesuai dengan keinginan. Saat ini keluarga mikrokontroler yang ada dipasaran yaitu intel 8048 dan 8051 (MCS51), Motorola 68HC11, microchip PIC, hitachi H8, dan atmel AVR.

Jenis – jenis mikrokontroler :

1. Mikrokontroler *TinyAVR* (ATTiny) adalah mikrokontroler 8 bit. ATTiny merupakan mikrokontroler avr kecil dan memiliki peripheral yang terbatas.
2. Mikrokontroler AT90S adalah mikrokontroler 8 bit jenis lama, merupakan mikrokontroler avr klasik.
3. Mikrokontroler Atmega adalah mikrokontroler 8 bit. Atmega memiliki *peripheral* lebih banyak dibandingkan dengan seri ATTiny.
4. Mikrokontroler Xmega adalah mikrokontroler 8/16 bit. Xmega memiliki *peripheral* baru dan canggih dengan untuk kerja, sistem monitoring event dan DMA yang ditingkatkan, serta merupakan pengembangan keluarga AVR untuk pasar *low power* dan *high performance*. Dengan adanya fitur DMA (*direct memory access*) dapat mengurangi kemungkinan terjadinya kemacetan pada saat transfer data. Xmega mendukung kriptografi AES dan DES.
5. Mikrokontroler AVR32 adalah mikrokontroler 32 bit, mikrokontroler ini pertama kali dibuat oleh atmel pada tahun 2006. AVR32 menggunakan arsitektur RISC 32 bit, mikrokontroler ini ditujukan untuk bersaing dengan mikrokontroler yang berbasis prosesor ARM mikrokontroler AVR32 tidak memiliki EEPROM *internal*, sebagai pengganti EEPROM, AVR32 dapat menggunakan SD Card dan MMC.<sup>3</sup>

---

<sup>3</sup>Sutarsi Suhaeb, dkk, *Buku Ajar Mikrokontroler dan Interface*, Makassar, Universitas Negeri Makassar, 2017, hal.8



## **2.4 Internet Of Things (IOT)**

*Internet of Things* atau dikenal juga dengan singkatan IoT, merupakan sebuah konsep yang bertujuan untuk memperluas manfaat dari konektivitas internet yang tersambung secara terus menerus yang memungkinkan untuk menghubungkan mesin, peralatan, dan benda fisik lainnya dengan sensor jaringan dan aktuator untuk memperoleh data dan mengelola kinerjanya sendiri, sehingga memungkinkan mesin untuk berkolaborasi dan bahkan bertindak berdasarkan informasi baru yang diperoleh secara independen.

*Internet Of Things* atau sering disebut IoT adalah sebuah gagasan dimana semua benda di dunia nyata dapat berkomunikasi satu dengan yang lain sebagai bagian dari satu kesatuan sistem terpadu menggunakan jaringan internet sebagai penghubung. Pada dasarnya perangkat IoT terdiri dari sensor sebagai media pengumpul data, sambungan internet sebagai media komunikasi dan server sebagai pengumpul informasi yang diterima sensor dan untuk analisa.

Ide awal *Internet of Things* pertama kali dimunculkan oleh Kevin Ashton pada tahun 1999 di salah satu presentasinya. Kini banyak perusahaan besar mulai mendalami Internet of Things sebut saja *Intel, Microsoft, Oracle*, dan banyak lainnya. Banyak yang memprediksi bahwa pengaruh Internet of Things adalah “*the next big thing*” di dunia teknologi informasi, hal ini karena IoT menawarkan banyak potensi yang bisa digali. <sup>6</sup>

## **2.5 Komponen – Komponen Kontrol**

### **2.5.1 Thermocouple Type K dan Modul Max 6675**

#### **2.5.1.1 Thermocouple**

Termokopel (*thermocouple*) merupakan salah satu jenis sensor suhu yang paling populer dan sering digunakan dalam berbagai rangkaian ataupun peralatan listrik dan elektronika yang berkaitan dengan suhu (*Temperature*). Beberapa

---

<sup>6</sup> Yoyon Effendi, 2018, *Internet Of Things (IOT) Sistem Pengendalian Lampu Menggunakan Raspberry PI Berbasis Mobile*, Jurnal Ilmiah Ilmu Komputer, Riau, STMIK Amik Riau, hal. 20



kelebihan termokopel yang membuatnya menjadi populer adalah responnya yang cepat terhadap perubahan suhu dan juga rentang suhu operasionalnya yang luas yaitu berkisar diantara  $-200^{\circ}\text{C}$  hingga  $2000^{\circ}\text{C}$ . Selain respon yang cepat dan rentang suhu yang luas, termokopel juga tahan terhadap guncangan/getaran dan mudah digunakan. *Thermocouple* merupakan sensor yang mengubah besaran suhu menjadi tegangan, dimana sensor ini dibuat dari sambungan dua bahan metalik yang berlainan jenis. Sambungan ini dikomposisikan dengan campuran kimia tertentu, sehingga dihasilkan beda potensial antar sambungan yang akan berubah terhadap suhu yang dideteksi. *Thermocouple* suatu rangkaian yang tersusun dari dua buah logam yang masing-masing mempunyai koefisien muai panjang berbeda yang dihubungkan satu dengan yang lain pada ujung - ujungnya. Jika pada kedua titik hubung kedua logam tersebut mempunyai perbedaan temperatur, maka timbullah beda potensial yang memungkinkan adanya arus listrik di dalamnya.

#### **2.5.1.1.1 Type Thermocouple**

Termokopel tersedia dalam berbagai ragam rentang suhu dan jenis bahan. Pada dasarnya, gabungan jenis-jenis logam konduktor yang berbeda akan menghasilkan rentang suhu operasional yang berbeda pula. *Thermocouple* merupakan sensor yang mengubah besaran suhu menjadi tegangan, dimana sensor ini dibuat dari sambungan dua bahan metalik yang berlainan jenis. Berikut ini adalah Jenis-jenis atau tipe Termokopel yang umum digunakan berdasarkan Standar Internasional :

- a) Termokopel Tipe - E

Bahan Logam Konduktor Positif : *Nickel-Chromium*

Bahan Logam Konduktor Negatif : Constantan

Rentang Suhu :  $-200^{\circ}\text{C} - 900^{\circ}\text{C}$

- b) Termokopel Tipe - J

Bahan Logam Konduktor Positif : *Iron* (Besi)



Bahan Logam Konduktor Negatif : Constantan

Rentang Suhu :  $0^{\circ}\text{C} - 750^{\circ}\text{C}$

c) Termokopel Tipe - K

Bahan Logam Konduktor Positif : *Nickel-Chromium*

Bahan Logam Konduktor Negatif : *Nickel-Aluminium*

Rentang Suhu :  $-200^{\circ}\text{C} - 1250^{\circ}\text{C}$

d) Termokopel Tipe - N

Bahan Logam Konduktor Positif : *Nicrosil*

Bahan Logam Konduktor Negatif : *Nisil*

Rentang Suhu :  $0^{\circ}\text{C} - 1250^{\circ}\text{C}$

e) Termokopel Tipe - T

Bahan Logam Konduktor Positif : *Copper* (Tembaga)

Bahan Logam Konduktor Negatif : Constantan

Rentang Suhu :  $-200^{\circ}\text{C} - 350^{\circ}\text{C}$

f) Termokopel Tipe U (kompensasi Tipe S dan Tipe R)

Bahan Logam Konduktor Positif : *Copper* (Tembaga)

Bahan Logam Konduktor Negatif : *Copper-Nickel*

Rentang Suhu :  $0^{\circ}\text{C} - 1450^{\circ}\text{C}$  <sup>8</sup>

### **2.5.1.2 Thermocouple Type K**

Tipe K termokopel yang paling umum yang menyediakan kisaran suhu pengoperasian terluas. Termokopel Tipe - K umumnya akan berfungsi di

---

<sup>8</sup> Defita Sari Sembiring, *Rancang Bangun Pintu Elektronik Otomatis Pada Oven Pemanggang Kue Memanfaatkan Thermocouple Type K Berbasis Mikrokontroler Atmega 238P*, Tugas Akhir, Medan, Universitas Sumatera Utara, 2020 hal.14



Sebagian besar aplikasi karena mereka berbasis nikel dan memiliki ketahanan korosi yang baik.

1. Kaki positif adalah non-magnetik (Kuning), kaki negatif adalah magnet (Merah).
2. Pilihan logam biasa tradisional untuk pekerjaan suhu tinggi.
3. Cocok untuk digunakan dalam atmosfer oksidasi atau lembam pada suhu hingga  $1260^{\circ}\text{C}$  ( $2300^{\circ}\text{F}$ ).
4. Rentan terhadap serangan belerang (menahan diri dari paparan atmosfer yang mengandung belerang).
5. Berkinerja terbaik dalam atmosfer oksidasi bersih.
6. Tidak direkomendasikan untuk digunakan dalam kondisi pengoksidasi sebagian dalam ruang hampa udara, atau ketika mengalami siklus oksidasi dan reduksi bergantian.



Gambar 2.13. *Thermocouple Type - K*

Tipe K ditentukan pada saat metalurgi kurang maju daripada saat ini, dan akibatnya karakteristik bervariasi antara sampel. Salah satu logam penyusunnya, nikel, adalah magnet; karakteristik termokopel yang dibuat dengan bahan magnetic adalah bahwa mereka mengalami perubahan langkah dalam output ketika bahan magnetik mencapai Titik *Cure*-nya (sekitar  $354^{\circ}\text{C}$  untuk Termokopel Tipe - K). Termokopel Tipe - K biasanya berfungsi di sebagian besar aplikasi karena berbasis nikel dan memiliki ketahanan korosi yang baik. Ini adalah tipe kalibrasi sensor paling umum yang menyediakan kisaran suhu pengoperasian terluas. Karena keandalan dan keakuratannya, termokopel tipe K digunakan secara



luas pada suhu hingga 2300 °F (1260 ° C). Jenis termokopel ini harus dilindungi dengan tabung pelindung logam atau keramik yang cocok, terutama dalam mengurangi atmosfer. Dalam atmosfer pengoksidasi, seperti tungku listrik, perlindungan tabung tidak selalu diperlukan ketika kondisi lain cocok; namun, direkomendasikan untuk kebersihan dan perlindungan mekanis umum. Tipe - K umumnya akan bertahan lebih lama dari Tipe - J karena kawat JP cepat teroksidasi, terutama pada suhu yang lebih tinggi.

### 2.5.1.3 Modul Max 6675



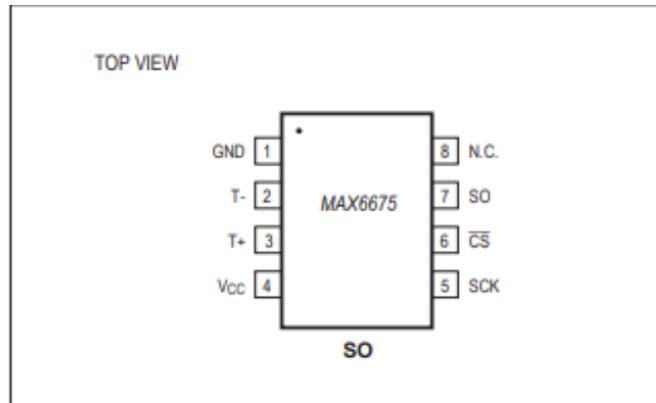
Gambar 2.14. Modul MAX 6675

MAX6675 dibentuk dari kompensasi *cold-junction* yang output nya digitalisasi dari sinyal Termokopel Tipe - K. Data output memiliki resolusi 12-bit dan mendukung komunikasi SPI mikrokontroler secara umum. Data dapat dibaca dengan mengkonversi hasil pembacaan 12-bit data. Dari termokopel adalah untuk mengetahui perbedaan temperatur di bagian ujung dari dua bagian metal yang berbeda dan disatukan. Termokopel tipe *hot junction* dapat mengukur mulai dari 0°C sampai +1023,75°C. MAX6675 memiliki bagian ujung *cold end* yang hanya dapat mengukur -20°C sampai +85°C. Pada saat bagian *cold end* MAX6675 mengalami fluktuasi suhu maka MAX6675 akan tetap dapat mengukur secara akurat perbedaan temperatur pada bagian yang lain.

*Thermocouple* pasti dan tidak terlepas dengan modul MAX6675, modul MAX6675 adalah komponen elektronika yang digunakan untuk *hot* dan *cold junction compensation*.



*Thermocouple* memiliki pin konfigurasi yaitu:



Gambar 2.15. Pin Pada Modul MAX 6675

Tabel 2.1. Bagian - Bagian Pin Konfigurasi Modul Max6675

Pin	Nama
1	GND
2	T-
3	T+
4	VCC
5	SCK
6	CS
7	SO
8	N.C.

## 2.5.2 LCD 16x2 dan Modul I2C

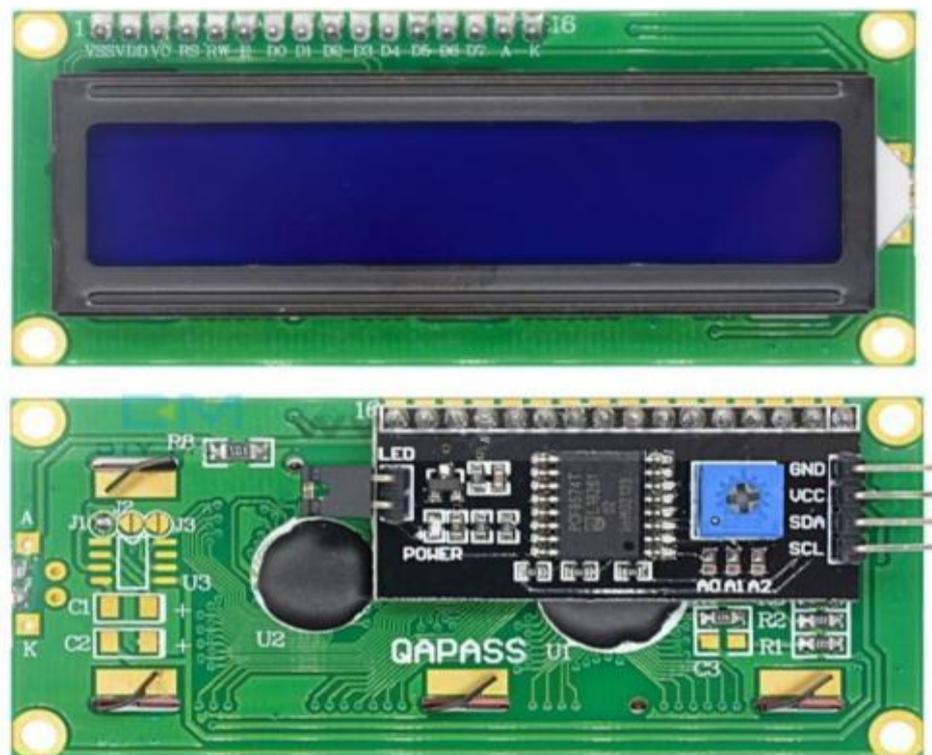
### 2.5.2.1 LCD (Liquid Crystal Display)

LCD (*Liquid Crystal Display*) adalah suatu jenis media tampilan yang menggunakan kristal cair sebagai penampil utama. LCD (*Liquid Crystal Display*) bisa menampilkan suatu gambar/karakter dikarenakan terdapat banyak sekali titik cahaya (piksel) yang terdiri dari satu buah kristal cair sebagai titik cahaya. Walau disebut sebagai titik cahaya, namun kristal cair ini tidak memancarkan cahaya

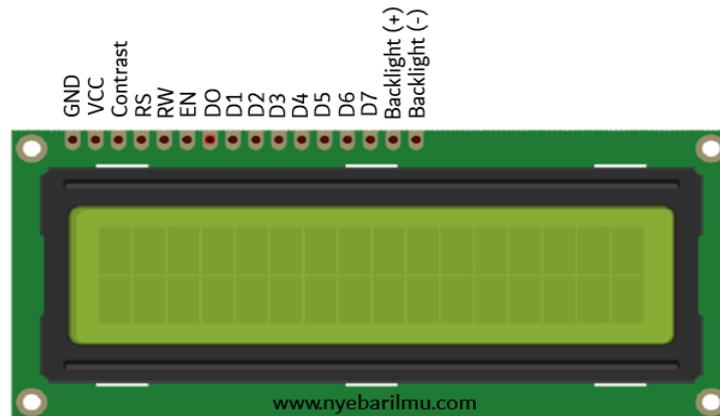


sendiri. LCD 16x2 dapat menampilkan sebanyak 32 karakter yang terdiri dari 2 baris dan tiap baris dapat menampilkan 16 karakter. Pada LCD 16x2 pada umumnya menggunakan 16 pin sebagai kontrolnya, tentunya akan sangat boros apabila menggunakan 16 pin tersebut. Karena itu, digunakan driver khusus sehingga LCD dapat dikontrol dengan modul I2C atau *Inter-Integrated Circuit*. Dengan modul I2C, maka LCD 16x2 hanya memerlukan dua pin untuk mengirimkan data dan dua pin untuk pemasok tegangan. Sehingga hanya memerlukan empat pin yang perlu dihubungkan ke NodeMCU yaitu :

- GND : Terhubung ke *ground*
- VCC : Terhubung dengan 5V
- SDA : Sebagai I2C data dan terhubung ke pin D2
- SCL : Sebagai I2C data dan terhubung ke pin D1



Gambar 2.16. LCD 16x2 Digabung Dengan I2C



Gambar 2.17. Bagian LCD

Keterangan :

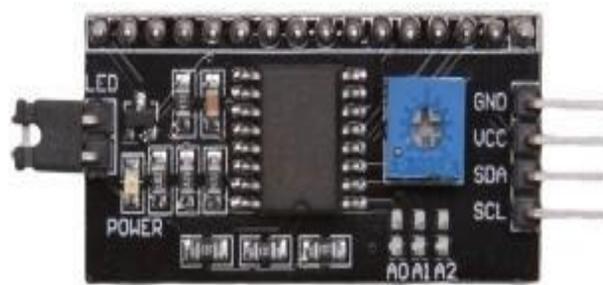
1. **GND** : catu daya 0Vdc
2. **VCC** : catu daya positif
3. **Constrate** : untuk kontras tulisan pada LCD
4. **RS** atau **Register Select** :
  - *High* : untuk mengirim data
  - *Low* : untuk mengirim instruksi
5. **R/W** atau **Read/Write**
  - *High* : mengirim data
  - *Low* : mengirim instruksi
  - Disambungkan dengan LOW untuk pengiriman data ke layar
6. **E (enable)** : untuk mengontrol ke LCD ketika bernilai *Low*, LCD tidak dapat diakses
7. **D0 – D7** = Data Bus 0 – 7
8. **Backlight +** : disambungkan ke VCC untuk menyalakan lampu latar
9. **Backlight –** : disambungkan ke GND untuk menyalakan lampu latar

### 2.5.2.2 Modul I2C

Modul I2C adalah standar komunikasi serial dua arah menggunakan dua saluran yang didesain khusus untuk mengirim maupun menerima data. Sistem I2C terdiri dari saluran SCL (*serial clock*) dan SDA (*serial data*) yang membawa



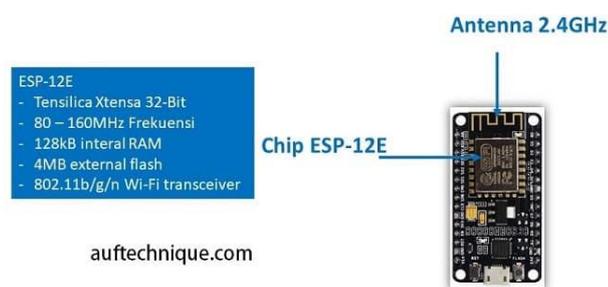
informasi data antara I2C dengan pengontrolnya. Piranti yang dihubungkan dengan sistem I2C Bus dapat dioperasikan sebagai Master dan *Slave*. Master adalah piranti yang memulai transfer data pada I2C Bus dengan membentuk sinyal *start*, mengakhiri transfer data dengan membentuk sinyal *stop*, dan membangkitkan sinyal *clock*. *Slave* adalah piranti yang dialamati master. Bentuk fisik dari I2C ditunjukkan pada gambar di bawah ini :



Gambar 2.18. Bentuk Fisik I2C

NodeMCU sendiri sudah mendukung protokol I2C/IIC. Dipapan NodeMCU, Port I2C terletak pada pin D1 untuk SDA dan D2 untuk SCL (*Serial Clock*).

### 2.5.3 NodeMCU ESP 8266



Gambar 2.19. Bagian Modul ESP-12E

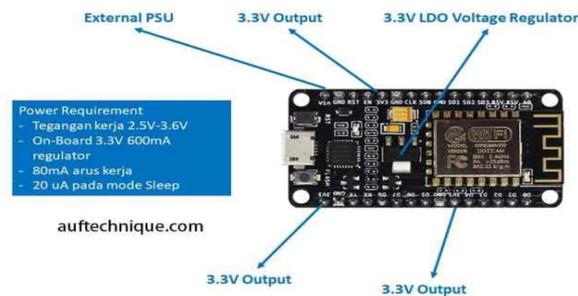
Contoh IoT papan sirkuit ini dilengkapi modul ESP-12E yang memiliki chip ESP8266 beroperasi pada frekuensi 80-160MHz dan dapat di atur serta mendukung RTOS (*Realtime Operating System*).



NodeMCU ini dilengkapi oleh 128kB RAM dan 4MB *flash memory* (untuk memprogram dan menyimpan data). Kapasitas tersebut cukup untuk menyimpan *string* yang banyak untuk kebutuhan halaman web, JSON/XML data, dan apapun yang dapat dikirimkan oleh perangkat IoT yang ada pada saat ini.

ESP8266 terintegrasi dengan 802.11b/g/n HT40 Wi-Fi *transceiver*, sehingga tidak hanya dapat tersambung ke jaringan Wi-Fi dan berinteraksi dengan internet, namun dapat juga dijadikan sebagai penyedia jaringan di mana *device* lain dapat terkoneksi dengannya secara langsung.

ESP8266 memiliki tegangan operational antara 3 – 3.6V, papan ini dilengkapi oleh LDO (*voltage regulator*) yang membuatnya *steady* pada 3.3V. Perangkat ini dapat memberikan *power supply* hingga 600mA yang lebih dari cukup ketika ESP8266 menarik arus 80mA pada kondisi mentransmisikan RF. *Output* dari regulator ini diberi label 3V3 pada papan NodeMCU tersebut. Pin ini dapat mensuplai power pada komponen eksternal seperti sensor ataupun *peripheral* lainnya.



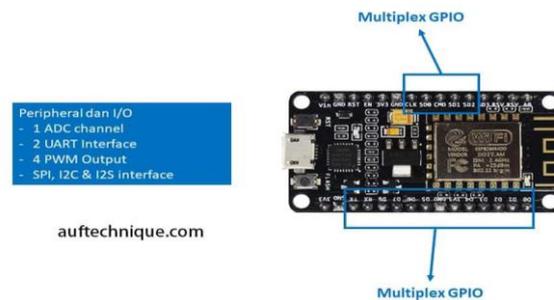
Gambar 2.20. NodeMCU ESP8266

Sumber power untuk ESP8266 NodeMCU didapatkan melalui *port Micro USB*. Seperti yang telah kita ketahui bahwa power yang dihasilkan USB adalah 5V. Sehingga, jika kita membutuhkan sumber tegangan 5V untuk komponen eksternal, dapat menggunakan pin VIN pada board NodeMCU ini.



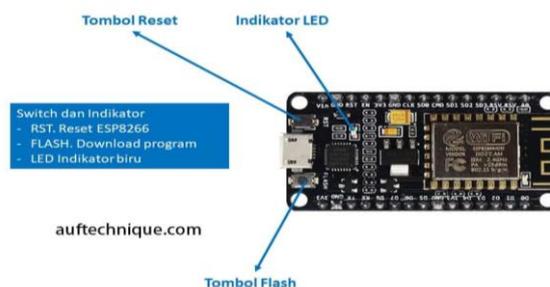
NodeMCU memiliki total 17 pin GPIO. Pin ini dapat digunakan untuk kebutuhan *peripheral*, termasuk:

- *ADC Channel*. 10-bit ADC Channel
- *UART Interface*. Digunakan untuk memasukkan *code* secara serial
- *PWM output*. Pin PWM untuk *dimming* LED atau mengontrol motor
- SPI dan I2C. Untuk menghubungkan seluruh sensor dan *peripheral*
- I2S. Jika ingin menambahkan *project* yang menggunakan suara



Gambar 2.21. *Multiplexing* ESP8266

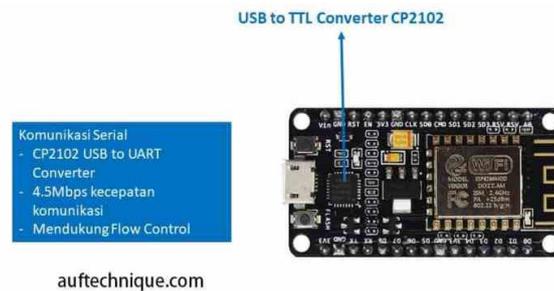
ESP8266 memiliki fitur pin *multiplexing*. Artinya pada satu GPIO Pin dapat berfungsi sebagai PWM/UART/SPI. NodeMCU memiliki dua tombol. Satu tombol di tandai dengan RST terletak pada pojok kiri atas yang berfungsi sebagai tombol *reset*. Tombol lainnya yaitu *flash*, yang berada pada bagian bawah kiri, berguna untuk tombol *download* ketika hendak meng-upgrade *firmware*.



Gambar 2.22. Papan Sirkuit NodeMCU ESP8266

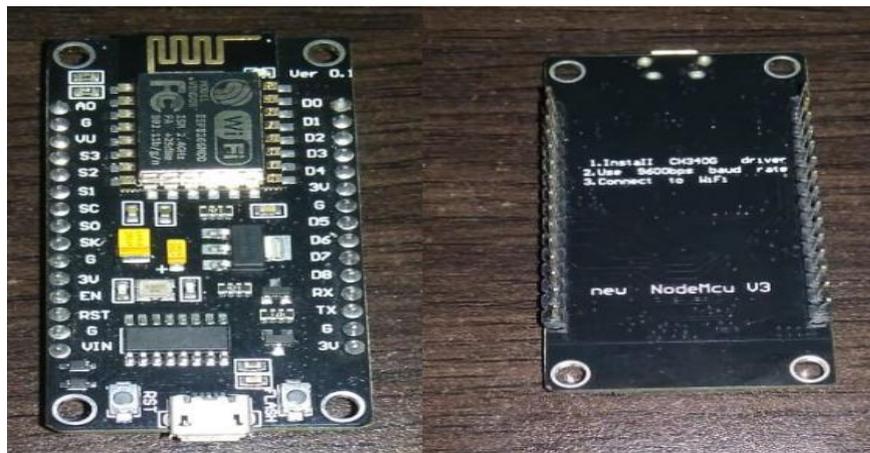


Papan sirkuit ini memiliki indikator LED yang dapat di program oleh pengguna dan terkoneksi pada pin D0. Papan sirkuit NodeMCU ini memiliki CP2102 USB-to-UART *Bridge Controller* dari *Silicon Labs*, yang berfungsi untuk mengkonversi *signal* dari USB ke serial, sehingga komputer yang kita gunakan dapat memprogram dan berkomunikasi dengan *chip* ESP8266.



Gambar 2.23. USB NodeMCU ESP8266

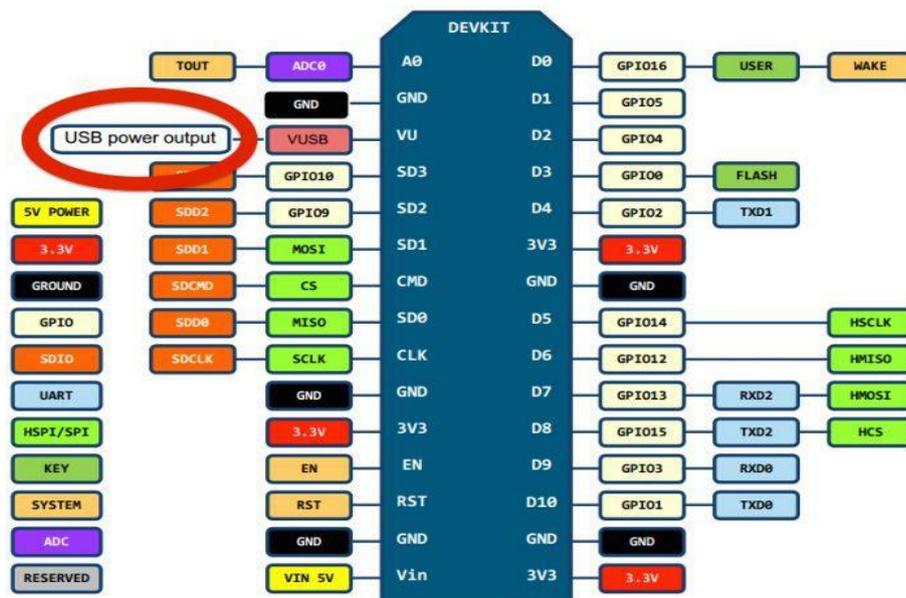
NodeMCU adalah sebuah *platform* IoT (*Internet of Things*) yang bersifat *opensource*. Terdiri dari perangkat keras berupa *System On Chip* ESP8266 dari ESP8266 buatan *Espressif System*, juga *firmware* yang digunakan, yang menggunakan bahasa pemrograman *scripting lua*. Istilah NodeMCU secara *default* sebenarnya mengacu pada *firmware* yang digunakan daripada perangkat keras *development kit*.



Gambar 2.24. NodeMCU V3



NodeMCU ESP8266 V3 hanyalah versi yang diciptakan oleh produsen LoLin dengan perbaikan minor terhadap V2. Diklaim memiliki antarmuka USB yang lebih cepat.



Gambar 2.25. Skematik Posisi Pin NodeMcu Dev Kit V3

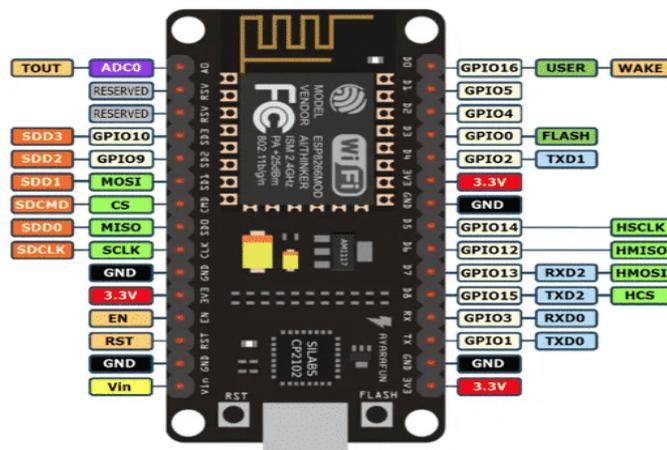
Jika dibandingkan dengan versi sebelumnya, dimensi dari board V3 akan lebih besar dibanding V2. LoLin menggunakan 2 pin cadangan untuk daya USB dan yang lain untuk GND tambahan.

Tabel 2.2. Spesifikasi NodeMCU ESP8266 V3

SPEKIFIKASI	NODEMCU V3
Mikrokontroler	ESP8266
Ukuran <i>Board</i>	57 mm x 30 mm
Tegangan Input	3.3 ~ 5V
GPIO	13 PIN
Kanal PWM	10 Kanal



10 bit ADC Pin	1 Pin
Flash Memory	4 MB
Clock Speed	40/26/24 MHz
Wi-Fi	IEEE 802.11 b/g/n2
Frekuensi	2.4 GHz – 22.5 GHz
USB Port	Micro USB
Card Reader	Tidak Ada
USB to Serial Converter	CH340G



Gambar 2.26. Pin Pada NodeMCU

### ❖ Power Pin

Terdapat empat pin sumber *power*, satu VIN dan tiga pin 3.3V. VIN dapat digunakan secara langsung sebagai *power supply* ESP8266 dan *peripheral*, jika memiliki sumber tegangan 5V yang stabil. Pin 3.3V adalah *output* dari papan sirkuit *voltage regulator*. Pin tersebut dapat digunakan untuk menyuplai *power* kepada komponen eksternal.



#### ❖ GND

Adalah pin *ground* dari papan sirkuit NodeMCU

#### ❖ I2C Pin

Digunakan untuk menyambungkan jenis sensor dan *peripheral* yang membutuhkan koneksi I2C pada project Anda. I2C ini dapat mensupport *Master* dan *Slave*. Fungsi dari *interface* I2C dapat digunakan secara programatik dan memiliki frekuensi *clock* maksimum 100kHz. Perlu diperhatikan bahwa frekuensi *clock* pada I2C ini harus lebih tinggi dari frekuensi *clock* paling rendah dari perangkat *slave*.

#### ❖ GPIO Pin

ESP8266 NodeMCU memiliki 17 pin GPIO yang dapat digunakan untuk fungsi yang berbeda-beda seperti I2C, I2S, UART, PWM, IR *Remote* kontrol, LED dan tombol secara *programmatic*. Setiap digital GPIO dapat dikonfigurasi untuk *internal pull-up* dan *pull-down*, atau di set pada impedansi tinggi. Ketika setup sebagai input, pin ini pun dapat di atur menjadi *edge-trigger* atau *level-trigger* untuk menginterupsi CPU.

#### ❖ Channel ADC

NodeMCU terembedded dengan 10-bit SAR ADC. Dengan demikian dapat digunakan menjadi dua fungsi ADC viz. Yaitu, untuk mengecek tegangan power *supply* pin VDD3P3 dan *input voltage* pada pin T OUT. Namun, fungsi tersebut tidak dapat di implementasikan secara bersamaan.

#### ❖ Pin UART

NodeMCU ESP8266 memiliki 2 interface UART, yaitu UART0 dan UART1 yang memiliki komunikasi *asynchronous* (RS232 dan RS485), dan dapat



berkomunikasi hingga 4.5MBps. UART0(TXD0, RXD0, RST0 dan CTS0) dapat digunakan untuk berkomunikasi. Pin ini dapat mensupport *fluid control*. Namun, UARTX1 (pin TXD1) hanya memiliki fitur mentransmit signal, biasa digunakan untuk mencetak log.

#### ❖ **SPI Pins**

NodeMCU ESP8266 memiliki dua fitur SPI (SPI dan HSPI) pada mode *slave* dan *master*. Pin SPI ini dapat mensupport beberapa fitur umum, diantaranya:

- *4 mode timing* format SPI transfer
- *Clock* hingga 80MHz
- Up to 64-Byte FIFO

#### ❖ **SDIO Pins**

NodeMCU ESP8266 memiliki fitur *Secure Digital Input/Output Interface* (SDIO) yang digunakan secara langsung untuk *interfacing* SD Card. Pin ini mensupport 4-bit 25 MHz SDIO v1.1 dan 4-bit 50 MHz SDIO v2.0.

#### ❖ **PWM Pins**

Papan sirkuit ini memiliki 4 channel *Pulse Width Modulation* (PWM). Output PWM ini dapat di implementasikan secara programatik dan mengontrol motor digital serta LED. Frekuensi PWM berada pada rentang yang dapat di atur dari 100Hz hingga 1kHz.

#### ❖ **Control Pin**

Digunakan untuk mengontrol ESP8266. Pin ini memiliki *Chip Enable* pin (EN), *Reset* pin (RST) dan *Wake* pin.



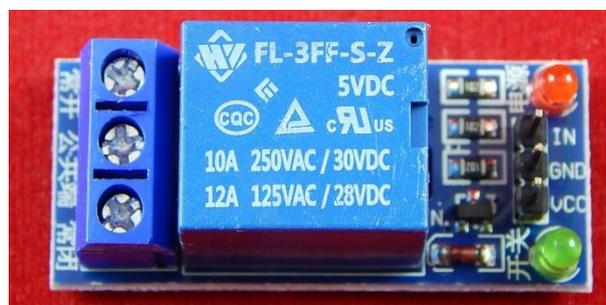
- EN pin – ESP8266 chip akan aktif ketika pin EN di tarik *HIGH*, ketika di tarik *LOW*, chip tersebut bekerja pada power minimal.
- RST pin – Digunakan untuk mereset ESP8266.
- WAKE pin – Digunakan untuk membangunkan *chip* dari keadaan *deep-sleep*.

## 2.5.4 Module Relay

### 2.5.4.1 Pengertian Module Relay

*Relay* adalah komponen elektronik berupa saklar elektronik yang digerakkan oleh arus listrik. Secara prinsip, *relay* merupakan tuas saklar dengan lilitan kawat pada batang besi (*solenoid*) di dekatnya, ketika *solenoid* dialiri arus listrik, tuas akan tertarik karena adanya gaya magnet yang terjadi pada *solenoid* sehingga kontak saklar akan menutup. Pada saat arus dihentikan, gaya magnet akan hilang, tuas akan kembali keposisi semula dan kontak saklar kembali terbuka. *Relay* biasanya digunakan untuk menggerakkan arus/tegangan yang besar (misalnya peralatan listrik 4 A/AC 220V) dengan memakai arus/tegangan yang kecil (misalnya 0.1 A/12 volt DC).

*Relay* adalah komponen listrik yang bekerja berdasarkan prinsip induksi medan elektromagnetis. Jika sebuah penghantar dialiri oleh arus listrik, maka disekitar penghantar tersebut timbul medan magnet. Medan magnet yang dihasilkan oleh arus listrik tersebut selanjutnya diinduksikan ke logam ferromagnetis. Penemu *relay* pertama kali adalah Joseph Henry pada tahun 1835



Gambar 2.27. *Relay Module*



Perbedaan yang paling mendasar antara *relay* dan sakelar adalah pada saat pemindahan dari posisi ON ke OFF. *Relay* melakukan pemindahan-nya secara otomatis dengan arus listrik, sedangkan sakelar dilakukan dengan cara manual. Beberapa contoh gambar modul *relay* yang biasa digunakan antara lain:



Gambar 2.28. Contoh – Contoh *Module Relay*

Pada dasarnya, fungsi modul *relay* adalah sebagai saklar elektrik. Dimana relay akan bekerja secara otomatis berdasarkan perintah logika yang diberikan. Kebanyakan, *relay* 5 volt DC digunakan untuk membuat project yang salah satu komponennya butuh tegangan tinggi atau yang sifatnya AC (*Alternating Current*). Sedangkan kegunaan *relay* secara lebih spesifik adalah sebagai berikut:

- Menjalankan fungsi logika dari mikrokontroler Arduino
- Sarana untuk mengendalikan tegangan tinggi hanya dengan menggunakan tegangan rendah
- Meminimalkan terjadinya penurunan tegangan memungkinkan penggunaan fungsi penundaan waktu atau fungsi *time delay function*
- Melindungi komponen lainnya dari kelebihan tegangan penyebab *korsleting*.
- Menyederhanakan rangkaian agar lebih ringkas.

Gambar 2.29. Skematik *Relay*

Berdasarkan gambar skematik *relay* di atas, berikut ini adalah keterangan dari ketiga pin yang perlu ketahui:

- COM (*Common*), adalah pin yang wajib dihubungkan pada salah satu dari dua ujung kabel yang hendak digunakan.
- NO (*Normally Open*), adalah pin tempat menghubungkan kabel yang satunya lagi bila menginginkan kondisi posisi awal yang terbuka atau arus listrik terputus.
- NC (*Normally Close*), adalah pin tempat menghubungkan kabel yang satunya lagi bila menginginkan kondisi posisi awal yang tertutup atau arus listrik tersambung.

Macam macam *relay* dan fungsinya digolongkan menjadi dua macam, yaitu:

#### 1. Jenis *relay* berdasarkan *trigger* atau pemicunya

Sebelum membuat rangkaian, terlebih dahulu harus tahu bahwa ada dua jenis *relay* yang beredar di pasaran berdasarkan *trigger* atau pemicunya, yaitu:

- *Low level trigger*, adalah *relay* yang akan berfungsi (menyala) jika diberikan kondisi low.
- *High level trigger*, adalah *relay* yang akan berfungsi (menyala) jika diberikan kondisi high.



## 2. Jenis *relay* berdasarkan jumlah *channel*-nya

- Modul *relay* 1 *channel*
- Modul *relay* 2 *channel*
- Modul *relay* 4 *channel*
- Modul *relay* 8 *channel*
- Modul *relay* 16 *channel*
- Modul *relay* 32 *channel*

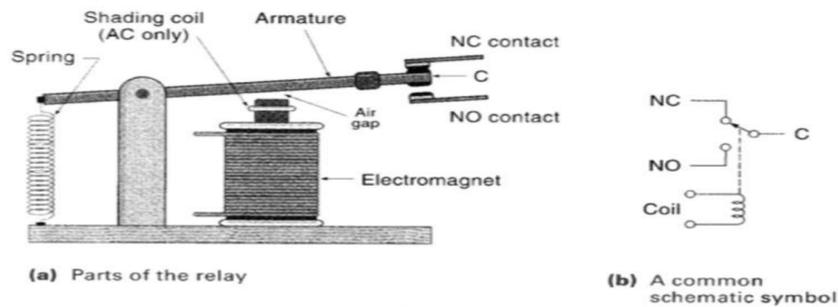
### 2.5.4.2 Prinsi Kerja Modul Relay

Prinsip kerja sama dengan kontraktor magnet yaitu sama-sama berdasarkan kemagnetan yaang dihasilkan oleh kumparan *coil*, jika kumparan *coil* tersebut diberi sumber listrik. Berdasarkan sumber listrik yang masuk maka *relay* dibagi menjadi 2 macam yaitu *relay* DC dan *relay* AC, besar tegangan DC yang masuk pada *coil relay* bervariasi sesuai dengan ukuran yang tertera pada *body relay* tersebut diantaranya *relay* dengan tegangan 6 Volt, 12 Volt, 24 Volt, 48 Volt, sedangkan untuk tegangan AC sebesar 220 Volt.

*Relay* terdiri dari *coil* dan *contact*, *coil* adalah gulungan kawat yang mendapat arus listrik, sedangkan *contact* adalah sejenis saklar yang pergerakannya tergantung dari ada tidaknya arus listrik di *coil*.

*Contact* ada 2 jenis : *Normally Open* (kondisi awal sebelum diaktifkan *open*), dan *Normally Closed* (kondisi awal sebelum diaktifkan *close*).

Secara sederhana berikut ini prinsip kerja dari *relay* : ketika *coil* mendapat listrik (*energized*), akan timbul gaya elektromagnet yang akan menarik *armature* yang berpegas, dan *contact* akan menutup.



Gambar 2.30. Prinsip Kerja Module Relay

Adapun spesifikasi dari *module relay 2 channel*, sebagai berikut :

- 1) Menggunakan tegangan rendah, 5V, sehingga dapat langsung dihubungkan pada sistem mikrokontroler.
- 2) Tipe *relay* adalah SPDT (*Single Pole Double Throw*): 1 *COMMON*, 1 *NC* (*Normally Close*), dan 1 *NO* (*Normally Open*).
- 3) Memiliki daya tahan sampai dengan 10A.
- 4) Pin pengendali dapat dihubungkan dengan *port* mikrokontroler mana saja, sehingga membuat pemrogram dapat leluasa menentukan pin mikrokontroler yang digunakan sebagai pengendali.
- 5) Dilengkapi rangkaian penggerak (*driver*) *relay* dengan level tegangan TTL sehingga dapat langsung dikendalikan oleh mikrokontroler.
- 6) *Driver* bertipe “*active high*” atau kumparan *relay* akan aktif saat pin pengendali diberi logika “1”.
- 7) *Driver* dilengkapi rangkaian peredam GGL induksi sehingga tidak akan membuat *reset* sistem mikrokontroler.
- 8) Connection:
  - VCC connect to 5V
  - GND connect to GND
  - 1N1-1N2 *relay control interface* connected MCU’s IO port.



### 2.5.5 Arduino IDE (*Integrated Development Environment*)

Arduino IDE adalah *software* yang digunakan untuk membuat *sketch* pemrograman atau dengan kata lain arduino IDE sebagai media untuk pemrograman pada *board* yang ingin diprogram. Arduino IDE ini berguna untuk mengedit, membuat, meng-*upload* ke *board* yang ditentukan, dan meng-*coding* program tertentu. Arduino IDE dibuat dari bahasa pemrograman JAVA, yang dilengkapi dengan *library* C/C++(*wiring*), yang membuat operasi *input/output* lebih mudah.

#### 1) Simbol Pagar

Dalam pembuatan program bahasa C yang sering menemukan simbol ini, biasanya ketika mendefinisikan sebuah *variable*. Simbol “ # ” dinamakan “*Preprocessor*”, simbol ini digunakan untuk memasukan *text* dari file lain (*header file*), dan juga digunakan untuk mendefinisikan *macro* sebuah *variable*.

##### a. #include

Fungsi *include* pada Arduino yaitu untuk memasukkan *library* ke dalam *sketch*. Dimana fungsi *library* Arduino sendiri adalah memudahkan pengguna dalam melakukan pengodingan.

```

angel_thermo  AGLO
V/-----thermo-----
#include <max6675.h>

#include <Wire.h>
#include <LiquidCrystal_I2C.h>

#include <ESP8266WiFi.h>
#include <BlynkSimpleEsp8266.h>

```

Gambar 2.31. *Include* Pada Arduino IDE

##### b. #define

Fungsi *define* pada Arduino yaitu memungkinkan *programmer* dalam memberi nama untuk nilai konstan sebelum program dapat dikompilasi.



Penggunaan *define* ini dapat langsung menentukan nama *variabel* dan pin yang digunakan. Untuk inisialisasi pin, cara *define* ini tergolong yang paling efektif. Dimana kita dapat mengisi pin secara langsung meskipun bukan menggunakan (hanya) angka. Contohnya D1, D2, A0, atau yang lainnya. *Define* ini bisa langsung digunakan untuk nama pinnya, bukan hanya nomornya.

```
#define BLYNK_PRINT Serial
#define BLYNK_PRINT Serial
```

Gambar 2.32. *Define* Pada Arduino IDE

## 2) Int

*Integer* tipe data yang sering digunakan untuk membuat variabel yang berbentuk angka (bilangan bulat). Rentang atau jaraknya adalah dari -32.768 sampai 32.768. Jika ingin membuat variabel angka yang tidak kurang dari -32.768, dan tidak lebih dari 32.768 maka dapat menggunakan tipe data *Integer*. *Integer* menggunakan memory dalam mikrokontroler sebanyak 2 byte.

Penulisan dalam ARDUINO IDE yaitu: `int nilai;` (variabel harus diawali dengan huruf), dapat juga ditulis dengan menetapkan nilai variabel Integer yaitu: `int nilai = 368;` (penetapan variabel “nilai” adalah 368). Integer juga dapat digunakan sebagai penetapan atau penentuan pin yang kita gunakan pada *board* arduino, contohnya: `int led1Pin = 2;` (pin LED1 yaitu terletak pada pin 2 di *board* arduino). Penggunaan variabel pada *Integer* juga dapat menetapkan pin dan membatasi nilai dari sensor yang digunakan pada sistem atau perangkat, dapat digunakan pada sensor Analog maupun sensor Digital.

Cara penulisannya yaitu: `int analogSensor1 = A0;` artinya sensor Analog 1 berada pada pin A0 dan nilai dari sensor Analog 1 tidak kurang dari 32.768 dan tidak lebih dari 32.768. Jika nilai pada sensor tidak sesuai dengan ketentuan tipe data *Integer* maka secara otomatis mikrokontroler tidak akan membaca variabel dan perintah tidak akan dijalankan.



```
int thermoDO = D6;
int thermoCS = D7;
int thermoCLK = D8;
int hitung;
MAX6675 thermocouple(thermoCLK, thermoCS, thermoDO);

int pinValue, pinValue2, pinValue3, pinValue4;
```

Gambar 2.33. Int Pada Arduino IDE

### 3) Float

Tipe data untuk bilangan *floating-point* adalah bilangan yang memiliki titik desimal. Angka *floating-point* sering digunakan untuk memperkirakan nilai analog dan kontinu karena memiliki resolusi lebih besar daripada bilangan bulat.

Bilangan *floating-point* dapat memiliki nilai maksimal  $3,4028235E + 38$  dan nilai minimal  $-3,4028235E + 38$ . Float disimpan sebagai informasi 32 bit (4 byte).

```
float celcius, fahrenheit;
```

Gambar 2.34. Float Pada Arduino IDE

### 4) Char

Tipe data Char adalah tipe data yang mengambil satu *byte* memori yang menyimpan suatu nilai karakter. Karakter harfiah ditulis dalam kutip tunggal, misalnya 'A' dan untuk multi karakter digunakan tanda kutip ganda, seperti "ABC".

Namun demikian, karakter-karakter tersebut disimpan sebagai angka. Bahwa dimungkinkan melakukan operasi aritmatika pada karakter, di mana nilai karakter ASCII digunakan. Sebagai contoh, 'A' + 1 memiliki nilai 66, karena nilai ASCII dari huruf kapital A adalah 65

```
char auth[] = "xQw9gjbySSkcWWta49g95aN-0qI9aubV";
char ssid[] = "ANJING";
char pass[] = "heyanjing";
```

Gambar 2.35. Char Pada Arduino IDE



### a. Char auth

Auth token yang sudah dikirimkan oleh *Blynk* berupa kode yang ada di *blynk console* yang dimana *template* dan *device* nya telah ditambahkan.

The screenshot shows the Blynk Console interface for a device named 'QUICK START TEMPLATE'. The 'Device Info' tab is active, displaying various details:

- STATUS:** # Offline
- LAST ONLINE:** 11:17 PM Yesterday
- DEVICES ACTUATED:** 6:15 PM Jul 18, 2022 by aplikasiblynk170266@gmail.com
- AUTH-TOKEN:** xQw9-\*\*\*\*-\*\*\*\*-\*\*\*\*
- MANUFACTURER:** My organization 5376DV
- SS:** No SSL
- BOARD TYPE:** ESP8266
- TEMPLATE ID:** TNPLIUe8KFzo
- HEARTBEAT INTERVAL:** 45
- LAST UPDATED:** 6:15 PM Jul 18, 2022
- LATEST METADATA UPDATE:** 7:40 PM Jul 18, 2022 by aplikasiblynk170266@gmail.com
- ORGANIZATION:** My organization - 5376DV
- TEMPLATE NAME:** QUICK START TEMPLATE
- IP:** 116.206.35.10
- IP COUNTRY:** Indonesia
- PLATFORM:** 2.9146/104.7535
- BLYNK VERSION:** 1.1.0
- BUILD:** 12:16 PM Jul 20, 2022

The 'FIRMWARE CONFIGURATION' section shows the following code:

```
#define BLYNK_TEMPLATE_ID "TNPLIUe8KFzo"
#define BLYNK_DEVICE_NAME "QUICK START TEMPLATE"
#define BLYNK_AUTH_TOKEN "xQw9ggyb5SkcMta49g95aN-0q19aubV"
```

Below the code, it states: 'Template ID, Device Name, and AuthToken should be declared at the very top of the firmware code.'

Gambar 2.36. Char Auth Pada Arduino IDE

### b. Char ssid

Yaitu berupa *network name* (Wi-Fi) yang digunakan untuk mengkoneksikannya ke *blynk*.

### c. Char pas

Yaitu berupa *password* Wi-Fi yang digunakan untuk mengkoneksikannya ke *blynk*.



### 5) Pin Mode

Biasa digunakan dalam `void setup()` untuk mengkonfigurasi pin apakah sebagai `input` atau `output`. Arduino digital pins secara *default* di konfigurasi sebagai `input` sehingga untuk merubahnya harus menggunakan operator `pinMode(pin, mode)`.

```
pinMode (relay, OUTPUT);
```

Gambar 2.37. Pin Mode Pada Arduino IDE

### 6) Digital Write

Digunakan untuk mengeset pin yang kita kehendaki dalam kondisi *level* tegangan `high` atau `low` (nyala atau mati). Pin digital arduino mempunyai 14 (0 – 13).

```
digitalWrite (relay, HIGH);  
  
digitalWrite (relay, HIGH); //0-255
```

Gambar 2.38. Digital Write Pada Arduino IDE

### 7) Serial Begin

Fungsi *serial begin* pada Arduino adalah menentukan kecepatan pengiriman dan penerimaan data melalui *port serial*. Biasanya kecepatan yang sering digunakan adalah 9600 bps (*bit per second*).

```
Serial.begin (9600);
```

Gambar 2.39. Serial Begin Pada Arduino IDE

### 8) Serial Print

Mengirimkan data ke *serial port*, di ikuti oleh karakter carriage return dan line feed (CR dan LF) atau yang di kenal kode untuk *Enter*. Perintah ini mempunyai fungsi yang sama dengan `Serial.print()` namun lebih sering digunakan karena setelah selesai data di kirim di ikuti enter untuk data selanjutnya akan di



tampilkan pada baris/alinea baru di bawahnya sehingga bisa memudahkan dalam pembacaan data pada serial monitor.

```
int pinValue, pinValue2, pinValue3, pinValue4;
BLYNK_WRITE (V1) {
  pinValue = param.asInt();
  Serial.println("masok1");
}
BLYNK_WRITE (V2) {
  pinValue2 = param.asInt();
  Serial.println(pinValue2);
}
BLYNK_WRITE (V3) {
  pinValue3 = param.asInt();
  Serial.println("masok3");
}
BLYNK_WRITE (V4) {
  pinValue4 = param.asInt();
  Serial.println("masok4");
}
```

Gambar 2.40. *Serial Print* Pada Arduino IDE

#### 9) Delay

Yaitu untuk memberikan tambahan waktu atau penundaan dalam satuan milidetik sebelum mengeksekusi program pada baris selanjutnya.

Adapun untuk waktu penundaannya menyesuaikan dengan nilai yang dimasukkan ke perintah. Perintah tersebut berfungsi untuk memberikan jeda pada program selama 1000 milidetik atau setara dengan 1 detik.

```
delay(1000);
```

Gambar 2.41. *Delay* Pada Arduino IDE

#### 10) Void Setup

Fungsi *void setup* pada Arduino adalah sebagai bentuk inisialisasi atau pengenalan dalam program Arduino dan hanya dieksekusi sekali sejak program dijalankan.



```
void setup() {
  pinMode(relay, OUTPUT);
  digitalWrite(relay, HIGH);
  Serial.begin(9600);
  lcd.begin();
  lcd.backlight();
  lcd.setCursor(0,0);
  lcd.print("Start!!!");
}
```

Gambar 2.42. *Void Setup* Pada Arduino IDE

### 11) Void loop

Setelah *void setup()* dijalankan, selanjutnya program akan menjalankan fungsi *void loop()*. Fungsi ini akan dieksekusi terus-menerus secara berurutan hingga program berhenti dijalankan.

```
void loop()
{
  Blynk.run();
  digitalWrite(relay, HIGH); //0-255
  algol();
}
```

Gambar 2.43. *Void Loop* Pada Arduino IDE

### 12) Millis

Millis Arduino merupakan salah satu fungsi pada sintak program Arduino yang berfungsi untuk menjalankan waktu internal pada setiap milli detik pada sistem kerja Arduino secara independent atau mandiri.

Ketika millis di baca pada program Arduino, maka millis akan terus menerus menghitung waktu internal walau pun Arduino nya pada saat bersamaan sedang menjalankan suatu program yang lain. Karena pada dasarnya fungsi Millis ini juga bisa digunakan sebagai *multi-tasking* nya Arduino.



```

Serial.println(hitung);
hitung = map(hitung, 0, 60, 60, 0);
lcd.setCursor(9, 1);
lcd.print(hitung);
lcd.setCursor(12, 1);
lcd.print("M");
lcd.setCursor(0, 0);
lcd.print("Light Roast");
thermo();
lcd.clear();
Blynk.run();
if ( millis() - awal1 >= 1000 * 3600 ) {
  break;
}
else if (pinValue4 == 1) {
  break;
}
}
}
else if (pinValue2 == 1) {
long awal2 = millis(); digitalWrite(relay, LOW);
while (1) {
  hitung = (millis() - awal2) / (1000 * 60);
  hitung = map(hitung, 0, 120, 120, 0);
  lcd.setCursor(9, 1);
  lcd.print(hitung);
  lcd.setCursor(12, 1);
  lcd.print("M");
  lcd.setCursor(0, 0);
  lcd.print("Medium Roast");
  thermo(); Serial.println("but2");
  lcd.clear();
  Blynk.run();
  if ( millis() - awal2 >= 1000 * 3600 * 2 ) {
    break;
  }
  else if (pinValue4 == 1) {
    break;
  }
}
}
else if (pinValue3 == 1) {
long awal3 = millis(); digitalWrite(relay, LOW);
while (1) {
  hitung = (millis() - awal3) / (1000 * 60);
  hitung = map(hitung, 0, 180, 180, 0);
  lcd.setCursor(9, 1);
  lcd.print(hitung);
  lcd.setCursor(12, 1);
  lcd.print("M");
  lcd.setCursor(0, 0);
  lcd.print("Dark Roast");
  thermo(); Serial.println("but3");
  lcd.clear();
  Blynk.run();
  if ( millis() - awal3 >= 1000 * 3600 * 3 ) {
    break;
  }
  else if ( pinValue4 == 1) {
    break;
  }
}
}
}
else {
  baca(); thermo(); lcd.clear();
}
}
}

```

Gambar 2.44. Millis Pada Arduino IDE

### 13) While

Fungsi *while* pada Arduino yakni memungkinkan terjadinya perulangan tak terbatas selama kondisi di dalamnya terpenuhi.



```

Serial.println(hitung);
hitung = map(hitung, 0, 60, 60, 0);
lcd.setCursor(9, 1);
lcd.print(hitung);
lcd.setCursor(12, 1);
lcd.print("M");
lcd.setCursor(0, 0);
lcd.print("Light Roast");
thermo();
lcd.clear();
Blynk.run();
if ( millis() - awal1 >= 1000 * 3600 ) {
  break;
}
else if (pinValue4 == 1) {
  break;
}
}
}
else if (pinValue2 == 1) {
long awal2 = millis(); digitalWrite(relay, LOW);
while (1) {
  hitung = (millis() - awal2) / (1000 * 60);
  hitung = map(hitung, 0, 120, 120, 0);
  lcd.setCursor(9, 1);
  lcd.print(hitung);
  lcd.setCursor(12, 1);
  lcd.print("M");
  lcd.setCursor(0, 0);
  lcd.print("Medium Roast");
  thermo(); Serial.println("but2");
  lcd.clear();
  Blynk.run();
  if ( millis() - awal2 >= 1000 * 3600 * 2 ) {
    break;
  }
  else if (pinValue4 == 1) {
    break;
  }
}
}
else if (pinValue3 == 1) {
long awal3 = millis(); digitalWrite(relay, LOW);
while (1) {
  hitung = (millis() - awal3) / (1000 * 60);
  hitung = map(hitung, 0, 180, 180, 0);
  lcd.setCursor(9, 1);
  lcd.print(hitung);
  lcd.setCursor(12, 1);
  lcd.print("M");
  lcd.setCursor(0, 0);
  lcd.print("Dark Roast");
  thermo(); Serial.println("but3");
  lcd.clear();
  Blynk.run();
  if ( millis() - awal3 >= 1000 * 3600 * 3 ) {
    break;
  }
  else if ( pinValue4 == 1) {
    break;
  }
}
}
else {
  baca(); thermo(); lcd.clear();
}
}
}

```



```

else if (pinValue3 == 1) {
  long awal3 = millis(); digitalWrite(relay, LOW);
  while (1) {
    hitung = (millis() - awal3) / (1000 * 60);
    hitung = map(hitung, 0, 180, 180, 0);
    lcd.setCursor(9, 1);
    lcd.print(hitung);
    lcd.setCursor(12, 1);
    lcd.print("M");
    lcd.setCursor(0, 0);
    lcd.print("Dark Roast");
    thermo(); Serial.println("but3");
    lcd.clear();
    Blynk.run();
    if ( millis() - awal3 >= 1000 * 3600 * 3) {
      break;
    }
    else if ( pinValue4 == 1) {
      break;
    }
  }
}
else {
  baca(); thermo(); lcd.clear();
}
}

```

Gambar 2.45. *While* Pada Arduino IDE

#### 14) Break

Fungsi *break* pada Arduino adalah memaksa sebuah perulangan berhenti sebelum waktunya. Baik itu dalam perulangan *for*, *while*, maupun *do while*. Sehingga dapat dikatakan bahwa penggunaan perintah *break* adalah salah satu cara menghentikan *looping* Arduino.

```

Serial.println(hitung);
hitung = map(hitung, 0, 60, 60, 0);
lcd.setCursor(9, 1);
lcd.print(hitung);
lcd.setCursor(12, 1);
lcd.print("M");
lcd.setCursor(0, 0);
lcd.print("Light Roast");
thermo();
lcd.clear();
Blynk.run();
if ( millis() - awal1 >= 1000 * 3600) {
  break;
}
else if (pinValue4 == 1) {
  break;
}
}
else if (pinValue2 == 1) {
  long awal2 = millis(); digitalWrite(relay, LOW);
  while (1) {
    hitung = (millis() - awal2) / (1000 * 60);
    hitung = map(hitung, 0, 120, 120, 0);
    lcd.setCursor(9, 1);
    lcd.print(hitung);
    lcd.setCursor(12, 1);
    lcd.print("M");
    lcd.setCursor(0, 0);
    lcd.print("Medium Roast");
    thermo(); Serial.println("but2");
    lcd.clear();
    Blynk.run();
    if ( millis() - awal2 >= 1000 * 3600 * 2) {
      break;
    }
    else if (pinValue4 == 1) {
      break;
    }
  }
}
}

```

Gambar 2.46. *Break* Pada Arduino IDE



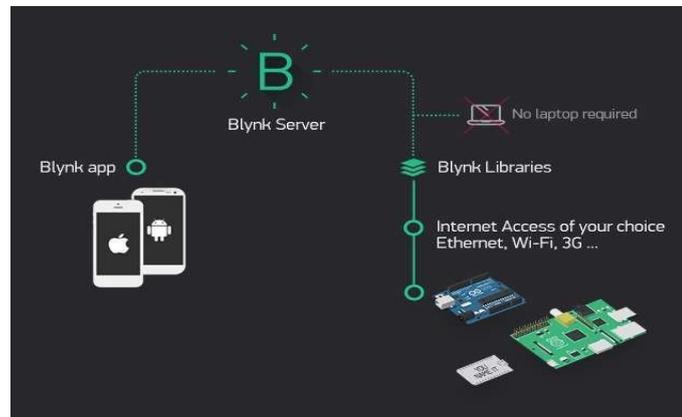
### 2.5.6 Blynk

*Blynk* App adalah sebuah aplikasi yang didesain untuk *Internet of Things*. Aplikasi ini mampu mengontrol *hardware* dari jarak jauh. Ada 3 *platform blynk* yang disediakan, yaitu :

1. *Blynk* App, berfungsi untuk membuat project aplikasi menggunakan bermacam variasi *widget* yang telah disediakan. Namun, batas penggunaan *widget* dalam satu akun hanya 2000 *energy*. *Energy* tersebut dapat ditambah dengan membelinya melalui *playstore*.
2. *Blynk server*, berfungsi untuk meng-handle *project* pada *blynk* app dan berkomunikasi antara smartphone dengan *hardware* yang dibuat. *Blynk server* (*Blynk Cloud*) dapat digunakan secara jaringan lokal dan bersifat *open source*.
3. *Blynk libraries*, berfungsi untuk memudahkan komunikasi antara *hardware* dengan *server* dan seluruh proses perintah *input* serta *output*.  
Dibawah ini merupakan fitur - fitur yang disediakan oleh *Blynk* :
4. API dan UI yang sama untuk mendukung *hardware* dan *devices*
  - Koneksi dengan *cloud* menggunakan: *wifi*, *bluetooth*, *ethernet*, *USB* (*serial*), dan *GSM*
  - Penggunaan *widget* yang mudah
  - Pemanipulasian pin tanpa kode program
  - Integrasi yang mudah menggunakan pin *virtual*
  - Riwayat monitoring data
  - Komunikasi *device-to-device* menggunakan *Bridge Widget*
  - Dapat mengirimkan email, *tweet*, dan *push notification*.

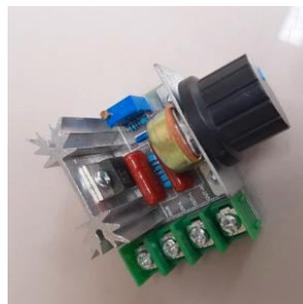


Gambar 2.47. Logo *Blynk*

Gambar 2.48. Mekanisme *Blynk*

## 2.6 Dimmer Tegangan Motor AC

Dimmer adalah perangkat elektronik yang dapat mengatur level tegangan sumber sesuai kebutuhan. Dari sisi sumber tegangan, ada dimmer untuk tegangan AC (dimmer AC), ada pula dimmer DC. Untuk dimmer AC, teknik yang digunakan adalah dengan mengatur sudut fasa gelombang sinus tegangan AC 220V, sedangkan dimmer DC menggunakan teknik PWM (*Pulse Width Modulation*) atau pengaturan lebar pulsa, secara tegangan DC tidak berupa gelombang sinus (lurus aja bentuk tegangannya). Dari sisi penggunaannya ada produk yang manual dalam pengaturan level tegangan ada pula yang otomatis (menggunakan *controller* seperti Arduino, ATTiny, AVR atau *Raspberry Pi*).



Gambar 2.49. Dimmer Tegangan



Dalam aplikasi elektronika banyak sekali fungsi dimmer dipergunakan berikut beberapa fungsi dimer:

1. Sebagai peredup sebuah lampu / LED
2. Mengurangi arus lonjakan (Gerinda, Bor, dinama lainnya) dengan prinsip mengatur kecepatan dinamo tersebut.
3. Mengatur pemanasan (*Heater, Solder*).
4. Sepeda Listrik

Dengan berkembangnya sebuah teknologi dan kebutuhan yang disesuaikan, dimmer juga ikut berkembang dan memiliki berbagai jenis sebagai berikut :

- a. Dimmer PWM (Arduino)



Gambar 2.50. Dimmer AC dan Dimmer DC

- b. *Rotary* Dimmer



Gambar 2.51. *Rotary* Dimmer

- c. Dimmer Saklar



Gambar 2.52. Dimmer Saklar



## 2.7 Motor AC

Motor AC adalah jenis motor listrik yang bekerja menggunakan tegangan AC (*Alternating Current*). Motor AC memiliki dua buah bagian utama yaitu “*stator*” dan “*rotor*”. Stator merupakan komponen Motor AC yang statis. Rotor merupakan komponen Motor AC yang berputar. Motor AC dapat dilengkapi dengan penggerak frekuensi variabel untuk mengendalikan kecepatan sekaligus menurunkan konsumsi dayanya.

Motor listrik AC berfungsi untuk merubah energi listrik dari arus listrik AC menjadi energi mekanis. Energi mekanis yang terbangkitkan berupa energi putaran poros rotor motor listrik. Fungsi motor listrik ini merupakan kebalikan dari generator AC yang berfungsi untuk merubah energi mekanis menjadi energi listrik AC.

### 2.7.1 Jenis – Jenis Motor AC

#### 1. Motor AC Sinkron

Motor sinkron adalah motor listrik AC, yang pada kondisi *steady*, kecepatan putaran rotornya tersinkronisasi atau sebanding dengan frekuensi gelombang arus AC. Jika kita kaitkan dengan rumus putaran rotor mesin AC di bawah ini, maka kecepatan rotor akan selalu sebanding dengan frekuensi listrik *supply* dan berbanding terbalik dengan jumlah kutub magnet.

$$N_s = \frac{120 \times f}{P} \dots\dots\dots(2.1)$$

Keterangan:

$N_s$  = kecepatan putaran stator motor (rpm)

$f$  = frekuensi sumber listrik AC (Hz),

$P$  = jumlah kutub magnet untuk setiap fase listrik.

Prinsip kerja motor listrik AC tipe sinkron adalah terletak pada sistem eksitasi pada rotornya. Rotor motor AC sinkron memiliki kutub magnet dengan



posisi yang tetap. Kutub magnet tersebut terkunci dengan medan magnet yang terbangkitkan di stator. Sehingga pada saat medan magnet stator berputar akibat gelombang listrik AC, rotor motor akan ikut berputar dengan kecepatan yang sama dengan kecepatan gelombang listrik AC.

Motor AC sinkron dapat diklasifikasikan menjadi beberapa tipe:

- Motor sinkron dengan Magnet Permanen

Cara paling mudah untuk mendapatkan medan magnet pada rotor motor listrik sinkron adalah dengan menggunakan magnet permanen. Dengan cara ini akan didapatkan motor listrik yang lebih awet, konsumsi listrik yang relatif hemat karena tidak dibutuhkannya eksitasi pada rotor, serta kerugian panas yang sangat kecil. Dibandingkan dengan motor listrik induksi, motor sinkron dengan magnet permanen memiliki beberapa kelebihan serta kekurangan.



Gambar 2.53. Motor sinkron dengan Magnet Permanen

- Motor Sinkron Reluktansi

Motor sinkron reluktansi menggunakan rotor dengan bahan ferromagnetik, yang diinduksi oleh medan magnet stator. Medan magnet stator dibangkitkan dengan menggunakan beberapa kumparan yang dialiri arus listrik AC. Rotor yang menggunakan bahan logam yang dapat ditarik oleh magnet namun bukan magnet permanen, akan berputar mengikuti putaran medan magnet yang terbangkitkan pada stator motor. Kecepatan sinkron motor didapatkan pada motor reluktansi yang memiliki kutub rotor dengan jumlah yang sama dengan kutub stator.



Gambar 2.54. Motor Sinkron Reluktansi

➤ Motor Sinkron Histerisis

Rotor motor sinkron histerisis menggunakan material silinder baja kobalt dengan nilai koersivitas tinggi. Koersivitas adalah sebuah sifat material ferromagnetik untuk menahan medan magnet luar sehingga ia tidak kehilangan sifat kemagnetannya. Sehingga material dengan koersivitas tinggi, sekali ia termagnetisasi oleh medan magnet dengan arah tertentu, akan membutuhkan medan magnet terbalik yang besar untuk melawan magnetisasi tersebut (histerisis yang lebar). Dengan sifat koersivitas tinggi serta desain rotor yang khusus, pada saat tercipta medan magnet berputar pada stator, akan tercipta pula medan magnet pada rotor dengan kutub yang berlawanan. Selanjutnya akan terjadi gaya tarik-menarik antara kutub rotor dan stator, sehingga rotor akan berputar mengikuti putaran medan magnet stator. Pada awal start motor, kecepatan putaran rotor tidak mampu mengikuti penuh kecepatan putar medan magnet stator. Namun tidak lama kemudian, karena sifat koersivitas rotor tadi, maka akan dicapai kecepatan sinkron putaran rotor.



Gambar 2.55. Motor Sinkron Histerisis



## 2. Motor AC Tak Sinkron

Sesuai dengan prinsip kerja motor listrik AC, rotor motor haruslah sebuah material yang memiliki kutub magnet. Sehingga pada saat kumparan stator teraliri listrik AC dan menciptakan medan magnet putar, rotor magnet akan ikut berputar karena kutub magnet rotor terkunci oleh kutub magnet stator. Motor AC tak sinkron juga dikenal dengan nama motor induksi. Istilah tersebut digunakan karena untuk menciptakan kutub magnet rotor, sistem menggunakan induksi elektromagnetik dari medan magnet kumparan stator. Rotor motor induksi bukan sebuah magnet permanen dan tidak pula menggunakan sistem eksitasi. Bentuk rotor didesain sedemikian rupa sehingga jika terinduksi oleh medan elektromagnetik stator, akan tercipta arus listrik pada rotor diikuti dengan terciptanya medan magnet rotor (fenomena elektromagnetik).

Sekarang mari kita bahas bagaimana prinsip kerja motor induksi ini. Sumber tegangan AC yang dialirkan ke kumparan-kumparan stator motor, akan menghasilkan medan magnet putar dengan kecepatan putaran sinkron sesuai dengan frekuensi sumber listrik. Medan magnet putar stator tersebut akan menginduksi secara elektromagnetik kepada rotor sehingga tercipta arus listrik pada sisi rotor sesuai dengan hukum Faraday. Arus listrik yang mengalir pada sisi rotor tersebut kembali akan menghasilkan medan magnet pada sisi rotor. Dengan adanya dua fluks medan magnet pada sisi rotor dan stator, maka rotor motor akan mengalami torsi putar mengikuti putaran medan magnet stator. Dari kondisi diam, rotor akan berakselerasi sampai nilai arus listrik terinduksi pada rotor serta torsi seimbang dengan beban motor. Rotor motor akan terus berakselerasi hingga mencapai kecepatan sinkronisasinya. Namun justru pada saat kecepatan sinkron tercapai, arus listrik induksi rotor tidak akan terjadi. Hal ini dikarenakan pada saat kecepatan rotor sama dengan kecepatan medan magnet putar stator, maka tidak akan terjadi pemotongan garis gaya magnet stator oleh rotor, sehingga induksi elektromagnetik tidak berfungsi. Maka dari itu, putaran rotor motor induksi tidak akan pernah mencapai kecepatan sinkron. Kecepatan rotor motor induksi akan

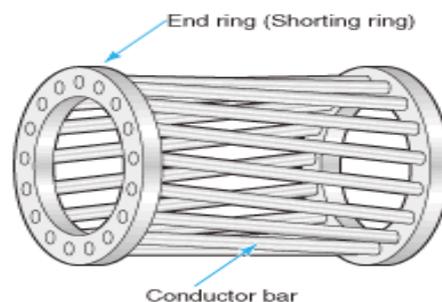


selalu lebih rendah sedikit daripada kecepatan medan magnet putar stator. Perbandingan kecepatan antara rotor dan stator ini disebut dengan *slip*.

Pengklasifikasian motor induksi adalah berdasarkan desain dari rotornya. Ada dua macam desain rotor motor induksi tersebut yakni bentuk sangkar tupai (*squirrel cage*) serta rotor dengan *slip ring* (*wound type*).

#### ❖ Motor Induksi Dengan Rotor Sangkar Tupai

Rotor motor induksi tipe ini berbentuk unik seperti sangkar tupai, maka dari itu diberi nama rotor sangkar tupai. Rotor ini berbentuk silinder yang menjadi satu dengan porosnya. Pada sisi tepi silinder terdapat beberapa batang konduktor (biasanya berbahan tembaga atau aluminium) yang disusun hampir sejajar dengan poros, serta terikat dengan sebetuk cincin pada ujung-ujungnya sehingga nampak menyerupai bentuk sangkar tupai. Rotor motor induksi tipe ini berbentuk unik seperti sangkar tupai, maka dari itu diberi nama rotor sangkar tupai. Rotor ini berbentuk silinder yang menjadi satu dengan porosnya. Pada sisi tepi silinder terdapat beberapa batang konduktor (biasanya berbahan tembaga atau aluminium) yang disusun hampir sejajar dengan poros, serta terikat dengan sebetuk cincin pada ujung-ujungnya sehingga nampak menyerupai bentuk sangkar tupai.



Gambar 2.56. Susunan Batang Konduktor Rotor

Batang konduktor didesain sedikit sejajar namun juga sedikit miring terhadap poros rotor. Desain ini memiliki beberapa tujuan yakni:

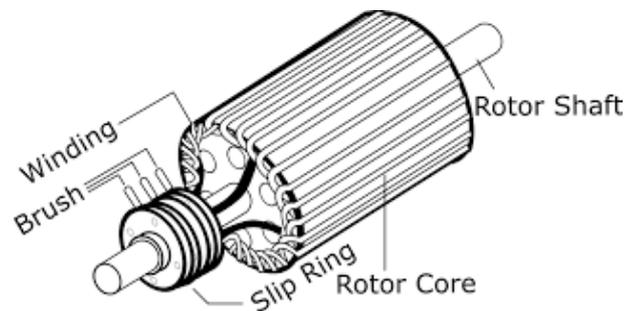


1. Mengurangi suara bising dengungan akibat efek magnetik.
2. Mengurangi fluktuasi torsi pada saat terjadi perubahan kecepatan rotor.
3. Meningkatkan rasio efektifitas proses transformasi (induksi) antara stator dengan rotor.
4. Meningkatkan tahanan rotor karena bobot konduktor yang ringan.
5. Meningkatkan nilai slip untuk torsi tertentu.

Selain batang konduktor, rotor motor *squirrel cage* juga tersusun atas inti besi. Inti besi tersebut berfungsi untuk menyimpan medan magnet yang dihasilkan oleh batang konduktor. Dikarenakan medan magnet rotor berfluktuasi terhadap waktu, maka konstruksi inti besi ini mirip dengan trafo yakni berupa lembaran-lembaran sehingga dapat mengurangi kerugian energi. Untuk mengurangi efek arus *eddy*, maka lembaran-lembaran inti besi saling diinsulasi dengan bahan vernis. Sedangkan material inti besi menggunakan besi karbon rendah dan tinggi silikon untuk mengurangi efek arus *eddy*, serta koersivitas rendah untuk mengurangi kerugian histerisis.

#### ❖ Motor Induksi dengan *Slip Ring*

Motor induksi tipe selanjutnya sebenarnya juga menggunakan bentuk sangkar tupai pada batang konduktornya. Hanya saja, rotor motor ini tidak menggunakan inti besi, melainkan menggunakan lilitan kawat kumparan yang dilengkapi dengan *slip ring*. Namun kumparan dan *slip ring* rotor tidak digunakan sebagai sistem eksitasi, namun digunakan untuk menciptakan resistansi atau hambatan pada rotor ketika penyalaan awal. Resistansi yang tercipta tersebut akan menghasilkan torsi yang besar saat penyalaan awal. Dengan sistem ini, maka motor induksi dengan slip ring ini akan sangat cocok digunakan pada sebuah beban kerja yang apabila menggunakan motor induksi *squirrel cage* dapat mengakibatkan arus listrik penyalaan yang terlalu tinggi untuk kapasitas motor induksi *squirrel cage* tersebut.



Gambar 2.57. Motor Induksi dengan *Slip Ring*

Motor induksi dengan *slip ring* cocok digunakan untuk beban yang memiliki inersia tinggi serta waktu akselerasi yang lama. Hal ini karena dengan motor induksi ini, kita dapat mengontrol kecepatan serta torsi motor. Namun jika sistem kontrol resistansi rotor tidak berjalan dengan baik, dapat dipastikan efek negatif temperatur panas pada rotor akan muncul.

### 2.7.2 Macam – Macam Motor Listrik AC Berdasarkan Jumlah Fasa

Motor listrik AC juga dapat diklasifikasikan berdasarkan jumlah fase sumber listrik AC yang digunakan. Seperti yang diketahui bersama, sumber listrik AC yang lazim digunakan ada dua macam yakni satu fasa dan tiga fasa. Listrik AC satu fasa memiliki satu saja gelombang sinusoidal tegangan AC, sedangkan listrik AC tiga fasa memiliki tiga gelombang sinusoidal tegangan listrik. Perbedaan paling utama antara motor listrik AC tiga fasa dengan satu fasa adalah terletak pada desain kumparan stator motor. Karena listrik AC tiga fasa memiliki arus bolak-balik tiga di saluran, maka paling tidak akan ada enam kumparan kawat pada sisi stator motor AC tiga fasa. Sedangkan karena listrik AC satu fasa hanya memiliki satu saja saluran listrik, maka stator motor AC satu fasa akan hanya memiliki sepasang atau dua kumparan kawat.

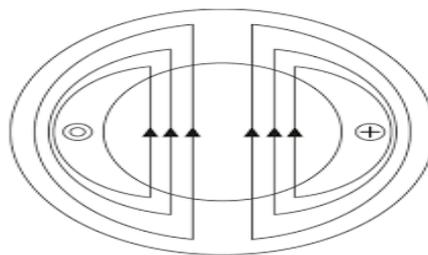
Perbedaan paling utama antara motor listrik AC tiga fasa dengan satu fasa adalah terletak pada desain kumparan stator motor. Karena listrik AC tiga fasa memiliki arus bolak-balik tiga di saluran, maka paling tidak akan ada enam



kumparan kawat pada sisi stator motor AC tiga fasa. Sedangkan karena listrik AC satu fasa hanya memiliki satu saja saluran listrik, maka stator motor AC satu fasa akan hanya memiliki sepasang atau dua kumparan kawat.

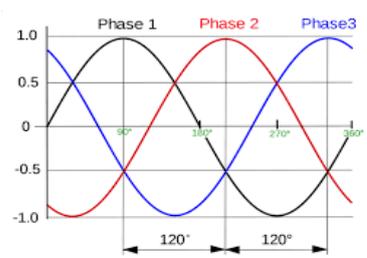
### 1. Motor Listrik Tiga Fasa

Motor listrik jenis ini adalah motor listrik yang dijalankan dengan *supply* 3 fasa RST. Biasanya motor listrik 3 fasa berjenis motor kapasitor atau motor induksi yang akan dijelaskan setelah ini. memiliki 3 kutub saling mendorong sehingga menghasilkan putaran lebih bertenaga. Untuk dapat menjalankan motor 3 fasa diharuskan memiliki *supply* arus ke 3 fasa dari PLN. Karena listrik rumah tidak dapat menjalankan motor 3 fasa dengan optimal



Gambar 2.58. Medan Magnet Motor 3 Fasa

Listrik AC tiga fasa menciptakan gelombang sinusoidal yang seakan-akan saling bersahutan. Ketiga gelombang tersebut saling memiliki selisih  $120^\circ$  satu sama lain. Fenomena tersebut justru akan memudahkan kita untuk memahami bagaimana proses terjadinya medan magnet putar pada stator motor listrik AC.

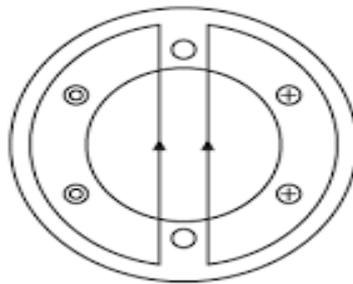


Gambar 2.59. Gelombang Motor 3 Fasa

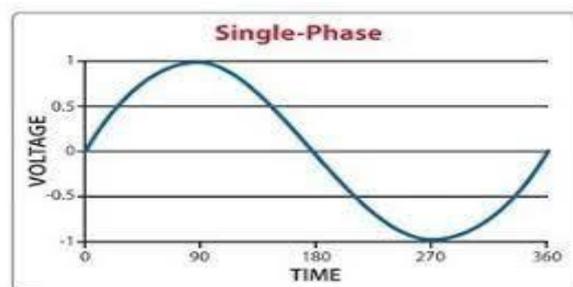


## 2. Motor listrik 1 fasa

Motor listrik 1 fasa ini adalah motor listrik yang dijalankan dengan *supply* 1 fasa. *Supply* 1 fasa adalah listrik pada rumah - rumah komersial bertegangan 220 V. Pada motor listrik 1 fasa motor dibagi menjadi 3 jenis motor. Yaitu : Motor induksi kapasitor, Motor *Shaded Pole* dan Motor *Universal*.



Gambar 2.60. Medan Magnet Motor 1 Fasa



Gambar 2.61. Gelombang Motor 1 Fasa

Berikut jenis – jenis motor listrik 1 fasa yaitu :

### A. Motor Kapasitor

Motor listrik 1 fasa kapasitor adalah jenis motor 1 fasa yang mengandalkan dua kumparan yaitu kumparan utama dan kumparan bantu. Kumparan utama biasanya memiliki ukuran yang lebih besar, dan kumparan bantu yang berukuran lebih kecil namun dengan jumlah lebih banyak. Motor kapasitor dilengkapi dengan kapasitor sebagai pembantunya.



Prinsip kerja jika motor kapasitor diberi sumber tegangan (*supply* 220 Volt AC) pada belitan start, maka terjadi pengaliran arus pada belitan tersebut. Dengan adanya kapasitor yang terhubung seri dengan belitan bantu sehingga arus belitan bantu mendahului (*leading*) terhadap arus belitan utama, kondisi tersebut menyebabkan terbentuk suatu medan magnet putar. Medan magnet putar ini memotong batang-batang konduktor dari belitan rotor yang menyebabkan pada ujung-ujung belitan rotor timbul gaya gerak listrik, karena belitan rotor merupakan rangkaian tertutup sehingga menghasilkan arus pada rotor dan kedua fluks magnet antara fluks belitan stator dan rotor akan berinteraksi sedemikian yang membuat rotor motor kapasitor berputar.



Gambar 2.62. Motor Kapasitor

Kapasitor ini berfungsi untuk mempertinggi kopel awal dan mengurangi arus *start* pada motor kapasitor dan geseran fasa antara kumparan utama dan kumparan bantu lebih dipertajam. Ukuran kapasitas dari kapasitor yang digunakan untuk motor listrik mempunyai satuan uF (mikro farad). Biasanya menggunakan ukuran 1 uF hingga 150 uF tergantung dari besar kecilnya motor yang digunakan.

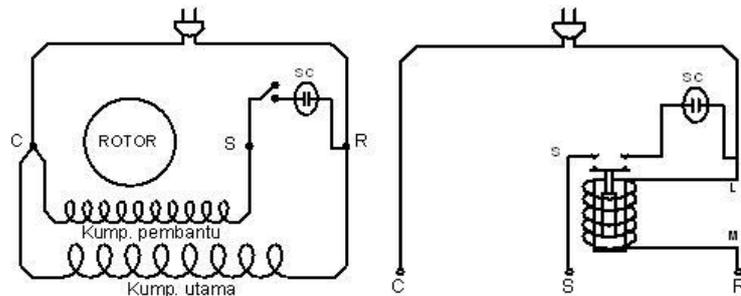
Menurut hubungan kapasitor dengan motor listrik, kapasitor motor dapat dibagi menjadi tiga macam :

a. Motor Kapasitor ***Start (Starting Capacitor Motor)***

*Start* kapasitor yang dihubungkan seri dengan kumparan pembantu oleh *start relay*. *Start* kapasitor hanya dipakai pada waktu permulaan *start*, sehingga daya gerak putar mulanya bertambah besar. Motor dengan *start* kapasitor direncanakan agar selama waktu *start*, kumparan pembantu dapat memberikan arus yang keluar dari fase (*out of phase*) yang menyebabkan motor bekerja



sebagai motor dua fase. Setelah motor hampir mencapai putaran penuh, start kapasitor dan kumparan pembantu hubungannya dilepas oleh *start relay*. Jadi *start* kapasitor dan kumparan pembantu setelah motor berputar penuh tidak ada gunanya lagi, motor akan terus berputar sebagai motor induksi.

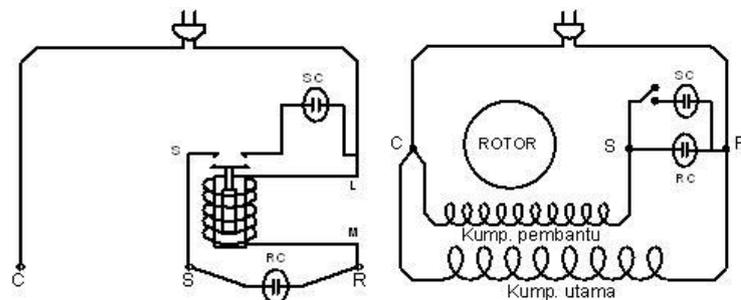


Gambar 2.63. Rangkaian Motor Kapasitor *Start*

Dengan start kapasitor daya gerak putar mula motor dapat dinaikkan sampai 40%, menjadi motor yang mempunyai daya gerak putar mula tinggi (*hing starting torque motor*). Motor tersebut dapat dipakai untuk sistem yang memakai pipa kapiler atau keran ekspansi. Pada umumnya dipakai untuk motor dari  $1/6 - 3/4$  PK, satu fase.

b. Motor Kapasitor *Start-Running* (*Start-Running Capacitor Motor*)

Motor dengan *start* dan *run* kapasitor bentuknya juga hampir sama dengan *split-phase* motor, hanya motor ini memakai *start capacitor* dan *run capacitor* secara paralel dan keduanya dihubungkan seri dengan kumparan pembantu.



Gambar 2.64. Rangkaian Motor Kapasitor *Start-Running*

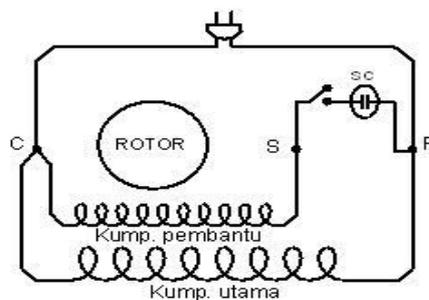
Pada waktu *start*, kedua *start* dan *run* kapasitor yang dihubungkan seri dengan kumparan pembantu mendapat aliran listrik dan memberikan tambahan



tenaga kepada kumparan pembantu selama waktu *start*. Setelah motor hampir mencapai putaran penuh, *start relay* kontaknya terbuka, maka hubungan listrik dari *start capacitor* ke kumparan pembantu terputus, tetapi *run capacitor* masih terus berhubungan. Selanjutnya motor akan terus berputar dengan kumparan utama, kumparan pembantu dan *run capacitor*.

c. Motor Kapasitor Permanen (*Permanent Capacitor Motor*)

*Run capacitor* dihubungkan seri dengan kumparan pembantu untuk memperbaiki faktor kerja (*power factor*). Motor ini banyak dipakai untuk mesin-mesin pendingin yang memakai pipa kapiler atau keran ekspansi juga untuk room *air conditioner* dari ½ - 3 PK, satu fase.



Gambar 2.65. Rangkaian Motor Kapasitor Permanen

Motor kapasitor permanen mempunyai beberapa keuntungan:

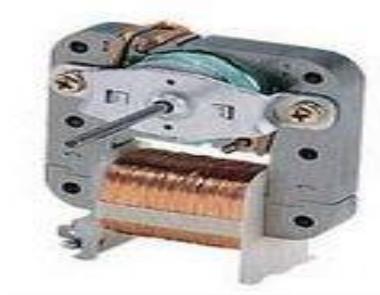
- Getarannya kecil dan berputar merata, karena kumparan pembantu terus-menerus bekerja, maka terdapat gaya gerak putar yang merata pada tiap putaran, sehingga fungsinya seperti motor dua fase.
- Faktor kerja lebih baik dan efisiensi kerja lebih besar.
- Tidak memakai *start capacitor* dan *start relay*, maka hubungan kabel - kabelnya sederhana dan harganya murah.

B. Motor Listrik 1 Fasa *Shaded Pole*

Motor *shaded pole* memiliki konstruksi yang sangat sederhana, pada kedua ujung stator (keren) terdapat dua kawat yang terpasang berfungsi sebagai



kumparan. Pada *shaded pole* kumparan berbentuk seperti kumparan transformator, yaitu kumparan yang mengumpul. Sementara itu, rotornya berbentuk sangkar tupai dan porosnya ditempatkan pada rumah stator. Putaran pada motor *shaded pole* dihasilkan dari dua kawat yang dialiri daya magnet pada kumparan.



Gambar 2.66. Motor *Shaded Pole*

### C. Motor Listrik 1 Fasa Universal

Motor *universal* merupakan motor listrik dengan dua tenaga sekaligus. Pertama tenaga yang dihasilkan dari kumparan stator dan kedua dari rotor yang juga dilengkapi dengan kumparan. Motor listrik jenis ini adalah motor listrik yang memiliki kekuatan paling besar dengan kecepatan paling tinggi namun dengan daya yang lebih besar pula.



Gambar 2.67. Motor Listrik 1 Fasa *Universal*

### 2.7.3 Prinsip Kerja Motor AC

Motor arus bolak-balik (Motor AC) ialah suatu mesin yang berfungsi mengubah tenaga listrik arus bolak-balik (listrik AC) menjadi tenaga gerak atau tenaga mekanik berupa putaran daripada rotor. Motor listrik arus bolak-balik



dapat dibedakan atas beberapa jenis, seperti pada motor DC pada motor AC, arus dilewatkan melalui kumparan, menghasilkan torsi pada kumparan. Sejak saat itu bolak, motor akan berjalan lancar hanya pada frekuensi gelombang sinus. Hal ini disebut motor sinkron. Lebih umum adalah motor induksi, di mana arus listrik induksi dalam kumparan berputar daripada yang diberikan kepada mereka secara langsung.

## 2.8 Adaptor

Fungsi adaptor adalah sebagai media pengubah tegangan arus listrik tinggi menjadi lebih rendah. Adaptor inilah yang membuat arus tegangan listrik mengalir sesuai dengan kebutuhan perangkat yang digunakan.



Gambar 2.68. Adaptor

Prinsip dasarnya, arus listrik PLN disalurkan menggunakan sistem AC atau arus bolak – balik. Sedangkan peralatan listrik yang ada di rumah membutuhkan jenis tegangan DC (searah) agar alat tersebut dapat digunakan. Oleh sebab itu, kita membutuhkan peralatan listrik yang dapat mengubah jenis arus AC menjadi arus DC. Alat yang bisa digunakan untuk kebutuhan ini salah satunya adalah adaptor. Untuk dapat melakukan kinerjanya, perangkat tersebut memerlukan komponen-komponen penyusun. Yang mana elemen penyusun tersebut sekaligus menjadi bagian dari rangkaian adaptor.



Berikut bagian – bagian dari adaptor yaitu :

1. *Transformator* (Trafo)

*Transformator* ini lebih umum disebut sebagai trafo. Dimana trafo ini merupakan salah satu komponen penyusun sebuah adaptor. Trafo berfungsi menurunkan bahkan menaikkan tegangan arus daya sesuai dengan kebutuhan pemakaian. Pada adaptor, penggunaan trafo yang umum dipakai adalah trafo jenis penurun tegangan (trafo *step down*). Alat tersebut tersusun dari dua bagian, yakni bagian primer dan sekunder. Lilitan sekunder pada trafo *step down* jumlahnya lebih dibandingkan lilitan pada trafo *primer*. Jadi, yang berfungsi sebagai input adalah lilitan *primer*, sedangkan fungsi outputnya ada pada lilitan *sekunder*. Fungsinya, meskipun tegangan pada trafo sudah diturunkan. Namun output dari trafo masih berbentuk arus AC (arus bolak-balik). Yang mana arus AC ini nantinya akan diproses kembali sesuai dengan kebutuhan.

2. *Rectifier* (Penyearah)

*Rectifier* lebih umum disebut sebagai penyearah gelombang. Pada rangkaian adaptor arus yang masuk ke dalam perangkat merupakan jenis arus bolak-balik. Jadi, supaya arus daya listrik bisa berfungsi di peralatan elektronik maka perlu adanya perubahan arus menjadi searah terlebih dahulu. Intinya, dari yang tadinya arus AC diubah menjadi arus DC. Dengan demikian, pada bagian *rectifier* inilah arus AC tersebut diolah dan diubah menjadi arus searah. Di dalam *rectifier*, terdapat juga komponen dioda. Yang mana bagian-bagiannya adalah sebagai berikut :

- *Half wave rectifier*, di dalamnya terdapat dioda 1 yang berfungsi sebagai penyearah.
- *Full wave rectifier*, di dalamnya terdapat 2 atau 4 perangkat dioda yang fungsinya penyearah.



### 3. Filter (Penyaring)

Filter atau penyaring adalah komponen penyusun dari adaptor yang sama pentingnya. Filter ini berfungsi sebagai penyaring sinyal dari rectifier. Komponen yang terdapat didalam filter antara lain adalah kondensator yang berjenis ELCO (*Electrolyte Capacitor*).

### 4. Voltage Regulator (Pengatur Tegangan)

Bagian penyusun adaptor yang terakhir ialah *voltage regulator*. Umumnya disebut juga sebagai alat pengatur tegangan. *Voltage regulator* ini berfungsi menstabilkan tegangan arus searah serta melakukan kontrol pada tegangan outputnya. Tujuannya yaitu agar tegangan tidak terpengaruh oleh arus beban, suhu, ataupun tegangan input yang asalnya dari output filter. Di dalam *voltage regulator*, akan menemukan beberapa komponen. Seperti diantaranya transistor, dioda *zener* serta IC regulator. Selain itu, di dalam *voltage regulator* terdapat beberapa komponen penyusunnya. Berikut ini komponen yang ada di dalam *voltage regulator*:

- *Current Limiting* berfungsi sebagai pembatas arus
- *Over Voltage Protection* sebagai protektor dari kelebihan tegangan
- *Short Circuit Protection* sebagai protektor dari hubungan arus pendek listrik

Berikut jenis – jenis adaptor yaitu :

#### 1. Adaptor Konvensional



Gambar 2.69. Adaptor Konvensional



Jenis adaptor yang pertama adalah adaptor konvensional. Pada adaptor konvensional, prinsip kerjanya adalah menurunkan tegangan AC menjadi tegangan DC dengan menggunakan transformator *step down*. Transformator *step down* dalam hal ini fungsinya sebagai penurun tegangan. Jadi, tegangan AC terlebih dahulu diturunkan melalui transformator *step down*.

Kemudian baru disearahkan dengan dioda (*rectifier*). Terakhir lalu diratakan dengan kapasitor elektrolit. Pada adaptor konvensional, arus yang dihasilkan besarnya bertumpu pada tegangan yang dihasilkan oleh transformator. Penggunaan adaptor jenis konvensional, bisa kita temukan pada peralatan listrik seperti amplifier, radio tape, dan lain sebagainya.

## 2. Adaptor Switching



Gambar 2.70. Adaptor Switching

*Switching* adaptor adalah jenis adaptor yang menjadi penyempurna dari jenis yang sebelumnya. Adaptor konvensional dianggap masih memiliki banyak kelemahan dan kekurangan. Jadi hadirnya *switching* adaptor ini dibuat dengan tujuan untuk menyempurnakan versi yang sebelumnya. Pada adaptor *switching*, tidak lagi menemukan transformator *step down* untuk digunakan sebagai penurun tegangan. Selain itu, adaptor ini juga memiliki rangkaian yang sangat berbeda dari yang konvensional. Adaptor *switching* sekarang ini sudah tidak lagi menggunakan trafo besi dengan ukuran besar. Karena pada tipe adaptor ini, trafo yang digunakan adalah trafo berukuran kecil yang disebut juga sebagai trafo *switching*. Trafo *switching* memiliki seri on dan off serta tegangan yang konstan. Besarnya frekuensi *switching* biasanya berkisar antara 20 kilo hertz. Selain menggunakan



trafo yang lebih kecil, Adaptor *switching* juga memiliki efisiensi daya listrik yang lebih rendah, yakni hingga 83 %. Karena banyaknya keunggulan dari jenis adaptor tersebut. Maka tidak heran jika adaptor *switching* banyak digunakan pada berbagai perangkat *modern*. Seperti televisi, *supply* PC, adaptor laptop dan lain sebagainya.

## 2.9 Roda Gigi (Gear)

Roda gigi adalah roda yang berguna untuk mentransmisikan daya besar atau putaran yang cepat. Rodanya dibuat bergerigi dan berbentuk silinder atau kerucut yang saling bersinggungan pada kelilingnya agar jika salah satu diputar maka yang lain akan ikut berputar. Roda gigi merupakan salah satu elemen mesin yang berfungsi untuk meneruskan daya dan putaran dari satu poros ke poros lainnya. Perkembangan industri yang cepat seperti pada kendaraan, kapal dan pesawat terbang memerlukan penerapan lebih lanjut dari teknologi roda gigi. Secara umum pengguna kendaraan bermotor menyukai mobil yang menggunakan mesin dengan efisiensi tinggi, sehingga diperlukan transmisi daya yang unggul. Industri mobil merupakan salah satu perusahaan manufaktur skala besar yang cukup banyak menggunakan roda gigi. Roda Gigi Lurus adalah roda gigi paling dasar dengan jalur gigi yang sejajar poros.



Gambar 2.71. Roda Gigi (*Gear*)