

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pengertian *Ice* dan Klasifikasinya

2.1.1 Pengertian *Ice*

Ice (Es) adalah air yang membeku. Pembekuan ini terjadi apabila air didinginkan di bawah 0 °C (273.15 K, 32 °F) pada tekanan atmosfer standar. Es dapat terbentuk pada suhu yang lebih tinggi dengan tekanan yang lebih tinggi juga, dan air akan tetap sebagai cairan atau gas sampai -30 °C pada tekanan yang lebih rendah. Jika cuaca berkabut, hujan atau berawan dan suhu berada dibawah 10°C maka kemungkinan besar *Icing Condition* (kondisi timbulnya es) bisa terjadi.

2.1.2 Klasifikasi *Ice*

Es dibagi menjadi beberapa jenis yaitu:

1. *Clear Ice*

Clear Ice akan muncul di awan yang sangat pekat di mana partikel-partikel airnya besar dan hanya sedikit yang super dingin atau dalam hujan super-dingin di mana tetesan airnya berukuran besar. Energi kinetik dari tetesan air menghasilkan sejumlah panas pada tumbukan, dan ini dapat menunda pembekuan tetesan. Air tetap menjadi cairan untuk jangka waktu tertentu dan mengalir kembali ke permukaan sampai kehilangan panas yang cukup untuk membeku. Es yang terbentuk dalam keadaan ini adalah lapisan halus kontinu yang dikenal sebagai es glasir atau es bening dan merupakan bentuk lapisan gula paling berbahaya karena sulit dilihat.

2. *Rime Ice*

Jika suhu udara sangat rendah dan partikel awan kecil, tetesan air yang menghantam permukaan yang tidak dipanaskan segera membeku pada

tumbukan dan menghasilkan formasi es kasar dan relatif buram yang dikenal sebagai bongkahan es.

3. *Gleam Ice*

Jenis es ini akan terbentuk ketika pembekuan total partikel air pada benturan membutuhkan waktu lebih lama daripada dalam kasus es rime. Es seperti itu akan terbentuk ketika partikel-partikel air besar dan suhu udara sangat rendah. Air yang tersisa akan membeku dengan cukup cepat untuk menjebak udara, memberikan es penampilan yang buram. Penundaan pembekuan air residu memberi waktu untuk mengalir kembali. Es yang terbentuk akan memanjang lebih jauh ke belakang di tepi depan dan permukaannya tidak akan sekasar es.

4. *Dry Ice*

Lapisan es tidak terjadi di atas sekitar 12.000 meter (40.000 kaki) karena tetesannya semua beku dan dalam bentuk kristal es dan tidak akan melekat pada permukaan pesawat. Namun, jika kristal es hadir dalam volume yang cukup, mereka dapat menumpuk di saluran pendingin tambahan dan intake udara engine yang menyebabkan penyumbatan.

5. *Hoarfrost*

Embun beku terjadi pada permukaan yang berada di bawah titik beku 0°C. Ini terbentuk di udara bersih, uap air dikonversi langsung menjadi kristal es membentuk lapisan berbulu putih. Kadang-kadang terjadi pada permukaan sayap di mana tangki bahan bakar integral dipasang.

2.2 Pengaruh Icing

2.2.1 Pengaruh Icing terhadap penerbangan

Makin tinggi di atmosfer, maka makin rendah suhunya. Dengan penggunaan *standard lapse rate* penurunan dibulatkan 2°C/1000 *Feet*, maka jika penerbangan dari Jakarta dengan ketinggian bandar udara kira-kira 30 *Feet* dan suhu 30°C, suhu akan turun ke 10°C pada ketinggian 10000 *Feet*. Perhitungannya adalah sebagai berikut:

Penurunan suhu ke $10^{\circ}\text{C} = 30^{\circ}\text{C} - 10^{\circ}\text{C} = 20^{\circ}\text{C}$

Perhitungan di atas adalah mengikuti *standard lapse rate*. Dalam keadaan tidak standar mungkin saja 10°C dicapai pada waktu berada pada ketinggian 15000 *Feet*. Maka dengan kondisi diatas, pada waktu mencapai 10000 *Feet* dan terdapat *visible moisture* (uap air yang terlihat seperti kabut dan awan), penerbang akan selalu beranggapan ada *icing condition* yang cukup berbahaya.

International Civil Aviation Organization (ICAO) merilis “*ICAO Standard Atmosphere*” sebagai Doc 7488-CD pada tahun 1993.

Tabel 2. 1 *ICAO Standard Atmosphere*

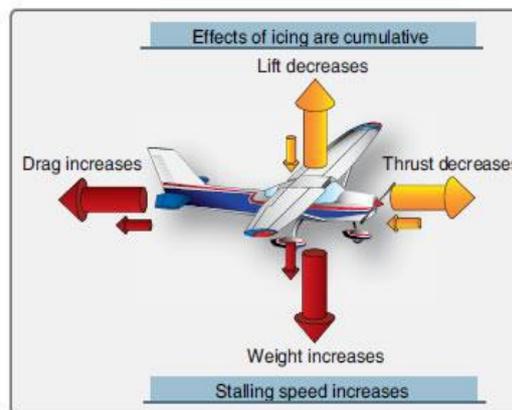
Height km & ft	Temperature $^{\circ}\text{C}$	Pressure hPa	Lapse Rate $^{\circ}\text{C}/1000\text{ft}$
0 km MSL	15.0	1013.25	-1.98 (Tropospheric)
11 km 36000 ft	-56.5	226.00	0.00 (Stratospheric)
20 km 65000 ft	-56.5	54.70	+0.3 (Stratospheric)
32 km 105000 ft	-44.5	8.68	

2.2.2 Pengaruh *Icing* terhadap pesawat terbang

Selama penerbangan dalam kondisi tertentu, es dapat menumpuk di semua area menghadap ke depan pesawat. Akumulasi ini memiliki efek berikut pada pesawat terbang:

1. Penurunan daya angkat karena perubahan bentuk bagian *aerofoil* sayap dan hilangnya aliran arus udara di sekitar tepi depan dan permukaan atas.
2. Peningkatan *drag* untuk alasan yang sama yang menyebabkan kehilangan daya angkat. Permukaan kasar memberikan peningkatan gesekan kulit.

3. Mengurangi efisiensi baling-baling karena perubahan bentuk *blade*. Ada kemungkinan kerusakan pada badan pesawat sebagai akibat dari es yang terlempar dari baling-baling.
4. Mungkin ada kehilangan kontrol karena es membatasi atau mencegah pergerakan permukaan kontrol.
5. Peningkatan gaya berat menyebabkan penurunan ketinggian. Perubahan posisi berat dapat menyebabkan perubahan pada lis pesawat dan kemungkinan hilangnya stabilitas.
6. Penyumbatan port pitot / statis.
7. Kehilangan penglihatan melalui jendela kokpit atau kaca depan.



Gambar 2. 1 Efek icing pada pesawat terbang
(Module 10 Aircraft System, 2015)

2.2.3 Pengaruh *Icing* terhadap *Engine*

Masalah *Icing* (pembentukan formasi es) mungkin timbul selama penerbangan yang melewati awan yang berupa tetesan air yang sangat dingin dan selama *ground operation* dalam kondisi *visibility* yang rendah dengan temperatur udara yang mendekati titik beku. *Engine* memerlukan perlindungan untuk mengatasi formasi es yang terjadi pada bagian depan *engine* dan sisi depan *air intake duct*. *Icing* yang terjadi pada bagian ini dapat amat menghambat aliran udara yang melalui *engine*, menyebabkan penurunan performa *engine*, dengan kemungkinan malfungsi pada *engine*. Kerusakan pada kompresor bisa juga disebabkan karena es yang mencair terus-menerus dan diserap oleh kompresor.

2.3 Deskripsi *Ice and Rain Protection System*

Ice and Rain Protection yang terdapat pada pesawat berfungsi untuk mencegah terbentuknya es dan menghilangkan es pada beberapa area menggunakan *Ice Protection System*, menjaga pandangan agar tetap baik dengan menggunakan *Windshield Rain Removal Systems*. *Ice Protection* terdapat di beberapa area komponennya di pesawat.

1. *Wing Slats, Horizontal Stabilizer Leading Edges and Ram Airscoop*.
2. *Flight Compartment Windshield dan Windows. Defogging dan Rain Protection* juga terdapat pada *Windshields*.
3. *Pitot Tubes, Static Ports, Ram Air Temperature Probe, Angle Of Attack Transducers dan Water Service Panel*.
4. *Engine Nose Cowls dan Guide Vanes Bullets*.

2.4 Detector yang digunakan untuk mendeteksi es

Tujuan dari sistem pendeteksian es adalah untuk memperingatkan awak pesawat tentang es yang akan menumpuk di badan pesawat selama penerbangan. Lapisan es, jika cukup parah, dapat dan telah menyebabkan kecelakaan fatal jika tidak terdeteksi.

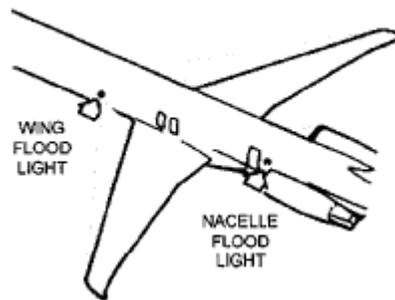
Metode Visual untuk Deteksi Es

Pada beberapa pesawat, awak pesawat harus secara visual memantau penumpukan es di badan pesawat. Alat yang berguna untuk deteksi es visual adalah:

- *Ice Detection Spot Lights* (Lampu spot deteksi es)
- *Illuminated Stick In Front of The Windshield Frame* (Tongkat yang menyala di depan bingkai pelindung angin)

1. *Ice Detection Spot Lights* (Lampu spot deteksi es)

Banyak pesawat memiliki dua lampu spot pembentukan es yang dipasang di setiap sisi badan pesawat, dalam posisi sedemikian rupa untuk menerangi tepi utama dari pesawat induk, jika diperlukan, untuk memungkinkan pemeriksaan visual untuk pembentukan es.



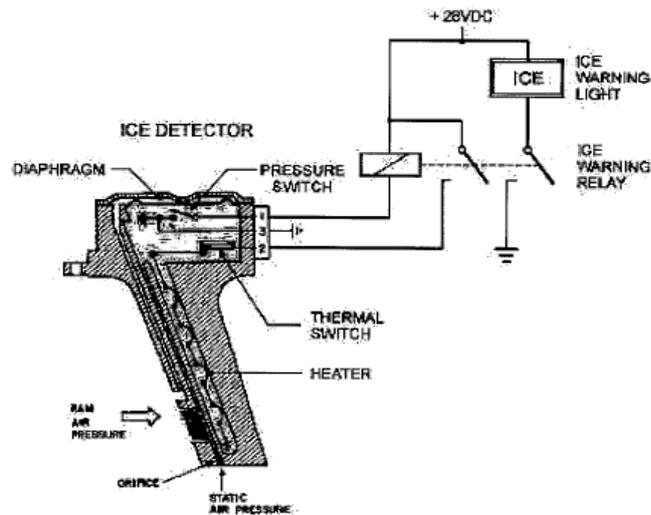
Gambar 2. 2 *Ice Detection Spot Light Areas*
(Module 10 Aircraft System, 2015)

2. *Pressure Operated Ice Detector*

Detektor es yang dioperasikan dengan tekanan terdiri dari tabung berbentuk elips. Dipasang di pangkalan adalah sakelar tekanan yang sensitif, digerakkan oleh diafragma. Detektor dipasang ke aliran udara. Di tepi terkemuka tabung lubang kecil dibor, terhubung ke sisi bawah diafragma.

Cara kerja *Pressure Operated Ice Detector*

1. Jika *Pressure Switch* tertutup karena terdapat akumulasi es, *Ice Warning Relay* akan bekerja dan *Ice Warning Light* dan deteksi pemanas akan aktif dengan sendirinya.
2. Setelah 20 detik maka es akan mencair dan *Pressure Switch* akan kembali membuka.
3. *Ice Detector* akan kembali siap digunakan untuk pendeteksian selanjutnya.
4. *Ice Detector* akan bekerja secara berkelanjutan sampai batas waktu yang ditentukan.

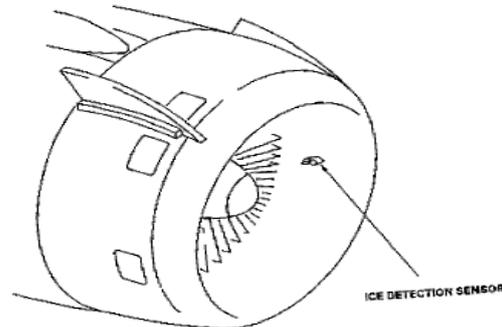


Gambar 2.3 *Pressure Operated Ice Detector Operation*
(Module 10 Aircraft System, 2015)

3. *Vibrating Rod Ice Detector*

Detektor es ini merasakan adanya kondisi lapisan es dan memberikan indikasi di *Flight Compartment* bahwa kondisi tersebut ada. Sistem ini terdiri dari *Solid State Ice Detector* dan *Advisory Warning Light*. Pendeteksi es melekat pada *Fuselage* (badan pesawat) dengan Probe yang menonjol sepanjang skin. *Probe ice detector* (terkena aliran udara) adalah elemen pengindera es yang bergetar secara ultrasonik dalam mode aksial dengan frekuensi resonansinya sendiri sekitar 40 KHz.

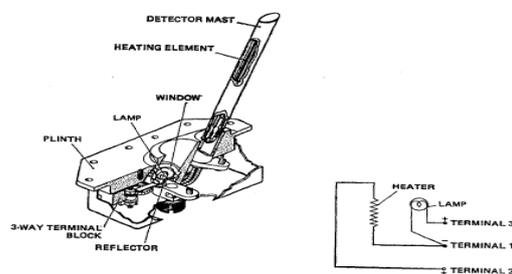
Getaran ini dipantau oleh *Reference Coil* dan dibandingkan dengan *Reference Oscillator* pada *Ice Detector Controller*. Untuk redundansi biasanya dipasang dua sistem deteksi es yang serupa. Ada juga sistem pendeteksi es batang getaran lain dengan sensor dan pengontrol di tempat yang sama.



Gambar 2. 4 *Vibrating Rod Ice Detector*
(Module 10 Aircraft System, 2015)

4. *Hot Rod Ice Detector*

Ini terdiri dari basis aluminium lonjong paduan (disebut alas) yang dipasang tiang detektor tabung baja bagian *aerofoil*, sudut miring sekitar 30° dari vertikal, dipasang di sisi badan pesawat, sehingga dapat dilihat dari *Flight Compartment Windows*. Tiang menampung elemen pemanas, dan di atas alas ada lampu sorot bawaan. Elemen pemanas biasanya mati dan ketika kondisi lapisan es bertemu es bertambah di ujung depan tiang detektor. Ini kemudian dapat diamati oleh awak pesawat. Selama operasi malam hari, lampu sorot internal dapat dinyalakan untuk menerangi tiang. Dengan pemilihan manual saklar ke elemen pemanas es yang terbentuk didispersikan untuk ketaatan lebih lanjut.



Gambar 2. 5 *Hot Rod Ice Detector*
(Module 10 Aircraft System, 2015)

2.5 Jenis-jenis pemanasan pada pesawat terbang

2.5.1 *Anti Icing*

Perangkat *Anti Icing* dipasang di pesawat untuk menghindari terbentuknya es di bagian-bagian yang penting, sehingga *Anti Icing* dipakai sebelum es terbentuk.

Beberapa aplikasi *Anti Icing*:

1. *Carburetor Heat*

Pada pesawat bermesin piston, biasanya dilengkapi dengan *Carburetor Heat*. Udara yang masuk ke karburator dihangatkan untuk menghindari terbentuknya es. Udara yang lebih hangat akan lebih renggang, sehingga pasokan udara akan berkurang yang mengakibatkan berkurangnya tenaga mesin 15%.

2. *Pitot Heat*

Biasanya *Pitot System* yang terpasang di pesawat dilengkapi dengan *Electric Heater* yang bekerja dengan tenaga listrik dari pesawat.

3. *Propeller Anti-Ice*

Biasanya untuk baling-baling pesawat digunakan cairan alkohol yang disemprotkan langsung untuk menghindari terbentuknya es. Ada juga yang dilengkapi dengan *Anti Ice Boot* yaitu lapisan tambahan untuk melancarkan aliran alkohol dan dilengkapi dengan kawat yang dihangatkan secara elektrik.

4. *Wing Anti Ice*

Secara umum ada 2 jenis *Wing Anti-Icing* untuk menghangatkan sayap pesawat.

a. *Electric Heater*

Electric heater yang mempunyai prinsip kerja seperti Pitot Heat.

b. *Bleed Air*

Anti ice jenis ini memanfaatkan udara panas dari mesin (biasanya mesin turbin) untuk menghangatkan sayap pesawat.

5. *Engine Anti Ice*

Untuk mesin turbin (*Turbofan*), bagian depannya (*Nacelle*) sangat rawan untuk terjadi penumpukan es, karena itu bagian depan ini dipanaskan biasanya dengan *Bleed Air* dari mesin.

6. *Glycol Based Fluid*

Dengan *Anti Ice* jenis ini, cairan *Glycol* disemprotkan ke bagian yang rawan *Icing*.

2.5.2 *De Icing*

Kebalikan dengan *Anti Ice*, *De Ice* digunakan pada waktu es sudah terbentuk di bagian pesawat. Alat ini menghancurkan es yang sudah ada. Contoh pemakaian alat ini adalah :

1. *Deicing boot*

Alat ini berupa karet yang dapat dikembangkan untuk memecahkan es yang ada di sayap pesawat. Alat ini biasanya menggunakan tekanan udara (*pneumatic*) untuk bekerja.

2. *Bleed Air*

Penggunaan *Bleed Air* di *Anti Ice Systems* juga dapat berfungsi sebagai *De-Ice Equipment*.

3. *De-icing Fluid*

Dengan menggunakan cairan tertentu yang disemprotkan ke permukaan pesawat yang penting, *De-Icing Fluid* dapat melelehkan es dan biasanya digabungkan dengan *Anti-Icing* yang melapisi di atasnya.

2.6 Bagian-bagian pesawat yang menggunakan *Anti-Icing* dan *De-Icing*

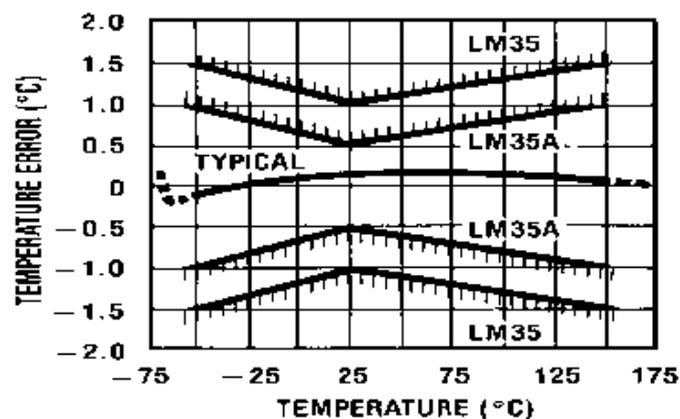
Tabel 2. 2 Bagian-Bagian Pesawat yang Menggunakan Pemanas

Bagian Pesawat	Metoda		
	<i>Pneumatic</i>	<i>Electrical</i>	<i>Chemical</i>
<i>Leading Edge</i>	✓		
<i>Vertical dan Horizontal</i>	✓		
<i>Stabilizer</i>			
<i>Flight Control</i>	✓		
<i>Windshields</i>		✓	✓
<i>Windows</i>		✓	✓
<i>Radome</i>		✓	✓
<i>Engine Air Inlet</i>		✓	
<i>Pitot Tubes</i>		✓	
<i>Stall Warning Transmitter</i>		✓	
<i>Propeller Blades</i>		✓	✓
<i>Lavatory Drain</i>		✓	
<i>Carburetors</i>			✓

2.7 Sensor LM35

Sensor suhu LM35 adalah komponen elektronika yang memiliki fungsi untuk mengubah besaran suhu menjadi besaran listrik dalam bentuk tegangan. Sensor Suhu LM35 yang dipakai dalam penelitian ini berupa komponen elektronika elektronika yang diproduksi oleh *National Semiconductor*. LM35 memiliki keakuratan tinggi dan kemudahan perancangan jika dibandingkan dengan sensor suhu yang lain, LM35 juga mempunyai keluaran impedansi yang rendah dan linieritas yang tinggi sehingga dapat dengan mudah dihubungkan dengan rangkaian kendali khusus serta tidak memerlukan penyetelan lanjutan. Meskipun tegangan sensor ini dapat mencapai 30 volt akan tetapi yang diberikan ke sensor adalah sebesar 5 volt, sehingga dapat digunakan dengan catu daya

5. Memiliki arus rendah yaitu kurang dari $60 \mu\text{A}$.
6. Memiliki pemanasan sendiri yang rendah (*low-heating*) yaitu kurang dari $0,1 \text{ }^\circ\text{C}$ pada udara diam.
7. Memiliki impedansi keluaran yang rendah yaitu $0,1 \text{ W}$ untuk beban 1mA .
8. Memiliki ketidaklinieran hanya sekitar $\pm \frac{1}{4} \text{ }^\circ\text{C}$.



Gambar 2. 7 Grafik akurasi LM35 terhadap suhu
(Lutfia Nanda, 2014)

Sensor LM35 bekerja dengan mengubah besaran suhu menjadi besaran tegangan. Tegangan ideal yang keluar dari LM35 mempunyai perbandingan 100°C setara dengan 1 volt. Sensor ini mempunyai pemanasan diri (self heating) kurang dari $0,1^\circ\text{C}$, dapat dioperasikan dengan menggunakan power supply tunggal dan dapat dihubungkan antar muka (interface) rangkaian control yang sangat mudah.

IC LM 35 sebagai sensor suhu yang teliti dan terkemas dalam bentuk Integrated Circuit (IC), dimana output tegangan keluaran sangat linear terhadap perubahan suhu. Sensor ini berfungsi sebagai peggubah dari besaran fisis suhu ke besaran tegangan yang memiliki koefisien sebesar $10 \text{ mV}/^\circ\text{C}$ yang berarti bahwa kenaikan suhu 1°C maka akan terjadi kenaikan tegangan sebesar 10 mV .

IC LM 35 ini tidak memerlukan pengkalibrasian atau penyetelan dari luar karena ketelitiannya sampai lebih kurang seperempat derajat celcius pada

temperature ruang. Jangka sensor mulai dari -55°C sampai dengan 150°C , IC LM35 penggunaannya sangat mudah, difungsikan sebagai kontrol dari indikator tampilan catu daya terbelah. IC LM 35 dapat dialiri arus $60\ \mu\text{A}$ dari supply sehingga panas yang ditimbulkan sendiri sangat rendah kurang dari 0°C di dalam suhu ruangan.

Untuk mendeteksi suhu digunakan sebuah sensor suhu LM35 yang dapat dikalibrasikan langsung dalam C (celcius), LM35 ini difungsikan sebagai basic temperature sensor.

Adapun keistimewaan dari IC LM 35 adalah :

Kalibrasi dalam satuan derajat celcius.

1. Lineritas $+10\ \text{mV}/^{\circ}\text{C}$.
2. Akurasi $0,5\ ^{\circ}\text{C}$ pada suhu ruang.
3. Range $+2\ ^{\circ}\text{C} - 150\ ^{\circ}\text{C}$.
4. Dioperasikan pada catu daya $4\ \text{V} - 30\ \text{V}$.
5. Arus yang mengalir kurang dari $60\ \mu\text{A}$

2.7.3 Prinsip Kerja Sensor LM35

Secara prinsip sensor akan melakukan penginderaan pada saat perubahan suhu setiap suhu $1\ ^{\circ}\text{C}$ akan menunjukkan tegangan sebesar $10\ \text{mV}$. Pada penempatannya LM35 dapat ditempelkan dengan perekat atau dapat pula disemen pada permukaan akan tetapi suhunya akan sedikit berkurang sekitar $0,01\ ^{\circ}\text{C}$ karena terserap pada suhu permukaan tersebut. Dengan cara seperti ini diharapkan selisih antara suhu udara dan suhu permukaan dapat dideteksi oleh sensor LM35 sama dengan suhu disekitarnya, jika suhu udara disekitarnya jauh lebih tinggi atau jauh lebih rendah dari suhu permukaan, maka LM35 berada pada suhu permukaan dan suhu udara disekitarnya .

Jarak yang jauh diperlukan penghubung yang tidak terpengaruh oleh interferensi dari luar, dengan demikian digunakan kabel selubung yang ditanahkan sehingga dapat bertindak sebagai suatu antenna penerima dan simpangan

didalamnya, juga dapat bertindak sebagai perata arus yang mengkoreksi pada kasus yang sedemikian, dengan menggunakan metode *bypass* kapasitor dari V_{in} untuk ditanahkan.

Maka dapat disimpulkan prinsip kerja sensor LM35 sebagai berikut:

1. Suhu lingkungan di deteksi menggunakan bagian IC yang peka terhadap suhu
2. Suhu lingkungan ini diubah menjadi tegangan listrik oleh rangkaian di dalam IC, dimana perubahan suhu berbanding lurus dengan perubahan tegangan output.
3. Pada seri LM35 Tiap perubahan 1°C akan menghasilkan perubahan tegangan output sebesar 10mV.

$$V_{out} = 10 \text{ mV/C} \dots\dots\dots(1)$$

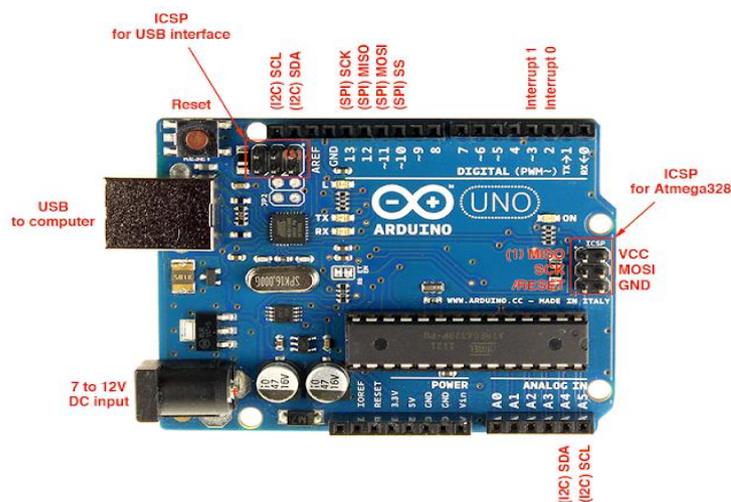
2.7.4 Kelebihan dan Kekurangan Sensor LM35

1. Kelebihan
 - a. Rentang suhu yang jauh, antara -55 sampai +150 oC
 - b. Low self-heating, sebesar 0.08°C
 - c. Beroperasi pada tegangan 4 sampai 30 V
 - d. Rangkaian tidak rumit
 - e. Tidak memerlukan pengkondisian sinyal
2. Kekurangan
 - a. Membutuhkan sumber tegangan untuk beroperasi

2.8 Arduino UNO

Arduino UNO adalah sebuah board mikrokontroler yang didasarkan pada ATmega328. Arduino UNO mempunyai 14 pin digital input/output (6 diantaranya dapat digunakan sebagai output PWM), 6 input analog, sebuah osilator Kristal 16 MHz, sebuah koneksi USB, sebuah power jack, sebuah ICSP header, dan sebuah tombol reset. Arduino UNO memuat semua yang dibutuhkan untuk menunjang mikrokontroler, mudah menghubungkannya ke sebuah computer dengan sebuah

kabel USB atau mensuplainya dengan sebuah adaptor AC ke DC atau menggunakan baterai untuk memulainya.



Gambar 2. 8 Modul Arduino UNO
(Lab Elektronika, 2017)

Arduino UNO berbeda dari semua board Arduino sebelumnya, Arduino UNO tidak menggunakan chip driver FTDI USB-to-serial. Sebaliknya, fitur-fitur Atmega16U2 (Atmega8U2 sampai ke versi R2) diprogram sebagai sebuah pengubah USB ke serial. Revisi 2 dari board Arduino Uno mempunyai sebuah resistor yang menarik garis 8U2 HWB ke ground, yang membuatnya lebih mudah untuk diletakkan ke dalam DFU mode. Revisi 3 dari board Arduino UNO memiliki fitur-fitur baru sebagai berikut:

1. Pinout 1.0: ditambah pin SDA dan SCL yang dekat dengan pin AREF dan dua pin baru lainnya yang diletakkan dekat dengan pin RESET, IOREF yang memungkinkan shield-shield untuk menyesuaikan tegangan yang disediakan dari board. Untuk ke depannya, shield akan dijadikan kompatibel/cocok dengan board yang menggunakan AVR yang beroperasi dengan tegangan 5V dan dengan Arduino Due yang beroperasi dengan tegangan 3.3V. Yang ke-dua ini merupakan sebuah pin yang tak terhubung, yang disediakan untuk tujuan kedepannya
2. Sirkuit RESET yang lebih kuat
3. Atmega 16U2 menggantikan 8U2

“UNO” berarti satu dalam bahasa Italia dan dinamai untuk menandakan keluaran (produk) Arduino 1.0 selanjutnya. Arduino UNO dan versi 1.0 akan menjadi referensi untuk versi-versi Arduino selanjutnya. Arduino UNO adalah sebuah seri terakhir dari board Arduino USB dan model referensi untuk papan Arduino, untuk suatu perbandingan dengan versi sebelumnya.

Tabel 2. 3 Spesifikasi Arduino UNO

Arduino	Atmega328
Tegangan Pengoperasian	5 Volt
Tegangan Input yang disarankan	7-12 Volt
Batas Tegangan Input	6-20 Volt
Jumlah Pin/I/O Digital	14 (6 diantaranya menyediakan keluaran PWM)
Jumlah Pin Input Analog	6
Arus DC tiap Pin I/O	40 Ma
Memori Flash	32 KB (Atmega328), sekitar 0.5 KB digunakan oleh bootloader
SRAM	2 KB (Atmega328)
EEPROM	1 KB (Atmega328)
Clock Speed	16 MHz

2.8.1 Pin Masukan dan Keluaran Arduino UNO

Masing-masing dari 14 pin digital arduino uno dapat digunakan sebagai masukan atau keluaran menggunakan fungsi `pinMode()`, `digitalWrite()` dan `digitalRead()`. Setiap pin beroperasi pada tegangan 5 volt. Setiap pin mampu menerima atau menghasilkan arus maksimum sebesar 40 mA dan memiliki resistor *pull-up* internal (diputus secara default) sebesar 20-30 KOhm. Sebagai tambahan, beberapa pin masukan digital memiliki kegunaan khusus yaitu:

1. Komunikasi serial: pin 0 (RX) dan pin 1 (TX), digunakan untuk menerima(RX) dan mengirim(TX) data secara serial.

2. External Interrupt: pin 2 dan pin 3, pin ini dapat dikonfigurasi untuk memicu sebuah interrupt pada nilai rendah, sisi naik atau turun, atau pada saat terjadi perubahan nilai.
3. Pulse-width modulation (PWM): pin 3,5,6,9,10 dan 11, menyediakan keluaran PWM 8-bit dengan menggunakan fungsi `analogWrite()`.
4. Serial Peripheral Interface (SPI): pin 10 (SS), 11 (MOSI), 12 (MISO) dan 13 (SCK), pin ini mendukung komunikasi SPI dengan menggunakan SPI library.
5. LED: pin 13, terdapat built-in LED yang terhubung ke pin digital 13. Ketika pin bernilai HIGH maka LED menyala, sebaliknya ketika pin bernilai LOW maka LED akan padam.

Arduino UNO memiliki 6 masukan analog yang diberi label A0 sampai A5, setiap pin menyediakan resolusi sebanyak 10 bit (1024 nilai yang berbeda). Secara default pin mengukur nilai tegangan dari ground (0V) hingga 5V, walaupun begitu dimungkinkan untuk mengganti nilai batas atas dengan menggunakan pin AREF dan fungsi `analogReference()`. Sebagai tambahan beberapa pin masukan analog memiliki fungsi khusus yaitu pin A4 (SDA) dan pin A5 (SCL) yang digunakan untuk komunikasi *Two Wire Interface* (TWI) atau *Inter Integrated Circuit* (I2C) dengan menggunakan *Wire library*.

2.8.2 Sumber Daya dan Pin Tegangan Arduino UNO

Arduino UNO dapat diberi daya melalui koneksi USB (*Universal Serial Bus*) atau melalui *power supply* eksternal. Jika Arduino UNO dihubungkan ke kedua sumber daya tersebut secara bersamaan maka Arduino UNO akan memilih salah satu sumber daya secara otomatis untuk digunakan. Power supply external (yang bukan melalui USB) dapat berasal dari *adaptor* AC ke DC atau baterai. *Adaptor* dapat dihubungkan ke soket *power* pada Arduino UNO. Jika menggunakan baterai, ujung kabel yang dibubungkan ke baterai dimasukkan kedalam pin GND dan Vin yang berada pada konektor *power*. Arduino UNO dapat beroperasi pada tegangan 6 sampai 20 volt. Jika Arduino UNO diberi tegangan di bawah 7 volt, maka pin 5V akan menyediakan tegangan di bawah 5

volt dan Arduino UNO mungkin bekerja tidak stabil. Jika diberikan tegangan melebihi 12 volt, penstabil tegangan kemungkinan akan menjadi terlalu panas dan merusak Arduino UNO. Tegangan rekomendasi yang diberikan ke Arduino UNO berkisar antara 7 sampai 12 volt.

Pin-pin tegangan pada arduino uno adalah sebagai berikut:

1. Vin adalah pin untuk mengalirkan sumber tegangan ke Arduino UNO ketika menggunakan sumber daya eksternal (selain dari koneksi USB atau sumber daya yang teregulasi lainnya). Sumber tegangan juga dapat disediakan melalui pin ini jika sumber daya yang digunakan untuk Arduino UNO dialirkan melalui soket power.
2. 5V adalah pin yang menyediakan tegangan teregulasi sebesar 5 volt berasal dari regulator tegangan pada Arduino UNO.
3. 3V3 adalah pin yang menyediakan tegangan teregulasi sebesar 3,3 volt berasal dari regulator tegangan pada Arduino UNO.
4. GND adalah pin *ground*.

2.9 Liquid Crystal Display (LCD)

LCD adalah lapisan dari campuran organik antara lapisan kaca bening dengan elektroda transparan indium oksida dalam bentuk tampilan seven-segment dan lapisan elektroda pada kaca belakang. Ketika elektroda diaktifkan dengan medan listrik (tegangan), molekul organik yang panjang dan silindris menyesuaikan diri dengan elektroda dari segmen. Lapisan sandwich memiliki polarizer cahaya vertikal depan dan polarizer cahaya horisontal belakang yang diikuti dengan lapisan reflektor. Cahaya yang dipantulkan tidak dapat melewati molekul-molekul yang telah menyesuaikan diri dan segmen yang diaktifkan terlihat menjadi gelap dan membentuk karakter data yang ingin ditampilkan.



Gambar 2. 9 Contoh Bentuk LCD
(Elektronika Dasar, 2018)

2.9.1 Pengendali / Kontroler LCD (Liquid Cristal Display)

Dalam modul LCD (Liquid Cristal Display) terdapat microcontroller yang berfungsi sebagai pengendali tampilan karakter LCD (Liquid Cristal Display). Microcontroller pada suatu LCD (Liquid Cristal Display) dilengkapi dengan memori dan register. Memori yang digunakan microcontroller internal LCD adalah :

1. DDRAM (Display Data Random Access Memory) merupakan memori tempat karakter yang akan ditampilkan berada.
2. CGRAM (Character Generator Random Access Memory) merupakan memori untuk menggambarkan pola sebuah karakter dimana bentuk dari karakter dapat diubah-ubah sesuai dengan keinginan.
3. CGROM (Character Generator Read Only Memory) merupakan memori untuk menggambarkan pola sebuah karakter dimana pola tersebut merupakan karakter dasar yang sudah ditentukan secara permanen oleh pabrikan pembuat LCD (Liquid Cristal Display) tersebut sehingga pengguna tinggal mengambilnya sesuai alamat memorinya dan tidak dapat merubah karakter dasar yang ada dalam CGROM.

Register control yang terdapat dalam suatu LCD diantaranya adalah:

1. Register perintah yaitu register yang berisi perintah-perintah dari mikrokontroler ke panel LCD (Liquid Cristal Display) pada saat proses penulisan data atau tempat status dari panel LCD (Liquid Cristal Display) dapat dibaca pada saat pembacaan data.

2. Register data yaitu register untuk menuliskan atau membaca data dari atau keDDRAM. Penulisan data pada register akan menempatkan data tersebut keDDRAM sesuai dengan alamat yang telah diatur sebelumnya.

Pin, kaki atau jalur input dan kontrol dalam suatu LCD (*Liquid Cristal Display*) diantaranya adalah :

1. Pin data adalah jalur untuk memberikan data karakter yang ingin ditampilkan menggunakan LCD (*Liquid Cristal Display*) dapat dihubungkan dengan bus data dari rangkaian lain seperti mikrokontroler dengan lebar data 8 bit.
2. Pin RS (Register Select) berfungsi sebagai indikator atau yang menentukan jenis data yang masuk, apakah data atau perintah. Logika low menunjukkan yang masuk adalah perintah, sedangkan logika high menunjukkan data.
3. Pin R/W (Read Write) berfungsi sebagai instruksi pada modul jika low tulis data, sedangkan high baca data.
4. Pin E (Enable) digunakan untuk memegang data baik masuk atau keluar.
5. Pin VLCD berfungsi mengatur kecerahan tampilan (kontras) dimana pin ini dihubungkan dengan trimpot 5 Kohm, jika tidak digunakan dihubungkan ke ground, sedangkan tegangan catu daya ke LCD sebesar 5 Volt.



Gambar 2. 10 Konfigurasi Pin LCD
(Elektronika Dasar, 2018)

Keterangan pin:

1. VSS : digunakan untuk menyalakan LCD (*ground*)

2. VDD : digunakan untuk menyalakan LCD (+5 V)
3. VEE : digunakan untuk mengatur tingkat *contrast* pada LCD
4. RS : menentukan mode yang akan digunakan (0 = *instruction input* , 1 = *data input*)
5. R/W : menentukan mode yang akan digunakan (0 = *write* , 1 = *read*)
6. EN : *enable* (untuk *clock*)
7. D0 : data 0
8. D1 : data 1
9. D2 : data 2
10. D3 : data 3
11. D4 : data 4
12. D5 : data 5
13. D6 : data 6
14. D7 : data 7 (MSB)

2.9.2 Cara Kerja LCD Secara Umum

Pada aplikasi umumnya RW diberi logika rendah “0”. Bus data terdiri dari 4-bit atau 8-bit. Jika jalur data 4-bit maka yang digunakan ialah DB4 sampai dengan DB7. Sebagaimana terlihat pada table deskripsi, *interface LCD* merupakan sebuah *parallel bus*, dimana hal ini sangat memudahkan dan sangat cepat dalam pembacaan dan penulisan data dari atau ke LCD. Kode ASCII yang ditampilkan sepanjang 8-bit dikirim ke LCD secara 4-bit atau 8 bit pada satu waktu. Jika mode 4-bit yang digunakan, maka 2 nibble data dikirim untuk membuat sepenuhnya 8-bit (pertama dikirim 4-bit MSB lalu 4-bit LSB dengan pulsa clock EN setiap *nibblenya*). Jalur kontrol EN digunakan untuk memberitahu LCD bahwa mikrokontroler mengirimkan data ke LCD. Untuk mengirim data ke LCD program harus menyet EN ke kondisi high “1” dan kemudian menyet dua jalur kontrol lainnya (RS dan R/W) atau juga mengirimkan data ke jalur data bus. Saat jalur lainnya sudah siap, EN harus diset ke “0” dan tunggu beberapa saat (tergantung pada *datasheet LCD*), dan set EN kembali ke high “1”. Ketika jalur

RS berada dalam kondisi low “0”, data yang dikirimkan ke LCD dianggap sebagai sebuah perintah atau instruksi khusus (seperti bersihkan layar, posisi kursor dll). Ketika RS dalam kondisi *high* atau “1”, data yang dikirimkan adalah data ASCII yang akan ditampilkan dilayar. Misal, untuk menampilkan huruf “A” pada layar maka RS harus diset ke “1”. Jalur kontrol R/W harus berada dalam kondisi *low* (0) saat informasi pada data bus akan dituliskan ke LCD. Apabila R/W berada dalam kondisi *high* “1”, maka program akan melakukan *query* (pembacaan) data dari LCD. Instruksi pembacaan hanya satu, yaitu Get LCD status (membaca status LCD), lainnya merupakan instruksi penulisan. Jadi hampir setiap aplikasi yang menggunakan LCD, R/W selalu diset ke “0”. Jalur data dapat terdiri 4 atau 8 jalur (tergantung mode yang dipilih pengguna), DB0, DB1, DB2, DB3, DB4, DB5, DB6 dan DB7. Mengirim data secara *parallel* baik 4-bit atau 8-bit merupakan 2 mode operasi primer. Untuk membuat sebuah aplikasi *interface* LCD, menentukan mode operasi merupakan hal yang paling penting.

Mode 8-bit sangat baik digunakan ketika kecepatan menjadi keutamaan dalam sebuah aplikasi dan setidaknya minimal tersedia 11 pin I/O (3 pin untuk kontrol, 8 pin untuk data). Sedangkan mode 4 bit minimal hanya membutuhkan 7-bit (3 pin untuk kontrol, 4 pin untuk data). Bit RS digunakan untuk memilih apakah data atau instruksi yang akan ditransfer antara mikrokontroller dan LCD. Jika bit ini di set ($RS = 1$), maka byte pada posisi kursor LCD saat itu dapat dibaca atau ditulis. Jika bit ini di reset ($RS = 0$), merupakan instruksi yang dikirim ke LCD atau status eksekusi dari instruksi terakhir yang dibaca.

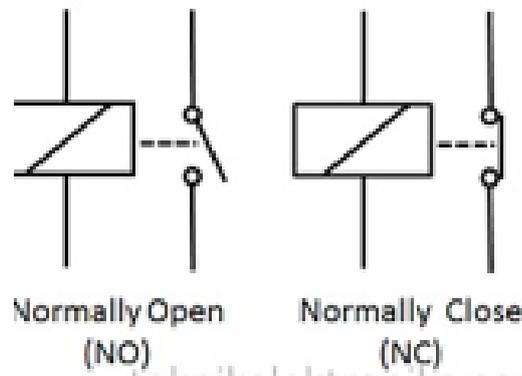
2.10 Relay

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. 11 Bentuk Relay
(AT-MO, 2016)

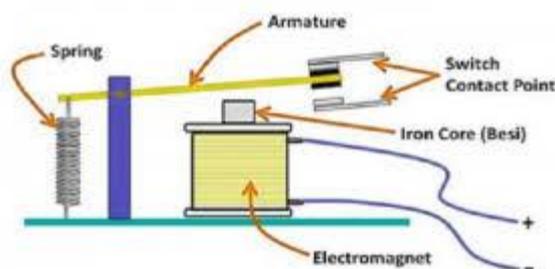


Gambar 2. 12 Simbol Relay
(AT-MO, 2016)

Pada dasarnya, Relay terdiri dari 4 komponen dasar yaitu :

1. Electromagnet (Coil)
2. Armature
3. Switch Contact Point (Saklar)
4. Spring.

Berikut ini merupakan gambar dari bagian-bagian Relay :



Gambar 2. 13 Konstruksi bagian dalam Relay 5 Volt
(AT-MO, 2016)

Kontak Poin (Contact Point) Relay terdiri dari 2 jenis yaitu :

1. Normally Close (NC) yaitu kondisi awal sebelum diaktifkan akan selalu berada di posisi CLOSE (tertutup)
2. Normally Open (NO) yaitu kondisi awal sebelum diaktifkan akan selalu berada di posisi OPEN (terbuka)

Berdasarkan gambar diatas, sebuah Besi (Iron Core) yang dililit oleh sebuah kumparan Coil yang berfungsi untuk mengendalikan Besi tersebut. Apabila Kumparan Coil diberikan arus listrik, maka akan timbul gaya Elektromagnet yang kemudian menarik Armature untuk berpindah dari Posisi sebelumnya (NC) ke posisi baru (NO) sehingga menjadi Saklar yang dapat menghantarkan arus listrik di posisi barunya (NO). Posisi dimana Armature tersebut berada sebelumnya (NC) akan menjadi OPEN atau tidak terhubung. Pada saat tidak dialiri arus listrik, Armature akan kembali lagi ke posisi Awal (NC). Coil yang digunakan oleh Relay untuk menarik Contact Poin ke Posisi Close pada umumnya hanya membutuhkan arus listrik yang relatif kecil.

Beberapa fungsi Relay yang telah umum diaplikasikan kedalam peralatan Elektronika diantaranya adalah :

1. Relay digunakan untuk menjalankan Fungsi Logika (*Logic Function*)
2. Relay digunakan untuk memberikan Fungsi penundaan waktu (*Time Delay Function*)
3. Relay digunakan untuk mengendalikan Sirkuit Tegangan tinggi dengan bantuan dari Signal Tegangan rendah.
4. Ada juga Relay yang berfungsi untuk melindungi Motor ataupun komponen lainnya dari kelebihan Tegangan ataupun hubung singkat (Short).

2.10.1 Module Relay 1 Channel

Module Relay 1 channel adalah Modul relay yang dapat digunakan sebagai switch untuk menjalankan berbagai peralatan elektronik. Misalnya Lampu listrik, Motor listrik, dan berbagai peralatan elektronik lainnya. Kendali ON / OFF switch (relay), sepenuhnya ditentukan oleh nilai output sensor, yang setelah diproses Mikrokontroler akan menghasilkan perintah kepada relay untuk melakukan fungsi ON / OFF, berikut ini gambar relay module 1 channel:



Gambar 2. 14 Module Relay 1 Channel
(Nanda Syaputra, 2017)

2.11 Light Emmiting Diode (LED)

Light Emitting Diode atau sering disingkat dengan LED adalah komponen elektronika yang dapat memancarkan cahaya monokromatik ketika diberikan

tegangan maju. LED merupakan keluarga Dioda yang terbuat dari bahan semikonduktor. Warna-warna Cahaya yang dipancarkan oleh LED tergantung pada jenis bahan semikonduktor yang dipergunakannya. LED juga dapat memancarkan sinar inframerah yang tidak tampak oleh mata seperti yang sering kita jumpai pada Remote Control TV ataupun Remote Control perangkat elektronik lainnya.



Gambar 2. 15 Bentuk LED
(Rida Angga, 2015)

Bentuk LED mirip dengan sebuah bohlam (bola lampu) yang kecil dan dapat dipasangkan dengan mudah ke dalam berbagai perangkat elektronika. Berbeda dengan Lampu Pijar, LED tidak memerlukan pembakaran filamen sehingga tidak menimbulkan panas dalam menghasilkan cahaya. Oleh karena itu, saat ini LED (Light Emitting Diode) yang bentuknya kecil telah banyak digunakan sebagai lampu penerang dalam LCD TV yang mengganti lampu tube.



Gambar 2. 16 Simbol LED
(Rida Angga, 2015)

2.11.1 Cara kerja LED

LED terdiri dari sebuah chip semikonduktor yang di doping sehingga menciptakan junction P dan N. Yang dimaksud dengan proses doping dalam semikonduktor adalah proses untuk menambahkan ketidakh murnian (impurity)

pada semikonduktor yang murni sehingga menghasilkan karakteristik kelistrikan yang diinginkan. Ketika LED dialiri tegangan maju atau bias forward yaitu dari Anoda (P) menuju ke Katoda (K), Kelebihan Elektron pada N-Type material akan berpindah ke wilayah yang kelebihan Hole (lubang) yaitu wilayah yang bermuatan positif (P-Type material). Saat Elektron berjumpa dengan Hole akan melepaskan photon dan memancarkan cahaya monokromatik (satu warna). LED atau Light Emitting Diode yang memancarkan cahaya ketika dialiri tegangan maju ini juga dapat digolongkan sebagai Transduser yang dapat mengubah Energi Listrik menjadi Energi Cahaya.

2.11.2 Tegangan Maju (*Forward Bias*) LED

Masing-masing Warna LED (Light Emitting Diode) memerlukan tegangan maju (Forward Bias) untuk dapat menyalakannya. Tegangan Maju untuk LED tersebut tergolong rendah sehingga memerlukan sebuah Resistor untuk membatasi Arus dan Tegangannya agar tidak merusak LED yang bersangkutan. Tegangan Maju biasanya dilambangkan dengan tanda V_F .

Tabel 2. 4 Tegangan Maju (*Forward Bias*) LED

Warna	Tegangan Maju @20mA
Infra Merah	1,2 V
Merah	1,8 V
Jingga	2,0 V
Kuning	2,2 V
Hijau	3,5 V
Biru	3,6 V
Putih	4,0 V

2.11.3 Kegunaan LED

Teknologi LED memiliki berbagai kelebihan seperti tidak menimbulkan panas, tahan lama, tidak mengandung bahan berbahaya seperti merkuri, dan hemat listrik serta bentuknya yang kecil ini semakin populer dalam bidang teknologi

pencahayaannya. Berbagai produk yang memerlukan cahaya pun mengadopsi teknologi Light Emitting Diode (LED) ini. Berikut ini beberapa pengaplikasiannya LED dalam kehidupan sehari-hari:

1. Lampu Penerangan Rumah
2. Lampu Penerangan Jalan
3. Papan Iklan (Advertising)
4. Backlight LCD (TV, Display Handphone, Monitor)
5. Lampu Dekorasi Interior maupun Exterior
6. Lampu Indikator
7. Pemancar Infra Merah pada Remote Control (TV, AC, AV Player)

2.12 Pengertian Pengering

Pengeringan (*drying*) zat padat berarti pemisahan sejumlah kecil air atau zat cair lain dari bahan padat, sehingga mengurangi kandungan sisa zat cair di dalam zat padat itu sampai suatu nilai terendah yang dapat diterima. Proses pengeringan merupakan proses perpindahan panas dari sebuah permukaan benda sehingga kandungan air pada permukaan benda berkurang. Perpindahan panas dapat terjadi karena adanya perbedaan temperatur yang signifikan antara dua permukaan. Perbedaan temperatur ini ditimbulkan oleh adanya aliran udara panas diatas permukaan benda yang akan dikeringkan yang mempunyai temperatur lebih dingin. (Abdul Fatah, 12 : 2010)

2.12.1 Pengering Rambut (*Hair Dryer*)

Hair dryer adalah perangkat elektromekanis yang dirancang untuk untuk mempercepat penguapan air. Pada *hair dryer* terdapat bagian-bagian yaitu: (Abdul Fatah,12:2010).

1. Motor berfungsi sebagai memutar kipas.
2. Thermostat berfungsi sebagai pengaman panas ,thermostat ini akan mematikan elem pemanas bila panas pada elemen pemanas berlebihan.dan akan

bekerja kembali bila temperatur pada elem pemanas sudah turun hal ini terus berlanjut.

3. Elemen Pemanas berfungsi sebagai penghasil panas.
4. Saklar, saklar ini terdiri dari 2 sakla yaitu saklar on/off yang berfungsi sebagai menjalankan motor dan elemen pemanas.sakalar pengatur panas berfungsi sabagai menghubungkan dan mematikan elemen pemanas.
5. Kipas berfungsi sebagai yang mengeluarkan panas pada hair dryer .dengan kipas ini maka panas akan keluar



Gambar 2. 17 *Hair Dryer*
(Amazon, 2019)