

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Sensor

Sensor adalah elemen sistem yang secara efektif berhubungan dengan proses dimana suatu variabel sedang diukur dan menghasilkan suatu keluaran dalam bentuk tertentu tergantung pada variabel masukannya, dan dapat digunakan oleh bagian sistem pengukuran yang lain untuk mengenali nilai variabel tersebut. Dengan pengertian lain, sensor adalah detektor yang memiliki kemampuan untuk mengukur beberapa jenis kualitas fisik yang terjadi, seperti tekanan atau cahaya. Sensor kemudian akan dapat mengkonversi pengukuran menjadi sinyal bahwa seseorang akan dapat membaca. Sebagian besar sensor yang digunakan saat ini benar-benar akan dapat berkomunikasi dengan perangkat elektronik yang akan melakukan pengukuran dan perekaman.

2.1.1 Jenis-jenis Sensor

Jenis-jenis sensor berdasarkan kegunaannya adalah sebagai berikut :

1. Sensor Strain

Pada prinsipnya sensor strain diukur dalam 3 arah yaitu axial, bending, dan torsional dan shear. Regangan biasanya diukur dengan sensor strain gage resistif. Sensor ini adalah resistor datar biasanya melekat untuk permukaan yang diharapkan untuk melenturkan atau membbengkok. Satu kasus penggunaan untuk strain gages resistif adalah struktur pengujian sayap pesawat. Strain gages dapat mengukur tikungan sangat kecil, tikungan, dan menarik pada permukaan. Pasa saat pembuatan jembatan, maka lebih dari satu strain gage resistif kabel bersama-sama. Dengan menggunakan sensor strain gage, sebuah pengukuran yang lebih sensitif dapat dilakukan dengan menyediakan strain gages yang lebih.

2. Sensor Suara

Microphone adalah sensor yang digunakan untuk mengukur suara, tapi terdapat banyak tipe dari sensor suara microphones. Sensor suara terdiri dari 4

jenis yaitu Kondensator Mikrofon, *Piezoelectric Microphones*, *Magnetic Microphones* dan *Electret Microphones*.

3. Sensor Getaran

Pengukuran Getaran atau percepatan paling sering menggunakan sensor piezoelektrik keramik atau accelerometer. Tiga faktor utama membedakan sensor getaran: frekuensi natural, koefisien redaman, dan faktor skala. Faktor skala berhubungan output ke input akselerasi dan terkait dengan sensitivitas. Parameter frekuensi natural dan koefisien redaman menentukan tingkat akurasi dari sensor getaran.

4. Sensor Posisi dan Displacement (perubahan jarak)

Ada berbagai jenis sensor posisi yang bias menjadi pilihan untuk penelitian. Faktor-faktor pendorong dalam memilih sensor posisi adalah eksitasi, penyaringan/filtering, lingkungan, dan tidak perlu menyentuh saat mengukur jarak, atau koneksi fisik langsung diperlukan untuk mengukur jarak. Tidak ada satupun jenis sensor universal untuk tekanan atau gaya. Mendeteksi posisi telah dilakukan dengan sensor untuk waktu yang lama, sehingga kedua preferensi dan aplikasi memainkan peran dalam membuat keputusan ini.

5. Sensor Tekanan

Tekanan tinggi atau rendah adalah semua relatif - seperti panas 'heat'. Hal ini dapat "hot, panas" di sebuah ruangan, tetapi suhu di ruangan itu tidak seberapa dibandingkan dengan suhu di permukaan matahari. Dengan tekanan, perbandingan membuat pengukuran. Ada lima tipe pengukuran tekanan: mutlak, gauge, vakum, diferensial, dan tertutup.

6. Sensor Gaya

Load Cell Sejak waktu yang lama penggunaan skala tuas mekanik digunakan untuk mengukur gaya. Namun saat ini, sensor load cell strain gage adalah yang paling umum karena sensor jenis ini tidak memerlukan jumlah kalibrasi dan pemeliharaan skala. Load Cell dapat berupa dikondisikan atau nonconditioned. Namun untuk sensor yang bias dikondisikan biasanya lebih mahal karena mengandung komponen untuk penyaringan, amplifikasi sinyal, serta eksitasi lead, dan sirkuit biasa untuk pengukuran. Jika keadaan

pengukuran bekerja dengan sensor berbasis jembatan nonconditioned, kebutuhan hardware untuk sinyal. Untuk komponen tambahan seperti dokumentasi sensor, maka memerlukan komponen tambahan untuk amplifikasi atau filterisasi/penyaringan.

7. Sensor Suhu atau *Temperature Sensors*

Sensor Suhu atau *Temperature Sensors* adalah suatu komponen yang dapat mengubah besaran panas menjadi besaran listrik sehingga dapat mendeteksi gejala perubahan suhu pada obyek tertentu. Sensor suhu melakukan pengukuran terhadap jumlah energi panas/dingin yang dihasilkan oleh suatu obyek sehingga memungkinkan kita untuk mengetahui atau mendeteksi gejala perubahan-perubahan suhu tersebut dalam bentuk output Analog maupun Digital.

Contoh peralatan-peralatan listrik maupun elektronik yang menggunakan Sensor Suhu diantaranya seperti Termometer Suhu Ruangan, Termometer Suhu Badan, *Rice Cooker*, Kulkas, Pendingin Ruangan (AC) dan masih banyak lagi. Sensor temperatur adalah sensor yang berfungsi untuk mengukur suhu suatu ruangan atau tempat. Jenis-jenis sensor temperature antara lain yaitu Termokopel (*Thermocouple*), Sensor RTD (*Resistive Temperature Detector*), Termistor (*Thermistors*) dan Termostat (*Thermostat*).

(Syam, Rafiuddin. Seri Buku Ajar Dasar-Dasar Teknik Sensor. 2017)

2.1.2 Jenis-jenis Sensor Suhu (*Temperature Sensors*)

Saat ini, terdapat banyak jenis Sensor Suhu dengan karakteristik yang berbeda-beda sesuai dengan aplikasinya. Berikut ini beberapa jenis Sensor Suhu yang sering ditemukan dalam rangkaian elektronika ataupun peralatan listrik beserta penjelasan singkatnya :

1. *Thermostat*

Thermostat adalah jenis Sensor suhu Kontak (*Contact Temperature Sensor*) yang menggunakan prinsip Electro-Mechanical. Thermostat pada dasarnya terdiri dari dua jenis logam yang berbeda seperti Nikel, Tembaga, Tungsten atau aluminium. Dua Jenis Logam tersebut kemudian ditempel sehingga membentuk Bi-Metallic strip. Bi-Metallic Strip tersebut akan

bengkok jika mendapatkan suhu tertentu sehingga bergerak memutuskan atau menyambungkan sirkuit (ON/OFF). Thermostat sering digunakan pada peralatan listrik seperti Oven, Seterika dan Water Heater.

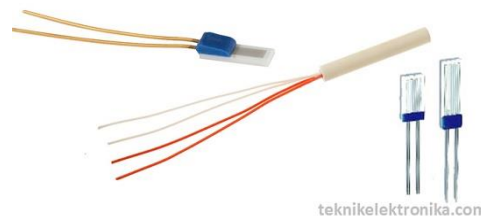


Gambar 2.1 Bentuk Fisik *Thermostat*

(<http://teknikelektronika.com/pengertian-sensor-suhu-jenis-jenis-sensor-suhu/>,2017)

2. *Resistive Temperature Detector (RTD)*

Resistive Temperature Detector atau disingkat dengan RTD memiliki fungsi yang sama dengan Thermistor jenis PTC yaitu dapat mengubah energi listrik menjadi hambatan listrik yang sebanding dengan perubahan suhu. Namun *Resistive Temperature Detector (RTD)* lebih presisi dan memiliki keakurasian yang lebih tinggi jika dibanding dengan Thermistor PTC. *Resistive Temperature Detector* pada umumnya terbuat dari bahan Platinum sehingga disebut juga dengan *Platinum Resistance Thermometer (PRT)*.



Gambar 2.2 Bentuk Fisik *RTD*

(<http://teknikelektronika.com/pengertian-sensor-suhu-jenis-jenis-sensor-suhu/>,2017)

3. *Thermocouple (Termokopel)*

Thermocouple adalah salah satu jenis sensor suhu yang paling sering digunakan, hal ini dikarenakan rentang suhu operasional *Thermocouple* yang luas yaitu berkisar -200°C hingga lebih dari 2000°C dengan harga yang relatif rendah. *Thermocouple* pada dasarnya adalah sensor suhu *Thermo-Electric*

yang terdiri dari dua persimpangan (junction) logam yang berbeda. Salah satu Logam di Thermocouple dijaga di suhu yang tetap (konstan) yang berfungsi sebagai junction referensi sedangkan satunya lagi dikenakan suhu panas yang akan dideteksi. Dengan adanya perbedaan suhu di dua persimpangan tersebut, rangkaian akan menghasilkan tegangan listrik tertentu yang nilainya sebanding dengan suhu sumber panas.



Gambar 2.3 Bentuk Fisik *Thermocouple*

(<http://teknikelektronika.com/pengertian-sensor-suhu-jenis-jenis-sensor-suhu/>,2017)

4. *Thermistor*

Thermistor adalah komponen elektronika yang nilai resistansinya dipengaruhi oleh Suhu. *Thermistor* yang merupakan singkatan dari Thermal Resistor. *Thermistor* yang dapat mengubah energi listrik menjadi hambatan ini terbuat dari bahan keramik semikonduktor seperti Kobalt, Mangan atau Nikel Oksida yang dilapisi dengan kaca.

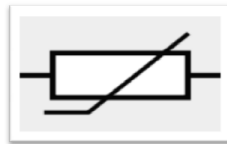


Gambar 2.4 Bentuk Fisik *Thermistor*

(<http://teknikelektronika.com/pengertian-sensor-suhu-jenis-jenis-sensor-suhu/>,2017)

Thermistor adalah alat atau komponen atau sensor elektronika yang dipakai untuk mengukur suhu. Prinsip dasar dari termistor adalah perubahan nilai

tahanan (atau hambatan atau werstan atau resistance) jika suhu atau temperatur yang mengenai termistor ini berubah. *Thermistor* merupakan singkatan dari “Thermal Resistor” yang artinya adalah Tahanan (Resistor) yang berkaitan dengan Panas (Thermal). Simbol *Thermistor* dapat dilihat pada gambar 2.5.



Gambar 2.5 Simbol *Thermistor*
(<http://zoniaelektro.net/ntc/>,2017)

Termistor terdiri dari 2 jenis, yaitu Termistor NTC (*Negative Temperature Coefficient*) dan Termistor PTC (*Positive Temperature Coefficient*). Dapat dilihat pada gambar 2.6. *Thermistor* dapat diklasifikasikan menjadi dua jenis, tergantung pada koefisien (tanda k). Jika k adalah positif, resistansi/tahanan meningkat dengan meningkatnya suhu, dan *thermistor* jenis ini disebut koefisien suhu positif (PTC) *thermistor*, atau *posistor*. Jika k negatif, resistansi menurun dengan meningkatnya suhu, *thermistor* jenis ini disebut koefisien suhu negatif (NTC) *thermistor*.

Thermistor (PTC/NTC) banyak diaplikasikan kedalam peralatan Elektronika seperti Voltage Regulator, sensor suhu kulkas, pendeteksi kebakaran, Sensor suhu pada Otomotif, Sensor suhu pada Komputer, sensor untuk memantau pengisian ulang Baterai pada ponsel, kamera dan Laptop.



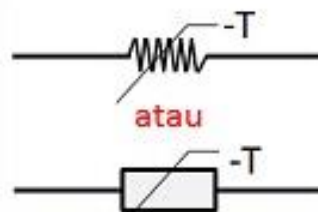
Gambar 2.6 Jenis-jenis *Thermistor* NTC (a) dan PTC (b)

(<http://teknikelektronika.com/pengertian-thermistor-ntc-ptc-karakteristik/>,2017)

2.1.3 *Negative Temperature Coefficient* (NTC)

Negative Temperature Coefficient (NTC) adalah salah satu jenis sensor suhu golongan termistor. *Negative Temperature Coefficient* (NTC) merupakan

resistor yang mempunyai koefisien temperature negative yang sangat tinggi. Dalam operasinya, NTC memanfaatkan resistivitas terhadap temperatur dan umumnya nilai tahanannya turun terhadap temperatur secara eksponensial atau tahanannya menurun ketika suhu meningkat. Selain itu sensor golongan termistor ini memiliki stabilitas jangka panjang yang sangat baik. NTC merupakan salah satu jenis sensor suhu yang paling akurat dalam pengukurannya. Thermistor jenis ini dibuat dari oksida dari kelompok elemen transisi besi (misalnya Fe_2O_3 , NiO CoO dan bahan NTC yang lain). Simbol NTC dapat dilihat pada gambar 2.7.



Gambar 2.7 Simbol NTC

(<http://teknikelektronika.com/pengertian-thermistor-ntc-ptc-karakteristik/>,2017)

NTC adalah resistor yang dapat berubah nilai resistansinya apabila terdapat perubahan suhu disekeliling resistor tersebut. NTC layaknya seperti resistor biasa namun terdiri dari berbagai macam bentuk sesuai dengan besarnya nilai tahanan berdasarkan batasan suhu yang dapat dideteksinya, fungsi dan produk pabrikan. Pada gambar 2.8 merupakan salah satu produk NTC buatan M&H Technology Co.



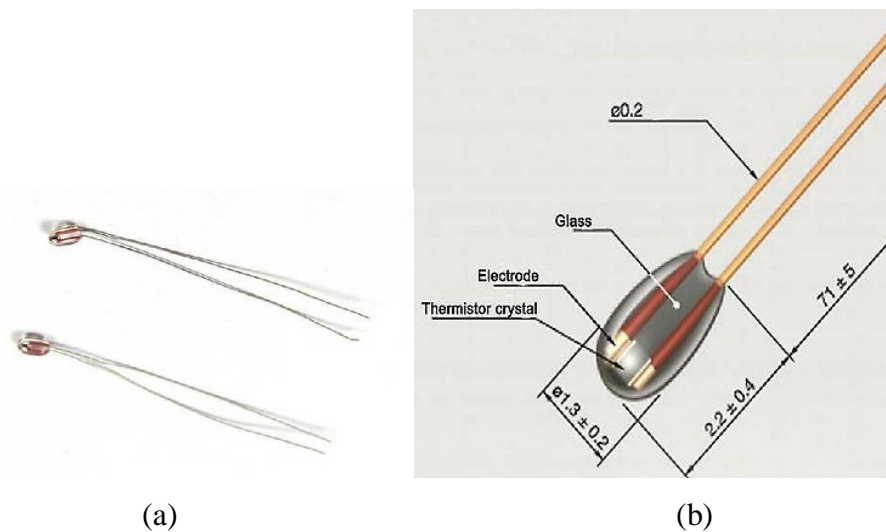
Gambar 2.8 Bentuk Fisik Macam NTC

(<http://www.mchip.com>,2017)

2.1.3.1 *Negative Temperature Coefficient (NTC) 100K Ω*

Dari gambar 2.9 dapat diketahui bahwa sensor suhu NTC100K Ω yang pada dasarnya memiliki 2 pin seperti layaknya resistor biasa. NTC 100K adalah

NTC yang memiliki resistansi atau tahanan maksimum sebesar $100\text{K}\Omega$. NTC $100\text{K}\Omega$ yang digunakan pada percobaan ini berukuran sangat kecil dengan lebar hanya $0,8\text{mm}$ dan panjang $1,5\text{mm}$ sehingga fleksibel untuk ditempatkan pada ruang terbatas, misalnya pada sisi *injector nozzle* dan memiliki kelebihan yaitu teliti dalam pembacaan nilai suhu ruang. Kepekaan yang tinggi terhadap perubahan temperatur ini membuat NTC sangat sesuai untuk pengukuran, pengontrolan dan kompensasi temperature secara presisi.



Gambar 2.9 a. Bentuk Fisik NTC $100\text{K}\Omega$
 b. Struktur NTC $100\text{K}\Omega$
 (<http://zoniaelektro.net/ntc/>,2017)

2.1.3.2 Prinsip Kerja *Negative Temperature Coefficient* (NTC) $100\text{K}\Omega$

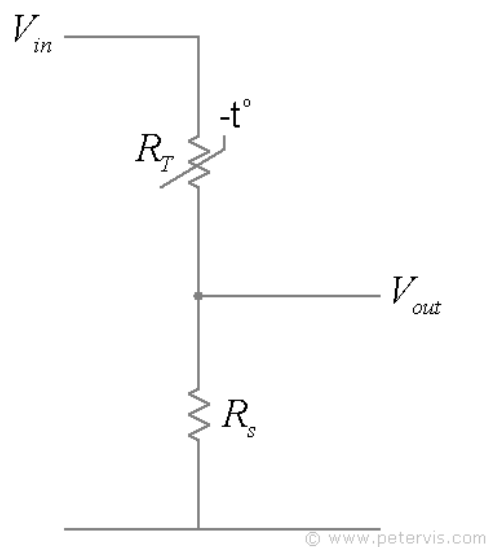
NTC bekerja dengan cara mendeteksi besaran fisis berupa suhu kemudian dikonversikan ke besaran listrik berupa tegangan (volt) menggunakan perbandingan temperatur yang bergantung dengan resistansinya. Sebuah NTC awalnya memiliki nilai resistansi yang tinggi untuk membatasi arus yang mengalir, saat mendeteksi panas nilai resistansinya akan menurun seiring bertambahnya suhu.

(http://www.ehow.com/facts_7492418_ntc_thermistor-work.html, 2017)

Untuk aplikasi pengukuran dan pengendalian suhu, NTC umumnya digunakan. "-t °" pada simbol rangkaian biasanya menunjukkan perangkat NTC. Ini sangat berguna untuk menghubungkan proyek dengan mikrokontroler. Untuk

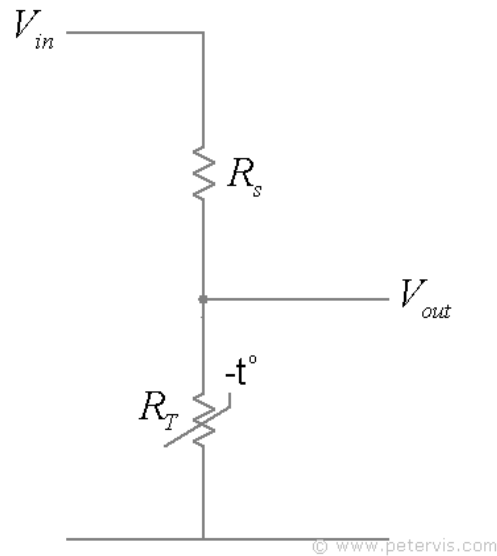
menggunakan perangkat ini dengan benar untuk mengukur suhu, jaringan pembagi potensial (PD) seringkali merupakan rangkaian ideal.

Membahas pengaruh temperature terhadap tegangan V_{out} dan resistansi, ada 2 tipe pengukuran V_{out} sesuai dengan kondisi letak R_T (NTC) dan R_S (R tetap) yaitu pengukuran V_{out} setelah R_T dan pengukuran V_{out} setelah R_S . Seperti pada gambar 2.10 jika pengukuran V_{out} setelah R_T (NTC) maka seiring kenaikan suhu, V_{out} akan meningkat sesuai dengan rumus (1). Dan sebaliknya, jika pengukuran V_{out} setelah R_S (R tetap) maka seiring kenaikan suhu, V_{out} akan menurun sesuai dengan rumus 2.2. Perbedaan V_{out} tidak akan mengubah prinsip kerja dari NTC itu sendiri yaitu resistansi akan tetap menurun jika suhu meningkat. Dalam alat pemanggang kue listrik otomatis ini, sistem rangkaian pengukuran yang digunakan adalah V_{out} setelah R_T (sensor NTC)



Gambar 2.10 Rangkaian *Negative Temperature Coefficient* (NTC) untuk mencari V_{out} setelah R_T
(www.petervis.com,2017)

$$V_{out} = \frac{R_S}{R_S + R_T} \times V_{in} \dots\dots\dots (1)$$



Gambar 2.11 Rangkaian *Negative Temperature Coefficient* (NTC) untuk mencari V_{out} setelah R_S
(www.petervis.com,2017)

$$V_{out} = \frac{R_T}{R_S + R_T} \times V_{in} \dots\dots\dots (2.2)$$

Dimana:

V_{out} = nilai tegangan keluaran dari sensor NTC

V_{in} = nilai tegangan masukan dari sensor NTC

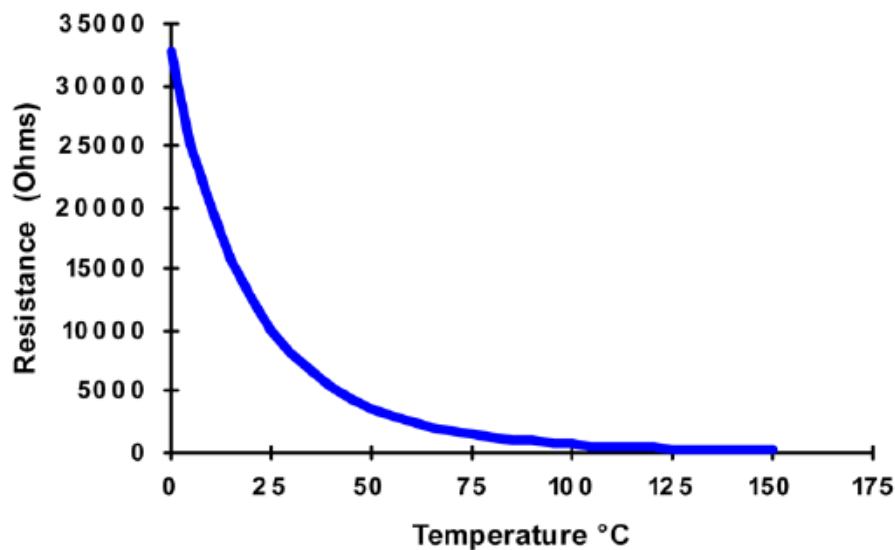
R_T = nilai resistansi sensor NTC

R_S = nilai resistansi resistor tetap

(www.petervis.com/electronics%20guides/calculators/thermistor/thermistor/html)

2.1.3.3 Karakteristik *Negative Temperature Coefficient* (NTC) 100K Ω

NTC 100K memiliki R maksimum sebesar 100K Ω dengan operasi Kisaran suhu - 50 $^{\circ}$ C sampai 250 $^{\circ}$ C. NTC bersifat resistif, nilai R akan berubah sesuai dengan perubahan temperatur, dimana nilai R-nya akan menurun jika temperatur sekelilingnya naik. Nilai R NTC pada temperature ruang dapat berkurang 6% untuk setiap kenaikan temperature sebesar 1 $^{\circ}$ C.



Gambar 2.12 Karakteristik temperature terhadap perubahan tahanan *Negative Temperature Coefficient* (NTC)
(BAPI Sensors Specifications,2017)

Grafik karakteristik NTC pada gambar 2.10 merupakan NTC yang bernilai 35 Kohm sebagai referensi untuk menunjukkan bahwa semakin meningkatnya suhu maka nilai resistansi NTC semakin menurun. Pada suhu 10°C nilai R >10 Kohm sedangkan untuk suhu 80°C nilai R < 250 ohm.

Sensor suhu NTC banyak digunakan pada peralatan rumah tangga misalnya, AC, oven, microwave, kipas listrik dan pemanas listrik. Selain itu NTC juga digunakan pada alat-alat medis. Di dalam penelitian ini, kami menggunakan sensor suhu NTC dengan jenis 100KΩ. NTC 100KΩ banyak digunakan sebagai sensor temperatur pada sistem injeksi plastic semacam 3D Reprap Printer, Makerbot, Toaster, dan Oven Temperature karena ketahanannya yang tinggi.

Berikut ini adalah karakteristik dari sensor suhu NTC :

- Waktu respon cepat dan memiliki akurasi yang tinggi
- Memiliki stabilitas yang baik
- Nilai resistansi: $R(25\text{ }^{\circ}\text{C}) = 100\text{K}\Omega \pm 1\%$
- Nilai: $B = 3950 \pm 1\%$ (dihitung dari nilai resistansi pada 25°C dan 50°C)
- Waktu termal konstan (τ): $\tau \leq 10 \sim 17\text{s}$ (di udara)
- Disipasi panas konstan (δ): $\delta = 1,1 \sim 1.6\text{mW}/^{\circ}\text{C}$ (di udara)

- Operasi Kisaran suhu: - 50°C ~ + 250 °C

2.2 *Pixy CmuCam*

Pixy CmuCam5 merupakan *image sensor* dengan prosesor yang *powerfull* yang diprogram untuk mengirimkan informasi berupa data gambar, sehingga mikrokontroller tidak terbebani dengan proses pembacaan data. Proses pengiriman data pada *Pixy CmuCam5* dapat dilakukan dengan berbagai jalur komunikasi data, diantaranya *UART serial*, *SPI*, *I2C*, *digital out* maupun *analog out*. *Pixy CmuCam5* juga menggunakan warna dan saturasi sebagai sasaran utama pada pendeteksi gambar. Ini berarti bahwa pencahayaan atau *exposure* tidak akan mempengaruhi deteksi sensor pada suatu objek. Sensor ini juga mampu mengingat tujuh warna yang berbeda, menemukan ratusan benda pada saat yang sama dengan kecepatan 50 fps.

Pixy CmuCam5 memiliki aplikasi *open source* yang disebut *PixyMon*. Setiap *Pixy CmuCam5* dilengkapi dengan 6 – 10 pin kabel IDC. Bentuk fisik *Pixy CmuCam5* itu sendiri dapat diketahui dari gambar 2.13.



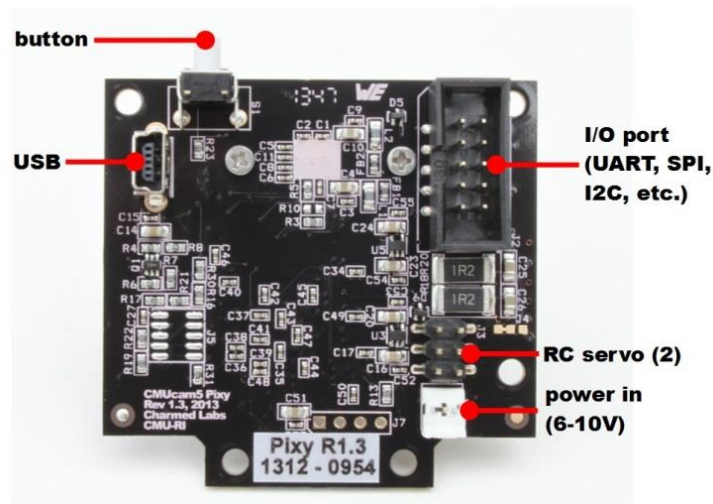
Gambar 2.13 Bentuk Fisik *Pixy CmuCam5*
(<http://cmucam.org/projects/cmucam5,2017>)

Pixy CmuCam5 menggunakan algoritma berbasis penyaringan warna untuk mendeteksi benda-benda. Metode penyaringan berdasarkan warna yang populer karena cepat, efisien, dan relatif kuat. Penyaringan warna yang biasa dikenal menggunakan RGB (merah, hijau, dan biru) untuk mewakili warna. *Pixy CmuCam5* menghitung warna dan saturasi dari setiap pixel RGB dari sensor gambar dan menggunakan inti sebagai parameter penyaringan utama. Perubahan

pencahayaan dan paparan dapat memiliki *frustrating effect* pada algoritma penyaringan warna.

Berikut ini adalah spesifikasi dari Pixy CmuCam5 dan bagian-bagian dari pixy cmucam5 dapat dilihat pada gambar 2.14 :

- Processor : NXP LPC4330, 204 MHz, dual core
- Image sensor : Omnivision, OV9715, ¼”, 1280x800
- Lens field-of-view : 75⁰ horizontal dan 47⁰ vertikal
- Tipe Lensa : standard M12 (several different types available)
- Konsumsi daya : 140mA
- Power input : USB input (5V) atau *unregulate* input (6V sampai 10V)
- RAM : 264 Kb
- Flash : 1 Mb
- Available data output : UART serial, SPI, I2C, USB, digital, analog
- Dimensi : 2,1” x 2,0” x 1,4”
- Berat : 27 gram



Gambar 2.14. Bagian-Bagian Pixy CMUcam 5
(<http://cmucam.org/projects/cmucam5,2017>)

2.3 Arduino Uno

Arduino Uno merupakan salah satu jenis arduino dengan menggunakan IC Atmega328. Arduino memiliki pin I/O sejumlah 14 buah digital I/O pin dan 6 pin *analog input*. Arduino Uno dilengkapi dengan sebuah *oscillator* 16 Mhz, sebuah

port USB, power jack DC, ICSP header, dan tombol reset. Board ini sudah cukup lengkap, dan hampir memiliki segala sesuatu yang dibutuhkan untuk sebuah mikrokontroler. Dengan penggunaan yang cukup sederhana, anda tinggal menghubungkan catudaya dari USB ke PC anda atau melalui adaptor AC/DC ke *jack DC*.

Arduino Uno dapat ditenagai dengan *supply* yang diperoleh dari koneksi kabel USB, atau via eksternal dengan tegangan berkisar 7 Volt hingga 12 Volt. Gambar 2.15 menunjukkan bentuk fisik dari arduino uno.



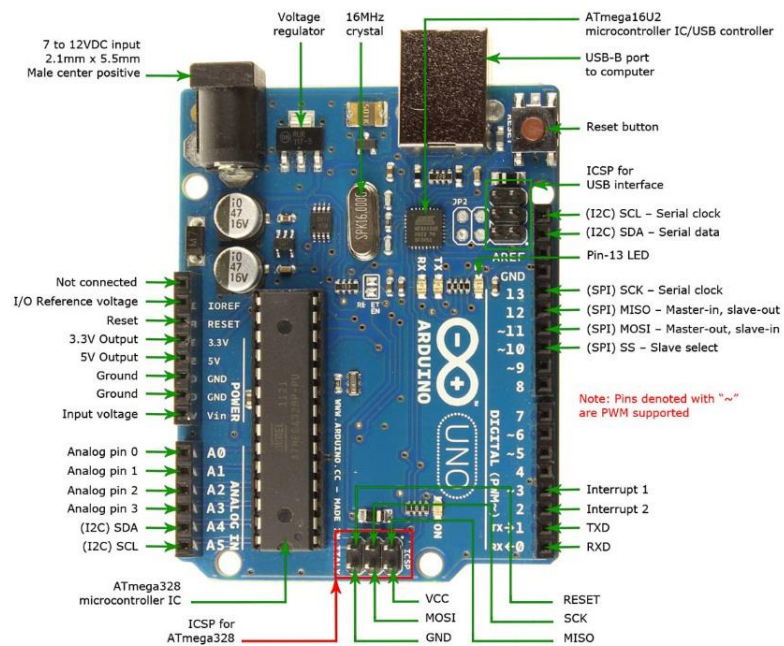
Gambar 2.15. Bentuk Fisik Arduino Uno

(<http://ilearning.me/sample-page-162/arduino/pengertian-arduino-uno/>,2017)

Arduino Uno terbentuk dari prosesor yang dikenal dengan Mikrokontroler ATmega 328. Mikrokontroler ATmega 328 memiliki beberapa fitur atau spesifikasi yang menjadikannya sebagai solusi pengendali yang efektif untuk berbagai keperluan. Fitur-fitur tersebut antara lain :

- Tegangan operasi sebesar 5 V.
- Tegangan *input* sebesar 6 – 20 V.
- Tegangan *input* yang disarankan 7 – 12 V.
- Jumlah *pin I/O digital* sebanyak 14 *pin* dimana 6 *pin* diantaranya merupakan keluaran dari PWM.
- Jumlah *pin I/O analog* sebanyak 6 *pin*.
- Arus DC tiap *pin I/O* sebesar 40 mA.
- Arus DC untuk *pin 3.3 V* sebesar 50 mA.

- *Flash memory* sebesar 32 Kb dan sekitar 0,5 Kb digunakan oleh *bootloader*.
- SRAM 2 Kb.
- EEPROM 1 Kb.
- Kecepatan *clock* sebesar 16 MHz.



Gambar 2.16 Board Arduino Uno
(Data sheet Arduino Atmega328,2017)

1. *Power*

Arduino dapat diberikan *power* melalui koneksi USB atau *power supply*. *Powernya* secara otomatis. *Power supply* dapat menggunakan *adaptor DC* atau baterai. *Adaptor* dapat dikoneksikan dengan mencolok *jack adaptor* pada koneksi *port input supply*. *Board arduino* dapat dioperasikan menggunakan *supply* dari luar sebesar 6-20 volt. Jika *supply* kurang dari 7V, kadangkala *pin 5V* akan menyuplai kurang dari 5 volt dan *board* bisa menjadi tidak stabil. Jika menggunakan lebih dari 12 V, tegangan di *regulator* bisa menjadi sangat panas dan menyebabkan kerusakan pada board. Rekomendasi tegangan ada pada 7 sampai 12 volt.

Penjelasan pada *pin power* adalah sebagai berikut :

- Vin : Tegangan *input* ke *board arduino* ketika menggunakan tegangan dari luar (seperti yang disebutkan 5 volt dari koneksi USB atau tegangan yang diregulasikan). Pengguna dapat memberikan tegangan melalui *pin* ini, atau jika tegangan *supply* menggunakan *power jack*, aksesnya menggunakan *pin* ini.
- 5V : Regulasi *power supply* digunakan untuk *power* mikrokontroler dan komponen lainnya pada *board*. 5V dapat melalui Vin menggunakan *regulator* pada *board*, atau *supply* oleh USB atau *supply* regulasi 5V lainnya.
- 3V3 : *Supply* 3.3 volt didapat oleh *chip* yang ada di *board*. Arus maksimumnya adalah 50mA.
- Pin Ground : Berfungsi sebagai jalur *ground* pada *arduino*.

2. Memori

ATmega328 memiliki 32 KB *flash* memori untuk menyimpan kode, juga 0,5Kb yang digunakan untuk *bootloader*. ATmega328 memiliki 2 KB untuk SRAM dan 1 KB untuk EEPROM.

3. Input dan Output

Setiap 14 *pin digital* pada *arduino* dapat digunakan sebagai *input* atau *output*, menggunakan fungsi *pinMode()*, *digitalWrite()*, dan *digitalRead()*. *Input/output* dioperasikan pada 5 volt. Setiap *pin* dapat menghasilkan atau menerima maksimum 40 mA dan memiliki *internal pull-up resistor* (*disconnected* oleh *default*) 20-50 KOhms.

Beberapa *pin* memiliki fungsi sebagai berikut :

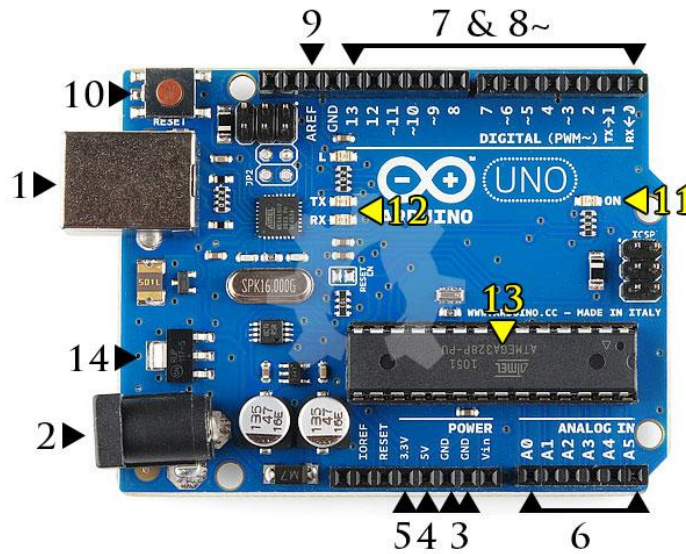
1. *Serial* : 0 (RX) dan 1 (TX). Digunakan untuk menerima (RX) dan mengirim (TX) TTL data *serial*.
2. *Interrupt eksternal* : 2 dan 3. *Pin* ini dapat dikonfigurasi untuk *trigger* sebuah *interrupt* pada *LOW value*.
3. PWM : 3, 5, 6, 9, 10, dan 11. Mendukung *8bit output* PWM dengan fungsi *analogWrite()*.

4. SPI : 10 (SS), 11 (MOSI), 12 (MISO), 13 (SCK). *Pin* ini mensupport komunikasi SPI, yang mana masih mendukung *hardware*, yang tidak termasuk pada bahasa *arduino*.
5. LED : 13. Ini adalah dibuat untuk koneksi LED ke *digital pin* 13. Ketika *pin* bernilai *HIGH*, LED hidup, ketika *pin* *LOW*, LED mati.

Berikut ini adalah bagian-bagian dari Arduino Uno yang ditunjukkan pada gambar 2.17 dan dijelaskan pada tabel 2.1.

Tabel 2.1 Penjelasan Bagian-bagian Arduino Uno

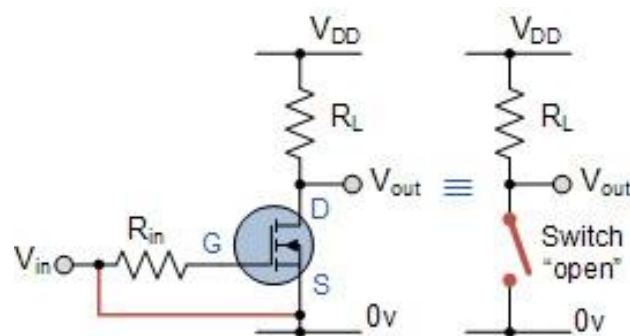
NO	Nama	Deskripsi
1.	USB <i>FemaleType-B</i>	Sebagai sumber DC 5V sekaligus untuk jalur pemrograman antara PC dan <i>arduino</i>
2.	<i>BarrelJack</i>	Sebagai <i>input</i> sumber antara 7-12V
3.	<i>Pin GND</i>	Sebagai sumber pentanahan (<i>Ground</i>)
4.	<i>Pin 5V</i>	Sebagai Sumber tegangan 5V
5.	<i>Pin 3,3V</i>	Sebagai Sumber tegangan 3,3V
6.	A0-A5	Sebagai <i>AnalogInput</i>
7.	2-13	Sebagai I/O <i>digital</i>
8.	0-1	Sebagai I/O sekaligus bisa juga sebagai Rx Tx
9.	AREF	Sebagai <i>Analog</i> Referensi untuk fungsi ADC
10.	Tombol <i>RESET</i>	Sebagai perintah <i>ResetArduino</i>
11.	LED	Sebagai <i>Indikator</i> Daya
12.	LED Rx Tx	Sebagai <i>Indikator</i> Rx Tx saat pengisian program
13.	Mikrokontroler	Sebagai otak <i>arduino</i> dengan menggunakan mikrokontroler AVR Atmega328
14.	<i>Regulator</i> Tegangan	Berfungsi sebagai pembatas atau penurun tegangan yang masuk melalui <i>barreljack</i> dengan tegangan maksimal <i>input</i> sebesar 20V.



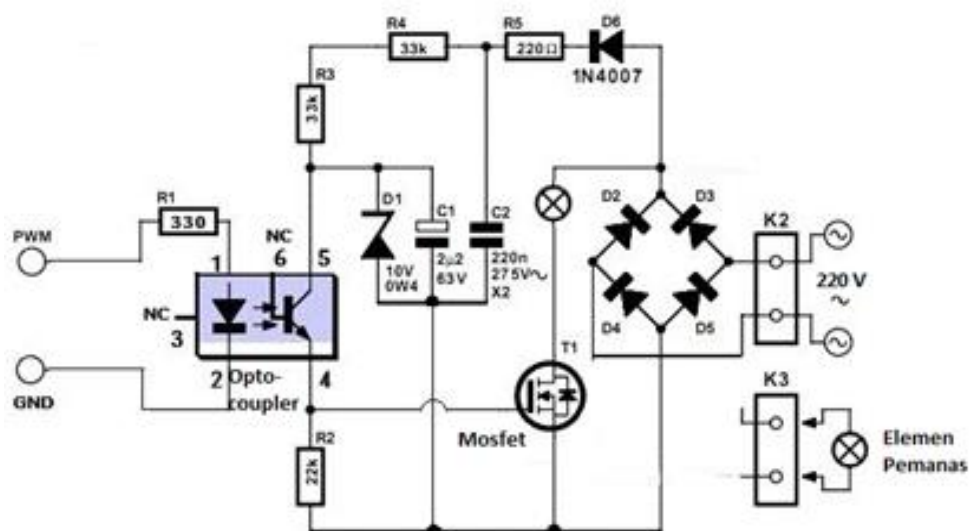
Gambar 2.17 Bagian-bagian Arduino Uno
(Data sheet Arduino Atmega328,2017)

2.4 Driver MOSFET

Driver MOSFET adalah saklar elektronik yang menggunakan transistor jenis *mosfet* sebagai komponen utamanya. MOSFET (*Metal Oxide Semiconductor Field Effect Transistor*) memiliki impedansi masukan sangat tinggi sehingga dengan menggunakan MOSFET sebagai saklar elektronik, memungkinkan untuk menghubungkannya dengan semua jenis gerbang logika. Dengan menjadikan MOSFET sebagai saklar, maka dapat digunakan untuk mengendalikan beban dengan arus yang tinggi dan biaya yang lebih murah daripada menggunakan *transistor bipolar* atau *relay*. Untuk membuat MOSFET sebagai saklar maka hanya menggunakan MOSFET pada kondisi saturasi (ON) dan kondisi cut-off (OFF). Pada gambar 2.18 dapat dijelaskan bahwa pada kondisi cut-off ini dapat diperoleh dengan menghubungkan jalur input (gate) ke ground, sehingga tidak ada tegangan input yang masuk ke rangkaian saklar MOSFET.



Gambar 2.18. Rangkaian *Driver MOSFET* sebagai saklar pada kondisi cut off (<http://elektronika-dasar.web.id/mosfet-sebagai-saklar/>,2017)



Gambar 2.19. Rangkaian *Driver MOSFET* (<http://www.instructables.com/id/AC-PWM-Dimmer-for-Arduino/>,2017)

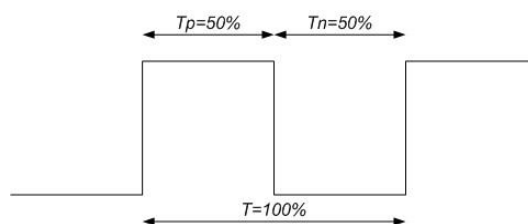
Driver MOSFET memiliki prinsip kerja seperti *dimmer* dimana pengaturan tegangan dan arus akan memanfaatkan sistem PWM (*Pulse With Modulation*). Gambar 2.19 merupakan rangkaian *driver MOSFET* yang digunakan pada alat ini. Sinyal PWM yang berasal dari port output analog arduino akan memicu aktifnya led inframerah yang terdapat di dalam optocoupler. Optocoupler sendiri terdiri dari dua buah komponen yakni led inframerah dan photo transistor. Photo transistor memiliki sifat peka terhadap perubahan cahaya led inframerah yang dihasilkan. Ketika led inframerah aktif maka, hambatan pada photo transistor akan menurun drastis sesuai dengan ritme pulsa yang telah diatur sehingga arus

positif yang berasal dari dioda D6 akan dihambat oleh resistor R5 kemudian akan distabilisasi oleh resistor R3 dan resistor R4 melalui dioda zener. Arus dengan tegangan 10V akan masuk ke photo transistor dan membuat hubungan antara *Drain* (D) dan *Source* (S) mosfet aktif. Hubungan tersebut akan menyalakan beban apapun termasuk elemen pemanas yang digunakan. Kondisi ini merupakan mosfet dalam keadaan saturasi (ON). Jika led inframerah tidak mendapat sinyal PWM maka hambatan pada photo transistor memiliki hambatan yang maksimum. Tegangan pada *Gate* (G) sangat kecil sehingga tidak ada tegangan input yang masuk pada mosfet sehingga mosfet dalam keadaan *cutt-off* (OFF).

2.4.1 PWM (*Pulse With Modulation*)

PWM adalah salah satu teknik modulasi dengan mengubah lebar pulsa dengan nilai amplitudo dan frekuensi yang tetap. Satu siklus pulsa merupakan kondisi *high* kemudian berada di zona transisi ke kondisi *low*. Lebar pulsa PWM berbanding lurus dengan amplitudo sinyal asli yang belum termodulasi. Atau Modulasi PWM dilakukan dengan cara mengubah perbandingan lebar pulsa positif terhadap lebar pulsa negative ataupun sebaliknya dalam frekuensi sinyal yang tetap. Artinya, total 1 Periode pulsa dalam PWM adalah tetap.

Duty Cycle merupakan representasi dari kondisi logika *high* dalam suatu periode sinyal dan di nyatakan dalam bentuk (%) dengan range 0% sampai 100%, sebagai contoh jika sinyal berada dalam kondisi *high* terus menerus artinya memiliki *duty cycle* sebesar 100%. Jika waktu sinyal keadaan *high* sama dengan keadaan *low* maka sinyal mempunyai *duty cycle* sebesar 50% seperti pada gambar 2.20.



Gambar 2.20 Siklus Duty Cycle PWM pada keadaan 50%
(<http://depokinstruments.com/2016/06/16/pwm,2017>)

PWM sebagai data keluaran dapat digunakan sebagai pengendali suatu perangkat. Salah satunya adalah pada penelitian ini akan dimanfaatkan untuk pengaturan suhu yang digunakan dimana PWM ini akan mengatur tegangan (daya) pada elemen pemanas sehingga akan didapat suhu yang dikehendaki. Semakin besar lebar pulsa PWM positif maka akan semakin besar panas pada elemen. Dalam menggunakan PWM tentunya harus memakai suatu sistem kendali sebagai contohnya kontrol PID dan logika *fuzzy*. Pada alat ini sistem kendali yang digunakan adalah logika *fuzzy*. Karena dibanding dengan kontrol PID, logika *fuzzy* tidak serumit kontrol PID.

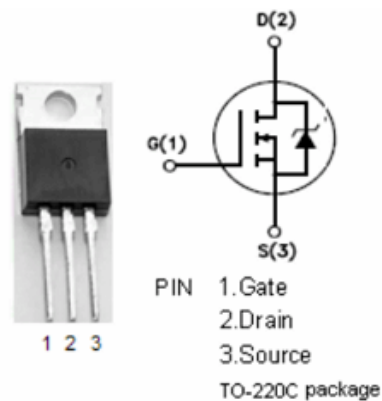
Logika *fuzzy* merupakan logika yang berhadapan langsung dengan konsep kebenaran sebagian, dimana logika klasik menyatakan bahwa segala hal dapat di ekspresikan dalam binary 0 atau 1 dan memungkinkan nilai keanggotaan antara 0 dan 1.

Ada beberapa hal yang perlu diketahui dalam sistem fuzzy, yaitu:

1. Variable *Fuzzy*, merupakan variabel yang hendak dibahas dalam suatu sistem *fuzzy*.
2. Himpunan *Fuzzy*, merupakan suatu grup yang memiliki suatu kondisi atau keadaan tertentu dalam suatu variabel *fuzzy*
3. Semesta Pembicaraan, adalah keseluruhan nilai yang diperbolehkan untuk dioperasikan dalam suatu variabel *fuzzy*. Semesta pembicaraan merupakan himpunan bilangan real yang senantiasa bertambah secara monoton dari kiri ke kanan atau sebaliknya. Nilai semesta pembicaraan dapat berupa bilangan positif maupun negatif.
4. Domain himpunan *fuzzy*, adalah keseluruhan nilai yang diizinkan dan boleh dioperasikan dalam suatu himpunan *fuzzy*. Seperti semesta pembicaraan, domain merupakan himpunan bilangan real yang senantiasa bertambah secara monoton dari kiri ke kanan. Nilai domain dapat berupa bilangan positif maupun negatif.

2.4.2 MOSFET (*Metal Oxide Semiconductor FET*) IRF840

IRF840 merupakan salah satu macam FET (*Field Effect Transistor*) yaitu MOSFET (*Metal Oxide Semiconductor FET*). Kelebihan MOSFET dibanding dengan transistor biasa adalah penguatannya yang besar. IRF840 adalah salah satu jenis transistor yang khusus. Tidak seperti transistor biasa yang akan menghantarkan bila diberi arus basis, transistor jenis ini akan menghantarkan bila diberi tegangan. MOSFET ini memiliki 3 kaki yaitu *Gate* (G) adalah kaki input, *Drain* (D) adalah kaki output dan *Source* (S) adalah kaki sumber. Dapat dilihat pada gambar 2.21. IRF840 mampu mencapai tegangan 500volt dan arus 8 ampere.



Gambar 2.21 Bentuk fisik dan simbol MOSFET IRF840
(<http://www.datasheetq.com>,2017)

IRF840 digunakan pada rangkaian *driver* mosfet karena mosfet jenis ini dapat menahan tegangan V_{DSS} sebesar 500 V. Jika menggunakan mosfet yang tegangan V_{DSS} hanya 200 V, maka mosfet tidak mampu menahan tegangan yang berasal dari listrik pln yakni 220 V. Alhasil akan terjadi ledakan korsleting listrik. Spesifikasi dari IRF840 yaitu :

- MOSFET dengan tipe N-Channel
- Tegangan V_{DSS} mencapai 500 V
- Resistansi $R_{DS(on)}$ sebesar $0,85 \Omega$
- Arus I_D mencapai 8 A
- Disipasi Daya P_D sebesar 125 W
- Tegangan *Gate to Source* $V_{GS} \pm 20 V$

- *Operating Junction* dan temperatur penyimpanan – 55 sampai + 150 °C
- *Pulse Width* $\leq 300 \mu\text{s}$
- *Duty Cycle* $\leq 2 \%$

2.5 Elemen Pemanas (*Heater*)

Elemen pemanas (*Heater*) merupakan material konduktor yang dapat menghantarkan panas yang diaktifkan secara elektrik dengan memberikan sumber tegangan. Panas yang dihasilkan elemen pemanas listrik ini bersumber dari kawat bertahanan listrik tinggi (*resistance wire*) yang dialiri arus listrik pada kedua ujungnya dan dilapisi oleh osilator listrik. yang mampu meneruskan panas dengan baik sehingga aman untuk digunakan.

Karakteristik dari elemen pemanas adalah :

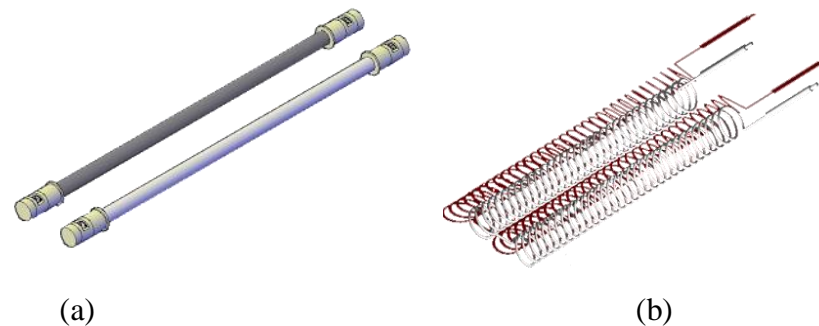
1. Merupakan material yang bersifat konduktor listrik
2. Mendapatkan supply dari listrik melalui kontak
3. Material yang solid dan bersifat non polar, dimana tidak memiliki kutub positif dan kutub negative

Spesifikasi Elemen Pemanas adalah :

Elemen Pemanas yang digunakan memiliki spesifikasi seperti berikut :

1. Tegangan 220V
2. Daya umumnya 250 watt
3. Menghasilkan suhu $> 150^{\circ}\text{C}$

Elemen pemanas yang digunakan bertipe Silica Heater yang bentuk fisiknya seperti pada gambar (a) 2.22. Elemen pemanas ini berbentuk elemen coil (gulungan niklin) seperti pada gambar (b) 2.22, namun dimasukkan kedalam tabung (pipa) dari bahan *silica* atau *black body ceramic* yang kedua ujungnya diberi terminal baut sebagai input power listrik dan kemudian ditutup oleh dop keramik.



Gambar 2.22 Bentuk Fisik Silica Heater (a) dan Elemen Coil (b)
(Penjualheater.blogspot.com,2017)

2.6 LCD (*Liquid Crystal Display*)

LCD (*Liquid Crystal Display*) adalah salah satu jenis *display* elektronika yang berfungsi menampilkan suatu data baik karakter, huruf ataupun grafik. LCD Kini sudah terdiri dari berbagai ukuran dari yang kecil, seperti LCD pada sebuah MP3 player sampai yang berukuran besar seperti monitor PC atau televisi.

Sebuah LCD dibentuk oleh suatu jenis cairan khusus yang ditempatkan diantara dua buah lempengan kaca bagian belakang, dengan sisi dalam yang ditutupi oleh lapisan elektroda transparan. Dalam keadaan normal, cairan yang digunakan memiliki warna cerah. Daerah-daerah tertentu pada cairan akan berubah warnanya menjadi hitam, ketika diberi tegangan, LCD dapat menampilkan karakter berupa angka, huruf, dan symbol. (Owen Bishop :158)

Pada gambar 2.21 Adalah bentuk fisik dari LCD berukuran kecil yaitu 16x2. Pola (*pattern*) LCD bervariasi, dari pola yang membentuk *display* 7 segmen (misalnya LCD yang dipakai untuk jam tangan) sampai LCD yang bisa menampilkan karakter/teks dan LCD yang bisa menampilkan gambar. Dan diperlukan pengendali (*controller*) untuk berkomunikasi dengan mikrokontroler. Bentuk fisik dari relay itu sendiri dapat diketahui dari gambar 2.23.

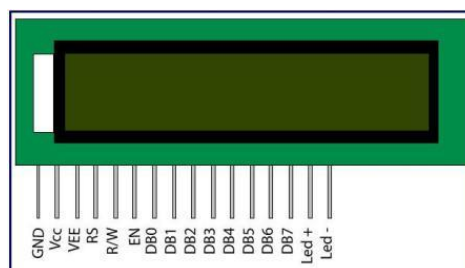


Gambar 2.23 Bentuk Fisik LCD 16 Karakter X 2 Baris
(elektronika-dasar.web.id,2016)

Adapun fitur yang disajikan dalam *Liquid Crystal Display* (LCD) ini adalah:

- a. Terdiri dari 16 karakter dan 2 baris.
- b. Mempunyai 192 karakter tersimpan.
- c. Terdapat karakter *generator* terprogram.
- d. Dapat dialamati dengan mode *4bit* dan *8bit*.
- e. Dilengkapi dengan *backlight*.

Umumnya, sebuah LCD karakter akan mempunyai 14 *pin* untuk mengendalikannya seperti pada gambar 2.24. *Pin-pin* terdiri atas 2 *pin* catu daya (Vcc dan Gnd), 1 *pin* untuk mengatur kontras LCD (Vee), 3 *pin* kendali (RS, R/W dan E), 8 *pin* data (DB0 - DB7). Pada LCD yang mempunyai *backlight*, disediakan 2 *pin* untuk memberikan tegangan ke dioda *backlight* (disimbolkan dengan A dan K). Tabel 2.2 memperlihatkan *pin-pin* LCD dan fungsinya.



Gambar 2.24 Konfigurasi Pin LCD 16 Karakter X 2 Baris
(Proyekarduino.wordpress.com,2017)

Tabel 2.2 Keterangan *pin* LCD

No	Nama	Keterangan Fungsi
1	GND	Dihubungkan ke <i>ground</i> . 0V
2	VCC	Catu daya positif. +5V
3	VEE	Pengatur kontras. Potensiometer 10K Ohm bisa digunakan untuk mengatur tingkat kontras.
4	RS	<i>Register Select</i> : RS = <i>HIGH</i> untuk mengirim data RS = <i>LOW</i> untuk mengirim instruksi
5	R/W	<i>Read/Write control bus</i> : R/W = <i>HIGH</i> untuk membaca data di LCD 1 = Read, 0=Write
6	E	<i>Enable</i> Clock LCD: E = <i>HIGH</i> supaya LCD dapat diakses
7-14	DB0-DB7	Data Bus (<i>Input/Output</i>)
15	V+/BLAnoda	Catu daya positif untuk layar
16	V-/BLKatoda	Catu daya negatif untuk layar

2.6 DC Brushless Fan

DC *Brushless Fan* adalah salah satu jenis cooling fan yang dipakai untuk sistem pendingin pada peralatan elektronika. Bentuk fisik DC *Brushless Fan* dapat dilihat pada gambar 2.25.

DC *Brushless Fan* terdiri dari rangkaian elektronik untuk menghasilkan daya yang dapat memutar baling-baling fan. *Core* yaitu lilitan yang dapat menghasilkan tenaga dorong untuk memutar baling-baling. *Impeller* adalah baling-baling yang berputar.

Spesifikasi DC *Brushless Fan* :

- Bekerja pada tegangan 12volt
- Kecepatan aliran udara 93CFM

(http://en.wikipedia.org/wiki/Brushless_DC_electric_motor,2017)



Gambar 2.25 Bentuk Fisik DC *Brushless Fan*
(<http://www.westfloridacomponents.com>,2017)