

2.1 Memahami Berbagai Jenis dan Cara Kerja Sensor Internet of Things



Indobot Academy 21 November 2022

1. Prinsip Dasar Sensor dan Transducer

Sensor adalah salah satu bagian penting dari IoT yang memiliki kemampuan penginderaan dari perubahan sifat fisik kondisi sekitar yang terjadi di sekitar lingkungan sensor tersebut. Secara umum, sensor adalah suatu alat yang mampu menerima dan merespon suatu rangsangan (misalnya, variasi dalam setiap fenomena alam, yaitu suhu, tekanan, kelembaban, gerak, posisi, perpindahan, suara, gaya, aliran, cahaya, keadaan kimia, dll). Berikut ini adalah klasifikasi beberapa jenis dasar rangsangan yang dapat diukur dengan menggunakan sensor.

- Rangsangan Listrik: Muatan, Medan Listrik, Arus, Tegangan, dll.
- Rangsangan Magnetik: Medan Magnet, Fluks Magnetik, Densitas Fluks Magnetik, dll.
- Rangsangan Panas: Suhu, Konduktivitas Termal, dll.
- Rangsangan Mekanik: Kecepatan, Posisi, Percepatan, Gaya, Densitas, Tekanan, dll.

Secara khusus, sensor adalah perangkat yang menerjemahkan rangsangan yang diterima (kuantitas, properti, atau kondisi/keadaan objek fisik) menjadi sinyal listrik. Misalnya, untuk sensor suhu dan tekanan, panas dan tekanan atmosfer masing-masing diubah menjadi sinyal listrik. Oleh karena itu, masukan dari sensor adalah semacam pengamatan yang terkait dengan

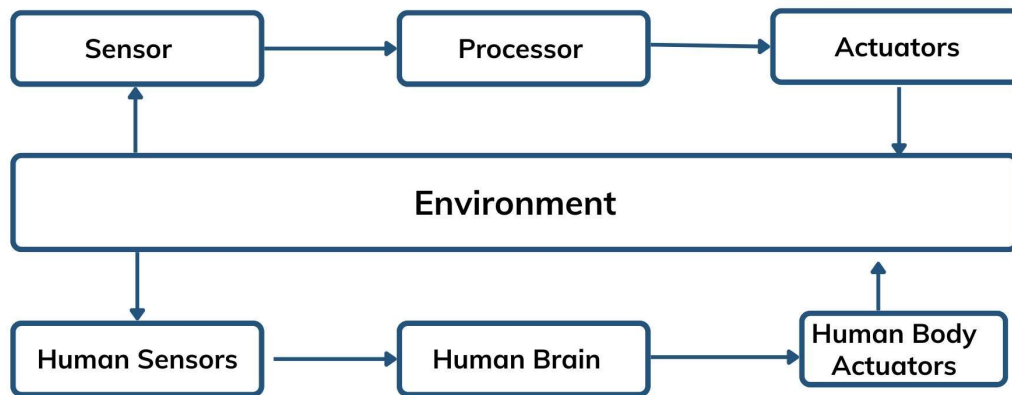
perubahan sifat fisik suatu objek, dan keluarannya adalah sinyal listrik dalam hal ini adalah variasi muatan, tegangan, arus, dll yang dapat dijelaskan oleh frekuensi, amplitudo, dan fase.

Keluaran sensor pada akhirnya harus kompatibel dengan rangkaian elektronik. Sensor dapat dianggap sebagai pengubah energi, yang sebenarnya mengukur transfer energi dari dan ke objek yang diamati. Mengenai konversi energi, sensor harus dibedakan dari istilah transduser, yang hanya digunakan untuk mengubah satu bentuk energi ke bentuk energi lainnya. Oleh karena itu, transduser lebih dari sekadar sensor; Namun, istilah-istilah ini digunakan secara bergantian dalam literatur.

Istilah lain, aktuator dapat dianggap sebagai pelengkap sensor karena mengubah sinyal listrik menjadi energi non listrik. Motor listrik adalah salah satu contoh aktuator, yang bertanggung jawab untuk menghasilkan aksi mekanis dari sinyal listrik. Oleh karena itu, seseorang dapat menafsirkan aktuator sebagai transduser. Perbedaan utama antara sensor dan transduser diberikan pada Tabel dibawah ini.

Kriteria Perbandingan	Sensor	Tranduser
Fungsionalitas	Merasakan perubahan lingkungan dan mengubahnya menjadi sinyal listrik	Mengubah satu bentuk energi ke bentuk energi lainnya
Komponen	Sensor itu sendiri	Sensor dan rangkaian pengkondisian sinyal
Contoh	Sensor jarak, sensor cahaya, sensor gerak, sensor, akselerometer, dll.	Termokopel, Loudspeaker, Potensiometer, Termistor, dll.

Dibandingkan dengan indera manusia, sensor dan aktuator adalah komponen paling mendasar dari perangkat komputasi. Perbandingan antara fungsi tubuh manusia dan cara kerja mesin cerdas ditunjukkan pada Gambar dibawah ini.



Gambar 1. Perbedaan fungsi tubuh manusia dan sistem mesin cerdas

2. Klasifikasi Sensor

Sensor dapat diklasifikasikan sebagai berikut:

- **Sensor Sederhana (Langsung) Vs Sensor Kompleks**

Sensor sederhana atau langsung mampu mengubah perubahan fisik atau stimulus dari lingkungan menjadi sinyal listrik (ditunjukkan pada Gambar 2). Di sisi lain, sensor kompleks mungkin memerlukan satu atau lebih transduser untuk menghasilkan sinyal listrik (ditunjukkan pada Gambar 3). Contoh sensor sederhana antara lain sensor suhu, sensor tekanan, sensor cahaya dan akselerometer adalah contoh sensor kompleks.

- **Sensor Aktif Vs Sensor Pasif**

Sensor aktif (juga dikenal sebagai parametrik) memerlukan daya eksternal dalam operasionalnya. Sensor kapasitif dan induktif adalah contoh dari sensor Aktif. Di sisi lain, sensor pasif (juga dikenal sebagai *self-generating*) mampu menghasilkan sinyal listrik dengan sendirinya dan tidak bergantung pada catu daya eksternal. Sensor piezoelektrik adalah salah satu contoh sensor yang menghasilkan sinyal listrik sendiri.

- **Sensor Kontak Vs Sensor Non Kontak**

Kontak fisik dengan stimulus sangat penting dalam Sensor kontak

(misalnya sensor suhu) namun, pada sensor Non Kontak, kontak fisik dengan stimulus tidak diperlukan (misalnya termometer inframerah).

- **Sensor Absolut dan Sensor Relatif**

Sensor Absolut bereaksi terhadap stimulus menggunakan skala absolut tetapi Sensor relatif merasakan stimulus relatif terhadap beberapa referensi. Pengukur regangan dan Termokopel adalah contoh sensor absolut dan relatif.

- **Sensor Digital Vs Sensor Analog (berdasarkan output)**

Sinyal keluaran yang bersifat digital dihasilkan oleh sensor digital. Sinyal kontinu dihasilkan oleh keluaran dari sensor analog. Sensor tekanan, sensor cahaya, dan akselerometer analog adalah contoh Sensor Analog. Akselerometer Digital dan sensor suhu digital adalah contoh dari sensor digital.

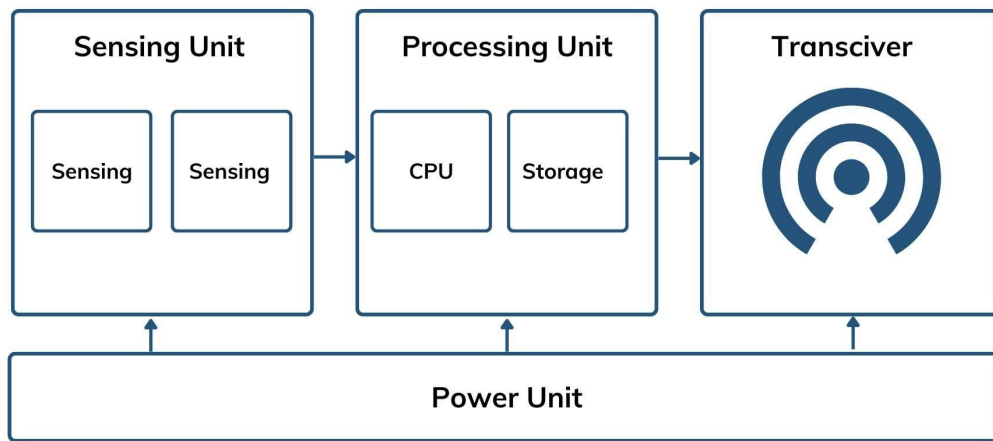
- **Sensor Skalar Vs Sensor Vektor (berdasarkan tipe data)**

Sensor skalar digunakan untuk mengukur besaran skalar dan sinyal listrik keluaran sebanding dengan besaran yang diukur, misalnya sensor suhu ruangan. Sensor vektor digunakan untuk mengukur besaran vektor, yaitu akselerometer, yang mengukur tidak hanya besaran tetapi juga arah benda bergerak.

3. Anatomi Sensor

Secara umum, komponen dasar dari sebuah sensor meliputi unit penginderaan, unit pemrosesan, unit *Analog to Digital Converter* (ADC), unit daya, penyimpanan, dan *transceiver* seperti yang ditunjukkan pada Gambar dibawah ini. Elemen penginderaan adalah sebuah perangkat keras, yang bertanggung jawab untuk mengukur setiap stimulus fisik (yaitu cahaya, suhu, suara, dll) di lingkungan untuk mengumpulkan data yang bersangkutan.

Pada proses penginderaan, sensor menghasilkan sinyal analog terus-menerus, yang harus didigitalkan sebelum mengirimkannya ke *controller* untuk diproses lebih lanjut. Oleh karena itu diperlukan ADC yang melakukan konversi sinyal analog ke sinyal digital. Mikrokontroler bertugas untuk melakukan pemrosesan data penginderaan digital yang diterima dan mengendalikan fungsi lain dari node sensor. Kontroler yang paling umum adalah mikrokontroler yang digunakan di node sensor karena konsumsi daya yang rendah, biaya rendah, dan fleksibilitas untuk menghubungkan perangkat lain.



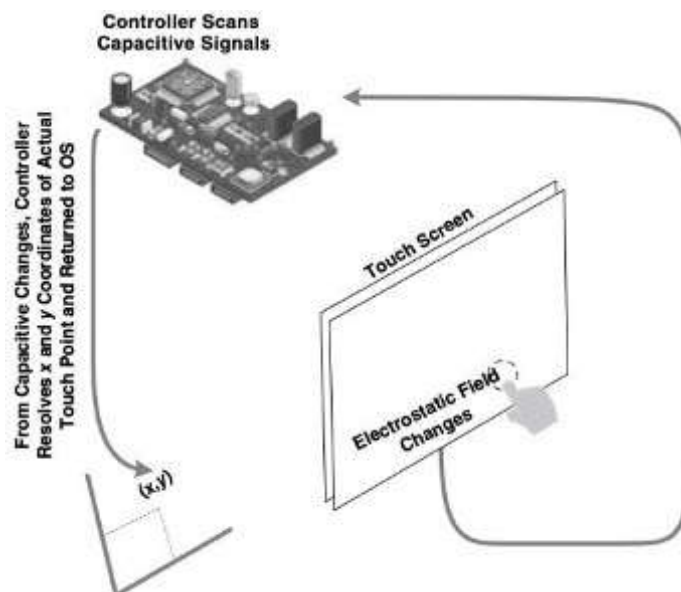
Gambar 2. Anatomi dari sebuah sensor

4. Prinsip Fisik Penginderaan

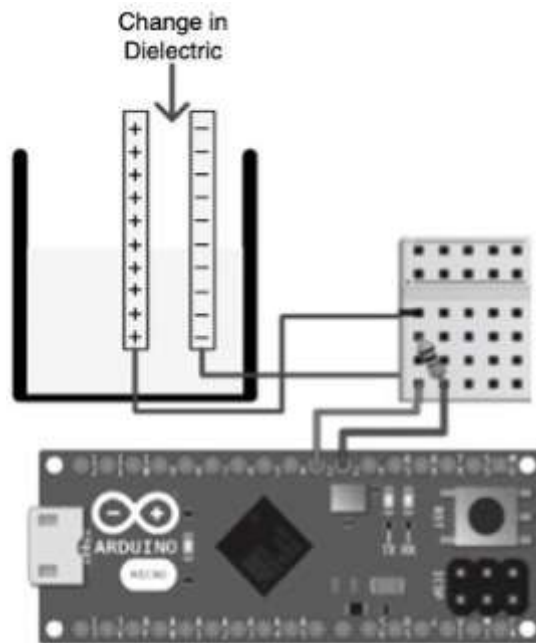
Konversi efek fisik menjadi sinyal listrik didasarkan pada berbagai prinsip dasar Fisika, yaitu kapasitansi, magnet, efek piezoelektrik, dll. Pada sub-bagian berikut, prinsip-prinsip ini akan dijelaskan dari sudut pandang cara sensor.

4.1 Kapasitansi

Kapasitansi adalah fenomena listrik untuk menyimpan muatan listrik, dan perangkat yang menyimpan muatan mengikuti fenomena ini dikenal sebagai Kapasitor. Untuk memahami cara kerja sensor Kapasitif, pertama-tama perlu memahami prinsip-prinsip dasar dunia kapasitor.



Gambar 3. Cara Kerja sensor kapasitif layar sentuh

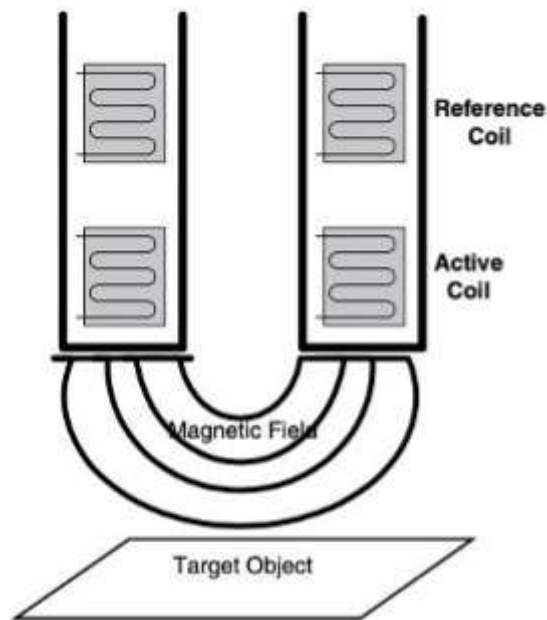


Gambar 4. Sensor kapasitif sederhana untuk mengukur ketinggian air

4.2 Magnetisme dan Induksi

Mengenai karakteristik fundamental, listrik dan magnet memiliki kesamaan yang aneh. Sebagai contoh, adanya gaya tarik menarik/tolak menolak antara dua batang bermuatan listrik sangat mirip dengan gaya yang terjadi antara dua kutub (selatan dan utara) magnet. Kutub yang sama tolak menolak dan kutub yang berlawanan saling tarik menarik sebanding dengan gaya yang ada antara muatan listrik yang sama dan berbeda. Secara teoritis, khusus untuk magnet, elektron dalam atom di satu ujung bergerak ke satu arah, dan atom di ujung lain bergerak ke arah yang berlawanan dan akhirnya menciptakan medan magnet.

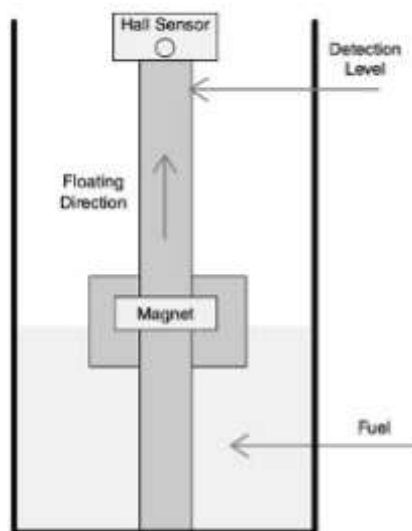
Menurut definisi, arah gaya energi dalam medan magnet adalah dari kutub utara ke selatan. Magnet dan listrik berhubungan satu sama lain sedemikian rupa sehingga muatan yang bergerak dapat menghasilkan medan magnet dan dari medan magnet dimungkinkan untuk menghasilkan listrik. Sensor Arus Eddy: Arus eddy adalah fenomena yang menjelaskan induksi arus listrik dalam konduktor melalui perubahan intensitas medan magnet.



Gambar 5. Sensor jarak berbasis arus Eddy

4.3 Sensor Efek Hall

Produksi beda potensial melintasi konduktor pembawa arus listrik dengan adanya medan magnet (diterapkan tegak lurus terhadap arah aliran arus) dikenal sebagai Efek Hall. Perangkat sensor efek hall digunakan untuk mengukur tegangan yang berbanding lurus dengan besarnya kekuatan medan magnet yang diterapkan.



Gambar 6. Deteksi ketinggian bahan bakar berbasis sensor hall

4.4 Resistansi dan Resistivitas Listrik

Hambatan listrik adalah karakteristik dari semua bahan dan pada dasarnya mengacu pada gaya gesekan yang menahan aliran atau pergerakan elektron. Menurut hukum Ohm, "arus dalam konduktor sebanding dengan tegangan yang diberikan sambil menjaga kondisi fisik lainnya tetap konstan.

4.5 Efek piezoelektrik

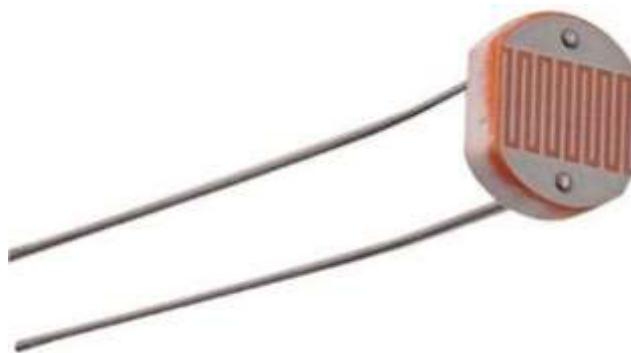
Efek piezoelektrik terkait dengan produksi muatan listrik dalam bahan kristal melalui konsekuensi tegangan mekanik yang diterapkan. Sensor piezoelektrik didasarkan pada prinsip mengubah dimensi fisik menjadi kekuatan dan bekerja pada permukaan yang berlawanan dari elemen penginderaan. Mikrofon adalah contoh paling sederhana dari efek piezoelektrik, yang merasakan variasi tekanan dalam bentuk suara dan mengubahnya menjadi sinyal listrik.

5. Berbagai Jenis Sensor

5.1 Sensor Cahaya

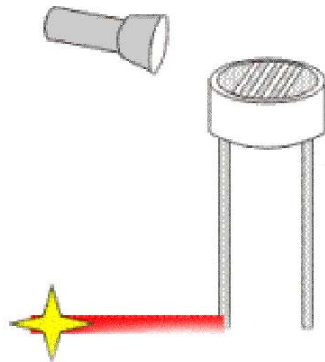
LDR (Light Dependent Resistor) merupakan salah satu komponen resistor yang nilai resistansinya akan berubah-ubah sesuai dengan intensitas cahaya yang mengenai sensor ini. LDR juga dapat digunakan sebagai sensor cahaya. Perlu diketahui bahwa nilai resistansi dari sensor ini sangat bergantung pada intensitas cahaya. Semakin banyak cahaya yang mengenainya, maka akan semakin menurun nilai resistansinya.

Sebaliknya jika semakin sedikit cahaya yang mengenai sensor (gelap), maka nilai hambatannya akan menjadi semakin besar sehingga arus listrik yang mengalir akan terhambat. Umumnya Sensor LDR memiliki nilai hambatan 200 Kilo Ohm pada saat dalam kondisi sedikit cahaya (gelap), dan akan menurun menjadi 500 Ohm pada kondisi terkena banyak cahaya. Tak heran jika komponen elektronika peka cahaya ini banyak diimplementasikan sebagai sensor lampu penerang jalan, lampu kamar tidur, alarm dan lain-lain.



Gambar 7. LDR (Light Dependent Resistor)
(Sumber : Electronica Embajadores)

LDR berfungsi sebagai sebuah sensor cahaya dalam berbagai macam rangkaian elektronika seperti saklar otomatis berdasarkan cahaya yang jika sensor terkena cahaya maka arus listrik akan mengalir (ON) dan sebaliknya jika sensor dalam kondisi minim cahaya (gelap) maka aliran listrik akan terhambat (OFF). LDR juga sering digunakan sebagai sensor lampu penerang jalan otomatis, lampu kamar tidur, alarm, rangkaian anti maling otomatis menggunakan laser, shutter kamera otomatis, dan masih banyak lagi yang lainnya.



Gambar 8. Cara Kerja Sensor LDR
(Sumber : www.toppr.com)

Prinsip kerja LDR sangat sederhana tak jauh berbeda dengan variable resistor pada umumnya. LDR dipasang pada berbagai macam rangkaian elektronika dan dapat memutuskan dan menyambungkan aliran listrik berdasarkan cahaya. Semakin banyak cahaya yang mengenai LDR maka nilai resistansinya akan menurun, dan sebaliknya semakin sedikit cahaya yang mengenai LDR maka nilai hambatannya akan semakin membesar.

5.2 Ultrasonik

Sensor ultrasonik adalah sebuah sensor yang berfungsi untuk mengubah besaran fisis (bunyi) menjadi besaran listrik dan sebaliknya. Cara kerja sensor ini didasarkan pada prinsip dari pantulan suatu gelombang suara sehingga dapat dipakai untuk menafsirkan eksistensi (jarak) suatu benda dengan frekuensi tertentu. Disebut sebagai sensor ultrasonik karena sensor ini menggunakan gelombang ultrasonik (bunyi ultrasonik).Salah satu sensor ultrasonik yang paling sering dijumpai adalah HC-SR04.

Gelombang ultrasonik adalah gelombang bunyi yang mempunyai frekuensi sangat tinggi yaitu 20.000 Hz. Bunyi ultrasonik tidak dapat didengar oleh telinga manusia. Bunyi ultrasonik dapat didengar oleh anjing, kucing, kelelawar, dan lumba-lumba. Bunyi ultrasonik dapat merambat melalui zat

padat, cair dan gas. Reflektivitas bunyi ultrasonik di permukaan zat padat hampir sama dengan reflektivitas bunyi ultrasonik di permukaan zat cair. Akan tetapi, gelombang bunyi ultrasonik akan diserap oleh tekstil dan busa.

Pada sensor ultrasonik, gelombang ultrasonik dibangkitkan melalui sebuah alat yang disebut dengan piezoelektrik dengan frekuensi tertentu. Piezoelektrik ini akan menghasilkan gelombang ultrasonik (umumnya berfrekuensi 40kHz) ketika sebuah osilator diterapkan pada benda tersebut.

Secara umum, alat ini akan menembakkan gelombang ultrasonik menuju suatu area atau suatu target. Setelah gelombang menyentuh permukaan target, maka target akan memantulkan kembali gelombang tersebut. Gelombang pantulan dari target akan ditangkap oleh sensor, kemudian sensor menghitung selisih antara waktu pengiriman gelombang dan waktu gelombang pantul diterima. Prinsip kerja dan bentuk dari sensor HC-SR04 ditunjukkan pada gambar 9. Secara detail, cara kerja sensor ultrasonik adalah sebagai berikut:

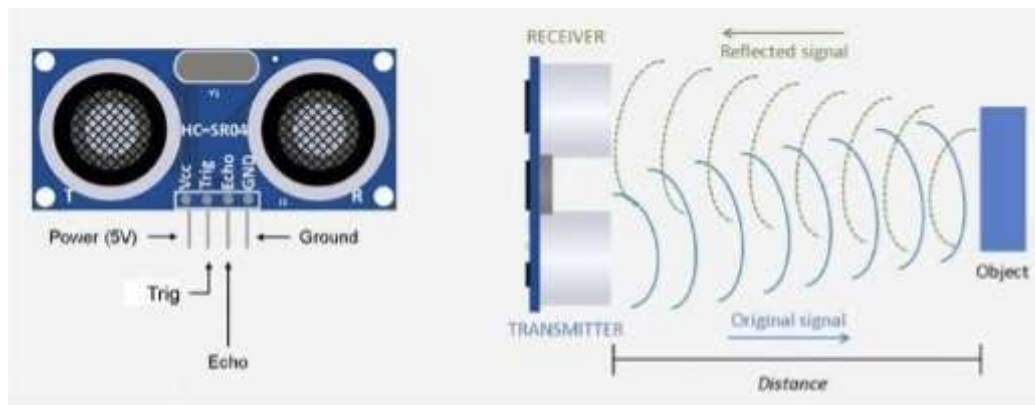
- Sinyal dipancarkan oleh pemancar ultrasonik dengan frekuensi tertentu dan dengan durasi waktu tertentu. Sinyal tersebut berfrekuensi diatas Untuk mengukur jarak benda (sensor jarak), frekuensi yang umum digunakan adalah 40kHz
- Sinyal yang dipancarkan akan merambat sebagai gelombang bunyi dengan kecepatan sekitar 340 m/s. Ketika sinyal menumbuk suatu benda, maka sinyal tersebut akan dipantulkan kembali oleh benda tersebut

Setelah gelombang pantulan sampai di alat penerima, maka sinyal tersebut akan diproses untuk menghitung jarak benda tersebut.

Jarak benda dihitung berdasarkan rumus :

$$S = 340 \times t / 2$$

dimana S adalah Jarak antara sensor dengan benda yang diukur (m), t adalah Waktu yang dibutuhkan sinyal untuk kembali ke sensor (s).



Gambar 9. Bentuk Sensor HC-SR04 dan Cara kerja Sensor HC-SR04 Sumber :
(Sumber : www.osoyoo.com)

5.3 Sensor Suhu dan Kelembaban

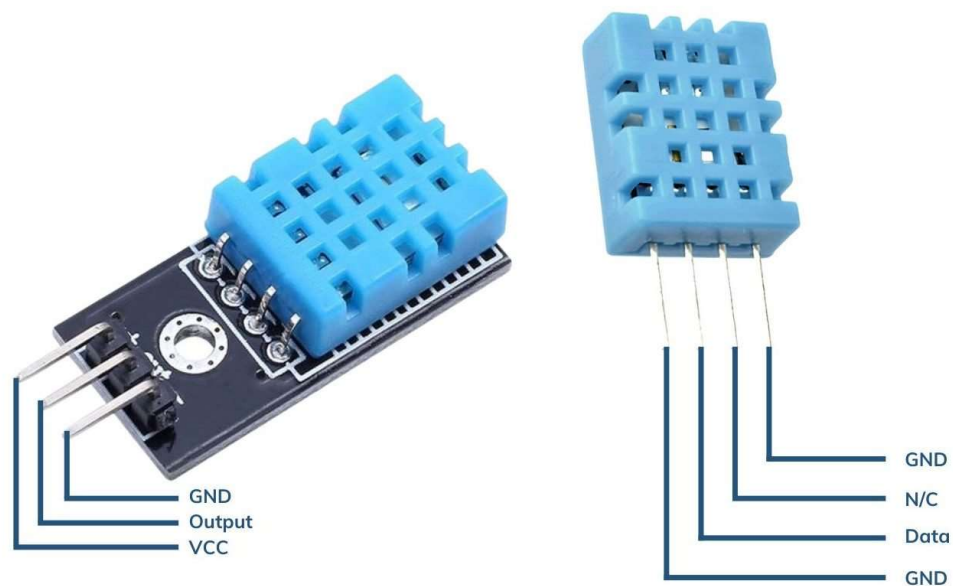
Sensor DHT11 adalah salah satu jenis sensor yang banyak digunakan pada project berbasis Arduino. Sensor ini memiliki keunikan yaitu dapat membaca suhu (temperature) ruangan dan kelembaban udara (humidity). Sensor ini dikemas dalam bentuk kecil dan ringkas, serta harganya yang terjangkau. Harga sensor DHT11 ini hanya 1,2\$ USD atau sekitar 15 ribu rupiah saja. Kegunaan sensor DHT11 ini biasanya dipakai pada project monitoring suhu ruangan maupun kelembaban udara pada ruangan oven.

Sensor DHT11 merupakan serangkaian komponen sensor dan IC kontroler yang dikemas dalam satu paket. Sensor ini ada yang memiliki 4 pin ada pula yang 3 pin. Tapi tidak menjadi masalah karena dalam penerapannya tidak ada perbedaan. Di dalam bodi sensor yang berwarna biru atau putih terdapat sebuah Resistor dengan tipe NTC (Negative Temperature Coefficient). Resistor jenis ini memiliki karakteristik dimana nilai resistansinya berbanding terbalik dengan kenaikan suhu. Artinya, semakin tinggi suhu ruangan maka nilai resistansi NTC akan semakin kecil.

Sebaliknya nilai resistansi akan meningkat ketika suhu disekitar sensor menurun. Selain itu didalamnya terdapat sebuah sensor kelembaban dengan karakteristik resistif terhadap perubahan kadar air di udara. Data dari kedua sensor ini diolah di dalam IC controller. IC kontroler ini akan mengeluarkan output data dalam bentuk single wire bi-directional. Spesifikasi Sensor DHT11 adalah:

- o Arus 3mA, idle 60uA
- o Periode sampling 2 detik
- o Output data serial
- o Resolusi 16 bit

- Temperatur antara 0°C sampai 50°C (akurasi 1°C)
- Kelembaban antara 20% sampai 90% (akurasi 5%)
- Tegangan Input 3-5V



Gambar 10. Sensor DHT11

5.4 Sensor Api

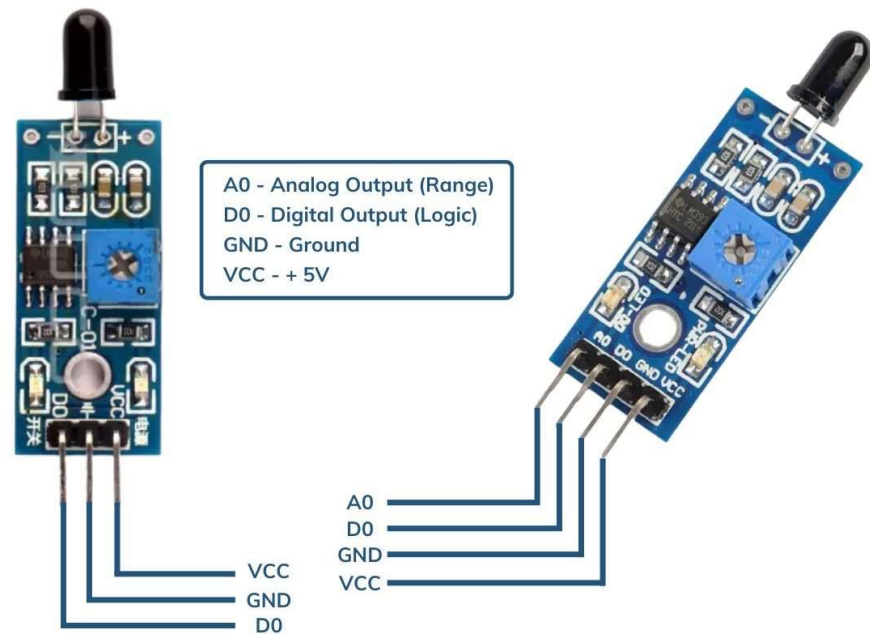
Dapat mendeteksi segala jenis api dan kebakaran. Dapat dipakai sebagai alarm kebakaran, robot pendeteksi api dan lainnya.

Penjelasan sensor api :

- Dapat mendeteksi api atau sumber cahaya dengan panjang gelombang antar 760nm s/d 1100nm. Api korek api / mancis dapat dideteksi dari jarak 80cm. Semakin besar api, semakin jauh jarak yang bisa dideteksi.
- Sudut deteksi sekitar 60 derajat, sensitif terhadap spektrum lidah api.
- Sensitivitas dapat diatur (dengan potensiometer).
- Hasil output comparator bersih dengan gelombang yang baik, lebih dari 15mA.
- Tegangan kerja 3.3V-5V.
- Output: digital (0 dan 1) dan analog (tegangan).
- Dengan lobang baut untuk instalasi.
- Ukuran 3.2cm x 1.4cm.
- Menggunakan pembanding LM393 comparator yang stabil.

Cara menggunakan sensor api :

- Sensor api sensitif terhadap cahaya api
- Digital output (DO) dapat disambung langsung ke IO port mikrokontroler
- Jaga jarak sensor terhadap sumber api untuk mencegah kerusakan pada sensor suhu
- Analog output (AO) dapat digunakan untuk mendapatkan hasil yang lebih akurat



Gambar 11. Sensor Api

Sumber:

Materi Kolaborasi Program KMMI UNY dengan Indobot Academy tahun 2021.

Materi Kolaborasi Program Digitalent Scholarship Kominfo dengan Indobot Academy tahun 2022.