

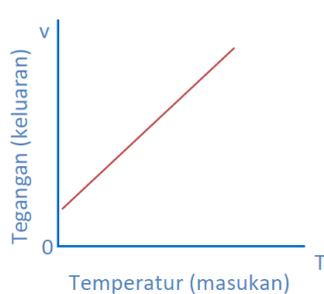
## BAB II TINJAUAN PUSATAKA

### 2.1 Sensor

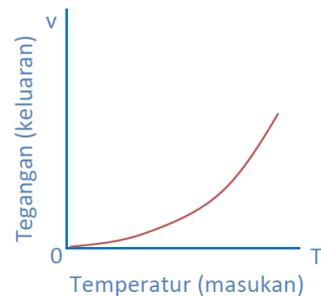
Sensor adalah peralatan yang digunakan untuk mengkonversi besaran fisik menjadi besaran listrik sehingga dapat dianalisa dengan rangkaian listrik tertentu. (Sumbodo, Wirawan. 2008: 647).

Dalam pemilihan peralatan sensor yang tepat dan sesuai dengan sistem yang akan disensor maka perlu diperhatikan persyaratan umum sensor berikut ini:

#### 1. Linearitas



(a) Tanggapan Linear



(b) Tanggapan Non Linear

**Gambar 2.1** Keluaran Sensor

(Sumber: Kustija, Jaja. 2012. *Modul Sensor dan Tranduser*)

Linearitas dalam hal ini dimaksudkan hubungan antara besaran input yang dideteksi menghasilkan besaran output dengan hubungan berbanding lurus dan dapat digambarkan secara grafik membentuk garis lurus. Ada banyak sensor yang menghasilkan sinyal keluaran yang berubah secara kontinu sebagai tanggapan terhadap masukan yang berubah secara kontinu. Sebagai contoh, sebuah sensor panas dapat menghasilkan tegangan sesuai dengan panas yang dirasakannya. Dalam kasus seperti ini, biasanya dapat diketahui secara tepat bagaimana perubahan keluaran dibandingkan dengan masukannya berupa sebuah grafik.

Gambar 2.1 memperlihatkan hubungan dari dua buah sensor panas yang berbeda. Garis lurus pada Gambar 2.1(a) memperlihatkan tanggapan linier, sedangkan pada Gambar 2.1(b) adalah tanggapan non-linier. Pada gambar 2.1 (a). terlihat setiap perubahan  $T$  diikuti oleh perubahan  $v$  dan dapat dinyatakan dalam persamaan garis lurus yang kontinyu, sedangkan pada gambar 2.1(b) perubahan  $T$  diikuti dengan perubahan  $v$  tetapi tidak membentuk hubungan sebagai persamaan garis lurus. (Kustija, Jaja. 2012: 13-14)

## **2. Sensitivitas**

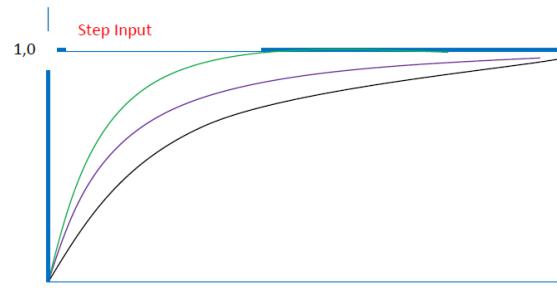
Sensitivitas akan menunjukkan seberapa jauh kepekaan sensor terhadap kuantitas yang diukur. Beberapa sensor panas dapat memiliki kepekaan yang dinyatakan dengan “satu volt per derajat”, yang berarti perubahan suhu satu derajat pada masukan akan menghasilkan perubahan beda potensial beberapa volt pada keluarannya. Apabila tanggapannya linier, maka sensitivitasnya juga akan sama untuk jangkauan pengukuran keseluruhan. Sensor dengan tanggapan pada gambar 2.1(b) akan lebih peka pada temperatur yang tinggi daripada temperatur yang rendah. (Kustija, Jaja. 2012: 14)

## **3. Jangkauan**

Salah satu kriteria untuk memilih sensor adalah kesanggupan mengindra sesuai dengan yang diperlukan. Misalnya sebuah alat ukur akan digunakan untuk pengukuran suhu disekitar kamar yaitu antara  $-35^{\circ}\text{C}$  sampai  $150^{\circ}\text{C}$  dilihat dari jangkauan ukurnya dapat dipilih sensor NTC, PTC, transistor, dioda dan IC hibrid. (Kustija, Jaja. 2012: 15)

## **4. Tanggapan Waktu**

Tanggapan waktu pada sensor menunjukkan seberapa cepat tanggapannya terhadap perubahan masukan. Sebagai contoh, instrumen dengan masukan step input. Pada gambar 2.2 grafik 1 menunjukkan respon yang paling cepat dibanding dengan dua grafik lainnya, sedangkan grafik 3 menunjukkan respon yang paling lambat dibandingkan dengan grafik yang lainnya. (Kustija, Jaja. 2012: 15)



**Gambar 2.2** Grafik Tanggapan Waktu Dari Berbagai Sensor  
(Sumber: Kustija, Jaja. 2012. *Modul Sensor dan Tranduser*)

Berdasarkan bentuk sinyal yang dikonversi, sensor dapat dibedakan menjadi dua, yaitu:

- Sensor analog, yaitu sensor yang memberikan sinyal analog seperti tegangan dan arus. Sinyal ini dapat diartikan sebagai nilai variabel fisik yang diukur.
- Sensor digital, adalah suatu sensor yang memberikan output sinyal digital, sensor digital ini lebih banyak digunakan dalam industri karena dapat digunakan bersama komputer. (Sumbodo, Wirawan. 2008: 648)

Berdasarkan sifat dasar-dasar keluaran sensor, sensor dapat diklasifikasikan menjadi lima jenis, yaitu:

### 1. Perubahan Resistansi

Besaran-besaran yang diindera menghasilkan perubahan resistansi pada keluarannya, contohnya seperti:

- Resistance Thermal Detector (RTD). Prinsip kerja dari RTD ini adalah mengubah besaran temperature menjadi perubahan tahanan listrik.
- Strain gauge. Prinsip kerja dari Strain gauge ini adalah mengubah besaran tekanan menjadi perubahan tahanan listrik.
- Thermistor. Prinsip kerja dari Thermistor ini adalah mengubah besaran temperature menjadi perubahan tahanan listrik.

### 2. Perubahan Kapasitansi

Besaran-besaran yang diindera menghasilkan perubahan kapasitansi pada

keluarannya, contohnya adalah sensor yang digunakan untuk mendeteksi perubahan kelembaban relatif. Prinsip kerja dari sensor ini berdasarkan pada perubahan kelembaban akan mengakibatkan perubahan konstanta dielektrik medium dan perubahan konstanta dielektrik medium akan mengakibatkan perubahan kapasitansi.

### **3. Perubahan Induktansi**

Besaran-besaran yang diindera menghasilkan perubahan induktansi pada keluarannya, contohnya adalah sensor yang digunakan untuk mendeteksi perubahan gaya. Prinsip kerja dari sensor ini adalah dengan mengubah induktansi dari sepasang kumparan atau dengan mengubah induktansi kumparan tunggal.

### **4. Menghasilkan Arus Listrik**

Besaran-besaran yang diindera menghasilkan perubahan arus pada keluarannya, contohnya fotolistrik. Prinsip kerja dari sensor ini adalah dengan mengubah intensitas listrik menjadi arus listrik.

### **5. Menghasilkan Tegangan Listrik**

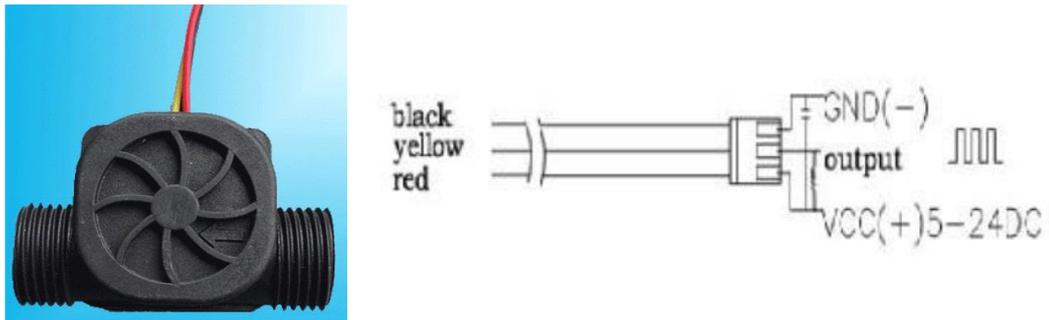
Besaran-besaran yang diindera menghasilkan perubahan tegangan pada keluarannya, contohnya:

- Thermokopel. Prinsip kerja dari sensor ini adalah dengan mengubah temperatur menjadi tegangan listrik.
- Tacho generator. Prinsip kerja dari sensor ini adalah dengan mengubah kecepatan putaran menjadi tegangan listrik. (Kustija, Jaja. 2012: 7-9)

#### **2.1.1 *Flow Sensor***

*Flow sensor* merupakan sebuah perangkat sensor yang digunakan untuk mengukur debit fluida serta volume fluida. Biasanya, *flow sensor* adalah bagian yang digunakan pada *flow meter*. Sensor memiliki keakuratan yang absolut sehingga dalam proses pengukuran membutuhkan pengkalibrasian. Tipe *flow sensor* yang digunakan adalah *water flow sensor*. Sensor ini terdiri dari katup plastik, rotor air, dan sensor *hall-effect*. Ketika air mengalir melewati rotor, rotor akan berputar. Kecepatan putaran ini akan tergantung dengan kecepatan atau besarnya aliran air yang melewati sensor tersebut. Sensor ini tidak akan

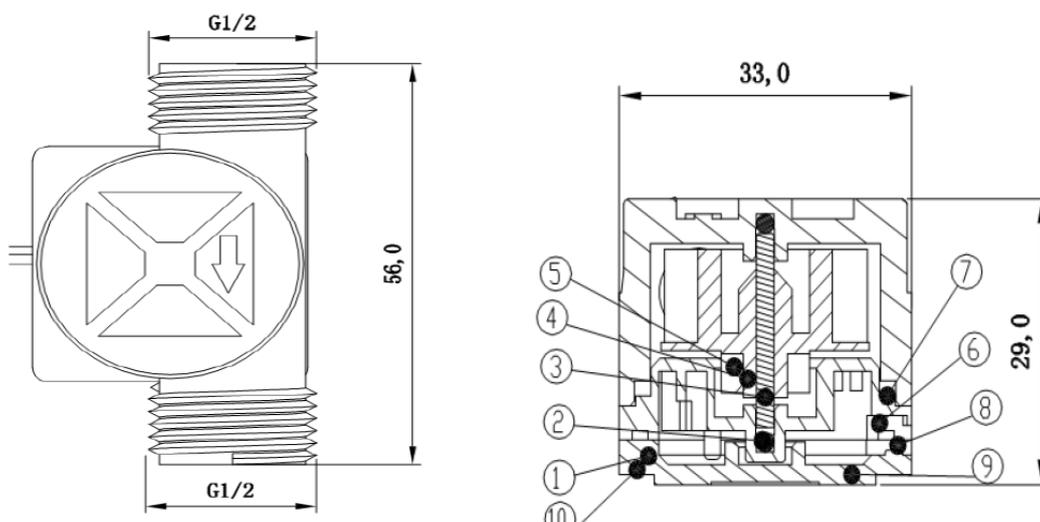
menghasilkan tegangan apabila sensor belum dialiri air atau belum bekerja dan baru akan menghasilkan tegangan ketika sensor telah di aliri air. Sensor *hall-effect* yang terdapat dalam *water flow sensor* tersebut akan mengeluarkan output pulsa sesuai dengan besarnya aliran air.



**Gambar 2.3** Gambar Fisik dan *Wiring Diagram Water Flow Sensor*

(Sumber: [http://www.seeedstudio.com/wiki/G1/2\\_Water\\_Flow\\_sensor](http://www.seeedstudio.com/wiki/G1/2_Water_Flow_sensor))

Berikut ini merupakan dimensi mekanik dan komponen dari *Water Flow Sensor*



**Gambar 2.4** Dimensi Mekanik dan Komponen *Water Flow Sensor*

(Sumber: [http://www.seeedstudio.com/wiki/G1/2\\_Water\\_Flow\\_sensor](http://www.seeedstudio.com/wiki/G1/2_Water_Flow_sensor))

**Tabel 2.1** Komponen yang terdapat pada *water flow sensor*(Sumber: [http://www.seeedstudio.com/wiki/G1/2\\_Water\\_Flow\\_sensor](http://www.seeedstudio.com/wiki/G1/2_Water_Flow_sensor))

| No | Nama                 | Jumlah | Material               |
|----|----------------------|--------|------------------------|
| 1  | Valve body           | 1      | PA66+33%glass fiber    |
| 2  | Stainless steel bead | 1      | Stainless steel SUS304 |
| 3  | Axis                 | 1      | Stainless steel SUS304 |
| 4  | Impeller             | 1      | POM                    |
| 5  | Ring magnet          | 1      | Ferrite                |
| 6  | Middle ring          | 1      | PA66+33%glass fiber    |
| 7  | O-seal ring          | 1      | Rubber                 |
| 8  | Electronic seal ring | 1      | Rubber                 |
| 9  | Cover                | 1      | PA66+33%glass fiber    |
| 10 | Screw                | 4      | Stainless steel SUS304 |
| 11 | Cable                | 1      | 1007 24AWG             |

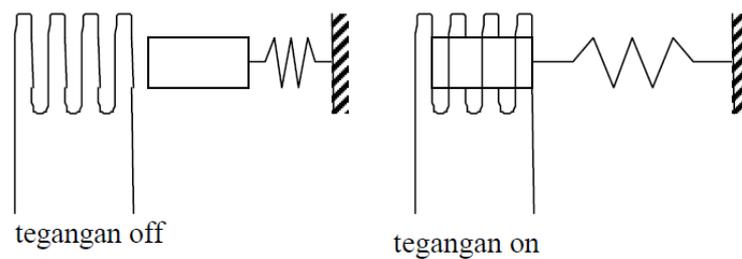
Berikut ini adalah spesifikasi dari *water flow sensor*

- Bekerja pada tegangan 3VDC-18VDC
- Arus maksimum saat pengoperasian 15 mA(DC5V)
- Berat sensor 43 g
- Rentang aliran 1~ 28L / menit
- Suhu pengoperasian 0°C~ 80°
- Operasi kelembaban 35%~ 90% RH
- Kemampuan tekanan air hingga 1.75Mpa

- Suhu tempat pengoperasian  $-25^{\circ}\text{C}\sim+80^{\circ}\text{C}$
- Kelembaban tempat pengoperasian 25%~90%RH

## 2.2 *Solenoid Valve*

Solenoid merupakan aktuator yang terdiri dari koil atau gulungan kawat, inti besi sebagai piston gerak linier, dan pegas sebagai pemegang inti besi. Ketika tegangan masuk pada koil sehingga terjadi aliran arus maka koil akan berubah menjadi bidang magnet sehingga akan menarik inti besi ke dalam koil sampai menuju titik tengah koil. Saat tegangan dimatikan maka posisi inti besi akan kembali seperti semula karena tarikan dari pegas. (Sumbodo, Wirawan. 2008: 660).

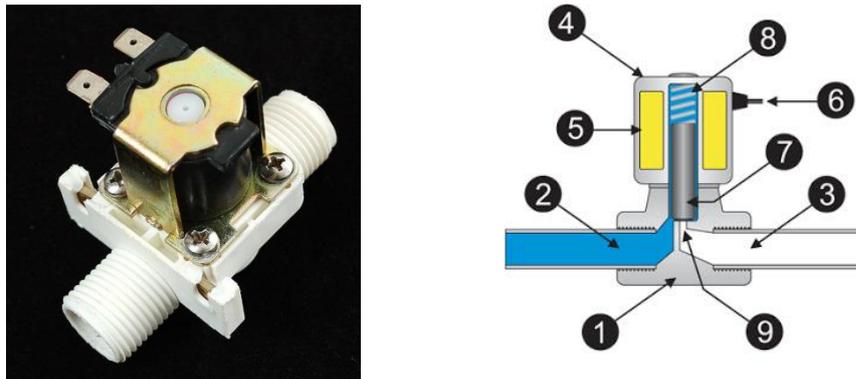


**Gambar 2.5** Prinsip Kerja Solenoid

(Sumber: Sumbodo, Wirawan. 2008. *Teknik Produksi Mesin Industri Jilid 3*)

*Solenoid valve* atau katup listrik merupakan elemen kontrol yang paling sering digunakan dalam suatu aliran fluida. Tugas mereka adalah untuk shut off, release, mengalirkan atau mencampurkan fluida. Mereka ditemukan di banyak area aplikasi dunia industri seperti *oil & gas*, *water*, *steam*, petrokimia, pengolahan limbah, dan sebagainya. *Solenoid valve* bekerja secara *electromechanically* dimana mereka mempunyai kumparan (*coil*) sebagai penggerakannya. Ketika kumparan tersebut mendapatkan supply tegangan (AC atau DC) maka kumparan tersebut akan berubah menjadi medan magnet sehingga menggerakkan piston (*plunger*) yang berada di dalamnya.

*Solenoid valve* akan bekerja bila kumparan (*coil*) mendapatkan supply energy listrik maka kumparan tersebut akan berubah menjadi medan magnet sehingga menggerakkan piston (*plunger*) yang ada di dalamnya. Ketika piston tertarik ke atas maka fluida akan mengalir dari inlet port menuju outlet port.



**Gambar 2.6** Bentuk dan Bagian-Bagian *Solenoid Valve* 12V

(Sumber: <https://www.adafruit.com/product/997>, [www.solenoid-valve-info.com](http://www.solenoid-valve-info.com))

Keterangan :

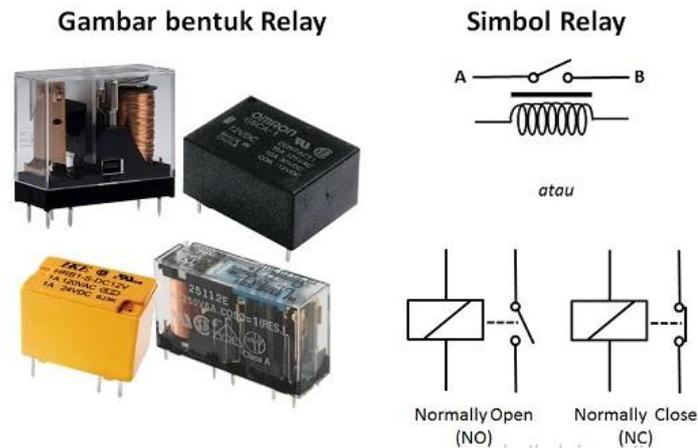
1. *Valve Body*
2. Terminal masukan (*Inlet Port*)
3. Terminal keluaran (*Outlet Port*)
4. Koil / koil solenoid
5. Kumparan gulungan
6. Kabel suplai tegangan
7. *Plunger*
8. *Spring*
9. Lubang / *exhaust*

## 2.3 Relay

### 2.3.1 Definisi Relay

Relay adalah Saklar (*Switch*) yang dioperasikan secara listrik dan merupakan komponen *Electromechanical* yang terdiri dari 2 bagian utama yakni *Elektromagnetik (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.



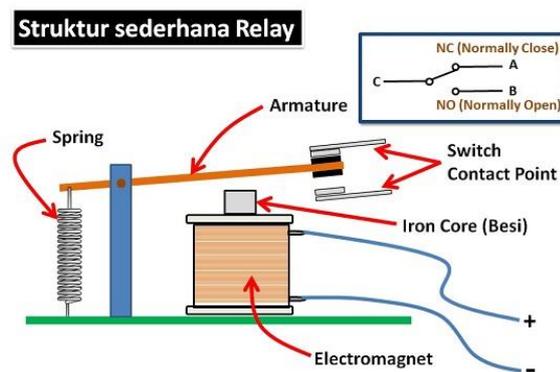
**Gambar 2.7** Gambar Bentuk dan Simbol Relay

(Sumber: <http://teknikelektronika.com/pengertian-relay-fungsi-relay/>)

Pada dasarnya, Relay terdiri dari 4 komponen dasar yaitu :

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

Berikut ini merupakan gambar dari bagian-bagian Relay :



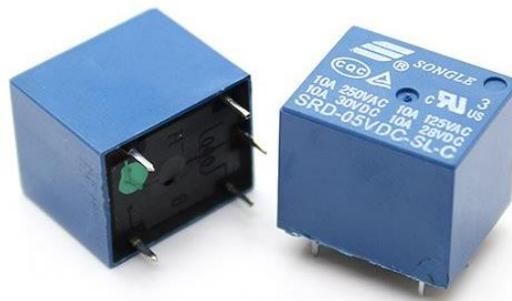
**Gambar 2.8** Struktur Sederhana Relay

(Sumber: <http://teknikelektronika.com/pengertian-relay-fungsi-relay/>)

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

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

Berdasarkan gambar 2.13, 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 Point* ke Posisi *Close* pada umumnya hanya membutuhkan arus listrik yang relatif kecil.



**Gambar 2.9** Relay 5VDC

(Sumber: <https://www.fasttech.com/product/1453707-songle-t73-5v-srd-5vdc-sl-c-5-pin-power-relay>)

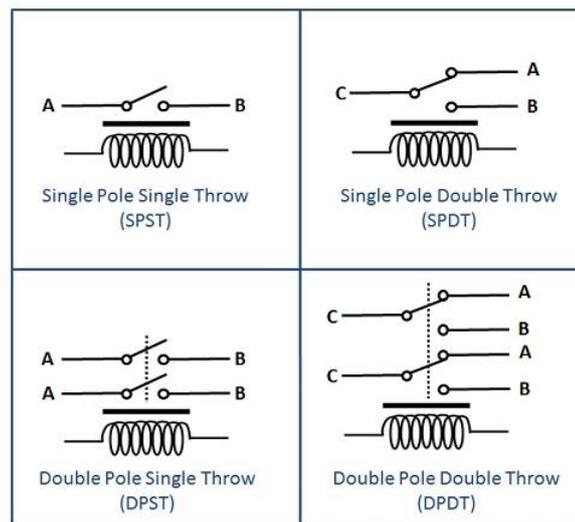
### 2.3.2 Jenis-Jenis Relay

Berdasarkan penggolongan jumlah Pole dan Throw-nya sebuah relay, maka relay dapat digolongkan menjadi :

- *Single Pole Single Throw (SPST)*: Relay golongan ini memiliki 4 Terminal, 2 Terminal untuk Saklar dan 2 Terminalnya lagi untuk Coil.
- *Single Pole Double Throw (SPDT)*: Relay golongan ini memiliki 5 Terminal, 3 Terminal untuk Saklar dan 2 Terminalnya lagi untuk Coil.

- *Double Pole Single Throw (DPST)*: Relay golongan ini memiliki 6 Terminal, diantaranya 4 Terminal yang terdiri dari 2 Pasang Terminal Saklar sedangkan 2 Terminal lainnya untuk Coil. Relay DPST dapat dijadikan 2 Saklar yang dikendalikan oleh 1 Coil.
- *Double Pole Double Throw (DPDT)*: Relay golongan ini memiliki Terminal sebanyak 8 Terminal, diantaranya 6 Terminal yang merupakan 2 pasang Relay SPDT yang dikendalikan oleh 1 (*single*) Coil. Sedangkan 2 Terminal lainnya untuk Coil.

Selain Golongan Relay yang telah disebutkan sebelumnya, terdapat juga Relay-relay yang *Pole* dan *Throw*-nya melebihi dari dua. Misalnya 3PDT (*Triple Pole Double Throw*) ataupun 4PDT (*Four Pole Double Throw*) dan lain sebagainya.



**Gambar 2.10** Jenis-Jenis Relay

(Sumber: <http://teknikelektronika.com/pengertian-relay-fungsi-relay/>)

## 2.4 Arduino

### 2.4.1 Sejarah Arduino

Proyek arduino berawal dari Dilvre, Italia tahun 2005. Sekarang telah lebih dari 120.000 unit terjual sampai dengan 2010. Pendirinya adalah Massimo Banzi dan David Cuartiellez. Arduino adalah pengendali *mikro single-board* yang

bersifat *open-source*, yang diturunkan dari *wiring platform*, yang di rancang untuk memudahkan penggunaan elektronik dalam berbagai bidang. Perangkat kerasnya (*hardware*) memiliki prosesor atmel AVR dan perangkat lunaknya (*software*) memiliki bahasa pemrograman sendiri.

- Secara *software*: *Open-source* IDE yang digunakan untuk mengembangkan aplikasi mikrokontroler yang berbasis Arduino platform.
- Secara *hardware*: *Single board* mikrokontroler yang bersifat *open-source hardware* yang dikembangkan untuk arsitektur mikrokontroller AVR 8 bit dan ARM 32 bit.

Dari ketiga pengertian tersebut, dapat disimpulkan bahwa Arduino adalah kit elektronik atau papan rangkaian elektronik *open-source* yang didalamnya terdapat komponen utama yaitu sebuah chip mikrokontroller dengan jenis AVR. Mikrokontroler itu sendiri adalah chip atau IC (*Integrated Circuit*) yang bisa diprogram menggunakan komputer. Tujuan menanamkan program pada mikrokontroler adalah agar rangkaian elektronik dapat membaca input, memproses input tersebut dan kemudian menghasilkan output seperti yang diinginkan. Mikrokontroler bertugas sebagai otak yang mengendalikan input, proses, dan output sebuah rangkaian elektronik.

Arduino memiliki kelebihan dibandingkan dengan perangkat kendali lainnya diantaranya adalah :

- Tidak perlu perangkat *chip programmer* karena di dalamnya sudah ada *bootloader* yang akan menangani *upload* program dari komputer.
- Sudah memiliki sarana komunikasi USB, sehingga pengguna laptop yang tidak memiliki port serial/RS232 bisa menggunakannya.
- Memiliki modul siap pakai (*Shield*) yang bisa ditancapkan pada *board* arduino. Contohnya *shield GPS, Ethernet*, dll.

Arduino sendiri telah mengeluarkan bermacam-macam produk dan tipe sesuai dengan kebutuhan para perancang elektronik. Macam-macam arduino tersebut diciptakan berdasarkan *skill* dan keahlian para perancang sampai dimana kemahirannya dalam menggunakan perangkat arduino itu sendiri mulai dari segi

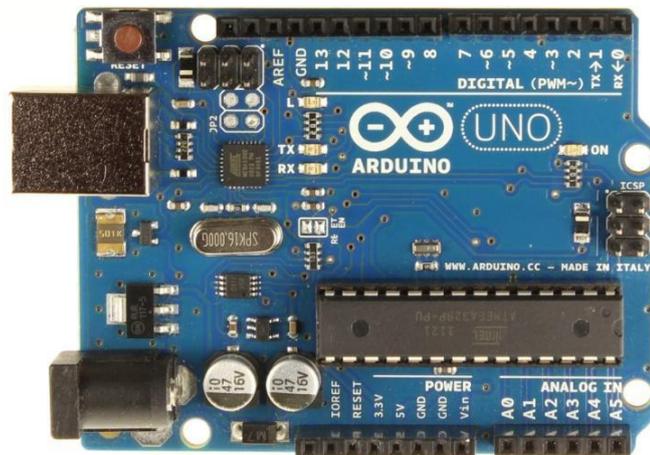
pemrograman, dari segi elektronik, dan dari segi seberapa luas pengaplikasiannya terhadap perangkat elektronik. Jenis-jenis arduino tersebut, diantaranya adalah :

- Arduino Uno
- Arduino Mega
- Arduino Yun
- Arduino Esplora
- Arduino Lilypad
- Arduino Promini
- Arduino Nano
- Arduino Fio
- Arduino Due

Dari berbagai macam jenis arduino yang telah dijelaskan, arduino yang paling banyak digunakan adalah Arduino Uno, karena dibuat dan dirancang untuk pengguna pemula atau yang baru mengenal Arduino.

#### **2.4.2 Definisi Arduino Uno**

Arduino Uno adalah salah satu produk berlabel Arduino yang sebenarnya adalah suatu papan elektronik yang mengandung mikrokontroler Atmega328 (sebuah keping yang secara fungsional bertindak seperti sebuah komputer). Piranti ini dapat dimanfaatkan untuk mewujudkan rangkaian elektronik dari yang sederhana hingga yang kompleks. Pengendalian LED hingga pengontrolan robot dapat diimplementasikan dengan menggunakan papan yang berukuran relatif kecil ini. Bahkan, dengan penambahan komponen tertentu, piranti ini bisa dipakai untuk pemantauan jarak jauh melalui internet, misalnya pemantauan kondisi pasien di rumah sakit dan pengendalian alat-alat di rumah.



**Gambar 2.11** Arduino Uno.

(Sumber: <http://www.forefront.io/a/beginners-guide-to-arduino>)

Arduino Uno mempunyai 14 digital input/output, 6 pin bisa digunakan sebagai keluaran PWM, 6 analog input, 16 MHz osilator Kristal, penghubung USB, power jack, ICSP header, dan tombol reset. Bagian ini sangat dibutuhkan untuk mendukung mikrokontroler. Contoh, menghubungkan Arduino ke komputer dengan kabel USB atau memberikan tegangan AC ke DC adaptor atau baterai untuk memulainya. Karena tidak menggunakan chip FTDI, sebagai gantinya menggunakan Atmega8U2 yang diprogram sebagai converter USB-to-serial. Perubahan ini cukup membantu dalam instalasi software Arduino.

### 2.4.3 Mikrokontroler ATmega 328

Mikrokontroler ATmega 328 adalah mikrokontroler keluaran dari atmel yang mempunyai arsitektur RISC (*Reduce Instruction Set Computer*) dimana setiap proses eksekusi data lebih cepat daripada arsitektur CISC (*Completed Instruction Set Computer*).

Mikrokontroller ini memiliki beberapa fitur antara lain:

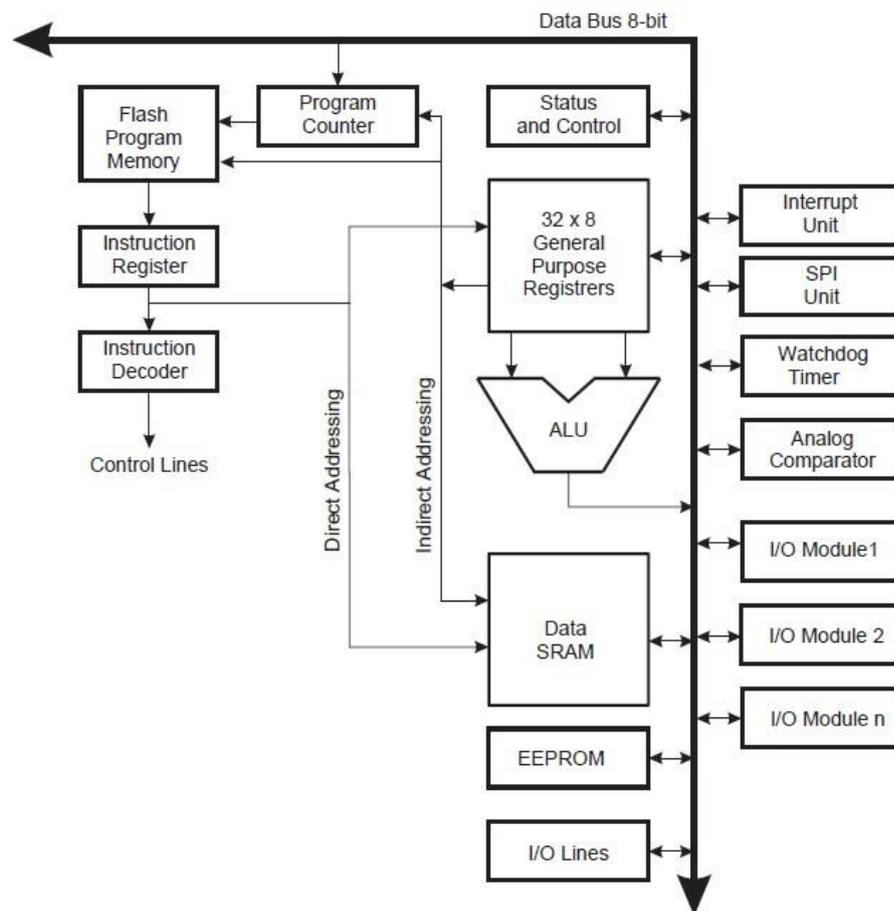
- 130 macam instruksi yang hampir semuanya dieksekusi dalam satu siklus *clock*.
- 32 x 8-bit register serba guna.
- Kecepatan mencapai 16 MIPS dengan clock 16 MHz.

- 32 KB *Flash memory* dan pada arduino memiliki *bootloader* yang menggunakan 2 KB dari flash memori sebagai *bootloader*.
- Memiliki *EEPROM (Electrically Erasable Programmable Read Only Memory)* sebesar 1KB sebagai tempat penyimpanan data semi permanent karena *EEPROM* tetap dapat menyimpan data meskipun catu daya dimatikan.
- Memiliki *SRAM (Static Random Access Memory)* sebesar 2KB.
- Memiliki pin I/O digital sebanyak 14 pin 6 diantaranya *PWM (Pulse Width Modulation)* output.
- *Master / Slave SPI Serial interface*.

Mikrokontroler ATmega 328 memiliki arsitektur Harvard, yaitu memisahkan memori untuk kode program dan memori untuk data sehingga dapat memaksimalkan kerja dan *parallelism*. Instruksi – instruksi dalam memori program dieksekusi dalam satu alur tunggal, dimana pada saat satu instruksi dikerjakan instruksi berikutnya sudah diambil dari memori program. Konsep inilah yang memungkinkan instruksi-instruksi dapat dieksekusi dalam setiap satu siklus clock. 32 x 8-bit register serba guna digunakan untuk mendukung operasi pada ALU (*Arithmetic Logic unit*) yang dapat dilakukan dalam satu siklus. 6 dari register serbaguna ini dapat digunakan sebagai 3 buah register pointer 16-bit pada mode pengalamatan tidak langsung untuk mengambil data pada ruang memori data.

Ketiga register pointer 16-bit ini disebut dengan register X (gabungan R26 dan R27), register Y (gabungan R28 dan R29), dan register Z (gabungan R30 dan R31). Hampir semua instruksi AVR memiliki format 16-bit. Setiap alamat memori program terdiri dari instruksi 16-bit atau 32-bit. Selain register serba guna di atas, terdapat register lain yang terpetakan dengan teknik *memory mapped I/O* selebar 64 byte. Beberapa register ini digunakan untuk fungsi khusus antara lain sebagai register control Timer/ Counter, Interupsi, ADC, USART, SPI, EEPROM, dan fungsi I/O lainnya. Register – register ini menempati memori pada alamat 0x20h – 0x5Fh.

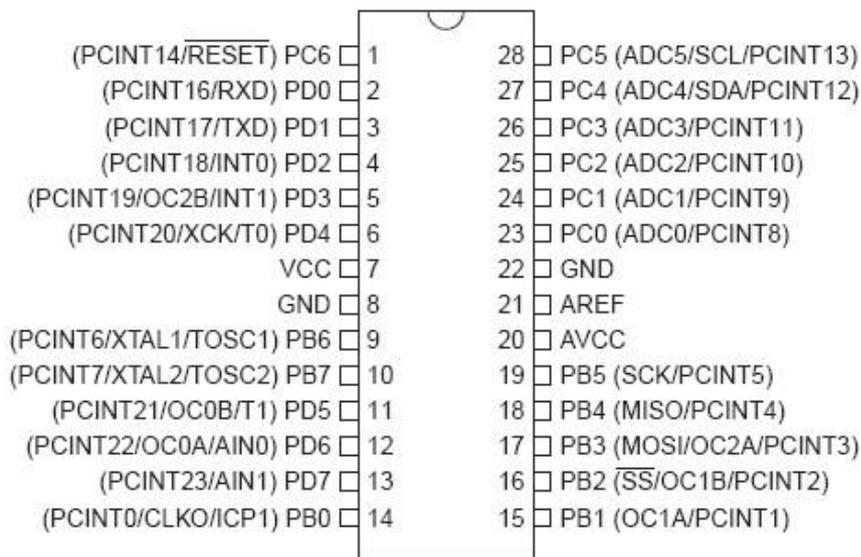
Berikut ini adalah tampilan arsitektur ATmega 328:



**Gambar 2.12** Arsitektur ATmega328

(Sumber: <http://eprints.uny.ac.id/10162/1/ARTIKEL.pdf>)

ATMega 328 memiliki 3 buah PORT utama yaitu PORTB, PORTC, dan PORTD dengan total pin *input/output* sebanyak 23 pin. PORT tersebut dapat difungsikan sebagai *input/output* digital atau difungsikan sebagai peripheral lainnya.



**Gambar 2.13** Konfigurasi ATmega 328

(Sumber: <https://www.sparkfun.com/tutorials/93>)

#### 2.4.3.1 Port B

Port B merupakan jalur data 8 bit yang dapat difungsikan sebagai input/output. Selain itu PORTB juga dapat memiliki fungsi alternatif seperti di bawah ini.

- ICP1 (PB0), berfungsi sebagai *Timer Counter 1 input capture* pin.
- OC1A (PB1), OC1B (PB2) dan OC2 (PB3) dapat difungsikan sebagai keluaran PWM (*Pulse Width Modulation*).
- MOSI (PB3), MISO (PB4), SCK (PB5), SS (PB2) merupakan jalur komunikasi SPI.
- Selain itu pin ini juga berfungsi sebagai jalur pemrograman serial (ISP).
- TOSC1 (PB6) dan TOSC2 (PB7) dapat difungsikan sebagai sumber *clock* external untuk *timer*.
- XTAL1 (PB6) dan XTAL2 (PB7) merupakan sumber *clock* utama mikrokontroler.

#### 2.4.3.2 Port C

Port C merupakan jalur data 7 bit yang dapat difungsikan sebagai *input/output* digital. Fungsi alternatif PORTC antara lain sebagai berikut.

- ADC6 *channel* (PC0, PC1, PC2, PC3, PC4, PC5) dengan resolusi sebesar 10 bit. ADC dapat kita gunakan untuk mengubah input yang berupa tegangan analog menjadi data digital
- I<sup>2</sup>C (SDA dan SDL) merupakan salah satu fitur yang terdapat pada PORTC. I<sup>2</sup>C digunakan untuk komunikasi dengan sensor atau *device* lain yang memiliki komunikasi data tipe I<sup>2</sup>C seperti sensor kompas, *accelerometer nunchuck*.

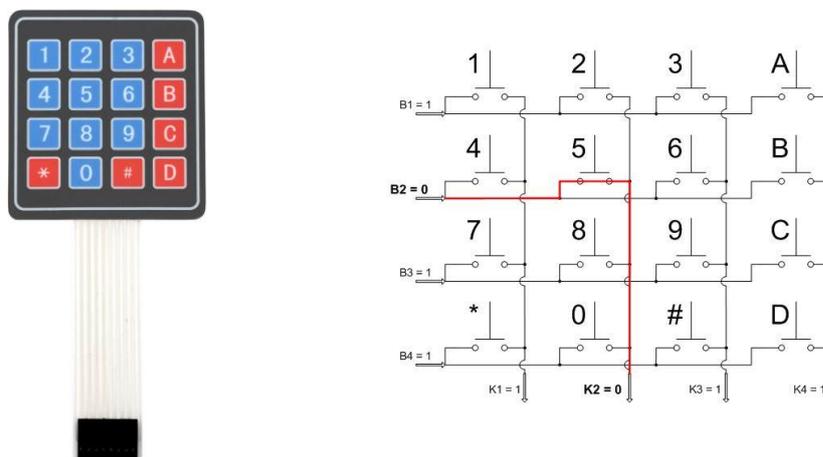
#### 2.4.3.3 Port D

Port D merupakan jalur data 8 bit yang masing-masing pin-nya juga dapat difungsikan sebagai *input/output*. Sama seperti *Port B* dan *Port C*, *Port D* juga memiliki fungsi alternatif dibawah ini.

- USART (TXD dan RXD) merupakan jalur data komunikasi serial dengan level sinyal TTL. Pin TXD berfungsi untuk mengirimkan data serial, sedangkan RXD kebalikannya yaitu sebagai pin yang berfungsi untuk menerima data serial.
- *Interrupt* (INT0 dan INT1) merupakan pin dengan fungsi khusus sebagai interupsi *hardware*. Interupsi biasanya digunakan sebagai selaan dari program, misalkan pada saat program berjalan kemudian terjadi interupsi *hardware/software* maka program utama akan berhenti dan akan menjalankan program interupsi.
- XCK dapat difungsikan sebagai sumber *clock external* untuk USART, namun kita juga dapat memanfaatkan *clock* dari CPU, sehingga tidak perlu membutuhkan *external clock*.
- T0 dan T1 berfungsi sebagai masukan *counter external* untuk *timer* 1 dan *timer* 0.
- AIN0 dan AIN1 keduanya merupakan masukan *input* untuk *analog comparator*.

## 2.5 Keypad

*Keypad* adalah bagian penting dari suatu perangkat elektronika yang membutuhkan interaksi manusia. *Keypad* berfungsi sebagai *interface* antara perangkat (mesin) elektronik dengan manusia atau dikenal dengan istilah *Human Machine Interface (HMI)*. *Matrix membrane keypad 4×4* merupakan salah satu contoh *keypad* yang dapat digunakan untuk berkomunikasi antara manusia dengan mikrokontroler. *Keypad 4×4* memiliki konstruksi atau susunan yang simple dan hemat dalam penggunaan port mikrokontroler. Konfigurasi keypad dengan susunan bentuk matrix ini bertujuan untuk penghematan port mikrokontroler karena jumlah key (tombol) yang dibutuhkan banyak pada suatu sistem dengan mikrokontroler.



**Gambar 2.14** Gambar dan Skema *Matrix Membrane Keypad 4x4*

(Sumber: <https://www.parallax.com/sites/default/files/downloads/27899-4x4-Matrix-Membrane-Keypad-v1.2.pdf>)

Rangkaian matrix keypad diatas terdiri dari 16 saklar push buton dengan konfigurasi 4 baris dan 4 kolom. 8 line yang terdiri dari 4 baris dan 4 kolom tersebut dihubungkan dengan port mikrokontroler 8 bit. Sisi baris dari matrix keypad ditandai dengan nama B1, B2, B3 dan B4 kemudian sisi kolom ditandai dengan nama K1, K2, K3 dan K4. Sisi input atau output dari matrix keypad 4×4 ini tidak mengikat, dapat dikonfigurasi kolom sebagai input dan baris sebagai output atau sebaliknya tergantung program.

## 2.6 *Liquid Crystal Display (LCD)*

*Liquid Crystal Display (LCD)* adalah komponen yang dapat menampilkan tulisan. Salah satu jenisnya memiliki dua baris dengan setiap baris terdiri atas enam belas karakter. LCD seperti itu biasa disebut dengan LCD 16x2 seperti yang ditunjukkan pada gambar 2.11.



**Gambar 2.15** *Liquid Crystal Display (LCD)*

(Sumber: <http://www.instructables.com/id/Connecting-16x2-LCD-with-Raspberry-Pi/>)

LCD ini memiliki 16 pin dengan fungsi pin masing-masing diperlihatkan pada tabel 2.5

**Tabel 2.2 Pin-pin LCD**

| No. Pin | Nama Pin | I/O   | Keterangan   |
|---------|----------|-------|--|
| 1       | VSS      | Power | Catu daya, <i>ground</i> (0V)  |
| 2       | VDD      | Power | Catu daya positif (+5V)  |
| 3       | V0       | Power | Pengatur kontras.  |
| 4       | RS       | Input | <i>Register Select</i><br>– RS= <i>HIGH</i> : untuk mengirim data<br>– RS= <i>LOW</i> : untuk mengirim instruksi |
| 5       | R/W      | Input | <i>Read/Write Control Bus</i><br>– R/W= <i>HIGH</i> : Mode untuk membaca data di LCD                             |

|    |     |       |   |
|----|-----|-------|---|
|    |     |       | – R/W= <i>LOW</i> : Mode penulisan ke LCD   |
| 6  | E   | Input | Data <i>Enable</i> , untuk mengontrol ke LCD. Ketika bernilai <i>LOW</i> , LCD tidak dapat diakses. |
| 7  | DB0 | I/O   | Data  |
| 8  | DB1 | I/O   | Data  |
| 9  | DB2 | I/O   | Data  |
| 10 | DB3 | I/O   | Data  |
| 11 | DB4 | I/O   | Data  |
| 12 | DB5 | I/O   | Data  |
| 13 | DB6 | I/O   | Data  |
| 14 | DB7 | I/O   | Data  |
| 15 | BLA | Power | Catu daya layar, positif  |
| 16 | BLK | Power | Catu daya layar, negatif  |