

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Pengertian Tekanan

Tekanan (*pressure*) adalah gaya yang bekerja persatuan luas, maka tekan didefinisikan sebagai besarnya gaya untuk tiap satuan luas. Dengan demikian satuan tekanan identik dengan satuan tegangan (*stress*). Dalam konsep ini tekanan didefinisikan sebagai gaya yang diberikan oleh fluida pada tempat yang mewadahnya.

Tekanan mutlak (*absolute pressure*) adalah nilai mutlak tekanan yang bekerja pada wadah tersebut atau gaya yang bekerja pada satuan luas, tekanan ini dinyatakan dan diukur terhadap tekanan nol atau suatu tekanan yang ada diatas nol *absolute* atau jumlah dari tekanan atmosfer dengan tekanan relatif. Apabila tekanan relatif adalah negatif, maka tekanan absolut adalah tekanan atmosfer dikurangi tekanan relatif.

Tekanan relatif atau tekanan terukur adalah tekanan yang diukur berdasarkan tekanan atmosfer (di atas atau bawah tekanan atmosfer). Jadi tekanan relatif adalah selisih antara tekanan *absolute* dengan tekanan atmosfer (1 atmosfer = 760 mmHg = 14.7 psia). Tekanan ini bisa lebih besar atau lebih kecil dari tekanan atmosfer. Tekanan relatif dari zat cair yang berhubungan dengan udara luar (atmosfir) bertekanan “nol” sehingga tekanan relatif adalah positif bila lebih besar dari tekanan atmosfer dan negatif apabila lebih kecil. Tekanan relatif biasa disebut *relative pressure/gage pressure*.

Vacum pressure (tekanan hampa) adalah tekanan yang lebih rendah dari tekanan atmosfer. *Differential pressure* (tekanan *differential*) adalah tekanan yang diukur terhadap tekanan yang lain. Tekanan atmosfer standar adalah tekanan dititik dimanapun diatmosfer bumi, tekanan ini disebabkan oleh berat udara. Tekanan atmosfer lokal adalah tekanan yg diukur pada tempat tertentu, tergantung tinggi dan keadaan tempat.

Oleh karena itu satuan yang dipakai untuk tekanan merupakan hasil bagi antara satuan gaya dan satuan luas, misalnya kg/cm², lb/inch² yang biasanya disingkat psi (pound/square inch) dan lain – lain.

Beberapa satuan tekanan yang umum dipakai :

$$1 \text{ atm (atmosfir)} = 14,696 \text{ psi} = 1,01325 \times 10^5 \text{ (Pa)} = 760 \text{ mmHg}$$

$$1 \text{ Pa (paskal)} = 1 \text{ (N/m}^2\text{)}$$

$$1 \text{ Torr} = 1 \text{ mmHg}$$

$$1 \text{ Bar} = 10^5 \text{ Pa}$$

2.2. Jenis Alat Ukur Tekanan

Beberapa jenis pengukuran tekanan untuk udara ter yang sering digunakan di dalam industri proses dapat dikelompokkan sebagai berikut :

- a. Manometer kolom cairan (U tube)
- b. Bourdon Tube
- c. Diaphragm Pressure Gage
- d. Belows
- e. McLeod Gages
- f. Barometer
- g. Sensor Tekanan Semikonduktor

Pemilihan alat ukur dalam pengukuran pressure, penekanan lebih sedikit pada karakteristik fluida, dan lebih banyak pada pertimbangan akurasi, range pengukuran dan pemilihan material.

2.2.1. Manometer

Manometer adalah suatu alat pengukur tekanan yang menggunakan kolom cairan untuk mengukur perbedaan tekanan antara suatu titik tertentu dengan tekanan atmosfer (tekananterukur) , atau perbedaan tekanan antara dua titik. Ada tiga tipe utama manometer yaitu:

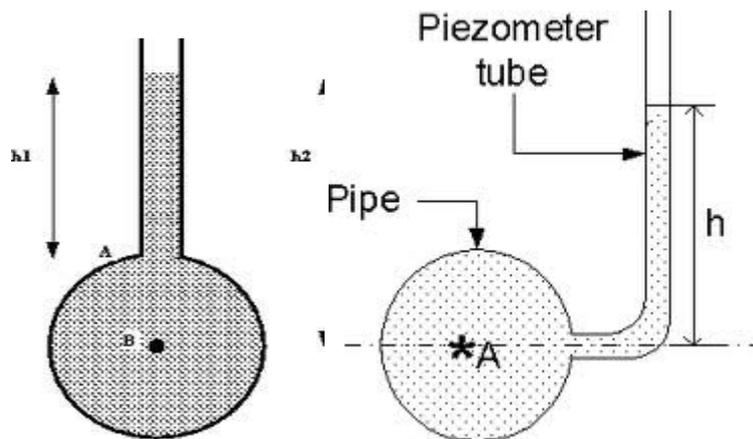
Manometer satu sisi kolom yang mempunyai tempat cairan besar dari tabung U dan mempunyai skala disisi kolom sempit. Kolom ini dapat menjelaskan perpindahan cairan lebih jelas. Kolom cairan manometer dapat digunakan untuk mengukur perbedaan yang kecil diantara tekanan tinggi.

Jenis membran fleksibel, jenis ini menggunakan defleksi (tolakan) membran fleksibel yang menutup volum dengan tekanan tertentu. Besarnya defleksi dari membran sesuai dengan tekanan spesifik. Ada tabel keterangan untuk menentukan tekanan perbedaan defleksi.

Jenis Pipa koil, Sepertiga bagian dari manometer ini menggunakan pipa koil yang akan mengembang dengan kenaikan tekanan. Hal ini disebabkan perputaran dari sisi lengan yang disambung ke pipa

Ada tiga jenis manometer yang paling sederhana adalah piezometer, kemudian manometer pipa U, dan yang lebih rumit adalah manometer deferensial.

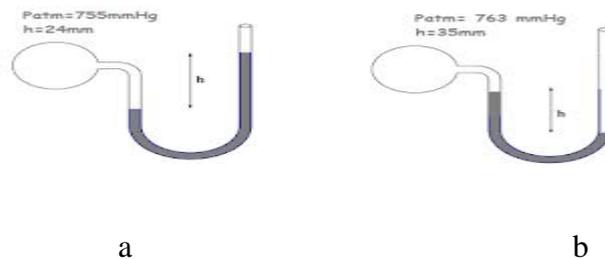
Piezometer adalah tabung vertical yang dipasang pada tempat yang mau diukur, piezometer merupakan manometer paling sederhana. Piezometer tidak bisa digunakan untuk mengukur tekanan dibawah tekanan atmosfer.



Gambar2.1 Manometer Piezometer

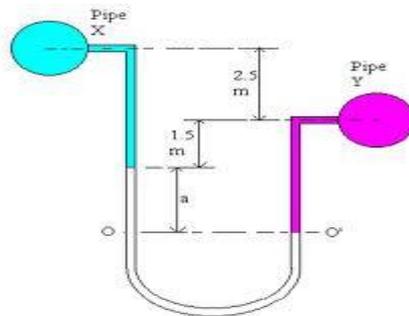
(<http://pdf.gif-ettlingen.eu/englisch/Kap.%2005.1.pdf>)

Manometer pipa U adalah adalah tabung vertical yang dipasang pada tempat yang mau diukur, manometer pipa U bisa digunakan untuk mengukur tekanan dibawah tekanan atmosfer.



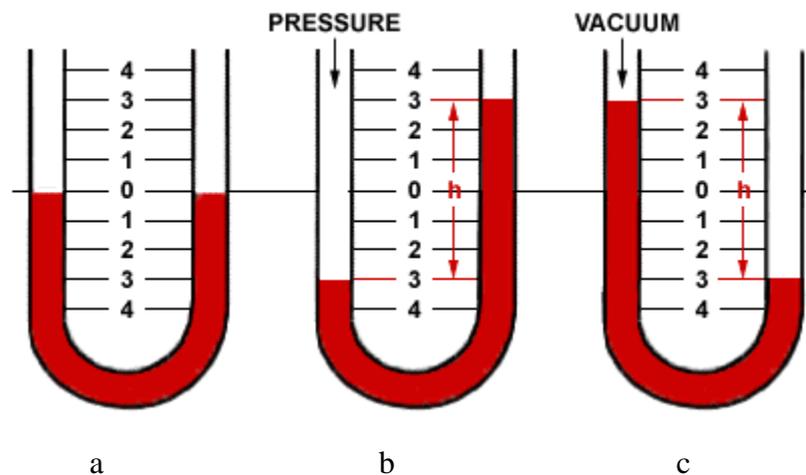
Gambar 2.2 Manometer pipa U (Prinadi,2007)

Manometer deferensial adalah menentukan perbedaan tekanan antara dua titik X dan Y bila tekanan yang sebenarnya dititik yang manapun dalam system tidak ditentukan, digunakan untuk mengukur beda tekanan



Gambar 2.3 Manometer Deferensial (Streeter, 1996)

Prinsip kerja manometer adalah sebagai berikut:



Gambar 2.4 Ilustrasi Skema Manometer Kolom Cairan(Fraden, 1996)

Gambar 2.4 a. Merupakan gambaran sederhana manometer tabung U yang diisi cairan setengahnya, dengan kedua ujung tabung terbuka berisi cairan sama tinggi.

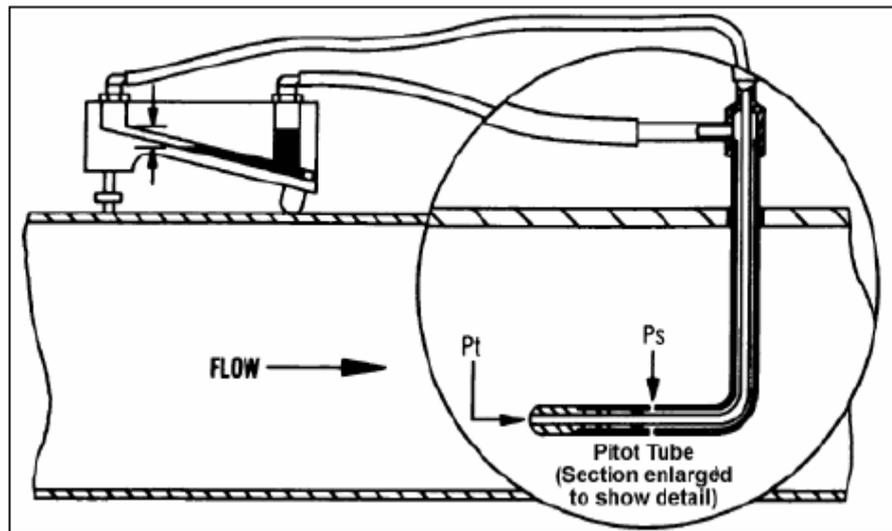
Gambar 2.4 b. Bila tekanan positif diterapkan pada salah satu sisi kaki tabung, cairan ditekan kebawah pada kaki tabung tersebut dan naik pada sisi tabung yang lainnya. Perbedaan pada ketinggian , “h”, merupakan penjumlahan hasil pembacaan diatas dan dibawah angka nol yang menunjukkan adanya tekanan.

Gambar 2.4 c. Bila keadaan vakum diterapkan pada satu sisi kaki tabung, cairan akan meningkat pada sisi tersebut dan cairan akan turun pada sisi lainnya.

Perbedaan ketinggian “h” merupakan hasil penjumlahan pembacaan diatas dan dibawah nol yang menunjukkan jumlah tekanan vakum.

Selama pelaksanaan audit energi, manometer digunakan untuk menentukan perbedaan tekanandiantara dua titik disaluran pembuangan gas atau udara. Perbedaan tekanan kemudian digunakan untuk menghitung kecepatan aliran di saluran dengan menggunakan persamaan Bernoulli(Perbedaan tekanan = $v^2/2g$). Rincian lebih lanjut penggunaan manometer diberikan pada bagiantentang bagaimana mengoperasikan manometer. Manometer harus sesuai untuk aliran cairan.Kecepatan aliran cairan diberikan oleh perbedaan tekanan = $f LV^2/2gD$ dimana f adalah faktorgesekan dari bahan pipa, L adalah jarak antara dua titik berlawanan dimana perbedaan tekanandiambil, D adalah diameter pipa dan g adalah kontanta gravitasi.

Tidak mudah untuk menjelaskan pengoperasian manometer dengansatu cara, sebab terdapat banyak macam manometer yang membutuhkan cara penanganan yang berbeda.Tetapi, beberapa tahapan operasinya sama. Selama audit energi, kecepatan aliran udara disaluran dapat diukur dengan menggunakan tabung pitot dan aliran dihitung dengan menggunakan manometer. Sebuah lubang pengambil contoh dibuat disaluran (tabung pembawa gas buang) dantabung pitot dimasukkan kedalam saluran. Kedua ujung tabung pitot terbuka disambungkan kedua manometer yang terbuka. Perbedaan tingkat pada manometer menghasilkan total kecepatantekanan. Sebagai contoh, dalam kasus manometer digital pembacaan ditampilkan dalam mm dari kolom air.



Gambar 2.5 Pengukuran Menggunakan Tabung Pitot dan Manometer

(<https://www.apritos.com/4939/prinsip-dasar-teori-pengukuran-tekanan-pada-instrument-pesawat-udara/>)

Manometer tidak dapat digunakan pada tekanan yang sangat tinggi. Pada kasus tekanan tinggi, digunakan inclined tube manometer. Periksa panduan manual operasi dari peralatan pemantauan untuk instruksi yang lebih rinci untuk keselamatan dan pencegahan sebelum menggunakan peralatan.

Manometer memiliki beberapa kelebihan diantara lain sebagai berikut:

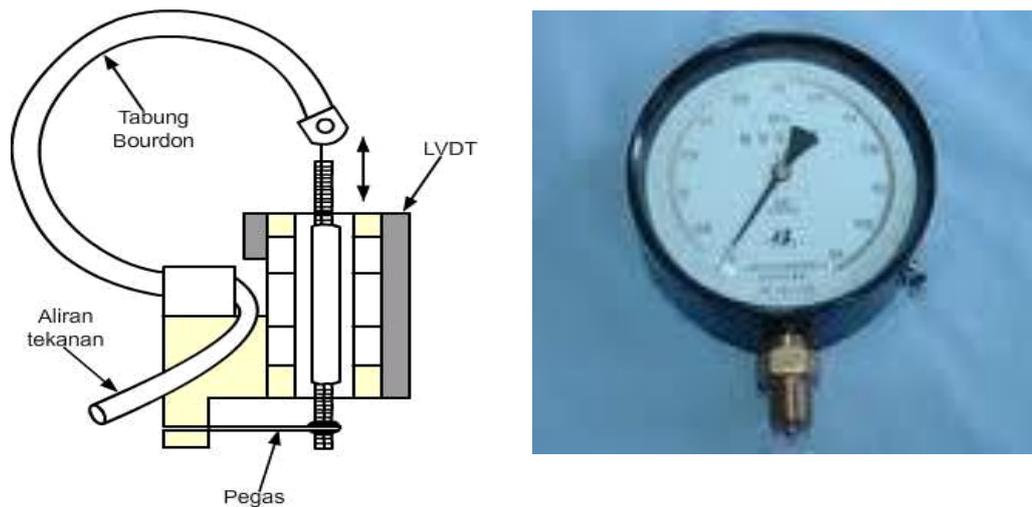
- A. Biaya pengadaan awal : rendah
- B. Sederhana dan handal
- C. Accuracy dan sensitivity : tinggi.
- D. Sesuai untuk aplikasi low pressure dan low differential pressure.

Manometer memiliki beberapa kekurangan diantara lain sebagai berikut

- A. Dynamic response rate rendah
- B. Tidak bisa digunakan di dalam lingkungan tanpa bobot.
- D. Tidak ada proteksi over range.
- E. Cairan dalam tabung U harus tidak saling bercampur dengan cairan yang diukur (gas atau cairan).
- F. Dapat terjadi kontaminasi antara air raksa dengan uap air, terutama pada pengukuran tekanan rendah.

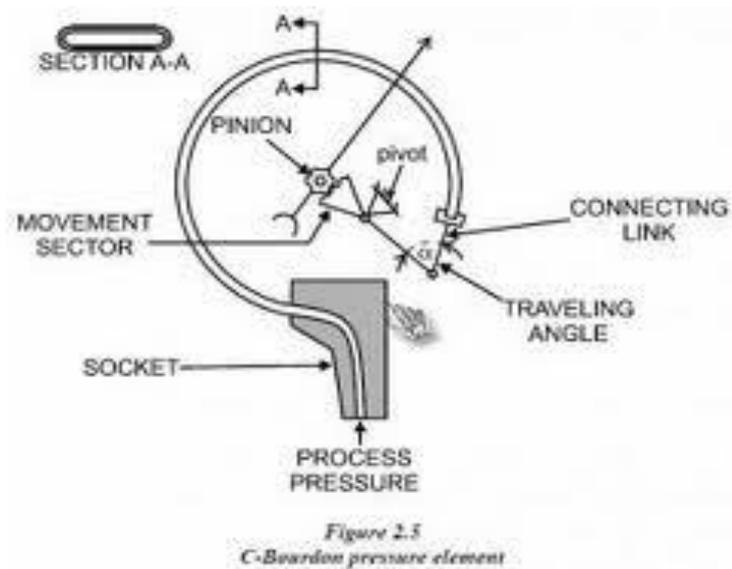
2.2.2 Bourdon Tube

Bourdon Tube adalah alat ukur tekanan nonliquid. Alat ukur ini secara luas digunakan didalam industri proses untuk mengukur tekanan statis pada beberapa aplikasi. Bentuk dari bourdon tube terdiri dari element (C-type, helical dan spiral) dan dihubungkan secara mekanikal dengan jarum indicator.



Gambar 2.6 Bourdon Tube (Fraden, 1996)

Prinsip kerja Bourdon Tube yaitu tekanan dipandu ke dalam tabung, perbedaan tekanan di dalam dan di luar tabung bourdon akan menyebabkan perubahan bentuk penampangnya. Perubahan bentuk penampang akan diikuti perubahan bentuk arah panjang tabung, dimana perubahan panjang tabung akan dikonversikan menjadi gerakan jarum penunjuk pada skala. Analisa teoritis tentang perubahan bentuk tabung bourdon sebagai fungsi perbedaan tekanan di luar dan di dalam tabung bourdon jarang dilakukan. Perubahan bentuk tabung bourdon diperoleh dari data eksperimental.

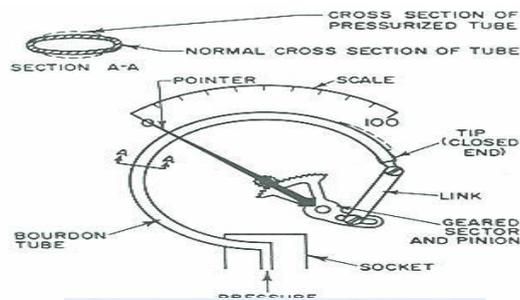


Gambar 2.7 Tabung bordon secara sederhana (Fraden, 1996)

Tipe tabung bourdon yaitu C-type, Spiral dan Helical. Perbedaan masing-masing tipe terletak pada harga tekanan yang ingin diukur.

A. C-type Bourdon Tube

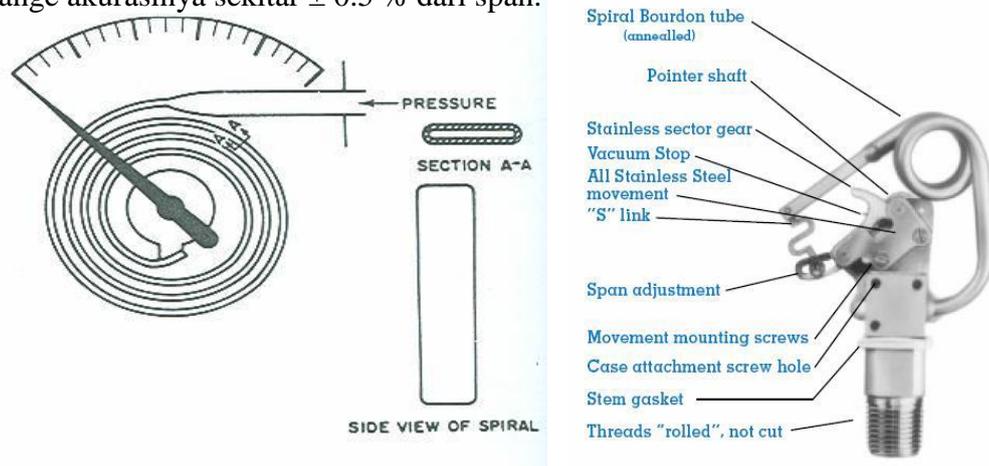
Digunakan untuk range 15 ~ 100.000 psi dengan range akurasi ($\pm 0.1 \sim \pm 5$) % span.



Gambar 2.8 Bourdon Tube (C-type) (Fraden, 1996)

B. Spiral Bourdon Tube

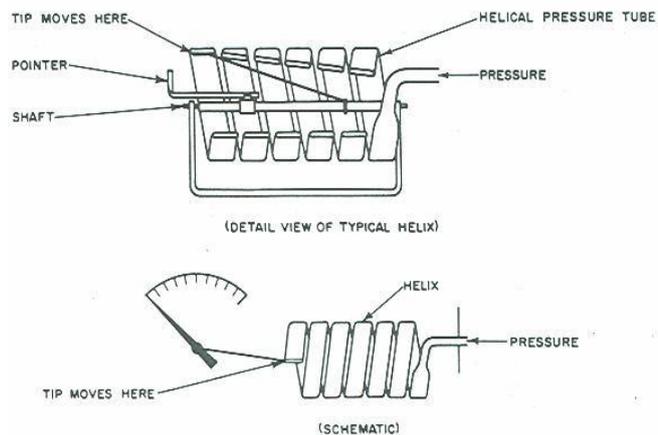
Digunakan secara umum pada range tekanan menengah (medium pressure), tetapi untuk tugas berat juga tersedia dalam range hingga 100.000 psig. Range akurasiya sekitar $\pm 0.5\%$ dari span.



Gambar 2.9 Bourdon Tube (Spiral) (Carr, 1993)

C. Helical Bourdon Tube

Digunakan pada range dari 100 ~ 80.000 psig dengan akurasi sekitar $\pm \frac{1}{2} \sim \pm 1\%$ dari span.





Gambar 2.10 Bourdon Tube (Helical) (Carr, 1993)

Bahan Pembuatan Tabung Bordon yaitu:

A. Perunggu (*bronze*)

Untuk tekanan sampai 600 psi bahan tabung terbuat dari perunggu (bronze)

B. Berilyum-tembaga

Untuk tekanan sampai dengan 10.000 psi terbuat dari paduan berilyum-tembaga

C. Baja tak berkarat (*stainlesssteel*)

Untuk tekanan 10.000 psi atau lebih digunakan baja tak berkarat (*stainlesssteel*) maupun paduannya.

Bourdon Tube memiliki beberapa kelebihan diantara lain sebagai berikut:

A. Biaya pengadaan rendah

B. Konstruksi sederhana

C. Dapat dikalibrasi dengan mudah (menggunakan mercury barometer).

D. Tersedia range yang bervariasi, termasuk range yang sangat tinggi.

Bourdon Tube memiliki beberapa kekurangan diantara lain sebagai berikut:

- A. Peka terhadap guncangan dan getaran
- B. Mempunyai sifat histerisis
- C. Akurasi : sedang (tidak cukup baik untuk beberapa aplikasi).

2.2.3 Diaphragm Pressure Gauge

Diaphragm pressure gauge adalah alat ukur tekanan untuk mengukur perbedaan suatu tekanan yang tidak diketahui dengan suatu tekanan acuan. Diafragma pada dasarnya adalah lembaran datar dan tipis yang terbuat dari logam.

Diafragma datar (*flat diaphragm*) mendefleksi sesuai dengan hukum pada umumnya yang dapat diaplikasikan ke lembaran datar untuk kondisi muatan simetris. Bentuk dasar dari diafragma datar adalah sebuah jaringan datar yang dijepit pada bagian pinggirnya.

Diafragma bergelombang (*corrugated diaphragm*) terdiri dari gelombang atau lekuk bundar. Bentuk ini bertujuan untuk meningkatkan kekerasan serta daerah efektif daripada diafragma, dengan demikian memberikan defleksi yang lebih besar daripada diafragma datar. Bentuk yang bergelombang menyebabkan sensitivitas yang lebih besar daripada diafragma datar.

Selain kedua macam diafragma diatas ada juga diafragma tunggal (*Single diaphragm*), terdapat juga diafragma ganda (*double diaphragm*) yang biasa disebut kapsul. Sensitivitas kapsul lebih besar dibandingkan dengan diafragma tunggal. Bahan – bahan yang biasa dipakai untuk untuk diafragma adalah alloy metal elastis.

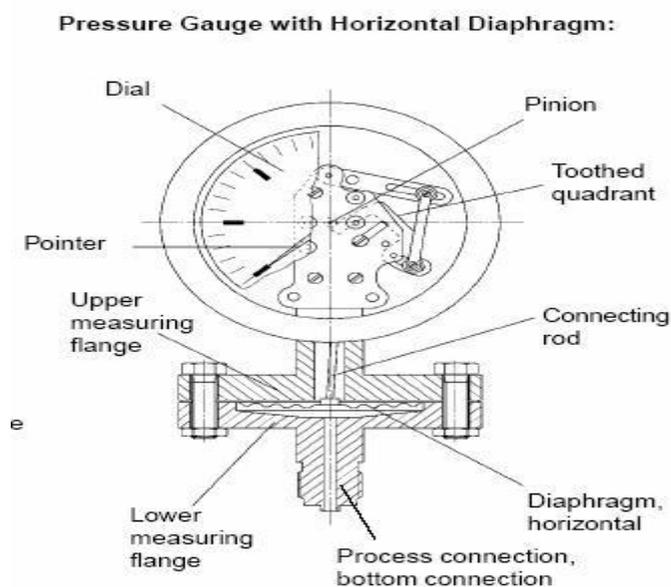
Diaphragm Pressure Gage menggunakan prinsip perubahan bentuk yang elastis (*elastic deformation*) dari suatu diaphragm (membrane). Bentuk dari diaphragm pressure gage terdiri dari kapsul (*capsule*) yang dibagi oleh suatu sekat rongga (*diaphragm*), seperti ditunjukkan pada gambar di bawah. Satu sisi diaphragm terbuka bagi tekanan target (*eksternal*) P_{Ext} , dan sisi yang lain dihubungkan dengan tekanan diketahui (*reference pressure*), P_{Ref} . Beda tekanan, $P_{Ext} - P_{Ref}$, secara mekanik membelokkan diaphragm.

Diafragma ini akan mengalami defleksi sesuai dengan perbedaan tekanan tersebut. Pada diafragma dipasang pengukur regangan tahanan untuk mengetahui deformasi, keluaran dari pengukur ini merupakan fungsi tegangan setempat, yang tentunya sangat berhubungan dengan defleksi diafragma dan beda tekanan tersebut. Defleksi pada umumnya linier dengan ΔP jika defleksi tersebut kurang dari $1/3$ tebal diafragma.

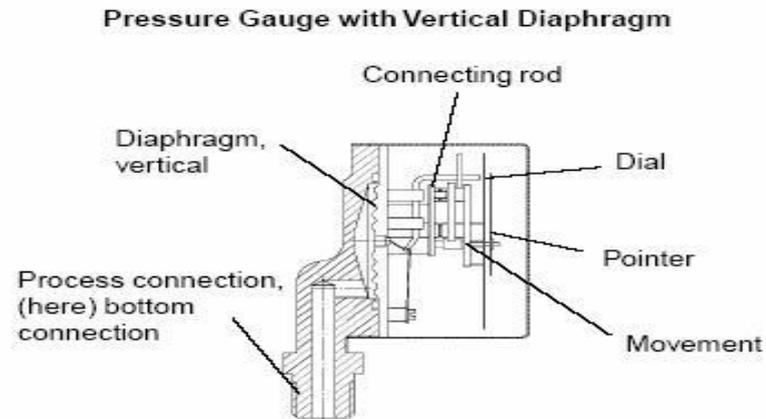
Untuk memudahkan respon linier dalam jangkauan defleksi yang lebih luas dan mengatasi kendala sepertiga tebal diafragma dapat dibuat dengan bentuk bergelombang.

Range normal untuk diaphragm elemen mulai dari vacuum hingga 200 psig, dengan akurasi ($\pm 1/2 \sim \pm 1/4$) % full span. Gambar berikut memperlihatkan berbagai bentuk disain dari diaphragm yaitu single capsul dan multiple capsul.

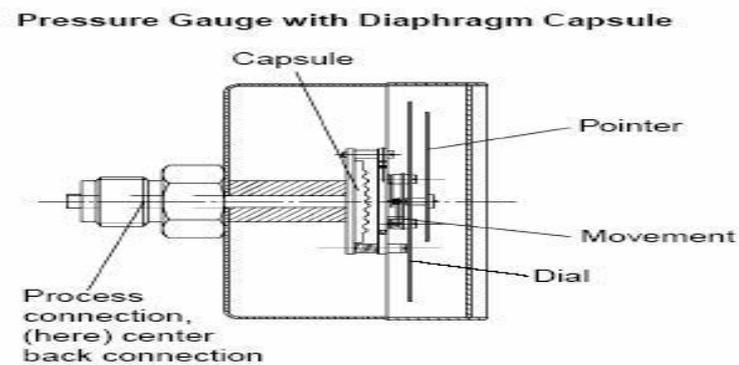
Bahan – bahan yang biasa dipakai untuk untuk diafragma adalah alloy metal elastis seperti kuningan, perunggu, phosphor, tembaga beryllium, stainless steel. Selain diafragma logam terdapat juga bukan logam yang biasa terbuat dari kulit sutra, teflon dan neoprene.



Gambar 2.11. Pressure Gauge With Horizontal Diaphragm(Carr, 1993)



Gambar 2.12 Pressure Gauge With Vertical Diaphragm(Carr, 1993)



Gambar 2.13 Pressure Gauge With Diaphragm Capsule(Carr, 1993)

Pressure Gauge memiliki beberapa kelebihan diantara lain sebagai berikut:

- A. Biaya pengadaan sedang
- B. Karakteristik “*overrange*” tinggi
- C. Linearitas baik
- D. Akurasi baik
- E. Dapat digunakan untuk pengukuran tekanan absolut, tekanan relative (*gage*) maupun tekanan differential.
- F. Tersedia dalam berbagai macam bahan (tahan terhadap korosi)

Pressure Gauge memiliki beberapa kekurangan diantara lain sebagai berikut:

A. Sangat peka terhadap getaran dan kejutan

B. Jika rusak sulit diperbaiki.

2.2.4. Bellows

Element bellows merupakan elemen elastis yang fleksibel pada arah aksial. Sebagian besar bellows element digunakan untuk pengukuran tekanan rendah (absolute atau relative) dan tekanan diferensial, beroperasi untuk tekanan vacuum sampai tekanan 0 – 400 psig. Kebanyakan aplikasi dalam range inch H_2O hingga 30 atau 40 psig, namun unit tersedia dalam range 0 – 2.000 psig.

Penggunaan yang terbesar untuk unit bellows adalah sebagai elemen penerima untuk pneumatic recorders, indicators dan controllers. Bellows juga secara luas digunakan sebagai unit diferensial pressure untuk pengukuran aliran (flow) serta recorder dan controller pneumatic yang dipasang di lapangan. Ketelitian bellows element adalah sekitar $\pm \frac{1}{2} \%$.

Pengukuran tekanan dengan bellows sangat populer digunakan di dalam industri proses, oleh karena mudah ditangani. Element bellows merupakan elemen elastis yang fleksibel pada arah aksial. Dengan element ini dapat diperoleh hubungan yang linear antara tekanan dan simpangan (perubahan volume).

Pada umumnya bellows dibuat dari bahan kuningan, fosfor-perunggu, berrilium-tembaga, monel, stainless steel, inconel dan bahan metal lainnya.

Pressure Gauge memiliki beberapa kelebihan diantara lain sebagai berikut:

A. Biaya pengadaan awal : rendah

B. Konstruksi kuat dan sederhana

C. Dapat digunakan untuk tekanan rendah dan menengah.

D. Dapat digunakan untuk mengukur tekanan absolut, tekanan relative (gauge) dan tekanan diferensial.

Pressure Gauge memiliki beberapa kekurangan diantara lain sebagai berikut:

A. Memerlukan kompensasi temperature

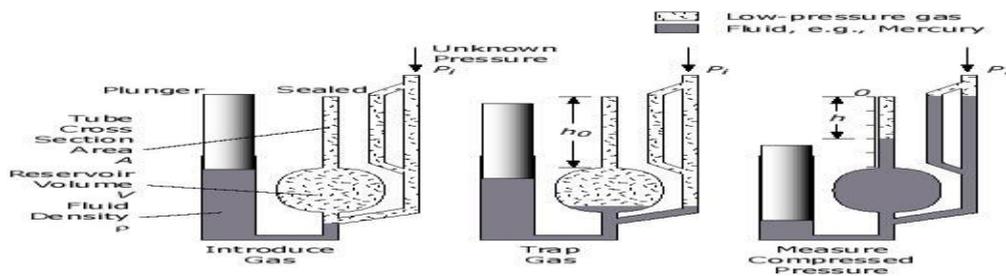
B. Tidak dapat digunakan untuk mengukur tekanan tinggi.

- C. Mempunyai histeresis dan drift yang besar.
- D. Tidak cocok untuk mengukur tekanan yang dinamis.

2.2.5. McLeod Gages

McLeod gage adalah alat ukur tekanan rendah (vakum) dimana tekanan dibawah 10^{-4} torr (10^{-4} mmHg, 1.33×10^{-2} Pa, 1.93×10^{-6} psi) yang bekerja berdasarkan tinggi kolom cairan. Disini dipakai metoda kompresi gas. Alat ukur ini sering digunakan sebagai kalibrator alat ukur tekanan vakum lainnya.

Alat ini mempunyai dua kaki, dimana pada kaki yang satu terdapat suatu volume yang ukurannya jauh lebih besar dari pada volume pipa. Ujung pipa pada kaki tersebut di atas tertutup. Alat ini mempunyai torak (piston), yang digunakan untuk mengatur tinggi cairan dalam pipa. Sebelum pengukuran dilakukan torak ditarik sehingga tinggi cairan berada di bawah lubang yang menghubungkan kedua pipa. tekanan vakum yang akan diukur dihubungkan pada pipa lainnya, sehingga tekanan vakum yang diukur mengisi semua pipa. Setelah pengisian terjadi, torak ditekan sehingga cairan memasuki semua pipa. Tekanan vakum yang berada pada kaki pertama akan terperangkap pada pipa yang tertutup. Torak terus ditekan sehingga tinggi cairan pada pipa kedua mencapai skala 0, yaitu sama dengan tinggi pipa tertutup. Tinggi cairan pada kaki pertama akan lebih rendah dari kaki kedua, karena tekanan vakum di kaki tersebut akan terkompresi menjadi lebih tinggi dari tekanan vakum yang diukur.

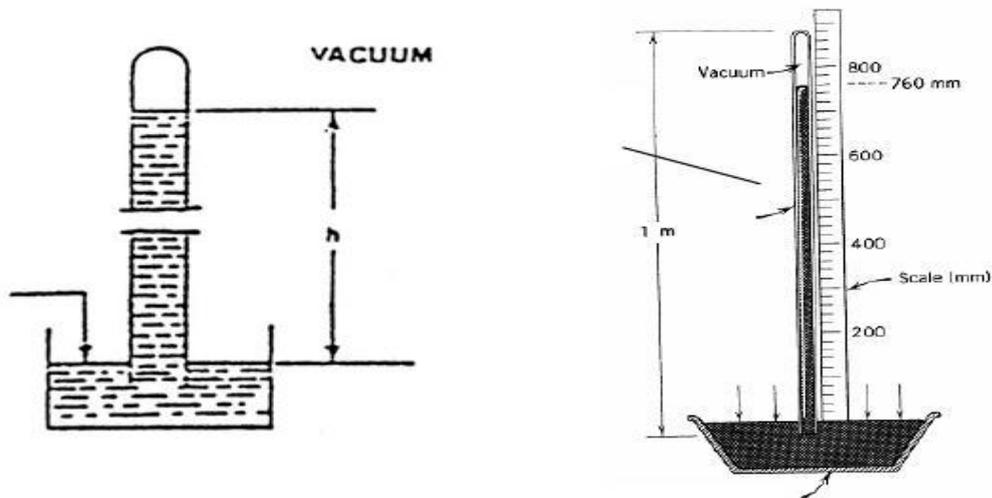


Gambar 2.14 McLeod Gages (McLeod, 1874)

2.2.6. Barometer

Barometer alat pengukur tekanan khusus dipakai untuk mengukur tekanan atmosfer. Suatu tabung gelas berisi cairan dan dicelupkan kedalam bak yang berisi cairan yang sama. Ujung atas tabung divakumkan dan kemudian ditutup. Cairan

yang biasa dipakai adalah air raksa. Air raksa didalam tabung akan turun, tetapi tidak terus sampai habis karena adanya tekanan atmosfer yang mengimbangi tekanan air raksa dalam tabung seperti terlihat pada gambar 2.15 Dengan mengukur tinggi air raksa “h” didalam tabung.

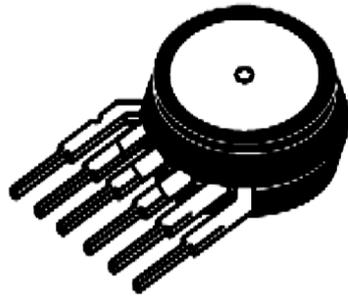


Gambar 2.15 Barometer Air Raksa (Burch, 2009)

2.2.7 Sensor Tekanan Semikonduktor

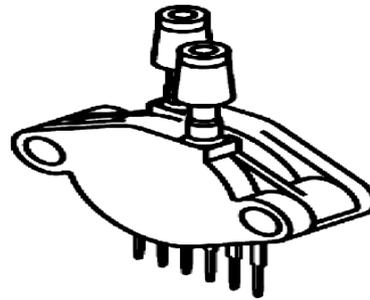
Sensor Tekanan Semikonduktor merupakan jenis sensor tekanan yang terbuat dari bahan semikonduktor. Salah satu contohnya adalah seri transducer piezoresistif MPX5500DP yang merupakan sensor tekanan silikon monolitik canggih yang dirancang untuk berbagai aplikasi, tetapi terutama yang menggunakan mikrokontroler atau mikroprosesor dengan input A / D. Transduser elemen tunggal yang dipatenkan ini menggabungkan teknik micromachining canggih, metalisasi film tipis, dan pemrosesan bipolar untuk memberikan sinyal output analog level tinggi yang akurat yang sebanding dengan tekanan yang diberikan.

MPX5500DP adalah sensor tekanan udara yang dapat mengukur tekanan antara 0 hingga 500 kPa dan memiliki tegangan keluaran analog 0,2 hingga 4,7 V. Sensor ini memiliki toleransi akurasi maksimal $\pm 2,5\%$. Tipe sensor ini adalah *differential* yaitu mengukur perbedaan tekanan udara dengan tegangan *output*



MPX5500D

CASE 867C-05



MPX5500DP

CASE 867-08

Gambar 2.16 Sensor tekanan MPX5500D dan
MPX5500DP (Tai Po, 2009)

Prinsip kerja dari sensor tekanan ini adalah mengubah tegangan mekanik menjadi listrik. Perubahan tegangan didasarkan pada prinsip bahwa tahanan pengantar berubah dengan panjang dan luas penampang. Daya yang diberikan pada kawat itu sendiri menyebabkan kawat menjadi bengkok. Sehingga menyebabkan ukuran kawat berubah dan mengubah tahanannya.

2.3 Arduino UNO

Arduino adalah mikrokontroler *single-board* yang bersifat *open-source* yang, digunakan untuk memberikan kemudahan penggunaan elektronik dalam berbagai bidang. Arduino ini memiliki *hardware prosesor* Atmel AVR dan *softwarentya* memiliki bahasa pemrograman sendiri. Mikrokontroler ini sangat populer di kalangan pelajar di seluruh dunia. Arduino sangat terkenal karena mudah dipelajari bagi para pemula yang baru belajar mengenal robotika dan elektronika. Tidak hanya pemula, para profesional pun ikut mengembangkan aplikasi - aplikasi elektronik menggunakan Arduino. Bahasa yang dipakai dalam Arduino bukan assembler yang relatif sulit, tetapi bahasa C yang disederhanakan dengan bantuan pustaka-pustaka (*libraries*) Arduino. Arduino juga menyederhanakan proses bekerja dengan mikrokontroler, sekaligus menawarkan berbagai macam kelebihan antara lain:

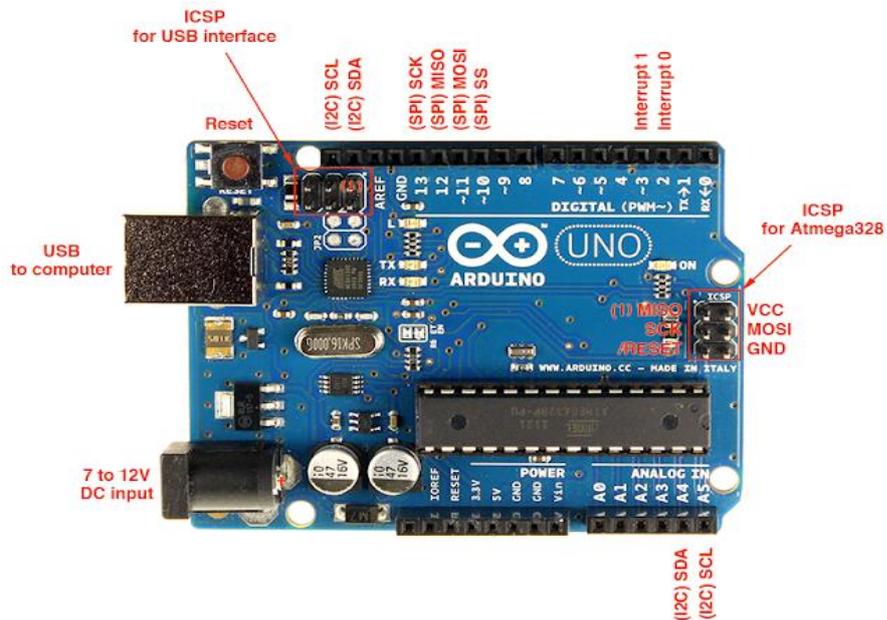
1. Murah – Papan (perangkat keras) Mikrokontroler ini dijual dengan harga relatif murah sekitar Rp 125.000
2. Sederhana dan mudah pemrogramannya – Karena bahasa yang dipakai bukanlah assembler yang relatif sulit, maka untuk para pemula arduino ini akan mudah dipelajari perangkat lunaknya *Open Source* karena *software* Arduino IDE dipublikasikan sebagai Open Source, maka Arduino tersedia bagi para pemrogram berpengalaman karena bahasanya bisa dikembangkan lebih lanjut melalui pustaka-pustaka C++ yang berbasis pada Bahasa C untuk AVR.
3. Perangkat kerasnya *Open Source* – Perangkat keras Arduino berbasis mikrokontroler ATMEGA8, ATMEGA168, ATMEGA328 dan ATMEGA1280 (yang terbaru ATMEGA2560). Dengan demikian siapa saja bisa membuatnya (dan kemudian bisa menjualnya) perangkat keras Arduino ini, apalagi bootloader tersedia langsung dari perangkat lunak Arduino IDE-nya. Bisa juga menggunakan breadboard untuk membuat perangkat Arduino beserta periferal-periferal lain yang dibutuhkan.

Arduino uno adalah Board Mikrokontroler yang memakai chip mikrokontroler ATmega328 yang relatif mudah digunakan sehingga banyak dipakai oleh kalangan pelajar sampai tingkat lanjut . Agar dapat dioperasikan , Board Arduino Uno di hubungkan ke komputer melalui kabel USB (dengan adaptor atau Power Supply 7-12 V DC). Arduino Uno dapat digunakan untuk berbagai pengaplikasian dari berbagai sensor .misalnya sensor jarak, suhu, cahaya, kecepatan udara , tekanan , kelembaban dan lain lain

Secara garis besar Arduino mempunyai 14 pin Digital yang dapat di set sebagai Input atau Output dan 6 pin input Analog.Disini penulis memilih Arduino UNO kerana harganya yang murah , memiliki connector USB dan mudah digunakan untuk kalangan pemula . Untuk lebih jelasnya untuk spesifikasi Arduino Uno bisa dilihat di bawah ini.

Tabel 2.1 Spesifikasi Arduino UNO (Lab Elektronika, 2017)

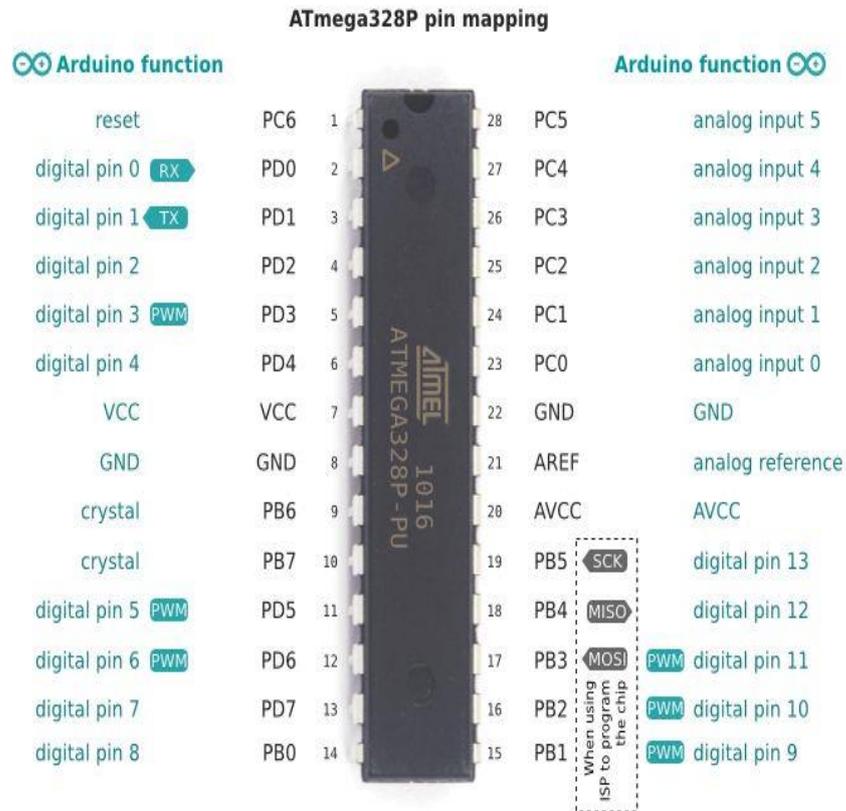
Mikrokontroler	ATmega328P (<i>DataSheet</i>)
Tegangan Pengoperasian	5V
Tegangan Input(Rekomendasi)	7-12V
Batas Tegangan Input	6-20V
Pin I/O Digital	14 (6 diantaranya dapat di gunakan sebagai output PWM)
Pin Digital PWM	6
Pin Input Analog	6
Arus DC Tiap Pin I/O	20 mA
Arus DC untuk pin 3.3V	50 mA
<i>Flash Memory</i>	32KB(ATmega328P) Sekitar 0.5 KB digunakan untuk bootloader
SRAM	2 KB (ATmega328P)
EEPROM	1 KB (ATmega328P)
<i>Clock Speed</i>	16 MHz
LED_BUILTIN	13
Panjang	68.6 mm



Gambar 2.17 Konfigurasi Pin Arduino UNO (Lab Elektronika, 2017)

Arduino uno mempunyai 14 Pin sebagai Input atau Output dan 6 pin Analog berlabel A0 sampai A5 sebagai ADC ,setiap Pin Analog memiliki resolusi sebesar 10 bit.Ada beberapa pin memiliki fungsi khusus :

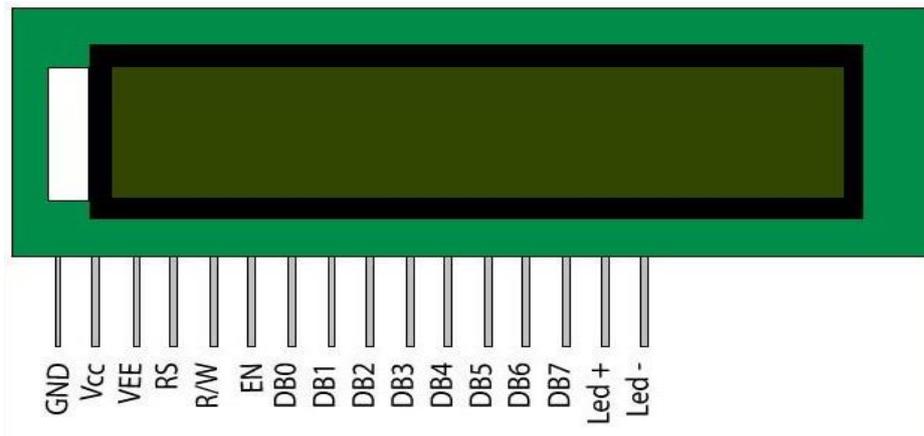
1. Serial : Pin 0 (RX) dan Pin 1 (TX) dapat di gunakan untuk Mengirim (Tx) dan Menerima (Rx) TTL data serial
2. *External Interrupts* : INT0 adalah Pin 2 dan INT1 adalah Pin 3
3. PWM : 3, 5, 6, 9, 10, and 11.menyediakan output PWM 8 bit
4. SPI : 10 (SS), 11 (MOSI), 12 (MISO), 13 (SCK).Pin ini mendukung komunikasi SPI menggunakan *SPI Library*
5. LED : 13. Buit-in LED terhubung dengan Pin Digital 13
6. I2C : A4 adalah pin SDA dan A5 adalah pin SCL. Komunikasi I2C menggunakan *Wire library*.



Gambar 2.18 Konfigurasi pin ATmega 328P (Lab Elektronika, 2017)

2.4 Liquid Crystal Display

LCD 16×2 adalah salah satu penampil yang sangat populer digunakan sebagai interface antara mikrokontroler dengan user nya. Dengan penampil LCD 16×2 ini user dapat melihat/memantau keadaan sensor ataupun keadaan jalanya program. Penampil LCD 16×2 ini bisa di hubungkan dengan mikrokontroler apa saja. Salah satunya dari keluarga AVR ATmega baik ATmega32,ATmega16 ataupun ATmega8535 dan ATmega 8.



Gambar 2.19 Spesifikasi Pin pada LCD (Aris Munandar, 2012)

Dari gambar di atas tersebut dapat dilihat bahwa LCD 16×2 mempunyai 16 pin. sedangkan pengkabelanya adalah sebagai berikut :

1. Kaki 1 dan 16 terhubung dengan Ground (GND)
2. Kaki 2 dan 15 terhubung dengan VCC (+5V)
3. Kaki 3 dari LCD 16×2 adalah pin yang digunakan untuk mengatur kontras kecerahan LCD. Jadi kita bisa memasang sebuah trimpot 10k untuk mengatur kecerahannya. Pemasangannya seperti terlihat pada rangkaian tersebut. Karena LCD akan berubah kecerahannya jika tegangan pada pin 3 ini di turunkan atau dinaikan.
4. Pin 4 (RS) dihubungkan dengan pin mikrokontroler
5. Pin 5 (RW) dihubungkan dengan GND
6. Pin 6 (E) dihubungkan dengan pin mikrokontroler
7. Sedangkan pin 11 hingga 14 dihubungkan dengan pin mikrokontroler sebagai jalur datanya.

Pin LCD	Pin Arduino
Pin 1 (GND)	GND
Pin 2 (VCC)	+5V
Pin 3 (VSS)	Potential 50K
Pin 4 (RS)	PORT 12
Pin 5 (R/W)	GND
Pin 6 (E)	PORT 11
Pin 7	-
Pin 8	-
Pin 9	-
Pin 10	-
Pin 11 (D4)	PORT 5
Pin 12 (D5)	PORT 4
Pin 13 (D6)	PORT 3
Pin 14 (D7)	PORT 2
Pin 15 (LED +)	+5V
Pin 16 (LED -)	GND

Gambar 2.20 Pin LCD – Pin Arduino (Aris Munandar, 2012)