

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Penelitian Terdahulu

Bakteri merupakan sekumpulan organisme yang tidak mempunyai membran inti sel dan ukurannya sangat kecil dari pada organisme yang lain, serta dia berperan penting untuk kegiatan yang ada di bumi. Banyak beberapa bakteri yang dapat berguna bagi kesehatan dan merugikan pada kesehatan sehingga bakteri tersebut membutuhkan suhu ruang agar dapat berkembang biak yaitu dengan cara inkubator bakteri. Pada DNA bakteri tidak memiliki intron dan hanya tersusun atas akson saja. Bakteri juga memiliki DNA *ekstrakromosomal* yang tergabung menjadi plasmid yang berbentuk kecil dan *sirkuler*. Banyak bakteri yang digunakan untuk membantu pekerjaan dalam dunia industri, pabrik maupun rumah sakit. Sehingga berdasarkan bakteri yang dapat dimanfaatkan bagi dunia kesehatan perlu membutuhkan suatu wadah untuk mengembangbiakan pada suhu tertentu yaitu dengan cara inkubasi bakteri dengan menggunakan suhu 36 -37 °C [7].

Bakteri sangatlah banyak di muka bumi sehingga kita dapat memilih bakteri yang dapat dimanfaatkan untuk kehidupan sehari-hari maupun dunia kesehatan. Bakteri dalam dunia kesehatan memiliki jenis-jenis tempat yang biasa membuat mereka dapat berkembang dengan suhu 30°C suhu kamar ataupun berbagai macam tempat lainnya. Seperti pada alam sekitar maupun buatan manusia. Akan tetapi ketika pada suhu alam dapat berubah menjadi dingin maupun panas sehingga akan mengakibatkan proses perkembangannya dapat terhambat. Terkadang bakteri juga hidup pada buah-buahan, sayur, maupun daging pada hewan [4] dan [8].

Telah dilakukan penelitian pada seorang ilmuwan bahwa daging sapi dapat menjadi media yang subur bagi pertumbuhan bakteri maupun jamur, sehingga penanganan pada daging harus mendapatkan perhatian yang benar. Komposisi kimia dan suhu pada daging sangatlah bermanfaat dalam proses kehidupan bakteri. Hal ini dapat menyebabkan daging tidak dapat bertahan lama pada suhu kamar, Mikroorganisme yang banyak pada daging sapi biasanya sangat berpengaruh

merusak karena tidak dapat stabil untuk pemberian suhu yang dibutuhkan dengan suhu 30 °C dapat berkurang maupun bertambahnya suhu pada daging sapi. Laju pertumbuhan bakteri sangatlah ditentukan oleh suhu lingkungan. Pada umumnya, bakteri dapat tumbuh pada suhu 10 - 40 °C dan bertumbuh optimal dengan suhu 37 °C. Secara umum dalam kehidupan sehari-hari diketahui 3 lingkungan suhu penyimpanan. Lingkungan tersebut adalah suhu kamar 20 – 35 °C, *Refrigator* 5 – 7 °C dan *freezer* 0 - 50 °C [8]. Sehubungan dengan media yang dapat membuat bakteri dapat bertumbuh dengan baik dirancangnya inkubasi bakteri yang telah menggunakan sistem pengontrol suhu yang saat ini populer sebagai pembantu pengoprasian suhu.

Sebuah alat yang telah dilakukan penelitian yang dapat juga sebagai media bertumbuhnya bakteri. Proses inkubasi yang menggunakan suhu 35– 120 °C, dapat membuat bakteri dapat berkembang ketika dalam keadaan suhu 35 °C. Pada saat proses inkubasi menggunakan *box* inkubator dengan adanya lubang yang berfungsi agar dapat mengeluarkan udara atau suhu ketika melebihi batas yang diinginkan. Inkubator tersebut menggunakan pemanas *keramik* sebagai suplai suhu ruangan yang dibutuhkan sehingga ketika ruangan dalam inkubator ingin mengurangi kapasitas udara maka udara tersebut dapat dibuang lewat lubang yang telah disediakan. Sensor yang dipakai sebagai pendeteksi suhu ruangan inkubasi memakai sensor *SHT11* yang dimana sensor tersebut akan bekerja ketika alat bekerja dan melakukan pemanasan. Sehingga pusat dalam proses pengoprasian inkubator yaitu menggunakan *Arduino Mega2560* [5]. Pada alat tersebut dapat dilihat bahwa proses pemberian suhu kurang stabil karena terdapat lubang yang ada pada inkubator sehingga membuat perubahan suhu di dalam ruang inkubasi.

Pada penelitian selanjutnya telah dibuat inkubator berbasis mikrokontroler *ATMega8535*. Prinsip kerja alat ini yaitu dengan memanfaatkan sensor *LM35* sebagai pengendali suhu yang digunakan untuk inkubasi bakteri dengan rentang suhu 37 °C dan *driver* pemanasnya menggunakan *relay*. *ATMega 8535* sebagai pengendali *sensor LM35* yang akan menampilkan pada LCD Karakter 2x16. Sehingga, dalam penelitian ini dapat diketahui bahwa pada saat inkubasi heater bekerja maka sensor suhu akan membaca kenaikan temperatur udara dalam ruang inkubasi dan memberikan informasi pada mikrokontroler [9], [6]. Pada saat alat

bekerja tanpa menggunakan sistem pengendali PID dapat menyebabkan proses pemanas tidak optimal karena belum adanya pengendali yang berfungsi untuk melengkapi nilai *error* jika terdeteksi suhu yang berkurang. Untuk melengkapi kekurangannya dapat diterapkanlah sistem ini sebagai pengendali suhu agar ketika suhu mengalami penurunan maka tanpa melalui *user* sistem tersebut akan memberitahukan mikrokontroler untuk memberikan perintah pada heater begitu pula sebaliknya ketika suhu berlebih[6].

## 2.2 Dasar Teori

### 2.2.1 Suhu

Tinggi rendahnya suatu suhu dapat mempengaruhi pertumbuhan mikroorganismenya. Bakteri dapat tumbuh dalam rentang suhu minus  $5^{\circ}\text{C}$  sampai  $80^{\circ}\text{C}$ , tetapi bagaimanapun setiap jenis bakteri memiliki rentang suhu yang pendek (rendah) yang ditentukan oleh sensitifitas sistem enzimnya terhadap panas. Bakteri dapat dikelompokkan dengan beberapa kisaran suhu pertumbuhannya. *Psikrofil* adalah bakteri yang dapat tumbuh pada suhu  $0^{\circ}\text{C}$  sampai  $20^{\circ}\text{C}$ . Suhu optimumnya  $15^{\circ}\text{C}$ . Karakteristik utama dari semua bakteri *psikrofil* adalah akan tumbuh pada suhu  $0$  sampai  $5^{\circ}\text{C}$ . *Mesofil* adalah bakteri yang dapat tumbuh pada suhu  $20^{\circ}\text{C}$  sampai  $45^{\circ}\text{C}$ . Karakteristik yang dimiliki dari semua bakteri *mesofil* adalah kemampuannya untuk dapat tumbuh pada suhu tubuh ( $37^{\circ}\text{C}$ ) dan tidak dapat tumbuh pada suhu di atas  $45^{\circ}\text{C}$ . Bakteri *mesofil* dapat dibedakan menjadi dua kelompok yaitu:

- a. Yang mempunyai suhu pertumbuhan optimum  $20 - 30^{\circ}\text{C}$ , termasuk tumbuhan *saprofit*.
- b. Yang mempunyai suhu pertumbuhan optimum  $35 - 40^{\circ}\text{C}$ , termasuk organisme yang tumbuh baik pada tubuh inang berdarah panas.

*Termofil* adalah bakteri yang dapat tumbuh pada suhu  $35^{\circ}\text{C}$  atau lebih. Bakteri *termofil* dapat dibedakan menjadi dua kelompok :

- a. *Fakultatif termofil (termofilik)* adalah organisme yang dapat tumbuh pada suhu  $37^{\circ}\text{C}$ , dengan suhu pertumbuhan optimum  $45 - 60^{\circ}\text{C}$ .

b. *Obligat termofil (hipertermofilik)* adalah organisme yang dapat tumbuh pada suhu di atas suhu 50 °C, dengan suhu pertumbuhan optimum di atas 60 °C [3].

Bakteri yang baik atau bermanfaat juga dapat disebut probiotik yakni bakteri yang secara alami berada dalam tubuh manusia. Probiotik sangat bermanfaat untuk kesehatan tubuh dan probiotik bisa tersedia dalam yogurt maupun berbagai suplemen diet. Probiotik juga bisa digunakan sebagai pelengkap pengobatan alternatif. Banyak bakteri yang menguntungkan dalam kehidupan manusia, begitupun banyak pula bakteri yang dapat merugikan. Bakteri yang menguntungkan bagi manusia yaitu bakteri yang dapat dimanfaatkan dalam bidang pertanian, kelautan, industri, kesehatan dan masih banyak lagi. Beberapa bakteri yang dapat digunakan dalam bidang kesehatan dan sebagai antibiotik yaitu bakteri *streptomyces griseus* bisa menghasilkan antibiotik *streptomycin*, bakteri *streptomyces aureofaciens* bisa menghasilkan antibiotik jenis *tetracycline*, bakteri *streptomyces venezuelae* bisa menghasilkan antibiotik jenis *chloramphenicol*, bakteri *penicillium* bisa menghasilkan antibiotik jenis *penisilin*, bakteri jenis *bacillus polymyxa* bisa menghasilkan sejenis antibiotik bernama *polymixin*, bakteri *clostridium perfringens* bisa menghasilkan *maltosa*, *maltotriosa* dan *maltotetrosa* yang berfungsi untuk penderita defisiensi dalam ususnya. Bakteri yang baik merupakan faktor penting dalam proses perkembangan, imunitas, dan nutrisi. Kecuali bakteri patogen, bakteri yang terdapat pada tubuh manusia tidaklah merugikan bahkan koloni bakteri tersebut dapat menguntungkan bagi kesehatan. Penyakit *autoimun* seperti *diabetes*, *rheumatoid arthritis*, *distrofi otot*, *multiple sclerosis*, dan *fibromialgia* yakni berhubungan dengan disfungsi pada bakteri yang tidak bermanfaat bagi tubuh sehingga dapat merugikan kesehatan. Bakteri dengan berbagai jenis ekspresi gennya bisa jadi meningkatkan risiko terjadinya penyakit. Hal tersebut disebabkan oleh adanya perubahan aktivitas gen dan proses metabolisme yang menghasilkan respon imun abnormal terhadap zat dan jaringan yang semula normal berada dalam tubuh. Diduga penyakit *autoimun* ditularkan dalam keluarga bukan hanya melalui DNA orang tuanya tetapi juga dapat mewarisi mikrobioma dari keluarga [10].

*Psikofilik* suhu optimum 15 °C. Dimana suhu tersebut merupakan suhu yang berguna untuk perkembangan bakteri *psikofilik*. Berikut merupakan contoh bakteri

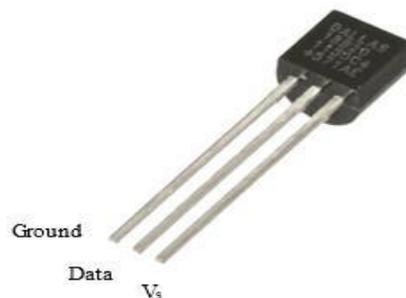
yang hidup pada suhu *psikofilik*. Bakteri *genus pseudomonas* termasuk dalam kelompok bakteri gram negatif yang tidak menghasilkan spora berbentuk batang aerobik dan bergerak menggunakan *flagella* kutub. Klarifikasi dari *pseudomonas* menurut Migula (1894) *kingdom bacteria, phylum proteobacteria, class gamma proteobacteria, order pseudomadales*. Karakteristiknya dapat hidup pada suhu 0-15 °C sehingga dia dapat membuat koloni pada suhu tertentu, dan peka terhadap pH rendah pertumbuhannya dapat ditekan pada pH kurang dari 5,4. Bakteri *flavobacterium, achromobacter* dan *alcaligenes* juga termasuk dalam jenis bakteri *psikofilik*.

*Mesofilik* suhu optimum 37 °C. Suhu ini merupakan suhu normal gudang atau suhu kamar. Berikut merupakan contoh bakteri yang hidup pada suhu *mesofilik*. *Staphylococcus aureus (Staphylococcus pyogenes)* merupakan kokus gram positif, berbentuk lonjong atau bulat, tidak bergerak, tidak bersimpai dan tidak berspora. Tersusun dalam kelompok seperti buah anggur. *S. aureus* bersifat anaerob dan tumbuh dengan baik pada temperatur optimum 37 °C dan pH 7,4. Pada perkembangan biakan cair, *S. aureus* menyebabkan kekeruhan merata dan memperlihatkan pertumbuhan khas berupa endapan di dasar tabung. *S. aureus* merupakan salah satu kuman yang cukup kebal di antara organisme-organisme tak berspora. Tahan dipanaskan pada 60 °C selama 30 menit. Bakteri *streptococcus* dan *neisseria* merupakan jenis bakteri yang dapat membuat koloni pada suhu optimum 37 °C.

*Termofilik* suhu optimum 55°C. Suhu tersebut bakteri jenis ini dapat berkembang biak dengan baik. Berikut merupakan contoh bakteri yang hidup pada suhu *termofilik*. *Thermus aquaticus* merupakan jenis bakteri yang dapat berkembang dengan suhu yang dapat bertahan di suhu yang tinggi. Kelompok ini adalah sumber tahan panas enzim Taq DNA Polimerase, salah satu yang paling utama enzim dalam biologi molekular karena penggunaannya dalam proses Polimerase Chain Reaction (PCR) teknik amplifikasi DNA. Bakteri ini tumbuh subur pada suhu 70 °C, tetapi dapat bertahan hidup pada suhu 50 °C hingga 80 °C, *sulfolobus acidocaldarius* dan *chlorflexus* juga termasuk dalam kategori kelompok bakteri jenis *termofilik*[10].

### **2.2.2 SensorDS18B20**

Sensor suhu DS18B20 merupakan suatu komponen elektronika yang dapat menangkap perubahan temperatur lalu kemudian mengkonversinya menjadi besaran listrik. Sensor ini merupakan sensor digital yang menggunakan 1 wire yang artinya hanya memakai 1 pin sebagai inputan pada mikrokontroler. Keunikan dari sensor ini adalah tipe sensor memiliki kode serial yang memungkinkan untuk penggunaan DS18B20 lebih dari satu komunikasi dalam satu komunikasi 1 wire. Sensor suhu digital ini merupakan keluaran oleh Dallas Semikonduktor. Sensor ini mampu membaca suhu dengan ketelitian 9 hingga 12-bit, rentang  $-55^{\circ}\text{C}$  hingga  $125^{\circ}\text{C}$  dengan ketelitian ( $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ ). Penggunaannya bisa dalam lingkungan kendali termostatis, sistem industri, produk rumahan, termometer, atau sistem apapun yang memerlukan pembacaan suhu. Sensor DS18B20 memiliki dua jenis casing, yang umum beredar di pasaran yaitu casing biasa dan casing anti air. Berikut merupakan Gambar 2.1 konfigurasi sensor DS18B20 yang tanpa menggunakan casing anti air [11],[12],[13].



**Gambar 2.1** Konfigurasi Kaki DS18B20

DS18B20 memiliki 3 pin yang terdiri dari  $V_s$ , Ground dan data Input atau Output. Kaki  $V_s$  merupakan kaki tegangan sumber. Tegangan sumber untuk sensor suhu DS18B20 adalah sekitar 3V sampai 5,5V. Pada umumnya  $V_s$  diberikan tegangan +5V sesuai dengan tegangan kerja mikrokontroler, kemudian kaki ground disambungkan dengan ground rangkaian. Berikut merupakan spesifikasi lengkap sensor DS18B20 yaitu :

1. Unik 1-Wire interface hanya memerlukan satu pin port untuk komunikasi secara 1-Wire.
2. Setiap perangkat memiliki kode serial 64-bit yang disimpan dalam sebuah ROM onboard.
3. Tidak memerlukan ada komponen tambahan.

4. Bekerja pada kisaran tegangan 3 sampai 5,5V.
5. Dapat mengukur suhu pada kisaran -55 sampai 125 °C.
6. Akurasi  $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$  akurasi dari suhu -10 sampai 85 °C.
7. Resolusi dapat dipilih oleh pengguna antara 9 sampai 12 bit.
8. Kecepatan mengkonversi suhu maksimal 750 ms.
9. Memiliki konfigurasi alarm yang bisa disetel.
10. Bisa digunakan untuk fitur pencari alarm dan alamat sensor yang temperaturnya diluar batas.

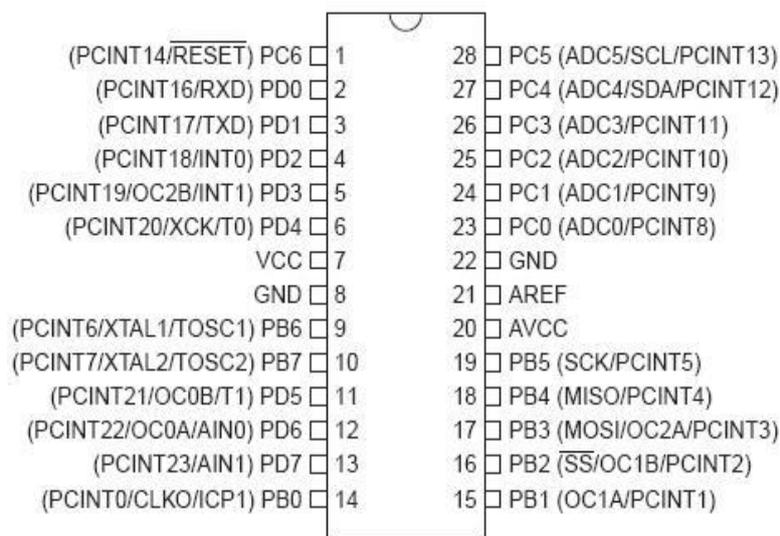
### 2.2.3 ATmega328

ATmega328 adalah mikrokontroler keluaran dari atmel yang mempunyai arsitektur RISC (Reduce Instruction Set Computer) yang dimana setiap proses eksekusi data lebih cepat dari pada arsitektur CISC (Completed Instruction Set Computer). Mikrokontroler 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[11],[14].

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. Beberapa register ini digunakan untuk fungsi khusus antara lain sebagai register control Timer atau Counter, Interupsi, ADC, USART, SPI, EEPROM, dan fungsi I/O lainnya. Berikut merupakan gambar dari IC Atmega 328 pada Gambar 2.2 konfigurasi atmega 328.



**Gambar 2.2** Konfigurasi ATmega 328

Pada Atmega 328 mempunyai beberapa fungsi port yang ada pada kaki atmega 328. Berikut merupakan Tabel 2.1 konfigurasi port b.

**Tabel 2.1** Konfigurasi Port B

Port Pin	Alternate Functions
PB7	XTAL2 (Chip Clock Oscillator pin 2) TOSC2 (Timer Oscillator pin 2) PCINT7 (Pin Change Interrupt 7)
PB6	XTAL1 (Chip Clock Oscillator pin 1 or External clock input) TOSC1 (Timer Oscillator pin 1) PCINT6 (Pin Change Interrupt 6)
PB5	SCK (SPI Bus Master clock Input) PCINT5 (Pin Change Interrupt 5)
	MISO (SPI Bus Master Input/Slave Output)

Pada Atmega 328 mempunyai beberapa fungsi port yang ada pada kaki atmega 328. Berikut merupakan Tabel 2.2 konfigurasi port c.

**Tabel 2.2** Konfigurasi Port C

Port Pin	Alternate Function
PC6	RESET (Reset pin) PCINT14 (Pin Change Interrupt 14)
PC5	ADC5 (ADC Input Channel 5) SCL (2-wire Serial Bus Clock Line) PCINT13 (Pin Change Interrupt 13)
PC4	ADC4 (ADC Input Channel 4) SDA (2-wire Serial Bus Data Input/Output Line) PCINT12 (Pin Change Interrupt 12)
PC3	ADC3 (ADC Input Channel 3) PCINT11 (Pin Change Interrupt 11)
PC2	ADC2 (ADC Input Channel 2) PCINT10 (Pin Change Interrupt 10)
PC1	ADC1 (ADC Input Channel 1) PCINT9 (Pin Change Interrupt 9)
PC0	ADC0 (ADC Input Channel 0) PCINT8 (Pin Change Interrupt 8)

Pada Atmega 328 mempunyai beberapa fungsi port yang ada pada kakinya atmega 328. Berikut merupakan Tabel 2.3 konfigurasi port d.

**Tabel 2.3** Konfigurasi Port D

Port Pin	Alternate Function
PD7	AIN1 (Analog Comparator Negative Input) PCINT23 (Pin Change Interrupt 23)
PD6	AIN0 (Analog Comparator Positive Input) OC0A (Timer/Counter0 Output Compare Match A Output) PCINT22 (Pin Change Interrupt 22)
PD5	T1 (Timer/Counter 1 External Counter Input) OC0B (Timer/Counter0 Output Compare Match B Output)

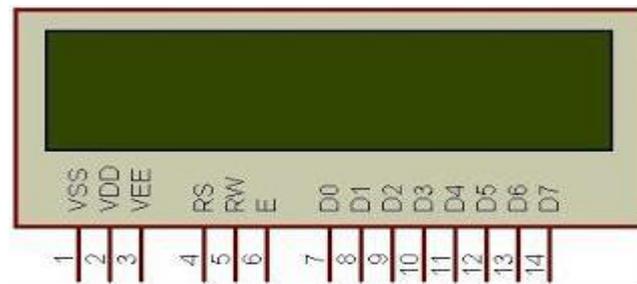
#### **2.2.4 Buzzer**

*Buzzer* adalah sebuah komponen elektronika yang berfungsi untuk mengubah getaran listrik menjadi getaran suara. Pada dasarnya prinsip kerja *buzzer* hampir sama dengan *loud speaker*, jadi *buzzer* juga terdiri dari kumparan yang terpasang pada diafragma dan kemudian kumparan tersebut dialiri arus sehingga menjadi elektromagnet, kumparan tadi akan tertarik ke dalam atau keluar, tergantung dari arah arus dan polaritas magnetnya, karena kumparan dipasang pada diafragma maka setiap gerakan kumparan akan menggerakkan diafragma secara bolak-balik sehingga membuat udara bergetar yang akan menghasilkan suara. *Buzzer* biasa digunakan sebagai indikator bahwa proses telah selesai atau terjadi suatu kesalahan pada sebuah alat (alarm).

#### **2.2.5 Liquid Crystal Display (LCD)**

*Liquid Crystal Display* (LCD) adalah sebuah peralatan elektronik yang berfungsi untuk menampilkan *output* sebuah sistem dengan cara membentuk suatu

citra atau gambaran pada sebuah layar. Secara garis besar komponen penyusun LCD terdiri dari kristal cair (*liquid crystal*) yang diapit oleh 2 buah elektroda transparan dan 2 buah filter polarisasi (*polarizing filter*). LCD yang ada di pasaran dikategorikan menurut jumlah baris yang dapat digunakan pada LCD yaitu 1 baris , 2 baris , dan 4 baris yang dapat digunakan hingga 80 karakter. Umumnya LCD yang digunakan adalah LCD dengan 1 *controller* yang memiliki 14 pin. Berikut merupakan Gambar 2.3 konfigurasi pin kaki lcd yang biasa digunakan [15].



**Gambar 2.3** Konfigurasi Pin Kaki LCD

Dari Gambar 2.3 dapat dijelaskan bahwa kaki :

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

14. D7 : data 7 ( MSB )

### 2.2.6 Push Button

Saklar merupakan komponen elektronika yang berfungsi untuk menghubungkan dan memutuskan dua titik atau lebih dalam suatu rangkaian elektronika. Salah satu jenis saklar adalah saklar *Push button* yaitu saklar yang hanya akan menghubungkan dua titik atau lebih pada saat tombolnya ditekan dan pada saat tombolnya tidak ditekan maka akan memutuskan dua titik atau lebih dalam suatu rangkaian elektronika. *Wiring* dan bentuk saklar *Push button* ditunjukkan pada Gambar 2.4 *Wiring Push Botton* dan Gambar 2.5 Saklar *Push Button* berikut.



**Gambar 2.4** *Wiring Push Botton*



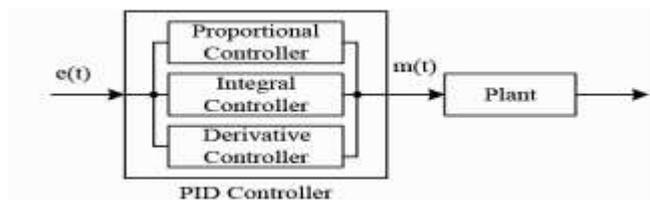
**Gambar 2.5** Saklar *Push Button*

Saklar *push button* dapat berbentuk berbagai macam, ada yang menggunakan tuas dan ada yang tanpa tuas. Saklar *push button* sering diaplikasikan pada tombol-tombol perangkat elektronik digital. Salah satu contoh penggunaan saklar *push ON* adalah pada keyboard komputer, keypad printer, matrik keypad, tombol kontrol pada DVD player dan lain sebagainya[16].

### 2.2.7 Kendali Suhu Secara Umum

Pengendali PID merupakan gabungan dari tiga macam pengendali, dengan pengendali *proporsional*, *pengendali integral*, dan pengendali turunan

(*diferensial*). Sehingga tujuan dari penggabungan ketiga macam pengendali tersebut yaitu untuk memperbaiki kinerja sistem dimana masing-masing pengendali akan saling menutupi dan melengkapi dari kelemahan dan kelebihan masing-masing sehingga pengendali ini lebih optimal ketika dicantumkan dalam alat inkubasi dalam proses pemberian suhu. Berikut merupakan Gambar 2.6 diagram blok umum tentang pengendali PID[17],[18].



**Gambar 2.6** Diagram Blok Umum PID

Metode penengendali PID Ziegler-Nichols diturunkan berdasarkan data eksperimen sehingga diperlukan faktor koreksi terhadap nilai  $K_p$  agar didapatkan sistem kontrol yang lebih stabil. Faktor koreksi juga dimaksud untuk mengurangi nilai *overshoot* dari sistem kontrol, hal ini terjadi karena respon pemanasan untuk tipe pemanas resistansi rendah lebih cepat dibandingkan jenis pemanas yang lain. Oleh karenanya, ketika sistem telah mencapai keadaan set point, nilai parameter  $K_p$  dikurangi untuk menghindari kondisi overshoot besarnya  $K_p$  aktual dapat dituliskan dalam bentuk persamaan menjadi  $K_p(\text{aktual})=K_p(\text{sebelum})-1$ .

Dari pengujian respon alat menggunakan umpan balik akan didapatkan grafik respon suhu. Dengan metode Ziegler-Nicholas grafik suhu terhadap waktu di analisa untuk mendapatkan nilai parameter  $K_p$ ,  $K_i$  dan  $K_d$  yang menjadi dasar perhitungan algoritma PID.

