

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Penelitian Terdahulu

Pada penelitian yang dilakukan oleh Nurrobifahmi, Iswandi Anas, Yadi Setiadi, dan Ishak tahun 2017 dengan judul Pengaruh Metode Sterilisasi Radiasi Sinar Gamma Co-60 dan *Autoclave* terhadap Bahan Pembawa, Viabilitas Spora *Gigaspora margarita* dan Ketersediaan Fe, Mn, dan Zn, pada penelitian ini digunakan untuk untuk melihat pengaruh metode sterilisasi (*autoclave* dan radiasi Gamma) terhadap viabilitas spora *G. margarita* dan kelarutan Fe²⁺, Mn²⁺, Zn²⁺ pada bahan pembawa zeolit, kompos dan tanah. Penelitian ini menggunakan metode, Rancangan Acak Lengkap (RAL) yang terdiri dari faktor jenis sterilisasi radiasi, *autoclave* dan bahan pembawa kompos dan zeolite. Penelitian ini membuktikan bahwa hasil Keefektifan metode sterilisasi menggunakan *autoclave* dan radiasi sinar Gamma Co-60 menunjukkan bahwa zeolit dan kompos tingkat keefektifan yang berbeda[8].

Pada penelitian yang dilakukan oleh Herastuti S, Wiworo H, Siti Hidayati , dan Maria H. Bakri yang berjudul presto tekan sebagai alat sterilisasi alternative pengganti *autoclave* pada tahun 2007, penelitian ini dilakukan untuk mengetahui apakah presto tekan yang dibuat ini dapat efektif menggantikan *autoclave*. Penelitian ini memiliki kelebihan bahwa menggunakan presto tekan memerlukan waktu yang lebih cepat dalam mencapai suhu tinggi. Sehingga panci tekan ini dapat efektif menggantikan

autoclave, pada penelitian ini dapat diketahui bahwa panci tekan dapat dimanfaatkan sebagai alat sterilisasi alternative pengganti *autoclave*. Kekurangan pada penelitian ini keamanan tambahan harus diberikan agar suhu tinggi dapat tercapai terutama bila peralatan yang akan disterilkan dalam jumlah banyak[9].

Pada penelitian yang dilakukan oleh Deni Fatharoni Hartono, Andjar Pudji, Moch.Prastawa A.T.P dari Politeknik Kesehatan Kemenkes Surabaya yang berjudul Incubator Bakteri Bacillus Stearothermophilus berbasis Mikrokontroller untuk tes Mikrobiologi pada Autoclave pada tahun 2016. Pada penelitian ini dilakukan untuk mengetahui kinerja dari autoclave. Pada penelitian ini mempunyai kelebihan bahwa alat autoclave dapat di uji kinerjanya dengan menggunakan bakteri Bacillus Strearothermophilus dengan incubasi sesuai suhu tergantung dari bakterinya selama dua hari yang akan di deteksi oleh sensor warna TCS3200[10]. Kekurangannya, pada alat ini hanya membahas uji kinerja pada autoclave saja.

Pada penelitian ini dilakukan oleh Kiki Prawiroredjo & Calvin Renato dari Universitas Trisakti yang berjudul Alat Sterilisasi Kering Dengan Kunci Otomatis Berbasis Mikrokontroler tahun 2015. Pada penelitian ini, peneliti membuat alat dengan metode sterilisasi kering. Kelebihan pada alat ini yaitu dilengkapi dengan control pintu mengunci dan membuka secara otomatis[2]. Kekurangan pada alat ini yaitu, alat ini menggunakan metode sterilisasi kering dimana metode ini menggunakan suhu yang sangat tinggi sehingga alat ini hanya untuk mensterilkan pipet, tabung reaksi, stick swab, jarum

operasi, jarum suntik, syringe. Untuk yang berbahan logam tidak bisa karena suhu yang tinggi sangat mempengaruhi ketajaman jarum atau gunting.

Pada penelitian ini dilakukan oleh Zefni Reinhard Sopacua yang berjudul Sterilisator Basah Menggunakan ATmega8535 dari Universitas Sanata Dharma, tahun 2013. Pada penelitian ini membuat alat sterilisator basah dengan menggunakan LM35 sebagai sensor suhu yang dikontrol oleh ATmega8535. Terdapat pemilihan mode sterilisasi secara manual dan otomatis. Mode manual disini pemilihan suhu dalam satu kondisi 121°C dengan waktu 15 menit[7]. Kekurangan pada alat ini belum dilengkapi kontrol tekanan dan pembacaan tekanan masih secara analog. Pembuangan uap pada alat ini masih menggunakan kran yang di putar buka/tutup secara manual oleh user.

Berdasarkan dengan permasalahan diatas maka penulis ingin merancang “**Modifikasi Autoclave Berbasis ATmega328 (Tekanan)**” untuk memudahkan user maka tampilan tekanan pada *autoclave* di buat menjadi *digital* untuk memastikan tekanan yang ada pada chamber autoclave dan dengan menambahkan pembuangan secara otomatis, agar sewaktu uap dibuang user tidak membuang secara manual.

2.2. Dasar Teori

2.2.1. Sterilisasi

Sterilisasi adalah seperangkat metode yang bertujuan menghilangkan semua organisme hidup dari jenis atau bentuk apapun. Metode sterilisasi dapat dibagi menjadi dua kelompok umum yaitu fisik dan kimia. Meskipun sterilisasi

dapat dicapai dengan bahan kimia tertentu, metode fisik umumnya lebih handal[11]. Contoh metode sterilisasi dalam bentuk fisik adalah menggunakan panas, filtrasi, dan radiasi. Salah satu metode untuk sterilisasi menggunakan panas ialah menggunakan air yang mendidih, dimana metode ini akan membunuh bentuk vegetatif bakteri patogen, hampir semua virus, jamur, dan spora dalam waktu sekitar 10 menit. Metode menggunakan air mendidih ini biasanya tidak menjadi prosedur yang diunggulkan dikarenakan ada beberapa bakteri yang masih bertahan jika menggunakan metode ini[12]. Metode fisik paling umum digunakan untuk sterilisasi bahan medis dan bedah. Sterilisasi kimia biasanya menggunakan ac-complished dengan etilen oksida atau hidrogen peroksida, meskipun formalin dan β -propiolactone juga digunakan sesekali[11].

Proses Sterilisasi pada dasarnya dapat ditempuh melalui dua cara :

1. Secara Fisis

- a. Metode Radiasi

Dalam mikrobiologi, radiasi gelombang elektromagnetik yang banyak digunakan adalah radiasi sinar *ultraviolet*, sinar *gamma*, atau sinar X, dan sinar matahari. Sinar matahari banyak yang mengandung sinar *ultraviolet*, sehingga secara langsung dapat dipakai untuk proses sterilisasi.

Sinar *ultraviolet* dapat diperoleh dengan menggunakan katoda panas (emisi termis) yaitu ke dalam katoda bertekanan rendah diisi dengan uap air raksa. Panjang gelombang yang dihasilkan dalam orde 2.500 s/d 2.600 Angstrom. Lampu merkuri yang banyak dipasang-

pasang di jalan-jalan. Dalam proses sterilisasi ini hendaknya memperhatikan dosis *ultraviolet*. Sinar gamma mempunyai tenaga yang lebih besar daripada sinar *ultraviolet* dan merupakan radiasi pengion. Interaksi antara sinar gamma dengan bakteri biologis sangat tinggi sehingga mampu memukul electron pada kulit atom sehingga menghasilkan pasangan ion (pair production). Cairan sel baik intraseluler maupun ekstraseluler akan terionisasi sehingga menyebabkan kerusakan dan kematian pada mikroorganisme. Sterilisasi dengan penyinaran sinar gamma berdaya tinggi dipergunakan untuk obyek-obyek yang tertutup plastik seperti jarum suntik[11].

b. Metode Pemanasan dengan Uap Air dan Pengaruh Tekanan (*Autoclave*)

Peralatan yang akan di sterilisasi diletakkan di lempengan saringan dan tidak langsung mengenai air dibawahnya. Pemanasan dilakukan hingga air mendidih (diperkirakan pada suhu 100 °C) , pada tekanan 15 lb dan temperature mencapai 121 °C. Organime yang tidak berspora akan dimatikan dalam waktu 10 menit saja. Banyak jenis spora yang dapat mati hanya dengan pemanasan 100 °C selama 30 menit, tetapi ada beberapa jenis spora dapat bertahan dalam temperature ini selama beberapa jam. Spora-spora yang dapat bertahan hingga 10 jam pada temperature 100 °C. dapat dimatikan hanya dalam waktu 30 menit apabila air yang mendidih ini ditambah dengan natrium karbonat[13].

c. Metode Pemanasan Secara Kering

Pemanasan kering ini kurang efektif apabila temperature kurang tinggi. Untuk mencapai efektivitas diperlukan pemanasan mencapai temperatur antara 160 °C s/d 180 °C. Pada temperatur ini akan menyebabkan kerusakan pada sel-sel hidup dan jaringan. Hal ini disebabkan terjadinya auto oksidasi sehingga bakteri pathogen dapat terbakar. Pada sistem pemanasan kering terdapat udara, dimana udara merupakan penghantar udara panas yang buruk sehingga sterilisasi melalui pemanasan kering dapat memerlukan waktu cukup lama, rata-rata waktu yang diperlukan 45 menit. Pada temperatur 160 °C memerlukan waktu 1 jam, sedangkan pada 180 °C memerlukan waktu 30 menit. Pada metode pemanasan secara kering ini secara rutin dipergunakan untuk mensterilisasi alat-alat pipet, tabung reaksi, stick swab, jarum operasi, jarum suntik, syringe. Oleh karena itu temperatur tinggi sangat mempengaruhi ketajaman jarum atau gunting, maka hindarilah sterilisasi dengan metode panas kering terhadap jarum dan gunting.

d. Metode Pemanasan Secara Intermittent/ terputus-putus

John Tyndall (1877) dari hasil penelitiannya menyatakan bahwa temperature didih 100 °C selama 1 jam tidak dapat membunuh semua mikroorganisme, tetapi bila air dididihkan berulang-ulang sampai lima kali, dan setiap air mendidih istirahat selama 1 menit akan sangat berhasil membunuh kuman.

e. Metode Incineration (pembakaran langsung)

Alat-alat platina, khrome yang akan disterilkan dapat dilakukan melalui pembakaran secara langsung pada nyala lampu bunzen hingga lampu mencapai merah padam. Hanya saja dalam proses pembakaran langsung ini alat-alat tersebut lama kelamaan menjadi rusak, tetapi mempunyai keuntungan mikroorganisme akan hancur semuanya.

f. Metode Penyaringan (*filtration*)

Metode penyaringan ini bekerja berbeda dengan metode pemanasan. Hasil dari sterilisasi metode pemanasan, mikroorganisme mati, tetapi tidak hilang dari material itu. Sterilisasi dengan metode penyaringan, mikroorganisme masih hidup, tetapi dipisahkan dari material itu. Sterilisasi larutan gula, serum, atau sterilisasi hasil produksi mikroorganisme (enzyme, exotoxin, dan memisahkan filtrable virus dari bakteri dan organisme lain) menggunakan sterilisasi metode filtrasi.

2. Secara Kimia/*chemical*

Sterilisasi secara kimia menggunakan alkohol 90%, Aceton, tab formalin, sulfur dioxide, dan chlorin. Bahan yang akan di sterilisasi, dibersihkan lalu direndam menggunakan alcohol, aceton, tab formalin dalam waktu 24 jam[14].

2.2.2. Color Change Sterilization Indicators (Tape Autoclave)

Selelah kita menseterilkan alat-alat dengan steam sterilizer, kita dapat mengetahui apakah terilisasi tersebut berjalan dengan baik atau tidak dengan

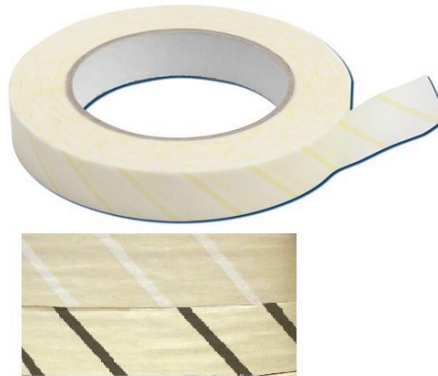
Color Change Sterilization Indicators (Tape Autoclave). Tape Autoclave merupakan Indikator eksternal (digunakan dibagian luar pada setiap kemasan).

Tape Autoclave pada dasarnya mengandung zat warna yang akan merubah warna apabila terpapar pada suhu tertentu. Proses uji dilakukan dengan cara menempelkan autoclave tape pada scapel yang diletakkan pada nampan dan menempelkan autoclave tape di ujung nampan. Setelah di balut kain[15]. Pemasangan tape autoclave terlihat pada gambar 2.1.



Gambar 2. 1 Pemasangan Tape Autoclave

Tape Autoclave mirip dengan masking tape (perekat penanda) tetapi lebih lekat, mampu menempel dalam keadaan panas dan lembab pada autoclave. Warna hitam yang muncul berasal dari 30.1% timah thiosulfate, 0.6% magnesium carbonate, 20.1% neocryl B814, 30.1% etanol, 22.7% ethyl acetate and 49% tinta. Tape *Autoclave* akan berubah menjadi garis coklat kehitaman mengindikasikan bahwa autoclave bekerja sesuai dengan standar. Jika tape *autoclave* tidak berubah warna, itu berarti terjadi kegagalan pada suhu autoclave tidak stabil mencapai 121°C[16]. Tape autoclave terlihat pada gambar 2.2.



Gambar 2. 2 Tape Autoclave [14]

2.2.3. Autoclave

Autoclave adalah suatu jenis pesawat untuk sterilisasi yang memanfaatkan temperature dan tekanan tinggi. Dalam hal ini menggunakan media uap air yang bertekanan tinggi untuk proses sterilisasi. Proses kerja dari Autoclave ini memanfaatkan temperatur dan tekanan tinggi yang dihasilkan dari proses perubahan daya menjadi panas[17]. Autoclave terlihat pada gambar 2.3.



Gambar 2. 3 Autoclave[18]

Tekanan yang digunakan pada umumnya 15 Psi dan dengan suhu 121 °C (250 °F). Jadi tekanan yang bekerja ke seluruh permukaan benda adalah 15 pon tiap inchi (15 Psi = 15 pounds per square inch). Lama sterilisasi yang dilakukan biasanya 10-15 menit untuk sterilisasi peralatan bedah minor(Instrumen-instrumen kesehatan) tergantung dari banyaknya instrument yang disterilkan.

Autoclave ditujukan untuk membunuh sel resisten (endospora) yang diproduksi oleh bakteri. Endospora adalah sel yang tahan terhadap pemanasan, kekeringan, dan antibiotik. Endospora dapat dibunuh pada suhu 100 °C, yang merupakan titik didih air pada tekanan atmosfer normal. Endospora dapat dibunuh pada suhu 121°C, dengan waktu 4-5 menit. Pada suhu 65 °C sel vegetatif bakteri dapat dibunuh hanya dalam waktu 6-30 detik[19].

Berikut ini jenis-jenis dari autoclave. Terdapat tiga jenis autoclave, yaitu gravity displacement, prevacuum atau high vacuum, dan steam-flush pressure-pulse. Perbedaan ketiga jenis autoclave ini terletak pada bagaimana udara dihilangkan dari dalam autoclave selama proses sterilisasi.

1. Gravity Displacement Autoclave

Di dalam ruang autolave terdapat udara yang dipindahkan hanya berdasarkan gravitasi. Prinsipnya adalah memanfaatkan keringanan uap dibandingkan dengan udara, sehingga udara terletak di bawah uap. Cara kerjanya dimulai dengan memasukan uap melalui bagian atas autoklaf sehingga udara tertekan ke bawah. Secara perlahan, uap mulai semakin banyak sehingga menekan udara semakin turun dan keluar melalui saluran di bagian bawah autoclave, selanjutnya suhu meningkat dan terjadi sterilisasi. Autoclave ini dapat bekerja dengan cakupan suhu antara 121-134 °C dengan waktu 10-30 menit.

2. Prevacuum atau High Vacuum Autoclave

Autoclave ini adalah jenis autoclave yang dilengkapi pompa, yang mengevakuasi hampir semua udara dari dalam autoclave. Cara kerjan autoclave

ini dimulai dengan pengeluaran udara. Waktu yang dibutuhkan untuk melakukan proses ini adalah 8-10 menit. Ketika keadaan vakum tercipta, uap dimasukkan ke dalam autoclave. Akibat kevakuman udara, uap segera berhubungan dengan seluruh permukaan benda, kemudian terjadi peningkatan suhu sehingga proses sterilisasi berlangsung. Autoclave ini bekerja dengan suhu 132-135 °C dengan waktu 3-4 menit.

3. *Steam-Flush Pressure-Pulse Autoclave*

Steam-Flush Pressure-Pulse Autoclave adalah jenis autoclave yang menggunakan aliran uap dan dorongan tekanan di atas tekanan atmosfer dengan rangkaian berulang. Waktu siklus yang ada pada autoclave ini tergantung pada benda yang disterilisasi[19].

Beberapa suhu dan tekanan standar Autoclave yang digunakan adalah 115°C/10 Psi, 121°C/ 15 Psi, dan 132°C/27 Psi. Psi (Pounds per inci persegi). Di dalam autoclave umumnya melibatkan pemanasan uap dibawah tekanan sekitar 15 Psi, untuk mencapai suhu 121°C. Waktu proses autoclave dimulai setelah suhu mencapai 121°C dan tekanan 15 Psi. Bukan dari saat tombol start ditekan[6].

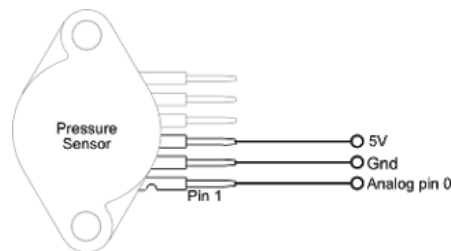
2.2.4 Sensor Tekanan MPX5700

MPX5700 merupakan sensor tekanan dengan output analog, sensor ini merupakan sensor produk dari Fresscal Semikonduktor, Inc.MPX5700 dapat mengukur tekanan udara, oli maupun cairan lain dengan batas tekanan maksimum sebesar 700kPa. Sensor tekanan MPX5700 terlihat pada gambar 2.4.



Gambar 2. 4 Sensor MPX5700[20]

Konfigurasi pin sensor MPX5700 terdiri dari 6 pin dan yang digunakan hanya 3 pin saja, yaitu pin 1 sebagai tegangan output, pin 2 sebagai ground sedangkan pin 3 sebagai masukan dari tegangan supply sebesar 5 volt, sedangkan 3 pin yang lain NC (Not Connects). Konfigurasi pin sensor MPX5700 terlihat pada gambar 2.5. Dari spesifikasi, sensor MPX5700 bekerja pada tegangan 5 volt. Tingkat sensitivitas dari sensor sebesar 6,4 mV/kPa dengan tegangan output dari 0,2 volt hingga maksimum 4,7 volt[20].



Gambar 2. 5 Konfigurasi pin sensor MPX5700[20]

2.2.5 Solenoid Valve

Solenoid valve merupakan katup yang dikendalikan dengan arus listrik baik AC maupun DC melalui kumparan / selenoida. Solenoid valve ini merupakan elemen kontrol yang paling sering digunakan dalam sistem fluida. Seperti pada sistem pneumatisk, sistem hidrolik ataupun pada sistem kontrol mesin yang membutuhkan elemen kontrol otomatis. Contohnya pada sistem pneumatik,

solenoid valve bertugas untuk mengontrol saluran udara yang bertekanan menuju aktuator pneumatik(cylinder). *Solenoid valve* dapat dilihat pada gambar 2.6.



Gambar 2. 6 Solenoid Valve [21]

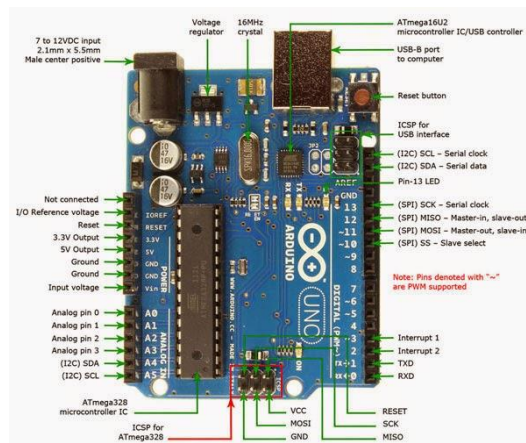
Banyak sekali jenis-jenis dari solenoid valve, karena solenoid valve ini di desain sesuai dari kegunaannya. Mulai dari 2 saluran, 3 saluran, 4 saluran dan sebagainya. Contohnya pada solenoid valve 2 saluran atau yang sering disebut katup kontrol arah 2/2. Memiliki 2 jenis menurut cara kerjanya, yaitu NC dan NO. Jadi fungsinya hanya menutup / membuka saluran karena hanya memiliki 1 lubang inlet dan 1 lubang outlet. Atau pada solenoid 3 saluran yang memiliki 1 lubang inlet , 1 lubang outlet ,dan 1 exhaust/pembuangan. Dimana lubang inlet berfungsi sebagai masuknya fluida, lubang outlet berfungsi sebagai keluarnya fluida dan exhaust berfungsi sebagai pembuangan fluida/cairan yang terjebak. Dan solenoid 3 saluran ini biasanya digunakan atau diterapkan pada aktuator pneumatik(cylinder kerja tunggal).

Solenoid valve akan bekerja bila kumparan/coil mendapatkan tegangan arus listrik yang sesuai dengan tegangan kerja (kebanyakan tegangan kerja *solenoid valve* adalah 100/200VAC dan kebanyakan tegangan kerja pada tegangan DC adalah 12/24VDC). Dan sebuah pin akan tertarik karena gaya magnet yang dihasilkan dari kumparan selenoida tersebut. Dan saat pin tersebut

ditarik naik maka fluida akan mengalir dari ruang C menuju ke bagian D dengan cepat. Sehingga tekanan di ruang C turun dan tekanan fluida yang masuk mengangkat diafragma. Sehingga katup utama terbuka dan fluida mengalir langsung dari A ke F. *Solenoid Valve* lengkap dengan badan katup dan kumparan. Katup ini biasanya tertutup yang terus bekerja[21].

2.2.6 Arduino Uno ATmega328

Arduino Uno adalah sebuah board mikrokontroler yang didasarkan pada Atmega328 yang bersifat *open source*. Arduino UNO mempunyai 14 pin digital input/output (6 diantaranya dapat digunakan sebagai luaran PWM), dan dilengkapi 6 masukan analog, sebuah osilator eksternal dengan menggunakan 16 MHz, sebuah koneksi USB, sebuah power jack, sebuah ICSP header, dan sebuah tombol reset. Arduino UNO mampu men-support mikrokontroler, dan dapat dikoneksikan dengan komputer menggunakan kabel USB. Arduino Uno dapat dilihat pada gambar 2.7.



Gambar 2. 7 Arduino Uno ATmega328[22]

Arduino juga mempunyai bahasa pemrogramannya sendiri yang berupa bahasa C. Selain itu dalam board arduino sendiri sudah terdapat loader yang berupa USB sehingga memudahkan kita-kita memporgram mikrokontroler didalam arduino. Sedangkan pada kebanyakan board mikrokontroler yang lainya yang masih membutuhkan rangkaian loader terpisah untuk memasukan program ketika kita memporgram mikrokontroler. Port USB tersebut selain untuk loader kita memporgram, bisa juga difungsikan sebagai port komunikasi serial. Konfigurasi pin-pin pada arduino dijelaskan pada tabel 2-1: [22].

Tabel 2. 1 Deskripsi Arduino Uno

Tegangan Kerja	5V
Tegangan Input	7-12 VDC (direkomendasikan)
Tegangan Input	6 (minimum)-20 VDC (maksimum)
Pin digital I/O	14 pin (6 pin dapat digunakan sebagai PWM)
Pin input analog	6 pin
Arus DC setiap I/O	20 mA
Arus DC untuk pin 3.3V	50 mA
Memori flash	32 KB (0,5 KB digunakan untuk bootloader)
SRAM	2 KB
EEPROM	1 KB
Kecepatan	16 Hz

Pin-pin dayanya adalah sebagai berikut:

1. VIN. Tegangan *input* (VIN) pada board Arduino ketika menggunakan *catu daya eksternal* (seperti 5 Volt dari koneksi USB atau sumber tenaga lainnya

yang diatur). Kita dapat menyuplai tegangan melalui pin ini, atau jika penyuplaian tegangan melalui *power jack*, dapat mengakses lewat pin ini.

2. 5V. Pin *output* ini merupakan tegangan yang berasal dari sumber tegangan VIN, 5 volt yang diatur dari regulator pada *board*. *Board* dapat disuplai dengan salah satu suplai dari DC power jack (7-12V), USB connector (5V), atau pin VIN dari *board* (7-12). Besar arus yang biasa dihasilkan pada sumber tegangan 5V sekitar 700 mA sampai 1000mA.
3. 3,3V. Sebuah suplai 3,3 volt dihasilkan oleh perangkat regulator on-board dengan arus maksimum yang dapat dilalui adalah 50 mA.
4. GND. Pin ground merupakan referensi sumber listrik untuk tegangan yang berada pada board Arduino.
5. Pin Aref ; pin ini untuk memberikan tegangan referensi *eksternal* pada ADC.
6. Pin reset; pin ini untuk *reset* mikrokontroler.
7. Tombol reset
Tombol reset digunakan untuk mereset mikrokontroler.
8. Terminal *Header ISP*
Terminal *Header ISP* digunakan untuk pemrograman *bootloader* mikrokontroler. Supaya mikrokontroler ATmega328 dapat bekerja pada *board arduino*, maka ATmega 328 harus diisi dengan program *bootloader* terlebih dahulu. Pada saat kita membeli *board arduino*, *board* telah dilengkapi dengan sebuah IC ATmega 328 yang telah diisi dengan program *bootloader*, tetapi jika kita hendak mengganti IC ATmega 328 dengan yang baru, maka IC tersebut

terlebih dahulu harus diisi dengan program *boatloader* dengan menggunakan terminal header ISP yang dihubungkan ke downloader lain.

9. *Input dan Output*

Setiap 14 pin digital pada *Arduino Uno* dapat digunakan sebagai *input* dan *output*, menggunakan fungsi *pinMode()*, *digitalWrite()*, dan *digitalRead()*.

Fungsi-fungsi tersebut beroperasi di tegangan 5 volt.

Ada beberapa penambahan fungsi tertentu pada beberapa pin I/O digital, diantaranya :

- 1) Serial : Pin 0 (RX) dan 1 (TX), Pin ini digunakan untuk menerima data (RX) dan mengirim data (TX), berfungsi sebagai komunikasi data serial pada TTL (*Transistor-Transistor Logic*).
- 2) External Interrupt : Pin 2 dan 3, Pin ini dapat dikonfigurasi untuk memicu (trigger). Interrupt saat kondisi low, rising, atau falling edge, atau untuk mengubah nilai tertentu.
- 3) PWM : Pin 3, 5, 6, 9, 10, dan 11. Pin ini dapat digunakan sebagai penghasil PWM dengan menggunakan fungsi *analogWrite()*.
- 4) SPI : Pin 10 (SS), 11 (MOSI), 12 (MISO), 13 (SCK). Pin ini dapat digunakan untuk berkomunikasi secara serial SPI. SPI yaitu Serial Peripheral Interface.
- 5) LED 13, Pada board *Arduino Uno* ini terdapat LED yang dihubungkan pada pin digital nomor 13. Saat pin 13 pada bagian digital ketika bernilai HIGH maka LED akan menyala, dan saat bernilai LOW maka LED akan mati.

- 6) Analog Input : Arduino UNO juga mempunyai 6 pin analog A0 sampai A5. Setiap input analog memiliki resolusi 10 bit sehingga akan mempunyai nilai 1024. Pin analog diukur dari ground sampai 5V, nilai ini bisa dibuat dengan menggunakan pin AREF, Pada pin analog juga memiliki fungsi I2C.
- 7) TWI : Pin A4 (SDA) dan A5 (SCL). Pin ini dapat juga digunakan untuk komunikasi serial TWI. TWI singkatan dari Two Wire Interace.
- 8) AREF : Merupakan sumber tegangan referensi (0V sampai 5V). Untuk referensi tegangan input analog. Digunakan fungsi *analogReference()*.
- 9) *Reset* : Reset ini sebagai jalur menjadi kondisi *LOW* untuk mereset mikrokontroler. Digunakan untuk menambahkan sebuah tombol *reset* untuk melindungi yang *block* sesuatu pada *board*.

2.2.7 Liquid Crystal Display (LCD)

LCD adalah suatu jenis media tampilan yang menggunakan kristal cair sebagai penampil utama. LCD 2 x 16 karakter adalah penampil dengan display 2 baris dan 16 kolom. LCD dapat dilihat pada gambar 2.8.



Gambar 2. 8 LCD (Liquid Crystal Display) [23]

Modul LCD berukuran 2 x 16 karakter dengan fasilitas backlighting memiliki 16 pin yang terdiri dari 8 jalur data, 3 jalur kontrol dan jalur-jalur catu daya, dengan fasilitas pin yang tersedia maka LCD 2 x 16 karakter dapat

digunakan secara maksimal untuk menampilkan data yang dikeluarkan oleh microcontroller. Untuk dapat menghubungkan LCD dengan mikrokontroler, PORT pada LCD perlu dihubungkan dengan PORT yang sesuai dengan PORT pada mikrokontroler. PORT pada mikrokontroler ini tidak dapat digunakan untuk fungsi yang lain (e.g. fungsi I/O), tetapi didekasikan khusus untuk fungsi LCD[29]. Pada LCD terdapat 14 pin, fungsi-fungsi setiap pin dijelaskan pada tabel 2.2

Tabel 2. 2 Fungsi-fungsi setiap pin pada LCD

PIN	SIMBOL	I/O	KETERANGAN
1	V _{in}	-	Ground
2	V _{cc}	-	Power Supplay +5V
3	V _{ee}	-	Power Supply untuk mengatur kontras
4	R _s	I	R _s =0 untuk memilih register command , R _s = 1 untuk memilih register data
5	R/W	I	R/W = 0 berfungsi untuk melakukan Write R/W = 1 untuk melakukan read
6	E	I/O	Enable
7	DB0	I/O	Data bus 8-bit
8	DB1	I/O	Data bus 8-bit
9	DB2	I/O	Data bus 8-bit
10	DB3	I/O	Data bus 8-bit
11	DB4	I/O	Data bus 8-bit
12	DB5	I/O	Data bus 8-bit
13	DB6	I/O	Data bus 8-bit
14	DB7	I/O	Data bus 8-bit

2.2.8 Teknik Analisis Data

1. Rata-rata

Rata-rata adalah nilai atau $\sum x$ hasil pembagian dari jumlah data yang diambil atau diukur dengan banyaknya pengambilan data.

$$\text{Rata - Rata } (\bar{X}) = \frac{\sum Xi}{n} \dots\dots\dots[2-1]$$

Dimana : \bar{X} = Rata-rata

$\frac{\sum Xi}{n}$ = Jumlah nilai data

n = Banyak data (1,2,3,...,n)

2. Error

Error atau penyimpangan data dari selisih antara *mean* dengan masing-masing data. Rumus *error* yaitu sebagai berikut :

$$\text{Error } (\%): \left(\frac{\text{Data Setting} - \text{Mean}}{\text{Data Setting}} \right) \times 100\% \dots\dots\dots[2-2]$$

3. Akurasi

Akurasi adalah kesamaan hasil dengan data sebenarnya

$$\text{Persentase } (\%): \left(\frac{\text{jumlah percobaan} - \text{hasil kegagalan}}{\text{jumlah percobaan}} \right) \times 100\% \dots\dots\dots[2-3]$$

4. Koreksi

Koreksi adalah selisih nilai rata-rata dengan nilai yang dikehendaki .

Rumus koreksi yaitu sebagai berikut :

$$\text{Koreksi} = (\text{nilai terukur} - \text{nilai yang dikehendaki}) \dots\dots\dots[2-4]$$