

BAB II

DASAR TEORI

2.1 Tinjauan Pustaka

Beberapa penelitian terdahulu telah ditinjau dan ditemukan sebagai referensi penting dalam pengembangan sistem otomatisasi pengisian dan penutupan botol parfum. Penelitian-penelitian ini mencakup berbagai metode, teknologi, dan perangkat yang relevan. Terdapat beberapa referensi yang sudah ditinjau yang membantu dalam pengerjaan perancangan Tugas Akhir, antara lain:

1. Penelitian pertama dilakukan oleh Sonny Rumalutur dan Serli Liling Allo pada tahun 2019 dengan judul “Sistem Kontrol Otomatis Pengisian Cairan dan Penutup Botol Menggunakan Arduino UNO Rev 1.3”. Mikrokontroller yang digunakan dalam penelitian ini adalah Arduino UNO yang dapat menghasilkan kecepatan 17 detik untuk *filling* botol dengan ukuran 600ml. Terdapat conveyor yang dibantu dengan sensor photodiode agar dapat mendeteksi keberadaan botol untuk memberhentikan conveyor.
2. Penelitian kedua dilakukan oleh Andre Dwi Sevtian, Fadli, A. Kurniawan, Yulfitra, dan Muhammad Arifin pada tahun 2022 dengan judul “Pemrograman Sistem Pada Mesin Filling *Bottle* PLC dengan Menggunakan Penggerak Pneumatik dan Intelegensi Sensor”. Perancangan sistem otomasi pada penelitian ini menggunakan kontroller PLC. Peneliti menggunakan perintah TON (*Time On Delay*) untuk menentukan durasi setiap proses yang berlangsung dalam sistem. Perintah ini berfungsi untuk memberikan jeda waktu yang diperlukan antara satu tahapan dengan tahapan berikutnya. Selain itu, perintah CTU (*Counter Up*) juga diterapkan dalam pemrograman, yang berfungsi untuk menghitung jumlah botol yang telah diproses. Hasil dari alat yang dirancang oleh peneliti menunjukkan bahwa untuk 4 botol berkapasitas 500 ml,

waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan proses pengisian adalah 16,62 detik.

3. Penelitian ketiga dilakukan oleh Bagus Islahul Fatah, Qirom, Muhammad Khairul Rizal, dan Rizki Abdul Hanif pada tahun 2024 dengan judul “Rancang Bangun Alat *Filling* dan *Capping* berbasis Outseal PLC Support HMI”. Alat yang dirancang dalam penelitian ini terdiri dari beberapa komponen utama, yaitu *conveyor*, sistem *filling*, *sleeding cup*, dan sistem *capping*. Proses kerja alat tersebut, mulai dari tahap pengisian hingga penutupan botol, membutuhkan waktu 14 detik untuk botol dengan kapasitas 250 ml. Komunikasi antara HMI Modbus dan PLC Outseal dilakukan dengan jarak sejauh 9 meter, yang memastikan kendali sistem berjalan dengan baik tanpa adanya gangguan dalam proses pengisian dan penutupan botol. Penelitian ini menunjukkan hasil yang efisien dalam waktu pemrosesan dan stabilitas komunikasi antara HMI dan PLC.

2.2 Arduino

2.2.1 Pengertian Arduino

Arduino merupakan sebuah *platform* yang menyediakan *hardware* dan *software* yang bersifat *open source*. Kombinasi dari *hardware* dan *software* dari Arduino didukung dengan adanya *Integrated Development Environment* (IDE) yang dirancang secara khusus untuk memberikan program ke mikrokontroler Arduino. IDE adalah sebuah *software* yang digunakan untuk menulis *source code*, *compile* program menjadi kode biner, dan *upload* program ke *hardware* Arduino.

Terdapat banyak proyek yang dikembangkan menggunakan *platform* Arduino. Selain karena sifatnya yang *open source*, terdapat banyak modul-modul pendukung seperti sensor, aktuator, dan *Human-Machine Interface*. Komponen utama didalam *hardware* Arduino terdapat sebuah *chip* mikrokontroler dengan merk Atmega

yang dibuat oleh Atmel Corporation. *Chip* mikrokontroller yang terdapat pada *hardware* Arduino memiliki tipe yang berbeda-beda tergantung dari spesifikasinya, Sebagai contoh Arduino Uno menggunakan *chip* Atmega328 sedangkan Arduino Mega 2560 menggunakan *chip* yang lebih canggih yaitu Atmega2560 [6].



Gambar 2. 1 Logo Arduino

(Sumber : <https://www.arduino.cc>)

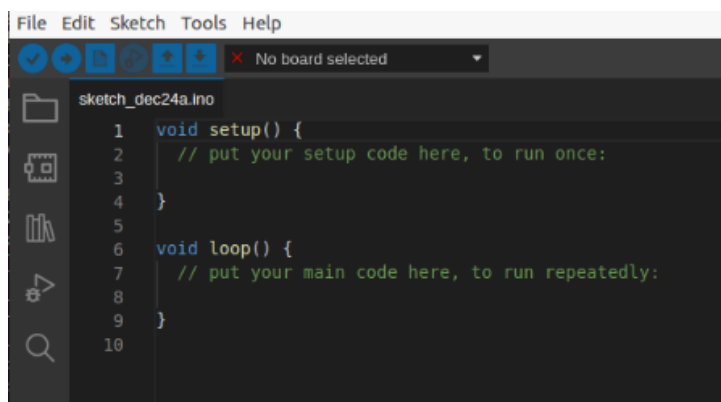
2.2.2 Software Arduino

Platform Arduino menyediakan sebuah *software* Bernama Arduino IDE (*Integrated Development Interface*) yang digunakan untuk memudahkan pengguna nya dalam merancang atau membangun sistem yang menggunakan mikrokontroller Arduino. *Source Code* akan melalui proses *compile* terlebih dahulu untuk mengkonversi *source code* menjadi instruksi biner yang dapat dipahami oleh mikrokontroller Arduino. Apabila tidak terjadi kesalahan dalam penulisan *source code* dan berhasil ketika melakukan *compile*, maka program dapat di *upload* ke *memory* mikrokontroller Arduino.

Bahasa pemrograman yang digunakan untuk menuliskan *source code* di *software* Arduino IDE adalah menggunakan bahasa C atau bahasa C++. Kedua bahasa pemrograman ini merupakan *general purpose language* yaitu bahasa pemrograman yang dapat digunakan untuk tujuan apa saja, salah satunya adalah pembuatan sistem otomatisasi mikrokontroller [6]. Dalam Arduino IDE terdapat

library open source yang dapat secara langsung di *download* untuk kebutuhan *source code* ketika membutuhkan *library* tertentu.

Secara umum, struktur program pada Arduino IDE dalam menuliskan *source code* dibagi menjadi dua bagian yaitu *setup* dan *loop*. Bagian *setup* adalah bagian yang merupakan area menempatkan program untuk inisialisasi komputer sebelum masuk ke dalam bagian *loop*. Bagian *loop* adalah bagian utama program yang akan dieksekusi secara terus-menerus. Secara prinsip, bagian *setup* merupakan bagian yang di eksekusi hanya sekali saja yaitu ketika program dimulai [6].



Gambar 2. 2 Software Arduino IDE

2.2.3 Arduino Mega 2560

Arduino Mega 2560 adalah papan kit elektronik atau papan rangkaian elektronik *open source* yang didalamnya terdapat komponen utama yaitu *chip* mikrokontroller Atmega 2560 dengan jenis AVR dari perusahaan Atmel Corporation [7]. Mikrokontroller itu sendiri merupakan *chip* atau IC (*Integrated Circuit*) yang dapat membaca program untuk melaksanakan sebuah perintah. Tujuan menanamkan program pada mikrokontroller adalah agar rangkaian elektronik dapat membaca input, kemudian memproses input tersebut untuk menghasilkan sebuah output yang diinginkan. Arduino Mega 2560 memiliki 54 pin digital I/O (15 diantaranya

adalah pin PWM), 16 pin analog input, dan 4 pin UART (*Serial Port Hardware*) [8]. *Board* ini sudah sangat lengkap untuk sebuah mikrokontroller, berikut adalah data spesifikasi dari mikrokontroller Arduino Mega 2560 yang dapat dilihat pada Tabel 2. 1.



Gambar 2. 3 Arduino Mega 2560

(Sumber : <https://store.arduino.cc>)

Tabel 2. 1. Spesifikasi Arduino Mega 2560

Spesifikasi Arduino Mega 2560		
No	spesifikasi	keterangan
1	Mikrokontroller	atmega 2560
2	Tegangan Operasional	5 V
3	Tegangan Input	7-12 V
4	Tegangan Input (limit)	6-20 V
5	Pin Digital I/O	54 (15 Pin PWM)
6	Pin Analog Input	16
7	Arus DC per Pin I/O	20 mA
8	Arus DC Pin 3.3V	50 mA
9	Memori Flash	256 KB
10	SRAM	8 KB
11	EEPROM	4 KB
12	Clock Speed	16 MHz
13	LED_BUILTIN	13
14	USB Host Chip	MAX3421E

15	Panjang	101.52 mm
16	Lebar	53.3 mm
17	Berat	37 gram

2.3 Pneumatik

Pneumatik berasal dari bahasa Yunani yaitu pneuma yang memiliki arti napas atau udara. Pneumatik Silinder pneumatik adalah aktuaktor atau perangkat mekanis yang menggunakan kekuatan udara bertekanan untuk menghasilkan kekuatan dalam gerak bolak-balik piston secara linear [9]. Penggunaan sistem pneumatik membutuhkan udara bertekanan yang nilainya bervariasi tergantung dari kebutuhannya. Secara umum tekanan udara optimal yang digunakan di industri adalah 9-12 atm. Berikut ini adalah dua tipe silinder pneumatik yang umum digunakan di industri.

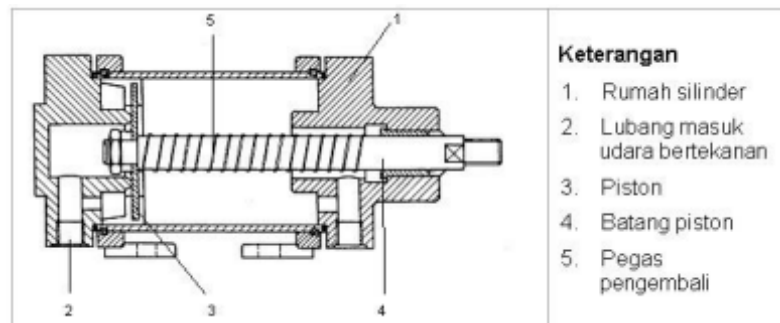
Tabel 2. 2 Spesifikasi Silinder Pneumatik

Spesifikasi Silinder Pneumatik		
No	Spesifikasi	Keterangan
1	<i>Pressure Range</i>	1 – 8 Bar
2	<i>Rod Diameter</i>	8mm
3	<i>Bore Size</i>	20mm
4	<i>Stroke Length</i>	50mm
5	<i>Port Size</i>	1/8

2.3.1 Silinder Kerja Tunggal (*Single Acting Silinder*)

Single Acting Cylinder merupakan jenis silinder pneumatik yang menggunakan bantuan pegas dalam mekanisme penggerakannya. Port udara yang dimiliki oleh *single acting cylinder* hanya ada *port instroke* saja yang digunakan untuk mendorong atau menekan piston. Pegas yang berada di dalam silinder yang bertugas untuk mengembalikan posisi *rod* atau batang piston kembali ke posisi

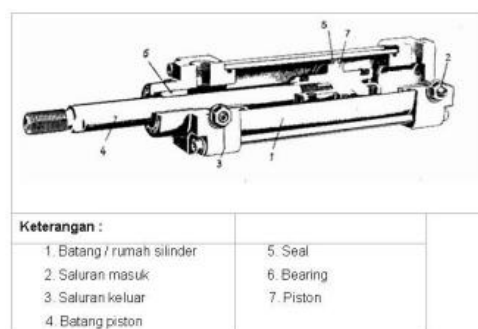
semula. Berikut adalah gambar dari komponen *single acting cylinder*.



Gambar 2. 4 Komponen *Single Acting Cylinder* [9]

2.3.2 Silinder Kerja Ganda (*Double Acting Cyliner*)

Double Acting Cylinder merupakan jenis silinder pneumatik yang memiliki dua *port* udara untuk *instroke* dan *outstroke*. Pada saat memberikan udara bertekanan dilakukan secara bergantian untuk menggerakkan *rod* dengan pada *port instroke* memasukan udara bertekanan kedalam silinder dan *port outstroke* mengeluarkan udara dari silinder ke atmosfer. Dalam mengembalikan posisi *rod* ke posisi semula maka arah udara dibalik, sehingga *port instroke* akan mengeluarkan udara ke atmosfer dan *port ourstroke* akan memasukan udara kedalam silinder. Secara keseluruhan *Double acting cylinder* membutuhkan lebih banyak katup pengontrol arah udara yang lebih kompleks bila dibandingkan dengan *Single acting cylinder*. Berikut adalah gambar komponen *double acting cylinder*.



Gambar 2. 5 Komponen *Double Acting Cylinder* [9]

2.4 Solenoid Valve Pneumatik

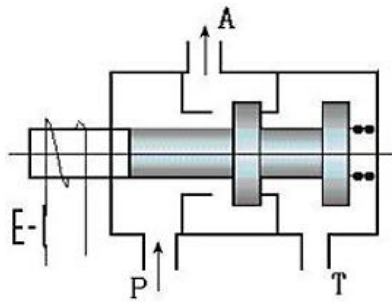
Solenoid Valve Pneumatic adalah katup yang digerakan oleh energi listrik, mempunyai kumparan sebagai penggeraknya yang berfungsi untuk menggerakkan piston yang dapat digerakan oleh arus AC maupun DC [10]. *Solenoid Valve Pneumatic* atau katup solenoida memiliki jumlah *port* yang berbeda-beda yang digunakan untuk *input* dan *exhaust* udara bertekanan. Prinsip kerja dari *solenoid valve* yaitu katup listrik yang mempunyai koil sebagai penggeraknya dimana ketika koil mendapatkan sumber tegangan, maka koil tersebut akan berubah menjadi medan magnet sehingga menggerakkan piston pada bagian dalamnya [10]. Berikut ini adalah dua tipe *Solenoid Valve* yang umum digunakan untuk menggerakkan *Single Acting Pneumatic* dan *Double Acting Pneumatic*.

Tabel 2. 3 Spesifikasi Solenoid Valve Pneumatik

Spesifikasi Solenoid Valve Pneumatik		
No	Spesifikasi	Keterangan
1	<i>Operating Voltage</i>	12 VDC
2	<i>Max Pressure</i>	1 – 10 Bar
3	<i>Working Temperature</i>	20°C - 70 °C

2.4.1 3/2 – Way Directional Control Valve

Solenoid Valve 3/2 merupakan salah satu katup pneumatik yang umum digunakan pada *Single Acting Cylinder*. Hal tersebut dikarenakan pada *solenoid valve 3/2* memiliki tiga buah *port* yang dimana terdapat satu *port* yang mengarah ke silinder pneumatik bekerja sebagai *input* sekaligus *exhaust* fluida dari sinder. Dua *port* lainnya pada *solenoid valve 3/2* digunakan sebagai jalur *input* udara dan *exhaust* udara ke atmosfer. Berikut ini adalah gambar skematik dari *solenoid valve 3/2*.



Gambar 2. 6 Skematik Solenoid Valve 3/2

(Sumber : <https://www.atosolenoidvalves.com>)

2.4.2 5/2 – Way Directional Control Valve

Solenoid valve 5/2 merupakan salah satu katup pneumatik yang umum digunakan pada *double acting cylinder*. Hal tersebut dikarenakan pada *solenoid valve 5/2* terdapat lima buah *port* yang dimana dua *port* digunakan untuk mengarahkan udara bertekanan ke silinder pneumatik dan tiga *port* sisanya digunakan sebagai *input* dan *exhaust* udara. Dua buah *port* digunakan untuk *double acting cylinder* yang bekerja secara bergantian sebagai *input* dan *exhaust* udara bertekanan. Tiga buah *port* sisanya dimana salah satunya digunakan sebagai jalur *input* udara dan dua lainnya adalah untuk *exhaust* udara yang akan dibuang ke atmosfer. Berikut ini adalah gambar skematik dari *solenoid valve 5/2*.



Gambar 2. 7 Skematik Solenoid Valve 5/2

(Sumber : <https://www.tokopedia.com/haluanflomatic>)

2.5 Submersible Waterpump 5V

Waterpump atau pompa air adalah suatu alat atau mesin yang digunakan untuk memindahkan cairan dari suatu tempat ke tempat yang lain melalui suatu media perpipaan dengan cara menambahkan energi pada cairan yang dipindahkan dan berlangsung secara terus menerus [11]. Prinsip kerja dari *waterpump* adalah membuat perbedaan tekanan antara bagian *suction* dan bagian *discharge*. Hal tersebut membuat fluida dapat mengalir dari suatu tempat ke tempat lainnya karena terdapat perbedaan tekanan. Terdapat berbagai jenis *waterpump* yang berbeda berdasarkan dari debit air dan tekanan *discharge* pada *water pump*. Berikut ini adalah tabel spesifikasi dari *Submersible Water Pump 5V*.

Tabel 2. 4. Spesifikasi *Submersible Water Pump 5V*

Spesifikasi Submersible Waterpump 5V		
No	Spesifikasi	Keterangan
1	Working voltage	2.5 - 6V
2	Flow rate	80-120L/H
3	Working current	220mA



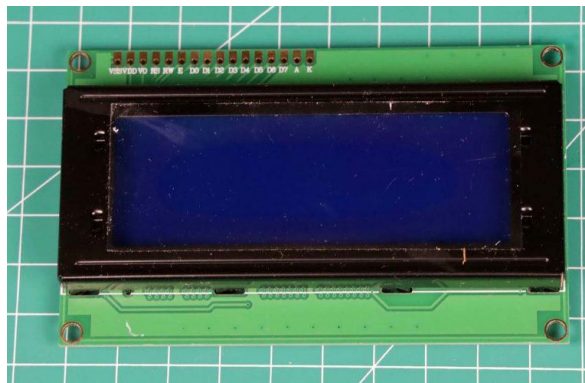
Gambar 2. 8 *Submersible Water Pump 12V*

(Sumber : <https://jogjarobotika.com>)

2.6 LCD I2C 20x4

2.6.1 LCD 20x4

LCD I2C 20x4 adalah LCD yang tampilannya terbatas pada tampilan karakter, khususnya karakter ASCII [12]. Terdapat total 80 karakter yang dapat ditampilkan pada layar LCD (*Liquid Crystal Display*) dengan konfigurasi 20 kolom dalam 4 baris. Prinsip kerja dari LCD 20x4 adalah dengan CMOS *logic* dengan memantulkan cahaya sekelilingnya terhadap *front-lit* atau mentransmisikan cahaya dari *back-lit*.



Gambar 2. 9 LCD 20x4

(Sumber : <https://elektrologi.ipitek.web.id/lcd-20x4>)

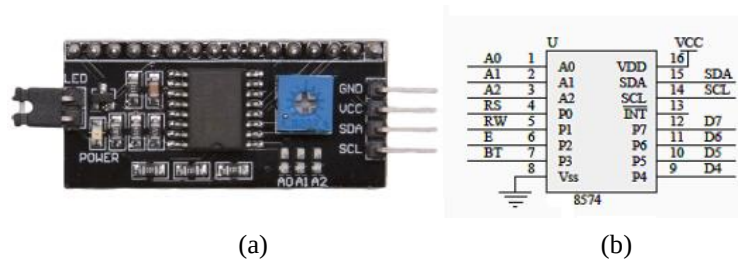
Tabel 2. 5 Spesifikasi LCD I2C 20x4

Spesifikasi LCD I2C 20x4		
No	Spesifikasi	Keterangan
1	<i>Operating Voltage</i>	4,7 – 5,3V
2	<i>Operating Current</i>	8 – 10mA
3	<i>LED Voltage</i>	4,2 – 4,6 V
4	<i>LED Current</i>	540 – 1080mA

2.6.2 Modul I2C

Inter Integrated Circuit atau sering disebut I2C adalah standar komunikasi serial dua arah menggunakan dua saluran yang di desain khusus untuk mengirim maupun menerima data [13].

Sistem I2C beroperasi menggunakan *master* dan *slave*. *Master* pada I2C merupakan bagian yang mengirimkan sinyal *start*, *stop*, dan *clock*. *Slave* menjadi bagian yang menerima sinyal tersebut, sehingga pada modul I2C terdapat dua pin utama yaitu SCL (*Serial Clock*) dan SDA (*Serial Data*).



Gambar 2. 10 (a) Modul I2C, (b) Skematik I2C IC 8574 [14]

2.7 Keypad 4x4

Keypad 4x4 adalah perangkat input elektronik yang terdiri dari 16 tombol atau *push button* yang tersusun dalam bentuk matriks 4 baris dan 4 kolom [15]. Keypad 4x4 menggunakan 8 pin yang dihubungkan ke perangkat mikrokontroller untuk melakukan komunikasi. Matriks baris pada Keypad 4x4 diberi nama B1, B2, B3, dan B4 dan matriks kolom diberi nama K1, K2, K3, dan K4. Hal tersebut digunakan untuk mengidentifikasi alamat tombol yang dituliskan pada *source code*, sehingga ketika tombol ditekan mikrokontroller dapat mengenali *input* tombol yang ditekan.



Gambar 2. 11 Keypad 4x4

(Sumber : <http://indomaker.com>)

Tabel 2. 6 Spesifikasi Keypad 4x4

Spesifikasi Keypad 4x4		
No	Spesifikasi	Keterangan
1	<i>Maximum Voltage</i>	24VDC
2	<i>Operating Temperature</i>	0 °C - 50°C
3	<i>Contact Resistance</i>	1K Ω
4	<i>Operating Current</i>	30mA

2.8 Power Supply WX-DC2412

Power Supply atau catu daya merupakan sebuah perangkat yang digunakan sebagai sumber tegangan untuk perangkat elektronik yang lainnya. Prinsip kerja dari *Power Supply* sendiri adalah dengan merubah arus AC yang bersumber dari listrik PLN menjadi arus DC. Perangkat ini digunakan untuk memberikan tegangan kepada perangkat elektronik yang membutuhkan arus DC. SMPS (*Switch-Mode Power Supply*) merupakan salah satu jenis catu daya yang sering digunakan. Cara kerja dari SMPS adalah dengan secara langsung merubah tegangan AC menjadi tegangan DC.

Berikut ini merupakan beberapa komponen yang terdapat dalam sebuah catu daya :

1. Transformator

Transformator atau trafo digunakan untuk merubah tegangan AC menjadi lebih rendah maupun lebih tinggi. Tegangan disesuaikan besarnya sesuai dengan spesifikasi catu daya.

2. Penyearah Gelombang

Penyearah gelombang digunakan untuk merubah arus AC menjadi arus DC. Umumnya penyearah gelombang AC menggunakan rangkaian dioda, seperti rangkaian penyearah setengah gelombang dan penyearah gelombang penuh.

3. Kapasitor Filter

Kapasitor digunakan sebagai filter dari gelombang arus AC yang sudah dirubah menjadi arus DC. Terdapat yang nama nya “*ripple*” dari arus DC yang telah dirubah dari arus AC. Kapasitor ini berfungsi sebagai filter untuk mengurangi *ripple* dan menciptakan tegangan DC yang lebih stabil.

4. Regulator Tegangan

Regulator Tegangan digunakan untuk memastikan bahwa tegangan keluaran akan tetap stabil, meskipun terdapat fluktuasi dari tegangan input. Regulator Tegangan dapat berupa rangkaian diskret atau linear.

5. Regulator Arus

Regulator Arus memiliki prinsip yang sama seperti regulator tegangan, yakni untuk menjaga arus keluaran tetap stabil dan memberikan arus sesuai dengan kebutuhan komponen elektronik yang terhubung. Regulator Arus juga menjadi rangkaian pengaman yang akan secara otomatis memotong arus listrik apabila terjadi short.



Gambar 2. 12 Power Supply

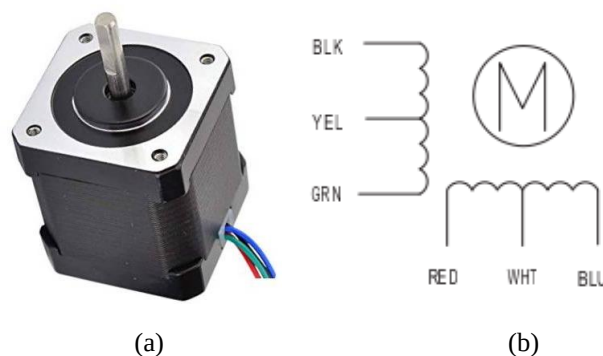
(Sumber : <https://www.duino.lk>)

Tabel 2. 7 Spesifikasi *Power Supply* WX-DC2412

Spesifikasi <i>Power Supply</i> WX-DC2412		
No	Spesifikasi	Keterangan
1	<i>Input Voltage</i>	110 – 245VAC
2	AC Frequency	50/60Hz
3	<i>Output Voltage</i>	12VDC
4	Max Output Current	8A

2.9 Stepper Motor NEMA 17

Stepper motor merupakan salah satu jenis motor yang sudut perputarannya dapat diatur secara presisi tanpa memerlukan *feedback* dari sensor. Sudut perpindahan diketahui dengan menghitung jumlah langkah yang akan dilakukan. Motor stepper merupakan satu-satunya jenis motor DC yang pengendaliannya dapat dilakukan secara *open loop* [16]. Perputaran motor stepper umumnya di kontrol melalui mikrokontroller dengan bantu driver motor seperti modul A4988. Biasanya motor stepper digunakan untuk aplikasi-aplikasi yang membutuhkan torsi kecil dengan akurasi yang tinggi, seperti pada penggerak *head* pada *floppy disk drive* atau pada CD-ROM [16].



Gambar 2. 13 (a) Stepper Motor Nema 17 [16], (b) Wiring Diagram Nema 17 [17]

Motor stepper Nema 17 merupakan salah motor stepper yang memiliki nilai *Step per Revolution* (SPR) sebanyak 200 SPR. Tingkat akurasi yang miliki oleh motor stepper Nema 17 cukup tinggi dengan *step*

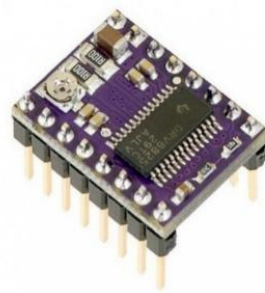
angle sebesar 1.8° dengan kekuatan torsi 3,2kg.cm. Berikut ini adalah tabel spesifikasi dari motor stepper Nema 17.

Tabel 2. 8. Spesifikasi Motor Stepper Nema 17

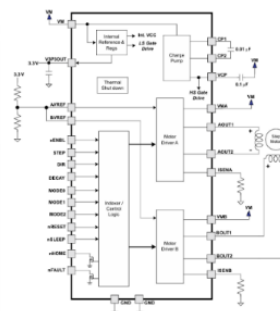
Spesifikasi Motor Stepper Nema 17		
No	Spesifikasi	Keterangan
1	Working Voltage	12V
2	Working Current	1.2A
3	Step Angle	1.8°
4	Phases	4
5	Torque	3,2kg.cm
6	Step per Revolution	200
7	Operating Temperature	-10°C - 40°C
8	Motor Length	1.54 inch

2.10 Driver Motor DRV8825

Driver Motor adalah sebuah komponen elektronik yang digunakan untuk mengontrol sebuah pergerakan suatu motor DC. Kecepatan dari sebuah motor DC dapat diatur sesuai dengan kebutuhan penggunaannya. Motor stepper dan motor servo merupakan motor yang perlu di kontrol menggunakan driver motor, hal tersebut dikarenakan untuk memposisikan pergerakan motor sesuai dengan sudut yang diinginkan.



(a)



(b)

Gambar 2. 14 (a) Driver Motor DRV8825 , (b) Skematik DRV8825

Driver motor stepper DRV8825 dapat digunakan untuk kontrol satu motor stepper bipolar hingga mencapai arus 2A yang dikendalikan melalui antarmuka *step* dan *direction*. Antarmuka ini menggunakan gelombang kotak (*square wave*) untuk mengatur kecepatan, dan sinyal logika *high/low* untuk mengatur arah putaran motor [18]. Nema 17 pada umumnya di kontrol dengan bantuan DRV8825 karena dapat memudahkan dalam pengaturan *Step per Revolution* dan arah perputarannya. Berikut adalah spesifikasi dari driver motor stepper DRV8825.

Tabel 2. 9. Spesifikasi driver motor DRV8825

Spesifikasi Driver Motor DRV8825		
No	Spesifikasi	Keterangan
1	Tegangan kerja	8.2 – 45V
2	Arus Maksimal	2.5A
3	Input Tegangan Logika	2.2 - 5.25V
4	Suhu Kerja	150 - 180°C

Pergerakan motor stepper memiliki konfigurasi arus yang berbeda-beda untuk mencapai pergerakan yang mulus dan sesuai dengan spesifikasi motor stepper itu sendiri. Arus PWM *chopping* diatur oleh sebuah komparator yang membandingkan tegangan pada resistor sensor arus yang terhubung ke pin xISEN setelah dikalikan dengan faktor 5 dengan sebuah tegangan referensi. Tegangan referensi tersebut dimasukkan melalui pin xVREF.

$$I_{CHOP} = \frac{V_{REFX}}{5 \times R_{ISENSE}} \quad (2.1)$$

Dimana,

- I_{CHOP} = Arus (A)
- V_{REFX} = Tegangan Referensi (V)
- R_{ISENSE} = Resistor Sensor Arus (Ω)

2.11 Sensor *Waterflow* YF-S401

Sensor *waterflow* merupakan alat elektronik yang digunakan sebagai *input* untuk mendeteksi dan merespon pergerakan laju aliran air. *Output* yang dihasilkan dari sensor *waterflow* umum nya berupa sinyal pulsa yang dikirimkan ke mikrokontroller seperti Arduino. Sebagaimana pada sebuah sensor, keakuratan mutlak pada pengukuran memerlukan fungsi untuk pengkalibrasian sensor [19].



Gambar 2. 15 *Waterflow* Sensor YF-S401 [19]

Sensor *Waterflow* YF-S401 merupakan salah sensor yang memiliki tingkat akurasi yang tinggi dalam mengukur laju aliran air. Sensor tipe ini memiliki rotor dan *transducer hall-effect* di dalamnya untuk mendeteksi putaran rotor ketika ada aliran air yang melewatinya [19]. Adapun spesifikasi Sensor *Waterflow* YF-S401 dapat dilihat sebagai berikut.

Tabel 2. 10. Spesifikasi Sensor *Waterflow* YF-S401

Spesifikasi Sensor <i>Waterflow</i> YF-S401		
No	Spesifikasi	Keterangan
1	Error	$\pm 5\%$
2	Flow Rate	0.3 – 6 L/min
3	Max Water pressure	<0.8 MPa
4	Working Current	10 mA (DC 5V)
5	Working Voltage	5 – 24 V

6	Max. Operating current	15 mA
---	------------------------	-------

Prinsip kerja dari sensor ini didasarkan pada jumlah putaran rotor yang sebanding dengan laju aliran air yang melaluinya. Setiap putaran rotor akan memicu *transducer hall-effect* untuk menghasilkan pulsa digital. Untuk mengonversi jumlah pulsa tersebut menjadi satuan volume (ml), digunakan rumus perhitungan volume fluida sebagai berikut [21].

$$F = K_{cal} \times Q \quad (2.2)$$

Dimana :

- F = Frekuensi (Pulse/min)
- K_{cal} = Konstanta Kalibrasi (L/pulse)
- Q = Debit (L/min)

$$Q = \frac{V}{t} \quad (2.3)$$

Dimana :

- Q = Debit (L/min)
- K_{cal} = Konstanta Kalibrasi (L/pulse)
- t = Waktu (min)

Dengan melakukan substitusi definisi Q ke dalam persamaan karakteristik sensor, maka didapatkan penurunan sebagai berikut:

$$F = K_{cal} \times Q \quad (2.4)$$

$$\frac{P}{t} = K_{cal} \times \frac{V}{t} \quad (2.5)$$

$$P = K_{cal} \times V \quad (2.6)$$

$$V_{total} = \frac{P}{K_{cal}} \quad (2.7)$$

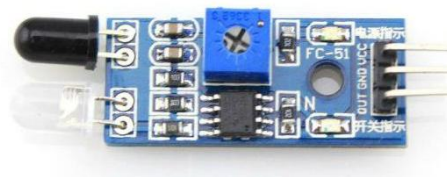
Dimana :

- V_{total} = Volume Total (Liter)
- K_{cal} = Konstanta Kalibrasi (L/pulse)
- P = Pulse (Pulsa)

Berdasarkan persamaan diatas, akurasi pengukuran volume fluida sangat ditentukan oleh ketepatan jumlah pulsa yang dihasilkan oleh Sensor *Waterflow* YF-S401. Mengingat setiap unit Sensor *Waterflow* YF-S401 memiliki karakteristik rotor yang unik, maka penentuan nilai konstantan kalibrasi (K_{cal}) menjadi parameter penting untuk menjamin linieritas antara frekuensi pulsa dengan volume riil nya.

2.12 Sensor *Infrared* FC-51

Sensor *Infrared* FC-51 adalah sensor elektronik yang mampu untuk mendeteksi objek di depan nya dengan memanfaatkan pantulan sinar *infrared*. Sensor *infrared* FC-51 bekerja dengan mengeluarkan sinar melalui LED *transmitting* yang kemudian akan diterima sensor *receiver*. Objek yang berada di depan sensor akan memantulkan kembali sinar *infrared* yang akan diterima oleh sensor *receiver*.



Gambar 2. 16 Sensor *Infrared* FC-51

Sensor FC-51 memiliki potensiometer yang dapat digunakan untuk menyesuaikan jarak dari 2 – 30 cm. Hasil yang pembacaan yang diberikan oleh sensor *infrared* FC-51 berupa logika *low* dan *high*. Berikut adalah tabel spesifikasi dari sensor *infrared* FC-51.

Tabel 2. 11. Spesifikasi Sensor *Infrared FC-51*

No	Spesifikasi Sensor <i>Infrared FC-51</i>	
	Spesifikasi	Keterangan
1	Tegangan Kerja	3-5V
2	Jarak Deteksi	2-30cm
3	Hasil keluaran	Digital (0 dan 1)
4	Arus Kerja	100mA

2.13 Mata *Semi Press*

Mata *Semi Press* merupakan alat yang digunakan untuk melakukan *capping* botol parfum. Material dari Mata *Semi Press* ini menggunakan bahan plastik yang memiliki ketahanan cukup baik dalam melakukan *capping* dengan spesifikasi untuk tutup botol parfum diameter 15mm dan 13 mm. Tutup botol parfum model semi-press merupakan inovasi yang diperbarui dari model press biasa. Hasil *capping* menggunakan mata *Semi Press* memiliki kualitas yang lebih baik dalam mencegah kebocoran pada botol parfum, selain itu waktu yang dibutuhkan untuk melakukan *capping* juga lebih cepat karena proses nya yang lebih mudah.



Gambar 2. 17 Mata *Semi Press*

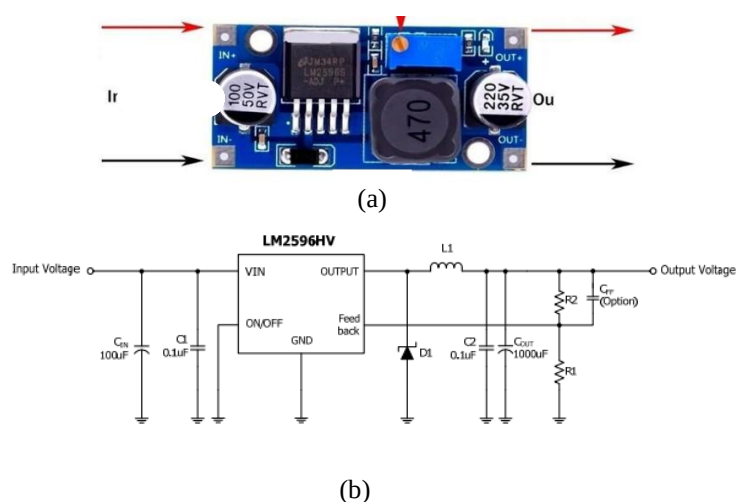
(Sumber : <https://shopee.co.id>)

Tabel 2. 12 Spesifikasi Mata *Semi Press*

Spesifikasi Mata <i>Semi Press</i>		
No	Spesifikasi	Keterangan
1	Bahan	Plastik
2	Diameter <i>Press</i>	13mm & 15mm

2.14 Buck Converter LM2596

Buck Converter merupakan sebuah penurun tegangan yang sering digunakan karena dapat mengalurkan arus hingga 3 ampere [22]. IC LM2596 memiliki karakteristik tegangan output dengan tingkat *ripple* yang rendah, sehingga tegangan output nya lebih stabil. Tegangan *output* nya dapat diatur melalui potensiometer dari 1,1 Volt hingga 37 Volt. Pengoperasian *Buck Converter* LM2596 memiliki efisiensi yang lebih baik dibandingkan dengan *voltage regulator* seperti LM7805, hal tersebut dikarenakan pada rangkaian *Buck Converter* LM2596 menggunakan prinsip *switching* dengan merubah tegangan secara cepat sehingga energi yang terbuang berupa panas lebih sedikit.



Gambar 2. 18 (a) *Buck Converter* LM2596 [22], (b) Skematik LM2596

Tabel 2. 13 Spesifikasi *Buck Converter* LM2596

Spesifikasi <i>Buck Converter</i> LM2596		
No	Spesifikasi	Keterangan
1	<i>Max Input Voltate</i>	40V
2	<i>Max Output Voltate</i>	1,2V – 37V
3	<i>Max output Current</i>	3A
4	<i>Working Temperature</i>	-40°C - 125°C

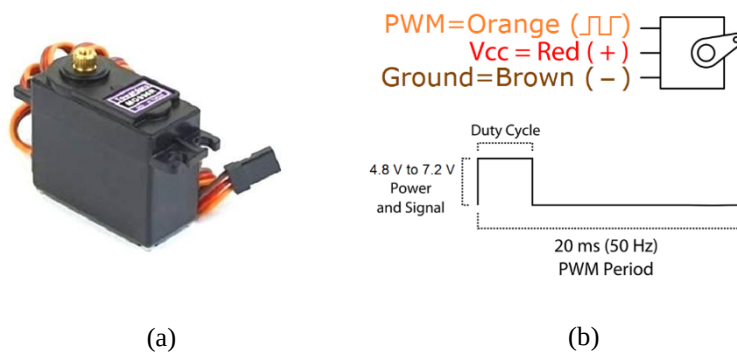
2.15 Motor Servo

Motor servo merupakan jenis motor yang bekerja menggunakan sistem *closed-loop feedback*, di mana posisi motor akan dikirimkan kembali sebagai umpan balik ke rangkaian pengendali yang terdapat di dalam motor servo. Motor ini tersusun atas beberapa komponen, yaitu motor listrik, rangkaian roda gigi (*gear*), potensiometer, serta rangkaian kontrol [23].

Dalam rancang bangun alat ini, digunakan dua jenis motor servo, yaitu servo MG966R dan servo SG90, yang dipilih berdasarkan perbedaan karakteristik torsi dan fungsi kerja pada masing-masing mekanisme sistem, sehingga kinerja alat dapat berjalan secara optimal dan presisi.

2.15.1 Servo MG996R

Servo MG996R merupakan motor servo yang dirancang untuk menghasilkan kendali yang presisi terhadap posisi sudut, kecepatan, dan torsi. Motor ini mampu mengatur posisi poros keluaran (*output shaft*) pada sudut tertentu secara akurat berdasarkan sinyal kendali yang diterima [24], sehingga sangat sesuai digunakan sebagai aktuator pada mekanisme gripper dalam rancang bangun alat ini. Berikut merupakan gambar Servo MG996R yang dapat dilihat pada tabel berikut.



Gambar 2. 19 (a) Motor Servo MG996R, (b) Skematik Motor Servo MG996R

Tabel 2. 14 Spesifikasi Motor Servo MG996R

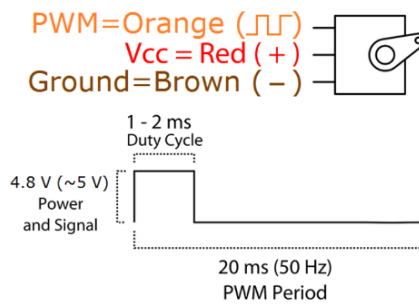
Spesifikasi Motor Servo MG996R		
No	Spesifikasi	Keterangan
1	<i>Operating Voltage</i>	4,8V – 7,2V
2	<i>Operating Current</i>	500mA – 900mA (6V)
3	<i>Torque</i>	9,4 Kg.cm (at 4.8V)
4	<i>Maximum Stall Torque</i>	11 Kg.cm (6V)
5	<i>Rotation</i>	0° - 180°
6	<i>Gear Type</i>	Metal

2.15.2 Servo SG90

Motor servo SG90 merupakan salah satu jenis motor servo yang banyak digunakan pada sistem kendali berbasis mikrokontroler untuk aplikasi berskala sederhana. Motor servo ini memiliki tiga pin utama, yaitu *Ground*, *VCC*, dan pin sinyal (PWM), dengan tegangan kerja berkisar antara 4,8 hingga 6 volt. Berdasarkan karakteristik tersebut, motor servo SG90 digunakan dalam rancang bangun alat ini sebagai aktuator penggerak pada mekanisme tertentu, yang dikendalikan melalui sinyal PWM dari sistem kontrol untuk menghasilkan pergerakan sesuai dengan kebutuhan perancangan [25]. Berikut merupakan spesifikasi Servo SG90 yang dapat dilihat pada tabel berikut.



(a)



(b)

Gambar 2. 20 (a) Motor Servo SG90, (b) Skematik Motor Servo SG90

Tabel 2. 15 Spesifikasi Motor Servo SG90

Spesifikasi Motor Servo SG90		
No	Spesifikasi	Keterangan
1	<i>Operating Voltage</i>	4.8 V (~5V)
2	<i>Dimension</i>	22.2 x 11.8 x 31 mm <i>approx.</i>
3	<i>Stall Torque</i>	1,8 kg.cm
4	<i>Max Angle</i>	180°
5	<i>Temperature Range</i>	0°C - 55°C

2.16 Motor DC JGY370

Motor DC (*Direct Current*) merupakan salah satu jenis motor listrik yang bekerja menggunakan arus searah untuk mengonversi energi listrik menjadi energi mekanik. Motor ini banyak diaplikasikan pada bidang industri, robotika, serta kendaraan listrik karena memiliki kemudahan dalam pengaturan kecepatan dan torsi. Pengendalian motor DC dapat dilakukan menggunakan metode *Pulse Width Modulation* (PWM)

maupun melalui rangkaian pengendali yang berbasis mikrokontroler [26]. Motor DC JGY370 ini berperan sebagai penggerak utama belt konveyor. Berikut ini adalah tabel spesifikasi untuk Motor DC JGY370.



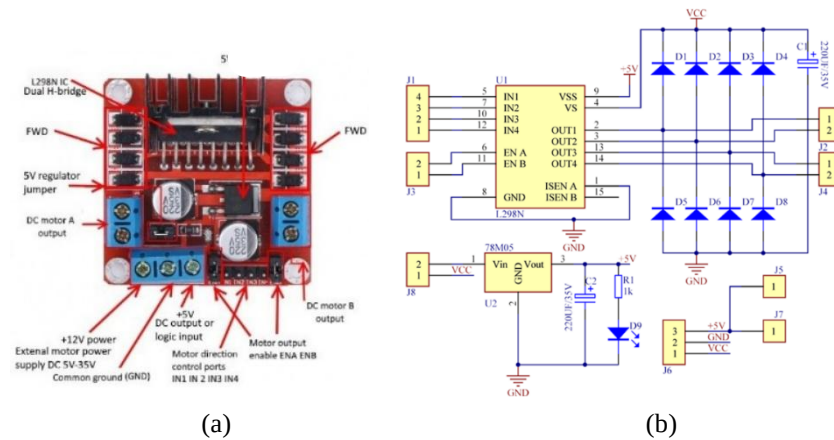
Gambar 2. 21 Motor DC JGY370

Tabel 2. 16 Spesifikasi Motor DC JGY370

Spesifikasi Motor DC JGY370		
No	Spesifikasi	Keterangan
1	<i>Rated Volt Motor DC</i>	12 VDC
2	<i>No load Speed</i>	160 RPM
3	<i>No Load Current</i>	35 mA
4	<i>Load Torque</i>	0,55 kg.cm
5	<i>Load Speed</i>	128 RPM

2.17 Motor Driver L298N

Driver L298N adalah modul elektronika yang berfungsi sebagai pengendali arah putaran motor DC. IC driver L298 memiliki kemampuan untuk menggerakkan motor DC dengan arus hingga 2A dan tegangan maksimum hingga 40 Volt DC[27]. Berikut adalah gambar dan tabel spesifikasi untuk Motor Driver L298N.



Gambar 2. 22 (a) Motor Driver L298N, (b) Skematik Motor Driver L298N

Tabel 2. 17 Spesifikasi Motor Driver L298N

Spesifikasi Motor Driver L298N		
No	Item	Spesifikasi
1	Logic Voltage	5V DC
2	Drive Voltage	5-35V DC
3	Logical Current	0mA-36mA
4	Driving Current	2A (MAX single bridge)
5	Temperature	-20°C-135°C
6	Maximum Power	25W
7	Weight	30g

2.18 Low Pass Filter

Low Pass Filter (LPF) adalah sebuah rangkaian di mana tegangan keluarannya tetap berupa arus searah (DC) hingga mencapai frekuensi *cut-off* yang diinginkan [28]. Dalam pengoperasiannya, *driver* motor seringkali terpapar gangguan elektromagnetik (*noise*) frekuensi tinggi yang berasal dari aktivitas *switching* pada motor DC. Untuk menjaga stabilitas sinyal kontrol, pada rangkaian ini ditambahkan kapasitor yang berfungsi sebagai *Low Pass Filter* (LPF). Pemasangan kapasitor ini bertujuan untuk meredam lonjakan tegangan dengan cara mengalirkan gangguan frekuensi

tinggi langsung ke *ground*. Secara teori, frekuensi *cut-off* diperoleh dengan persamaan berikut [29].

$$f_c = \frac{1}{2\pi RC} \quad (2.8)$$

Dimana :

- f_c = Frekuensi *cut-off* (Hz)
- R = Hambatan (Ω)
- C = Nilai Kapasitor (Farad)

Implementasi *Low Pass Filter* pada rangkaian ini berfungsi sebagai proteksi sinyal terhadap interferensi *noise* yang dihasilkan oleh aktuator seperti motor induksi. Lonjakan frekuensi tinggi akibat *switching* motor akan diredam, sehingga pembacaan sensor tetap akurat dan terhindar dari *noise* yang berlebih.

2.19 Evaluasi Tingkat Akurasi dan Presisi Sensor

Pengukuran tingkat akurasi serta presisi sitem sensor dapat dianalisis secara kuantitatif dengan menerapkan dua metode persamaan berikut ini.

2.19.1 Root Mean Square Error (RMSE)

RMSE digunakan untuk menghitung rata-rata selisih kuadrat antara pembacaan sensor dan nilai dari alat referensi [30]. Secara matematis, RMSE menghitung akar dari rata-rata selisih kuadrat untuk memberikan gambaran mengenai besaran kesalahan yang dihasilkan oleh sistem. Semakin kecil nilai RMSE yang diperoleh, maka semakin tinggi tingkat akurasi sensor dalam mempresentasikan data volume yang sebenarnya.

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - y_i)^2} \quad (2.9)$$

Dimana :

- n = Jumlah total sampel percobaan
- x_i = Nilai hasil pengukuran pada kengujian ke-I (ml)
- y_i = Nilai volume hasil pembacaan sensor sensor pada pengujian ke-i (ml)

2.19.2 Standar Deviasi

Standar Deviasi digunakan untuk menilai konsistensi atau keandalan pengukuran sensor selama periode tertentu [30].

$$SD = \sqrt{\frac{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n - 1}} \quad (2.10)$$

Dimana :

- x_i = Nilai hasil pengukuran pada kengujian ke-I (ml)
- $\bar{x}$ = Nilai rata-rata dari seluruh hasil pengukuran
- n = Jumlah total sampel percobaan