

BAB II DASAR TEORI

Pada bab dasar teori ini akan membahas teori terkait dan komponen-komponen yang di gunakan untuk perancangan alat pengering otomatis daun kelor dengan Mikrokontroler Arduino Atmega 2560.

2.1. Kajian Pustaka

Dalam pembuatan Tugas Akhir ini dilakukan pembelajaran terhadap penelitian terdahulu. Berikut merupakan referensi yang berhubungan dengan judul Tugas Akhir penulis yang berjudul “Rancang Bangun Alat Pengering Daun Kelor (*Moringa Oleifera*) Otomatis Berbasis Arduino Mega 2560 ”, sebagai berikut :

Tabel 2. 1 Tinjauan Pustaka

Judul penelitian	Penulis/Tahun	Keterangan
Analisis Perpindahan Panas		
Mesin Pengering Daun Kelor Tipe Tray Dryer 2022 Menggunakan lampu Pijar Sebagai Pemanas	Anderias Lalo Mere	Perancangan komponen Pengering Daun Kelor.
Perancangan Sistem Kontrol Pada Alat Fermentasi dan Pengeringan Biji Kakao	Muhamad Irfandi, Arnisa Stefanie 2023	Perancangan Komponen Sensor Suhu Arduino.
Rancang Bangun Alat Pengeirng daun kelor otomatis	Indica Yona Okyranida,2023	Referensi dan panduan untuk pengoperasian Arduino.

2.2. Kadar Air

Dalam penentuan kadar air terdapat 2 metode, yaitu menggunakan metode langsung dan metode tidak langsung. Dalam metode langsung, terdapat dua metode yang umum digunakan, yaitu metode gravimetri dan metode destilasi. Pada teknik gravimetri, sampel bahan ditempatkan dalam dome ruangan pengeringan daun kelor hingga massa bahan tersebut mencapai kestabilan.

Pengukuran kadar air menggunakan metode gravimetri dilakukan dengan menghitung jumlah air yang menguap dari produk. Sementara itu, dalam teknik destilasi, Kandungan air diminimalkan dengan cara memanaskan daun kelor dalam air, lalu mengukur jumlah air yang menguap dari daun kelor dengan cara mengamati kondensasi uap air atau dengan menghitung perubahan massa sampel.

1. Kadar air massa basah (basis basah)

$$\%KAbb = \frac{\{Wb - Wk\}}{\{Wb\}} \times 100\% \quad (2.1)$$

Keterangan :

(%) Wb = massa basah (g)

Wk = massa kering (g)

2. Kadar air massa kering (basis kering) ialah perbandingan antara massa air di dalam bahan pangan dengan massa kering bahan. Penentuan kadar air bahan berdasarkan massa kering adalah:

$$\%KAbk = \frac{\{Wb - Wk\}}{\{Wk\}} \times 100\% \quad (2.2)$$

Keterangan : KAbk = kadar air basis kering (%)

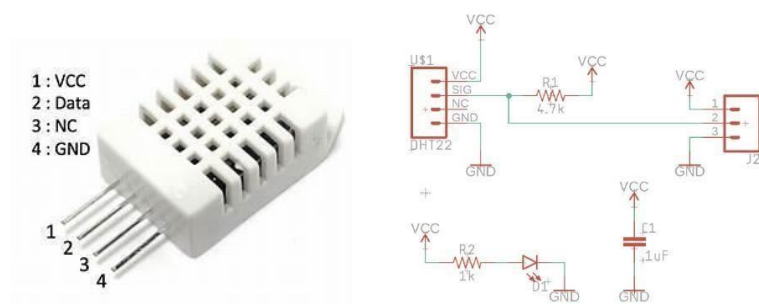
2.3. Pengering Daun Kelor

Salah satu tahap penting setelah panen yang memiliki dampak besar adalah proses pengering daun kelor, karena tahap ini dapat berpengaruh pada kualitas daun kelor dan menurunkan nilai jualnya. Sebagaimana besar petani lokal masih mengandalkan metode pengeringan tradisional, Seperti menjemur daun kelor di atas permukaan tanah, pengeringan di atap atau di tenda terbuka. Kelemahan dari metode ini meliputi kerentanan terhadap perubahan cuaca yang tidak stabil, kurangnya kebersihan.

Pengeringan daun kelor dilakukan pada suhu antara 50 hingga 60°C dengan kecepatan udara konstan 0,5 m/s. Kenaikan suhu pengeringan yang berlebihan dapat merusak warna daun kelor, terutama untuk daun kelor. Proses pengeringan dapat dibagi menjadi dua tahap, pertama dengan penjemuran hingga mencapai kadar air sekitar 13%, lalu diikuti oleh pengeringan mekanis hingga kadar air mencapai 6%. Tujuan utama dari proses pengeringan ini adalah untuk mengurangi kadar air daun kelor dari sekitar 75-78% menjadi sekitar 6%. Pada kadar air tersebut, daun kelor dapat disimpan dalam karung dan ditempatkan di gudang dengan kondisi lingkungan tropis. Pengeringan bisa dilakukan melalui metode penjemuran, mekanis, atau kombinasi kedua metode tersebut[1].

2.4. Sensor DHT

DHT22 merupakan sensor suhu dan kelembaban udara yang menghasilkan sinyal digital yang telah dikalibrasi dengan sensor suhu dan kelembaban yang canggih. Teknologi ini menjamin tingkat keandalan yang tinggi dan stabilitas yang luar biasa dalam jangka panjang. Sensor ini terhubung ke mikrokontroler dengan kinerja tinggi sebanyak 16 bit. DHT22 melibatkan elemen resistif dan komponen pengukur suhu NTC. Ini memiliki mutu yang sangat baik, respons yang cepat, kemampuan tahan gangguan, dan memberikan nilai kinerja yang tinggi secara ekonomis[6]. Berikut merupakan tampilan dari Gambar 2.1. DHT 22 :



Gambar 2. 1 Sensor DHT 22

Setiap sensor DHT22 dilengkapi dengan kalibrasi kelembaban yang sangat akurat yang telah diatur dalam memori program OTP. Sensor internal mendeteksi sinyal dalam proses, yang kita sebut sebagai koefisien kalibrasi. Spesifikasi sensor DHT 22 dapat dilihat pada tabel 2.2. :

Tabel 2. 2 Spesifikasi Sensor DHT 22

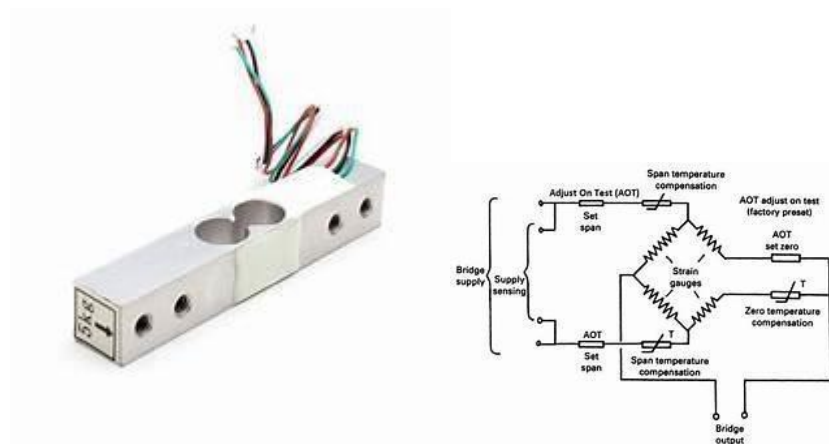
Spesifikasi DHT 22	
Rentang Pengukuran	2.7 VDC – 3.6 VDC
Kelembapan	
Rentang Pengukuran Suhu	0° C - 80° C
Akurasi Sensor Kelembapan	±0,5°C
Akurasi Sensor Suhu	±2% RH
Catu Daya Sensor	3,3V - 5V
Arus Daya yang dibutuhkan	1mA
Interval pengambilan Sampel	2 detik (minimum)
Resolusi Pengiriman Data	16-bit

2.5. Sensor Berat (Load Cell)

Sensor load cell adalah alat yang mampu mengubah berat suatu objek menjadi sinyal listrik. Ini terjadi karena adanya perubahan resistansi pada strain gauge yang

terdapat di dalamnya. Sensor load cell biasanya memiliki empat susunan strain gauge. Nilai konduktivitas pada sensor load cell berkaitan secara proporsional dengan gaya atau beban yang diterimanya, dan sensor ini memiliki karakteristik resistif.

Pada saat sensor load cell tidak mendapat beban, nilai resistansinya akan tetap sama di semua sisi sensor. Namun, nilai resistansi akan berubah menjadi tidak seimbang ketika sensor load cell menerima beban. Proses ini adalah yang digunakan untuk mengukur berat suatu objek oleh sensor load cell. Sensor load cell terdiri dari beberapa komponen, termasuk konduktor, strain gauge, dan jembatan Wheatstone [7]. Gambar modul dan spesifikasi Sensor Loadcell dapat dilihat pada gambar 2.2 dan tabel 2.3.



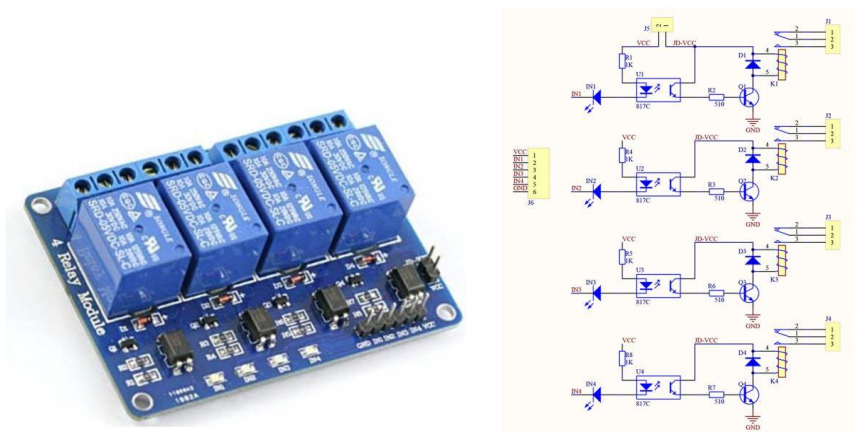
Gambar 2. 2 Load Cell

Tabel 2. 3 Spesifikasi Sensor Loadcell

Spesifikasi	Keterangan
Rated Load	10kg
Rated Output	1.0mV/V $\pm$ 0.15mV/V
Creep	0.03%F.S./30min
Input End	Red+(power), Black-(power)
Output End	Blue/Green+(signal), White-(signal)
Recommended operating voltage	3 ~ 12 VDC
Maximum operating voltage	15 VDC
Input Impedance	1115 $\pm$ 10% Ω
Output Impedance	1000 $\pm$ 10% Ω

2.6. Relay 4 Chanel

Relay merupakan salah satu komponen elektronika mekanik yang pada umumnya digunakan sebagai saklar (switch) dan dioperasikan secara elektrik. Relay terdiri dari dua buah komponen utama yaitu koil sebagai bagian elektromagnet dan kontak saklar yang merupakan bagian mekanik. Koil pada relay umumnya memiliki spesifikasi tegangan kerja yang bermacam-macam contohnya 5VDC, 9VDC, 12 VDC dan sebagainya [8]. Selain itu ada juga relay yang memiliki spesifikasi tegangan kerja berjenis AC. Gambar dan Scematic *Relay 4 Chanel* terdapat pada gambar 2.3 dan tabel 2.4.



Gambar 2. 3 Relay dan rangkaiannya

Tabel 2. 4 Spesifikasi relay

Spesifikasi	Keterangan
<i>Working voltage</i>	5VDC
<i>Working current</i>	15 – 20mA
<i>Output voltage</i>	Max. DC 30V/10A, AC 250V/10A
<i>Input pin</i>	VCC, GND, IN1, IN2
<i>Output</i>	NO, NC, COM

Relay merupakan sakelar yang dioperasikan secara elektrik dan termasuk komponen elektromekanis yang terdiri dari dua bagian yaitu elektromagnet

(kumparan) dan mekanik (satu set kontak saklar). Relay menggunakan prinsip tuas sakelar untuk melilitkan kawat di sekitar batang besi (solenoid) di dekatnya. Ketika solenoida diberi energi, batang akan tertarik karena gaya magnet yang dihasilkan di solenoida, sehingga menutup kontak sakelar[7].

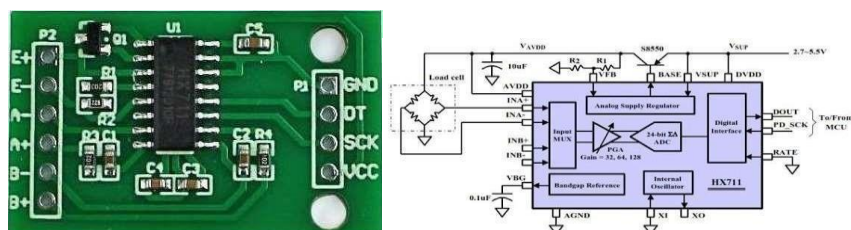
Relay terdiri dari beberapa komponen utama, termasuk kumparan, pegas, saklar, serta dua jenis kontak elektronik, yaitu :

1. NO (Normally open): saklar terbuka pada kondisi normal.
2. NC (Normally close): saklar tertutup pada kondisi normal.

Apabila relay diberi tegangan listrik maka relay akan bekerja dan akan langsung menutup (terhubung), namun jika relay tidak dapat beroperasi (terputus) apabila relay tidak mendapatkan tegangan. Hal tersebut dikarenakan relay memiliki sifat normally close (NC) dan normally open (NO).

2.7. Modul HX711

Modul HX711 adalah salah satu modul bersifat amplifer yang pada umumnya digunakan pada rangkaian timbangan digital. Modul HX711 dapat digunakan sebagai pengubah sinyal analog ke digital pada load cell. Modul memiliki nilai presisi yang sangat tinggi dengan input yang dirancang dalam berbagai jenis sensor Bridge yaitu sebesar 24 ADC [9]. Gambar Modul HX711 terdapat pada gambar 2.4. dan Tabel 2.5.



Gambar 2. 4 Modul HX711

Tabel 2. 5 Spesifikasi Modul HX711

Spesifikasi	Keterangan
Rated Load	10kg
Rated Output	1.0mV/V $\pm$ 0.15mV/V
Creep	0.03%F.S./30min
Input End	Red+(power), Black-(power)
Output End	Blue/Green+(signal), White-(signal)
Recommended operating voltage	3 ~ 12 VDC
Maximum operating voltage	15 VDC
Input Impedance	1115 $\pm$ 10% Ω
Output Impedance	1000 $\pm$ 10% Ω
Protection class	IP65
Total Size	3.16 x 0.51 x 0.51 inch
Cable	ϕ 0.8 $\times$ 20 cm
Material	Aluminum Alloy
Wiring	(Red: Power+) (Black: Power-) (Green: Signal+) (White: Signal-)
Dimensi	12.7mm*12.7mm*80mm

Dengan adanya channel A dan B pada module HX711 yang mempunyai fungsi dalam berkomunikasi secara multipleks sehingga modul ini dapat dilakukan pemrograman agar mempunyai elastisitas sebesar 128 atau 64 (20mV atau 40mV). Prinsip kerja module HX711 adalah sebagai penguat tegangan saat load cell aktif[8].

2.8. Motor Stepper Nema 23

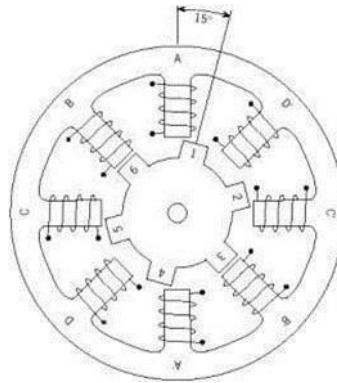
Motor Stepper adalah perangkat elektromekanis yang bekerja dengan mengubah pulsa elektronis menjadi gerakan mekanis diskrit. Motor Stepper bergerak berdasarkan urutan pulsa yang diberikan kepada motor. Karena itu, untuk menggerakkan Motor Stepper diperlukan pengendali Motor Stepper yang membangkitkan pulsa-pulsa periodik. Penggunaan Motor Stepper memiliki

beberapa keunggulan dari Motor Stepper adalah sudut rotasi motor proporsional dengan pulsa masukan sehingga lebih mudah diatur. Kemudian motor dapat langsung memberikan torsi penuh pada saat mulai bergerak. Posisi dan pergerakan repetisinya dapat ditentukan secara presisi. Kemudian sangat realibel karena tidak adanya sikat yang bersentuhan dengan rotor seperti pada motor DC. Frekuensi perputaran dapat ditentukan secara bebas dan mudah pada range yang luas. [10]

Motor Stepper dapat digunakan pada sistem kalang terbuka untuk pengoperasian dengan kecepatan rendah dan beban tetap, untuk sistem kalang tertutup memungkinkan pengendalian Motor Stepper pada kecepatan tinggi dan beban bervariasi. Pada Motor Stepper jika beban yang diberikan tidak sebanding dengan torque (torsi) motor, maka pada sistem kalang tertutup dapat menyebabkan posisi rotor tidak terdeteksi sehingga perlu di inisialisasi. [11]

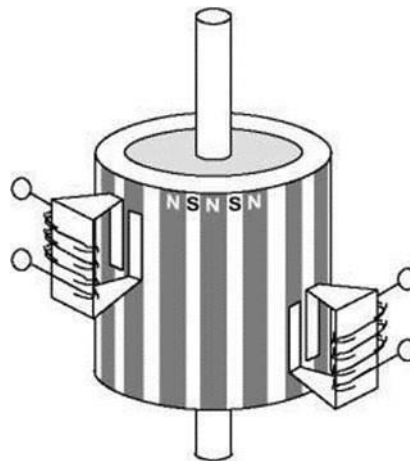
Motor Stepper pada dasarnya sama dengan motor- motor listrik pada umumnya yaitu memiliki bagian yang berputar disebut rotor dan bagian yang tidak berputar disebut stator. Pada bagian yang berputar (rotor) berupa sebuah magnet dan pada bagian yang tidak bergerak (stator) berupa kumparan. Kumparan pada stator ini bila dialiri arus listrik akan membentuk medan magnet. [12]

Motor Stepper memiliki 3 jenis yaitu tipe *Variable reluctance* (VR) lalu tipe *permanent magnet* (PM) dan tipe *Hybird* (HB). Pada tipe *Variable reluctance* Motor Stepper ini terdiri atas sebuah rotor besi lunak dengan beberapa gerigi dan sebuah lilitan stator. Ketika lilitan stator diberi energi dengan arus DC, kutubkutubnya menjadi termagnetasi. Perputaran terjadi ketika gigi-gigi rotor tertarik oleh kutub-kutub stator. Gambar 2.5 adalah penampang melintang dari Motor Stepper tipe *Variable Reluctance* (VR).



Gambar 2. 5 Penampang Melintang Dari Motor Stepper Tipe Variable Reluctance

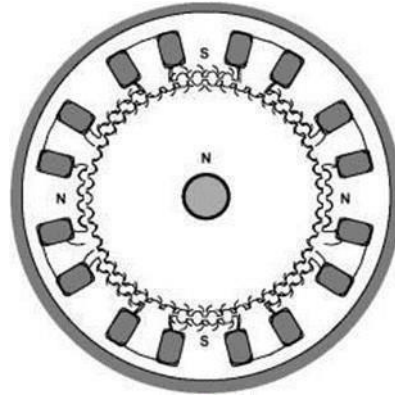
Motor Stepper jenis ini memiliki rotor yang berbentuk seperti kaleng bundar (tin can) yang terdiri atas lapisan magnet permanen yang diselang-seling dengan kutub yang berlawanan (perhatikan Gambar 2.6). Dengan adanya magnet permanen, maka intensitas fluks magnet dalam motor ini akan meningkat sehingga dapat menghasilkan torsi yang lebih besar. Motor jenis ini biasanya memiliki resolusi langkah (step) yang rendah yaitu antara 7,50 hingga 150 per langkah atau 48 hingga 24 langkah setiap putarannya.



Gambar 2. 6 Motor Stepper Tipe Permanent Magnet

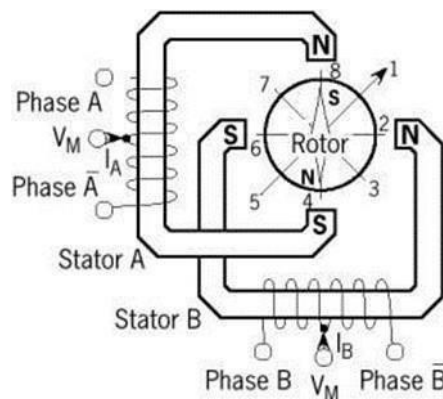
Motor Stepper tipe Hybrid memiliki struktur yang merupakan kombinasi dari kedua tipe Motor Stepper sebelumnya. Motor Stepper tipe Hybrid memiliki gigi-gigi seperti pada motor tipe VR dan juga memiliki magnet permanen yang tersusun secara axial pada batang porosnya seperti motor tipe PM. Motor tipe ini paling banyak digunakan dalam berbagai aplikasi karena kinerja lebih baik. Motor tipe

Hybird dapat menghasilkan resolusi langkah yang tinggi yaitu antara 3,60 hingga 0,90 per langkah atau 100-400 langkah setiap putarannya. Pada Gambar 2.7 ditunjukkan gambar dari penampang Motor Stepper tipe Hybrid.



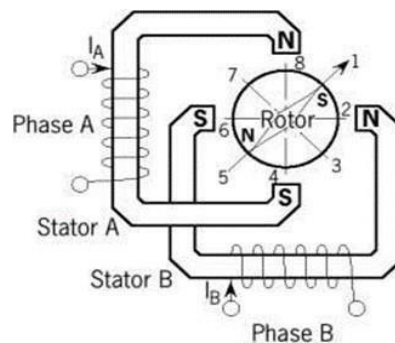
Gambar 2. 7 Penampang Melintang Dari Motor Stepper Tipe Hybrid

Berdasarkan metode perancangan rangkaian pengendalinya, Motor Stepper dapat dibagi menjadi jenis Unipolar dan Bipolar. Rangkaian pengendali Motor Stepper Unipolar lebih mudah dirancang karena hanya memerlukan satu switch / transistor setiap lilitannya. Untuk menjalankan dan menghentikan motor ini cukup dengan menerapkan pulsa digital yang hanya terdiri atas tegangan positif dan ground pada salah satu terminal lilitan motor sementara terminal lainnya dicatu dengan tegangan positif konstan (V_M) pada bagian tengah (center tap) dari lilitan. Gambar 2.8 adalah tipe Unipolar.



Gambar 2. 8 Motor Stepper Dengan Lilitan Unipolar

Untuk Motor Stepper dengan lilitan Bipolar, diperlukan sinyal pulsa yang berubah- ubah dari positif ke negatif dan sebaliknya. Jadi pada setiap terminal lilitan (A & B) harus dihubungkan dengan sinyal yang mengayun dari positif ke negatif dan sebaliknya terlihat pada Gambar 2.9. Karena itu dibutuhkan rangkaian pengendali yang agak lebih kompleks daripada rangkaian pengendali untuk motor Unipolar. Motor Stepper Bipolar memiliki keunggulan dibandingkan dengan Motor Stepper Unipolar dalam hal torsi yang lebih besar untuk ukuran yang sama.



Gambar 2. 9 Motor Stepper Dengan Lilitan Bipolar

Motor Stepper juga memiliki beberapa kelemahan dibanding motor servo, yaitu memiliki tingkat kebisingan yang sedikit lebih banyak daripada servo. Kemudian kecepatan Motor Stepper juga lebih lambat dibandingkan motor servo, yaitu berkisar antara 1000 hingga 2000 rpm maksimal. Motor Stepper juga menggunakan sistem open loop yaitu tidak adanya feedback sehingga harus diberi sensor tambahan agar dapat kembali ke posisi home. Dapat dilihat pada gambar2.10.



Gambar 2. 10 Motor Stepper Nema 23

Pada dasarnya Motor Stepper bergerak karena adanya pulsa masukan dari driver stepper Masukan pulsa dari driver sekuensial dalam bentuk 4 stage yaitu A ke B

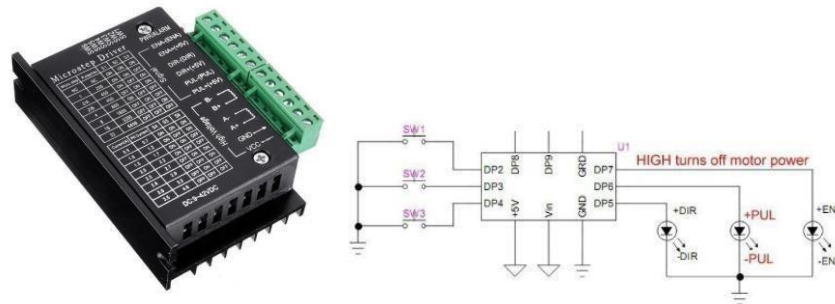
ke C ke D dan kembali ke A lagi. Setiap satu sekuensial pulsa maka akan membuat Motor Stepper bergerak. Setiap pengulangan 100 ms dalam satu detik maka stepper bergerak lambat dan jika setiap pengulangan 500ms dalam satu detik maka akan semakin lambat. Dapat dilihat di Tabel 2.6.

Tabel 2. 6 Spesifikasi Motor Strepper Nema 23

Spesifikasi	Keterangan
Model	4204
Tegangan Nominal	12V DC
Kecepatan Tanpa Beban	2000 - 4000 rpm
Arus Tanpa Beban	0,15A – 0,2A
Daya Keluaran	50 – 100 W
Diameter Poros	10 mm
Berat	1,2 kg
Arah Rotasi	CW (searah jarum jam) / CCW (berlawanan arah jarum jam)

2.9. Driver motor TB 6600

Driver adalah komponen elektronika yang bertugas mengendalikan pergerakan Motor Stepper, pada Driver terdapat pembagi stepping/sudut putar motor sehingga memudahkan dalam pengaturan kepresisian Motor Stepper. Driver ini khusus untuk Motor Stepper NEMA 23 dengan catu daya 9V-24V DC menggunakan H-Bridge bipolar fase konstan yang digerakkan oleh arus. Memiliki tiga sinyal input, yaitu sinyal pulsa motor (PUL), sinyal arah motor (DIR), motor dalam mode kontrol otomatis (ENA) dengan pemilihan common anode/cathode sesuai kebutuhan. Driver ini juga memiliki setting pulsa/microstep yang akan di hasilkan oleh TB6600, dan arus yang dibutuhkan sesuai spesifikasi motor yang digunakan dengan mengaktifkan DIP Switch. [13] Gamber driver tb 6600 terdapat pada gambar 2.11. dan Tabel 2.7.



Gambar 2. 11 Driver TB6600

Tabel 2. 7 Spesifikasi Driver TB6600

Spesifikasi	Keterangan
Tegangan	9V ~ 40VDC
Arus Maksimum	4.5 A
Arus Minimum	0.5 A
Jenis Motor	Bipolar 2 phase
Mikrostepping	1,2,4,8,16,32 (dipilih dengan switch)
Frekuensi	20 kHz
Kontrol Input	PUL,DIR,ENA

Driver TB6600 mampu mengendalikan Motor Stepper dari 1/1, 1/2, 1/4, 1/8, dan 1/16 step, bahkan memungkinkan lebih kecil dari itu. Untuk aplikasi dari Motor Stepper dengan teknik microstepping yang digunakan untuk men-drive Motor Stepper sebagai penggerak utama koordinat x-y-z. TB6600 adalah PWM choppertype single-chip bipolar sinusoidal. Sebagai penggerak motor step, step, micro-step. Kontrol rotasi depan dan belakang tersedia dengan 2 fase, fase 1-2 fase W1-2-fase, fase 2W1-2, dan fase 4W1-2 Mode. Motor step 2-fase bipolar-stepping dapat digerakkan hanya dengan sinyal clock dengan getaran rendah dan efisiensi tinggi. [12]

2.10. Electrical Heater Element

Electrical heating element merupakan elemen pemanas listrik yang banyak dipakai dalam kehidupan sehari-hari, di dalam rumah tangga ataupun peralatan mesin industri. Elemen pemanas terbuat dari logam nilai resistansinya yang tinggi, biasanya paduan nikel-chrome yang disebut nichrome. Jika arus mengalir melalui elemen dengan resistansi yang tinggi, aliran yang bekerja pada elemen ini akan menghasilkan panas. Jika arus mati, elemen secara perlahan menjadi dingin. Bentuk dan tipe dari Electrical heating elements ini bermacam-macam disesuaikan dengan fungsi, tempat pemasangan dan media yang akan dipanaskan. [13]

Panas yang dihasilkan oleh elemen pemanas listrik ini bersumber dari kawat ataupun pita bertahanan listrik tinggi (Resistance Wire) yang dialiri arus listrik pada kedua ujungnya dan dilapisi oleh isolator listrik yang mampu meneruskan panas dengan baik hingga aman jika digunakan. Di bawah ini adalah contoh elemen pemanas listrik ditunjukkan pada gambar 2.12. dan Tabel 2.8.



Gambar 2. 12 Heater

Tabel 2. 8 Spesifikasi Heater

Spesifikasi	Keterangan
Daya	300 Watt
Tegangan	220V ~ 50/60Hz
Material	Nickel Krom
Suhu Maksimum	300-500 °C (<i>umum</i>)

Pada pembuatan sistem ini, penulis menggunakan tipe elemen pemanas listrik bentuk dasar yang merupakan elemen pemanas dimana Resistance Wire hanya dilapisi oleh isolator listrik. Jenis elemen pemanas yang dipakai penulis untuk membuat sistem ini adalah jenis Insulative Corrugated Heater (PTC).

2.11. HMI Nextion

Merupakan sistem yang digunakan sebagai interface untuk menghubungkan antara manusia untuk berkomunikasi dengan mesin. HMI pada dasarnya berfungsi untuk menampilkan data hasil sensor atau proses otomatisasi yang terjadi pada Arduino Atmega 2560. Sehingga dapat dimonitor oleh manusia dan dapat dikontrol secara manual [14].

Pada HMI juga terdapat visualisasi pengendali mesin berupa tombol, slider dan sebagainya yang dapat difungsikan untuk mengontrol atau mengendalikan mesin.

Dapat dilihat pada gambar 2.13 dan Tabel 2.9.



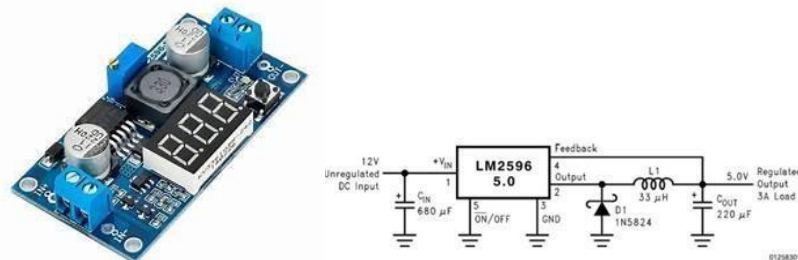
Gambar 2. 13 HMI Nextion

Tabel 2. 9 Spesifikasi HMI

Nama	Spesifikasi
<i>Blue backlight</i>	I2C
<i>Display Format</i>	3,5 inch TFT LCD,resolusi 480x320 piksel
<i>Supply voltage</i>	5V
<i>Back lit</i>	Blue LED backlight
<i>Supply voltage</i>	5V

2.12. Modul LM2596

Modul LM2596 merupakan modul yang berfungsi untuk menurunkan tegangan DC tinggi menjadi tegangan DC rendah. Modul LM2596 memiliki IC buck converter yang bekerja hingga arus 2A dan memiliki nilai efisiensi hingga 92%. Keluaran dari modul ini dapat diatur dengan tegangan berkisar antara 1.5V – 35 VDC dan input masukan memiliki tegangan berkisar antara 4.5V – 40 VDC [15]. Gambar dan Schematic LM2596 terdapat pada gambar 2.14. dan Tabel 2.10.



Gambar 2. 14 Modul LM2596

Tabel 2. 10 Spesifikasi LM2596 DC-DC Step Down

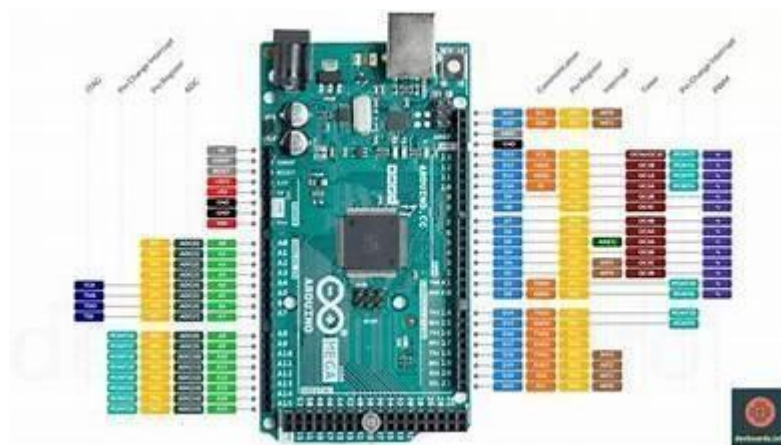
Nama	Spesifikasi
Tegangan Input	7-35 V
Tegangan Output	Dapat disesuaikan antara 1,25-30V
Dropout Voltage	Tegangan input harus 2V lebih tinggi dari tegangan output
Arus Output	0-3A (maksimum 3A)
Daya Output	15W (peningkatan pendinginan diperlukan jika suhu tinggi)
Efisiensi Konversi	Hingga 92% (efisiensi meningkat dengan tegangan output lebih tinggi)
Indikator Lampu	Merah: arus konstan atau pengisian, Biru: baterai penuh

Ripple Output	60mV (maksimum) pada bandwidth 20 MHz (contoh: input 12V, output 5V, arus 3A)
Kenaikan Suhu Beban Penuh	45°C
Arus Tanpa Beban	10mA (tipikal, pada input 12V dan output 4,2V)
Regulasi Beban	±1%
Regulasi Tegangan	±0,5%
Perlindungan Hubung Singkat	Ya, dengan arus konstan sesuai pengaturan

2.13. Mikrokontroler Arduino Mega 2560

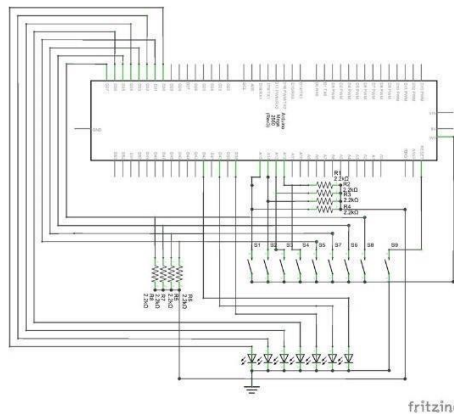
Papan mikrokontroler Arduino Mega 2560 dapat diprogram menggunakan perangkat lunak bawaan Arduino IDE maupun software lain yang memungkinkan memberi kemudahan memprogram dengan pustaka library bawaan perangkat lunak yang ada dengan fungsi-fungsi seperti “pinMode”, “digitalWrite”, dan lain-lain.

Dapat dilihat pada gambar 2.15.



Gambar 2. 15 Board Arduino Mega2560

Beberapa Berikut rangkaian elektronika dan Pin Power yang ada pada Arduino Mega dapat dilihat pada gambar 2.16 dan tabel 2.11 adalah sebagai berikut:



Gambar 2. 16 Schematic Board Arduino Mega2560

Tabel 2. 11 Spesifikasi Arduino Atmega 2560

Nama	Spesifikasi
Tegangan Operasi	5V
Tegangan Input	7-9V
Batas Tegangan Input	6-20V
Pin Digital I/O	54 (di mana 14 pin output PWM)
Pin Analog Input	16
Arus DC per I/O Pin	40 mA
Arus DC untuk Pin	3.3V 50 mA
Flash Memory	256 KB
SRAM	8 KB
EEPROM	4 KB (Atmega328)
Clock	16 MHz

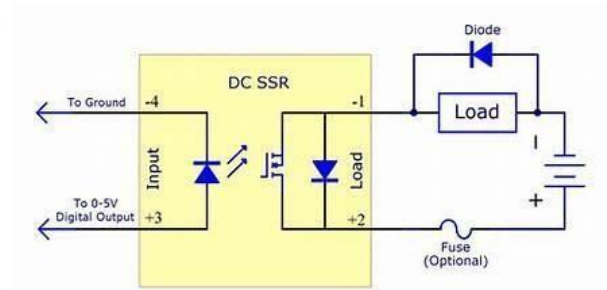
Para peneliti memilih Arduino Mega sebagai perangkat karena memiliki lebih banyak I/O daripada model Arduino lainnya. Arduino Mega 2560 dapat diberi daya melalui koneksi USB atau sumber daya eksternal. Board dapat beroperasi dengan

sumber daya eksternal yang memiliki tegangan antara 6V hingga 12V. Arduino Mega 2560 memiliki pin terbanyak dibandingkan jenis Arduino lainnya. Terdapat 54 pin digital yang tersedia pada Arduino Mega 2560, dan pengguna dapat menggunakannya sebagai input atau output dengan fungsi seperti pin Mode, digital Write, dan digital Read. Semua pin ini beroperasi pada tegangan 5V, dan mampu menyalurkan atau menerima arus hingga 20mA, dengan resistansi pull-up berkisar antara 20 hingga 50 Kohm (secara default dalam kondisi disconnected). Penting untuk diingat bahwa nilai arus maksimum adalah 40mA, dan sebaiknya kita menghindari melebihi batas ini untuk mencegah kerusakan pada chip mikrokontroler. [16]

2.14. Modul *Solid State Relay*

Solid State Relay (SSR) adalah sebuah saklar elektronik yang tidak memiliki bagian yang bergerak. Contohnya foto-coupled SSR, transformer-coupled SSR, dan hibrida SSR. SSR ini dibangun dengan isolator sebuah MOC untuk memisahkan bagian input dan bagian saklar. Dengan SSR kita dapat menghindari terjadinya percikan api dan sambungan tidak sempurna karena kontaktor keropos seperti yang terjadi pada relay konvensional. SSR menggunakan kontaktor berupa komponen aktif seperti TRIAC, sehingga relay ini dapat dikendalikan dengan tegangan rendah dan dapat digunakan untuk mengendalikan tegangan AC dengan voltase besar

Solid State Relay dapat diartikan sebagaimana kontrol ON-OFF di mana arus beban dilakukan oleh satu atau lebih semikonduktor, misalnya sebuah transistor daya, sebuah SCR, atau TRIAC. [17] Gambar pada Modul Solid State Relay dilihat pada gambar 2.17 dan Tabel 2.12.



Gambar 2. 17 Modul Solid State Relay

Tabel 2. 12 Spesifikasi SSR-25DA

		Kategori
<i>Input Data</i>	Parameter	Nilai
	<i>Operating Voltage</i>	3–32VDC
	<i>Min. ON/OFF Voltage</i>	ON > 2.4V, OFF < 1.0V
	<i>Trigger Current</i>	7.5mA / 12V
<i>Output Data</i>	<i>Control Method</i>	Zero Cross Trigger
	<i>Operating Voltage</i>	24–380VAC
	<i>Min. Block Voltage</i>	600VAC < Repetitive >
	<i>Voltage Drop</i>	1.6V / 25°C
	<i>Max. Durated Current</i>	275A
	<i>Leakage Current</i>	3.0mA
	<i>Response Time</i>	ON < 10ms, OFF < 10ms
<i>General Data</i>	<i>Dielectric Strength</i>	Over 2.5KVAC / 1min
	<i>Isolation Strength</i>	Over 50MΩ / 500VDC
	<i>Operating Temperature</i>	-20°C ~ +80°C
	<i>Housing Material</i>	Intensive ABS
<i>Weight</i>		Approx. 105g

Penggunaan Solid State Relay mempunyai beberapa keuntungan yang membuat relay ini banyak digunakan pada aplikasi-aplikasi kontrol untuk beban AC daripada digunakannya relay mekanik (Electromechanical Relay, EMR), walaupun biaya sebuah Solid State Relay lebih mahal daripada biaya sebuah relay mekanik biasa. Keuntungan solid-state relay antara lain :

1. Pada *Solid State Relay* tidak terdapat bagian yang bergerak seperti halnya pada relay. Relay mempunyai sebuah bagian yang bergerak yang disebut kontaktor dan bagian ini tidak ada pada *Solid State Relay*. Sehingga tidak mungkin terjadi '*no contact*' karena kontaktor tertutup debu bahkan karat.
2. Tidak terdapat '*bounce*', karena tidak terdapat kontaktor yang bergerak maka pada *Solid State Relay* tidak terjadi peristiwa '*bounce*' yaitu peristiwa terjadinya pantulan kontaktor pada saat terjadi perpindahan keadaan. Dengan kata lain dengan tidak adanya '*bounce*' maka tidak terjadi percikan bunga api pada saat kontaktor berubah keadaan.
3. Proses perpindahan dari kondisi 'off' ke kondisi 'on' atau sebaliknya sangat cepat hanya membutuhkan waktu sekitar 10 μ s sehingga solidstate relay dapat dengan mudah dioperasikan bersama-sama dengan *zero crossing* detektor. Dengan kata lain operasi kerja *Solid State Relay* dapat disinkronkan dengan kondisi *zero crossing* detektor.
4. *Solid State Relay* kebal terhadap getaran dan guncangan. Tidak seperti relay mekanik biasa yang kontaktornya dapat dengan mudah berubah bila terkena guncangan/getaran yang cukup kuat pada body relay tersebut.
5. Tidak menghasilkan suara 'klik', seperti relay pada saat kontaktor berubah keadaan.

6. Kontakor output pada *Solid State Relay* secara otomatis 'latch' sehingga energi yang digunakan untuk aktivasi solid-state relay lebih sedikit jika dibandingkan dengan energi yang digunakan untuk aktivasi sebuah relay. Kondisi ON sebuah *Solid State Relay* akan di latch sampai *Solid State Relay* mendapatkan tegangan sangat rendah, yaitu mendekati nol volt.
7. *Solid State Relay* sangat sensitif sehingga dapat dioperasikan langsung dengan menggunakan level tegangan CMOS bahkan level tegangan TTL. Rangkaian kontrolnya menjadi sangat sederhana karena tidak memerlukan level konverter.
8. Masih terdapat couple kapasitansi antara input dan output tetapi sangat kecil sehingga arus bocor antara input output sangat kecil. Kondisi diperlukan pada peralatan medical yang memerlukan isolasi yang sangat baik.

Keuntungan Solid State Relay begitu baik sekali tetapi dibalik keuntungan tersebut terdapat kerugian penggunaan Solid State Relay yang perlu dipertimbangkan dalam penggunaannya. Kerugian Solid State Relay adalah sebagai berikut :

1. Resistansi Tegangan transien. Tegangan yang diatur/dikontrol oleh solid-state relay benar-benar tidak bersih. Dengan kata lain tidak murni tegangannya berupa sinyal sinus dengan tegangan peak to peak 380 vpp tetapi terdapat spike-spike yang dihasilkan oleh induksi motor atau peralatan listrik lainnya. Spike ini level tegangannya bervariasi jika terlalu besar maka dapat merusakkan *Solid State Relay* tersebut. Selain itu sumber - sumber spike yang lain adalah sambaran petir, imbas dari selenoid valve dan lain sebagainya.
2. Tegangan drop. Karena *Solid State Relay* dibangun dari bahan silikon maka terdapat tegangan jatuh antara tegangan input dan tegangan

output. Tegangan jatuh tersebut kira-kira sebesar 1 volt. Tegangan jatuh ini menyebabkan adanya dissipasi daya yang besarnya tergantung dari besarnya arus yang lewat pada *Solid State Relay* ini.

3. Arus bocor-'*Leakage current*'. Pada saat *Solid State Relay* ini dalam keadaan off atau keadaan open maka dalam kondisi yang ideal seharusnya tidak ada arus yang mengalir melewati *Solid State Relay* tetapi tidak demikian pada komponen yang sebenarnya. Besarnya arus bocor cukup besar untuk jika dibandingkan arus pada level TTL yaitu sekitar 10mA rms.
4. Sukar diimplementasikan pada aplikasi multi fasa
5. Lebih mudah rusak jika terkena radiasi nuklir.

Pada Solid State Relay, switching unitnya menggunakan TRIAC sehingga relay ini dapat mengalirkan arus baik arus positif maupun arus negatif. Walaupun demikian untuk mengontrol TRIAC ini digunakan SCR yang mempunyai karakteristik gate yang sangat sensitif. Kemudian untuk mengatur trigger pada SCR sendiri diatur dengan menggunakan rangkaian transistor. Rangkaian transistor ini menjadi penguat level tegangan yang didapat dari optocoupler. Penggunaan SCR untuk mengatur gate TRIAC karena gate SCR mempunyai karakteristik yang lebih sensitif daripada gate TRIAC.

BAB III METODE PENELITIAN

Pada metode penelitian yang digunakan dalam pengembangan dan implementasi "RANCANG BANGUN PENGERING DAUN KELOR (*Moringa oleifera*) OTOMATIS BERBASIS ARDUINO MEGA 2560".

3.1. Diagram Blok

Diagram blok adalah salah satu tipe diagram proses yang digunakan dalam rekayasa(Engineering). Diagram ini memberikan gambaran secara umum tanpa