

BAB 2

LANDASAN TEORI

Pada Bab 2 ini dilakukan pembahasan terhadap landasan teori dan kajian pustaka yang diterapkan pada Tugas Akhir yaitu sebagai berikut :

2.1 Kajian Pustaka

Teknik yang dilakukan dalam penelitian ini adalah yaitu dengan melakukan pengambilan data, pemrosesan data, dan penyebaran informasi. Adapun beberapa hal penelitian yang telah pernah dilakukan dan sebagai acuan yang dijadikan pada penelitian ini yakni sebagai berikut :

Penelitian Dwi Aryo Pribadi pada tahun 2014 yang berjudul “Alat Deteksi Nominal Uang Kertas Untuk Penyandang Tunanetra” dengan tujuan mengenali nominal uang kertas bagi penyandang tunanetra. Metode yang digunakan yaitu perancangan perangkat keras dan perancangan perangkat lunak. Kesimpulannya yaitu sistem bekerja pada semua indikator sensor akan ditampilkan pada LCD. Dimana sensor warna akan mendeteksi nominal uang kertas kemudian nominalnya akan muncul pada LCD dan juga berupa suara yang direkam supaya penyandang tunanetra mengenali nominal uang kertas dari hasil pembacaan sensor [5].

Penelitian Chairul Gunawan dkk pada tahun 2021 dengan judul “Prototipe Light Meter Fotografi Studio Menggunakan Mikrokontroler ATmega328 Berbasis Sensor Cahaya dan Warna” dengan menggunakan sensor warna TCS34725 untuk menerima masukan berupa intensitas cahaya terkonversi yang dibagi menjadi tiga warna dasar RGB (*red, green, blue*) dimana setelah itu diproses menjadi bentuk keseimbangan warna (*white balance*) [6].

Penelitian Melati Asmarita pada tahun 2019 yang berjudul “Perancangan Alat Pendeteksi Uang Kertas dengan Sensor TCS230 Berbasis Arduino” dengan tujuan mendeteksi nominal uang kertas dengan memanfaatkan sensor TCS230. Dengan memanfaatkan sensor warna RGB dapat mengenali uang kertas dengan mengambil sampel-sampel warna RGB pada masing-masing uang kertas yang kemudian nilai RGB yang berbeda pada setiap uang kertas akan dimasukkan ke program sebagai acuan untuk pengenalan nominal uang kertas. Nominal uang kertas akan ditampilkan pada LCD[3].

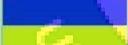
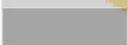
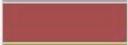
2.2. Landasan Teori

Berikut beberapa hal yang dijadikan sebagai landasan teori dalam Rancang Bangun Tabungan Uang Kertas Dengan Autentikasi Sidik Jari Berbasis IoT yaitu sebagai berikut :

2.2.1 Segmentasi RGB

Warna adalah persepsi visual yang dihasilkan oleh mata, otak, dan pengalaman kehidupan. Cahaya yang kita lihat dengan mata telanjang dirangsang oleh radiasi elektromagnetik, yang mengarah ke perbedaan dalam warna. Ketika cahaya tampak menyinari materi, itu dapat dipantulkan dan ditransmisikan, sementara sebagian diserap[7]. RGB merupakan sebuah bentuk warna yang terdiri dari tiga buah warna dasar yaitu : Merah (*Red*), Hijau (*Green*), Biru (*Blue*), yang dikombinasikan melalui berbagai cara sehingga menghasilkan beragam-ragam warna lainnya. Pada Tabel 2.1 ditunjukkan rentang warna RGB untuk beberapa warna.

Tabel 2.1 Kombinasi RGB Untuk Warna Dasar [8]

Warna	Nama HTML / CSS	Kode Hex #RRGGBB	Kode Desimal (R, G, B)
	Hitam	# 000000	(0,0,0)
	putih	#FFFFFF	(255,255,255)
	Merah	# FF0000	(255,0,0)
	jeruk nipis	# 00FF00	(0,255,0)
	Biru	# 0000FF	(0,0,255)
	Kuning	# FFFF00	(255,255,0)
	Cyan / Aqua	# 00FFFF	(0,255,255)
	Magenta / Fuchsia	# FF00FF	(255,0,255)
	Perak	# C0C0C0	(192,192,192)
	Abu-abu	# 808080	(128,128,128)
	Merah tua	# 800000	(128,0,0)
	Zaitun	# 808000	(128,128,0)
	hijau	# 008000	(0,128,0)
	Ungu	# 800080	(128,0,128)
	Teal	# 008080	(0,128,128)
	Angkatan laut	# 000080	(0,0,128)

Segmentasi mengacu pada sebuah proses partisi digital gambar atau warna menjadi beberapa segmen. Tujuan utama segmentasi yaitu mengubah masukan gambar atau warna ke ruang fitur tertentu sesuai dengan yang diinginkan modus pengelompokan[8]. Segmentasi RGB bertujuan untuk mengklasifikasikan piksel berwarna (RGB) dari sebuah

warna yang diberikan memiliki rentang RGB yang ditentukan atau bukan. Ketiga warna tersebut yakni Merah, Hijau dan Biru menggunakan masing-masing 8 bit yang mana memiliki nilai integer dari 0 sampai 255.

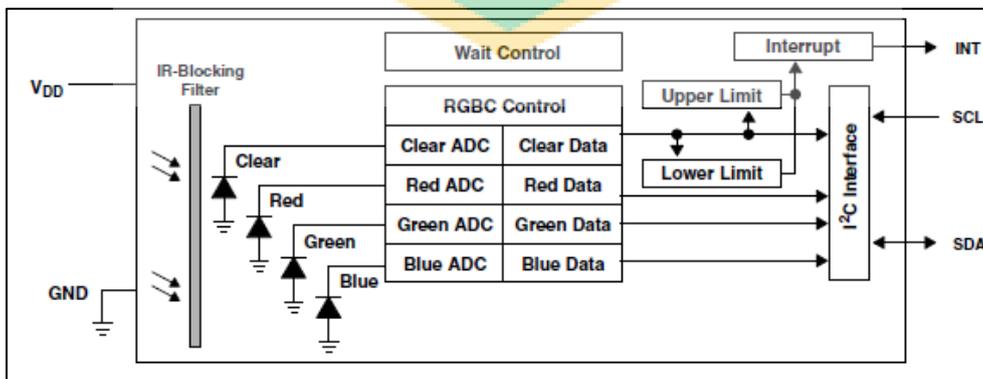
2.2.2. Sensor Warna

Pada penelitian ini untuk membedakan nominal masing-masing uang kertas yaitu berdasarkan warna masing-masing uang kertas tersebut. Maka dari itu pada penelitian ini menggunakan sebuah sensor warna yaitu sensor TCS34725, yang mana merupakan versi terbaru dari sebelumnya yaitu TCS3200 dan TCS230. Tampilan sensor warna TCS34725 seperti yang terlihat pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1 Sensor Warna TCS34725 [6]

Sensor TCS34725 berisi fotodioda 3×4 , empat konverter analog-ke-digital (ADC) yang mengintegrasikan arus fotodioda, register data, mesin keadaan, dan antarmuka I2C. Pada gambar 2.2 dibawah ini merupakan diagram blok sensor TCS34725.



Gambar 2.2 Diagram Blok Sensor TCS34725

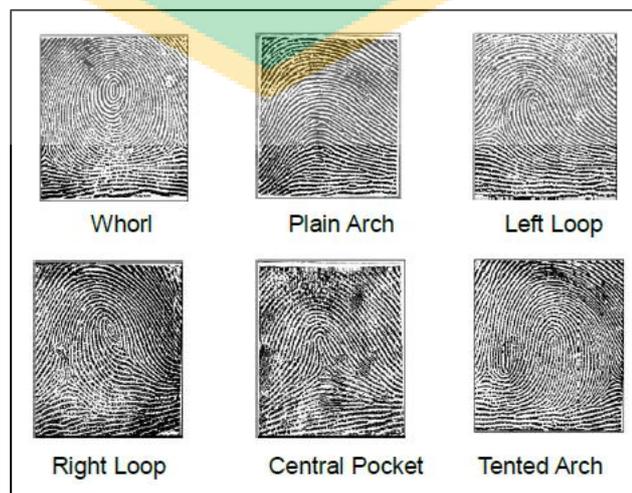
- Tegangan Operasi : 3.3 – 5 V
- Arus Kerja : 15 Ma
- Frekuensi Respon : 10 Hz
- Suhu Kerja : -20° – 85° C
- Suhu Penyimpanan : -40° – 125° C
- Berat 12g.

2.2.3. Autentikasi Biometrik Identifikasi Sidik Jari

Otentikasi Biometrik (*Biometric Authentication*) merupakan sebuah teknologi yang membantu para pengguna perangkat elektronik dalam memverifikasi atau mengenali identitas tanpa menggunakan kata sandi. Teknologi ini sangat bergantung pada karakteristik biologis unik yang dimiliki oleh manusia seperti suara, wajah dan sidik jari, untuk memverifikasi identitas pengguna untuk akses lebih aman ke dalam sistem elektronik [9].

Biometrik digunakan untuk mengidentifikasi identitas sampel *input* jika dibandingkan dengan *template*, digunakan dalam kasus untuk mengidentifikasi orang-orang tertentu dengan karakteristik tertentu. Sistem validasi sering menggunakan banyak *input* sampel untuk validasi yang memadai, seperti karakteristik tertentu dari sampel. Jadi, keuntungan dari otentikasi biometric adalah bahwa dapat mengangun korespondensi satu ke satu yang tidak dapat dipecahkan antara individu dan sepotong data.

Sidik jari terbuat dari serangkaian tonjolan dan alur pada permukaan jari dan memiliki inti di sekitarnya pola seperti pusaran, *loop*, atau lengkungan melengkung untuk memastikan setiap cetakan itu unik [10]. Pada gambar 2.4 merupakan klasifikasi dari sidik jari.



Gambar 2.4 Klasifikasi Sidik Jari [11]

Lengkungan adalah pola dimana tonjolan masuk melalui satu sisi jari, naik di bagian tengah membentuk busur, lalu kemudian keluar melalui sisi jari yang lain. Punggungan masuk dari satu sisi salah satu sisi jari disebut sebagai *Loop*, biasanya berbentuk kurva, dan biasanya keluar dari sisi dimana dia masuk. Dalam pola lingkaran, punggungan terbentuk secara melingkar sekitar titik pusat pada jari.

Ridges dan *furrows* dicirikan oleh ketidakaturan yang dikenal sebagai *minutiae*, fitur khas dimana teknologi pemindai jari didasarkan. Poin-poin kecil adalah karakteristik punggungan lokal yang terjadi baik pada bifurkasi *ridge* atau ujung *ridge*. Ujung *ridge* adalah titik dimana *ridge* berakhir. Bifurkasi adalah titik di mana punggungan tunggal terbelah menjadi dua punggungan bukit. *Minutiae* dan pola sangat penting dalam analisis sidik jari karena tidak ada dua jari yang terbukti identik.

2.2.4. Sensor Sidik Jari ZFM-20

Serial modul *fingerprint* ZFM-20 adalah salah satu perangkat citra digital yang digunakan untuk mendeteksi sidik jari dengan proses verifikasi yang cukup sederhana. Pada gambar 2.5 merupakan tampilan dari sensor ZFM-20.

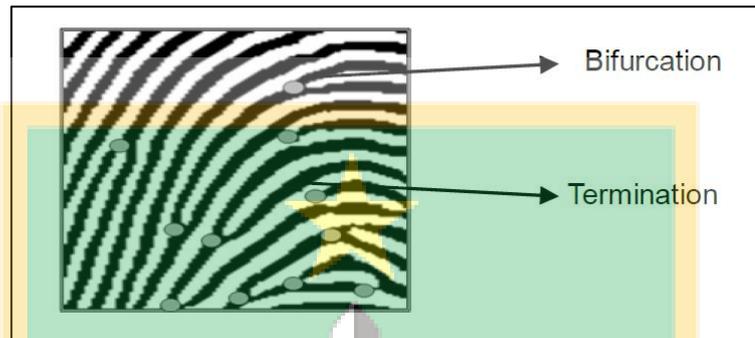


Gambar 2.5 Sensor ZFM-20 [12]

Modul sensor ini menggunakan chip DSP sebagai utamanya untuk bekerja dalam *render* sebuah gambar sidik jari, setelah itu dilakukan pengkalkulasian, menyimpan pola menjadi *template*, dan pencarian pada *template* yang tersimpan. Modul ini terintegrasi dari sensor optik sidik jari yang digunakan untuk proses verifikasi. Sensor ini bekerja melalui pengolahan citra digital pada sidik jari. Citra digital adalah sebuah citra yang tak tampak misalnya gambar dalam file. Setiap citra digital terdiri dari beberapa karakteristik

seperti resolusi, ukuran dari citra yang ditangkap, dan memiliki format nilai. Biasanya citra digital mempunyai lebar dan tinggi yang tertentu dan berbentuk persegi panjang.

Otak utama sensor ini yaitu DSP yang melakukan image rendering dimana citra digital sidik jari yang ditangkap oleh sensor akan diproses hingga mengekstrak *Minutiae*. *Minutiae* titik pada pola sidik jari ujung punggung bukit dan bifurkasi, dimana setiap orang memiliki *Minutiae* pada sidik jari yang berbeda-beda.



Gambar 2.6 Minutiae [11]

Titik-titik yang ditunjukkan pada Gambar 2.6 merupakan representasi Minutiae. Titik-titik inilah yang akan dideteksi oleh sensor melalui proses citra digital. Adapun beberapa tahapan image rendering yang dilakukan oleh sensor.

Adapun tahapan untuk dapat memperoleh titik-titik minutiae dimulai dari proses pencitraan sidik jari yang kemudian hasil citra dikonversi menjadi citra *Grayscale* dengan operasi titik. Intensitas didefinisikan sebagai nilai rata-rata dari ketiga nilai ketiga nilai elemen warna, sehingga nilai keabuan yang mempresentasikan intensitas dapat dihitung menggunakan persamaan 2.1.

$$Grayscale = \frac{R+B+G}{3} \dots\dots\dots(2.1)$$

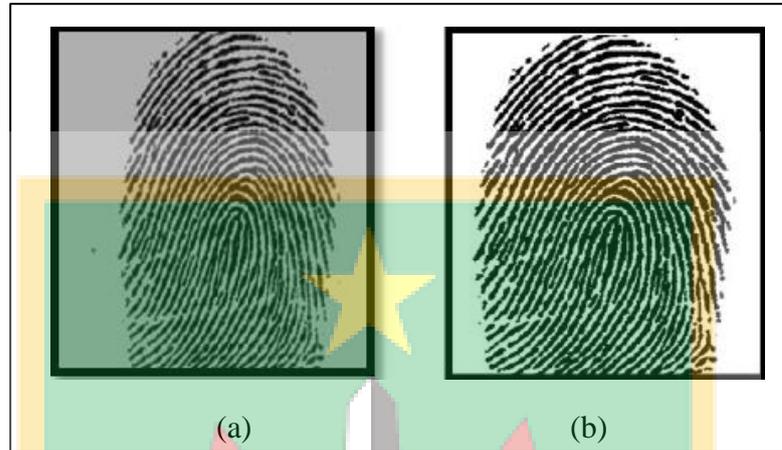
Grayscale merupakan nilai keabuan pada suatu piksel. Sedangkan R (*red*), G (*green*), dan B (*blue*) merupakan tiga warna dasar yang dimiliki tiap piksel pada citra *true color*.

Setelah perubahan citra asli menjadi citra *Grayscale* tahapan selanjutnya perubahan citra keabuan menjadi gambar biner dan dalam gambar biner setiap nilai piksel adalah 0 atau 1. Kebanyakan algoritma ekstraksi minutiae beroperasi pada gambar biner di mana hanya ada dua tingkat kepentingan.

Piksel hitam yang mewakili *ridge*, dan piksel putih yang mewakili lembah. Ini meningkatkan kontras antara pegunungan dan lembah dalam gambar sidik jari, dan

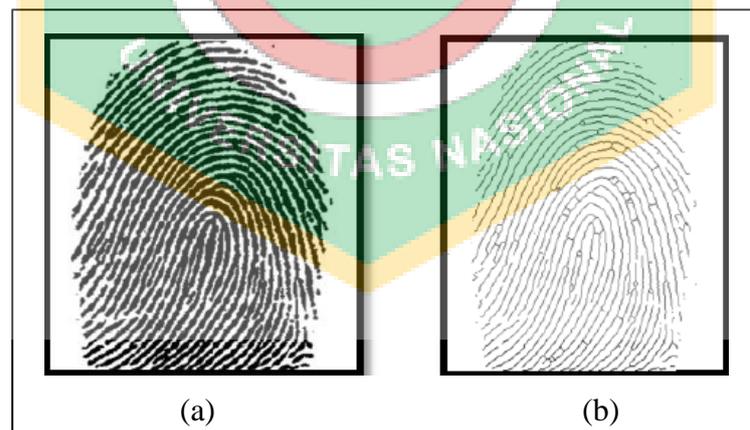
akibatnya memfasilitasi ekstraksi hal-hal kecil. Dari gambar biner pola sidik jari terlihat lebih jelas, namun untuk menentukan titik *Mintutiae* pola tersebut perlu ditipiskan lagi.

Pada gambar 2.7 hasil pengolahan citra *grayscale* yang diubah menjadi gambar biner.



Gambar 2.7 Citra (a) *Grayscale* sidik jari, (b) Gambar biner [11]

Setelah mendapatkan Gambar Biner dari hasil citra *grayscale* proses selanjutnya adalah penipisan dari gambar biner. Penipisan adalah proses yang diterapkan pada citra biner, dari langkah sebelumnya, dengan menipiskan bentuk pola tertentu sampai menjadi diwakili oleh garis lebar 1-piksel seperti pada Gambar 2.8.



Gambar 2.8 Gambar biner (a), Gambar ditipiskan [11]

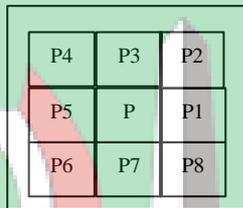
Gambar yang diperoleh setelah binerisasi dan penipisan siap untuk diekstrak fiturnya. Jika semua piksel putih adalah 1 dan piksel hitam adalah 0 maka lebar garis kaku sidik jari adalah diwakili oleh hanya satu piksel nol. Dalam gambar, setiap piksel adalah dikelilingi oleh delapan piksel dan disebut piksel tetangga.

Metode paling umum yang digunakan dalam pendeteksian poin *minutiae* adalah *Crossing Number* (CN). Metode ini melibatkan penggunaan citra skeleton dimana pola alir *ridge* merupakan *eightconnected*. Poin *minutiae* dideteksi dengan men-*scan* tetangga lokal pada masing-masing piksel *ridge* pada citra menggunakan ukuran *window* 3 x 3. Kemudian nilai CN dihitung, yang didefinisikan sebagai separuh penjumlahan dari perbedaan antara pasanganpasangan piksel yang bersebelahan pada *eight-neighbourhood*. Nilai CN pada *ridge* piksel P didapat dari persamaan 2.2

$$CN = 0.5 \sum_{t=1}^8 | P_t - P_{t+1} | \dots\dots\dots(2.2)$$

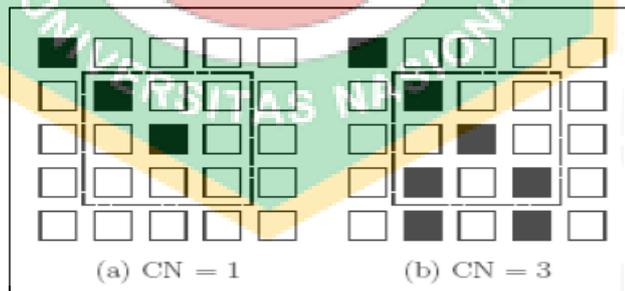
$$P_9 = P_1$$

dimana P_i merupakan nilai tetangga dari P . Untuk suatu piksel P , kedelapan piksel tetangganya diperiksa dengan arah berlawanan jarum jam seperti pada 2.9.



Gambar 2.9 Pemberian nomor pada 8-tetangga piksel P [11]

Setelah CN untuk piksel *ridge* dihitung, maka piksel dapat diklasifikasikan piksel *ridge* dengan CN 1 sesuai dengan *ridge ending*, dan CN 3 sesuai dengan *bifurcation* seperti pada Gambar 2.10.

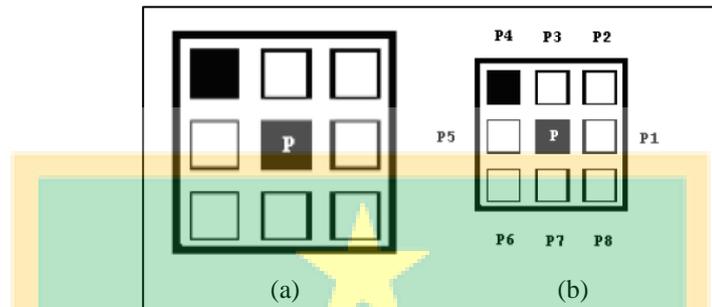


Gambar 2.10 (a) CN 1 adalah *ridge ending*, (b) CN 3 adalah *bifurcation* [11]

Berikut merupakan contoh dari proses deteksi *minutiae* dengan metode *Crossing Number*. Piksel yang akan diperiksa adalah piksel yang berwarna hitam atau bernilai 0. CN = 1 artinya hanya terdapat satu titik piksel di delapan titik tetangga dari P yang menunjukkan bahwa P adalah *ridge ending*. CN = 3 artinya terdapat tiga titik piksel di delapan titik tetangga dari P yang menunjukkan bahwa P adalah *bifurcation*. Ketika dari

hasil kalkulasi didapatkan nilai CN yaitu 1 atau 3 maka titik tersebut ditandai sebagai *Minutiae*.

Contoh penentuan Minutiae dengan menghitung nilai crossing number seperti pada gambar 2.11. Kedelapan tetangga terdekat piksel P akan dinomori dengan P1 hingga P8 seperti yang tertampil pada Gambar 2.11.

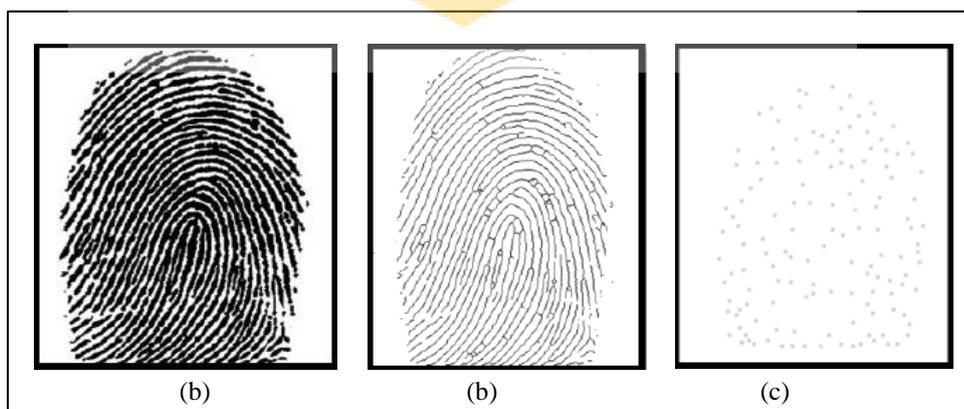


Gambar 2.11 Contoh piksel P yang akan diperiksa [11]

Setelah kedelapan tetangga terdekat piksel P diberi nomor, maka CN atau *Crossing Number* dapat dihitung dengan persamaan sebelumnya. Berikut merupakan penyelesaiannya.

$$\begin{aligned}
 \text{CN} &= 0.5 \times (|P1- P2| + |P2- P3| + |P3- P4| + |P4- P5| + |P5- P6| + |P6- P7| + |P7- P8| + \\
 &\quad |P8- P9|) \\
 &= 0.5 \times (|1-1| + |1-1| + |1-0| + |0-1| + |1-1| + |1-1| + |1-1| + |1-1|) \\
 &= 0.5 \times (0 + 0 + 1 + 1 + 0 + 0 + 0 + 0) \\
 &= 0.5 \times 2 \\
 &= 1
 \end{aligned}$$

Nilai CN yang dihasilkan adalah 1. Jika dicocokkan dengan tabel Properti *Crossing Number*, maka nilai 1 tersebut mewakili *ridge ending point*. Sehingga piksel P dikenali sebagai *ridge ending point*.



Gambar 2.12 Pola sidik jari(a), Gambar ditipiskan(b), Titik yang diekstraksi(c)[11]

Pada Gambar 2.12 dapat dilihat proses dimana sensor mengolah citra dari sidik jari yang kemudian diproses oleh chip DSP. Pengubahan citra RGB menjadi Grayscale kemudian dilanjutkan dengan penerapan metode threshold untuk memperoleh citra biner seperti yang tertampil pada Gambar 2.12(a). Kemudian pengaplikasian metode thinning image untuk mendapatkan citra skeleton seperti pada Gambar 2.12(b). Hasil dari citra skeleton akan diekstraksi untuk mendapatkan fitur khas *ridge bifurcation* dan *ridge ending* pada citra yang disebut dengan *Minutiae*. *Minutiae* pada sidik jari diekstrak kemudian menghasilkan titik-titik koordinat dan membuat pola dengan menghubungkan titik-titik tersebut yang akan disimpan pada database. Pola yang didapat dari menghubungkan titik-titik inilah yang nantinya akan digunakan untuk melakukan pencocokan bila ada jari yang dipindai dengan melakukan pencarian dan pencocokan template pola yang disimpan di database.

Adapun spesifikasi dari modul sensor sidik jari ZFM-20 dapat dilihat pada Tabel 2.2

Tabel 2.2 Spesifikasi Sensor Sidik Jari ZFM-20

<i>Voltage Supply</i>	DC 3.6 to 6.0 V
<i>Current Supply</i>	<120Ma
<i>Backlight Color</i>	Hijau
<i>Interface</i>	UART
<i>Baud Rate</i>	9600
<i>Safety level</i>	Five (from low to high: 1,2,3,4,5)
<i>False Accept Rate (FAR)</i>	<0.001% (security level 3)
<i>False Reject Rate (FRR)</i>	<1.0% (security level 3)

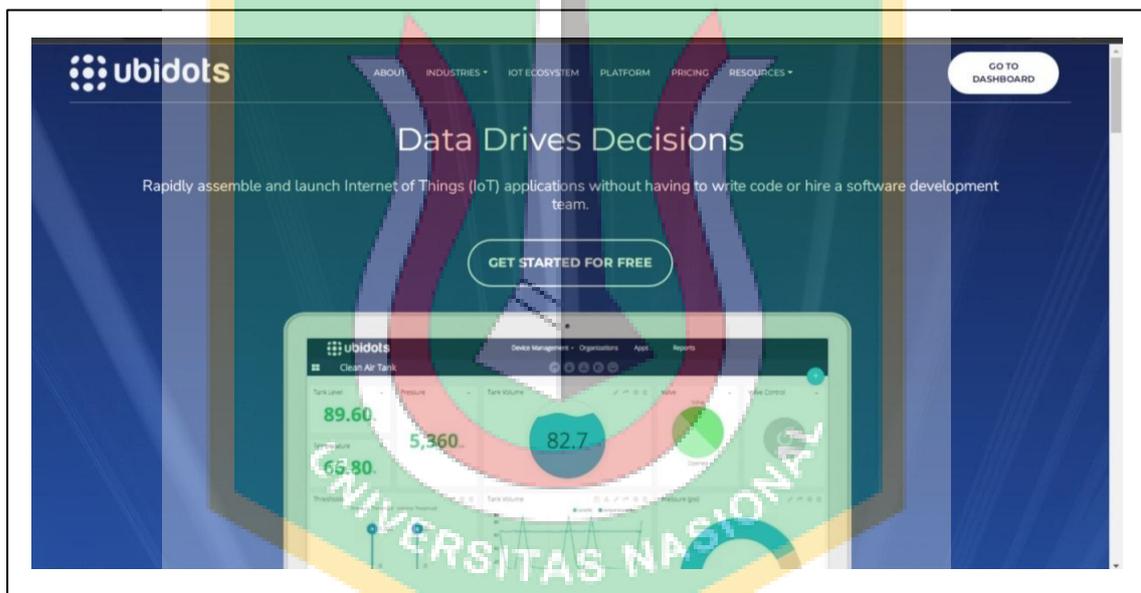
2.2.5. Intenet Of Things Dengan Ubidots

Kata “*Internet of Things*” berarti jaringan di seluruh dunia yang saling terhubung berdasarkan sensorik, komunikasi, jaringan, dan teknologi pemrosesan informasi yang merupakan versi terbaru dari Teknologi Komunikasi dan Informasi. Tergantung pada berbagai teknologi diimplementasikan, defenisi IoT bervariasi. Naman dasar IoT menyiratkan objek dalam IoT dapat diidentifikasi unik dalam reprenstasi virtual. Dalam IoT, semua hal-hal dapat bertukar data dan juga memproses data sesuai dengan skema yang ditentukan[13].

Ubidots merupakan platform yang biasanya digunakan untuk menghubungkan perangkat elektronik ke sebuah *cloud*. Ubidots menyediakan layanan bebas biaya kepada pengguna untuk dapat membuat layanan terkait IoT secara mandiri. Platform ini juga dapat

menghubungkan data yang didapat dari perangkat di lapangan seperti hasil pendeteksian sebuah sensor, kuantitas, analisa dan visualisasi data.

Ubidots dapat mengelola perangkat keras yang nantinya dapat tersimpan dan ditampilkan berbentuk data seperti teks, grafik dan lain sebagainya. Biasanya Ubidots memperoleh data dari Mikrokontroler, yang mana mikrokontroler digunakan untuk pemnyimpan parameter sebuah sensor yang kemudian dikirimkan pada *clouds* di Ubidots. Pada Ubidots mempunyai fitur yang bernama *Application Programming Interface (API)* sehingga mikrokontroller yang dapat terkoneksi ke internet dapat terhubung ke Ubidots. Pada API biasanya terdapat token, yang mana pada setiap akun pengguna Ubidots memiliki token yang berbeda-beda. Token yang terdapat pada API lah sebagai penghubung antara Mikrokontroler dan akun Ubidots pengguna. Pada gambar 2.13 merupakan tampilan dari Ubidots.



Gambar 2.13 Tampilan Ubidots

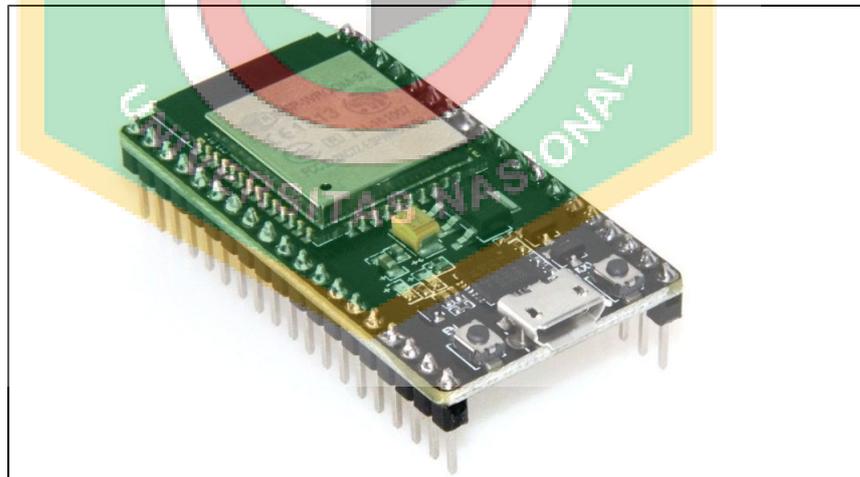
Pada penelitian ini platform Ubidots digunakan untuk mengetahui data isi tabungan uang kertas dari beberapa anak. Hasil pembacaan nominal uang kertas yang akan dijumlahkan setiap kali anak menabung, akan dikirimkan kepada perangkat pribadi orang tua. Tidak hanya jumlah tabungan, keterangan waktu kapan saja si anak menabung akan terkirim kepada perangkat orang tua. Sehingga orang tua dapat dengan mudah memantau kegiatan proses menabung anak. Pada ubidots aka tampil total saldo tabungan dan juga orang tua dapat melihat riwayat menabung anak melalui fitur pada ubidots.

2.2.6. Mikrokontroler

Mikrokontroler merupakan sebuah *Integrated Circuit* (IC) dengan kepadatan yang sangat tinggi. Pada mikrokontroler umumnya terdiri dari CPU (*Central Processing Unit*), *Input* dan *Output*, RAM (*Random Acces Memory*), ROM/PROM/EPROM/EEPROM, *Timer*, *Interrupt Controller* [14].

2.2.7. ESP32

ESP32 merupakan salah satu mikrokontroler yang diperkenalkan dan dikembangkan oleh perusahaan Espressif System. ESP32 adalah seri lanjutan dari mikrokontroler ESP8266. Mikrokontroler ESP32 juga kompatibel dengan *software* Arduino IDE yang mana pada alat ini menggunakan *software* Arduino Uno untuk melakukan program pada ESP32. Pada mikrokontroler sudah terdapat fitur Wifi an Bluetooth sehingga sangat membantu untuk alat yang diaplikasikan untuk *Internet of Things*. Salah satu yang membedakan antara mikrokontroler ESP32 dengan seri sebelumnya yakni ESP8266 adalah dibagian prosesor, yang mana pada ESP8266 masih menggunakan Single-Core 32 bit sedangkan pada ESP32 sudah menggunakan ESP32. Tidak hanya prosesor, pada ESP32 sudah ada fitur Bluetooth sedangkan pada ESP8266 tidak ada. Bentuk fisik dari ESP32 dapat dilihat pada Gambar 2.14 dibawah ini.



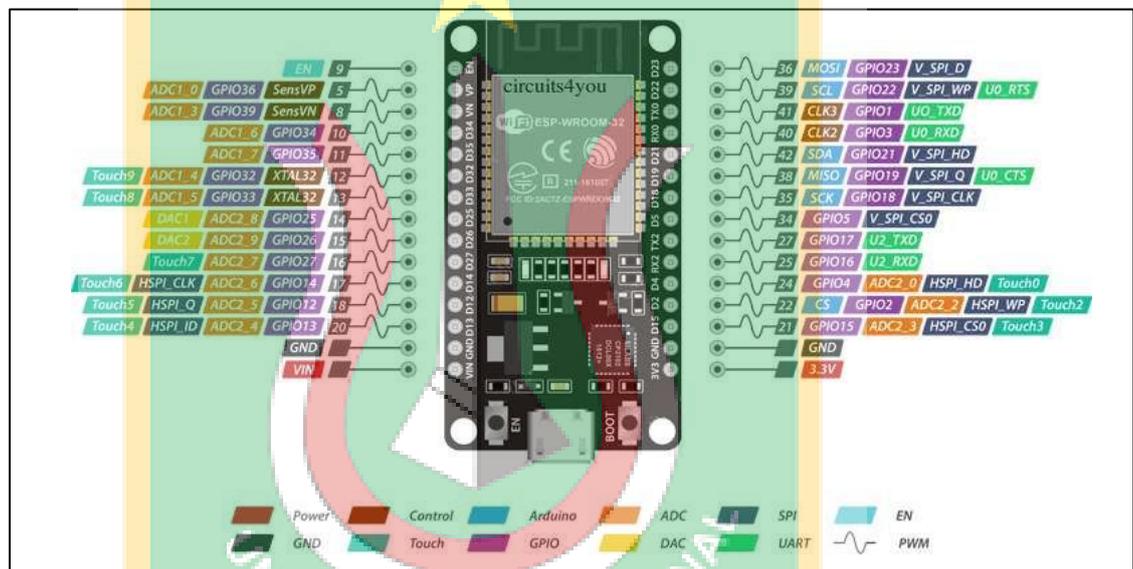
Gambar 2.14 Tampilan Mikrokontroler ESP32 [15]

ESP32 dapat dirancang untuk membentuk sebuah sistem yang diinginkan oleh para pengguna seperti dalam tugas akhir ini ESP32 dimanfaatkan sebagai otak utama dari sebuah tabungan. ESP32 adalah chip tunggal yang memiliki fitur Wi-Fi-dan-Bluetooth memiliki kecepatan 2,4 GHz yang dirancang dengan teknologi TSMC ultra-low-power 40

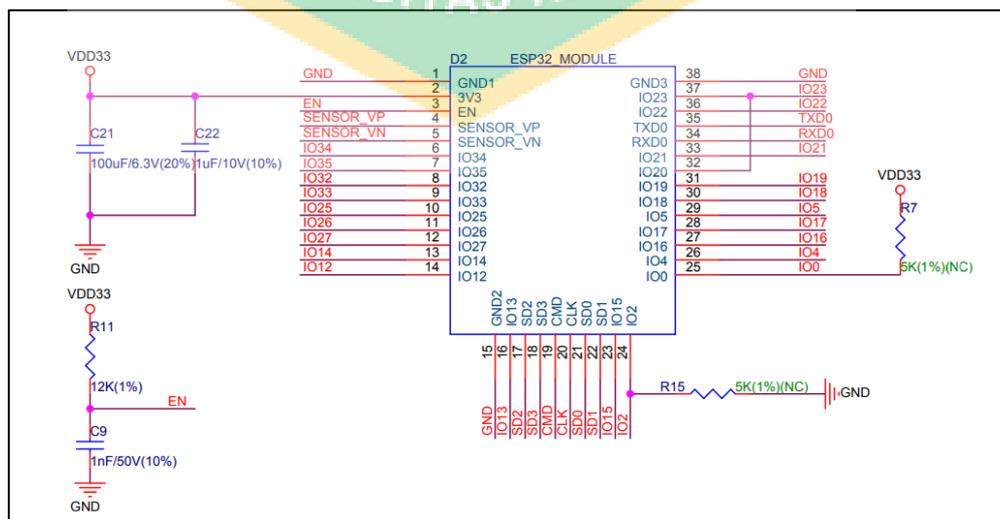
nm. ESP ini dirancang untuk mencapai daya dan kinerja RF terbaik, memiliki kekokohan, serbaguna dan andal dalam berbagai aplikasi dan skenario daya.

Pada ESP32 sudah memiliki fitur Wifi dan Bluetooth untuk komunikasi *wireless*. Untuk frekuensi clock dari ESP32 dapat mencapai hingga 240 MHz dengan RAM 512kb. Pada ESP32 yang digunakan untuk alat ini memiliki 30 pin kaki dengan 15 pin kaki di setiap sisinya. Pada ESP32 juga memiliki beberapa *peripheral* yang tersedia seperti sensor sentuh, Analog to Digital Converter (ADC), Digital to Analog Converter (DAC), terdapat juga sensor *Half Effect* dan juga sensor suhu.

Untuk memprogram ESP32 sendiri dapat menggunakan *software* Arduino IDE, Espressif IDF, MicroPython dan juga dapat dengan Java Script. Pada gambar 2.15 merupakan konfigurasi pin ESP32.



Gambar 2.15 Pin Modu ESP32 [15]



Gambar 2.16 Skematik Modul ESP32 [15]

Adapun spesifikasi dari Mikrokontroler ESP32 dapat dilihat pada Tabel 2.3 berikut

Tabel 2.3 Spesifikasi Mikrokontroler ESP32

Atribut	Detail
CPU	Tensilia Xtensa LX6 32bit Dual-Core di 160/240MHz
SRAM	520 KB
FLASH	2MB (max. 64MB)
Tegangan	2.2V sampai 3.6V
Arus Kerja	Rata-rata 80Ma
Dapat deprogram	Ya (C, C++, Python, Lua, dll)
Open Source	Ya
Konektivitas	
Wi-Fi	802.11 b/g/n
Bluetooth	4.2BR/EDR + BLE
UART	3
I/O	
GPIO	32
SPI	4
I2C	2
PWM	8
ADC	18 (12-bit)
DAC	2 (8-bit)

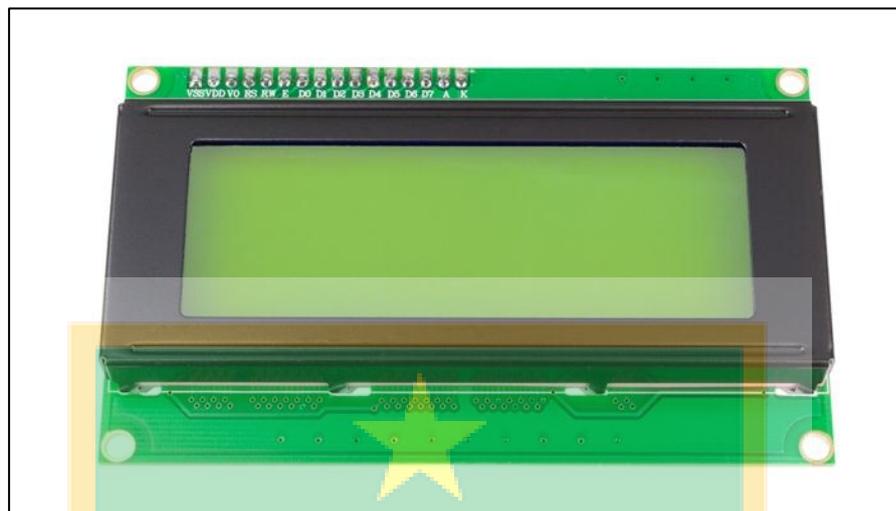
2.2.8. Liquid Crystal Display (LCD)

LCD adalah salah satu komponen elektronik untuk penampilan karakter, grafi atau huruf, yang mana untuk beroperasi LCD hanya membutuhkan tegangan kecil. Pada kehidupan sehari-hari LCD biasanya terdapat pada *smartphone* yang biasa kita gunakan, pada arloji digital, instrumen multimeter digital dan terdapat juga pada kalkulator.

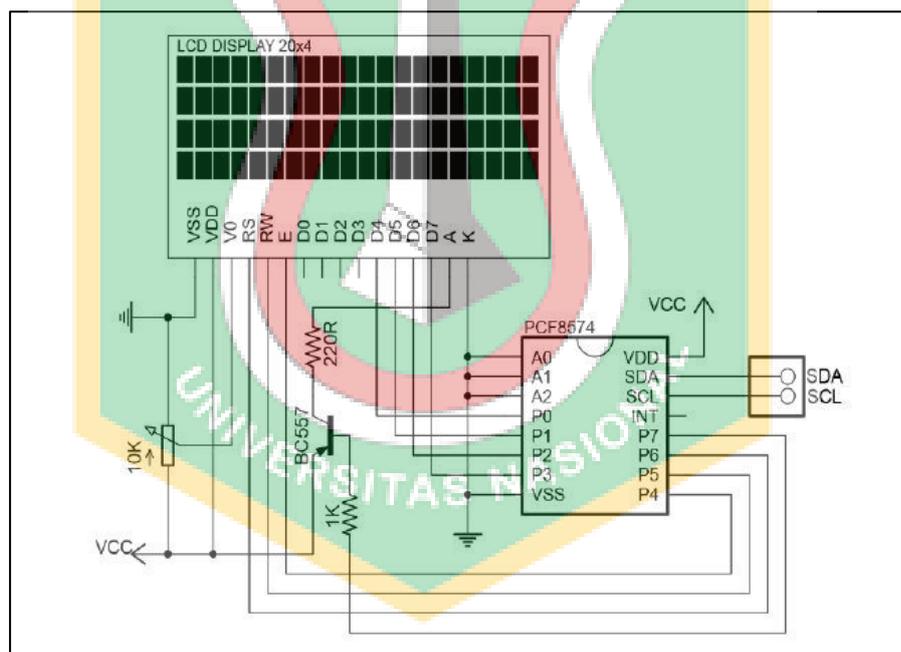
Setiap matriks pad layar LCD tersusun dari dua dimensi yang terbagi dalam bentuk baris dan kolom. Pada LCD terdapat *backplane*, yaitu baris dan kolom LED yang bertemu pada bidang datar, lapisan elektroda transparan menutupi sisi dalam dari lempengan kaca bagian dalam. Pada saat keadaan normal, cairan pada LCD berwarna cerah. Setelah itu ketika diantara pola elektroda dan bidang datar yang ada pada sisi dalam kaca bagian depan diberi tegangan maka daerah-daerah tertentu dari cairan tersebut akan berubah warna menjadi warna hitam.

Pada LCD menggunakan pin-pin untuk dapat beroperasi diantaranya Pin DB0 hingga DB7, Pin RS, pin Pin R/W dan pin Enable. Pin DB0-DB7 adalah jalur bus data yang berfungsi sebagai jalur komunikasi antara mikrokontroler dan LCD. Melalui pin

DB7-DB8 akan mengirimkan data dan menerima data dari Mikrokontroler ke LCD. Tampilan fisik dari LCD 20x4 dapat dilihat pada Gambar 2.17.



Gambar 2.17 Bentuk Fisik LCD 20X4 [16]



Gambar 2.18 Skematik LCD 20X4 [16]

Spesifikasi pada LCD 20x4 adalah sebagai berikut :

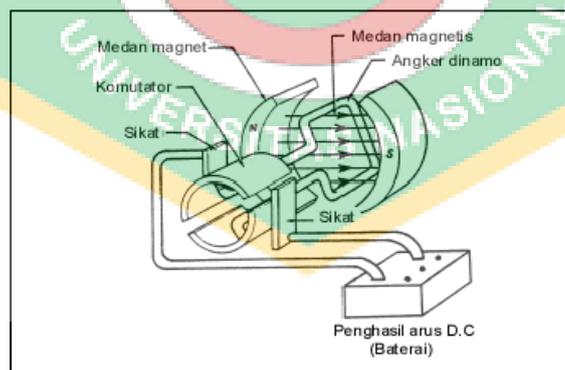
- Supply Voltage : 5V
- Input Voltage : -0.3 to + 0.3
- Display Type : 20characters X 4 Lines
- LCD Type : STN, NEGATIVE (BLUE), TRANSMISSIVE
- Driver Condition : LCD Module : 1/16Duty, 1/5Bias

- Backlight Type : SIDE WHITE
- Interface : 8-bti MPU Interface
- Driver IC : SPLC780D

Adapun prinsip kerja dari LCD 20x4 yaitu dengan menggunakan Kristal cair yang terletak diantara dua lempeng kaca, yang mana pada dua lempeng kaca tersebut terpasang elektroda. Molekul-molekul Kristal pada dua lempeng kaca tersebut akan menyusut supaya cahaya yang terkena dapat terserap. Penyerapan cahaya yang diperoleh maka dapat mengaktifkan bagian-bagiannya untuk membentuk angka, huruf, maupun gambar. Pada LCD dikenal istilah yang namanya metode *screening* yaitu perpotongan antara suatu baris dan kolom secara cepat dan bergantian menimbulkan efek semuanya aktif. Dengan metode *screening* ini dapat membentuk gambar atau karakter secara bersamaan pada baris dan kolom.

2.2.9. Motor DC

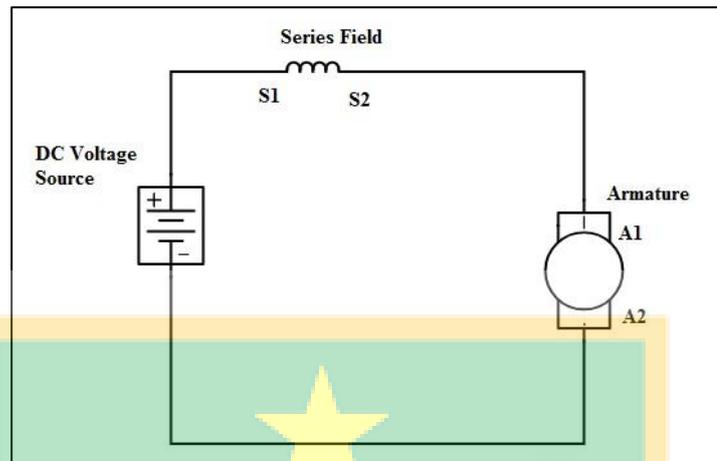
Motor DC (*Direct Current Motor*) adalah suatu perangkat yang mengubah energi listrik menjadi tenaga kinetik atau gerakan. Motor DC mempunyai dua buah terminal dan memerlukan arus searah untuk dapat menggerakannya. Motor listrik DC ini biasanya digunakan pada perangkat-perangkat elektronik yang menggunakan sumber listrik DC seperti kipas angin, mesin bubut, alat bor, dan masih banyak lagi.



Gambar 2.19 Bentuk Sederhana Motor DC [17]

Motor DC membutuhkan suplai tegangan yang searah ke gulungan medan untuk diubah menjadi energi mekanik. Stator atau kumaran pada motor dc adalah bagian yang tidak berputar, sementara bagian yang berputar adalah kumaran jangkar yang biasa disebut rotor. Prinsip operasi dari arus searah adalah dengan menggunakan komutator

membalikkan fasa tegangan gelombang yang memiliki nilai positif, oleh karena itu arus akan berubah arah dengan belitan jangkar yang berputar didalam medan magnet.



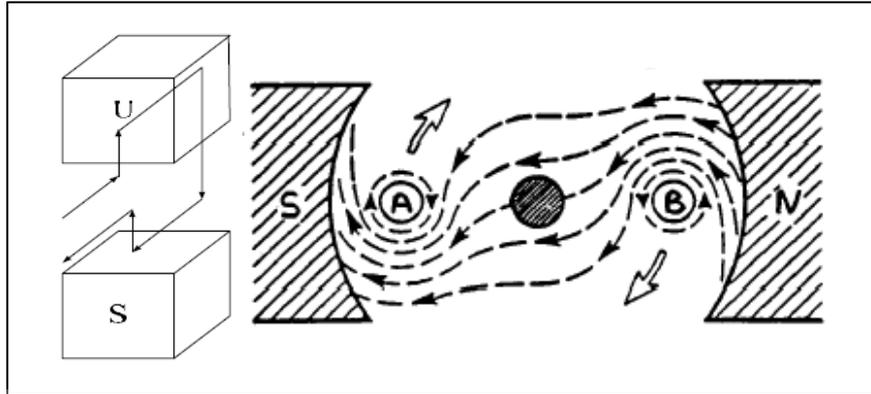
Gambar 2.20 Skematik Motor DC [17]

sumber tegangan dc dari baterai melewati sikat ke dalam slot kawat dan mencapai komutator, dan kedua segmen dihubungkan ke kedua ujung kumparan. Kumparan satu lilitan pada gambar di atas disebut anker dinamo. Komponen yang berputar diantara medan magnet disebut dengan anker dinamo.

Seluruh jenis memotor memiliki mekanisme kerja pada umumnya yaitu :

- Arus listrik pada medan magnet akan menghasilkan gaya.
- Apabila kawat yang membawa arus dibengkokkan dalam satu lingkaran / loop, gaya akan berbalik arah ketika kedua sisi lingkaran berada pada sudut yang tepat terhadap medan magnet tersebut.
- *Torque*/ tenaga putar untuk memutar kumparan diperoleh dari pasangan gaya.
- Motor-motor memiliki beberapa jangkar pada dinamonya untuk memberikan daya putar yang seragam dan medan magnet dihasilkan oleh unit elektromagnetik yang disebut kumparan medan.

Pada motor dc, luas medan kumparan yang dialiri oleh arus listrik akan menimbulkan medan magnet yang mengelilingi kumparan jangkar dengan arah yang tertentu. Konversi dari energi listrik menjadi energi mekanik (mesin) atau sebaliknya dilakukan dengan medan magnet, maka disini medan magnet selain melakukan fungsi penyimpanan energi, juga menjadi tempat terjadinya proses konversi energi, daerah tersebut seperti tertampil pada gambar 2.21.



Gambar 2.21 Prinsip Kerja Motor DC [17]

Supaya proses konversi dari energi mekanik dapat terjadi secara sepenuhnya, maka tegangan sumber harus lebih besar dibanding dari tegangan gerak yang diakibatkan dari reaksi lawan. Dengan memberi arus pada kumparan jangkar yang dilindungi oleh medan maka menimbulkan perputaran pada motor.

2.2.10. Motor Servo

Pada Rancang Bangun sistem ini menggunakan Motor Servo yang nantinya berfungsi untuk membuka pintu pada tabung. Motor Servo merupakan sebuah perangkat elektromekanis yakni menggunakan sistem loop tertutup (*close loop*) pada rancangannya berdasarkan tegangan dan arus listrik yang diberikan menghasilkan torsi dan kecepatan sebagai penggerak didalam sebuah rangkaian. Tampilan Motor Servo dapat dilihat pada Gambar 2.22.



Gambar 2.22 Motor Servo [3]

Motor servo merupakan perangkat yang terdiri dari motor DC, serangkaian gear, rangkaian kontrol dan potensiometer yang dihubungkan pada satu set roda gigi ke poros output. Potensiometer inilah yang difungsikan menjadi sensor yang memberikan sinyal umpan balik (*feedback*) pada sistem kontrol apakah target sudah berada pada posisi yang

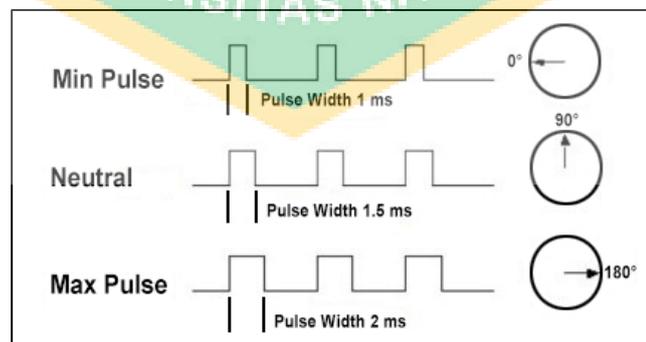
tepat ataupun belum. Roda gigi akan digerakkan oleh motor untuk memutar potensiometer dan output poros secara bersama. Pada gambar 2.23 adalah struktur bagian dalam motor servo.



Gambar 2.23 Bagian-bagian Motor Servo [18]

Sinyal yang diperoleh oleh sistem kontrol dari pemberian potensiometer yang akan mengontrol sudut posisi motor servo. Motor servo akan berhenti, apabila targetnya sudah pada posisi yang tepat. Sebaliknya, jika posisi sudut belum benar terdeteksi oleh sistem kontrol, maka unit kontrol akan merubah arah motor servo hingga tepat pada posisi sudutnya.

Potensiometer mengontrol motor servo menggunakan sinyal *Pulse Width Modulation* (PWM). Posisi sudut putar dari poros motor servo ditentukan dari lebar sinyal yang diperoleh dari potensio. Untuk lebih jelasnya dapat diperhatikan pada gambar 2.24 berikut.



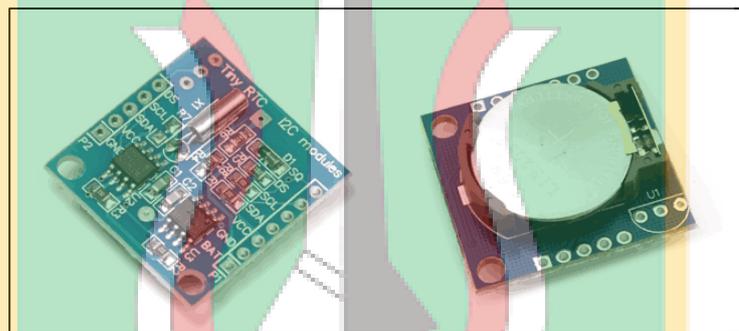
Gambar 2.24 Sinyal PWM [18]

Dengan lebar sinyal waktu 1,5 ms, poros motor servo akan berputar pada posisi sudut 90°. Apabila sinyal lebih pendek dari 1,5 ms hingga hendak berbalik ke arah posisi 0° ataupun ke kiri (bertentangan dengan arah jarum jam), sebaliknya apabila sinyal yang

diberikan lebih lama dari 1,5 ms hingga poros motor servo hendak berbalik ke arah posisi 180° ataupun ke kanan searah jarum jam.

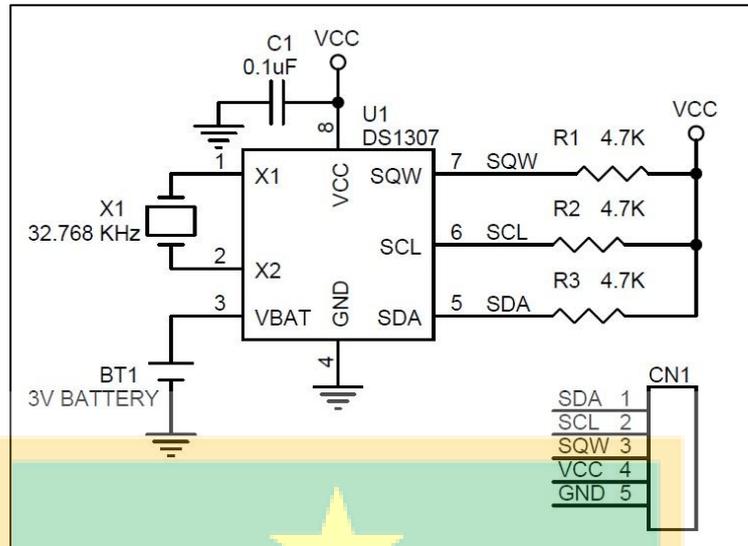
2.2.11. Real Time Clock (RTC) DS1307

Komponen *Realtime Clock* adalah sebuah IC yang dapat memberikan sebuah data informasi mulai dari detik, menit, jam, hari, bulan hingga tahun yang dapat digunakan dengan mudah oleh pengguna. Pada Rancang Bangun ini menggunakan RTC yang akan difungsikan untuk menampilkan data waktu ketika anak menabung. Komponen DS1307 berbentuk IC yang butuh dilengkapi dengan komponen pendukung yang lain semacam *crystal* selaku sumber *clock* dan *battery eksternal* 3,6 volt selaku sumber tenaga cadangan supaya guna penghitung tidak terhenti. Tampilan dari RTC DS1307 sendiri tertampil pada Gambar 2.25.



Gambar 2.25 RTC DS1307 [19]

DS1307 Serial real time clock merupakan jam/kalender bcd berdaya rendah plus 56 byte sram nonvolatil. alamat dan data ditransfer secara serial melalui dua kabel bus dua arah. Jam/kalender sediakan data detik, menit, jam, hari, tanggal, bulan, serta tahun. akhir dari tanggal bulan secara otomatis disesuaikan buat bulan dengan kurang dari 31 hari, tercantum koreksi buat lompatan tahun. Jam beroperasi dalam format 24 jam ataupun 12 jam dengan penanda AM/PM. DS1307 mempunyai sirkuit indra energi bawaan yang mengetahui kegagalan energy serta secara otomatis bergeser ke penyimpanan baterai.



Gambar 2.26 Skematik RTC DS1307 [19]

Bentuk komunikasi data dari IC RTC adalah I2C yang merupakan kepanjangan dari Inter Integrated Circuit. Komunikasi jenis ini hanya menggunakan 2 jalur komunikasi yaitu SCL dan SDA. Semua mikrokontroler sudah dilengkapi dengan fitur komunikasi 2 jalur ini, termasuk diantaranya ESP32.

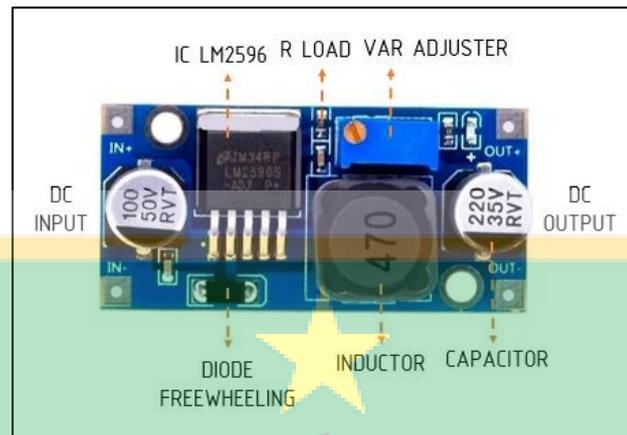
Fitur-fitur yang terdapat pada RTC DS1307 adalah sebagai berikut :

1. Real-Time Clock (RTC) Menghitung Detik, Menit, Jam, Tanggal Bulan, Bulan, Hari dalam seminggu, dan Tahun dengan Kompensasi Tahun Kabisat Berlaku Hingga 2100
2. RAM 56-Byte, Didukung Baterai, Nonvolatile (NV) untuk Penyimpanan Data
3. Antarmuka Serial I2C
4. Sinyal Output Gelombang Persegi yang Dapat Diprogram
5. Deteksi Kegagalan Daya Otomatis dan Saklar Sirkuit
6. Mengonsumsi Kurang dari 500nA dalam Mode Cadangan Baterai dengan Osilator Berjalan
7. Kisaran Suhu Industri Opsional: -40°C hingga $+85^{\circ}\text{C}$
8. Tersedia dalam 8-Pin Plastik DIP atau SO
9. Laboratorium Penjamin Emisi (UL) Diakui

2.2.12. Modul *Stepdown* LM2596

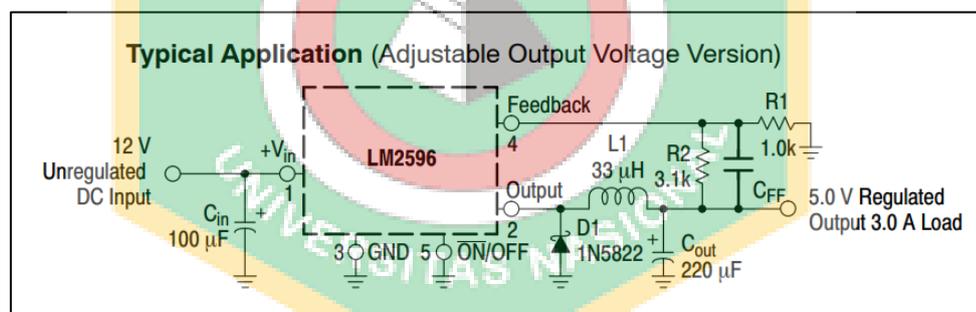
Modul stepdown LM296 adalah modul yang memiliki IC LM2596 sebagai komponen utamanya. IC LM2596 adalah sirkuit terpadu/ *ingergrated circuit* yang

berfungsi sebagai *Step-down DC converter* dengan *current rating* 3A. Terdapat beberapa bagian dari IC seri ini yang dapat dikelompokkan dalam dua kelompok yaitu versi *adjustable* yang tegangan keluarannya dapat diatur, dan versi *fixed voltage output* yang tegangan keluarannya sudah tetap. Gambar 2.27 merupakan tampilan dari Modul LM2596



Gambar 2.27 Modul LM2596 [20]

Modul LM2596 adalah sebuah rangkaian *buck converter dc to dc*. *Dc buck converter* adalah rangkaian elektronika yang berfungsi menurunkan tegangan DC ke DC dengan metode *switching*. Pada gambar 2.28 merupakan skematik dari modul LM2596.



Gambar 2.28 Skematik Modul LM2596 [20]

Pada modul ini menggunakan ic mosfet LM2596, yang mana pada rangkaian *dc buck converter* mosfet bertindak sebagai saklar yang sanggup membuka dan menutup rangkaian sehingga keluaran dapat diatur sesuai dengan *duty cycle* yang diatur. Ketika mosfet ON (tertutup) dan dioda OFF, arus mengalir dari sumber menuju inductor (pengisian inductor), kapasitor, kemudain ke beban dan kembali lagi ke sumber. Ketika mosfet OFF (terbuka) dan diode ON, arus yang disimpan inductor dikeluarkan menuju ke beban kemudian diode *freewheeling* dan kembali lagi ke inductor.

Untuk menghasilkan tegangan output yang konstan, rangkaian harus ditambah dengan dengan rangkaian *feedback* (umpan balik) sebagai pembanding nilai output dengan nilai referensi. Selisih antara tegangan keluaran rangkaian yang dibandingkan tegangan referensi akan digunakan untuk menghasilkan *duty cycle* PWM yang disesuaikan untuk mengontrol switching Mosfet. Semakin banyak selisih yang dihasilkan dari perbandingan tegangan input dan output maka semakin besar pula *duty cycle* PWM yang dihasilkan. Semakin besar *duty cycle* yang dihasilkan maka semakin besar pula tegangan keluaran yang dihasilkan rangkaian *DC buck converter*.

Modul ini dapat digunakan untuk menurunkan tegangan input dari 3 VDC – 40 VDC menjadi tegangan output 1.5 VDC – 35 VDC yang dapat diatur (*adjustable*). Keunggulan modul stepdown LM2596 ini adalah tidak berubah (*stabil*) walaupun tegangan input naik turun. Untuk spesifikasi dari modul LM2596 ini dapat dilihat pada Tabel 2.4.

Tabel 2.4 Spesifikasi Modul Stepdown LM2596

Spesifikasi	Keterangan Nilai
Tegangan <i>Input</i>	3.2V – 46V DC
Tegangan <i>Output</i>	1.25V – 35V DC
Selisih <i>Input Output</i>	Minimal 1.25V DC
Selisih <i>Input Output</i>	Maksimal 3A, untuk penggunaan jangka waktu lama disarankan untuk menggunakan arus kurang dari 2.5A atau menggunakan tambahan heatsink (diatas 10W)
Efisiensi <i>Step Down</i>	92%
<i>Output Ripple</i>	30Mv
<i>Switching Frequency</i>	65KHz
<i>Operating Temperature</i>	-45 – 85 C
Dimensi	43 x 21 x 14 mm

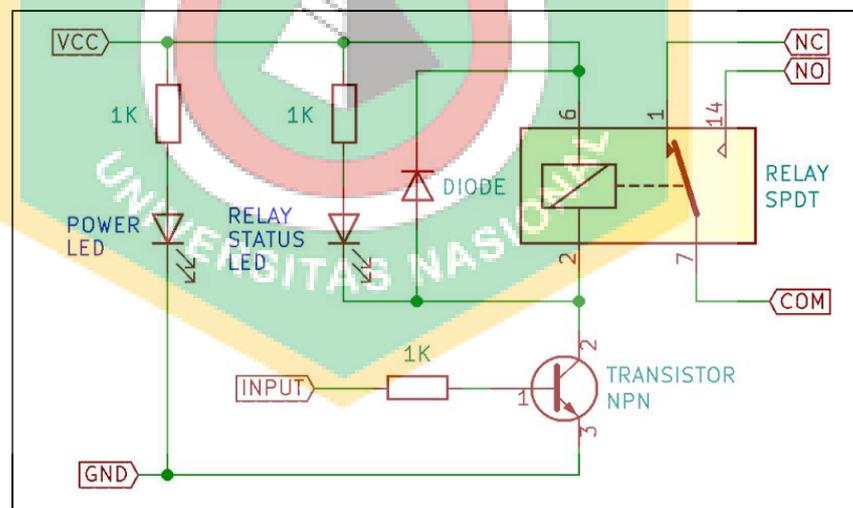
2.2.13. Relay

Relay adalah komponen elektronika berbentuk sakelar ataupun *switch* elektrik yang dioperasikan secara listrik serta terdiri dari 2 bagian utama ialah Elektromagnet (*coil*) dan mekanikal (seperangkat kontak saklar). Komponen elektronika ini memakai prinsip elektromagnetik buat menggerakkan saklar sehingga dengan arus listrik yang kecil (*low power*) dapat menghantarkan listrik yang bertegangan lebih besar.



Gambar 2.29 Modul Relay Single Channel [21]

Pada gambar 2.29 ialah tampilan dari Relay merupakan Saklar (*Switch*) yang dioperasikan secara listrik serta merupakan komponen Electromechanical (Elektromekanikal) yang terdiri dari 2 bagian utama yaitu Elektromagnet (*Coil*) dan Mekanikal (seperangkat Kontak Saklar/*Switch*). Relay memakai Prinsip Elektromagnetik buat menggerakkan Kontak Saklar sehingga dengan arus listrik yang kecil (*low power*) bisa menghantarkan listrik yang bertegangan lebih besar. Pada gambar 2.30 merupakan tampilan dari skematik relay.



Gambar 2.30 Skematik Modul Relay [21]

Ada empat komponen utama penyusun relay, antar lain yaitu elektromagnetik (*coil*), *armature*, *switch contact point* (saklar), dan *spring*. Saklar yang terdapat pada kontak point sendiri terbagi jadi dua jenis, yaitu *Normally Close* (NC) dan *Normally Open* (NO). Posisi kontak tertutup ketika keadaan awal relay belum diaktifkan inilah yang

disebut dengan *Normally Close* (NC). Posisi kontak terbuka ketika keadaan awal relay blum diaktifkan inilah yang disebut dengan *Normally Open* (NO)

Saat tegangan listrik mengalir pada suatu elektromagnetik, maka akan terbentuk suatu medan magnet, tegangan seperti itu yang dijadikan sumber daya pada relay. Setelah itu medan magnet tersebut menarik *armature* yang letaknya terdapat di sisi atasnya. Dengan demikian, dua ujungnya akan saling terhubung (dengan poisisi NO). Setelah itu, saklar tersebut dapat menyalurkan arus listrik pada posisi yang baru, yaitu NO. Kemudian, saklar tersebut akan tersambung dengan perangkat dari luar yang akan dikendalikan relay, misalnya pada proyek Tugas Akhir ini relay akan mengaktifkan Motor DC.

2.2.14. Keypad 4x4

Keypad 4x4 merupakan 16 buah saklar yang dibangun matrik buat menghemat I/O, apabila 16 saklar tersebut tidak dibangun matrik akan diperlukan 16 jalur *input*, dengan dibangun matrik hingga hanya dibutuhkan 8 jalur serta 4 jalur *input* dan 4 jalur *output*. Keypad berperan selaku *interface* antara fitur elektronik dengan manusia atau dikenal dengan sebutan HMI (*Human Machine Interface*). Berikut keypad 4x4 tampak pada gambar 2.31

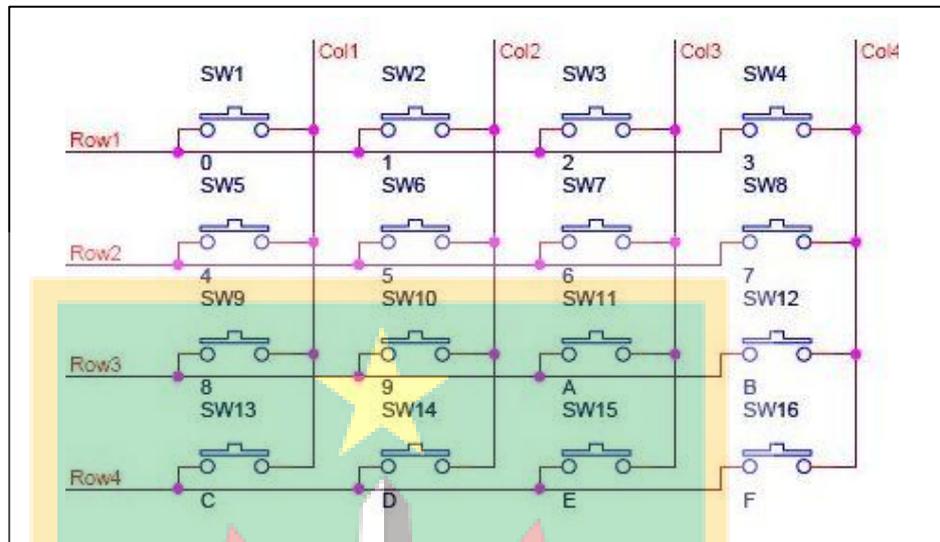


Gambar 2.31 Keypad 4x4 [22]

Konstruksi matriks keypad 4x4 cukup sederhana yaitu terdiri dari 4 baris dan 4 kolom. Keypad berupa saklar *push button* yang diletakkan di setiap persilangan kolom dan barisnya. Terdapat 8 *line* yang terdiri dari 4 baris dan 4 kolom yang dihubungkan dengan port mikrokontroler 8 bit.

Bagian baris matriks keypad ditandai dengan nama *Row1*, *Row2*, *Row3*, dan *Row4* sedangkan kolom ditandai dengan nama *Col1*, *Col2*, *Col3*, dan *Col4*. Sisi Input atau Output

dari matriks keypad 4x4 ini dapat dikonfigurasi kolom sebagai input dan baris sebagai output atau sebaliknya tergantung program yang dibuat.



Gambar 2.32 Skematik Keypad 4x4 [22]