

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 LoRa (Long Range)

LoRa (Long Range) merupakan modul telekomunikasi wireless berdaya rendah, yang diperkenalkan oleh Semtech pada tahun 2013. Karakteristik lain dari LoRa adalah daya pancar yang dapat mencakup area relatif luas, terutama di lingkungan perkotaan yang kompleks. Berbagai fitur LoRa membuatnya ideal untuk pekerjaan berskala besar dan komersialisasi dengan biaya minimum. Sebelum munculnya teknologi LoRa, ada beberapa teknologi komunikasi nirkabel yang sering digunakan, antara lain adalah Bluetooth, RFID, Wifi, dan ZigBee. Tabel 2.1 menunjukkan perbandingan dari beberapa teknologi komunikasi nirkabel yang digunakan secara komersial.

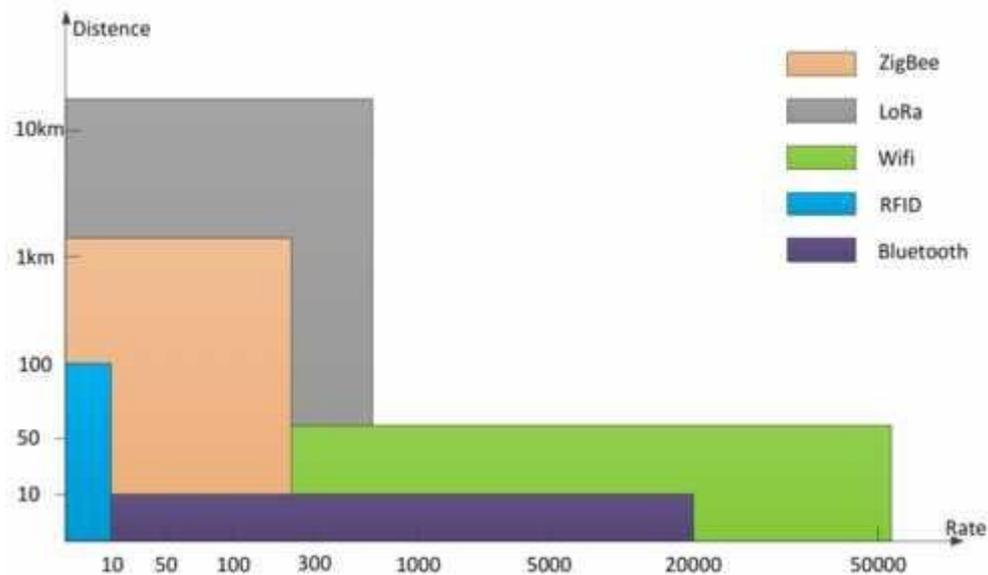
Tabel 2.1. Perbandingan Parameter Teknologi Komunikasi

No.	Teknologi	Jarak	Max. Rate	Konsumsi daya
1.	<i>Bluetooth</i>	10 m	2 MB/s	<i>Low</i>
2.	WiFi	0~60 m	54 MB/s	<i>High</i>
3.	RFID	0~100 m	10 KB/s	<i>Low</i>
4.	Zigbee	0~1500 m	250 KB/s	<i>Low</i>
5.	<i>LORA</i>	0~15 km	600 KB/s	<i>Low</i>

(Kun Wang, 2017)

Dari tabel 2.1 dapat dilihat bahwa teknologi komunikasi menggunakan LoRa memiliki jarak jangkauan yang cukup jauh dibanding dengan teknologi komunikasi yang lain dan mempunyai konsumsi daya yang rendah. Akan tetapi pada teknologi LoRa memiliki kekurangan yaitu nilai maximum rate masih jauh dibanding dengan teknologi WiFi. Pada teknologi komunikasi nirkabel memiliki tingkat transmisi dan jangkauan transmisi yang berbeda, perbandingan kecepatan

dan jarak jangkauan komunikasi nirkabel ini dibandingkan sebagai berikut :



Gambar 2.1. Perbandingan Kecepatan Transmisi dan Jarak Jangkauan (iJOE, 2017)

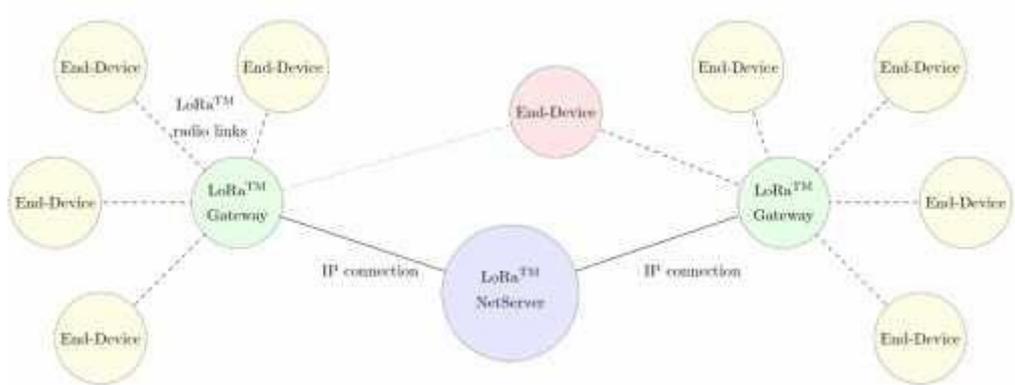
Dapat dilihat pada gambar 2.1 bahwa semakin tinggi tingkat transmisi data, semakin jauh jarak komunikasi, dan semakin besar konsumsi daya. Namun, pada teknologi *LoRa* tidak hanya mencapai komunikasi jarak jauh, tetapi juga membutuhkan konsumsi daya yang rendah, sehingga sangat cocok untuk jaringan berskala besar.

2.1.1 Arsitektur LoRa

Sistem komunikasi LoRa terdiri dari tiga komponen utama yaitu :

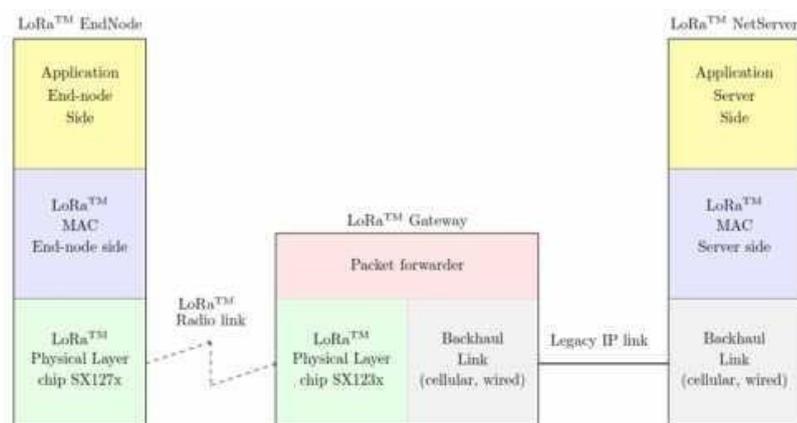
- a. LoRa end device, yang berisi sensor atau aktuator yang terhubung melalui LoRa radio interface dengan LoRa Gateway.
- b. LoRa gateway, yang berfungsi untuk menghubungkan antara LoRa end device dengan LORA NetServer.
- c. LoRa NetServer, merupakan media pengontrol seluruh jaringan yang dapat berfungsi sebagai manajemen sumber daya radio, memproses data,

keamanan dan lain-lain.



Gambar 2.2. Sistem Arsitektur LORA (Lorenzo Vangelista dkk., 2015)

Seperti apa yang terlihat pada gambar 2.2 bahwa jaringan ini biasanya ditata dalam topologi star dimana end device terhubung melalui komunikasi LORA singlehop ke satu atau banyak gateway yang pada gilirannya akan terhubung ke NetServer melalui teknologi internet standar. Gateway menyampaikan pesan antara perangkat end device dan NetServer sesuai dengan arsitektur yang ditunjukkan pada gambar 2.3. Semua gateway yang berhasil memecahkan kode pesan yang dikirim oleh perangkat end device akan meneruskan data informasi ke NetServer dengan menambahkan beberapa informasi kualitas penerimaan. NetServer kemudian membalas perangkat end device dengan memilih satu gateway tersebut, sesuai dengan beberapa kriteria misalkan konektivitas radio terbaik.



Gambar 2.3. Arsitektur Protokol LoRa (ResearchGate, 2016)

2.1.2 LoRa Physical Layer

Komunikasi radio LoRa didasarkan pada skema modulasi eksklusif, yang merupakan turunan dari chirp spread spectrum (CSS). Dimana CSS merupakan teknik spread spectrum yang menggunakan pita frekuensi linear untuk memodulasi chirp kedalam bentuk kode informasi yang memungkinkan sinkronisasi waktu dan frekuensi yang lebih sederhana dan lebih akurat, tanpa memerlukan komponen mahal untuk menghasilkan waktu yang stabil di node LORA. Pada teknologi ini mendukung laju data variabel sehingga memberikan kemungkinan nilai throughput pada cakupan jarak yang luas, ketahanan atau konsumsi energi yang rendah dengan menjaga bandwidth konstan.

Chip atau modul LoRa di desain untuk frekuensi 169 MHz, 433 MHz, dan 915 MHz di USA, tapi di Eropa bekerja pada frekuensi 868 MHz dan di Asia bekerja pada frekuensi 433 MHz sesuai dengan kondisi dan kebijakan peraturan penggunaan frekuensi pada negara tersebut. Pada modulasi LoRa ditentukan oleh tiga parameter yaitu bandwidth, di eropa menggunakan 125 KHz atau 250 KHz, yang kedua yaitu spreading factor (SF) yang menentukan panjang dari chirp, dan ketiga yaitu parameter CR yang menentukan nilai dari kode FEC.

2.1.3 LoRa MAC

MAC Layer ditetapkan oleh LoRa Alliance dengan sebutan LoRaWAN. Yang pada dasarnya merupakan protokol ALOHA yang dikendalikan oleh LoRa NetServer. Fitur yang membedakan dari LoRa MAC adalah Adaptive Data Rate, yang memungkinkan NetServer untuk menyesuaikan tingkat transmisi end device dengan mengubah indeks SF, untuk menemukan tradeoff terbaik antara efisiensi energi dan ketahanan. Fitur penting lainnya adalah mekanisme keamanan yang kuat yang memerlukan network key dan application key, yang diatur melalui prosedur aktivasi over-the-air, serta aktivasi dengan prosedur personalisasi (di mana parameter keamanan diatur ke dalam perangkat pada waktu produksi). Pada LoRa MAC dirancang untuk mencoba meniru IEEE 802.15.4 MAC. Tujuannya untuk menyederhanakan akomodasi, diatas LoRa MAC dari protokol utama yang sekarang berjalan yaitu MAC IEEE 802.15.4.

2.1.4 LoRa RFM9x Module 915 MHz

Transceiver LORA RFM9x merupakan sebuah modem LoRa yang menyediakan jangkauan penyebaran spektrum ultra long dan memiliki interferensi tinggi untuk meminimalkan konsumsi daya. Menggunakan teknik modulasi LORA yang dipatenkan Semtech, RFM9x dapat mencapai sensitivitas lebih dari -148 dBm. Sensitivitas tinggi menjadikannya optimal untuk aplikasi apa pun yang membutuhkan jarak jangkau yang jauh. LoRa memberikan keuntungan yang signifikan dalam pemblokiran dan selektivitas atas teknik modulasi konvensional, memecahkan masalah jarak jangkau dan konsumsi energi.



Gambar 2.4 RFM9x LoRa module 915MHz

RFM9x LoRa Module 915MHz merupakan modul *transceiver* jarak jauh yang menggunakan teknologi LoRa berguna untuk komunikasi data bebas interferensi dan hemat penggunaan daya. Modul ini bekerja pada frekuensi 915 MHz dengan jarak transmisi data maksimum 2 KM (LoS).

Berikut adalah spesifikasi dari RFM9x LoRa :

- a. Tegangan Operasi: 3.3 V
- b. Modem : LoRa
- c. Frekuensi : 915 MHz
- d. Sensitivitas maksimum -148 dB
- e. Output RD konstan 20 dBm – 100 mW
- f. Power amplifier 14 dBm

- g. Kecepatan data (bitrate) maksimum 300 kbps
- h. Bullet-proof front end: IIP3 = -12.5 dBm
- i. Minim interferensi jaringan
- j. Modulasi: FSK, GFSK, MSK, GMSK, LoRa dan OOK
- k. 127 dB Dynamic Range RSSI
- l. RF Sense otomatis dan CAD dengan AFC super cepat
- m. Packet engine hingga 256 *byte* dengan CRC

2.2 Arduino UNO

Arduino UNO merupakan sebuah modul mikrokontroler berplatform open source berbentuk papan mikrokontroler dan mudah untuk digunakan. Pada Arduino UNO terdapat 6 pin analog input dan 14 pin digital input/output (6 diantaranya bisa digunakan sebagai output PWM). Arduino UNO memiliki 16 MHz quartz crystal, koneksi USB, power jack, header ICSP dan tombol reset. Arduino ini bisa support microcontroller dan bisa dikoneksikan ke komputer dengan kabel USB. Daya pada arduino diperoleh dari tegangan DC yang dimasukkan ke power jack atau pada port USB.

Arduino UNO menggunakan bahasa pemrogramannya sendiri yang berupa bahasa C. Arduino juga memiliki beberapa kelebihan dibanding dengan microcontroller lain dimana pada arduino sudah terdapat loader berupa USB sehingga memudahkan para pengguna ketika memprogram mikrokontroler yang ada didalamnya. Sedangkan untuk mikrokontroler yang lain biasanya masih menggunakan rangkaian loader terpisah untuk memasukkan program kedalam mikrokontrolernya itu sendiri sehingga kurang efisien. Port USB pada arduino juga dapat difungsikan sebagai port komunikasi serial.



Gambar 2.5. Arduino UNO

(<https://store.arduino.cc/usa/arduino-uno-rev3>)

Kata ‘UNO’ pada arduino berasal dari bahasa itali yang berarti satu dan Arduino uno merupakan seri pertama dari Arduino yang menggunakan board USB. Pada arduino uno untuk 6 pin analog bisa digunakan sebaga output digital jika diperlukan dengan cara mengubah atau mengkonfigurasi pin pada program yang digunakan. Software yang digunakan pada arduino uno untuk membuat program dan mengupload program ke mikrokontroler adalah menggunakan software Arduino IDE yang berupa bahasa C. Untuk deskripsi dan spesifikasi dari Arduino UNO dapat dilihat di Tabel 2.2.

Tabel 2.2. Spesifikasi Arduino UNO

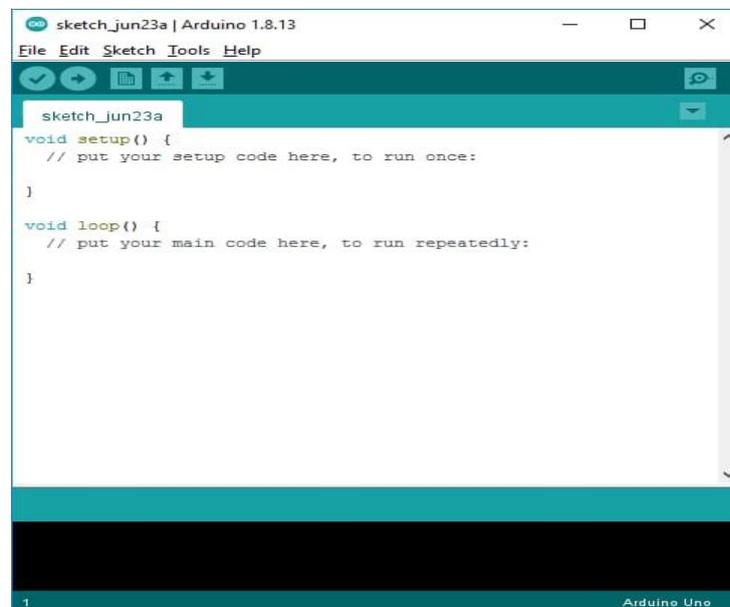
Spesifikasi	Keterangan
Operating Voltage	5V
Input Voltage(recommended)	7-12V
Input Voltage(limit)	6-20V
Digital I/O pins	14 (6 PWM output)
Analog Input Pins	6
DC current per I/O pin	40 Ma
DC current por 3.3V pin	50 Ma
Flash Memory	16 KB (Atmega168) or 32 KB (Atmega 328) of which 2 KB used by bootloader

SRAM	1 KB (Atmega 168) or 2 KB (ATMega328P)
EEPROM	512 bytes (ATMega328P)
Clock Speed	16 Hz

(Sumber : Fatoni et al, 2015)

2.2.1 Software Arduino IDE

Board Arduino UNO menggunakan software khusus untuk pemrogramannya. Berbeda dengan ATmega biasa yang umumnya menggunakan CodeVisionAVR (CVAVR), board arduino menggunakan software bawaannya sendiri yang bersifat Open Source. Meskipun CVAVR dan Arduino software merupakan dua buah software yang berbeda tetapi kedua software ini sama-sama menggunakan platform bahasa C, yang membedakan adalah penulisan koding pada arduino menjadi lebih sederhana dan mudah karna dilengkapi dengan kumpulan library yang cukup lengkap, dan sedikit berbeda tentang penamaan port. Jika port AVR dinamakan dengan PORTA.0, PORTA.1 dst, atau PORTB.0, PORTB.1 dst maka pada Arduino dinamai dengan pin.0, 1, 2, 3 dst.



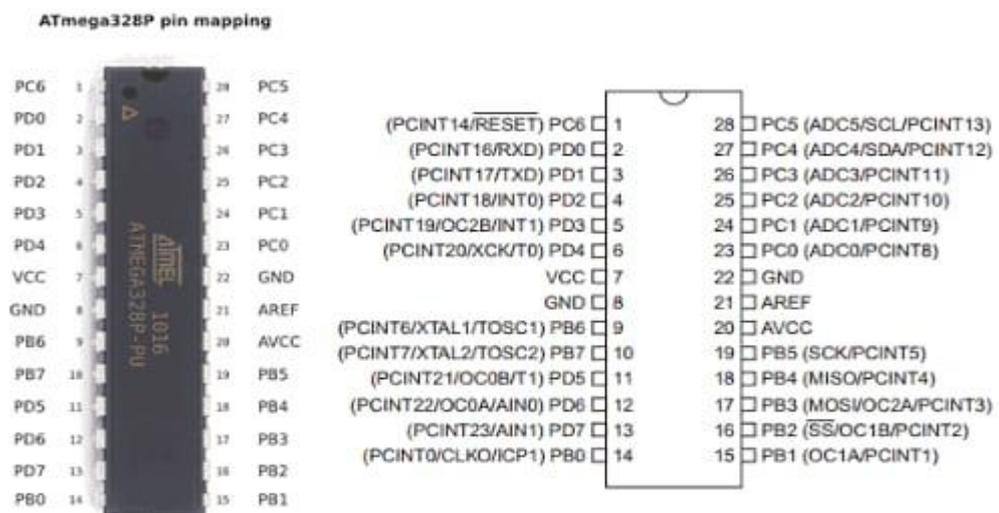
Gambar.2.6 Interface program Arduino

Dalam penulisan koding program terdapat beberapa format dan aturan aturan penulisan yang membuat sebuah program bekerja seperti yang diharapkan. Berikut ini beberapa contoh format koding :

1. Void setup()
 2. Berisi kode program yang hanya dijalankan sekali sesaat setelah mikrokontroler dijalankan atau di-reset. Merupakan bagian persiapan atau inisialisasi program.
3. Void loop()
 2. Berisi kode program yang akan dijalankan terus-menerus. Merupakan untuk program utama.
4. Instruksi percabangan if dan if-else Instruksi if dan if-else akan menguji apakah kondisi tertentu dipenuhi atau tidak. Jika tidak dipenuhi, maka instruksi berikutnya akan dilompati, tetapi jika dipenuhi, maka instruksi berikutnya akan dijalankan.
5. Instruksi perulangan for-loop
 2. Perulangan for-loop akan membuat perulangan pada bloknnya dalam jumlah tertentu, yaitu sebanyak nilai counter-nya.
6. Input Output
 - a) pinMode() Ditempatkan di void setup(), digunakan untuk mengatur sebuah kaki I/O digital, untuk dijadikan INPUT atau OUTPUT, dengan contoh format penulisan sebagai berikut :
pinMode(3,OUTPUT); // menjadikan D3 sebagai OUTPUT.
 - b) AnalogRead() Digunakan untuk membaca sinyal digital yang masuk, digunakan instruksi analogRead(), dengan contoh format penulisan sebagai berikut : int tombol = analogRead(2); //membaca sinyal analog di D2.
 - c) digitalWrite() Digunakan untuk mengeluarkan sinyal digital, dengan contoh format penulisan sebagai berikut : digitalWrite(3,HIGH); //mengeluarkan sinyal HIGH diD3.

2.2.2 ATmega 328

ATmega328 merupakan mikrokontroler keluarga AVR 8 bit. Beberapa tipe mikrokontroler yang sama dengan ATmega8 ini antara lain ATmega8535, ATmega16, ATmega32, ATmega328, yang membedakan antara mikrokontroler antara lain adalah, ukuran memori, banyaknya GPIO (pin input/output), peripheral (USART, timer, counter, dll). Dari segi ukuran fisik, ATmega328 memiliki ukuran fisik lebih kecil dibandingkan dengan beberapa mikrokontroler diatas.



Gambar.2.7 Susunan pin Atmega328P (Fatoni et al, 2015)

Namun untuk segi memori dan periperial lainnya ATmega328 tidak kalah dengan yang lainnya karena ukuran memori dan periperialnya relatif sama dengan ATmega8535, ATmega32, hanya saja jumlah GPIO lebih sedikit dibandingkan mikrokontroler diatas. 7 Gambar 2.3 Pin Chip atmega328 ATmega328 memiliki 3 buah PORT utama yaitu PORTB, PORTC, dan PORTD dengan total pin input/output sebanyak 23 pin. PORT tersebut dapat difungsikan sebagai input/output digital atau difungsikan sebagai periperial lainnya.

1. Port B Port B merupakan jalur data 8 bit yang dapat difungsikan sebagai input/output. Selain itu PORTB juga dapat memiliki fungsi alternatif seperti di bawah ini.

- a. ICP1 (PB0), berfungsi sebagai Timer Counter 1 input capture pin.
 - b. OC1A (PB1), OC1B (PB2) dan OC2 (PB3) dapat difungsikan sebagai keluaran PWM (Pulse Width Modulation).
 - c. MOSI (PB3), MISO (PB4), SCK (PB5), SS (PB2) merupakan jalur komunikasi SPI.
 - d. Selain itu pin ini juga berfungsi sebagai jalur pemrograman serial (ISP).
 - e. TOSC1 (PB6) dan TOSC2 (PB7) dapat difungsikan sebagai sumber clock external untuk timer.
 - f. XTAL1 (PB6) dan XTAL2 (PB7) merupakan sumber clock utama mikrokontroler.
2. Port C Port C merupakan jalur data 7 bit yang dapat difungsikan sebagai input/output digital. Fungsi alternatif PORTC antara lain sebagai berikut.
 - a. ADC6 channel (PC0,PC1,PC2,PC3,PC4,PC5) dengan resolusi sebesar 10 bit. ADC dapat kita gunakan untuk mengubah input yang berupa tegangan analog menjadi data digital
 - b. I2C (SDA dan SDL) merupakan salah satu fitur yang terdapat pada PORTC. I2C digunakan untuk komunikasi dengan sensor atau device lain yang memiliki komunikasi data tipe I2C seperti sensor kompas, accelerometer nunchuck.
 3. Port D Port D merupakan jalur data 8 bit yang masing-masing pin-nya juga dapat difungsikan sebagai input/output. Sama seperti Port B dan Port C, Port D juga memiliki fungsi alternatif dibawah ini.

2.2.3 Fungsi ATmega 328

ATmega328 adalah mikrokontroler keluaran dari atmel yang mempunyai arsitektur RISC (Reduce Instruction Set Computer) yang mana setiap proses eksekusi data lebih cepat dari pada arsitektur CISC (Completed Instruction Set Computer). Mikrokontroler ini memiliki beberapa fitur antara lain: 10

1. Memiliki EEPROM (Electrically Erasable Programmable Read Only Memory) sebesar 1KB sebagai tempat penyimpanan data semi permanen karena EEPROM tetap dapat menyimpan data meskipun catu daya dimatikan.
2. Memiliki SRAM (Static Random Access Memory) sebesar 2KB.
3. Memiliki pin I/O digital sebanyak 14 pin 6 diantaranya PWM (Pulse Width Modulation) output.
4. 32 x 8-bit register serba guna.
5. Dengan clock 16 MHz kecepatan mencapai 16 MIPS.
6. 32 KB Flash memory dan pada arduino memiliki bootloader yang menggunakan 2 KB dari flash memori sebagai bootloader.
7. 130 macam instruksi yang hampir semuanya dieksekusi dalam satu siklus clock.

2.3 Buzzer

Buzzer merupakan komponen elektronika yang berfungsi untuk mengubah getaran listrik menjadi getaran suara. Prinsip kerja buzzer yakni terdiri dari kumparan yang terpasang pada diafragma dan kemudian kumparan tersebut dialiri arus sehingga menjadi elektromagnet, kumparan tadi akan tertarik ke dalam atau keluar, tergantung dari arah arus dan polaritas magnetnya, karena kumparan dipasang pada diafragma maka setiap gerakan kumparan akan menggerakkan diafragma secara bolak-balik sehingga membuat udara bergetar yang akan menghasilkan suara. Buzzer merupakan salah satu perangkat audio yang sering digunakan pada rangkaian keamanan anti maling, alarm, perangkat peringatan bahaya dan lainnya. Adapun bentuk fisik dari buzzer seperti pada Gambar berikut:



Gambar 2.8 Buzzer

Spesifikasi [19]:

Rated Voltage : 6V DC

Operating Voltage : 4 to 8V DC

Rated Current* : $\leq 30\text{mA}$

Sound Output at 10cm* : $\geq 85\text{dB}$

Resonant Frequency : $2300 \pm 300\text{Hz}$

Tone : Continuous

Operating Temperature : -25°C to $+80^{\circ}\text{C}$

Storage Temperature : -30°C to $+85^{\circ}\text{C}$

Weight : 2g

2.4 Liquid Cristal Display (LCD) 16x2 dengan I2C 16x2

LCD (*Liquid Cristal Display*) berfungsi sebagai penampil data baik dalam bentuk karakter, huruf, angka ataupun grafik. Material LCD (*Liquid Cristal Display*) adalah lapisan dari campuran organik antara lapisan kaca bening dengan elektroda transparan indium oksida dalam bentuk tampilan seven-segment dan lapisan elektroda pada kaca belakang. Keuntungan dari modul LCD I2C akan menyederhanakan koneksi sirkuit, menyimpan beberapa pin I / O pada papan Arduino, pengembangan firmware disederhanakan dengan luas tersedia perpustakaan Arduino.

Dalam modul LCD (Liquid Cristal Display) terdapat microkontroller yang berfungsi sebagai pengendali tampilan karakter LCD (Liquid Cristal Display). Microkontroller pada suatu LCD (Liquid Cristal Display) dilengkapi dengan memori dan register. Memori yang digunakan microkontroller internal LCD adalah:

- a. DDRAM (Display Data Random Access Memory) merupakan memori tempat karakter yang akan ditampilkan berada.
- b. CGRAM (Character Generator Random Access Memory) merupakan memori untuk menggambarkan pola sebuah karakter dimana bentuk dari karakter dapat diubah-ubah sesuai dengan keinginan.
- c. CGROM (Character Generator Read Only Memory) merupakan memori untuk menggambarkan pola sebuah karakter dimana pola tersebut merupakan karakter dasar yang sudah ditentukan secara permanen oleh pabrikan pembuat LCD (Liquid Cristal Display) tersebut sehingga pengguna tinggal mengambilnya sesuai alamat memorinya dan tidak dapat merubah karakter dasar yang ada dalam CGROM.



Gambar 2.9 LCD I2C 16x2

Spesifikasi:

1. Display Type : Negative white on Blue backlight.
2. I2C Address : 0x38-0x3F (0x3F default)
3. Supply voltage : 5V
4. Interface : I2C to 4bits LCD data and control lines.
5. Contrast Adjustment : built-in Potentiometer.
6. Backlight Control : Firmware or jumper wire.
7. Board Size : 80x36 mm.

2.5 Push Button

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



Gambar 2.10 Push Button

Saklar push button dapat berbentuk berbagai macam, ada yang menggunakan tuas dan ada yang tanpa tuas. Saklar push button sering diaplikasikan pada tombol-tombol perangkat elektronik digital. Salah satu contoh penggunaan saklar

push ON adalah pada keyboard komputer, keypad printer, matrik keypad, tombol kontrol pada DVD player dan lain sebagainya.

2.6 RSSI (Received Signal Strength Indication)

RSSI (Received Signal Strength Indication) merupakan parameter pengukuran yang digunakan untuk mengukur kualitas penerimaan sinyal yang diperoleh. *RSSI* ini diukur pada sisi penerima pada saat sedang melakukan komunikasi dengan pengirim. Pengukuran kekuatan sinyal menggunakan unit pengukuran disebut decibel miliwatt, atau dBm. Decibel merupakan unit sederhana yang berhubungan antara dua pengukuran daya. Berdasarkan definisi decibel miliwatt maka $0 \text{ dBm} = 1 \text{ mW}$. Jika nilai daya lebih besar dari 1 mW maka nilai dari dBm bernilai positif, sedangkan untuk nilai dibawah 1 mW bernilai negatif.

Nilai dari RSSI bisa dibagi menjadi beberapa level seperti yang ditunjukkan pada tabel 2.3.

Tabel 2.3. Level sinyal RSSI

Level RSSI (dBm)	Keterangan
-30 to -60	Sangat kuat. Jarak pemancar dan penerima sangat dekat.
-60 to -90	Sangat baik. Cakupan dekat.
-90 to -105	Baik. Terdapat beberapa data yang tidak diterima.
-105 to -115	Buruk. Dapat menerima tetapi sering drop-out
-115 to -120	Sangat buruk. Sinyal lemah data sering hilang.

2.7 Perbandingan Penelitian sebelumnya

Tabel 2.4 Perbandingan Penelitian Sebelumnya

No	Judul	Tahun Jurnal	Penulis	Keterangan
1.	Sistem Monitoring dan Peringatan ketinggian Air Berbasis WEB dan SMS Gateway	2015	Alfred Tenggo no, dkk	Menggunakan <i>WEB Hosting</i> gratis sehingga <i>respon time</i> lebih lambat

2.	Implementasi dan Analisa Jaringan Wireless Sensor Untuk Monitoring Suhu, Kelembaban dan Kadar CO2 Pada Ruangan	2016	Aditya Kurniawan, dkk	Rx memiliki interval delay yang tinggi dan memiliki konsumsi energi yang cukup tinggi
3.	Perancangan dan Implementasi Sistem Kendali Penerbangan Quadcopter Berbasis PID Menggunakan GPS Dan Komunikasi LoRa Pada Pencarian Pendaki Gunung Yang Hilang	2017	Yulfan Aditya, dkk	Mekanika yang dirancang menggunakan bahan yang tidak terlalu kuat sehingga saat terjatuh akan mengalami kerusakan atau goresan
4.	Pengukur Kelembaban Tanah dan Suhu Udara sebagai Pendeteksi Dini kebakaran Hutan melalui Wireless Sensor Network (WSN) Hardware	2012	Abrar Hakim, dkk	Penelitian menggunakan modul KYL 500S dengan jarak jangkauan tidak terlalu panjang pendeteksian dini kebakaran hutan sehingga tidak dapat diakses ketika jarak dari node sensor ke server jauh.
5.	Application of Wireless Sensor Network based on LoRa In City Gas Meter Reading	2017	Kun Wang	Tidak melakukan pengukuran jarak maksimal yang dapat ditransmisikan
6.	Rancang bangun Sistem Wireless Sensor Network untuk Sensor Getaran Berbasis Arduino	2017	Muhammat Saifudin, dkk	Parameter pengukuran hanya pada kondisi LOS (Line Off Sight)

