

BAB II

TINJAUAN UMUM

2.1 *Internet of Things*

Internet of Things (IoT) adalah sebuah konsep/skenario dimana suatu objek yang memiliki kemampuan untuk mentransfer data melalui jaringan tanpa memerlukan interaksi manusia ke manusia atau manusia ke komputer. Konsep dasar IoT adalah adanya perangkat *node* berupa sistem cerdas tertanam (*embedded*) yang akan mensensor dan mengendalikan berbagai objek fisik di sekitar manusia tersebut. *Node* tersebut terkoneksi satu sama lain melalui jaringan internet sehingga dapat saling berinteraksi dan bekerjasama untuk mencapai tujuan bersama. Se jauh ini, IoT paling erat hubungannya dengan komunikasi *machine-to-machine* (M2M). Produk dibangun dengan kemampuan komunikasi M2M yang sering disebut dengan sistem cerdas atau "*smart*". IoT dapat dijelaskan sebagai 1 *set things* yang saling terkoneksi melalui internet. *Things* disini dapat berupa *tags*, sensor, manusia dll. IoT berfungsi mengumpulkan data dan informasi dari lingkungan fisik (*environment*), data-data ini kemudian akan diproses agar dapat dipahami maknanya, kemampuan dari IoT untuk saling berkomunikasi ini membuat IoT dapat diterapkan di segala bidang [5].



Gambar 2.1 Konsep Komunikasi IoT [6]

2.2 Long range (LoRa)

LoRa (*Long Range*) merupakan modul telekomunikasi wireless berdaya rendah. 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. LoRa merupakan produk modul teknologi konektivitas nirkabel yang utamanya ditujukan untuk sistem IoT. Modul LoRa dipatenkan dan diproduksi tunggal oleh Semtech Corporation. Meskipun secara produksi tertutup, namun pengembangan dan implementasinya berstandar terbuka dan standarisasi protokolnya dikeluarkan oleh asosiasi LoRa Alliance [7].



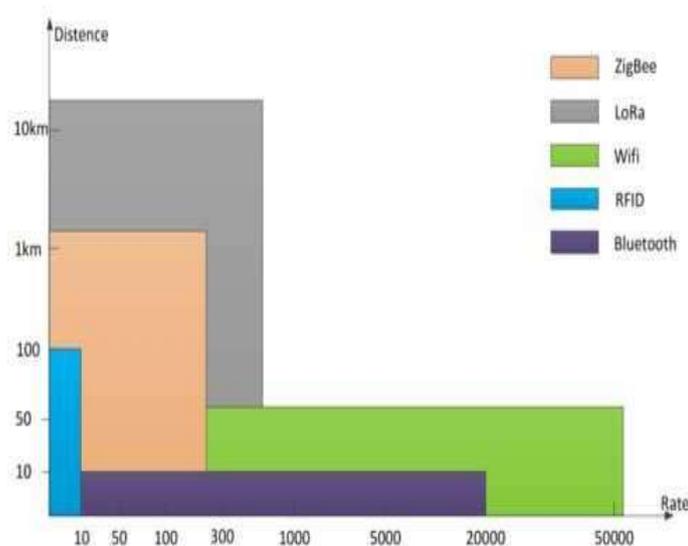
Gambar 2.2 Logo LoRa [7]

LoRa merupakan teknologi *transceiver* jaringan nirkabel yang dirancang khusus untuk komunikasi jarak jauh dengan konsumsi daya yang rendah. LoRa menggunakan modulasi *Chirp-spread-spectrum* (CSS) untuk mempertahankan karakteristik daya rendah untuk kepentingan meningkatkan jangkauan komunikasi. CSS telah digunakan dalam komunikasi jarak jauh oleh militer dan badan antariksa karena kemampuannya untuk menahan gangguan. LoRa beroperasi pada pita frekuensi Industrial, Scientific, and Medical (ISM) tidak berlisensi seperti pada frekuensi 2,4 GHz, 868MHz, 915MHz, tergantung pada regulasi masing - masing wilayah. 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 [8]

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.	LoRa	0~15 km	600 KB/s	<i>Low</i>

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 2.3** Perbandingan Kecepatan Transmisi dan Jarak Jangkauan [8]

Dapat dilihat pada gambar 2.2 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 [8].

2.2.1 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 jangkauan yang jauh. LoRa memberikan keuntungan yang signifikan dalam pemblokiran dan selektivitas atas teknik modulasi konvensional, memecahkan masalah jarak jangkauan dan konsumsi energi [9].



Gambar 2.4 Modul LoRa RFM9x [9]

RFM9x LoRa Module 915MHz merupakan modul *tranceiver* 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. Sensitifitas 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

2.2.2 Modulasi LoRa

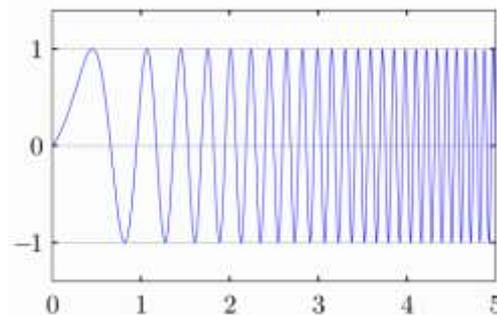
Modulasi LoRa merupakan teknologi hak milik Semtech yang tidak sepenuhnya terbuka. LoRa menggunakan modulasi *Chirp Spread Spectrum* (CSS) dengan menggunakan pulsa kicau termodulasi frekuensi linier pita lebar untuk menyediakan informasi tersebut, kicauan yang dimaksud adalah sinyal sinusoidal yang frekuensinya meningkat atau menurun seiring waktu. *Chirp Spread Spectrum* pada mulanya dibangun untuk aplikasi radar pada tahun 1940. Secara tradisional digunakan pada banyak komunikasi militer dan aplikasi keamanan komunikasi. Hingga pada 20 tahun yang lalu teknik modulasi ini di adaptasi untuk jalur komunikasi dengan persyaratan berdaya rendah dan memiliki ketahanan yang baik dari mekanisme degradasi channel seperti *multipath, fading, Doppler* dan interferensi *in-band jamming*.

Beberapa istilah dasar pada CSS:

- Bit: Satuan dasar informasi digital dan bersifat biner (1/0, high/low). Bit rate (R_b) adalah laju perubahan bit tiap satuan waktu.

- Symbol: 1 Simbol dapat memuat beberapa bit data dapat berbentuk *waveform* ataupun code. Simbol rate (R_s) adalah laju perubahan simbol tiap satuan waktu.
- Chirp: “*Compressed High Intensity Radar Pulse*” merupakan meningkatnya sinyal frekuensi (*up-chirp*) atau turun (*down-chirp*) terhadap waktu. Istilah *chirp rate* Sama dengan simbol rate secara umum.

Dibawah ini adalah contoh bentuk frekuensi up-chirp (meningkatnya frekuensi dari rendah ke tinggi).



Gambar 2.5 Modulasi LoRa Chirp Spread Spectrum (CSS) [10]

2.2.3 Parameter-Parameter LoRa

Ada beberapa parameter yang akan menentukan seberapa sensitif performa LoRa:

1. *Spreading Factor*

SF adalah rasio antara simbol rate dan chip rate. Faktor penyebaran yang lebih tinggi meningkatkan *Signal to Noise Ratio* (SNR), dan karenanya sensitivitas dan jangkauan. Jumlah chip per simbol dihitung sebagai $2SF$. Sebagai contoh, dengan SF 12 (SF12) 4096 chip/symbol digunakan. Setiap peningkatan SF mengurangi separuh laju transmisi dan, karenanya, menggandakan durasi transmisi dan akhirnya konsumsi energi. Faktor sebaran dapat dipilih dari 6 hingga 12 [11].

2. *Code rate*

Code Rate adalah implementasi modulasi LoRa juga menambahkan *forward error correction* (FEC), dengan melakukan encode 4 bit data dengan redundansi menjadi 5, 6, 7, dan 8 bit. Menggunakan redundansi ini membuat sinyal LoRa lebih tahan terhadap interferensi singkat, nilai *Code Rate* (CR) perlu diatur sesuai dengan kondisi kanal yang dipakai, jika terdapat banyak interferensi sebaiknya nilai CR ditingkatkan. Namun perlu diperhatikan bahwa kenaikan nilai CR juga meningkatkan waktu transmisi [11].

3. *Bandwidth*

Bandwidth adalah lebar frekuensi yang dipakai untuk memodulasi data sinyal LoRa memungkinkan penggunaan tiga *bandwidth* berbeda dari 125 kHz, 250 kHz, dan 500 kHz. Semakin lebih tinggi nilai *bandwidth* akan mengurangi waktu jangkauan transmisi [11].

2.2.4 Konektivitas LoRa

1. *Delay*

Delay adalah waktu tunda sebuah proses pengiriman data dari satu titik sumber ke titik tujuan. Seperti di jalan raya jika dalam perjalanan ada hal-hal yang terjadi tidak terduga maka akan membuat proses perjalanan kita terganggu atau tidak sesuai target. Hal ini mungkin dalam perjalanan seringnya menjumpai lampu merah, maka perjalanan akan tertunda dari target yang diinginkan. Dalam jaringan internet sering terjadi delay pada saat media transmisi mengalami kestabilan. Hitungan delay diperoleh dari waktu paket data diterima dikurangi dengan waktu paket data dikirimkan [12].

Persamaan perhitungan *Delay*

$$Delay = \frac{Packet\ length}{Link\ Bandwidth} \dots\dots\dots(1)$$

Tabel 2.2 Kategori *Delay* [12]

Kategori	Besar <i>Delay</i>	Indeks
Sangat Bagus	<150 ms	4
Bagus	150 s/d 300 ms	3
Sedang	300 s/d 450 ms	2
Jelek	> 450 ms	1

2. *Pac*

2. *Packet Loss*

Packet Loss merupakan suatu parameter yang menggambarkan suatu kondisi yang menunjukkan jumlah total paket yang hilang dapat terjadi karena *collision* dan *congestion* pada jaringan [12].

$$Packet\ loss = \frac{(paket\ data\ dikirim - paket\ data\ diterima) \times 100\%}{Paket\ data\ dikirim} \dots\dots\dots (2)$$

Tabel 2.3 Kategori *Packet Loss* [12]

Kategori	<i>Packet Loss</i>	Indeks
Sangat Bagus	0 %	4
Bagus	3 %	3
Sedang	15 %	2
Jelek	25 %	1

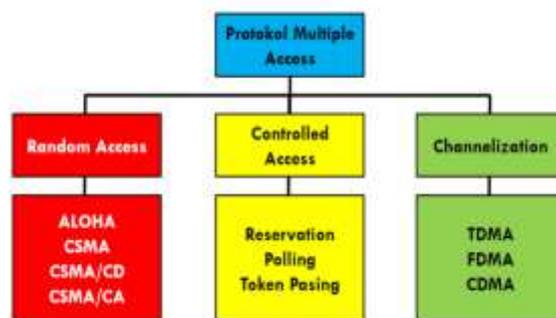
3. *RSSI (Receive Signal Strength Indicator)*

Parameter untuk mengukur indikator kekuatan sinyal yang diterima. Nilai *RSSI* sangat bergantung pada kondisi lingkungan yaitu jarak dan penghalang. Semakin jauh dan semakin banyak penghalangnya maka nilai *RSSI* akan menurun [13].

$$RSSI\ (dBm) = \frac{Total\ nilai\ RSSI\ yang\ dipenerima}{Jumlah\ sampel\ RSSI\ yang\ dikirim} \dots\dots\dots (3)$$

2.3 Protocol Multiple Access

Protocol Multiple Access digunakan untuk mengontrol giliran penggunaan LINK oleh user sehingga tidak ada user yang tersisih atau tidak mendapat giliran didalam penggunaan media transmisi atau memonopoli penggunaannya. Oleh karena itu, protokol akses ganda diperlukan untuk mengurangi tabrakan dan menghindari crosstalk. Misalnya di dalam kelas yang penuh dengan siswa, ketika seorang guru mengajukan pertanyaan dan semua siswa (atau stasiun) mulai menjawab secara bersamaan (mengirim data pada saat yang sama) maka banyak terjadi kekacauan (data tumpang tindih atau data hilang) maka itu adalah tugas guru (protokol akses ganda) untuk mengelola siswa dan membuat mereka menjawab satu per satu.



Gambar 2.6 Blok diagram *Protocol Multiple Access* [14]

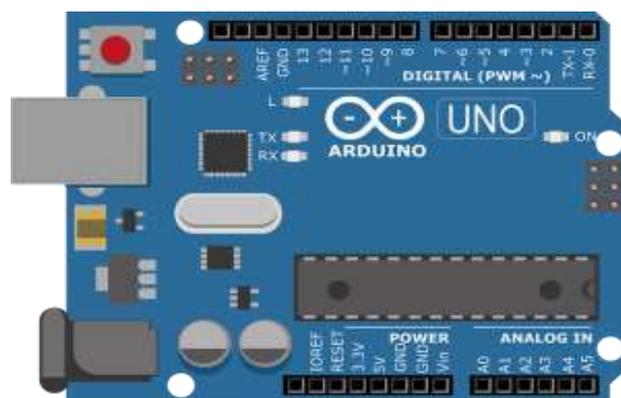
2.3.1 Random Access Protocol

Dalam *random access* atau *metode contention*, tidak ada terminal yang lebih diprioritaskan daripada yang lain, dan tidak ada yang di tugaskan sebagai pengontrol yang lainnya. Tidak terminal yang dapat melarang atau memberikan izin untuk terminal lain bila ingin mengirimkan data. Pada setiap kesempatan, sebuah terminal yang memiliki data untuk dikirim akan menggunakan prosedur yang sudah didefinisikan sebelumnya dalam sebuah protokol untuk membuat keputusan apakah akan mengirim data atau tidak. Beberapa contoh metode ini diterapkan dalam protokol: ALOHA, *Carrier Sense Multiple Access*, *Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection*, *Carrier Sense Multiple Access with Collision Avoidance*.

2.4 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 pmrogramnya 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 [15].



Gambar 2.7 Arduino UNO [15]

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 2.6

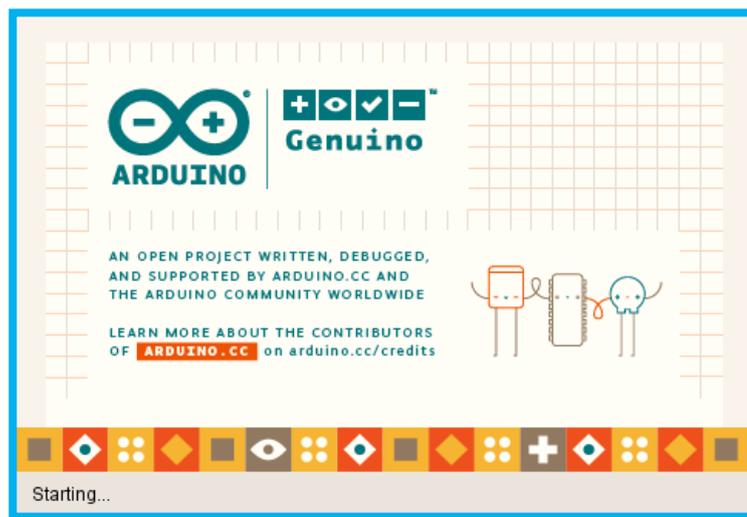
Tabel 2.4 Spesifikasi Arduino UNO [15]

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

2.4.1 Software Arduino IDE

Board Arduino UNO menggunakan *software* khusus untuk pemrogramannya. Berbeda dengan ATmega biasa yang umumnya menggunakan CodeVisionAVR (CVAVR), board arduino menggunakan *software* 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 [15].

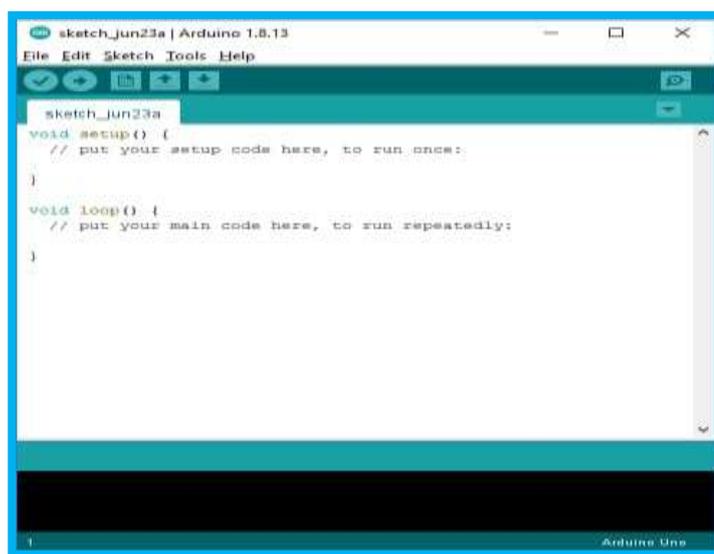
IDE itu merupakan kependekan dari *Integrated Development Environment*, atau secara bahasa mudahnya merupakan lingkungan terintegrasi yang digunakan untuk melakukan pengembangan. Disebut sebagai lingkungan karena melalui software inilah Arduino dilakukan pemrograman untuk melakukan fungsi-fungsi yang dinamakan melalui sintaks pemrograman. Arduino menggunakan bahasa pemrograman sendiri yang menyerupai bahasa C. Bahasa pemrograman Arduino (Sketch) sudah dilakukan perubahan untuk memudahkan pemula dalam melakukan pemrograman dari bahasa aslinya. Sebelum dijual ke pasaran, IC mikrokontroler Arduino telah ditanamkan suatu program bernama Bootlader yang berfungsi sebagai penengah antara compiler Arduino dengan mikrokontroler.



Gambar 2.8 Arduino software

Arduino IDE dibuat dari bahasa pemrograman JAVA. Arduino IDE juga dilengkapi dengan library C/C++ yang biasa disebut *wiring* yang membuat operasi input dan output menjadi lebih mudah. Arduino IDE ini dikembangkan dari *software Processing* yang dirombak menjadi Arduino IDE khusus untuk pemrograman dengan Arduino. Program yang ditulis dengan menggunakan Arduino Software (IDE) disebut sebagai sketch. Sketch ditulis dalam suatu editor teks dan disimpan dalam file dengan ekstensi. Teks

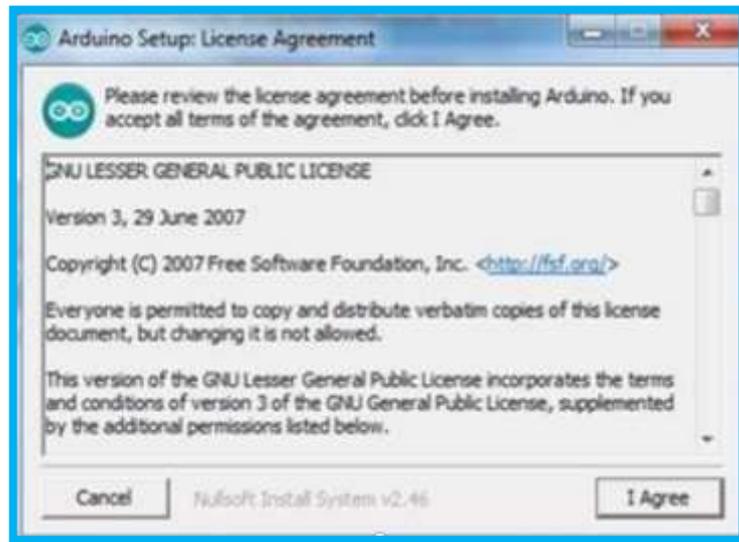
editor pada Arduino Software ini memiliki fitur seperti cutting/paste dan seraching/replacing sehingga memudahkan dalam menulis kode program. Pada Software Arduino IDE, terdapat semacam message box berwarna hitam yang berfungsi menampilkan status, seperti pesan error, compile, dan upload program. Di bagian bawah paling kanan Software Arduino IDE, menunjukkan board yang terkonfigurasi beserta COM Ports yang digunakan. Jika sebuah sketch sedang berjalan pada board menerima satu kali konfigurasi atau data lain ketika sketch pertama mulai, memastikan bahwa software yang berkomunikasi menunggu satu detik setelah membuka koneksi dan sebelum mengirim data ini. Untuk dapat melakukan pemrograman dengan benar maka Arduino IDE harus dikoneksikan dengan board Arduino yang telah terinstall pada port tertentu. Untuk mengupload program ke mikrokontroler dapat menggunakan kabel USB sebagai medianya [15].



Gambar 2.9 *Interface* program Arduino

2.4.2 Instalasi Software Arduino IDE

Software IDE bisa diunduh www.arduino.cc/en/Main/Donate, kemudian akan tampil dua pilihan, pilih download and donate dan just download. Unduh file `arduino-1-6-3-windows.exe` setelah selesai diunduh klik dua kali file `arduino-1-6-3-windows.exe` lalu akan tampil seperti gambar berikut ini.



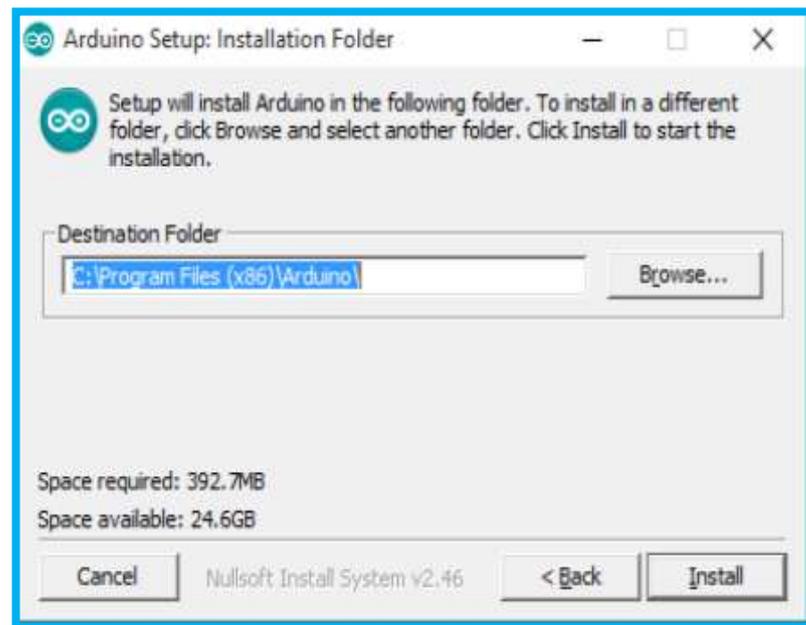
Gambar 2.10 Persetujuan Instalasi *Software* Arduino IDE

Klik tombol I Agree, lalu akan muncul Installation Option, pilih semuanya, termasuk install USB driver untuk mengenali dan melakukan komunikasi dengan board arduino melalui port USB.



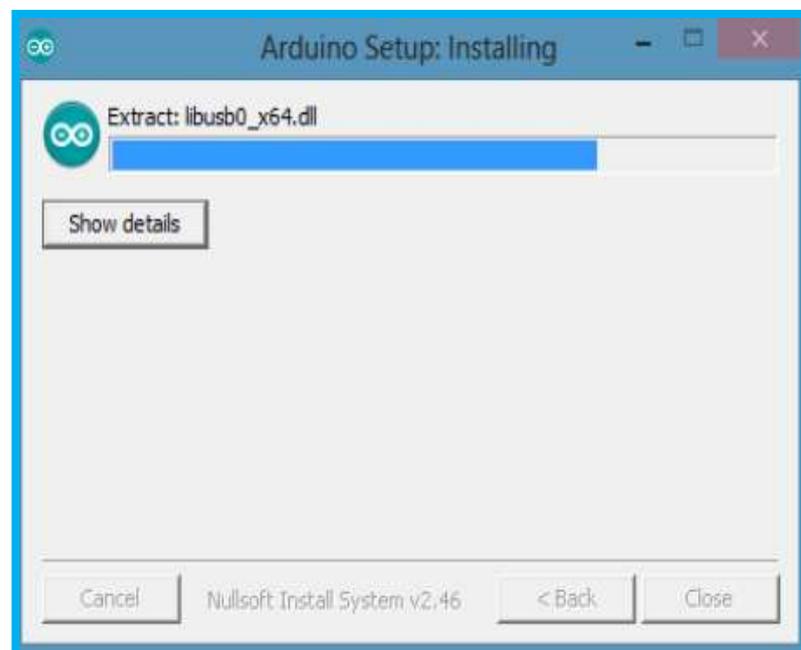
Gambar 2.11 Pilihan Instalasi

Klik next, lalu pilih folder untuk menyimpan program arduino.



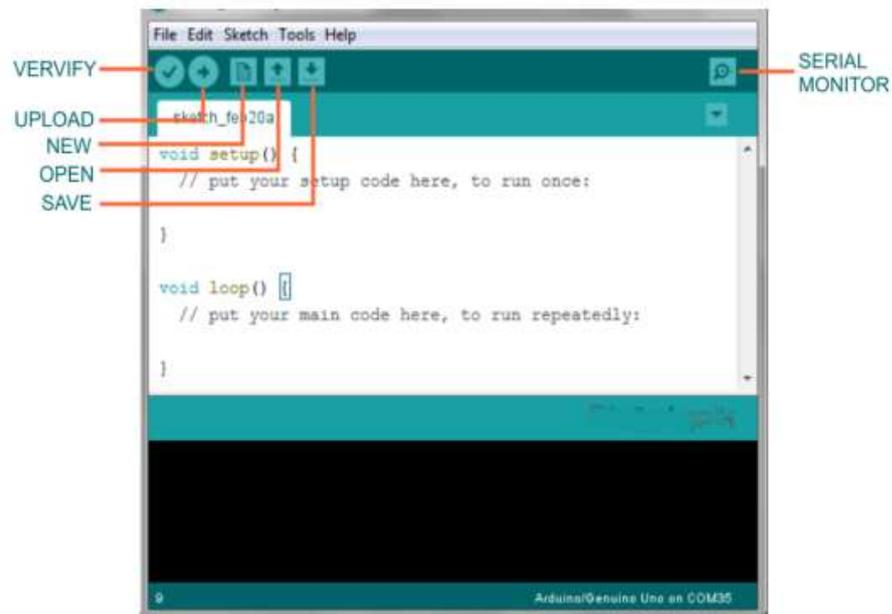
Gambar 2.12 Instalasi Folder

Klik Install, untuk melakukan proses instalasi, tunggu sampai Finish, lalu klik.



Gambar 2.13 Proses Extract

2.4.3 Pengenalan Software arduino



Gambar 2.14 Tampilan Awal Arduino IDE

Arduino Integrated Development Environment - atau Arduino Software (IDE) - berisi editor teks untuk menulis kode, area pesan, konsol teks, toolbar dengan tombol untuk fungsi-fungsi umum dan serangkaian menu. Termasuk menghubungkan ke perangkat keras Arduino untuk meng-upload program dari komputer.

-  *Verify* : Memeriksa kode Anda untuk kesalahan kompilasi.
-  *Upload* : Mengkompilasi kode Anda dan mengunggahnya ke papan yang dikonfigurasi. Lihat pengunggahan di bawah untuk detail. Catatan: Jika Anda menggunakan pemrogram eksternal dengan papan Anda, Anda dapat menahan tombol “Shift” pada keyboard ketika menggunakan ikon ini. Teks akan berganti menjadi “Upload using Programmer” (Unggah menggunakan Programmer).

 *New* : Membuat sketsa baru



Open : Menampilkan sebuah menu dari semua sketsa pada sketchbook (buku sketsa) Anda. Mengklik salah satu akan membukanya ke dalam jendela saat ini dan menggantikan isinya.



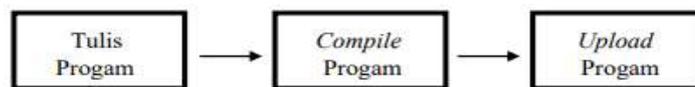
Save : Menyimpan sketsa Anda.



Serial Monitor: Membuka serial monitor.

2.4.4 Pemrograman Arduino

Pemrograman arduino menggunakan struktur Bahasa C. Mekanisme pemrogramannya arduino Sama dengan mikrokontroler pada umumnya. Mulai dari membuat sket program, meng-compile, selanjutnya proses upload pada papan arduino. Pengisian program dengan metode upload ialah mengisi papan arduino dengan program yang sudah berbentuk Hex atau hasil compile dari bahasa C ke bahasa mesin.



Gambar 2.15 Mekanisme Pemrograman Arduino

Dalam penulisan koding atau 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()

Berisi kode program yang hanya dijalankan sekali sesaat setelah mikrokontroler dijalankan atau di-reset. Merupakan bagian persiapan atau inisialisasi program.

2. Void loop()

Berisi kode program yang akan dijalankan terus-menerus. Merupakan untuk program utama.

3. 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.

4. Instruksi perulangan for-loop

Perulangan for-loop akan membuat perulangan pada bloknnya dalam jumlah tertentu, yaitu sebanyak nilai counter-nya.

5. 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.

2.5 NodeMCU

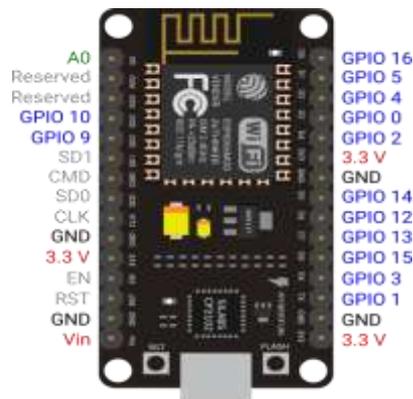
NodeMCU adalah sebuah platform IoT yang bersifat opensource. Terdiri dari perangkat keras berupa System on Chip ESP8266. Dari ESP8266 buatan Espressif System, juga firmware yang digunakan, yang menggunakan bahasa pemrograman scripting Lua. Istilah NodeMCU secara default sebenarnya mengacu pada firmware yang digunakan dari pada perangkat keras development kit NodeMCU bisa dianalogikan sebagai board arduino-nya ESP8266. Sejarah lahirnya NodeMCU berdekatan dengan rilis ESP8266 pada 30 Desember 2013, Espressif Systems selaku pembuat ESP8266 memulai produksi ESP8266 yang merupakan SoC Wi-Fi yang terintegrasi dengan prosesor Tensilica Xtensa LX106. Sedangkan NodeMCU dimulai pada 13 Oktober 2014 saat Hong mecommit file pertama nodemcu-

firmware ke Github. Dua bulan kemudian project tersebut dikembangkan ke platform perangkat keras ketika Huang R meng-commit file dari board ESP8266, yang diberi nama devkit v.0.9. Berikutnya, di bulan yang sama. Tuan PM Memporting pustaka client MQTT dari Contiki ke platform SOC ESP8266 dan di-commit ke project NodeMCU yang membuatnya mendukung protokol IOT MQTT melalui Lua. Pementakan penting berikutnya terjadi pada 30 Januari 2015 ketika Devsaurus memporting u8glib ke project NodeMCU yang memungkinkan NodeMCU bisa mendrive display LCD, OLED, hingga VGA. Demikianlah, project NodeMCU terus berkebang hingga kini berkat komunitas open source dibaliknya, pada musim panas 2016 NodeMCU sudah terdiri memiliki 40 modul fungsionalitas yang bisa digunakan sesuai kebutuhan developer.



Gambar 2.16 NodeMCU [17]

NodeMCU ini sudah dilengkapi dengan tombol push button yaitu tombol reset dan flash. Walaupun NodeMCU ini menggunakan Bahasa Lua, Bahasa ini mempunyai logika yang dan susunan pemrograman yang sama dengan Bahasa c hanya byang dibedakan pada syntaknya saja. Dan jika menggunakan Bahasa Lua maka harus menggunakan tool Lua loader maupun Lua uploader. NodeMCU ini juga sudah support dengan software Arduino IDE dengan melakukan settingan board manager pada Arduino IDE. Sebelum menggunakan Board ini harus melakukan flash terlebih dahulu agar support kepada tool yang akan digunakan. Apabila menggunakan Arduino IDE harus menggunakan firmware yang cocok yaitu firmware keluaran Ai-Thinker yang support AT Command. Penggunaan tool loader Firmware yang harus digunakan adalah Firmware NodeMCU.



Gambar 2.17 Pin-Pin NodeMCU [18]

Dibawah ini adalah spesifikasi dari NodeMCU:

Tabel 2.5 Spesifikasi NodeMCU [18]

SPESIFIKASI	NODEMCU
Mikrokontroler	ESP8266
Ukuran board	57 mm x 30 mm
Tegangan input	3.3 ~ 5v
GPIO	13 pin
Kanal PWM	10 kanal
Flash memory	4 MB
10 bit ADC Pin	1 pin
Clock Speed	40/26/24 Mhz
Wifi	IEEE 802.11 b/g/n
Frekuensi	2.4 GHz – 22.5 Ghz
USB Port	Micro USB
Card Reader	Tidak Ada
USB to Serial Converter	CH340G

2.6 Sensor

Dalam kaitannya dengan sistem elektronis, Sensor pada dasarnya dapat dipandang sebagai sebuah perangkat atau *device* yang berfungsi mengubah suatu

besaran fisik menjadi besaran listrik, sehingga keluarannya dapat diolah dengan rangkaian listrik atau sistem digital. Dewasa ini, hampir seluruh peralatan modern memiliki sensor di dalamnya. Terkait dengan perkembangan teknologi yang begitu luar biasa, pada saat ini, banyak sensor telah dipabrikasi dengan ukuran sangat kecil hingga orde nanometer sehingga menjadikan sensor sangat mudah digunakan dan dihemat energinya [12].

2.6.1 Passive Infra Red (PIR)

Sensor Passive Infra Red (PIR) adalah sensor yang digunakan untuk mendeteksi adanya pancaran sinar infra merah. Sensor PIR bersifat pasif, artinya sensor ini tidak memancarkan sinar infra merah tetapi hanya menerima radiasi sinar infra merah dari luar. Sensor ini biasanya digunakan dalam perancangan detektor gerakan berbasis PIR. Karena semua benda memancarkan energi radiasi, sebuah gerakan akan terdeteksi ketika sumber infra merah dengan suhu tertentu (misal: manusia) melewati sumber infra merah yang lain dengan suhu yang berbeda (misal: dinding), maka sensor akan membandingkan pancaran [12].

Pada umumnya sensor PIR memiliki jangkauan pembacaan efektif hingga 5 meter, dan sensor ini sangat efektif digunakan sebagai human detector. Sensor PIR ini bekerja dengan menangkap energi panas yang dihasilkan dari pancaran sinar infra merah pasif yang dimiliki setiap benda dengan suhu benda diatas nol mutlak. Seperti tubuh manusia yang memiliki suhu tubuh kira-kira 32 derajat celcius, yang merupakan suhu panas yang khas yang terdapat pada lingkungan. Pancaran sinar infra merah inilah yang kemudian ditangkap oleh Pyroelectric sensor yang merupakan inti dari sensor PIR ini sehingga menyebabkan Pyroelectric sensor yang terdiri dari galium nitrida, caesium nitrat dan litium tantalate menghasilkan arus listrik. Mengapa bisa menghasilkan arus listrik? Karena pancaran sinar infra merah pasif ini membawa energi panas. Prosesnya hampir sama seperti arus listrik yang terbentuk ketika sinar matahari mengenai solar cell.



Gambar 2.18 *Passive Infra Red (PIR)* [20]

Dibawah ini adalah spesifikasi dari sensor PIR:

Tabel 2.6 Spesifikasi Sensor PIR [20]

SPESIFIKASI	PIR
Tipe	Digital
Tegangan	4.7 ~ 5v
Arus	50A
Kerja Suhu	0-70 Derajat
Output level(HIGH)	4V
Output level(LOW)	0.4V
Sudut deteksi	110 Degree
Jarak deteksi	Maksimal 7 meter
Ukuran	28mm×36mm

Bagan Sensor PIR (Passive Infra Red)

1. Fresnel Lens

Lensa Fresnel pertama kali digunakan pada tahun 1980an. Digunakan sebagai lensa yang memfokuskan sinar pada lampu mercusuar. Penggunaan paling luas pada lensa Fresnel adalah pada lampu depan mobil, di mana mereka membiarkan berkas parallel secara kasar dari pemantul parabola dibentuk untuk memenuhi persyaratan pola sorotan utama. Namun kini, lensa Fresnel pada mobil telah ditiadakan diganti dengan lensa plain polikarbonat. Lensa Fresnel juga berguna dalam pembuatan film, tidak hanya karena kemampuannya untuk memfokuskan

sinar terang, tetapi juga karena intensitas cahaya yang relative konstan diseluruh lebar berkas cahaya.

2. IR Filter

IR Filter dimodul sensor PIR ini mampu menyaring panjang gelombang sinar infra red pasif antara 8 sampai 14 mikrometer, sehingga panjang gelombang yang dihasilkan dari tubuh manusia yang berkisar antara 9 sampai 10 mikrometer ini saja yang dapat dideteksi oleh sensor. Sehingga Sensor PIR hanya bereaksi pada tubuh manusia saja.

3. Pyroelectric Sensor

Seperti tubuh manusia yang memiliki suhu tubuh kira-kira 32 derajat celcius, yang merupakan suhu panas yang khas yang terdapat pada lingkungan. Pancaran sinar infra merah inilah yang kemudian ditangkap oleh Pyroelectric sensor yang merupakan inti dari sensor PIR ini sehingga menyebabkan Pyroelectric sensor yang terdiri dari galium nitrida, caesium nitrat dan litium tantalate menghasilkan arus listrik. Mengapa bisa menghasilkan arus listrik? Karena pancaran sinar infra merah pasif ini membawa energi panas. Material pyroelectric bereaksi menghasilkan arus listrik karena adanya energi panas yang dibawa oleh infra red pasif tersebut. Prosesnya hampir sama seperti arus listrik yang terbentuk ketika sinar matahari mengenai solar cell.

4. Amplifier

Sebuah sirkuit amplifier yang ada menguatkan arus yang masuk pada material pyroelectric.

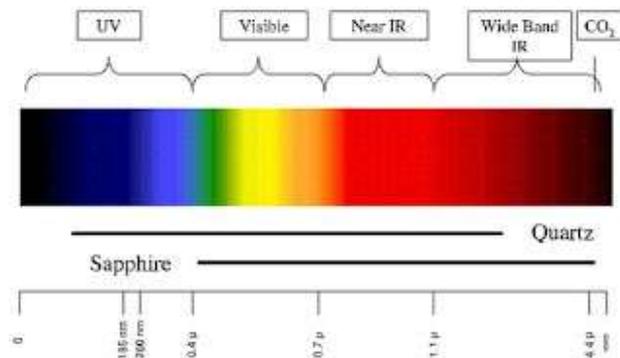
5. Komparator

Setelah dikuatkan oleh amplifier kemudian arus dibandingkan oleh komparator sehingga menghasilkan output.

2.6.2 *Detector Flame*

Detector Flame sensor adalah rangkaian yang berfungsi mendeteksi keberadaan api pada jarak tertentu yang dapat di atur pada resistor variabel

hingga jarak batas deteksi oleh fotodiode, apabila sensor terdeteksi maka led merah pada sensor tersebut menyala yang berarti sensor mendeteksi infrared yang di pancarkan oleh api. *Detector Flame* sensor merupakan alat optik yang digunakan untuk mendeteksi nyala api dengan menggunakan sensor optik untuk mendeteksinya. Di sini ditegaskan bahwa *Detector flame* sensor digunakan untuk mendeteksi keberadaan api, bukan panas. Api akan bisa dideteksi oleh keberadaan spektrum cahaya infra-red maupun ultraviolet, dan dari situ semacam microprocessor dalam flame sensor akan bekerja untuk membedakan spektrum cahaya yang terdapat pada api yang terdeteksi tersebut. Prinsip kerja dari alat ini adalah mendeteksi radiasi infra-red atau ultraviolet dari api yang menyala. *Detector Flame* sensor bekerja mendeteksi Infra-red pada area yang diproteksi. Flame sensor umumnya akan merespon jauh lebih cepat misalnya terjadi kebakaran yang diakibatkan oleh gas dan cairan yang mudah dibakar.



Gambar 2.19 Spektrum Warna [21]

Flame sensor ini dapat mendeteksi nyala api yang memiliki panjang gelombang 760 nm ~ 1100 nm. Dalam banyak pertandingan robot, pendeteksian nyala api menjadi salah satu aturan umum perlombaan yang tidak pernah ketinggalan. Oleh sebab itu sensor ini sangat berguna, yang dapat Anda jadikan 'mata' bagi robot untuk dapat mendeteksi sumber nyala api, atau mencari bola. Cocok digunakan pada robot fire-fighting dan soccer robot. Sensor nyala api ini mempunyai sudut pembacaan 60 derajat, dan beroperasi pada suhu 25-85oC, dan tentu saja untuk diperhatikan, bahwa jarak

pembacaan antara sensor dan objek yang dideteksi tidak boleh terlalu dekat, untuk menghindari kerusakan sensor.



Gambar 2.20 *Detector Flame* [21]

Sebelum digunakan sensor ini, terlebih dahulu kita harus mengetahui spesifikasi dari sensor tersebut.

- *Flame* sensor ini sangat sensitive terhadap infrared yang panjang gelombang cahayanya antara 760-1100 nm
- Analog output (A0): Real-time sinyal tegangan output pada tahanan panas. Dengan pin Analog Output ini bisa memperkirakan letak api karena pembacaan sensor ini yaitu 60oC. Dengan memasang sensor secara parallel, akan bisa memperkirakan kira-kira posisi dimana, meskipun tidak terlalu akurat.
- Digital output (D0): Jika suhu mencapai batas tertentu, output akan tinggi dan rendah ambang sinyal disesuaikan melalui potensiometer. Dengan pin digital output hanya bisa tahu ada api atau tidak namun tidak bisa mengetahui letak api.
- Tegangan input untuk pin Analog adalah 5V dan jika menggunakan pin digital bisa menggunakan tegangan 3.3V.

2.6.3 ESP32-Cam

Modul ESP32-Cam adalah modul kamera yang dilengkapi dengan wifi dan bluetooth. Harganya yang sangat murah sehingga peminatnya sangat banyak, modul ini sangat cocok untuk proyek IoT sehingga banyak aplikasi IoT menggunakan modul kamera ini, misalkan untuk perangkat rumah pintar, kontrol nirkabel Industri, sistem keamanan, identifikasi kode QR, dan aplikasi IoT lainnya. ESP32-CAM adalah Mikrokontroler ESP32 yang ditambahkan modul kamera kecil OV2640 dengan chip ESP32-S. Memiliki kamera dengan

kualitas baik dilengkapi koneksi WiFi + Bluetooth yang Low konsumsi serta slot MicroSD.

Fitur:

1. Jenis Modul SoC 802.11n/g/n Wi-Fi + BT/BLE ultra-kecil.
2. CPU 32-bit dual-core berdaya rendah untuk prosesor aplikasi.
3. Frekuensi utama hingga 240 MHz, daya komputasi hingga 600 DMIPS.
4. 520 KB SRAM internal, PSRAM 4M eksternal.
5. Mendukung antarmuka seperti UART/SPI/I2C/PWM/ADC.
6. Mendukung kamera OV2640 dan OV7670, flash built-in.
7. Mendukung upload gambar WiFi, mendukung kartu TF.
8. Mendukung beberapa mode tidur, Lwip tertanam dan freeRTOS
9. Mendukung mode kerja STA/AP/STA + AP



Gambar 2.21 ESP32-Cam [22]

2.6.4 Buzzer

Alarm digunakan sebagai sistem peringatan tanda bahaya berupa bunyi atau suara. Sistem alarm yang digunakan adalah sistem buzzer. Buzzer atau bel listrik adalah suatu alat untuk memberi sinyal suara secara khas. Secara umum bel listrik sering digunakan untuk suatu rangkaian sensor dengan pengendali dan digunakan sebagai penanda yang berupa suara.

Buzzer sebuah komponen yang memiliki fungsi mengubah arus listrik menjadi suara. Dan pada dasarnya prinsip kerja buzzer hampir sama dengan speaker. Buzzer terdiri dari sebuah diafragma yang memiliki kumparan.

Ketika kumparan tersebut dialiri arus listrik sehingga menjadi electromagnet, kumparan akan tertarik kedalam atau keluar tergantung dari polaritas magnetnya. Karena kumparan dipasang pada diafragma maka setiap getaran diafragma secara bolak –balik sehingga membuat udara bergetar dan menghasilkan suara. Buzzer ini akan digunakan sebagai indicator apabila adanya sensor flame mendeteksi adanya api.



Gambar 2.22 Buzzer [23]

Dibawah ini adalah spesifikasi dari Buzzer:

Tabel 2.7 Spesifikasi Buzzer [23]

SPEKIFIKASI	BUZZER
Tegangan	3v-12v
Resistansi	16 Ohm
Kekuatan Suara	80-85 dB
Ukuran dan Tebal	12mm dan 8.5mm

2.7 Android

Android adalah sistem operasi untuk telepon seluler yang berbasis Linux. Android menyediakan *platform* terbuka bagi para pengembang untuk menciptakan aplikasi mereka sendiri untuk digunakan oleh bermacam peranti bergerak. Awalnya, Google *Inc*, membeli Android *Inc*, pendatang baru yang membuat peranti lunak untuk ponsel. Kemudian untuk mengembangkan Android, dibentuklah *Open Handset Alliance*, konsorsium dari 34 perusahaan peranti keras, peranti lunak, dan telekomunikasi, termasuk Google, HTC, Intel, Motorola, Qualcomm, T-Mobile dan Nvidia.

Sebuah *Integrated Development Environment* (IDE) yang biasa digunakan untuk pengembangan aplikasi android dan dikembangkan oleh google yang bersifat *open source* atau gratis disebut Android Studio. *Integrated Development Environment* (IDE) adalah program komputer yang memiliki beberapa fasilitas yang diperlukan dalam pembangunan perangkat lunak. Peluncuran Android Studio diumumkan oleh Google pada 16 mei 2013 di event Google I/O Conference untuk tahun 2013. Sejak saat itu, Android Studio menggantikan Eclipse sebagai IDE resmi untuk mengembangkan aplikasi Android.



Gambar 2.23 Logo Android Studio [24]

Sebagai pengembangan dari eclipse, android studio mempunyai banyak fitur-fitur baru dibandingkan dengan eclipse IDE. Berbeda dengan eclipse yang menggunakan Ant, Android Studio menggunakan *Gradle* sebagai *build environment*. Android menyediakan platform terbuka (*open sources*) bagi para pengembang untuk menciptakan aplikasi mereka sendiri untuk digunakan oleh berbagai macam piranti bergerak. Awalnya, Google Inc. membeli Android Inc., pendatang baru yang membuat piranti lunak untuk ponsel. Kemudian Google Inc mengembangkannya dengan cara membentuk Open Handset Alliance (OHA), konsorsium dari 34 perusahaan peranti keras, peranti lunak, dan telekomunikasi, termasuk Google, HTC, Intel, LG, Motorola, Qualcomm, T-Mobile, Samsung dan Nvidia.

Di dunia ini terdapat dua jenis distributor sistem operasi Android. Pertama yang mendapat dukungan penuh dari Google atau Google Mail Services (GMS) dan yang kedua adalah yang benar-benar bebas distribusinya tanpa dukungan langsung Google. Keputusan Google Inc. mengembangkan Android dengan cara membentuk Open Handset Distribution dinilai sangat tepat karena melalui hal tersebut saat ini

Android telah berhasil menjadi salah satu sistem operasi paling populer. Saking populernya Android pun dapat mengalahkan sistem operasi lain seperti iOS, Windows Phone, dan Blackberry.

Pengembangan aplikasi pada platform Android menggunakan bahasa pemrograman Java. Serangkaian aplikasi inti Android antara lain klien email, program SMS, kalender, peta, browser, kontak, dan lain-lain. Android bergantung pada versi Linux 2.6 untuk layanan sistem inti seperti keamanan, manajemen memori, manajemen proses, network stack, dan model driver. Kernel juga bertindak sebagai lapisan abstraksi antara hardware dan seluruh software stack.

2.7.1 Fitur Android

Berikut adalah beberapa fitur yang terdapat pada android :

1. Multiproses dan App Widgets OS android tidak membatasi processor untuk menjalankan satu aplikasi dalam satu waktu. Sistem mengatur prioritas dan urutan aplikasi-aplikasi sehingga sangat menguntungkan karena background tasks tetap berjalan ketika pengguna menggunakan perangkat untuk melakukan foreground process. App Widgets merupakan aplikasi mini yang dapat diletakkan pada aplikasi lain (Home Screen) untuk melakukan proses tertentu, seperti menghidupkan musik atau memperbarui suhu luar, ketika proses lain sedang berjalan.
2. Touch, Gesture dan Multitouch Layar sentuh merupakan interface pengguna pada perangkat genggam yang jika digunakan dengan baik akan membantu pengguna dalam mengoperasikan perangkat tersebut. Multitouch menggunakan lebih dari satu jari pada layar seperti ketika melakukan zoom dan rotate gambar.

2.7.2 Versi Android

Setiap tahun, android terus mengalami perkembangan dengan munculnya versi terbaru dari operating system (OS) yang digunakan, Android 5.0 Lollipop rilis tahun 2014. Perubahan pada versi ini lebih terasa pada user interface.



Gambar 2.24 Android Versi 5.0 Lollipop [25]

2.8 Java

Bahasa Pemrograman *Java* adalah bahasa pemrograman yang multi platform dan multi device. Sekali anda menuliskan sebuah program dengan menggunakan *Java*, anda dapat menjalankannya hampir di semua komputer dan perangkat lain yang mendukung *Java*, dengan sedikit perubahan atau tanpa perubahan sama sekali dalam kodenya [26]. *Java* adalah bahasa pemrograman berorientasi objek dengan unsurunsur seperti bahasa C++ dan bahasa lainnya yang memiliki libraries yang cocok dengan lingkungan internet. *Java* dapat melakukan banyak hal dalam pemrograman, seperti aplikasi interaktif, pembuatan animasi halaman web, serta pemrograman *Java* untuk ponsel. *Java* juga bisa digunakan pada internet, handphone, dan sebagainya.

NetBeans adalah sebuah proyek yang telah sukses dengan jumlah user yang sangat banyak, memiliki hampir 100 mitra, dan komunitas yang terus tumbuh. Sun *Microsystem* sebagai sponsor utama mendirikan proyek *open source NetBeans* di bulan Juni 2000. Pada saat menjalankan *NetBeans*, setiap program yang akan dibuat oleh user selalu terkait dengan project (proyek) tertentu. Sebuah proyek pada umumnya akan memuat satu atau lebih file *Java* yang saling terkait dan kemudian akan di simpan pada sebuah library. *NetBeans* menyediakan pilihan fitur yang dapat dijalankan. Pilihan fitur tersebut berupa Class, Package, dan Form. Class dan package merupakan fitur berbentuk UI (User Interface) yang menjadi bagian dari proyek yang dapat dikerjakan. Selain itu terdapat juga form yang memiliki fitur berbentuk GUI.



Gambar 2.25 Logo *Java* [27]

2.8.1 JSON

Berdasarkan website resminya www.json.org, JSON merupakan bagian dari bahasa pemrograman JavaScript (Standard ECMA-262 3rd Edition – December 1999). JSON merupakan format teks yang sepenuhnya independen tetapi menggunakan konvensi yang familiar dengan bahasa pemrograman dari keluarga C, termasuk C, C++, C#, Java, JavaScript, Perl, Python, dan sebagainya. Kelebihan inilah yang membuat JSON menjadi sebuah bahasa data-interchange yang ideal. JSON dibangun dalam dua struktur:

1. Beberapa pasangan dari nama/nilai. Dalam beberapa bahasa pemrograman biasa disebut dengan istilah object, record, struct, tabel hash, key list atau associative array.
2. Nilai-nilai yang terusun secara ordered list. Biasa disebut dengan array, vector, list atau daftar dalam bahasa pemrograman. JSON adalah struktur data yang universal, dalam artian bisa digunakan dalam berbagai bahasa pemrograman. Hampir semua bahasa pemrograman mendukung penuh JSON dalam berbagai format. Hal ini memungkinkan format data yang dapat dipertukarkan menggunakan bahasa pemrograman juga menggunakan dasar dari struktur JSON.

2.8.2 Database

Database merupakan struktur data untuk tempat menyimpan informasi

yang terorganisir. Database terbentuk dari susunan beberapa table yang terdiri dari banyak baris dan kolom. Adapun tingkatan data adalah sebagai berikut:

1. Database merupakan kumpulan field/table yang saling berhubungan. Database menduduki urutan tertinggi yang di dalamnya semua data tersimpan dan dikelola.
2. Table sering disebut entitas atau entity. Table atas record-record yang menggambarkan kesatuan data yang sejenis.
3. Record merupakan field yang membentuk suatu record yang menggambarkan informasi tentang individu tertentu.
4. Field merupakan atribut dari record yang menunjukkan suatu value data. Kumpulan field yang membentuk suatu record harus diberi nama untuk membedakan antara field satu dengan yang lain. Pada field ini, Anda juga harus mendefinisikan tipe data dan panjang maksimal data yang akan disimpan.
5. Value adalah jenjang terkecil yang merupakan isi dari field yang dapat berupa karakter, huruf, dan angka.

2.9 *Firestore*

Firestore memiliki produk utama, yaitu menyediakan database *realtime* dan *backend* sebagai layanan (Backend as a Service). Layanan ini menyediakan pengembang aplikasi API yang memungkinkan aplikasi data yang akan disinkronisasi di klien dan disimpan di cloud *Firestore* ini. *Firestore* menyediakan *library* untuk berbagai client platform yang memungkinkan integrasi dengan Android, iOS, JavaScript, Java, Objective-C dan Node aplikasi Js dan dapat juga disebut layanan DbaaS (Database as a Service) dengan konsep realtime [28].



Gambar 2.26 Logo *Firebase* [28]**2.9.1 Hubungan antara firebase dan android**

Terdapat metode `setValue()` untuk menyimpan data ke referensi yang ditetapkan, menggantikan data yang ada di jalur tersebut. Bisa menggunakan metode ini untuk:

- a. Memberikan tipe yang cocok dengan tipe JSON yang tersedia seperti, String, Long, Double, Boolean, Map, List.
- b. Meneruskan objek *Java* khusus, jika kelas yang mendefinisikannya memiliki konstruktor default yang tidak menerima argument dan memiliki public getter untuk properti yang akan ditugaskan.

2.10 Perbandingan Penelitian Sebelumnya**Tabel 2.8** Perbandingan Penelitian Sebelumnya

No	Judul	Tahun Jurnal	Penulis	Keterangan
1.	Rancang Bangun Sistem Keamanan Gudang Penyimpanan Menggunakan Transmisi LoRa	2020	Charisma Dimas Affandi	Menggunakan LoRa, limit switch, nodeMCU. Perlu pengembangan lagi untuk pengukuran RSSI
2.	Rancang Bangun Sistem Keamanan Laboratorium TI Menggunakan Sensor Passive Infrared Berbasis Arduino	2017	Arif Supriyanto	Hanya Menggunakan Arduino dan PIR sebagai Komponen Utama

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.	Sistem Pemberi Pakan Hewan Pemeliharaan Dengan Kendali Jarak Jauh LoRa	2019	Petrus Tiberian Rizky	Menggunakan Sensor Ultrasonic, LCD, Motor Servo, LoRa. Untuk pengembangan perlu di tambahkan semacam LoRa untuk <i>Gateway</i> agar jarak yang dihasilkan jauh
5.	Pembangunan Prototype Sistem Monitoring Getaran Gempa Menggunakan Sensor Module SW-420	2018	Julio Fajar Saputra, dkk	Menggunakan arduino dan sensor Module SW-420. Untuk pengembangan Sebaiknya menggunakan modul LoRa yang memiliki frekuensi yang sesuai dengan lokasi terjangkau dan luas.

6.	Implementasi Wireless Sensor Network sebagai Pendeteksi kebakaran berbasis LoRa	2019	Muhammad Alhasan M.	Menggunakan arduino, LoRa, sensor flame, ESP 8266, Sensor MQ2. Untuk Pengembangan diperbaiki kualitas yang diberikan LoRa sehingga diharapkan
----	---	------	---------------------	---

				jarak jangkauan LoRa juga akan semakin jauh serta diharapkan dapat dikembangkan dan diimplementasikan langsung ke hutan yang berpotensi sering terjadi kebakaran
7	Prototipe Otomatis Pengaman Rumah Berbasis Arduino dan Andoird	2018	Ichsan Ramadhan dan Kiki Prawiroredjo	Menggunakan Arduino, NodeMCU, MQ2, PIR, LDR dan Android. Untuk pengembangan bisa di tambahkan LoRa sebagai media komunikasi jarak jauhnya.
8	Monitoring Kendaraan Menggunakan <i>Long range</i> Radio Frekuensi Berbasis WEB	2019	Sri Widya Nengsi	Menggunakan arduino, LoRa, Modul GPS Neo-M6, Modul WiFi ESP32. Untuk pengembangan Rangkaian alat masih belum terlihat rapi sehingga perlu disederhanakan agar pengguna bisa lebih nyaman dalam menggunakan alat monitoring ini. Jangkauan jaringan pada alat terkadang membutuhkan beberapa menit untuk menemukan lokasi kendaraan sehingga diperlukan perbaikan dalam jangkauan jaringan

9	Perancangan Dan Implementasi <i>Device</i> Tentang Teknologi Akses LPWAN LoRa untuk monitoring Air Sungai Citarum	2019	Pinky Devi Dama Istianti	Menggunakan Algoritma FADR. Untuk pengembangan bisa dilakukan uji coba pada daerah lapang terbuka seperti daerah pertanian dan Menggunakan Metode atau Algoritma lain agar nilai RSSI dan SNR setiap <i>Spreading Factor</i> mempunyai yang lebih baik lagi daripada Algoritma FADR
10	Rancang Bangun <i>Emergency Button</i> Berbasis LoRa	2020	Muhammad Fadhiil Febriyan	Menggunakan Arduino, LoRa RFM9x, Antena <i>Omnidirectional</i> . Untuk Pengembangan bisa dilakukan di tempat yang berbeda sehingga dapat menghasilkan jarak yang maksimal.