

BAB 2

DASAR TEORI

2.1 KAJIAN PUSTAKA

Penelitian Ulfa Hasnita pada tahun 2018 dengan judul “Studi Efektivitas Sensor *Accelerometer* MPU 6050 Sebagai Pendeteksi Getaran Secara Nirkabel” merupakan penelitian yang memanfaatkan sensor *accelerometer* MPU 6050 dimana sensor memanfaatkan percepatan dari getaran yang diterima sumbu x, y dan z. Pengujian menunjukkan, sensitifitas sensor, dimana sumbu z memiliki sensitifitas tertinggi, hingga 78 dan 97 kali dari sumbu x dan y. Simpangan terbesar diakibatkan adanya getaran mencapai 1,6 g. Nilai akselerasi secara non-linier makin besar jika sumber getaran meningkat. Media dasar aluminium menghasilkan pendeteksian 8,69 kali lebih besar dari bahan keramik. Getaran pada jarak 2 cm 48,8% kali lebih besar dari jarak 10 cm. Selain itu, semakin tinggi frekuensi pengambilan data dilakukan, semakin tinggi simpangan akselerasi, dengan nilai percepatan rata-rata mencapai 0,1564 g saat periode pengambilan data 150 mili detik, lebih tinggi dari jika periode 200 dan 250 mili detik yang memberikan nilai 0,1491 g dan 0,1049 g.[4]

Penelitian Mochammad Muflich Ashafa pada tahun 2018 dengan judul “*Monitoring* Gempa Bumi Berbasis WEB dengan Sensor *Accelerometer* Menggunakan Protokol HTTP” merupakan penelitian yang memanfaatkan sensor *accelerometer* ADXL 335 di mana sensor dapat mengukur kekuatan gempa menggunakan 3 sumbu untuk menentukan kemiringan, yaitu sumbu x,y dan z. Kontroler Arduino yang telah terintegrasi dengan *web server* dan menggunakan protocol HTTP serta *ethernet shield* sebagai media mengirimkan menuju *cloud thingspeak*. Pengujian penelitian dengan menjatuhkan beban seberat 1,5 kg, 2,1 kg dan 3,2 kg dengan 7, 14, dan 30 cm serta dengan tinggi 70 cm. Hasil data yang diperoleh nilai sebesar 5.3562 SR pada berat sebesar 1,5 kg, 5.6184 SR pada berat sebesar 2,1 kg dan 6.9872 SR dengan berat 3,2 kg. Pemodelan dalam menganalisis untuk kerja sistem *monitoring* gempa bumi secara *real time* dengan berbasis *Internet of Things*. [3]

Penelitian Irnanda riyadi, Faisal Hadi, Salwa Khotimah, dan Beseri pada tahun 2021 dengan judul “Modul Deteksi dan Perekaman Data Gempa Berbasis *Database Earthquake Intensity* (DEI)” merupakan penelitian yang membahas tentang rancangan modul deteksi gempa yang diberi nama *Earthquake Intensity Meter*. Rancangan modul terdiri dari sensor MEMS MPU6050 dan 2 buah sensor piezoelektrik. Masing-masing sensor dipisahkan dengan jarak 10 meter dengan sensor MPU6050 yang menjadi pusatnya dan 2 sensor piezoelektrik hanya sebagai pemicu. Kombinasi sensor MPU6050 dan 2 sensor piezoelektrik mampu digunakan untuk membedakan getaran gempa dan bukan gempa dengan tingkat keberhasilan 32%. Aplikasi Vibrometer yang digunakan sebagai media kalibrasi, memiliki selisih 17% dengan *intensity* meter. Sedangkan akurasi sensor MPU6050 dalam rancangan modul memiliki selisih 11,17% dengan aplikasi vibrometer. Data hasil pendeteksian rancangan divisualisasikan secara realtime dan disimpan pada aplikasi DEI yang dirancang dengan VB 2010. [5]

Penelitian Rio Riantana pada tahun 2021 dengan judul “Aplikasi Sensor *Accelerometer* pada *Handphone* Android sebagai Pencatat Getaran Gempabumi secara *Online*” merupakan penelitian yang membahas tentang pembuatan metode pencatatan getaran gempa bumi secara *realtime* menggunakan sensor *accelerometer* pada perangkat android. Metode yang digunakan yaitu *Cloud Computing* karena lebih praktis dan efisien. Pengujian data selama 20 detik, didapatkan *record* pada server sebanyak 191 *record*, maka rata-rata data yang terkirim dan dicatat server yaitu 9,55 *record* per detik, maka prosentase data terkirim yaitu 95,5% dari harapan. Keakuratan waktu pengiriman data dari *handphone* dan pencatatan pada *database* sangat dipengaruhi oleh kondisi sambungan internet. Rata-rata besar data yang dikirim adalah 57 *byte / record*. Sehingga butuh minimal *bandwidth* internet sebesar 570 bps atau 0,57 Kbps pada android. [6]

2.2 DASAR TEORI

2.2.1 Gempa Bumi

Gempa bumi merupakan kejadian terjadinya guncangan atau getaran pada bumi, ada beberapa faktor yang mengakibatkan gempa bumi, antara lain adanya pergeseran atau pergerakan lempengan bumi dan adanya aktifitas gunung berapi.

Secara fisika gelombang gempa bumi disamakan dengan gelombang air, hal tersebut dikarenakan sifatnya yang merambat kesegala arah. Gempa bumi merupakan sebuah peristiwa yang melepaskan energi gelombang seismik, di mana sebagian besar merambat kepada seluruh bumi (gelombang badan) dan jika ada yang merambat pada permukaan bumi (gelombang permukaan). Gelombang gempa bumi dibagi menjadi 2 yaitu, gelombang primer di mana rambatan gelombang yang terjadi secara cepat, gelombang primer memiliki kecepatan 4,8 km/detik hingga 1,4 km/detik, serta memiliki frekuensi 15 hertz. Gelombang sekunder memiliki kecepatan dibawah gelombang sekunder yaitu 3 km/detik, namun gelombang sekunder memiliki kemampuan yang lebih merusak bangunan, hal tersebut dikarenakan gerakannya yang vertikal dan horizontal [7]. Pada tabel 2.1 merupakan skala intensitas gempa bumi yang dikeluarkan oleh BMKG.

Tabel 2.1 Skala Intensitas Gempa Bumi Menurut BMKG [8]

Skala SIG BMKG	Warna	Deskripsi Sederhana	Deskripsi Rinci	Skala MMI	PGA (gal)
I	Putih	Tidak Dirasakan	Tidak dirasakan atau dirasakan hanya beberapa orang	I-II	< 2.9
II	Hijau	Dirasakan	Dirasakan oleh banyak orang namun tidak menimbulkan kerusakan	III-V	2.9-88
III	Kuning	Kerusakan Ringan	Bagian non struktur bangunan mengalami kerusakan ringan seperti retak	VI	89-167
IV	Jingga	Kerusakan Sedang	Banyak retakan terjadi pada dinding bangunan sederhana	VII-VIII	168-564
V	Merah	Kerusakan Berat	Sebagian besar dinding bangunan permanen roboh.	IX-XII	>564

Gempa bumi adalah suatu jenis bencana yang bisa menimbulkan merusak, menghilangkan harta benda dan tentunya sangat berpotensi untuk menimbulkan

sebuah masalah krisis kesehatan. Gempa bumi dapat dibedakan menjadi beberapa jenis yaitu [9] :

1. Gempa Tektonik

Gempa tektonik merupakan gempa bumi disebabkan oleh pergeseran lapisan pada kulit bumi dikarenakan lepasnya kekuatan pada zone penunjaman. Gempa tektonik memiliki kekuatan dahsyat seperti contoh: gempa Aceh, gempa Bengkulu, gempa Pangandaran [10].

2. Gempa Vulkanik

Gempa vulkanik adalah jenis gempa yang disebabkan karena meletusnya gunung berapi, gempa vulkanik terjadi baik sebelum maupun sesudah terjadinya erupsi pada gunung berapi, biasanya getarannya bisa dirasakan oleh manusia maupun hewan di sekitar gunung akan erupsi. Menurut penelitian gempa vulkanik terjadi sebanyak 7% dari total gempa bumi yang terjadi di seluruh bumi. [9].

3. Gempa Runtuhan

Gempa bumi runtuhan juga memiliki ciri khusus yaitu kekuatannya tidak terlalu besar. Tidak seperti gempa tektonik yang kekuatannya bisa melebihi 6 Skala *Richter*, gempa bumi runtuhan bersifat lebih lemah. Getaran yang diakibatkan gempa bumi runtuhan disesuaikan objek yang mengalami runtuhan. Semakin besar suatu objek pada runtuhan maka getaran yang dihasilkan oleh gempa bumi tersebut juga semakin besar. Contohnya seperti gempa yang dihasilkan oleh runtuhnya atap goa berbeda dengan gempa yang diakibatkan oleh longsohnya gunung [11].

2.2.2 Skala Richter

Skala Richter merupakan satuan ukuran dalam skala kekuatan gempa lokal atau magnitudo lokal. Ukuran skala richter biasanya digunakan pada gempa lokal berkekuatan kecil, yaitu sekitar kurang dari 600 km. Ukuran gempa bumi bisa dinyatakan dalam satuan skala Richter (M) atau juga skala Modified Mercalli (MMI). Skala Richter dapat mengukur Magnitude gempa bersumber pada amplitudo yang terjadi oleh sebab itu lebih objektif [12].

Tabel 2.2 Efek Gempa Berdasarkan Skala *Richter* [12]

Skala Richter	Efek Gempa
< 2,0	Tidak terasa, gempa kecil
2,0 – 2,9	Tidak terasa, terekam alat
3,0 – 3,9	Seringkali terasa, tetapi jarang kerusakan
4,0 – 4,9	Dapat diketahui getarannya, kerusakan tidak signifikan
5,0 – 5,9	Menyebabkan kerusakan pada area kecil
6,0 – 6,9	Dapat merusak area hingga jarak sekitar 160 Km
7,0 – 7,9	Menyebabkan kerusakan pada area luas

Terdapat beberapa cara untuk mengukur besaran gempa bumi. Metode pertama yang dapat digunakan adalah skala Richter. Skala Richter dikembangkan oleh Charles F. Richter pada tahun 1934. Skala ini menggunakan rumus berdasarkan nilai amplitudo gelombang terbesar yang terekam pada jenis seismometer tertentu dan jarak antara gempa dan seismometer. Skala lain, berdasarkan nilai amplitudo gelombang dan durasi gempa total, dikembangkan untuk digunakan dalam situasi yang lain dan dirancang agar nilainya konsisten dengan skala Richter. Nilai percepatan magnitude MR dapat dihitung dengan menggunakan rumus [4], yaitu:

$$MR = \sqrt{x^2 + y^2 + z^2} \dots \dots \dots (2.1)$$

x = nilai yang terbaca pada sumbu x

y = nilai yang terbaca pada sumbu y

z = nilai yang terbaca pada sumbu z

MR = besaran nilai percepatan [3]

Besaran gempa berdasarkan *amplitude* perpindaan tanah yang bergerak lalu diukur oleh standar seismograf, yaitu

$$ML = \log A + 1.6 \log D - 1.5 \dots \dots \dots (2.2)$$

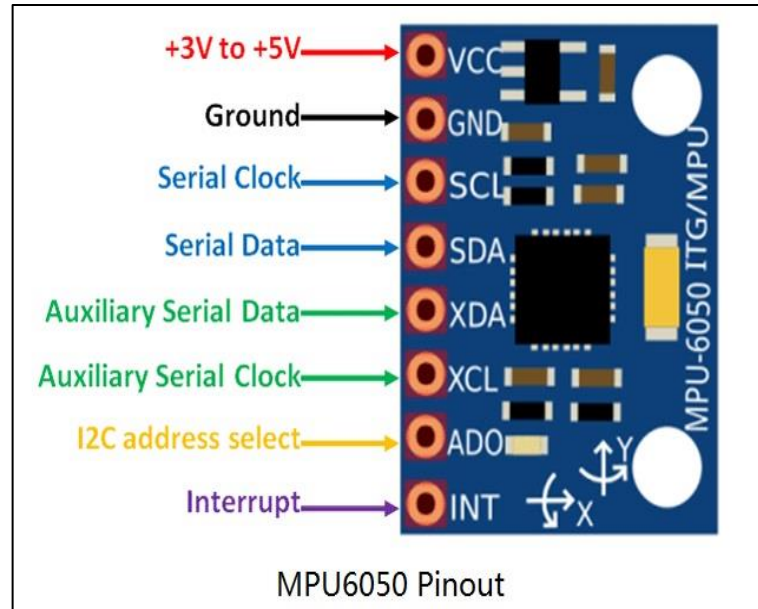
A = percepatan gerak tanah yang diukur (dengan satuan mikrometer)

D = jarak dari pusat getaran (dengan satuan kilometer)

ML = Besaran richter [3].

2.2.3 Sensor Accelerometer

Sensor *accelerometer* merupakan sensor yang dapat membaca rotasi atau gerakan gravitasi seperti kemiringan. Di mana saat terjadi gerakan pada tumpuan sensor, sumbu pada setiap sensor akan membaca gerakan tersebut secara cepat. Sensor tersebut memiliki 3 sumbu diantaranya sumbu X (sudut phi kanan dan kiri), sumbu Y (theta atas dan bawah) dan sumbu Z (psi depan dan belakang) [13].



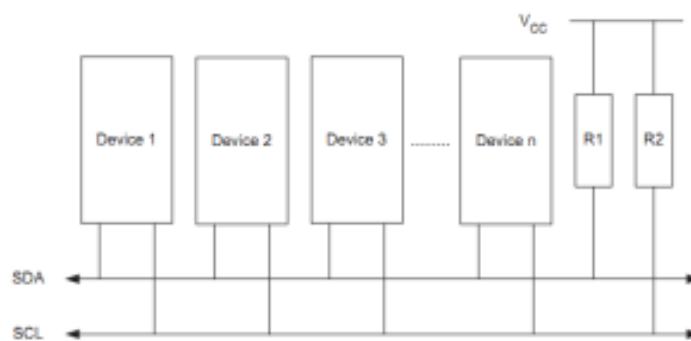
Gambar 2.1 Tampilan Pin Sensor *accelerometer* MPU 6050 [13]

Seperti yang sudah dijelaskan diatas, sensor *accelerometer* MPU 6050 memiliki tiga sumbu yang berperan sebagai pendeteksi rotasi, di mana saat salah satu sumbu mendeteksi adanya pergerakan, maka akan memicu *pickoff* kapasitif untuk membaca getaran tersebut. Getaran yang terbaca akan menjadi sinyal untuk diperkuat, didemodulasi dan disaring, sehingga menghasilkan tegangan yang sebanding dengan kecepatan sudut, tegangan yang dihasilkan akan diubah menjadi data *digital*. Perubahan tegangan menjadi data *digital* tersebut melalui proses ADC 16 bit, di mana perubahan itu berlangsung pada *chip* yang terdapat pada sensor [13]. Komunikasi yang digunakan menggunakan rotokol I2C.

I2C (*Inter Integrated Circuit*) merupakan standar komunikasi serial dua arah dengan menggunakan dua kanal yang didesain khusus sebagai pengontrolan IC. Komunikasi I2C terdiri saluran SCL (*Serial Clock*) dan SDA (*Serial Data*) dimana membawa informasi data dari I2C sampai ke pengontrolnya. Piranti yang dihubungkan oleh sistem I2C Bus dapat dioperasikan sebagai Master dan *Slave*.

Master adalah piranti yang mentransferkan data pada I2C Bus dan membuat sinyal *start*, untuk mengakhiri transfer data dengan membuat sinyal *stop*, dan mengaktifkan sinyal *clock*. *Slave* yaitu piranti yang dialamati master. Sinyal *start* adalah sinyal yang memulai semua perintah, didefinisikan sebagai perubahan tegangan SDA dari “1” menjadi “0” pada saat SCL “1”. Sinyal *stop* sebagai sinyal untuk mengakhiri semua perintah, yang diartikan sebagai perubahan tegangan SDA dari “0” menjadi “1” pada saat SCL “1”. Kondisi sinyal *start* dan sinyal *stop*. Sinyal dasar yang lain dalam I2C Bus adalah sinyal *acknowledge* yang disimbolkan dengan ACK. Setelah transfer data oleh master berhasil diterima *slave*, *slave* akan menjawabnya dengan mengirim sinyal *acknowledge*, yaitu dengan membuat SDA menjadi “0” selama siklus clock ke-9. Ini menunjukkan bahwa *slave* telah menerima 8 bit data dari master. [14]:

- a. Melibatkan hanya 2 kabel serial yaitu *Serial Data Line* (SDA) dan *Serial Clock Line* (SCL).
- b. Setiap IC yang terhubung dalam I2C memiliki alamat masing-masing yang dapat diubah dan diatur secara menggunakan *software* dengan master/slave *protocol* yang sederhana, dan mampu mengakomodasikan multi master.
- c. I2C merupakan serial bus yang berorientasi data 8 bit, komunikasi 2 arah, kecepatan transmisi data hingga 100Kb/s pada mode standar dan 3,4 Mb/s pada mode kecepatan tinggi.[14]



Gambar 2.2 Protokol komunikasi I2C [15]

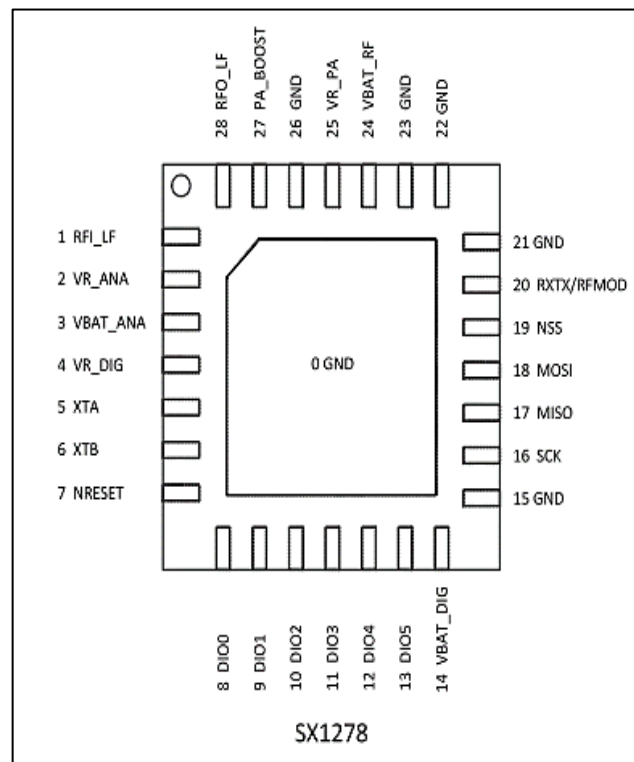
Aturan Komunikasi I2C:

- a. *Device* atau komponen yang mengirim data disebut *transmitter*, sedangkan *device* yang menerimanya disebut *receiver*.

- b. *Device* yang mengontrol operasi transfer data disebut master, sedangkan *device* lainnya yang dikendalikan oleh master disebut *slave*.
- c. Master harus menghasilkan *serial clock* melalui pin SCL, mengontrol akses ke BUS serial, dan menghasilkan sinyal kendali *START* dan *STOP*. [15]

2.2.4 LoRa SX1278

Merupakan sebuah modul *transceiver* RF, LoRa SX1278 di mana format modulasinya dapat menggunakan transmisi GFSK, PSK, FSK, OOK dan GMSK. Modul tersebut menggunakan standar MBUS nirkabel dan IEEE 802.15.4g yang merupakan sudah termasuk standar internasional. *Bandwidth* yang ditawarkan modul tersebut dimulai dari 7,8 kHz hingga 500 kHz, dengan jarak jangkauan 2-5 km dan kecepatan yang diperoleh untuk pengiriman data adalah 0,3 hingga 50 kbps [16].



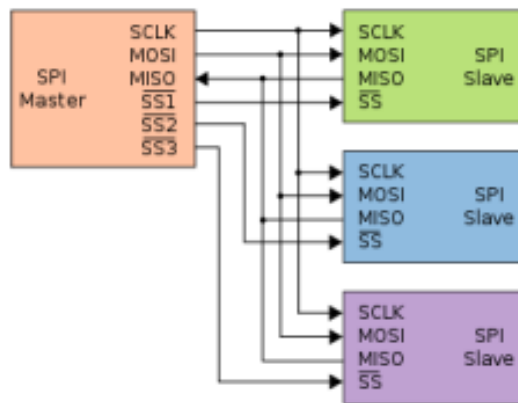
Gambar 2.3 Tampilan Pin LoRa SX1278 [16]

Gambar 2.2 merupakan tampilan pin yang terdapat pada LoRa SX1278, di mana terdapat 28 pin yang memiliki fungsi berbeda-beda, seperti pin MISO

berguna untuk SPI data *output*, MOSI berguna untuk SPI data *input*, SCK berguna untuk SPI *clock input*, NSS berguna untuk SPI *chip select input* [16].

SPI (*Serial Peripheral Interface*) yaitu komunikasi *synchronous* seri dimana harus menggunakan *clock* yang sama untuk mengsinkronisasi deteksi bit pada *receiver*. Protokol SPI merupakan bus komunikasi yang cepat, *full duplex* dan sinkron. SPI menempati lebih sedikit ruang ketika terintegrasi pada *printed circuit boards* (PCB) karena hanya memiliki empat port. Ini memiliki satu perangkat master dan satu *slave select* ketika dalam mode dupleks penuh. Empat baris port SPI adalah MISO yaitu master in slave out, MOSI yaitu master out slave in, SCK yaitu *slave clock*, dan SS yaitu *slave select*.

Data ke jalur MOSI diberikan oleh master. SPI mengirimkan informasi sedikit demi sedikit yang tidak lain untuk komunikasi serial. *Pulse clock* diberikan oleh SCLK dan MOSI. Berdasarkan pulsa ini, MISO mentransmisikan informasi. Pada tepi naik atau turunnya jam, data dikeluarkan dari master melalui jalur output master dan diikuti oleh "baca" *slave*. Oleh karena itu, minimum delapan siklus *clock* diperlukan untuk transfer data 8-bit. [17]



Gambar 2.4 Protokol Komunikasi SPI [15]

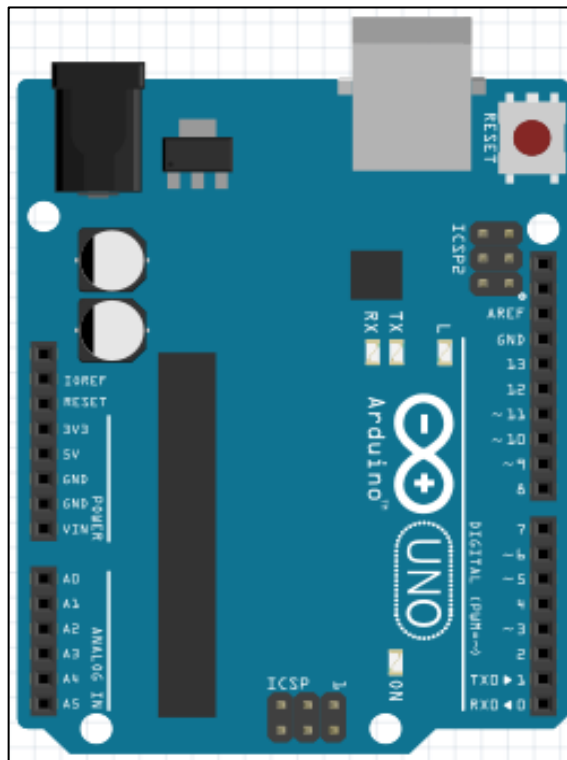
Komunikasi data SPI dimulai saat master mengirimkan *clock* dengan SCK melalui frekuensi lebih kecil atau sama dengan frekuensi maksimum pada *slave*. Selanjutnya, master memberi logika nol pada SS agar mengaktifkan *slave* sehingga pengiriman data (berupa siklus *clock*) siap dilakukan. Pada siklus *clock* terjadi, transmisi data *full duplex* terjadi dengan dua keadaan sebagai berikut:

- Master mengirim sebuah bit pada jalur MOSI, *slave* membacanya pada jalur yang sama.

- *Slave* mengirim sebuah bit di jalur MISO, master membacanya pada jalur yang sama. Transmisi mampu menghasilkan beberapa siklus *clock*. Jika data tidak ada yang dikirim lagi maka master menghentikan *clock* dan kemudian menonaktifkan *slave*. [15]

2.2.5 Arduino Uno

Arduino Uno merupakan sebuah mikrokontroler dengan basis ATmega328, di mana pada mikrokontroler ini berbeda dengan serian mikrokontroler yang lainnya, hal tersebut dikarenakan memiliki beberapa spesifikasi seperti, *flash* memory 32 KB, *clock speed* 16 MHz, SRAM 2 KB, EEPROM 1 KB, pin *digital* I/O 14 pin, *analog input* 6 pin [18]. berikut tampilan Arduino Uno pada gambar 2.3.



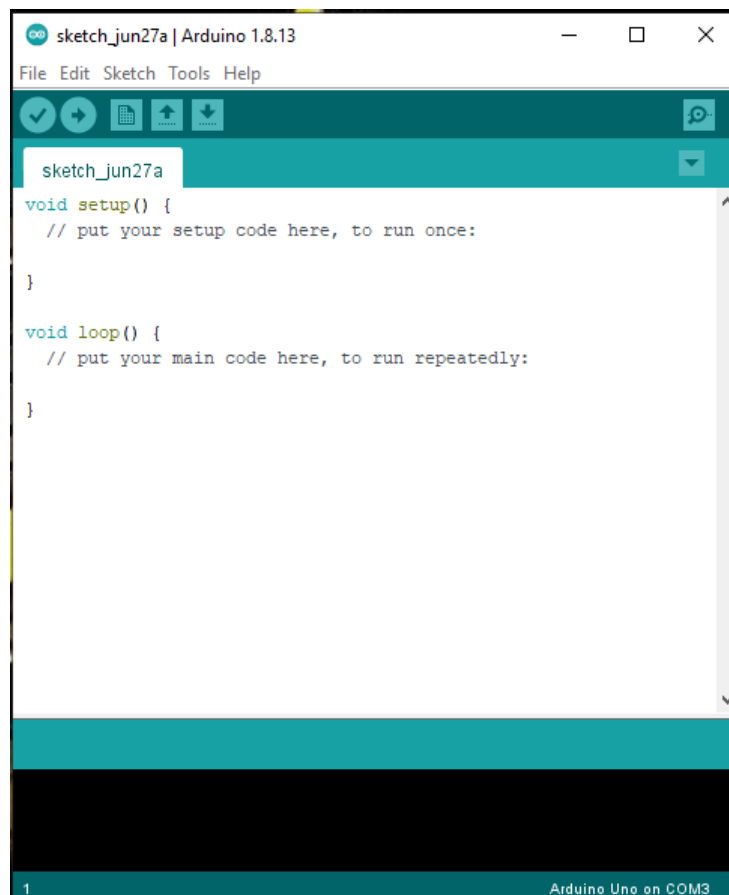
Gambar 2.5 Tampilan Arduino Uno [18]

Pada *board* Arduino Uno pada gambar 2.3, terdapat 14 pin digital yang dapat digunakan sebagai *input* atau *output* data, pin *mode*, digital *write* dan digital *read*. Dalam mikrokontroler tersebut menyediakan komunikasi serial UART TTL yang tersedia pada pin digital 0 (RX) dan pada digital pin 1 (TX), USB pada *board* mikrokontroler tersebut berguna untuk melakukan pemrograman pada PC dengan

menggunakan aplikasi Arduino IDE yang sudah disediakan oleh pihak Arduino. [18]

2.2.6 Arduino IDE

Arduino IDE adalah perangkat lunak *open source* yang terutama digunakan untuk menulis dan menyusun kode ke dalam Modul Arduino. Arduino IDE merupakan perangkat lunak Arduino resmi, yang di mana Bahasa pemrogramannya tergolong cukup mudah sehingga mudah dalam proses pembelajaran dan pemahamannya. Untuk sistem operasi seperti MAC, Windows, Linux dan pengoprasian di Platform Java yang dilengkapi dengan fungsi dan perintah bawaan yang memainkan peran penting untuk debugging, pengeditan dan kompilasi kode. Sedangkan bahasa pemrograman yang digunakan pada Arduino IDE menggunakan bahasa C atau C++ [19].



Gambar 2.6 Tampilan Arduino IDE

2.2.7 QoS (*Quality of Service*)

QoS (*Quality of Service*) adalah kemampuan sebuah jaringan untuk menyediakan layanan yang lebih baik lagi bagi layanan data yang melewatinya. QoS merupakan sebuah sistem arsitektur *end to end* dan bukan merupakan sebuah feature yang dimiliki oleh jaringan. *Quality of Service* suatu *network* merujuk ke tingkat kecepatan dan keandalan penyampaian berbagai jenis beban data di dalam suatu komunikasi[20]. Penelitian ini parameter menggunakan dua parameter QoS yaitu RSSI dan SNR.

a. RSSI (*Received Signal Strength Indication*)

Received Signal Strength Indicator (RSSI) merupakan parameter yang menunjukkan daya terima dari seluruh sinyal pada band frekuensi saluran yang digunakan. Jika nilai RSSI semakin mendekati 0, maka semakin bagus sinyal tersebut. Nilai RSSI dinyatakan sebagai dBm dan nilainya berupa negatif, nilai minimum dari RSSI adalah -120 dBm[21]. Nilai dari RSSI bisa dibagi menjadi beberapa level seperti yang ditunjukkan pada tabel 2.2.

Tabel 2.3 Sinyal RSSI [21]

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

b. SNR (*Signal Noise Ratio*)

Signal-to-Noise Ratio (SNR) merupakan rasio antara daya yang diterima dan kekuatan derau (*noise level*). Terdapat dua kemungkinan yang terjadi dalam SNR yaitu :

- Jika nilai SNR lebih besar dari 0, sinyal yang diterima maka beroperasi di atas *noise floor*.

- Jika SNR lebih kecil dari 0, sinyal yang diterima beroperasi dibawah *noise floor*.

Biasanya *noise floor* merupakan batas fisik sensitivitas, namun LoRa bekerja dibawah *noise level*. Nilai SNR LoRa yang khas adalah antara -20 dB dan +10 dB. Nilai yang mendekati +10 dB berarti sinyal yang diterima tidak terlalu rusak[22].