

## BAB II

### DASAR TEORI

#### 2.1 KAJIAN PUSTAKA

Berdasarkan beberapa penelitian sebelumnya yang berhubungan dengan skripsi ini, tabel 2.1 merupakan daftar jurnal yang menjadi referensi peneliti membuat tugas akhir ini.

Tabel 2.1 Tinjauan Pustaka

No	Nama Peneliti	Tahun	Judul Penelitian	Komponen	Metode Penelitian dan Pengujian	Hasil
1	Firmansyah M S Nursuwars, Neng I Kurnianti, Muhamad T Hidayat	2019	Accelerometer sebagai Pendeteksi Dini Pergerakan Tanah	Node Mcu, Sensor <i>accelerometer</i> MPU6050, Rain sensor, Web aplikasi.	Metode penelitian yang digunakan adalah pengujian <i>Black-Box</i> . Pengujian dalam penelitian ini meliputi pengujian kondisi sensor <i>accelerometer</i> disaat diam, bergerak ke depan, bergerak ke belakang, bergerak ke kiri, bergerak ke kanan, bergerak ke atas, dan bergerak ke bawah. Analisa QoS yang digunakan hanya perhitungan <i>delay</i> pengiriman data sensing ke server.	Sensor MPU6050 memiliki persentase <i>error</i> sebesar 0.53% dari hasil perbandingan dengan sensor <i>Accelerometer</i> pada smartphone android J3. Sensor MPU6050 dapat membaca pergerakan tanah aman dan bahaya, hasil dari pembacaan sensor tersebut di kirimkan ke server dengan delay waktu sebesar 1,8 detik, dari server ke aplikasi 1 detik dan dari hardware ke aplikasi sebesar

No	Nama Peneliti	Tahun	Judul Penelitian	Komponen	Metode Penelitian dan Pengujian	Hasil
						2,8 detik dengan persentase keberhasilan 100% dari hasil pengujian pengiriman data ke server. Sensor <i>rain</i> pada sistem hanya dapat membaca kondisi hujan atau tidak dengan <i>output</i> 0 atau 1. [7]
2	Irnanda Priyadi, Faisal Hadi, Yogi Surya Pranata, Makmun Reza Razali	2022	Rancangan dan Implementasi Sistem Deteksi Longsor Berbasis SMS dan <i>Progressive Web Apps</i>	Arduino Uno R3 (mikrokontroler), sensor <i>accelerometer</i> ADXL335, sensor soil moisture, sensor <i>piezoelectric</i> , LCD 20X4, NodeMCU (mikrokontroler) kedua dan Modul GSM SIM800L.	Metode yang digunakan pada penelitian ini yaitu <i>eksperimental research</i> . Pengujian yang dilakukan yaitu terhadap performa setiap sensor, modul GSM SIM800L dan pengujian sistem secara keseluruhan.	Hasil yang didapatkan yaitu pada status aman nilai <i>output</i> tegangan sensor piezoelektrik < 0,18 V, kelembaban tanah < 3,9 V dan tidak terjadi perubahan pada sensor ADXL355. Saat status “Waspada” nilai <i>output</i> sensor piezoelektrik dan sensor kelembaban tanah < 0,18 V dan < 3,9 V indicator SMS dan sirine dalam keadaan

No	Nama Peneliti	Tahun	Judul Penelitian	Komponen	Metode Penelitian dan Pengujian	Hasil
						<p>mati dan serial monitor berhasil menampilkan status “Waspada” saat tegangan sensor kelembaban tanah bernilai 3 V, sensor piezoelektrik bernilai 0,06V dan sensor accelerometer bernilai 1,574 V LCD dan serial monitor menampilkan status “Bahaya”, sirine menyala serta modul sim800L berhasil mengirimkan SMS ke nomor handphone yang didaftarkan. <i>Delay</i> pada pengiriman data deteksi sensor sebesar 5 detik. [8]</p>

No	Nama Peneliti	Tahun	Judul Penelitian	Komponen	Metode Penelitian dan Pengujian	Hasil
3	Syahdan Mujahidin, Budhi Irawan, Casi Setianingsih	2020	Perancangan Prototipe Sistem Peringatan Dini Tanah Longsor Berbasis <i>Internet of Things</i>	Arduino Mega 2560, sensor <i>accelerometer MPU6050</i> , sensor <i>soil moisture, Long Range (LoRa)</i> dan <i>website Antare</i>	Metode yang digunakan yaitu Eksperimen tal Research. Pengujian dalam penelitian ini meliputi performa sensor <i>accelerometer MPU6050</i> dalam membaca kemiringan lereng dan getaran pada tanah, serta <i>soil moisture</i> sensor untuk membaca kelembapan tanah.	Hasil dari penelitian ini yaitu sensor MPU6050 memiliki nilai <i>error</i> rata-rata 0,3472% pada sumbu X, sumbu Y nilai <i>error</i> 1,069% dan Nilai akselerasi terbesar yaitu 0,28. Pada <i>soil moisture</i> sensor memiliki nilai <i>error</i> 18,73%. [9]
4	Febi Dwi Wahyuni, Wildian	2022	Prototipe Sistem Peringatan Dini Tanah Longsor Translasi Berbasis Potensiometer Geser dan Sensor Kelembaban Tanah dengan Keluran Notifikasi SMS	Arduino Uno R3, sensor potensiometer geser, sensor <i>soil moisture</i> , LCD, Modul GSM SIM800L	Metode yang digunakan adalah eksperimental <i>research</i> . Pengujian dalam penelitian ini meliputi performa sensor potensiometer geser dalam membaca pergerakan massa tanah, serta sensor kelembapan tanah YL-69. Pembeding hasil dari sensor potensiometer geser menggunakan mistar, sedangkan pembeding untuk sensor kelembapan tanah menggunakan <i>moisture meter</i> .	Hasil dari penelitian ini yaitu sistem memiliki resolusi keluaran sebesar 0,888 V/cm, <i>error</i> rata-rata pada sensor potensiometer geser 0,217% sedangkan pada sensor kelembapan tanah YL-69 0,071%. Sistem mengirimkan notifikasi SMS pada saat status “siaga”, dan “bahaya”. Kondisi siaga Ketika terjadi pergeseran 4,05 cm dan kadar

No	Nama Peneliti	Tahun	Judul Penelitian	Komponen	Metode Penelitian dan Pengujian	Hasil
						air tanah 59%, dan kondisi bahaya pada pergeseran tanah 5,54 cm dan kadar air 68%. [10]
5	Pero Nika, Kusumawati Dwi, Handyesa Dika, dan Mandzalim	2019	Rancang Bangun Prototipe Deteksi Dini Tanah Longsor Berbasis <i>Double</i> Sensor	Satu Arduino Uno R3 sebagai <i>input</i> , satu Arduino Uno R3 sebagai <i>output</i> , sensor <i>soil moisture</i> , sensor potensiometer geser, LCD, serta <i>transmitter</i> HC12 sebagai penghubung antara Arduino Uno R3 pertama menuju Arduino Uno R3 kedua.	Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode pengembangan model ADDIE. Tahapan dalam metode ini yaitu analisis, desain, pengembangan, implementasi dan evaluasi. Klasifikasi status bencana ada tiga yaitu aman, siaga, dan bahaya. Pengujian pada penelitian ini meliputi pengujian performa dan <i>error</i> yang terjadi pada sensor kelembapan tanah, dan sensor potensiometer geser. Tingkat kemiringan pada tanah ditetapkan sebesar 40 derajat.	Hasil dari penelitian ini yaitu pembacaan pergeseran tanah dan kelembaban tanah yang ditampilkan pada LCD mampu mengaktifkan indikator LCD untuk status aman (pergerakan tanah 1cm dan kelembaban tanah 476-1023), siaga (pergerakan tanah 2-3cm dan kelembaban tanah 340-475), dan bahaya (pergerakan tanah 3cm dan kelembaban tanah $\leq 339$ ) dengan ketelitian 96,68%. [11]

No	Nama Peneliti	Tahun	Judul Penelitian	Komponen	Metode Penelitian dan Pengujian	Hasil
6	Onny Octaviani, Budi Rahmadya, dan Rahmi Eka Putri	2018	Sistem Peringatan Dini Bencana Tanah Longsor Menggunakan Sensor Accelerometer dan Sensor Kelembaban Tanah Berbasis Android	NodeMcu, Sensor <i>accelerometer</i> MPU6050, sensor <i>soil moisture</i> , <i>smartphone</i> sebagai media penampil notifikasi status tanah yang dikirim oleh prototipe.	Metode yang digunakan yaitu eksperimental <i>research</i> , dimana analisa yang dilakukan terhadap akurasi sensor dan keberhasilan prototipe dalam menentukan kategori status tanah dan mengirim notifikasi status tanah ke <i>smartphone</i> . Kualifikasi status dalam penelitian ini ada 2 yaitu aman, dan bahaya.	Hasil dari pengujian pada penelitian ini ada dua yaitu ketika tanah diam dan bergerak. Ketika kondisi tanah diam, saat kelembapan tanah <51% maka statusnya aman, sedangkan saat kelembapan tanah >51% status menjadi bahaya. Kedua, ketika kondisi tanah bergerak, kelembapan tanah diatas 10% status sudah menjadi bahaya. Waktu respon prototipe dalam menentukan status rata-rata 2.2 detik. Kekurangan dari penelitian ini tidak memanfaatkan sensor <i>accelerometer</i> dengan maksimal karena hanya melihat kondisi tanah diam atau bergerak saja. [12]

No	Nama Peneliti	Tahun	Judul Penelitian	Komponen	Metode Penelitian dan Pengujian	Hasil
7	Agus Setyawan, Jatmiko Endro, Ratna Dewi, dan Sela Ade Otaviana	2020	Peringatan Dini Tanah Longsor Berdasarkan Kelembaban Tanah Secara Jarak Jauh Menggunakan Sensor FC-28 dan Node Mcu	NodeMcu sebagai mikrokontroler, sensor kelembapan tanah FC-28, <i>soil tester</i> sebagai pembanding hasil deteksi sensor FC-28, Telegram sebagai aplikasi android penampil notifikasi status bencana.	Pengujian sistem pada penelitian ini terdiri dari karakterisasi kelembapan tanah, kalibrasi sensor kelembapan tanah FC-28, pembuatan <i>telegram bot</i> , dan pengujian seluruh sistem. Pengujian dilakukan dengan kemiringan yang sudah ditetapkan yaitu 45 derajat, 35-45 derajat, 25-35 derajat, 16-25 derajat, dan <16 derajat.	Hasil yang didapatkan dari penelitian ini saat kondisi siaga terjadi pada kelembapan 27-54% dengan kemiringan lereng antara 25-35 derajat, sedangkan kondisi bahaya terjadi ketika kelembapan tanah >54% dengan kemiringan 16-45 derajat. Kekurangan dari penelitian ini yaitu hanya mengandalkan satu sensor saja sedangkan faktor pemicu tanah longsor cukup banyak. [13]

Pada tabel 2.1 merupakan kumpulan beberapa jurnal penelitian sebelumnya yang terkait dengan penelitian ini. Penelitian skripsi ini memiliki beberapa keunggulan dibandingkan tujuh penelitian sebelumnya. Pertama sistem yang digunakan pada penelitian ini menggunakan tiga buah sensor sedangkan beberapa penelitian sebelumnya hanya menggunakan dua buah sensor. Kedua, sistem yang digunakan pada penelitian ini memiliki dua notifikasi yaitu notifikasi jarak jauh dengan Antares, dan notifikasi jarak dekat dengan *buzzer* sedangkan beberapa penelitian sebelumnya hanya menggunakan satu notifikasi sebagai informasi peringatan dini. Ketiga, sistem yang digunakan sudah terkoneksi internet, sudah

menggunakan konsep *Internet of Things* sedangkan beberapa penelitian sebelumnya belum menggunakan konsep *Internet of Things*.

## 2.2 DASAR TEORI

### 2.2.1 Tanah Longsor

Tanah longsor adalah sejenis erosi di mana volume tanah yang signifikan diangkut atau dipindahkan pada satu waktu. Pada kenyataannya, tanah longsor adalah akibat dari alam yang berusaha mencari keseimbangan tetap sebagai akibat dari adanya gangguan dari kekuatan eksternal. Dalam bencana tanah longsor, ada lima jenis tanah longsor, yaitu:

- A. Tipe longsor translasi, berpindahnya sekumpulan tanah dan batuan pada bidang miring yang menggelombang landai.
- B. Tipe longsor rotasi, mengalirnya sekumpulan tanah dan batuan pada bidang gelincir yang membentuk seperti cekungan.
- C. Tipe pergerakan blok, Bergeraknya beberapa batu yang bergerak pada bidang gelincir berbentuk rata.
- D. Tipe runtuh batu, terjadi saat bebatuan bergerak secara bersamaan menuju arah grafitasi.
- E. Tipe rayapan tanah, jenis tanah longsor yang paling lambat prosesnya, karena berpindahnya massa tanah rata-rata hanya 1 meter setiap tahunnya.[14]

### 2.2.2 Sensor Soil Moisture FC-28

Sensor *soil moisture FC-28* digunakan untuk mengetahui tingkat kelembaban dengan mengukur jumlah kelembaban di dalam tanah. Probe sensor kelembaban dan papan kontrol sensor kelembaban adalah dua komponen yang membentuk modul sensor kelembaban tanah.

#### A. Probe Sensor Soil Moisture FC-28

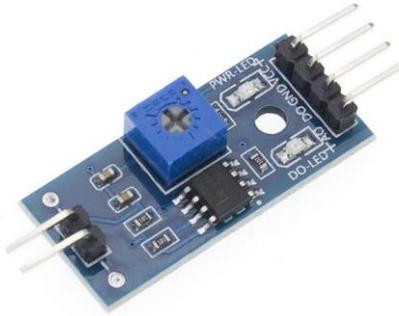


Gambar 2.1 Modul Probe Sensor [15]

Pada gambar 2.1 modul probe sensor kelembaban berfungsi untuk mendeteksi kandungan air di dalam tanah. Arus dapat mengalir melalui tanah berkat

dua probe. Arus listrik akan mengalir lebih bebas melalui tanah lembab dan kurang bebas melalui tanah kering. Oleh karena itu, tanah dengan lebih banyak air akan menghantarkan listrik lebih banyak, menunjukkan resistansi yang lebih rendah, tetapi tanah kering akan lebih sedikit menghantarkan listrik, menunjukkan resistansi yang lebih tinggi. [15].

## B. Modul Papan Kontrol Sensor Kelembaban



Gambar 2.2 Modul Papan Kontrol Sensor *Soil Moisture* [15]

Papan kontrol sensor kelembaban ditunjukkan pada gambar 2.2 Papan kontrol memiliki empat pin di satu sisi dengan ada dua pin di sisi lain. Dalam modul ini, kita harus menghubungkan pin bertanda VCC ke 5V, dan pin bertanda GND harus dihubungkan ke ground. Modul sensor kelembaban dilengkapi dengan dua keluaran yaitu keluaran digital (D0) dan keluaran analog (A0). Tegangan keluaran analog yang diberikan oleh sensor kemudian berubah menjadi sebanding dengan kadar air pada massa tanah. *Output* digital akan tinggi ketika kadar air dalam tanah melebihi tingkat sensitivitas yang ditetapkan oleh potensiometer.

Ada LED daya yang menyala ketika modul dinyalakan dengan benar dengan menghubungkan pin VCC dan GND pada level tegangan yang ditentukan. Potensiometer dapat digunakan untuk mengatur sensitivitas modul sensor dan menggunakannya untuk mengatur intensitas air yang terdeteksi di tanah. Dengan memutar potensiometer searah jarum jam sensor menjadi lebih sensitif, dan jika memutar potensiometer ke arah yang berlawanan arah jarum jam, sensor menjadi kurang sensitif. Ketika air terdeteksi, LED *output* menyala. IC komparator LM393 onboard pada papan kontrol digunakan untuk pengkondisian sinyal. Spesifikasi teknis dari sensor kelembaban tanah FC-28 adalah sebagai berikut, tegangan operasi (3.3 - 5V), tegangan keluaran (0-4.2V), Arus masukan (35mA), keluaran analog (A0) keluaran digital (D0) [15].

### C. Konversi Nilai Analog Menjadi Nilai Kelembaban (Persen)

Sensor *Soil Moisture FC-28* merupakan sensor analog dimana Arduino Uno menggunakan *Analog to Digital Converter* (ADC) dari 0 hingga 1023 bit. Agar nilai kelembaban tanah dapat diketahui, maka nilai ADC dari sensor dikonversi dalam satuan persentase kelembaban. Semakin tinggi nilai ADC yang dihasilkan semakin rendah nilai kelembaban dalam persen (%) jika dikonversikan. Proses konversi ini dilakukan dengan menggunakan persamaan berikut.

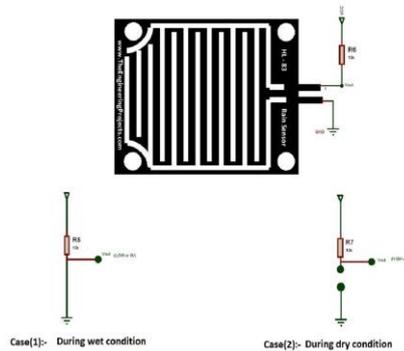
$$\text{Kelembaban (\%)} = (100 - (\text{Nilai ADC} \times 0,0977)) \quad (1)$$

Berdasarkan pada persamaan 1, nilai 100 merupakan nilai persentase maksimal yaitu 100%, kemudian nilai ADC yang terukur pada mikrokontroler dikalikan dengan nilai 0,0977. Nilai 0,0977 didapatkan berdasarkan resolusi bit pada mikrokontroler Arduino yaitu 10-bit yang setara dengan nilai ADC sebesar 1023. Sehingga nilai 0,0977 didapatkan dari persamaan berikut [15].

$$\frac{\text{Nilai Persentase Maksimum}}{\text{Resolusi bit Mikrokontroler}} = \frac{100}{1023} = 0,0977 \quad (2)$$

#### 2.2.3 Sensor Hujan YL-83

Sensor hujan YL-83 merupakan perangkat elektronik untuk mendeteksi hujan. Terdapat dua modul untuk membentuk perangkat, yang pertama, ada papan hujan atau *probe*, yang mendeteksi adanya aliran air hujan, dan modul kontrol, yang membandingkan sinyal analog dan mengubahnya menjadi informasi digital. Sensor hujan YL-83 memiliki sejumlah fitur, antara lain tegangan operasi 5V, format output keluaran switching digital (0 dan 1), dan output tegangan analog AO. Modul sensor juga memiliki potensiometer yang memungkinkan penyesuaian sensitivitas, pembanding tegangan LM393 dengan rentang dinamis yang luas, pembanding gelombang yang baik, kemampuan mengemudi lebih dari 15mA, anti-oksidasi, anti-konduktivitas dengan waktu penggunaan yang lama, dan ukuran papan PCB kecil dari 3,2 cm[16]



Gambar 2.3 Diagram Kondisi Sensor Saat Basah dan Kering [16]

Pada gambar 2.3 menunjukkan rangkaian ekivalen dari kedua kasus yang terjadi. *Input* ke terminal pembalik diatur ke nilai tertentu dengan memvariasikan potensiometer dan sensitivitas. Ketika permukaan modul rainboard terkena air hujan, permukaan modul rainboard akan basah, dan mengeluarkan resistansi minimum terhadap tegangan suplai. Karena ini, tegangan minimum akan muncul di terminal non-pembalik Op-Amp LM393.

#### 2.2.4 Sensor Potensiometer Geser

Selain resistor tetap, ada juga yang disebut resistor variabel dalam dunia elektronika. Resistor yang memiliki nilai resistansi variabel (atau resistansi) dapat disesuaikan untuk memenuhi permintaan yang berubah. Pada kenyataannya, komponen resistor tidak tetap adalah bagian dari potensiometer geser. Menggeser tuas pada sensor sepanjang jalur lurus atau linier dapat memvariasikan nilai resistansi potensiometer geser, salah satu bentuk resistor karbon.



Gambar 2.4 Potensiometer Geser [17]

Pada gambar 2.4 merupakan sensor potensiometer geser dimana nilai resistansi 10K, jenis potensiometer ini adalah linier, jumlah *output* 2 kanal/*stereo*, tipe *output* tegangan analog dengan pengukuran maksimal 6 cm. [17]

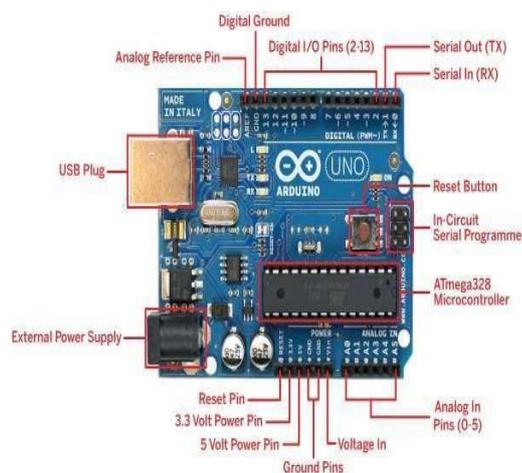
*Input* sensor potensiometer geser merupakan nilai analog yang akan dikonversikan menjadi nilai pergeseran tanah dalam satuan centimeter (cm). Cara mengkonversi nilai ADC sensor potensiometer geser menjadi centimeter menggunakan persamaan sebagai berikut.

$$\text{Nilai Pergeseran} = \text{Nilai ADC Sensor} \times \frac{\text{Pengukuran Maksimal Sensor}}{\text{Jumlah Bit Mikrokontroler}} \quad (3)$$

Pada persamaan 3 merupakan rumus konversi ADC menjadi nilai pergeseran dalam satuan centimeter. Pengukuran maksimal pada sensor yaitu 6 cm dengan jumlah bit mikrokontroler 1023. Semakin tinggi nilai ADC sensor yang dihasilkan semakin tinggi nilai pergeseran yang terjadi. [17]

### 2.2.5 Arduino Uno R3

Arduino uno R3 merupakan mikrokontroler yang memiliki prosesor ATmega328p. Arduino Uno berisi 6 pin input analog yang menggunakan 16 buah kristal MHz termasuk (pin A0 hingga A5), 14 pin input/output digital (sering disebut sebagai I/O, di mana 14 pin dapat digunakan sebagai output PWM termasuk pin 0 hingga 13), port USB, konektor daya, header ICSP, dan tombol reset. Papan Uno dengan Software Arduino versi 1.0. "Uno" berarti satu dalam bahasa Italia, dan dipilih untuk mewakili peluncuran Arduino Software (IDE) 1.0. (IDE). Versi pengembangan versi 1.0 dan 2.0 disebut Arduino Uno R3., spesifikasi Arduino Uno R3 ditunjukkan pada tabel 2.2 dan Arduino Uno R3 ditunjukkan pada Gambar 2.5. [18]



Gambar 2.5 Arduino Uno R3 [18]

Tabel 2.2 Spesifikasi Arduino Uno R3 [18]

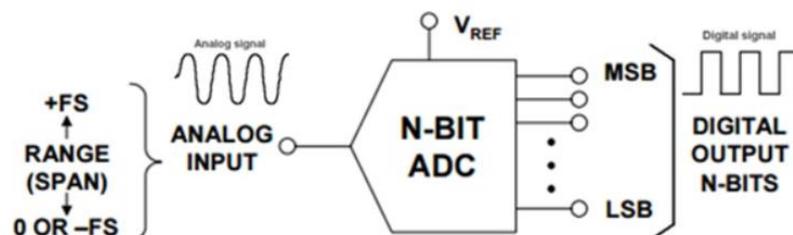
Mikrokontroler	ATmega328
Operasi Tegangan	5 Volt
<i>Input</i> Tegangan	7-12 Volt
Pin I/O Digital	14
Pin Analog	6
Arus DC tiap pin I/O	50 mA
Arus DC ketika 3.3V	50 mA
Memori flash	32 KB
SRAM	2 KB
EEPROM	1 KB
Kecepatan <i>Clock</i>	16 Mhz

Arduino pada umumnya terdiri dari pin analog dan pin digital. Pin analog adalah deretan pin yang terhubung langsung ke ADC (analog to digital converter), sehingga pin analog dapat menerima tegangan antara 0V - 5V. Contoh pin analog adalah seperti yang terdapat pada Arduino Uno yakni A0-A5. Arduino memiliki fungsi tersendiri untuk membaca masukan pin analog, yaitu `analogRead (nama_pin)`; Pin analog sangat dibutuhkan pada proyek-proyek yang melibatkan sensor dengan keluaran tegangan maupun resistansi seperti potensio dan sensor. Hasil pembacaan berkisar antara 0 sampai 1023 V bukan 0V-5V dikarenakan masukan sinyal analog telah melalui proses konversi dari sinyal analog (tegangan) menjadi sinyal digital (bilangan biner) melalui ADC agar dapat diproses oleh mikrokontroler. Rentang nilai ini bergantung dari resolusi ADC yang digunakan. Arduino Uno memiliki resolusi ADC sebesar 10bit sehingga nilai maksimumnya adalah 1023, sedangkan Arduino Due memiliki resolusi ADC hingga 12 bit dengan nilai maksimumnya sebesar 4095. Semua pin pada Arduino, baik pin digital maupun pin analog, dapat digunakan sebagai pin digital. Digital berarti sinyal yang dikirimkan/diterima bernilai 1 atau 0, on atau off, HIGH atau LOW, ada atau tidak ada sinyal. Berbeda dengan sinyal analog yang nilainya bersifat kontinyu, yakni nilai antara 0 dan 1 dipertimbangkan. Pin digital berarti pin dapat menerima/mengirim sinyal digital.

Secara umum pin pada Arduino dapat dikonfigurasi ke dalam dua mode, yaitu mode input dan output. Mode input berarti mengeset pin agar dapat digunakan untuk menerima masukan sinyal. Mode output berarti mengeset pin agar dapat mengirimkan sinyal. Untuk mengeset mode pin, kita gunakan fungsi `pinMode()`. Fungsi ini biasanya dipanggil di dalam fungsi `setup()`. fungsi ini memerlukan dua parameter, `pinMode([nomorPin], [mode])`. Parameter pertama diisi oleh nomor pin, dan parameter kedua diisi oleh konstanta `INPUT` atau `OUTPUT`, sesuai dengan mode yang ingin kita gunakan [18].

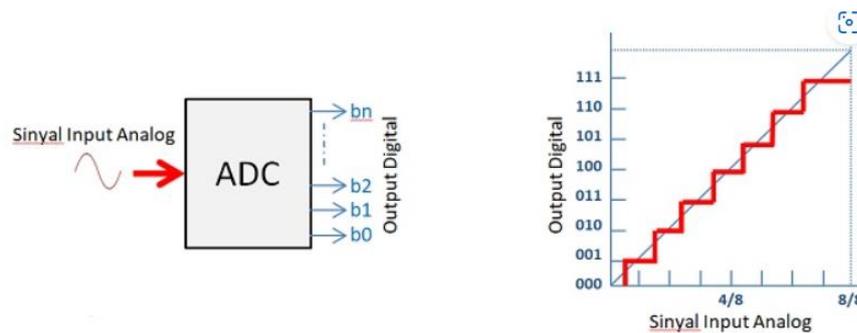
### 2.2.6 Analog Digital Converter

ADC (Analog to Digital Converter) adalah rangkaian yang mengubah nilai tegangan kontinu (analog) menjadi nilai biner (digital) yang bisa dimengerti oleh perangkat digital, sehingga bisa digunakan untuk komputasi digital. Maka dengan kata lain, ADC ini memungkinkan rangkaian digital berinteraksi dengan dunia nyata dengan menyandikan sinyal analog ke sinyal digital yang berbentuk biner. Rangkaian ADC ini umumnya dikemas dalam bentuk IC dan diintegrasikan dengan mikrokontroler. Di dunia nyata, sinyal analog yang berasal dari berbagai sumber serta sensor yang mengukur suara cahaya, gerakan dan suhu akan terus berubah nilai (kontinu), sehingga memberikan nilai yang berbeda dalam jumlah yang tidak terbatas. Sedangkan pada rangkaian digital di sisi lain bekerja dengan sinyal biner yang hanya mempunyai dua kondisi diskrit yakni logika 0 (rendah) dan logika 1 (tinggi). Maka dari itu, diperlukan sebuah rangkaian elektronika yang bisa mengubah dua domain yang berbeda dari sinyal analog yang kontinu menjadi sinyal digital yang diskrit. Rangkaian inilah yang sering kita sebut dengan ADC (*Analog to Digital Converter*) atau Konverter Analog ke Digital.



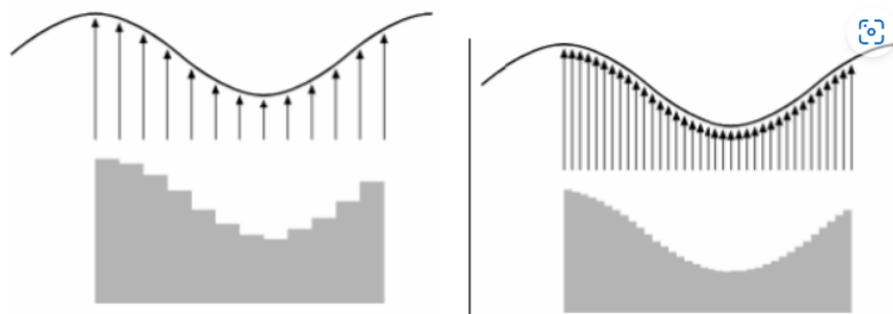
Gambar 2.6 Cara Kerja Analog to Digital Converter [19]

Urutan proses ADC dalam mengubah sinyal analog menjadi sinyal digital yaitu mengambil sampel sinyal analog, mengukur dan mengubahnya menjadi nilai digital yang berbentuk nilai biner. Maka dengan demikian, ADC mengubah sinyal menjadi analog yang diterimanya menjadi data keluaran (*output*) yang berbentuk serangkaian nilai digital. Adapun dua faktor utama dalam ADC yang menjadi penentu keakuratan nilai digital yang dihasilkannya. Kedua faktor tersebut yaitu Resolusi dan *Sample Rate*.



Gambar 2.7 Resolusi Analog to Digital Converter[19]

Pada gambar 2.7 merupakan resolusi *Analog to Digital Converter*. Contohnya, apabila sinyal 1V diubah menjadi sinyal digital dengan menggunakan ADC 3 bit, maka akan menghasilkan 8 tingkatan pembagian ( $2^3 = 8$  atau dalam biner adalah 111). Maka dengan kata lain, terdapat 8 tingkatan untuk mencapai output 1V. Masing-masing satu tingkatan yaitu 0,125V ( $1/8 = 0,125V$ ). Jadi perubahan minimum dari ADC 3 bit untuk 1V ini yaitu 0,125V atau 125mV setiap tingkatan. Apabila kita menaikkan Bit Rate yang lebih tinggi, maka akan mendapatkan hasil sinyal yang lebih presisi dan baik[19].



Gambar 2.8 Sample Rate atau Sample Speed[19]

Jumlah sampel dikonversi dari analog ke digital yang bisa dibuat oleh konverter dalam setiap detik disebut dengan kecepatan sampel. Sample rate ini diukur dalam satuan S/s (Sample per Detik) atau SPS (Sample per Second). Misalnya ADC yang bagus dapat mempunyai sample rate atau rasio pengambilan sample hingga 300Ms/s (dapat dibaca menjadi 300 juta sampel per detik). [19]

### 2.2.7 Website

*Website* dapat diartikan sebagai kumpulan halaman web yang berisi informasi pada domain. Sebuah situs web sering kali terdiri dari beberapa halaman web yang ditautkan. *Hyperlink* adalah penghubung antara dua halaman web, sedangkan *hypertext* adalah istilah untuk teks yang berfungsi sebagai elemen penghubung.[20]

Berdasarkan karakteristiknya, situs web dapat dibagi menjadi dua kategori yaitu situs web dinamis dan statis. Situs web dinamis adalah situs yang menawarkan materi yang terus berubah. *Website* untuk berita, misalnya. Situs web statis, di sisi lain, adalah situs web dengan sedikit modifikasi konten. Misalnya, profil web organisasi atau bisnis. [20]

### 2.2.8 MQTT

*Transmission Control Protocol/Internet Protocol based Message Queuing Telemetry Transport*, atau lebih dikenal dengan MQTT, adalah protokol komunikasi yang digunakan di *Internet of Things* (IoT). Teknik transmisi data dengan kapasitas jaringan terbatas dapat menjadi lebih terstruktur dan menyeluruh dengan bantuan protokol MQTT. Penciptaan MQTT berusaha untuk mengoptimalkan bandwidth, mengurangi encoding dan decoding data, menyampaikan pesan secepat mungkin, dan menyediakan protokol yang dapat beroperasi dengan daya dan ruang penyimpanan paling sedikit.[21]

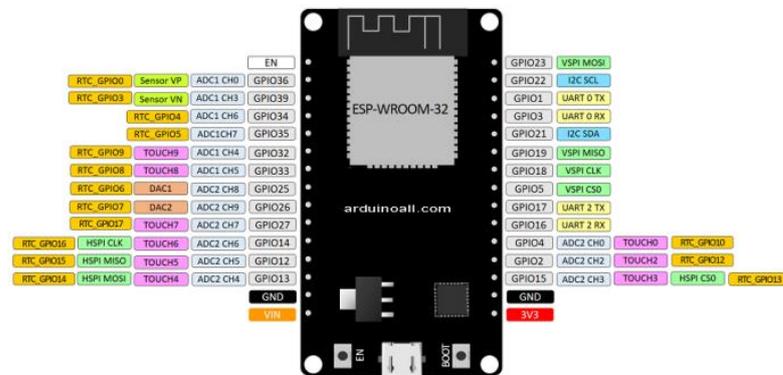
Model publikasi/langganan, yang digunakan sebagai metode komunikasi utama dalam Sistem Operasi Robot, inilah yang membuat protokol MQTT istimewa. Meskipun berbagi dasar TCP/IP dengan HTTP, MQTT tidak menggunakan model permintaan/respons yang dilakukan HTTP. [21]

### 2.2.9 ESP32 DevKit

ESP32 adalah SoC *Wi-Fi* dan *Bluetooth* berkemampuan tinggi dengan jumlah GPIO yang cukup besar dan papan pengembangan yang menunjukkan

kekuatan dalam pembuatan modul IoT yang sangat mudah diakses. *Chip* yang terdapat *Wi-Fi dan Bluetooth 2,4 GHz* tunggal yang disebut ESP32 dibuat menggunakan proses pembuatan daya ultra-rendah 40nm TSMC. ESP32 sangat dapat diandalkan dalam berbagai aplikasi dan keadaan daya dan dirancang untuk memberikan daya kualitas tertinggi dan kinerja RF.[22]

ESP32 merupakan penerus dari mikrokontroler ESP8266, ESP32 memiliki keunggulan dari ESP8266 dibagian SRAM, memiliki *Bluetooth*, kecepatan prosesor yang melebihi prosesor dalam ESP8266 dengan kecepatan 160/240 Mhz.



Gambar 2.9 ESP32 DevKit [22]

Tidak diperlukan modul tambahan untuk menggunakan Wi-Fi dengan DevKit ESP32, yang sekarang populer untuk pemrograman berbasis IoT, karena papan ESP32 sudah memiliki koneksi. Ada 36 pin GPIO, atau Input dan Output Tujuan Umum, pada ESP32 DevKit, yang dapat digunakan untuk input dan output analog dan digital. Gambar 2.9 [22] menggambarkan hal ini. Tabel 2.3 membandingkan ESP8266 dan ESP32 secara detail.

Tabel 2.3 Perbandingan ESP8266 dan ESP32 [22]

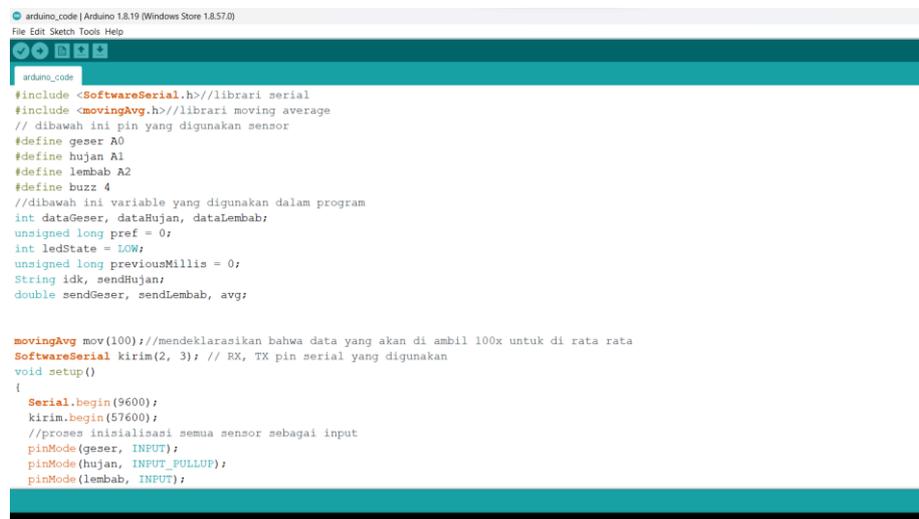
Spesifikasi	Board	
	ESP8266	ESP32
MCU	<i>Single-core 32-bit</i>	<i>Dual-Core 32-bit</i>
<i>Bluetooth</i>	Belum Tersedia	<i>Bluetooth 4.2</i>
<i>Wi-Fi</i>	802.11 b/g/n tipe HT20	802.11 b/g/n tipe HT40
<i>Frequency</i>	80 MHz	160 MHz
SRAM	Belum Tersedia	Tersedia
GPIO	17 pin	36 pin
ADC	1 pin	15 pin

Digital pin	9 pin	2 pin
Tegangan <i>Output</i>	3.3 – 5 Volt	3.3 – 5 Volt
Total SPI-UART-I2C-I2S	2-2-1-2	4-2-2-2
Resolusi ADC	10 bit	12 bit
Suhu kerja	-40°C hingga 125°C	-40°C hingga 125°C
Sensor modul	Belum Tersedia	<i>Touch Sensor, Temperature Sensor, Hall Effect Sensor</i>

Pada tabel 2.3 terlihat bahwa performa dari ESP32 melebihi fitur dan spesifikasi ESP8266, seperti yang ditunjukkan pada Tabel 2.3. Karena ESP32 memiliki CPU yang lebih cepat dan lebih banyak pin ADC daripada ESP8266, ESP32 dapat memproses data lebih cepat. ESP32 juga lebih cocok untuk pemrograman yang rumit daripada ESP8266 [22]

#### 2.2.10 *Software* Arduino IDE

Dengan pembuatan *source code*, kompilasi, upload hasil kompilasi, dan pengujian pada terminal serial, maka dibuatlah aplikasi mikrokontroler dengan menggunakan perangkat lunak yang disebut Arduino IDE (*Integrated Development Environment*). Tampilan Arduino IDE dapat dilihat pada gambar 2.10



```

arduino_code | Arduino 1.8.19 (Windows Store 1.8.57.0)
File Edit Sketch Tools Help
arduino_code
#include <SoftwareSerial.h>//librari serial
#include <movingAvg.h>//librari moving average
// dibawah ini pin yang digunakan sensor
#define geser A0
#define hujan A1
#define lembab A2
#define buzz 4
//dibawah ini variable yang digunakan dalam program
int dataGeser, dataHujan, dataLembab;
unsigned long pref = 0;
int ledState = LOW;
unsigned long previousMillis = 0;
String idk, sendHujan;
double sendGeser, sendLembab, avg;

movingAvg mov(100);//mendeklarasikan bahwa data yang akan di ambil 100x untuk di rata rata
SoftwareSerial kirim(2, 3); // RX, TX pin serial yang digunakan
void setup()
{
  Serial.begin(9600);
  kirim.begin(57600);
  //proses inialisasi semua sensor sebagai input
  pinMode(geser, INPUT);
  pinMode(hujan, INPUT_PULLUP);
  pinMode(lembab, INPUT);

```

Gambar 2.10 Arduino IDE [23]

*Software* Arduino IDE memiliki pilihan menu bernama “*verify*” dengan *checklist* yang memverifikasi program tertulis untuk mengetahui apakah ada masalah, seperti dapat dilihat pada gambar 2.10. Untuk memuat atau mentransfer program yang dihasilkan oleh perangkat lunak Arduino ke perangkat keras,

gunakan ikon menu "unggah", yang memiliki panah yang mengarah ke kanan. Opsi menu "Baru", yang dalam pemrograman mewakili selembar kertas kosong, digunakan untuk memulai halaman baru. Pilih item menu "Buka" dengan panah mengarah ke atas untuk meluncurkan program tersimpan atau program yang ditulis oleh pengembang perangkat lunak Arduino. Program yang baru dibuat atau diubah disimpan menggunakan ikon menu "Simpan" yang mengarah ke bawah. Item menu "monitor serial" memiliki memiliki *icon* menu "serial monitor" yang bergambar kaca memiliki fungsi untuk menampilkan serial komunikasi data saat dikirim dari *hardware* arduino. [23]

### 2.2.11 Delay

Penundaan paket data atau biasa disebut *delay* adalah waktu yang diperlukan untuk melakukan perjalanan dari titik awal ke tujuannya. Media fisik, isolasi, lalu lintas, dan data yang diproses dengan buruk semuanya dapat mengakibatkan penundaan. Kategori nilai *delay* menurut standar TIPHON ditunjukkan pada Tabel 2.4

Tabel 2.4 Kategori Nilai *Delay* Standar TIPHON [24]

<b>Kategori Delay</b>	<b>Besar Nilai Delay (ms)</b>	<b>Indeks</b>
Sangat Bagus	<150 ms	4
Bagus	<250 ms	3
Sedang	<350 ms	2
Jelek	<450 ms	1

### 2.2.12 Buzzer

Bel listrik/*buzzer* adalah perangkat elektronik yang menghasilkan suara monoton. Arus listrik menginduksi getaran mekanis yang menghasilkan suara ini. Mekanisme osilasi yang menimbulkan getaran antara kedua medan tersebut menggunakan arus listrik. Melalui tabung resonansi, suara dihasilkan sebagai hasil dari getaran ini, dan memiliki tampilan nada. Buzzer menggunakan mekanisme monoton, sehingga hanya mengeluarkan satu nada berupa bunyi "bip". Bel sering digunakan pada jam alarm, indikator jarak tempat parkir, keamanan pintu atau garasi rumah [25].

Salah satu dari dua kaki *buzzer* lebih panjang dari yang lain. Mirip dengan LED, terminal positif (anoda) memiliki kaki yang lebih panjang dan kaki yang lebih

pendek (katoda). *Buzzer* dapat langsung dipasang pada pin GIO mikrokontroler karena dapat beroperasi dengan catu daya 3 V.[25].

### 2.2.13 Rumus Persentase *Error*

Persentase *error* dinyatakan sebagai persentase perbedaan antara nilai percobaan dan nilai *real*. Ini digunakan dalam sains untuk menunjukkan seberapa banyak nilai yang diukur atau diperoleh secara eksperimental menyimpang dari nilai nyata atau akurat. Persentase kesalahan sering ditentukan dengan mengalikan nilai yang diterima atau diketahui dengan 100% dan membagi perbedaan antara nilai terukur dan nilai tersebut. Persentase ketidakakuratan terhubung dengan kesalahan absolut dan relatif. Perbedaan antara nilai eksperimen dan nilai yang diketahui dikenal sebagai kesalahan absolut. Jumlah yang telah ditentukan dibagi dengan angka untuk menghitung ketidaktepatan relatif. Rumus dari absolut *error* sebagai berikut

$$\text{Absolut error} = \text{Measured value} - \text{True value} [25]$$

Sedangkan relatif *error* adalah yang sering dinyatakan sebagai persentase, membandingkan jumlah absolut *error* dengan bilangan *real* atau asli. Persamaan kesalahan relatif adalah sebagai berikut:

$$\text{Relatif error} = \frac{(\text{Nilai yang diukur} - \text{Nilai sebenarnya})}{\text{Nilai sebenarnya}} \times 100\%$$

Dapat disimpulkan untuk mencari akurasi hasil deteksi sensor, maka ditemukan rumus:

$$\text{Akurasi} = 100\% - \text{Relatif error} [26]$$

### 2.2.14 *Moving Average*

*Moving Average* (rata-rata bergerak) adalah metode peramalan perataan nilai dengan mengambil sekelompok nilai pengamatan yang kemudian dicari rata-ratanya, lalu menggunakan rata-rata tersebut sebagai ramalan untuk periode berikutnya. Istilah rata-rata bergerak digunakan karena setiap kali data observasi baru tersedia maka angka rata-rata yang baru dihitung dan dipergunakan sebagai ramalan. *Moving average* mempunyai beberapa bentuk diantaranya *simple moving average*, *weighted moving average*, dan *exponential moving average*. Kegunaan dari metode *Simple Moving Average* diantara lain menentukan trend yang akan terjadi, menentukan titik support dan resistance, memuluskan indicator

yang terlalu bergerigi. Contoh kasus penggunaan *simple moving average* pada tabel 2.5

Tabel 2.5 Contoh Penggunaan Simple Moving Average[27]

No	Data	Simple Moving Average Prioritas 3
1	32	
2	45	
3	43	$(32+45+43) / 3 = 40$
4	23	$(45+43+23) / 3 = 37$
5	57	$(43+23+57) / 3 = 41$
6	56	$(23+57+56) / 3 = 45.33$
7	44	$(57+56+44) / 3 = 52.33$
8	31	$(56+44+31) / 3 = 43.67$

Dari hasil pengerjaan table penyelesaian diatas maka, algoritma dari penyelesaian diatas adalah :

1. Menentukan berapa banyak data yang akan dihitung simple moving average. Misalnya 8 data
2. Menginput data-data yang akan dihitung sesuai dengan jumlahnya
3. Menentukan skala prioritas simple moving averages yang akan dihitung. Misalnya skala prioritas ke-3.
4. Melakukan perhitungan simple moving average. Misalnya jika skala prioritas tiga maka akan dilakukan penjumlahan data mulai pada data ke-3, kemudian jumlah data yang akan dijumlahkan 3 data dimulai dari data ke 1 " $a+b+c \rightarrow b+c+d$ ", dan rata-ratanya akan dibagi dengan 3.[27]

#### 2.2.15 Regresi Linier Sederhana

Regresi linier sederhana merupakan metode statistik yang memiliki fungsi menguji sejauh mana hubungan sebab dan akibat antara variabel faktor penyebab (X) terhadap variabel akibat. Faktor penyebab dilambangkan dengan X atau disebut Predictor sedangkan Variabel Akibat dilambangkan dengan Y atau disebut Reponse. Regresi Linear Sederhana atau SLR (*Simple Linear Regression*) merupakan metode statistik yang dipergunakan dalam produksi untuk melakukan peramalan atau prediksi tentang karakteristik kualitas maupun kuantitas [28].

Model Persamaan Regresi Linear Sederhana yaitu:

$$Y = a + bX$$

Keterangan:

Y = Variabel Akibat (Dependen)

X = Variabel Faktor (Independen)

a = Konstanta

b = Koefisien Regresi (Kemiringan), besaran Akibat yang ditimbulkan oleh Faktor.

Nilai a dan b dapat dihitung menggunakan rumus:

$$a = \frac{(\sum y)(\sum x^2) - (\sum x)(\sum xy)}{n(\sum x^2) - (\sum x)^2}$$

$$b = \frac{n(\sum xy) - (\sum x)(\sum y)}{n(\sum x^2) - (\sum x)^2}$$