

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 Komunikasi Data

Komunikasi data adalah pertukaran data antara dua perangkat atau lebih melalui media transmisi misalnya seperti kabel. Untuk bisa terjadinya data komunikasi, perangkat harus saling berkomunikasi atau terhubung menjadi sebuah bagian dari sistem komunikasi, yang terdiri atas kombinasi dari hardware (peralatan fisik atau keras) dan perangkat *software* (program)^[5].

Komunikasi pada zaman sekarang ada yang masih menggunakan kabel dan tanpa menggunakan kabel (*wireless*) sebagai medianya. Dimana, komunikasi tanpa kabel atau *wireless* sekarang semakin banyak dibutuhkan karena dianggap sangat praktis dan juga efisien. Komunikasi *wireless* dilakukan dengan cara menumpangkan atau memodulasikan sinyal informasi pada gelombang radio yang bertindak sebagai gelombang pembawa informasi^[6].

2.2 Topologi Mesh

Topologi mesh merupakan sebuah jaringan komputer yang mana untuk bentuk koneksi antar perangkat komputer akan saling terhubung secara langsung pada satu jaringan saja^[7].

Topologi mesh memiliki beberapa keunggulan utama dibandingkan dengan topologi jaringan lainnya seperti star atau bus. Beberapa keunggulan utama dari komunikasi mesh:

1. Redundansi dan *Robustness*

Setiap node dalam jaringan mesh memiliki beberapa jalur komunikasi dengan node lain. Hal ini membuat jaringan menjadi lebih tahan terhadap kegagalan satu atau beberapa node. Jika ada rute komunikasi yang terputus atau node mati, informasi masih dapat dikirimkan melalui rute alternatif.

2. *Scalability*

Jaringan mesh dapat dengan mudah diperluas dengan menambahkan lebih banyak node tanpa mempengaruhi kinerja secara signifikan.

Setiap node dapat berkontribusi sebagai titik akses atau relay data, memungkinkan fleksibilitas dalam penyebaran jaringan.

3. *Self-Healing*

Jaringan mesh memiliki kemampuan untuk memulihkan diri sendiri. Jika ada perubahan dalam topologi jaringan, seperti node baru ditambahkan atau node yang ada mati, jaringan akan secara otomatis menyesuaikan jalur komunikasi untuk memastikan pengiriman data yang optimal.

4. Penggunaan Energi yang Efisien

Node-node dalam jaringan mesh biasanya dapat berkomunikasi dengan daya yang lebih rendah karena mereka dapat menggunakan node tetangga sebagai relay untuk data mereka. Hal ini dapat menghemat daya baterai pada perangkat-perangkat bergerak atau sensor-sensor yang menggunakan teknologi mesh.

5. Fleksibilitas dan Adaptabilitas

Jaringan mesh memungkinkan berbagai aplikasi yang berbeda, mulai dari sensor jarak jauh hingga perangkat IoT yang kompleks. Dengan kemampuan untuk mengatur rute komunikasi secara dinamis dan menyesuaikan diri dengan perubahan lingkungan, jaringan mesh sangat cocok untuk aplikasi di lingkungan yang dinamis dan tidak terstruktur.

6. Efisiensi Bandwidth

Dalam jaringan mesh, data dapat didistribusikan secara lokal antar node-node yang terdekat sebelum dikirim ke node pusat atau receiver. Hal ini dapat mengurangi beban pada bandwidth utama dan meningkatkan kecepatan transmisi data secara keseluruhan.

Keunggulan-keunggulan ini menjadikan komunikasi mesh pilihan yang populer dalam berbagai aplikasi, mulai dari smart home, industri IoT, hingga sistem komunikasi darurat yang memerlukan keandalan tinggi.

2.3 *Early Warning System Banjir*

Banjir adalah peristiwa terbenamnya daratan oleh air. Banjir merupakan fenomena alam yang sering terjadi di berbagai negara termasuk di Indonesia. Banjir dapat disebabkan oleh air sungai yang meluap ke lingkungan sekitarnya dan aliran permukaan yang berlebihan

dengan intensitas curah hujan yang tinggi serta dengan durasi yang lama^[8].

Sistem peringatan dini adalah sebuah mekanisme yang dirancang untuk mendeteksi ancaman atau bahaya sebelum terjadi, memungkinkan respons cepat dari pihak terkait. Dengan menggunakan teknologi seperti sensor dan analisis data secara langsung, sistem ini memonitor situasi yang berpotensi berbahaya seperti bencana alam, kebocoran zat berbahaya, atau ancaman keamanan. Tujuan utamanya adalah memberikan peringatan secepat mungkin, sehingga tindakan pencegahan dapat diambil untuk mengurangi risiko, melindungi nyawa, dan mengurangi kerusakan.

2.4 *Software* Arduino IDE

IDE Arduino adalah *software* yang sangat canggih ditulis dengan menggunakan Java. IDE Arduino terdiriterdiri dari:

- Editor program, sebuah window yang memungkinkan pengguna menulis dan mengedit program dalam bahasa Processing.
- Compiler, sebuah modul yang mengubah kode program (bahasa Processing) menjadi kode biner. Bagaimanapun sebuah microcontroller tidak akan bisa memahami bahasa Processing. Yang bisa dipahami oleh microcontroller adalah kode biner. Itulah sebabnya compiler diperlukan dalam hal ini.
- Uploader, sebuah modul yang memuat kode biner dari Jomputer ke dalam memory di dalam papan Arduino^[9].

2.5 Parameter Pengujian LoRa

A. RSSI (*Received Signal Strength Indicator*)

Dalam komunikasi LoRa, RSSI dinyatakan sebagai penilaian bagaimana perangkat receiver dapat merespon sinyal dari pengirim. Indikasi nilai RSSI pada LoRa memiliki kisaran antara -30 dBm hingga -120 dBm, dimana -30 dBm menunjukkan sinyal yang kuat dan -120 dBm menunjukkan sinyal yang lemah^[10]. Untuk mendapatkan nilai rata – rata RSSI dapat menggunakan persamaan (1) dibawah ini :

$$\text{Rata – Rata RSSI} = \frac{\text{Jumlah RSSI}}{\text{Paket Diterima}} \times 100\% \dots\dots\dots(1)$$

B. QoS (*Quality of Service*)

Qos merupakan parameter pada jaringan yang menentukan layanan berjalan sesuai dengan standar kualitas yang ditetapkan. Salah satu standar dari QoS adalah TIPHON (*Telecommunications and Internet Protocol Harmonization Over Network*) yang dikeluarkan oleh ETSI^[11]. Adapun parameter parameter Qos adalah sebagai berikut :

1. Delay

Delay adalah waktu yang dibutuhkan data untuk menempuh jarak dari asal ke tujuan. Delay dapat dipengaruhi oleh jarak, media fisik, kongesti atau juga waktu proses yang lama^[12]. Perhitungan *delay* didapatkan dengan persamaan (2) berikut :

$$Delay (S) = \text{Waktu diterima (S)} - \text{Waktu kirim (S)} \dots \dots \dots (2)$$

Tabel 2. 1 Kategori Delay^[12]

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

2. Packet Los

Packet loss adalah parameter yang menunjukkan jumlah total paket yang hilang pada suatu jaringan pengiriman^[11].

Perhitungan delay didapatkan dengan persamaan (3) berikut ini :

$$Packet\ Los(\%) = \frac{\text{Jumlah data terkirim} - \text{Jumlah data diterima}}{\text{Jumlah data terkirim}} \times 100\% \dots \dots \dots (3)$$

Tabel 2. 2 Kategori Packet Los^[11]

Kategori Packet Los	Packet Loss (%)	Indeks
Kategori Delay	0%	4
Sangat Bagus	3%	3
Bagus	15%	2
Sedang	25%	1

2.6 Arduino Mega 2560

Board Arduino Mega 2560 adalah sistem yang menggunakan IC mikrokontroler ATmega 2560, board ini memiliki 54 digital input/output, 15 buah diantaranya dapat digunakan sebagai output Pulse Width Modulation (PWM), 16 buah analog input, 4 Universal Asynchronous Receiver/Transmitter (UART), Osilator Kristal 16MHz, koneksi USB, jack power, soket ICSP (In-Circuit System Programming) dan tombol reset^[13]. Gambar 2.1 merupakan gambar Arduino Mega 2560 yang akan digunakan sebagai controller utama pada sistem EWS.



Gambar 2. 1 Arduino Mega 2560

2.7 Heltec LoRa SX 1278 (satuin dengan Dasar Teori LoRa)

LoRa (Long Range) adalah teknik modulasi radio yang dimiliki oleh Semtech. Teknologi LoRa menggunakan teknologi modulasi CSS (Chirp Spread Spectrum) yang memungkinkan untuk mengirim data jarak jauh berdaya rendah melalui pita ISM (Instrumentation Science and Medical) yang tidak berlisensi. Implementasi dari teknologi LoRa adalah jaringan IoT (Internet of Things), pemantauan sesuatu jarak jauh (remote monitoring) dan banyak hal lagi ^[14].

Heltec Wi-Fi LoRa-32 adalah perangkat yang dirancang untuk aplikasi IoT oleh Heltec Automation. Modul ini menggabungkan mikrokontroler ESP32 dengan chip SX1278 untuk komunikasi LoRa, yang beroperasi melalui antarmuka SPI (Serial Peripheral Interface). Meskipun utamanya digunakan sebagai node sensor, Heltec Wi-Fi LoRa-32 juga dapat dikonfigurasi sebagai gateway LoRa-WAN. Gambar 2.2 merupakan modul Heltec LoRa SX1278 yang digunakan pada EWS.



Gambar 2. 2 Heltec LoRa 32 V2

2.8 SIM 900 A

Modul GSM SIM 900 A SIM900A adalah salah satu produk GSM/GPRS Serial Modem dari SIMCOM yang dapat kita gunakan bersama microcontroller Arduino baik untuk tur SMS,Telefon ataupun data GPRS.Berikut Spesikasi singkat Module Chip SIM900A :

- Quad-Band 850 / 900/ 1800 / 1900 MHz
- GPRS multi-slot class 10/8 -GPRS mobile station class B
- Compliant to GSM phase 2/2+
- Class 4 (2 W (AT) 850 / 900 MHz)
- Class 1 (1 W (AT) 1800 / 1900MHz)
- Perintah menggunakan AT Command
- Standard Commands: GSM 07.07 & 07.05 | Enhanced Commands: SIMCOM AT
- Embedded TCP/UDP stack - Dapat Upload data ke web server
- Support RTC -Pemilihan Port Serial (3.3V dan 5V Level)
- Terdapat Jack speaker dan headphone (type breakout board tertentu)
- Konsumsi daya rendah - 1.5mA(sleep mode)

- Bekerja pada temperatur -40C to +85 C^[15].

Gambar 2. 3 merupakan module sim 900 A yang digunakan pada EWS.



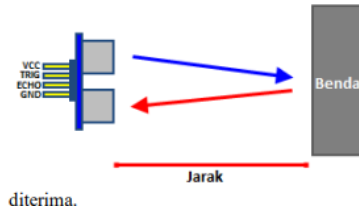
Gambar 2. 3 SIM 900 A

2.9 Sensor Ultrasonic HC – SR04

Sensor ultrasonik adalah sebuah sensor yang berfungsi untuk mengubah besaran fisis (bunyi) menjadi besaran listrik dan sebaliknya. Cara kerja sensor ini didasarkan pada prinsip dari pantulan suatu gelombang suara sehingga dapat dipakai untuk menafsirkan eksistensi (jarak) suatu benda dengan frekuensi tertentu. Disebut sebagai sensor ultrasonik karena sensor ini menggunakan gelombang ultrasonik (bunyi ultrasonik)^[16]. Gambar 2. 4 merupakan sensor ultrasonik yang digunakan pada sistem EWS.



Gambar 2. 4 Sensor Ultrasonik HC - SR04



Gambar 2. 5 Cara Kerja Sensor Ultrasonic

Adapun rumus yang digunakan untuk menghitung jarak yang terbaca oleh sensor ultrasonik adalah sebagai berikut :

$$S = \frac{340 \cdot t}{2} \dots\dots\dots(4)$$

Variabel S adalah jarak antara sensor ultrasonik dengan benda, nilai 340 adalah kecepatan bunyi dalam satuan m/s, variabel t adalah selisih antara waktu pemancaran gelombang pantul dan waktu penerimaan gelombang pantul^[16]. Untuk mencari nilai *error* pada pembacaan sensor ultrasonik menggunakan perhitungan sebagai berikut:

$$Error = \frac{Pembanding\ mistar - hasil\ pengukuran}{pembanding\ mistar} \times 100\% \dots\dots\dots(5)$$

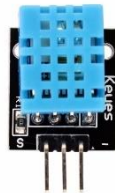
$$Rata-rata\ error = \frac{jumlah\ nilai\ error\ hasil\ pengujian}{jumlah\ percobaan} \dots\dots\dots(6)$$

2.10 Sensor DHT11

DHT11 adalah sensor digital yang dapat mengukur suhu dan kelembaban udara di sekitarnya. Sensor ini sangat mudah digunakan Bersama dengan Arduino. Memiliki tingkat stabilitas yang sangat baik serta fitur kalibrasi yang sangat akurat. Koefisien kalibrasi disimpan dalam OTP program memory, sehingga ketika internal sensor mendeteksi

sesuatu, maka module ini menyertakan koefisien tersebut dalam kalkulasinya, DHT11 ini termasuk sensor yang memiliki kualitas terbaik, dinilai dari respon, pembacaan data yang cepat, dan kemampuan antiinterference. Ukurannya yang kecil, dan dengan transmisi sinyal hingga 20 meter dengan spesifikasi digital interfacing system membuat produk ini cocok digunakan untuk banyak aplikasi-aplikasi pengukuran suhu dan kelembaban. Konsumsi daya DHT11 adalah cukup rendah, 5 V power supply tegangan dan rata-rata maksimum saat ini sekitar 0.5 mA^[17]. Gambar 2.6 merupakan sensor DHT11 yang digunakan pada sistem EWS.

Pada sistem *EWS* ini sensor DHT11 digunakan untuk mengukur suhu dan kelembaban pada lingkungan sekitar..



Gambar 2. 6 Sensor DHT11

Untuk mencari nilai *error* pada pembacaan sensor DHT11 menggunakan perhitungan sebagai berikut:

$$Error = \frac{\text{Pembanding suhu} - \text{hasil pembacaan suhu}}{\text{pembanding suhu}} \times 100\% \dots\dots\dots(7)$$

$$\text{Rata-rata error} = \frac{\text{jumlah nilai error hasil pengujian}}{\text{jumlah percobaan}} \dots\dots\dots(8)$$

2.11 Sensor Anemometer

Sensor Anemometer merupakan alat yang digunakan untuk mengukur kecepatan angin. Cara kerjanya pada saat tertiuip angin, mangkok yang terdapat pada sensor anemometer akan bergerak sesuai arah angin. Semakin besar kecepatan angin maka kecepatannya akan semakin besar pula. Dari jumlah putaran dalam satuan detik maka dapat

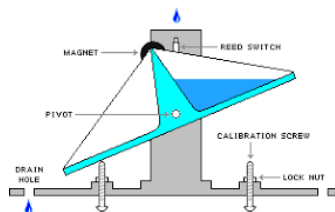
diketahui kecepatan anginnya^[18]. Gambar 2. 7 merupakan sensor anemometer yang digunakan pada sistem EWS.



Gambar 2. 7 Anemometer

2.12 Sensor Rain Gauge

Sensor rain gauge merupakan alat yang digunakan untuk mengukur besarnya curah hujan yang terjadi pada satuan waktu tertentu. Cara kerja sensor hujan tipe *tipping bucket* adalah ketika hujan turun, maka air akan masuk melalui corong yang berbentuk kerucut, lalu tetesan air hujan akan ditampung oleh penampung berayun yang terdiri dari dua sisi. Ketika satu sisi wadah terisi air maka akan turun ke bawah untuk mengosongkan air dalam wadah dan wadah pada sisi lain akan naik ke atas untuk menampung tetesan air hujan seperti wadah sebelumnya. Setiap jatuhnya wadah penampung air akan mengaktifkan *reed switch* magnetik yang hasilnya akan direkam di *data logger*. Gambar 2. 9 merupakan sensor Rain Gauge yang digunakan pada sistem EWS.



Gambar 2. 8 Cara Kerja Sensor Rain Gauge



Gambar 2. 9 Sensor Rain Gauge

Sebelum digunakan, sensor rain gauge harus dikalibrasi terlebih dahulu agar akurat. Metode kalibrasi yang dilakukan adalah dengan membandingkan curah hujan 1 mm dengan volume air yang seharusnya bias tertampung di corong. Curah hujan 1 mm menyatakan bahwa pada luasan 1 m^2 permukaan tanah yang datar terdapat air setinggi 1 mm. Pernyataan tersebut juga mengartikan bahwa curah hujan 1 mm sebanding dengan 1 liter air untuk tiap 1 m^2 [19].

$$\begin{aligned}
 \text{Volume} &= \text{luas} \times \text{tinggi} \dots\dots\dots(9) \\
 &= 1 \text{ m}^2 \times 10^{-3} \text{ m} \\
 &= 10^{-3} \text{ m}^3 = 1 \text{ liter}
 \end{aligned}$$

Pada tugas akhir ini, corong pada sensor rain gauge berbentuk persegi panjang dengan dimensi $5.3 \times 3.5 \text{ cm}$, sehingga didapat luas permukaan 18.55 cm^2 dengan rumus luas $= p \times l$. Untuk menentukan volume *tipping bucket* dengan luas permukaan 18.55 cm^2 dapat dicari dengan membandingkan volume curah hujan 1 mm dengan rumus yang ada di alat ukur curah hujan. Rumus volume yang digunakan adalah $V = A \times t$, sehingga jika diketahui :

$$A1 = 1 \text{ m}^2 = 10.000 \text{ cm}^2$$

$$V1 = 1 \text{ liter} = 1000 \text{ ml}$$

$$A_2 = 18.55 \text{ cm}$$

Maka V_2 dapat diketahui besarnya dengan perhitungan :

$$V_2 = \frac{A_2}{A_1} \times V_1 \dots\dots\dots(10)$$

$$= 1.855 \text{ ml}$$

Jadi dapat diketahui bahwa curah hujan 1 mm untuk alat ukur curah hujan model *tipping bucket* sama dengan 1.855 ml untuk satu jungkitnya. Untuk mencari nilai *error* pada pembacaan sensor rain gauge menggunakan perhitungan sebagai berikut:

$$\text{Error} = \frac{\text{kapasitas air gelas ukur} - \text{hasil baca sensor}}{\text{kapasitas air gelas ukur}} \times 100\% \dots(11)$$

$$\text{Rata-rata error} = \frac{\text{jumlah nilai error hasil pengujian}}{\text{jumlah percobaan}} \dots\dots\dots(12)$$

2.13 LCD I21 20 X 4

Liquid Crystal Display (LCD) merupakan sebuah media tampil yang menggunakan kristal cair sebagai elemen utama. *Liquid Crystal Display* (LCD) memiliki struktur molekul polar yang terletak diantara dua-elektroda transparan. Polar ini akan menyesuaikan posisi dan membentuk susunan kristalin yang menghasilkan tampilan visual pada layar^[20]. Gambar 2.10 merupakan LCD 20 X 4 yang digunakan pada sistem EWS.



Gambar 2. 10 LCD I2C 20 X 4

2.14 Toa Alarm

Toa alarm ini biasanya digunakan sebagai klakson mobil, tetapi pada EWS (*Early Warning System*) digunakan sebagai output dari sistem yang menandakan adanya peringatan bahaya banjir. Pada EWS, toa alarm digunakan sebagai *output* suara untuk alarm peringatan. Gambar 2.11 merupakan Toa alarm yang digunakan pada sistem EWS.



Gambar 2. 11 Toa Alarm

2.15 Keypad 4 x 4

Keypad merupakan suatu rangkaian tombol yang berfungsi untuk memberikan sinyal atau *input* pada suatu sistem. Tombol-tombol pada keypad biasanya disusun dalam matriks atau susunan kotak-kotak yang memungkinkan pengguna untuk meng-*input* data atau memasukkan angka atau perintah tertentu ke dalam sistem dengan menekan tombol yang sesuai^[21]. Gambar 2.12 merupakan keypad yang digunakan pada sistem EWS.



Gambar 2. 12 Keypad 4 X 4

2.16 Saklar

Saklar merupakan suatu perangkat yang digunakan untuk memutus atau menyambungkan aliran listrik dalam suatu rangkaian. Sakelar pemilih tiga posisi merupakan jenis sakelar yang memiliki tiga posisi yang berfungsi untuk memutus atau menyambungkan arus listrik

dari sumber listrik. Dengan memilih posisi yang tepat, sakelar ini dapat mengendalikan aliran listrik dengan tiga pilihan yang berbeda. Gambar 2.13 merupakan sakelar yang digunakan pada sistem EWS.



Gambar 2. 13 Saklar

2.17 Panel Surya

Sel surya adalah sebuah elemen semikonduktor yang dapat mengkonversi energi surya menjadi energi listrik dengan prinsip fotovoltaiik. Modul surya adalah kumpulan beberapa sel surya, dan panel surya adalah kumpulan beberapa modul surya. Tegangan dan arus listrik yang dihasilkan oleh sel surya dipengaruhi oleh dua variabel fisis, yaitu intensitas radiasi cahaya matahari dan suhu lingkungan. Intensitas radiasi cahaya matahari yang diterima sel surya sebanding dengan tegangan dan arus listrik yang dihasilkan oleh sel surya, sedangkan apabila suhu lingkungan semakin tinggi dengan intensitas radiasi cahaya matahari yang tetap, maka tegangan panel surya akan berkurang dan arus listrik yang dihasilkan akan bertambah^[22]. Gambar 2.14 merupakan panel surya yang digunakan pada sistem EWS.



Gambar 2. 14 Panel Surya

2.18 SCC (Solar Charger Controller)

Controller atau sering disebut Solar Charge Controller (SCC) merupakan komponen/peralatan pendukung yang berfungsi untuk mengatur charging dan discharging baterai dengan mengatur energi yang dapat diisi ke baterai setelah diproduksi oleh panel surya dan berapa besar pelepasan energi tersebut ke beban^[23]. Gambar 2.15 merupakan SCC yang digunakan pada sistem EWS.



Gambar 2. 15 SCC

2.19 Baterai Aki

Baterai atau aki adalah penyimpan energi listrik pada saat matahari tidak ada. Baterai yang cocok digunakan untuk PV adalah baterai deep cycle lead acid yang mampu menampung kapasitas 100 Ah, 12 V, dengan efisiensi sekitar 80%. Waktu pengisian baterai/aki selama 12 jam - 16 jam^[24]. Gambar 2.16 merupakan baterai yang digunakan pada sistem EWS.



Gambar 2. 16 Baterai Aki

2.20 XY – MOS

Modul XY-MOS adalah suatu perangkat *driver* yang dirancang khusus untuk mengendalikan sakelar MOS daya tinggi, dilengkapi

dengan papan kontrol yang menggunakan tabung efek medan untuk mengatur sakelar elektronik secara tepat. Gambar 2.17 merupakan modul XY – MOS yang digunakan pada sistem EWS.



Gambar 2. 17 Module XY-MOS

2.21 RTC (*Real time Clock*)

RTC (*Real time clock*) adalah jam elektronik berupa chip yang dapat menghitung waktu (mulai detik hingga tahun) dengan akurat dan menjaga/menyimpan data waktu tersebut secara *real time*. Karena jam tersebut bekerja *real time*, maka setelah proses hitung waktu dilakukan output datanya langsung disimpan atau dikirim ke device lain melalui sistem antarmuka^[25]. Gambar 2.18 merupakan RTC yang digunakan pada sistem EWS.



Gambar 2. 18 RTC

2.22 Relay DC 1 Chanel

Relai adalah sakelar yang dioperasikan secara elektrik, merupakan komponen elektromekanis, terdiri dari dua bagian utama, yaitu

elektromagnet (koil) dan bagian mekanis (sekumpulan kontak sakelar). Gambar 2. 19 merupakan relay yang digunakan pada sistem EWS.



Gambar 2. 19 Relay DC 1 Chanel

2.23 Lampu Rotary

Lampu rotary adalah jenis penerangan yang digunakan dalam sistem navigasi penerbangan untuk memberikan informasi kepada pilot tentang lokasi dan orientasi landasan pacu. Lampu ini sering dipasang di sekitar landasan pacu dan diputar untuk menunjukkan keberadaan landasan pacu bagi pilot yang mendekati bandara^[26]. Gambar 2. 20 merupakan lampu rotary yang digunakan pada sistem EWS.



Gambar 2. 20 Lampu Rotary