

BAB II

DASAR TEORI

2.1 Landasan Teori

2.1.1 Logika Fuzzy

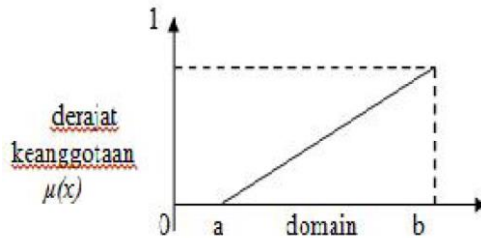
Logika Fuzzy dapat dijelaskan sebagai logika yang tidak tegas atau ambigu. Dalam logika fuzzy, sebuah nilai dapat dianggap benar dan salah secara bersamaan. Rentang nilai dari 0 hingga 1 mencerminkan Tingkat keanggotaan *fuzzy*. Logika Fuzzy digunakan untuk menerjemahkan suatu besaran yang menggunakan *linguistic* (ilmu bahasa)^[4]. Hal tersebut dapat dicontohkan dengan besaran kecepatan laju suatu kendaraan yang dinyatakan dengan pelan, agak cepat, cepat, dan sangat cepat. Dalam hal ini menunjukkan sejauh mana suatu nilai dapat dikatakan benar dan sejauh mana nilai dikatakan salah pada logika fuzzy. Bukan logika klasik atau tegas yang hanya mempunyai dua kemungkinan yaitu cepat atau lambat^[8]. Derajat keanggotaan lambat artinya bukan merupakan anggota himpunan dan cepat berarti adalah anggota himpunan. Oleh sebab itu sesuatu dapat dikatakan sebagian benar dan sebagian salah pada waktu yang sama dalam logika fuzzy^[9]. Pada penelitian ini digunakan Algoritma *Fuzzy Logic* digunakan pada sistem EWS sebagai Algoritma untuk menentukan sebuah keputusan berupa peringatan dini dari 3 jenis sensor yaitu sensor *ultrasonic*, *anemometer*, dan *rain gauge* yang berpengaruh pada kejadian banjir di daerah tersebut Hasil wawancara dengan narasumber juga menunjukkan bahwa kejadian banjir tidak hanya disebabkan dari faktor ketinggian air saja melainkan ada faktor lain yang sangat berpengaruh yaitu curah hujan. Secara prinsip, himpunan fuzzy adalah pengembangan dari himpunan tegas (crisp), yang membagi kelompok individu menjadi anggota dan bukan anggota. Dalam himpunan tegas, nilai keanggotaan suatu item x dalam himpunan A sering disimbolkan dengan $\mu A[x]$ ^[10]. Metode inferensi *Fuzzy Mamdani* atau sering juga disebut dengan nama Metode Max-Min. Untuk mendapatkan output, diperlukan empat tahapan yaitu :

1. Pembentukan Himpunan *Fuzzy* yang akan membagi variabel input maupun output ke dalam satu atau lebih himpunan fuzzy (*fuzzyfikasi*).
2. Penerapan fungsi implikasi yang menggunakan fungsi min.
3. Komposisi aturan.
4. Proses *defuzzyfikasi*.

2.1.2 Membership Function

Membership Function merupakan Fungsi keanggotaan (membership function) adalah suatu kurva yang menunjukkan pemetaan titik-titik input data kedalam nilai keanggotaannya (sering disebut dengan derajat keanggotaan) yang memiliki interval 0 sampai 1. Salah satu cara yang dapat digunakan untuk mendapatkan nilai keanggotaan adalah dengan melalui pendekatan fungsi^[11].

1. Representasi Kurva linear naik

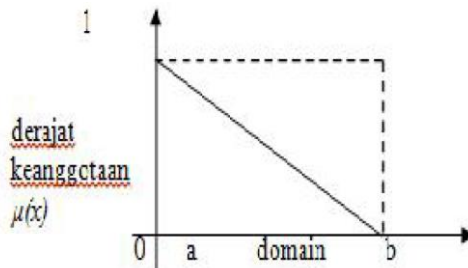


Gambar 2. 1 Representasi Kurva Linear Naik

Fungsi Keanggotaan :

$$\mu\{x\} = \begin{cases} 0; & x < a \\ (x - a) / (b - a); & a \leq x \leq b \\ 1; & x > b \end{cases}$$

2. Representasi kurva linear turun

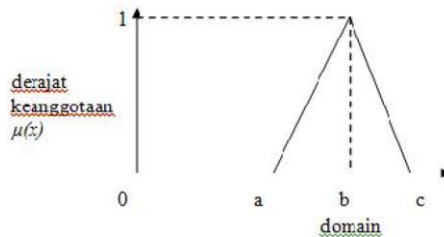


Gambar 2. 2 Representasi Kurva Linear Turun

Fungsi Keanggotaan :

$$\mu\{x\} = \begin{cases} 1; & x < a \\ (b - x) / (b - a); & a \leq x \leq b \\ 0; & x > b \end{cases}$$

3. Representasi Kurva Segitiga

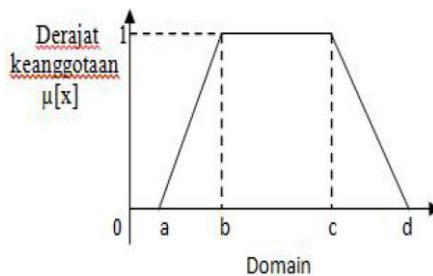


Gambar 2. 3 Representasi Kurva Segitiga

Fungsi Keanggotaan :

$$\mu\{x\} = \begin{cases} 0; & x < a \text{ atau } x > c \\ (x - a) / (b - a); & a \leq x \leq b \\ (b - x) / (c - b); & b \leq x \leq c \end{cases}$$

4. Representasi Kurva Trapesium



Gambar 2. 4 Representasi Kurva Trapesium

Fungsi Keanggotaan :

$$\mu x = \begin{cases} 0; & x \leq a \text{ atau } x \geq c \\ (x - a)/(b - a); & a \leq x \leq b \\ (d - x)/(d - c); & c \leq x \leq d \end{cases}$$

2.1.3 Fuzzifikasi

Fuzzifikasi merupakan proses mengubah nilai masukan sistem yang berupa nilai tegas menjadi variabel linguistik. Suatu fungsi keanggotaan kemudian disimpan ke dalam basis pengetahuan^[4]. Dalam *Early Warning System (EWS)* ini, data dari seluruh sensor akan diklasifikasikan ke dalam variabel linguistik berupa Tinggi, Sedang, dan Rendah. Dengan demikian, data yang diperoleh dari sensor dapat diinterpretasikan dan diproses lebih lanjut oleh sistem untuk menghasilkan keputusan yang lebih akurat dan sesuai dengan kondisi yang diukur^[11].

2.1.4 Mesin Inferensi

Mesin Inferensi adalah proses yang mengubah masukan fuzzy menjadi keluaran fuzzy dengan mengikuti aturan (IF-THEN Rules) yang telah ditetapkan dalam pengetahuan fuzzy^[12]. Dalam sistem *Early Warning System (EWS)*, setelah semua variabel dikonversi ke dalam variabel linguistik, langkah selanjutnya adalah membuat aturan untuk menentukan apakah data tersebut masuk ke dalam klasifikasi yang sesuai guna mendeteksi potensi bencana banjir. Proses ini melibatkan penerapan aturan-aturan yang telah dirancang untuk mengevaluasi kondisi yang terdeteksi oleh sensor, sehingga sistem dapat memberikan keputusan yang akurat dan tepat waktu terkait risiko banjir^[13].

2.1.5 Defuzzifikasi

Defuzzifikasi adalah tahap di mana keluaran fuzzy dari mesin inferensi diubah menjadi nilai yang pasti menggunakan fungsi keanggotaan yang sama seperti yang digunakan dalam proses fuzzifikasi. Fungsi keanggotaan ini merupakan kurva yang menggambarkan bagaimana titik-titik data masukan dipetakan ke nilai keanggotaannya, biasanya berkisar dari 0 hingga 1. Dalam sistem *Early Warning System (EWS)*, salah satu metode *defuzzifikasi* yang sering digunakan adalah metode centroid. Metode ini menghitung pusat area di bawah kurva fungsi keanggotaan untuk menentukan nilai pasti keluaran^[12]. *Defuzzifikasi* dengan metode centroid digunakan untuk memperoleh hasil yang optimal berdasarkan prinsip logika *fuzzy logic*. Berikut rumus *defuzzifikasi* dengan

metode centroid :

$$\begin{aligned} \text{Momentum} &= \int_a^b \mu(z) dx \\ \text{Area} &= \int_a^b (z) dx \\ \text{Defuzifikasi} &= \frac{\text{Momentum}}{\text{Area}} \end{aligned}$$

Dimana :

$\mu(z)$ = Fungsi keanggotaan *fuzzy* dari nilai z

$\left(\begin{smallmatrix} a \\ b \end{smallmatrix} \right)$ = Batas Domain keluaran *fuzzy*

2.1.6 *Early Warning System (EWS)*

EWS (*Early Warning System*) merupakan sebuah sistem peringatan yang digunakan sebagai rangkaian sistem komunikasi informasi. Sistem ini terdiri dari sensor-sensor, deteksi kejadian, dan subsistem pemberi keputusan yang bertujuan untuk mengidentifikasi secara dini kemunculan bahaya atau ancaman. Dalam sistem EWS terdapat dua bagian utama yang penting, yaitu bagian *transmitter* sebagai mengumpulkan data-data sensor menjadi informasi yang relevan dan bagian *receiver* yang digunakan untuk mengolah data sensor dari *transmitter* yang outputnya berupa peringatan dini agar informasi cepat sampai kepada masyarakat^[3]. EWS bencana banjir merupakan sistem peringatan dini yang dibuat untuk mengantisipasi warga sebelum terjadinya bencana banjir. Tujuan dari EWS bencana banjir adalah untuk melindungi nyawa, harta benda, serta mengurangi kerugian yang diakibatkan oleh bencana banjir. EWS bencana banjir ini juga dapat digunakan untuk memantau dan mengamati kondisi cuaca, kecepatan angin, ketinggian air, curah hujan serta faktor-faktor yang dapat memicu banjir, dan memberikan informasi yang akurat dan *realtime* kepada masyarakat dan pihak yang terkait^[6].

2.1.7 *Skala Beaufort*

Angin adalah gerak udara yang sejajar dengan permukaan bumi. Udara bergerak dari daerah bertekanan tinggi ke daerah bertekanan rendah^[14]. Angin diberi nama sesuai dengan dari arah mana angin datang,

misalnya angin timur adalah angin yang datang dari arah timur, angin laut adalah angin dari laut ke darat, dan angin lembah adalah angin yang datang dari lembah. Kecepatan angin dapat dibedakan menjadi beberapa jenis dan memiliki klasifikasinya tersendiri^[14]. Klasifikasi angin dapat dilakukan untuk memberikan nilai pada besar kecepatan angin dan tinggi gelombang. Klasifikasi pada penelitian ini menggunakan skala Beaufort seperti pada tabel berikut.

Tabel 2. 1 Skala Beaufort

Skala Beaufort	Deskripsi	Kecepatan Angin(m/s)	Tinggi Gelombang(M)
1	Sedikit Tenang	0 – 0,3	0
2	Sedikit Hembusan Angin	0,3 – 1,5	0 - 0,2
3	Hembusan Angin Pelan	1,5 – 3,3	0,2 – 0,5
4	Hembusan Angin Sedang	3,3 – 5,5	0,5 – 1
5	Hembusan Angin Kuat	5,5 – 8	1 – 2
6	Mendekati Kencang	8 – 10,8	2 – 3
7	Angin Kencang	10,8 – 13,9	3 – 4
8	Sangat Kencang	13,9 – 17, 2	4 – 5,5
9	Angin Ribut	17,2 – 20,7	5,5 – 7,5
10	Angin Ribut Sekali	20,7 – 24,5	7,5 – 10
11	Badai	24,5 – 28,4	10 – 12,5
12	Badai Dahsyat	28,4 – 32,6	12,5 – 16
13	Badai Topan	32,6 <	16 <

2.1.8 Curah Hujan

Curah hujan adalah butir-butir air atau kristal es yang jatuh/keluar dari awan atau kelompok awan. Awan yang terbentuk sebagai hasil dari kondensansi uap air akan terbawa oleh angin sehingga berpeluang untuk tersebar keseluruhan permukaan bumi. Butiran air yang terbentuk mencapai ukuran yang cukup besar, akan jatuh ke permukaan bumi yang dikenal dengan sebutan hujan. Hujan adalah bentuk endapan yang sering dijumpai, dan di Indonesia yang dimaksud dengan endapan adalah curah hujan. Karakteristik hujan suatu daerah perlu diketahui untuk menentukan ketersediaan air serta kemungkinan terjadinya permasalahan dan bencana

yang berkaitan dengan sumber daya air^[15]. Curah hujan terbagi menjadi beberapa jenis, Menurut BMKG Curah hujan terbagi menjadi 5 jenis. Berikut adalah pembagian Curah hujan :

- 0.5 – 20 mm/hari : Hujan ringan.
- 20 – 50 mm/hari : Hujan sedang.
- 50 – 100 mm/hari : Hujan lebat.
- 100 – 150 mm/hari : Hujan sangat lebat.
- >150 mm/hari : Hujan ekstrem.

2.1.9 Sungai Kabupaten Cilacap

Sungai adalah alur atau wadah air alami dan/atau buatan berupa jaringan pengaliran air beserta air di dalamnya, mulai dari hulu (mata air) sampai muara, dengan dibatasi kanan dan kirinya oleh garis sempadan. Ada kurang lebih 214 sungai dan anak Sungai yang berada di 21 (dua puluh satu) kecamatan di wilayah Kabupaten Cilacap. Pada penelitian kali ini sungai yang menjadi objek penelitian adalah sungai Donan di Kecamatan Cilacap Selatan dengan kedalaman Sungai 300 cm / 3m^[16].

o KECAMATAN CILACAP SELATAN							
155	S. Gubed/bleder	3.42	7.00	5.00	2.50	4.00	1.00
156	S. Panggang	3.90	7.00	5.00	2.50	4.00	1.00
157	S. Sendang	3.75	6.00	4.00	2.00	2.20	0.80
158	S. Kepatihan	4.95	5.00	3.00	2.00	2.00	0.60
159	S. Kodok	1.40	4.00	2.00	1.50	1.10	0.50
160	S. Bandengan	4.45	6.00	4.00	2.00	2.00	0.50
161	S. Blimbing	0.60	4.00	2.00	1.50	1.20	0.30
162	S. Yasa	9.90	15.00	10.00	2.50	8.50	0.25
163	S. Kodok	2.37	7.00	6.00	1.80	13.58	0.64
164	S. Watu	2.29	5.00	3.00	2.00	4.60	3.05
165	S. Donan	5.74	12.00	8.00	3.00	14.20	0.20
166	S. Cinyemeh	1.48	12.00	12.00	3.00	7.16	3.06
167	S. Menganti	1.28	5.00	2.50	1.20	4.29	1.89
168	S. Tanjung	4.75	4.50	4.00	1.00	7.71	0.43
169	S. Karangwaru	2.71	2.00	2.00	1.50	5.87	1.34

Gambar 2. 5 Data Sungai Kabupaten Cilacap ikplhd cilacap 2018

2.1.10 Arduino IDE

Arduino IDE adalah perangkat lunak yang digunakan untuk menulis dan mengunggah program ke dalam mikrokontroler guna diimplementasikan. Penulisan kode dalam Arduino IDE menggunakan bahasa pemrograman C^[8]. Tujuan dari penulisan kode ini adalah untuk memberikan instruksi yang diperlukan agar sistem dapat berjalan sesuai dengan logika yang telah ditentukan dalam kode tersebut. Tanpa kode program, sistem tidak akan berfungsi karena kode program merupakan bagian utama dalam membangun suatu perangkat atau sistem.

memanfaatkan data yang dikirimkan dari berbagai perangkat IoT dan mengintegrasikannya ke dalam aplikasi atau sistem yang telah dibuat^[17].



Gambar 2.7 *ThingSpeak*

2.1.13 Visual Studio Code (VS Code)

Visual Studio Code (VS Code) adalah editor kode sumber yang dikembangkan oleh Microsoft, terkenal karena kecepatan dan kemampuannya yang lengkap dalam pengembangan aplikasi *web*. *VS Code* menawarkan fitur seperti penyorotan sintaksis, *IntelliSense*, *debugging*, dan terminal terintegrasi, serta dukungan untuk berbagai ekstensi seperti *Live Server*, *Prettier*, dan *ESLint*. Dalam pengembangan aplikasi web *Early Warning System (EWS)*, *VS Code* memfasilitasi pengaturan lingkungan dengan *Node.js* dan *npm*, serta pemilihan *framework* seperti *React.js* atau *Angular*. Dengan menggunakan *Bootstrap 5.0*, pengembangan *frontend* menjadi lebih efisien melalui desain responsif dan komponen UI yang telah siap pakai. Struktur proyek yang baik, pengembangan *frontend* dengan *HTML*, *CSS*, *JavaScript*, dan *Bootstrap 5.0*, dan database seperti *ThingSpeak*, adalah kunci. Integrasi API eksternal, pengujian, *debugging*, dan *deployment* ke platform hosting seperti Heroku atau Netlify juga penting. Dengan alat dan proses yang tepat, *VS Code* mendukung seluruh siklus pengembangan, memastikan aplikasi *EWS* berfungsi optimal dalam memberikan peringatan dini yang akurat^[15].



Gambar 2. 8 Aplikasi *Visual Studio Code*

2.1.14 Parameter Pengujian *Fuzzy Logic* di EWS

A. Pengujian dengan EWS

Dalam EWS banjir terdapat dua bagian utama yaitu *transmitter* dan *receiver*, dalam *transmitter* digunakan sebagai alat pemantau banjir sedangkan pada *receiver* digunakan sebagai penerima data dari *transmitter*, data di *receiver* akan diambil meliputi 3 parameter yaitu ketinggian air, curah hujan, dan kecepatan angin yang akan dimasukkan ke dalam algoritma *fuzzy logic* dan hasilnya akan dibandingkan dengan perhitungan menggunakan software MATLAB.

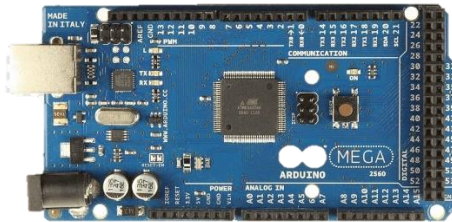
B. Pengujian dengan MATLAB

MATLAB digunakan sebagai acuan untuk pengujian algoritma *fuzzy logic* yang di implementasikan pada EWS banjir, Ketika error yang terjadi sangat jauh dengan perhitungan yang ada pada EWS maka akan di evaluasi kembali agar mendapatkan selisih dari hasil output *fuzzy logic* di EWS dengan *software* MATLAB.

2.2 Alat dan Bahan

2.2.1 Arduino Mega

Arduino Mega 2560 merupakan sebuah *mikrokontroler* yang menggunakan *chip* ATmega2560 yang memiliki 54 pin I/O digital (termasuk 14 pin output PWM, 16 pin *input* analog, 4 pin UART, osilator kristal 16 MHz, koneksi USB, header ICSP, serta tombol reset ^[16]. Pada EWS, Arduino mega 2560 digunakan sebagai pengontrol dari semua kerja sistem yang ada pada *transmitter* dan *receiver*. Gambar 2.9 adalah *mikrokontroler* Arduino Mega 2560 yang digunakan pada EWS^[18].



Gambar 2. 9 Arduino Mega 2560

2.2.2 Heltec LoRa SX1278

Heltec Wi-Fi LoRa-32 adalah perangkat IoT yang dirancang dan diproduksi oleh Heltec Automation. Modul ini beroperasi dengan mikrokontroler ESP32 dan menggunakan *chip* SX1278 untuk komunikasi *LoRa* (*Long Range*). Kedua perangkat ini berinteraksi melalui komunikasi SPI (Antarmuka Periferal Serial). Meskipun dirancang untuk beroperasi sebagai *node* sensor, Heltec Wi-Fi LoRa-32 ini juga bisa dikonfigurasi sebagai *gateway* LoRa-WAN. Pada EWS, Heltec LoRa SX1278 digunakan sebagai modul komunikasi antar *node* sistem. Gambar 2.10 merupakan modul Heltec LoRa SX1278 yang digunakan pada EWS^[20].



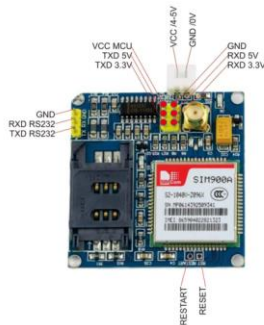
Gambar 2. 10 Heltec LoRa SX1278

2.2.3 SIM 900A

SIM900A adalah modul yang digunakan dalam penelitian ini untuk komunikasi antara mikrokontroler Arduino dan Web Service. Modul GSM/GPRS ini menggunakan inti IC SIM900A, mendukung komunikasi dual band pada frekuensi 900 / 1800 MHz (GSM900 dan GSM1800), sehingga fleksibel untuk digunakan dengan kartu SIM dari berbagai operator seluler di Indonesia. Operator GSM yang beroperasi pada frekuensi dual band 900 MHz dan 1800 MHz meliputi Telkomsel, Indosat, dan XL, sementara Axis dan Three^[21].



Gambar 2.11 SIM 900A

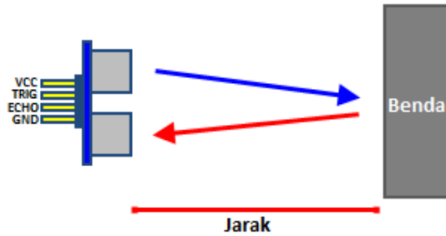


Gambar 2. 12 Konfigurasi pin Modul SIM 900A

Pada gambar 2.12 merupakan konfigurasi pin Modul SIM900A. Modul ini sudah terpasang pada breakout-board (modul inti dikemas dalam SMD/ *Surface Mounted Device packaging*) dengan pin header standar 0,1" (2,54 mm) sehingga memudahkan penggunaan, bahkan bagi penggemar elektronika pemula sekalipun. Modul SIM900A ini juga disertakan antena GSM yang kompatibel dengan produk ini^[21].

2.2.4 Sensor Ultrasonik SRF-05

Sensor ultrasonik adalah sensor yang berfungsi untuk mengubah besaran fisis (bunyi) menjadi besaran listrik dan sebaliknya. Cara kerja dari sensor ultrasonik berdasarkan dengan pantulan suatu gelombang suara yang digunakan untuk menafsirkan jarak suatu benda dengan menggunakan frekuensi tertentu. Pada EWS (*Early Warning System*) sebelumnya, sensor ultrasonik yang digunakan menggunakan tipe HC-SR04, sedangkan Pada EWS terkini sensor yang digunakan menggunakan SRF-05 karena responsibilitas dan ke-akuratan sensor ultrasonic srf-05 yang telah digunakan dalam bidang robotika lebih unggul dibanding HC-SR04. Gambar 2.13 merupakan cara kerja pada sensor ultrasonik. Gambar 2.14 merupakan sensor ultrasonik SRF-05 yang digunakan pada EWS^[4].



Gambar 2. 13 Cara kerja sensor ultrasonik



Gambar 2. 14 Sensor Ultrasonik SRF-05

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

$$R = \frac{340 \cdot t}{2} \dots\dots\dots(1)$$

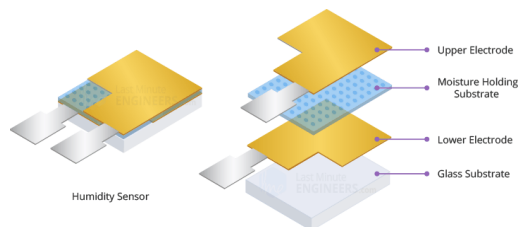
Variabel R mewakili jarak antara sensor ultrasonik dan objek. Nilai 340 mengacu pada kecepatan suara dalam meter per detik (m/s). Variabel t adalah selisih antara waktu saat gelombang ultrasonik dipancarkan dan waktu saat gelombang tersebut diterima kembali. Untuk menentukan nilai error dalam pembacaan sensor ultrasonik, digunakan perhitungan sebagai berikut :

$$Error = \frac{Pembanding\ mistar - hasil\ pengukuran}{pembanding\ mistar} \times 100\% \dots\dots\dots(2)$$

$$\text{Rata-rata error} = \frac{\text{jumlah nilai error hasil pengujian}}{\text{jumlah percobaan}} \dots\dots\dots(3)$$

2.2.5 Sensor DHT11

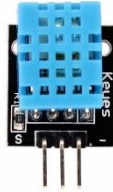
Sensor DHT11 adalah perangkat yang dapat mengukur suhu dan kelembaban. Sensor ini bekerja dengan mengukur resistansi listrik antara dua elektroda saat mendeteksi uap air pada substrat kelembaban untuk mengukur kelembaban. Untuk pembacaan suhu, DHT11 menggunakan sensor *thermistor* tipe *NTC* (*Negative Temperature Coefficient*), di mana resistansinya menurun saat suhu meningkat. Pada sistem *Early Warning System (EWS)*, sensor DHT11 digunakan untuk mengukur suhu dan kelembaban di sekitar sungai^[22]. Gambar 2.15 menunjukkan sensor kelembaban yang ada di dalam DHT11. Gambar 2.16 menampilkan komponen NTC yang terdapat dalam DHT11. Gambar 2.17 menunjukkan sensor DHT11 yang digunakan dalam EWS.



Gambar 2. 15 Bagian - Bagian sensor DHT 11



Gambar 2. 16 NTC



Gambar 2. 17 Sensor DHT11

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

$$Error = \frac{\text{Pembanding suhu} - \text{hasil pembacaan suhu}}{\text{pembanding suhu}} \times 100\% \dots\dots(4)$$

$$\text{Rata-rata error} = \frac{\text{jumlah nilai error hasil pengujian}}{\text{jumlah percobaan}} \dots\dots\dots(5)$$

2.2.6 Sensor Anemometer

Sensor Anemometer merupakan alat yang digunakan untuk mengukur kecepatan angin. Cara kerjanya pada saat tertiup 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. Pada EWS, sensor anemometer digunakan sebagai pengukur kecepatan angin di sekitar sungai. Gambar 2.18 merupakan sensor anemometer yang digunakan pada EWS^[24]. Untuk mencari nilai *error* pada pembacaan sensor anemometer menggunakan perhitungan sebagai berikut:



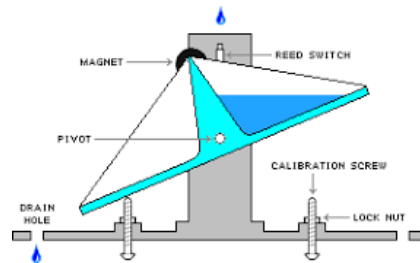
Gambar 2. 18 Sensor Anemometer

$$Error = \frac{\text{Pembanding kec. angin-hasil baca ke. angin}}{\text{pembanding kec. angin}} \times 100\% \dots\dots(6)$$

$$\text{Rata-rata error} = \frac{\text{jumlah nilai error hasil pengujian}}{\text{jumlah percobaan}} \dots\dots\dots(7)$$

2.2.7 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 terdisiri 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*^[24]. Pada EWS, sensor *rain gauge* digunakan sebagai pengukur curah hujan di sekitar sungai. Gambar 2.19 merupakan cara kerja sensor *rain gauge*. Gambar 2.20 merupakan sensor *rain gauge* yang digunakan pada EWS.



Gambar 2. 19 Cara Kerja Sensor *Rain Gauge*

Gambar 2. 20 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 bisa 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 ^[15].

$$\begin{aligned} \text{Volume} &= \text{luas} \times \text{tinggi} \dots\dots\dots(8) \\ &= 1 \text{ m}^2 \times 10^{-3} \text{ m} \\ &= 10^{-3} \text{ m}^3 = 1 \text{ liter} \end{aligned}$$

Pada tugas akhir ini, corong pada sensor *rain gauge* berbentuk persegi panjang dengan dimensi 5.3 x 3.5 cm, sehingga didapat luas permukaan 18.55 cm dengan rumus luas = p x l. Untuk menentukan volume *tipping bucket* dengan luas permukaan 18.55 cm 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 :

$$\begin{aligned} A_1 &= 1 \text{ m}^2 = 10.000 \text{ cm}^2 \\ V_1 &= 1 \text{ liter} = 1000 \text{ ml} \\ A_2 &= 18.55 \text{ cm} \end{aligned}$$

Maka V_2 dapat diketahui besarnya dengan perhitungan :

$$\begin{aligned} V_2 &= \frac{A_2}{A_1} \times V_1 \dots\dots\dots(9) \\ &= 1.855 \text{ ml} \end{aligned}$$

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 :

$$\text{Error} = \frac{\text{kapasitas air gelas ukur} - \text{hasil baca sensor}}{\text{kapasitas air gelas ukur}} \times 100\% \dots(10)$$

$$\text{Rata-rata error} = \frac{\text{jumlah nilai error hasil pengujian}}{\text{jumlah percobaan}} \dots\dots\dots(11)$$

2.2.8 LCD (*Liquid Crystal Display*)

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^[24]. Pada EWS, LCD digunakan sebagai media penampil informasi mengenai data-data sensor. Gambar 2.21 merupakan LCD 20 x 4 yang digunakan pada EWS^[23].



Gambar 2. 21 *Liquid Crystal Display*

2.2.9 Sakelar

Sakelar 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^[25]. Pada EWS, sakelar digunakan untuk menyalakan dan mematikan sistem. Gambar 2.22 merupakan sakelar yang digunakan pada EWS.



Gambar 2. 22 Sakelar

2.2.10 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 2.23 merupakan toa alarm yang digunakan pada EWS^[24].



Gambar 2. 23 Toa Alarm

2.2.11 Panel Surya

Panel surya adalah sebuah perangkat yang digunakan untuk mengkonversi energi cahaya matahari menjadi energi listrik^[26]. Energi listrik yang dihasilkan oleh panel surya kemudian akan disimpan ke baterai aki. Pada EWS, panel surya digunakan sebagai pengubah energi cahaya matahari menjadi energi listrik yang digunakan sebagai sumber dari *charger* baterai aki^[6]. Gambar 2.24 merupakan panel surya yang digunakan pada EWS.



Gambar 2. 24 Panel Surya

2.2.12 SCC (Solar Charge Controller)

Solar Charge Controller (SCC) adalah komponen untuk mengontrol proses penyimpanan tenaga listrik dari solar ke baterai. Fungsi utama *Solar Charge Controller* (SCC) adalah untuk mengatur dan menyesuaikan arus listrik yang masuk ke baterai, sehingga mencegah baterai mengalami *overcharge* atau pengisian berlebihan yang dapat menyebabkan kerusakan pada baterai. *Solar Charge Controller* (SCC) memastikan bahwa arus listrik yang masuk ke baterai tetap dalam batas yang aman dan optimal untuk memperpanjang umur baterai^[6]. Pada EWS, SCC digunakan sebagai pengontrol pengisian tenaga listrik dari panel surya ke baterai aki sehingga tidak terjadi *overcharge*. Gambar 2.25 merupakan SCC yang digunakan pada EWS.



Gambar 2. 25 Solar Charge Controller

2.2.13 Baterai Aki

Baterai aki merupakan sebuah sel atau elemen sekunder yang berfungsi sebagai sumber arus searah (DC). Baterai aki memiliki kemampuan untuk mengubah energi kimia yang disimpan di dalamnya menjadi energi listrik yang dapat digunakan untuk penyedia sumber energi pada perangkat elektronik^[28]. Pada EWS, baterai aki digunakan sebagai sumber energi listrik untuk menyalakan sistem^[17]. Gambar 2.26 \merupakan baterai aki yang digunakan pada EWS.



Gambar 2. 26 Baterai Aki

2.2.14 Keypad

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. Pada EWS, keypad digunakan untuk mengganti display LCD dan mengatur *input* batas ketinggian air dengan menekan tombolnya sebagai perintah^[25]. Gambar 2.27 merupakan keypad yang digunakan pada EWS.



Gambar 2. 27 Keypad

2.2.15 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^[19]. Pada EWS, XY-MOS digunakan untuk menghidupkan dan mematikan toa alarm secara otomatis. Gambar 2.28 merupakan modul XY-MOS yang digunakan pada EWS.



Gambar 2. 28 XY-MOS

2.2.16 RTC

RTC (*Real Time Clock*) merupakan sebuah *chip* jam elektronik yang mampu menghitung waktu dengan akirat mulai dari detik hingga tahun, serta menyimpan data waktu tersebut secara *real time*. Karena RTC beroperasi secara *real time*, setelah proses penghitungan waktu dilakukan, data *output*-nya akan segera dikirim ke perangkat lain melalui antarmuka sistem^[26]. Pada EWS, RTC digunakan sebagai pengatur waktu agar sesuai dengan waktu sekarang. Gambar 2.29 merupakan modul RTC yang digunakan pada EWS.



Gambar 2. 29 RTC

2.2.17 Buck Converter DC-DC

Buck converter merupakan salah satu konverter yang menghasilkan tegangan atau arus DC yang dapat diatur sesuai dengan keinginan. Sumber tegangan dan arus buck converter berasal dari power supply atau baterai. Buck converter merupakan rangkaian elektronika daya yang berfungsi menurunkan tegangan DC sesuai dengan kebutuhan pengguna. Dalam EWS Buck Converter digunakan untuk menurunkan tegangan dari 12v ke 5v untuk konsumsi daya arduino dan seluruh sensor^[1]. Gambar 2.30 merupakan Komponen Buck Converter DC – DC



Gambar 2. 30 Buck Converter DC - DC

2.2.18 Lampu Rotary

Pada sistem peringatan dini (*Early Warning System*) bencana banjir, lampu *rotary* digunakan sebagai indikator visual yang efektif. Ketika lampu *rotary* menyala, itu menandakan bahwa level air sungai telah mencapai titik kritis yang berpotensi menyebabkan banjir. Dengan kata lain, nyala lampu *rotary* merupakan peringatan bahwa banjir akan segera terjadi, sehingga warga di sekitar area tersebut harus segera mengambil tindakan pencegahan untuk mengurangi dampak dari bencana tersebut^[27]. Gambar 2.31 merupakan lampu *rotary* yang digunakan pada EWS.



Gambar 2. 31 Lampu Rotary

2.2.19 Relay

Relay adalah sebuah saklar yang dioperasikan secara elektrik dan merupakan komponen elektromekanis yang terdiri dari dua bagian utama: elektromagnet (kumparan) dan mekanisme mekanis (seperangkat kontak saklar). Relay bekerja berdasarkan prinsip elektromagnetik, yang memungkinkan arus listrik kecil (daya rendah) untuk menggerakkan kontak saklar dan menghantarkan listrik dengan tegangan yang lebih tinggi^[23]. Pada EWS Relay digunakan untuk menyalakan lampu Rotary.



Gambar 2. 32 Relay