

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Justifikasi Solusi

Berdasarkan identifikasi masalah yang telah dilakukan, terdapat beberapa justifikasi solusi penulisan yang berkaitan dengan teknologi, alat dan metode spesifik yang dapat mengatasi keterlambatan informasi ketinggian air pada tanggul Pinang Griya Permai.

2.1.1 Fungsi Deteksi Ketinggian Air

Deteksi ketinggian air merupakan proses pengukuran jarak antara permukaan air dengan titik acuan tertentu. Pengukuran ini digunakan untuk mengetahui perubahan kondisi permukaan air dari waktu ke waktu serta mengidentifikasi faktor – faktor lingkungan yang dapat mempengaruhinya. Konsep ini menjadi dasar dalam pemantauan kondisi perairan, terutama pada area pemukiman atau saluran drainase yang memerlukan informasi ketinggian air secara berkala [5]. Dalam penulisan pemantauan level air berbagai jenis sensor dapat digunakan untuk mengukur ketinggian air, seperti sensor pelampung, sensor tekanan, sensor konduktif, hingga sensor ultrasonik [6]. Masing masing jenis sensor pemantauan level air memiliki kelebihan dan keterbatasan. Sensor pelampung atau tekanan yang membutuhkan kontak langsung dengan air, sehingga rentan terhadap korosi, sampah, atau perubahan kualitas air [7]. Sensor kapasitif/konduktif tergantung pada karakteristik konduktivitas air. Di sisi lain, sensor ultrasonik bekerja dengan memancarkan gelombang suara ke permukaan air dan mengukur waktu pantul untuk menghitung jarak [8]. Karena bersifat (*non-contact*), metode ini tidak bergantung pada kejernihan atau konduktivitas air, sehingga lebih fleksibel dipakai di lingkungan dengan air yang keruh, terdapat sedimen atau sampah, atau permukaan air berubah-ubah [9][10].

Dalam pemilihan sensor ultrasonik, kondisi area penggunaan menjadi pertimbangan utama. Dari berbagai tipe sensor ultrasonik, sensor JSN-SR04T menjadi pilihan pada penulisan ini. JSN-SR04T memiliki modul tahan air (*waterproof*) [11][12] dan *probe* tertutup [13]. Spesifikasi sensor ini seperti rentang deteksi antara ± 25 cm hingga ± 450 cm atau lebih memungkinkan pengukuran level air di saluran atau sungai kecil sampai sedang, serta pemasangan sensor pada posisi aman jauh dari permukaan air [14]. Ketahanan

waterproof membuat JSN-SR04T cocok untuk kondisi outdoor yang rentan hujan, cipratan, dan kelembaban tinggi[8][15].

Kondisi lingkungan di Pinang Griya Permai area terbuka dengan potensi hujan aliran air yang atau sampah, serta permukaan air yang berubah-ubah menuntut penggunaan sensor yang tahan kondisi ekstrim [10]. Sensor kontak langsung berisiko rusak atau error akibat korosi dan sampah, sehingga sensor *non-contact* seperti JSN-SR04T dipilih karena *waterproof*, struktur tertutup, dan mampu memberikan pengukuran yang lebih baik[16]. Penulisan sebelumnya pada tandon [17], waduk, dan sistem peringatan dini banjir menunjukkan JSN-SR04T memberikan pembacaan yang stabil dengan *error* rendah, sehingga meskipun akurasi tidak tertinggi, sensor ini menawarkan keseimbangan optimal antara ketahanan lingkungan, kemudahan integrasi, dan stabilitas sistem, menjadikannya pilihan untuk pemantauan level air di lokasi ini.

2.1.2 Fungsi Notifikasi

Warga Pinang Griya Permai membutuhkan informasi ketinggian air yang dapat diterima secara cepat dan jelas tanpa harus melakukan pengecekan langsung di area tanggul. Mayoritas warga telah terbiasa menerima informasi banjir melalui grup WhatsApp, sehingga smartphone menjadi media utama penyampaian informasi. Namun dalam beberapa kasus sebelumnya, terdapat warga yang sedang berada di luar rumah sehingga tidak mengetahui kenaikan air secara langsung; akibatnya informasi diterima terlambat dan mereka tidak sempat melakukan evakuasi barang berharga. Kondisi ini menegaskan bahwa mekanisme notifikasi harus mampu menjangkau warga baik yang berada di rumah maupun yang sedang beraktivitas di luar kawasan permukiman.

Informasi lain dari warga menunjukkan beberapa alternatif media peringatan telah digunakan. Pengeras suara yang terpasang di area masjid digunakan untuk menyampaikan informasi kepada warga, namun jangkauannya terbatas pada radius sekitar masjid dan tidak efektif menjangkau wilayah dekat tanggul ataupun warga yang sedang tidak berada di rumah. Penggunaan LED rotary yang ditempatkan langsung pada alat monitoring di tanggul berfungsi sebagai indikator peringatan bagi warga yang berada di sekitar lokasi ketika permukaan air naik secara signifikan[18]. Namun cakupannya tetap terbatas pada jarak pandang di sekitar tanggul, yang merupakan titik awal pemantauan kenaikan permukaan air dan

prioritas utama untuk memberikan peringatan darurat bagi warga di sekitar tanggul.

Dengan notifikasi berbasis smartphone menjadi mekanisme yang paling optimal untuk menyampaikan informasi dengan cakupan yang lebih luas dan waktu respons yang singkat. Selain sesuai dengan kebiasaan komunikasi warga, pendekatan ini juga dapat mengatasi kendala keterlambatan informasi yang terjadi pada kasus-kasus sebelumnya. Relevansi pemilihan mekanisme ini diperkuat oleh penulisan "*Prototype Sistem Pendeteksi Banjir Menggunakan NodeMCU dan Protokol MQTT Berbasis Internet of Things*" oleh Sutarti, Anharudin, dan Rosadi, yang menunjukkan bahwa pesan otomatis melalui aplikasi pesan *realtime* mampu memberikan informasi ketinggian air secara *realtime*, stabil, dan mudah dipahami[18]. Penulisan tersebut mendukung keputusan penggunaan notifikasi berbasis ponsel pada penulisan ini, sejalan dengan pola perilaku warga Pinang Griya Permai yang lebih responsif terhadap notifikasi perangkat seluler.

2.1.3 Sumber Energi

Proses pembacaan sensor dan pengiriman informasi sangat bergantung pada ketersediaan daya yang stabil. Kondisi lingkungan di area tanggul Pinang Griya Permai yang berada di ruang terbuka dan berpotensi mengalami pemadaman listrik saat hujan membuat ketersediaan sumber energi yang stabil menjadi sangat penting. Oleh karena itu, pemilihan jenis daya harus mempertimbangkan kemampuan untuk menjaga aliran informasi bagi warga, ketahanan terhadap perubahan cuaca, serta kecocokan dengan perangkat yang digunakan di lapangan.

Salah satu sumber energi yang umum digunakan pada perangkat lapangan adalah akumulator (aki), yang mampu menyediakan tegangan dan arus secara stabil untuk mendukung operasi perangkat elektronik. Pada penulisan ini, aki 12 Volt dipilih sebagai sumber energi utama karena sesuai dengan kebutuhan perangkat monitoring ketinggian air serta kompatibel dengan LED rotary yang juga bekerja pada tegangan 12 Volt, sehingga penggunaannya dinilai efisien dan tidak memerlukan konversi daya berlebih.

Selain alasan teknis terkait kestabilan tegangan dan kompatibilitas perangkat, penggunaan aki 12 Volt juga didorong oleh kondisi lokasi pemasangan alat monitoring ketinggian air.

Perangkat akan ditempatkan di dekat pengukuran *staff gauge* yang berada di belakang balai warga, yang merupakan titik strategis untuk pengukuran otomatis. Meskipun colokan listrik tersedia di balai warga, jaraknya relatif jauh dari lokasi tanggul, dan penggunaan kabel ekstensi berpotensi membuat alat terkena cipratan air sehingga dapat merusak perangkat. Dengan menggunakan akumulator (aki), monitoring alat dapat beroperasi sendiri dari sumber listrik eksternal, dan lebih aman terhadap risiko kerusakan akibat air dan tetap memungkinkan pengukuran realtime selama penulisan. Dengan pendekatan ini tujuannya untuk memastikan aliran informasi ketinggian air tetap stabil, dan juga meminimalkan risiko gangguan pengukuran yang disebabkan oleh kondisi di lingkungan tanggul Pinang Griya Permai.

Pemilihan ini diperkuat oleh penulisan Aditya Admanugraha, Evelina, dan Faisal Damsi, yang menggunakan baterai (*accumulator*) sebagai sumber daya utama dan menerapkan modul step-down LM2596 untuk menyalurkan tegangan yang sesuai ke mikrokontroler dan sensor, sehingga menunjukkan bahwa kombinasi sumber daya 12 Volt dengan konverter step-down merupakan konfigurasi yang efektif dan stabil untuk perangkat pemantauan berbasis sensor ultrasonik [11].

2.1.4 Medium Komunikasi

Dalam upaya memberikan informasi ketinggian air *secara realtime* dan dapat diakses oleh warga, diperlukan mekanisme komunikasi data yang mampu bekerja secara efisien. Protokol komunikasi yang digunakan harus mampu mengirimkan pembaruan secara ringan agar informasi penting dapat diteruskan tanpa jeda, terutama pada situasi hujan atau potensi kenaikan air.

Atas dasar kebutuhan tersebut, penulisan ini mengkaji penggunaan protokol MQTT sebagai media pengiriman data karena karakteristiknya yang sederhana dan cepat dalam menjaga kelancaran aliran informasi. Sebagai penguat dalam justifikasi solusi, penulisan “*Prototype Sistem Pendeteksi Banjir Menggunakan NodeMCU dan Protokol MQTT*” menunjukkan bahwa kombinasi mikrokontroler dan medium komunikasi dalam penggunaan data sensor mampu menjaga pengiriman informasi ketinggian air tetap stabil dan responsif. Sensor ultrasonik digunakan untuk mengukur level air, kemudian data dikirimkan ke platform Cayenne dan diteruskan sebagai notifikasi *realtime* melalui LED indikator serta pesan telegram. Pada hasil pengujian

menunjukkan bahwa MQTT dapat menyampaikan pembaruan ketinggian air dengan cepat, sehingga perubahan level air dapat direspons [18].

Dengan karakteristik medium komunikasi tersebut, MQTT memungkinkan data dapat diteruskan secara *realtime* dengan latensi rendah dan pembaruan secara konsisten, sehingga informasi selalu tersampaikan tepat waktu kepada warga Pinang Griya Permai, terutama saat hujan deras. Dengan efisiensi pengiriman data yang dimilikinya, MQTT informasi kondisi air dapat diteruskan ke media notifikasi warga sebagai penanda di area tanggul, sehingga peringatan dini dapat disampaikan dengan lebih cepat dan mudah dipahami.

2.1.5 Penempatan Perangkat

Berdasarkan hasil wawancara lanjutan dengan warga Pinang Griya Permai, diperoleh masukan bahwa lokasi yang paling direkomendasikan untuk penempatan perangkat pemantauan adalah area belakang balai warga (Gambar 2.1). Lokasi tersebut dipilih karena merupakan titik yang mudah diakses, berada di jalur aktivitas masyarakat, serta menjadi tempat berkumpulnya warga terutama saat kondisi air naik secara signifikan saat terjadinya hujan deras.



Gambar 2.1 Lokasi Belakang Balai Warga

Dengan penempatan di area balai warga, informasi ketinggian air dapat diamati lebih cepat oleh pihak yang di sekitar tanggul sehingga peluang terjadinya keterlambatan informasi dapat diminimalisir.

Rekomendasi warga ini juga sejalan dengan pertimbangan teknis penempatan perangkat, yaitu kebutuhan akan lokasi yang aman, terlindungi, dan tidak mengganggu aktivitas sehari-hari. Selain itu, lokasi ini relatif mudah dijangkau untuk keperluan pengecekan, pemeliharaan, dan pemeriksaan berkala apabila diperlukan.

Dengan mempertimbangkan kebutuhan warga dan aspek kepraktisan pemantauan, penempatan perangkat di sekitar balai warga dinilai sebagai opsi yang paling tepat. Oleh karena itu, pada laporan penulisan ini bagian penempatan perangkat juga dijelaskan secara rinci, mencakup pertimbangan lokasi, alasan pemilihan titik pemasangan alat, serta kesesuaiannya dengan kebutuhan warga.



Gambar 2.2 Lokasi Penempatan Alat di Tanggul Air

Selain itu, lokasi ini mudah dijangkau untuk pengecekan, pemeliharaan, dan pemeriksaan berkala. Posisi pemasangan sensor di penutup tanggul dekat *staff gauge* (Gambar 2.2) memungkinkan pengukuran permukaan air secara otomatis sekaligus tetap memperhatikan faktor keamanan dan aksesibilitas. Dengan

pertimbangan warga dan aspek teknis, penempatan perangkat di sekitar balai warga dan tanggul air dinilai sebagai opsi paling tepat untuk melakukan pengukuran ketinggian air.

2.2 Tinjauan Teori

2.2.1. Mikrokontroler ESP8266

Mikrokontroler adalah jenis perangkat keras komputer yang dirancang sebagai pengendali fungsi spesifik dalam suatu sistem secara otomatis. Mikrokontroler sendiri terdiri dari beberapa unit komponen, seperti (Central Processing Unit) CPU sebagai otak dari mikrokontroler, memori untuk menyimpan perintah dan data, antarmuka input/output (I/O) yang digunakan untuk berkomunikasi dengan perangkat eksternal seperti sensor, aktuator dan modul komunikasi.

Mikrokontroler seperti ESP8266 banyak digunakan sebagai pengendali dalam berbagai sistem otomatis[19]. Mikrokontroler ini mampu membaca data dari sensor, memproses informasi, dan mengirimkan data melalui jaringan nirkabel seperti WiFi atau protokol komunikasi lainnya. Dengan kapasitas pemrosesan yang tinggi dan dukungan konektivitas nirkabel, board ESP memungkinkan penerapan sistem monitoring atau pengendalian pada berbagai aplikasi, seperti pemantauan ketinggian air, suhu, kelembaban, atau perangkat smarthome[20].

Bahasa pemrograman yang paling umum digunakan pada ESP8266 adalah C/C++, terutama melalui Arduiono IDE yang merupakan salah satu lingkungan dari pengembangan (*development environment*) paling banyak digunakan dalam pemrograman mikrokontroler ESP8266.

2.2.2. Sensor

Sensor merupakan komponen utama dalam sistem elektronik yang berfungsi untuk mendeteksi atau mengukur besaran fisik dari lingkungan, kemudian mengubahnya menjadi sinyal listrik yang dapat diolah oleh mikrokontroler atau sistem pengendali lainnya. Sensor bekerja berdasarkan prinsip konversi energi dari bentuk non-elektrik (seperti suhu, tekanan, jarak, atau cahaya) menjadi bentuk elektrik (tegangan atau arus) yang mewakili kondisi fisik tersebut [19]

2.2.2.1. Sensor Non-Kontak

Sensor kontak bekerja dengan bersentuhan langsung dengan medium yang diukur. Perubahan fisik pada medium secara langsung mempengaruhi elemen sensor sehingga menghasilkan sinyal listrik. Kelebihan sensor kontak adalah akurasi pengukuran yang tinggi dan respons yang cepat, namun sensor ini rentan terhadap aus, korosi, atau gangguan mekanis akibat kontak langsung dengan medium. Contoh sensor kontak adalah sensor *Raindrop*, yang mendeteksi tetesan air melalui kontak dengan permukaan sensor, sehingga dapat memberikan informasi tentang curah hujan secara langsung.[19]

2.2.2.2. Sensor Non-Kontak

Sensor non-kontak bekerja tanpa bersentuhan langsung dengan medium yang diukur. Sensor jenis ini biasanya memanfaatkan fenomena fisik seperti ultrasonik, kapasitansi, optik, atau induksi magnetik untuk mendeteksi perubahan lingkungan. Kelebihan sensor non-kontak termasuk lebih tahan terhadap korosi, serta tidak mengganggu medium yang diukur, meskipun kadang pengukuran dapat dipengaruhi oleh kondisi lingkungan, seperti partikel, cahaya, atau interferensi gelombang. Contoh sensor non-kontak yang digunakan dalam penulisan ini adalah sensor ultrasonik JSN-SR04T, yang mampu mengukur ketinggian air melalui gelombang ultrasonik yang dipantulkan dari permukaan air.

2.2.2.3. Sensor Yang Digunakan (DHT22, JSN-SR04T, YL-83)

Penulisan ini menggunakan tiga jenis sensor untuk memantau kondisi lingkungan:

1. DHT22

UNIVERSITAS
MULTIMEDIA
NUSANTARA

Sensor DHT22 berfungsi untuk mengukur suhu dan kelembaban udara. Sensor ini memungkinkan mikrokontroler membaca data lingkungan secara langsung dan memberikan akurasi yang cukup baik untuk aplikasi monitoring.



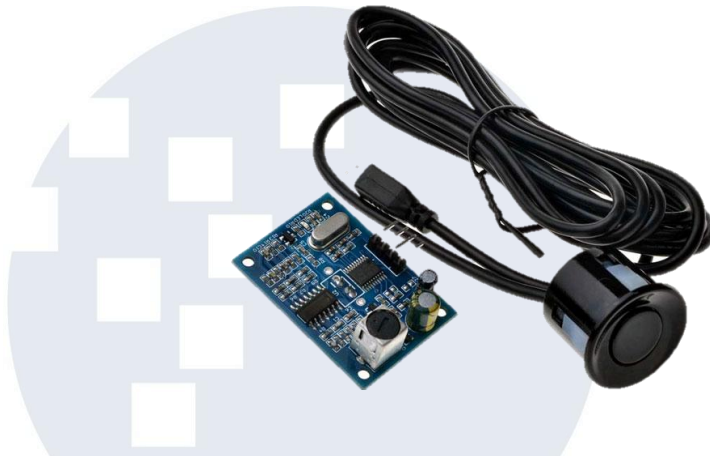
Gambar 2.3 Sensor DHT22

Dengan tingkat akurasi yang lebih tinggi dibandingkan DHT11, sensor ini mampu memberikan data output yang lebih stabil dan halus, sehingga jumlah nilai ekstrim atau outlier pada pengukuran relatif lebih sedikit. Keunggulan DHT22 dalam memberikan data yang lebih konsisten membuatnya lebih baik untuk sistem monitoring lingkungan, terutama ketika pengolahan data realtime dibutuhkan.

Penggunaan DHT22 memungkinkan mikrokontroler memperoleh data suhu dan kelembaban yang akurat dan stabil, sehingga kualitas pemantauan kondisi lingkungan tetap optimal [21][22]. Dalam penulisan ini, sensor juga berfungsi sebagai informasi pendukung untuk memberikan informasi suhu dan kelembaban yang digunakan untuk mendukung pengukuran ketinggian air oleh sensor JSN-SR04T di tanggul Pinang Griya Permai, sehingga data pemantauan yang dihasilkan menjadi lebih representatif terhadap kondisi di dekat tanggul air.

2. JSN-SR04T

JSN-SR04T adalah modul sensor ultrasonik non-kontak yang tahan air, digunakan untuk mengukur jarak dengan rentang pengukuran antara 25 cm hingga 450 cm. Sensor ini memiliki prinsip kerja, dengan memancarkan gelombang ultrasonik ke permukaan target dan mengukur waktu pantulan untuk menentukan jarak. Modul ini beroperasi pada tegangan suplai 4,5 V hingga 5,5 V DC, dengan nilai nominal 5 V DC dan membutuhkan arus maksimum sekitar 30 mA[16].



Gambar 2.4 Sensor JSN-SR04T

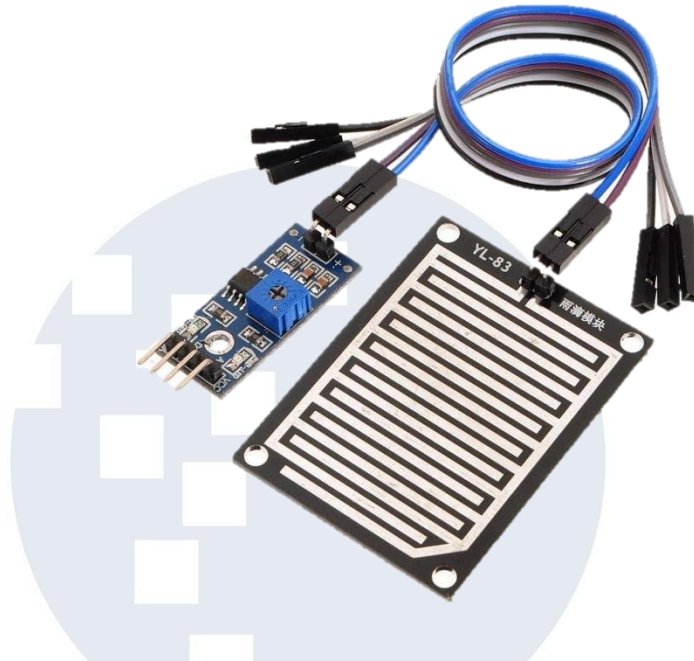
Karakteristik *waterproof* dan sifat *non-contact* membuat JSN-SR04T ideal digunakan untuk pengukuran level air atau aplikasi lain di lingkungan basah, sekaligus meminimalkan risiko korosi dibanding sensor kontak [23]. Dengan menghitung jarak antara sensor dengan objek [15].

$$Jarak = \frac{Kecepatan\ suara\ dalam\ (cm / \mu s) \times Waktu\ (\mu s))}{2}$$

Waktu tempuh merupakan interval antara pengiriman dan penerimaan gelombang ultrasonik dalam mikrodetik (μs). Dengan membagi dua perhitungan karena dilakukan interval jarak gelombang secara bolak-balik, dari sensor ke objek lalu ke sensor[24].

3. YL-83

Sensor kontak yang digunakan untuk mendeteksi keberadaan hujan. Sensor ini bekerja dengan cara menerima sinyal listrik ketika tetesan air mengenai permukaannya, memberikan informasi mengenai curah hujan secara langsung[25].



Gambar 2. 5 Sensor Raindrop YL-83

Sensor kontak hujan bekerja dengan prinsip deteksi listrik sederhana. Permukaannya memiliki jalur-jalur konduktif yang terpisah sehingga saat kering listrik tidak mengalir. Ketika tetesan hujan jatuh, air menjembatani jalur-jalur tersebut sehingga arus listrik dapat mengalir dan menghasilkan sinyal output. Output digital menunjukkan status “hujan” atau “tidak hujan”, sementara output analog dapat menggambarkan intensitas hujan. Mekanisme ini memungkinkan sensor memberikan deteksi hujan secara langsung dan realtime[26].

Tujuan penggunaan sensor kontak hujan dalam penulisan ini adalah untuk memberikan informasi secara langsung mengenai apakah sedang hujan atau tidak di lingkungan perumahan Pinang Griya Permai. Data ini digunakan sebagai informasi tambahan yang mendukung pemantauan ketinggian air yang diukur oleh sensor JSN-SR04T, sehingga sistem pemantauan dapat memberikan gambaran kondisi lingkungan yang lebih lengkap dan sesuai dengan kondisi di tanggul air.

2.2.3. Protokol Komunikasi MQTT

Message Queue Telemetry Transport (MQTT) adalah sebuah protokol komunikasi yang menggunakan prinsip *push protocol*, di mana data dikirimkan secara langsung dari pengirim menuju sistem pusat tanpa perlu permintaan berulang dari penerima. MQTT dirancang untuk mendukung pertukaran data yang ringan dan efisien, sehingga pesan yang dikirim memiliki ukuran sangat kecil. Karakteristik ini membuat MQTT sangat sesuai digunakan pada perangkat dengan kemampuan komputasi terbatas atau pada jaringan dengan bandwidth rendah[21] [27].

Secara konsep, MQTT memiliki dua komponen utama, yaitu broker dan client[19].

- Broker berperan sebagai pusat pengelola lalu lintas pesan. Broker menerima pesan dari pihak yang mengirim (*publisher*), kemudian menyalurkan pesan tersebut kepada pihak yang membutuhkan (*subscriber*).
- Client adalah perangkat atau sistem yang terhubung ke broker. Client dapat berfungsi sebagai *publisher* yang mengirim pesan, sebagai *subscriber* yang menerima pesan, atau keduanya sekaligus.

Dengan arsitektur publish–subscribe ini, MQTT mampu menyediakan komunikasi yang stabil, cepat, dan efisien bahkan ketika kondisi jaringan tidak ideal. Karena keandalannya, MQTT dapat diterapkan pada berbagai kebutuhan komunikasi data, termasuk sistem pemantauan seperti pengukuran ketinggian air untuk keperluan deteksi dini banjir.