

SKRIPSI

**RANCANG BANGUN SISTEM *MONITORING* KETINGGIAN AIR DAN
CURAH HUJAN PADA BENDUNGAN SEBAGAI PERINGATAN DINI
BANJIR BERBASIS *INTERNET OF THINGS***

Disusun dan diajukan oleh

EVITA ARDHIYA RAMADHANI

H021 17 1002



**DEPARTEMEN FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR
2021**

**RANCANG BANGUN SISTEM MONITORING KETINGGIAN AIR DAN
CURAH HUJAN PADA BENDUNGAN SEBAGAI PERINGATAN DINI
BANJIR BERBASIS *INTERNET OF THINGS***

SKRIPSI

*Diajukan sebagai Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Sains
pada Program Studi Fisika Departemen Fisika
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Hasanuddin*

EVITA ARDHIYA RAMADHANI

H021 17 1002

**DEPARTEMEN FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS HASANUDDIN**

MAKASSAR

2021

LEMBAR PENGESAHAN

**RANCANG BANGUN SISTEM *MONITORING* KETINGGIAN AIR DAN
CURAH HUJAN PADA BENDUNGAN SEBAGAI PERINGATAN DINI
BANJIR BERBASIS *INTERNET OF THINGS***

Disusun dan diajukan oleh:

EVITA ARDHIYA RAMADHANI

H021 17 1002

Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka
Penyelesaian Studi Program Sarjana Program Studi Fisika Fakultas Matematika
dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Hasanuddin
pada tanggal 12 Januari 2022
dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

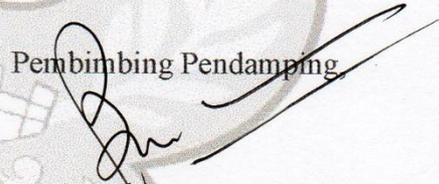
Menyetujui,

Pembimbing Utama,



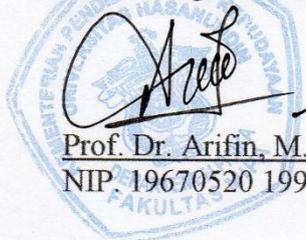
Prof. Dr. Arifin, M.T.
NIP. 19670520 199403 1 002

Pembimbing Pendamping,



Prof. Dr. Bualqar Abdullah, M.Eng.Sc
NIP. 19550105 197802 1 001

Ketua Program Studi,



Prof. Dr. Arifin, M.T.
NIP. 19670520 199403 1 002

PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Evita Ardhiya Ramadhani
NIM : H021171002
Program Studi : Fisika
Jenjang : S1

Menyatakan dengan ini bahwa karya tulisan saya berjudul

Rancang Bangun Sistem *Monitoring* Ketinggian Air dan Curah Hujan pada Bendungan Sebagai Peringatan Dini Banjir Berbasis *Internet Of Things*

Adalah karya tulisan saya sendiri dan bukan merupakan pengambilan alihan tulisan orang lain, bahwa skripsi yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri.

Apabila dikemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa sebagian atau seluruh skripsi ini hasil karya orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Makassar, 12 Januari 2022

Yang Menyatakan,



Evita Ardhiya Ramadhani

ABSTRAK

Musim hujan yang berkepanjangan dapat menyebabkan meningkatnya volume air pada bendungan yang dapat mengakibatkan banjir. Penelitian ini bertujuan untuk membuat sistem *monitoring* ketinggian air dan curah hujan sebagai peringatan dini banjir berbasis *Internet of Things*. Sensor yang digunakan yaitu sensor ultrasonik JSN-SR04T dan sensor curah hujan *tipping bucket*. Keluaran dari sensor berupa data analog dikonversi oleh Arduino Uno menjadi data digital. Data pengukuran dikirim ke Raspberry pi melalui Xbee secara nirkabel dan ditampilkan pada halaman *website*. Berdasarkan hasil pengujian diperoleh nilai kesalahan dari sensor ultrasonik yaitu 1,53% dan nilai koreksi dari sensor curah hujan yaitu 0,05 mm. Kelebihan sistem ini adalah data hasil pengukuran dapat diakses melalui jarak jauh secara *realtime* dan bersamaan, menggunakan biaya yang relatif murah, mudah digunakan serta dapat di implementasikan pada skala laboratorium dan lapangan.

Kata Kunci: Curah hujan; *Internet of Things*; Ketinggian air; Sensor ultrasonik; *Website*.

ABSTRACT

A prolonged rainy season can cause an increase in the volume of water in the dam which can lead to flooding. This study aims to create a water level and rainfall monitoring system as an Internet of Things-based flood early warning system. The sensors used are ultrasonic sensor JSN-SR04T and tipping bucket rainfall sensor. The output from the sensor in the form of analog data is converted by Arduino Uno into digital data. Measurement data is sent to the Raspberry pi via Xbee wirelessly and displayed on the web page. Based on the test results, the error value of the ultrasonic sensor is 1.53% and the correction value of the rainfall sensor is 0.05 mm. The advantage of this system is that the measurement data can be accessed remotely in real-time and simultaneously, using a relatively low cost, easy to use, and can be implemented on a laboratory and field scale.

Keywords: Rainfall; Internet of Things; water level; Ultrasonic sensors; Websites.

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur atas kehadiran Allah Subhanahu Wa Ta'ala berkat limpahan rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul “**Rancang Bangun Sistem *Monitoring* Ketinggian Air dan Curah Hujan pada Bendungan Sebagai Peringatan Dini Banjir Berbasis *Internet of Things***” yang merupakan salah satu syarat untuk mendapatkan gelar Sarjana Sains di Departemen Fisika Program Studi Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Hasanuddin. Shalawat dan salam senantiasa penulis kirimkan kepada baginda Rasulullah, Muhammad Shalallahu Alaihi Wasallam, keluarga, para sahabat dan pengikutnya.

Selama proses penyelesaian skripsi, penulis mengalami berbagai hambatan dan menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari kesempurnaan. Hambatan dapat terselesaikan tentu tidak lepas dari bimbingan, dukungan dan bantuan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada berbagai pihak yang turut membantu, baik dalam bentuk sumbangan ide, materil maupun moril sehingga skripsi ini dapat terselesaikan dengan baik. Dengan segala kerendahan hati penulis mengucapkan banyak terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Keluarga tercinta, terkhusus kepada kedua orang tua tercinta, Ayahanda **Suparman** dan Ibunda **Sriyatmi** yang selalu memberikan kasih sayang, doa, semangat, perhatian, nasihat dan dukungan baik secara moral maupun secara materi kepada penulis, dan terima kasih kepada adik tersayang **Arjuna Ardhiyasyah Novawidhianto** yang selalu menghibur, perhatian, menjadi satpam pagar pribadi dan teman berkelahi bagi penulis. Terima kasih dan penulis sayang kalian.
2. Kakak terkasih, **Putri Mawar Fadmawati, S.E** yang selalu memberikan semangat, tempat berkeluh kesah, memberikan saran, motivasi serta masukan kepada penulis. Terima kasih.
3. **Prof. Dr. Arifin, M.T.** selaku Dosen Pembimbing utama dan **Prof. Dr. Bualkar Abdullah, M.Eng.Sc** selaku Dosen Penasihat Akademik sekaligus

pembimbing Pertama yang telah banyak meluangkan waktu, tenaga dan pemikirannya untuk membimbing serta mengarahkan penulis dalam menulis dan menyelesaikan skripsi ini.

4. **Ibu Dr. Ir. Bidayatul Arminah, M.T.** dan **Ibu Nur Hasanah, S.Si, M.Si** selaku Dosen Penguji yang telah meluangkan waktu dan tenaga untuk memberikan ilmu, kritik dan saran dalam menyelesaikan skripsi ini.
5. **Prof. Dr. Arifin, M.T.** selaku Ketua Departemen serta Bapak dan Ibu Dosen Pengajar Departemen Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Hasanuddin terima kasih atas ilmu dan bimbingannya selama ini. Semoga ilmu yang Bapak dan Ibu ajarkan dapat bermanfaat bagi setiap orang dan menjadi amal ibadah.
6. Seluruh **Dosen FMIPA Unhas**, khususnya kepada seluruh **Bapak dan Ibu Dosen Pengajar Departemen Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Hasanuddin**, terima kasih telah memberikan banyak ilmu yang tak bernilai harganya selama penulis berada di kampus.
7. Bapak dan Ibu Staf Pegawai FMIPA Unhas, terutama Staf Departemen Fisika; **Pak Syukur, Ibu Rana** dan **Ibu Evi** yang selalu sabar memberikan bantuan kepada penulis selama berada dilingkungan kampus.
8. Kepada **Muqoil** dan **Kak Hafis** yang telah membantu, mengajar, meluangkan waktu, tenaga dan pikirannya untuk menyelesaikan program. Terima kasih sudah menjadi mentor pemograman untuk penulis.
9. Bapak dan Ibu Staf di Badan Meterologi, Klimatologi dan Geofisika (BMKG) Wilayah IV Makassar, terkhusus **Kak Dani** yang selalu mengajari dan meluangkan waktunya untuk membantu penulis menyelesaikan kalibrasi alat. Terima kasih atas bantuannya kak.
10. Para rekan yang mengisi notif wa-ku (**Zahra, Trisna, Ayu, Fikhri**) terima kasih telah sanggup mendengar segala keluh kesah, curhatan dan selalu siap direpotkan oleh penulis.
11. Kepada **Ucha, Zhafaat, Ebiet** dan **Zain**, terima kasih karena sudah menemani dan direpotkan penulis untuk pengambilan data.

12. My bestie, **Anisa** yang selalu meminjamkan telinga dan bahunya saat penulis membutuhkan, teman *fangirl* 24/7, menghibur dan memberikan semangat. Terima kasih atas segala pengertian yang diberikan selama kurang lebih 7 tahun pertemanan.
13. Ukhti **Hajar**, terima kasih telah menjadi teman pertama penulis di perkuliahan, mengingatkan masalah akhirat, menasihati jika sedang dalam futur dan memberikan semangat serta motivasi. Semoga pertemanan ini bisa sampai jannah.
14. Para Penghuni Ruang Elektro (**Fadil, Gita, Suci, Zahra, Trisna, Fadlan, Ebiet, Muqoil, Puat, Rachel, Wimanja** dan **Zhafaat**) terima kasih atas kebersamaan dan bantuannya selama ini, *see you on top*.
15. Teman-teman dan kakak-kakak yang memberikan masukan, **Yesi, Fahri, Safrullah, Aron, Uci, Kak Ida, Kak Anna**. Terima kasih atas saran dan pencerahannya.
16. Kepada 80 orang hebat **Himafi17** terima kasih atas segala kisahnya, kebersamaannya, selalu ada dalam suka dan duka serta siap sedia mengantar penulis pulang. Saya sangat bersyukur bisa mengenal dan menjadi bagian dari kalian.
17. Teman seperjuangan **Fisika 2017** yang tidak sempat saya sebutkan satu persatu namanya, terima kasih atas bantuannya, kenangan dan cerita yang terjalin dari maba hingga saat ini. Semoga kita semua sukses dimasa yang akan datang dan silaturahmi kita tetap terjalin.
18. **Kanda-kanda Himafi 2015** dan **Kanda-kanda Himafi 2016** yang telah memberikan banyak arahan dan masukan selama penulis menjadi mahasiswa baik dalam hal akademik dan non-akademik.
19. Adik-adik **Himafi 2018** dan **Himafi 2019**, terima kasih atas dukungan dan semangat yang diberikan.
20. Lembagaku, **Himpunan Mahasiswa Fisika (Himafi) FMIPA Unhas** terima kasih telah membentuk karakter keras, kuat, cerdas dan berani di dalam diri penulis, serta memperkenalkan dan mengajarkan banyak hal baru kepada penulis.

21. Uri Sebong (**Scoups, Jeonghan, Joshua, Jun, Hoshi, Wonwoo, Woozi, The8, Mingyu, Dokyeom, Seungkwon, Vernon, Dino**) yang tidak pernah gagal membuat penulis tertawa, terima kasih telah menjadi tempat pelarian paling nyaman dan menyenangkan.
22. Teruntuk **Diriku sendiri**, terima kasih atas perjuangan mu tetap kuat dan bertahan dalam segala proses ini. Semoga kedepannya bisa menjadi versi lebih baik lagi. Semangat wahai diri.
23. Semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu, yang telah memberikan kontribusi sehingga skripsi ini dapat terselesaikan dengan baik.

Makassar, 12 Januari 2022



Evita Ardhiya Ramadhani

DAFTAR ISI

HALAMAN SAMPUL	i
HALAMAN JUDUL	ii
LEMBAR PENGESAHAN	iii
PERNYATAAN KEASLIAN	iv
ABSTRAK	v
ABSTRACT	vi
KATA PENGANTAR	vii
DAFTAR ISI	xi
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR TABEL	xiv
DAFTAR LAMPIRAN	xv
BAB I PENDAHULUAN	1
I.1 Latar Belakang	1
I.2 Rumusan Masalah	2
I.3 Tujuan	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	4
II.1 Sistem <i>Monitoring</i>	4
II.2 Internet of Things	4
II.3 Sensor	5
II.4 Arduino Uno	9
II.5 Raspberry Pi	10
II.6 Xbee	10
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	12

III.1 Waktu dan Tempat Penelitian	12
III.2 Alat dan Bahan	12
III.3 Prosedur Kerja.....	13
III.4 Bagan Alir Penelitian	16
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	17
IV.1 Perancangan Perangkat keras.....	17
IV.2 Perancangan perangkat Lunak	18
IV.3 Kalibrasi Sensor	23
IV.4 Pengujian Sistem <i>Monitoring</i> Skala Lapangan.....	26
BAB V PENUTUP	32
V.1 Kesimpulan.....	32
V.2 Saran.....	32
DAFTAR PUSTAKA	33
LAMPIRAN.....	38

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Sensor ultrasonik JSN-SR04T	6
Gambar 2.2	Prinsip kerja sensor ultrasonik.....	6
Gambar 2.3	Sensor curah hujan <i>tipping bucket</i>	8
Gambar 2.4	Prinsip kerja sensor curah hujan.....	8
Gambar 2.5	Arduino Uno	9
Gambar 2.6	<i>Board</i> Raspberry pi 4 model B	10
Gambar 2.7	Xbee Pro S2C	11
Gambar 3.1	Diagram blok sistem <i>monitoring</i>	14
Gambar 3.2	Alur data pada <i>webservice</i>	15
Gambar 3.3	Bagan alir penelitian.....	16
Gambar 4.1	Rangkaian perangkat keras.....	17
Gambar 4.2	Pengaturan jaringan xbee	19
Gambar 4.3	Pengaturan alamat xbee.....	19
Gambar 4.4	Tampilan halaman <i>Dashboard</i>	21
Gambar 4.5	Tampilan halaman Tabel Data.....	21
Gambar 4.6	Tampilan halaman Jenis Sensor	22
Gambar 4.7	Grafik perbandingan linearitas pengukuran ketinggian air	23
Gambar 4.8	Grafik kesalahan kalibrasi sensor ultrasonik	24
Gambar 4.9	Skema peletakan sensor.....	26
Gambar 4.10	Grafik data ketinggian air perdetik.....	27
Gambar 4.11	Grafik data ketinggian air per-10 menit	28
Gambar 4.12	Grafik data curah hujan perjam	29
Gambar 4.13	Grafik data curah hujan 3 hari	30

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Spesifikasi sensor ultrasonik JSN-SR04T	7
Tabel 4.1	Curah hujan pada sensor dan alat pembanding	31
Tabel 4.2	Perbandingan waktu pengirim dan penerima data	32

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. <i>Script</i> program sensor ultrasonik JSN-SR04T	38
Lampiran 2. <i>Script</i> program sensor curah hujan <i>tipping bucket</i>	39
Lampiran 3. Tabel data kalibrasi sensor ultrasonik	41
Lampiran 4. Sertifikat kalibrasi sensor curah hujan	44
Lampiran 5. Rangkaian perangkat keras	45
Lampiran 6. Pengujian sistem <i>monitoring</i> skala lapangan	46
Lampiran 7. Data pengukuran ketinggian air skala lapangan per 10 menit.....	47
Lampiran 8. Data pengukuran curah hujan skala lapangan perjam	51
Lampiran 9. Data pengukuran skala lapangan curah hujan perjam daerah Kecamatan Wajo, Kota Makassar	52
Lampiran 10. <i>Script</i> program pengirim data dari Xbee ke <i>webserver</i>	54
Lampiran 11. <i>Script</i> program “admin.py” pada aplikasi <i>webserver</i>	55
Lampiran 12. <i>Script</i> program “models.py” pada aplikasi <i>webserver</i>	56
Lampiran 13. <i>Script</i> program “urls.py” pada aplikasi <i>webserver</i>	57
Lampiran 14. <i>Script</i> program “views.py” pada aplikasi <i>webserver</i>	58
Lampiran 15. <i>Script</i> program “settings.py” pada Django- <i>Framework</i>	60
Lampiran 16. <i>Script</i> program “urls.py” pada Django- <i>Framework</i>	64
Lampiran 17. <i>Script</i> program “Dashboard.html” pada halaman <i>website</i>	65
Lampiran 18. <i>Script</i> program “speedometer.css” pada halaman <i>website</i>	73
Lampiran 19. <i>Script</i> program “tabel_data.html” pada halaman <i>website</i>	75
Lampiran 20. <i>Script</i> program “jenis_sensor.html” pada halaman <i>website</i>	79

BAB I PENDAHULUAN

I.1 Latar Belakang

Bendungan merupakan infrastruktur yang dibangun untuk menampung air dan mengubah karakteristik aliran sungai sehingga dapat mencegah luapan air. Bendungan dapat menjadi sistem pengendalian banjir dengan mengurangi air limpahan kiriman dari hulu kemudian mengalirkan kelebihannya ke sungai sekitarnya secara bertahap pada musim penghujan [1,2]. Pada musim penghujan yang berkepanjangan dapat mengakibatkan meningkatkan volume air membuat danau, sungai dan bendungan meluap yang menyebabkan banjir [3,4]. Selain karena curah hujan yang tinggi, banjir dapat terjadi karena beberapa faktor seperti, penebangan hutan besar-besaran, perubahan lahan hijau menjadi perkotaan tanpa irigasi yang baik, pembuangan sampah di sungai, atau pengelolaan bendungan yang kurang baik [2]. Akibat faktor-faktor tersebut membuat banjir menjadi salah satu bencana alam yang sering terjadi di Indonesia.

Berdasarkan data Badan Nasional Penanggulangan Bencana (BNPB) telah mencatat jumlah kejadian banjir di Indonesia pada tahun 2018 sebanyak 577, tahun 2019 sebanyak 641, dan tahun 2020 sebanyak 703 [5]. Berdasarkan data tersebut dapat dilihat bahwa setiap tahun jumlah kejadian semakin bertambah yang mengakibatkan kerugian bahkan menimbulkan korban jiwa. Dalam upaya peringatan dini banjir di bendungan dibutuhkan sistem *monitoring* terhadap ketinggian air dan curah hujan jika ketinggian air dalam keadaan tinggi, masyarakat dapat memperoleh informasi yang cepat dan akurat [2]. Sistem *monitoring* ini harus bekerja setiap saat sedangkan petugas bendungan masih melakukan pemantauan secara manual dan tidak dapat selalu berada ditempat pengontrolan [6,7].

Pada era sekarang pemanfaatan teknologi digital sangat banyak diterapkan karena memiliki efisiensi waktu, manajemen dan tenaga kerja [8]. *Internet of Things* merupakan sebuah konsep dalam pemanfaatan konektivitas jaringan internet yang terhubung setiap saat [4,9]. Teknologi ini telah banyak digunakan diberbagai

bidang industri salah satunya sebagai *monitoring* sebuah sistem jarak jauh secara *realtime* [10]. Penelitian mengenai *monitoring* ketinggian air dan curah hujan telah banyak dilakukan sebelumnya. Penelitian Muzakky dkk. (2018) yaitu perancangan sistem deteksi banjir berbasis IoT menggunakan *water level sensor* untuk mengukur tinggi permukaan air, modul NodeMCU untuk menghubungkan ke jaringan internet, dan hasilnya diakses melalui aplikasi Blynk di *smartphone* [11]. Pada tahun yang sama Mufidah dkk. (2018) merancang sistem informasi curah hujan dengan NodeMCU berbasis *website* dan menggunakan sensor curah hujan *tipping bucket* [12]. Subianto dkk. (2019) merancang sistem *monitoring level* air pada bendungan untuk pengendalian banjir, menggunakan sensor ultrasonik HC-SR04 sebagai pengukur *level* air, data hasil pengukuran dapat diakses melalui *website* [2]. Hasanah dkk. (2020) membuat sistem deteksi banjir dan pintu air otomatis menggunakan sensor ultrasonik HCSR-04, motor servo dan buzzer berbasis *website* [1]. Laksono dan Nurgiyatna (2020) yang membuat sistem pengukur curah hujan sebagai deteksi dini kekeringan pada pertanian berbasis *internet of things* dengan menggunakan sensor curah hujan *tipping bucket* dan hasil pemantauan dapat diakses melalui telegram [13].

Pada penelitian ini akan dilakukan pengukuran ketinggian air dan curah hujan pada bendungan sebagai upaya peringatan dini banjir. Pengukuran ketinggian air menggunakan sensor ultrasonik JSN-SR04T dan pengukuran curah hujan menggunakan sensor curah hujan *tipping bucket*. Hasil pengukuran dari kedua sensor tersebut akan di kontrol oleh Arduino Uno, kemudian data dapat diakses melalui *website*. Kebaruan pada penelitian ini yaitu data hasil pengukuran dapat diakses jarak jauh secara *realtime* dan bersamaan, menggunakan biaya yang relatif murah, sederhana serta mudah digunakan.

I.2 Rumusan Masalah

1. Bagaimana merancang sistem *monitoring* ketinggian air dan curah hujan berbasis *Internet of Things* (IoT)?
2. Bagaimana membuat dan mengimplementasikan sistem *monitoring* ketinggian air dan curah hujan berbasis *Internet of Things* (IoT)?

3. Bagaimana menguji sistem dalam menampilkan data pengukuran sensor pada *monitoring* jarak jauh secara *realtime*?
4. Bagaimana menganalisis efektivitas pengujian sensor ketinggian air dan curah hujan?

I.3 Tujuan

1. Merancang sistem *monitoring* ketinggian air dan curah hujan berbasis *Internet of Things* (IoT).
2. Membuat dan mengimplementasikan sistem *monitoring* ketinggian air dan curah hujan berbasis *Internet of Things* (IoT).
3. Menguji sistem dalam menampilkan data pengukuran sensor pada *monitoring* jarak jauh secara *realtime*.
4. Menganalisis efektivitas pengujian sensor ketinggian air dan curah hujan.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

II.1 Sistem *Monitoring*

Sistem *monitoring* merupakan sistem yang diperlukan dalam sebuah aplikasi dan berperan sebagai pemberi data yang akan diproses selanjutnya. Dalam kehidupan sehari-hari, sistem *monitoring* digunakan sebagai bentuk tindakan pencegahan. Pada penelitian ini sistem *monitoring* dimanfaatkan untuk pengukuran ketinggian air dan curah hujan. Pengukuran ketinggian air untuk mengetahui ketinggian air di bendungan, sungai atau danau untuk pencegahan banjir [14]. Sedangkan pengukuran curah hujan untuk mengetahui volume air yang jatuh pada suatu daerah dalam satuan m² dengan catatan tidak ada yang mengalir, meresap ataupun menguap [12,15].

Sistem *monitoring* mempunyai dua bentuk konfigurasi data, yaitu konfigurasi data untuk aplikasi *monitoring* itu sendiri dan konfigurasi data untuk sistem yang dipantau [14,16]. Ada beberapa jenis media *monitoring*, salah satunya *monitoring* melalui *webservice*. Para ahli informasi teknologi terus mengembangkan sistem *monitoring* ini, dimana sistem ini membutuhkan sistem komputerisasi dan internet yang programnya dirancang khusus untuk targetnya dalam sebuah aplikasi [16].

II.2 Internet of Things

Istilah *Internet of things* (IoT) pertama kali diciptakan pada tahun 1999 oleh Kevin Ashton seorang ahli dalam inovasi digital [17]. IoT merupakan sebuah konsep yang bertujuan untuk memperluas manfaat dari konektivitas yang terhubung setiap saat [4,9]. Konsep tersebut merujuk pada suatu jaringan yang menghubungkan berbagai perangkat dengan dunia fisik dengan berbagai protokol yang berbeda [9]. Perangkat yang terhubung dengan internet bisa berkomunikasi antara pengguna dan benda-benda lain dan biasanya menyediakan data sensor ke penyimpanan *cloud* dan perhitungan database *cloud* tempat dimana data di proses dan dianalisis untuk mendapatkan informasi.

Konsep IoT ini cukup sederhana dengan cara kerja mengacu pada 3 elemen utama arsitektur IoT yaitu, barang fisik yang dilengkapi modul IoT, perangkat koneksi ke internet, dan *Router wireless speedy* seperti dirumah dan *Cloud Data Center* tempat menyimpan aplikasi serta *database* [18]. IoT telah berkembang secara global memberikan jangkauan yang luas dan telah diterapkan di berbagai aplikasi mulai dari pendidikan, industri, bisnis, *smart city*, pemantauan sistem udara dan sebagainya [19].

II.3 Sensor

II.3.1 Sensor Ultrasonik JSN-SR04T

Sensor ultrasonik adalah alat elektronik yang dapat mengubah energi listrik menjadi energi mekanik berupa gelombang suara ultrasonik [20]. Gelombang ultrasonik merupakan gelombang suara yang memiliki frekuensi di atas 20 KHz, karakteristik gelombang longitudinal, sifatnya dapat memantul serta merambat pada benda padat, cair dan gas [20,21]. Sensor ultrasonik dapat digunakan untuk pengukuran jarak di udara maupun di air. Waktu yang digunakan sama dengan kecepatan normal suara di udara (340 m/s) untuk menentukan jarak antara sensor dan objek [22]. Dengan menghitung berapa lama waktu yang digunakan untuk mengirim dan menerima kembali gelombang suara, dapat menghitung jarak sensor dengan menggunakan persamaan (2.1) [23]:

$$d = \frac{v \cdot t}{2} \quad (2.1)$$

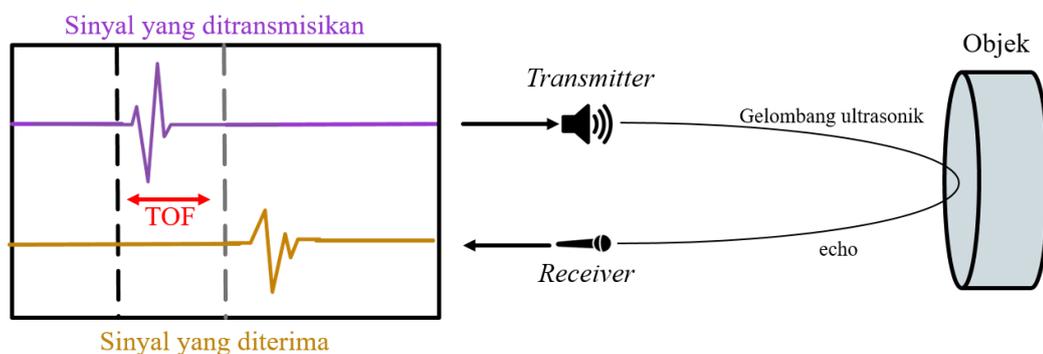
dimana d adalah jarak (m), v adalah kecepatan suara pada udara (340 m/s) dan t adalah waktu yang dibutuhkan antara mengirim dan menerima gelombang ultrasonik.

Penelitian ini menggunakan sensor ultrasonik JSN-SR04T karena biaya relatif murah dan mudah digunakan. Sensor ini memiliki panjang kabel 1 m, dilengkapi modul sensor yang terdiri dari empat buah pin, yaitu pin *trigger*, *echo*, *ground* dan 5V dan gelombang frekuensi yang digunakan sebesar 40 KHz [23,24]. Gambar sensor ultrasonik JSN-SR04T dapat dilihat pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1 Sensor ultrasonik JSN-SR04T [24]

Prinsip kerja dari sensor ultrasonik JSN-SR04T, yaitu saat *transmitter* mengirimkan gelombang ultrasonik kemudian gelombang tersebut mengenai suatu objek maka akan dipantulkan kembali yang akan diterima oleh *receiver* dan memperoleh data pengukuran [24]. Pada penelitian ini digunakan untuk mengukur ketinggian air di bendungan. Skema dari prinsip kerja sensor dapat dilihat pada Gambar 2.2.



Gambar 2.2 Prinsip kerja sensor ultrasonik [25]

Selain sederhana dan biaya yang murah, kelebihan lainnya dari sensor ultrasonik JSN-SR04T memiliki akurasi hingga 1 cm, jarak jangkauan sensor 20 - 600 cm dengan jarak efektif 30 - 300 cm, tahan terhadap air dan hanya memiliki satu buah *transducer* ultrasonik. Untuk spesifikasi dari sensor ini dapat dilihat pada Tabel 2.1 berikut [26].

Tabel 2.1 Spesifikasi sensor ultrasonik JSN-SR04T.

Uraian	Lebar pulsa <i>output</i> / serial <i>output</i>
Tegangan operasi	DC 3,0 – 5,5 V
Arus kerja	Kurang dari 8 mA
Frekuensi	40 KHz
Jarak terjauh	600 cm
Jarak terdekat	20 cm
Akurasi	± 1 cm
Resolusi	1 mm
<i>Beam angel</i>	75 derajat
Suhu operasi	-20 ⁰ sampai +70 ⁰ C

II.3.2 Sensor Curah Hujan *Tipping Bucket*

Banyaknya curah hujan menjadi salah satu unsur yang penting untuk mengetahui keadaan ketinggian air di bendungan. Curah hujan 1 mm merupakan jumlah air hujan yang jatuh ke permukaan persatuan luas (m²) pada suatu area dengan tidak ada yang menguap, meresap atau mengalir [12,16]. Alat pengukur jumlah curah hujan disebut penakar hujan [18]. Penakar hujan telah dikembangkan dengan berbagai metode diantaranya jenis *weighing*, optik, *tipping bucket*, kapasitansi dan lain sebagainya [15,27].

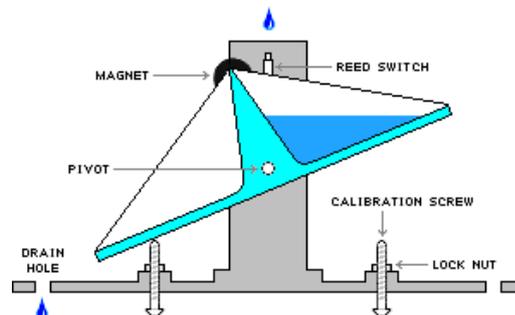
Untuk penelitian ini digunakan penakar hujan sensor dengan metode *tipping bucket*. Metode jenis ini menggunakan prinsip menimbang jumlah air hujan yang tertampung pada *bucket* kemudian disalurkan pada skala ukur (pias) yang telah di tetapkan berdasarkan pengujian dan kalibrasi [13]. *Tipping bucket* termasuk alat penakar hujan otomatis [19].

Tipping bucket bekerja dengan cara menghitung pulsa persatuan waktu yang ditentukan dari banyaknya air yang masuk dari corong, sehingga dari pulsa-pulsa tersebut diketahui besarnya curah hujan persatuan waktu [12]. Penampakan fisik dari sensor curah hujan *tipping bucket* dapat dilihat pada Gambar 2.3.



Gambar 2.3 Sensor curah hujan *tipping bucket*

Prinsip kerja sensor yaitu ketika hujan turun, air akan masuk melalui corong yang berbentuk kerucut terbalik, air hujan kemudian ditampung oleh *bucket* yang berayun. Terdapat dua buah *bucket* yang dibentuk seperti jungkat-jungkit yang berayun tiap kali satu sisi *bucket* terisi penuh dan *bucket* yang lain akan naik untuk menampung tetesan air hujan [12,13,19]. Setiap jatuhnya *bucket* maka akan mengaktifkan *reed switch* magnetik. *Reed switch* digunakan sebagai saklar penggerak yang dioperasikan dengan medan magnet [15,19]. Setelah berjungkit dan menggerakkan saklar, maka akan direkam secara elektronik dan didapatkan hasil keluaran [12]. Gambar 2.4 menunjukkan prinsip kerja sensor curah hujan.

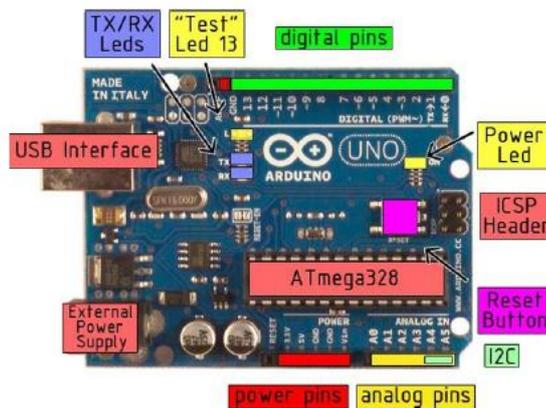


Gambar 2.4 Prinsip kerja sensor curah hujan [12]

Keuntungan dari sensor ini adalah dapat mengetahui karakter dari hujan (ringan, sedang atau berat) dengan cepat, desainnya yang sederhana, relatif murah, tahan lama serta kemampuan beradaptasi di daerah terpencil. Karena fisiknya yang kecil maka mempermudah pemasangan dan dihubungkan ke berbagai perangkat. Untuk kalibrasi alat ini dilakukan dengan cara mengatur keseimbangan jungkitan dengan merubah ketinggian baut penahan (*calibration screw*) [12,28,29].

II.4 Arduino Uno

Mikrokontroler adalah sebuah *chip* yang berfungsi sebagai pengontrol atau pengendali rangkaian elektronik dan umumnya dapat menyimpan program di dalamnya [4]. Arduino Uno merupakan sebuah mikrokontroler 8 bit dengan merek Atmega yang di buat oleh Atmel Corporation [14]. Arduino Uno dengan *processor* jenis Atmega-328 memiliki 28 pin, dimana pada papan *circuite* terdapat 14 *input/output* digital (6 untuk *output* PWM), 6 analog *input*, *crystal* osilator 16 MHz, koneksi USB, *jack power*, kepala ICSP dan tombol reset [14,21]. Pin-pin ini berisi semua yang dibutuhkan sistem operasi mikrokontroler, untuk menyalakan hanya perlu menyambungkan menggunakan kabel USB ke komputer atau ke sumber tegangan adaptor AC-DC [24]. Arduino Uno dapat dilihat pada Gambar 2.5.



Gambar 2.5 Arduino Uno [21]

Arduino Uno digunakan sebagai pemroses data dari sensor yang diterima dan dikirim [30,31]. Pemroses data pada Arduino uno dapat diprogram sesuai dengan *software* yang kita akan buat [15]. *Software* yang digunakan adalah Arduino IDE dengan bahasa pemrograman C++ yang berperan untuk menulis program, meng-*compile* menjadi kode biner dan mengunggah ke papan mikrokontroler [32].

II.5 Raspberry Pi

Raspberry pi merupakan *device embedded system* dalam jenis *single board computer* [2]. Memiliki ukuran seukuran kartu kredit yang dilengkapi fungsi layaknya sebuah komputer lengkap, menggunakan *system on a chip* (SOC) ARM yang diintegrasikan di atas papan PCB. Raspberry pi mampu bekerja layaknya komputer untuk menjalankan sistem operasi linux, *programming*, eksplorasi web dan sebagainya [33].

Raspberry pi menggunakan sistem operasi Raspbian yang berbasis linux *distro Debian*. Sistem operasi ini memiliki beberapa program operasi standar dan beberapa program pembantu untuk dapat menjalankan perangkat keras komputer *mini raspberry pi* [33]. Raspberry pi relatif terkenal karena memiliki dukungan komunitas yang cukup baik, kompatibilitas program dan *operating system* memiliki banyak pilihan dan banyak modul sensor yang dapat kompatibel dengannya sehingga bisa dikembangkan untuk berbagai *project*[34]. Pada penelitian ini digunakan *board raspberry pi 4 model B* yang dapat dilihat pada Gambar 2.6.



Gambar 2.6 Board Raspberry pi 4 Model B [34]

II.6 Xbee

Wireless Sensor Network (WSN) merupakan jaringan nirkabel yang terdiri dari beberapa node yang bersifat *self configured* dan tidak memiliki infrastruktur serta digunakan untuk pemantauan kondisi fisik atau lingkungan [35]. Dengan menggunakan komunikasi nirkabel (*wireless*) dapat membuat proses pengiriman menjadi mudah dan efisien. Salah satu perangkat komunikasi *wireless* adalah

Xbee pro yang bekerja pada frekuensi 2,4 GHz dengan menggunakan protokol standart IEEE 802.15.4. Xbee Pro S2C memungkinkan mikrokontroler untuk berkomunikasi menggunakan protokol Zigbee [35-36]. Gambar Xbee Pro S2C dapat dilihat pada Gambar 2.7.



Gambar 2.7 Xbee pro S2C [36]

Xbee pro S2C memungkinkan pengiriman data sejauh 90 m dalam ruangan dan mencapai 3200 m di luar ruangan tanpa halangan dengan konsumsi daya rendah. Pengiriman data Xbee pro memerlukan daya 2,7 - 3,6 V DC, arus sebesar 125 mA saat pengiriman data (Tx) dan arus 31 mA saat penerimaan data (Rx) serta terdapat 20 pin [36]. Modul Xbee pro merupakan perangkat dengan pengoprasian yang mudah dan sederhana, membutuhkan daya rendah serta jaringan yang aman [37].

Topologi xbee terbagi tiga, yaitu Xbee *coordinator* berfungsi perangkat koordinasi membentuk pangkal dari jaringan yang menjebatannya ke jaringan lain dan dapat terkoordinasi dengan xbee pada tiap jaringan, xbee *router* bertindak sebagai perantara yang dapat menyampaikan data dari perangkat satu ke perangkat lainnya dan xbee *end device* berfungsi menyampaikan *parent node* (*coordinator* dan *router*) dan alat ini tidak dapat mengendalikan data [38].