

**ANALISIS SISTEM PERINGATAN DINI PENDETEKSI BANJIR  
BERBASIS IoT (*Internet of Thing*)**

**(Tesis)**

**Oleh**

**DHENI SAPUTRA JP  
NPM 2025011001**



**FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS LAMPUNG  
BANDAR LAMPUNG  
2024**

**ANALISIS SISTEM PERINGATAN DINI PENDETEKSI BANJIR  
BERBASIS IoT (*Internet of Thing*)**

**Oleh :**

**DHENI SAPUTRA JP**

**Tesis**

**Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar  
Magister Teknik**

**Pada**

**Jurusan Teknik Sipil  
Fakultas Teknik Universitas Lampung**



**FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS LAMPUNG  
BANDAR LAMPUNG  
2024**

## **ABSTRAK**

### **ANALISIS SISTEM PERINGATAN DINI PENDETEKSI BANJIR BERBASIS IoT (*Internet of Thing*)**

**Oleh**

**DHENI SAPUTRA JP**

Banjir di Kota Bandar Lampung adalah salah satu yang sering terjadi jika masuk waktu musim penghujan, Bandar Lampung sendiri memiliki beberapa kecamatan yang sering terkena banjir salah satunya yang di lewati oleh sungai Way Kuripan yaitu Kelurahan Pesawahan dan Gedong Pakuon di Kecamatan Teluk Betung, Kelurahan Kuripan di Kecamatan Teluk Betung Barat, Kelurahan Kota Karang di Kecamatan Teluk Betung Timur. Kesiapsiagaan diri adalah faktor penting dalam menanggulangi presentasi korban selamat dikarenakan bencana banjir. Maka diperlukan sebuah sistem yang dapat meningkatkan kesiapsiagaan diri terhadap bencana yang akan datang, salah satunya yaitu perancangan dan pembuatan sistem peringatan dini pendeteksi banjir berbasis IoT yang memiliki tingkat keakuratan dan keefektifan yang baik serta dapat di implementasikan pada kejadian nyata. Perancangan sistem tersebut dibuat dengan melakukan penggabungan antara perangkat keras dan perangkat lunak sehingga sistem pendeteksi tersebut berjalan dengan otomatis dan real time. Hasil dari sistem tersebut adalah tinggi permukaan air yang diukur di laboratorium yang sudah sesuai dengan pengukuran tinggi air dengan penggaris dan kecepatan peringatan banjir yang menghasilkan waktu pengiriman dengan jarak 1 km yaitu 8,21 detik untuk waktu sirine hilir berbunyi, dan 23,28 detik untuk waktu SMS diterima oleh seseorang/masyarakat. Hal ini efektif jika dibandingkan dengan nilai cepat rambat banjir yang ditempuh dengan waktu 5370,8 detik / 89,51 menit / 1,49 jam.

Kata Kunci: Banjir, Peringatan Dini, IoT, Way Kuripan

## **ABSTRACT**

# **ANALYSIS OF IoT (Internet of Thing) BASED FLOOD DETECTION EARLY WARNING SYSTEM**

**By**

**DHENI SAPUTRA JP**

Flooding in the city of Bandar Lampung is one that often occurs during the rainy season. Bandar Lampung itself has several sub-districts that are often affected by flooding, one of which is the one that the Way Kuripan river passes through, namely Pesawahan and Gedong Pakuon sub-districts in Teluk Betung sub-district, Kuripan sub-district in West Teluk Betung District, Kota Karang Village in East Teluk Betung District. Personal preparedness is an important factor in overcoming the presentation of survivors due to flood disasters. So we need a system that can increase self-preparedness for future disasters, one of which is designing and creating an IoT-based flood detection early warning system that has a good level of accuracy and effectiveness and can be implemented in real events. The system design was created by combining hardware and software so that the detection system runs automatically and in real time. The result of this system is the water level height measured in the laboratory which is in accordance with the water level measurement with a ruler and the flood warning speed which produces a delivery time over a distance of 1 km, namely 8.21 seconds for the time the downstream siren sounds, and 23.28 seconds for the the time an SMS is received by a person/community. This is effective when compared with the value of the speed of flood propagation which takes 5370.8 seconds / 89.51 minutes / 1.49 hours.

**Keywords:** Flooding, Early Warning, IoT, Way Kuripan

Judul Tesis : ANALISIS SISTEM PERINGATAN DINI  
PENDETEKSI BANJIR BERBASIS IOT  
(Internet of Thing)

Nama Mahasiswa : Dheni Saputra JP

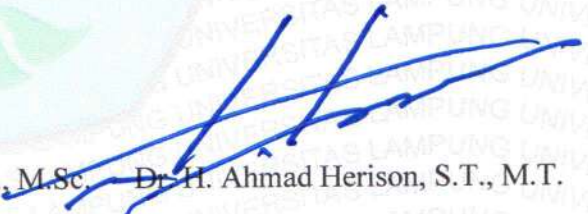
Nomor Pokok Mahasiswa : 2025011001

Program Studi : Magister Teknik Sipil

Fakultas : Teknik

**MENYETUJUI**

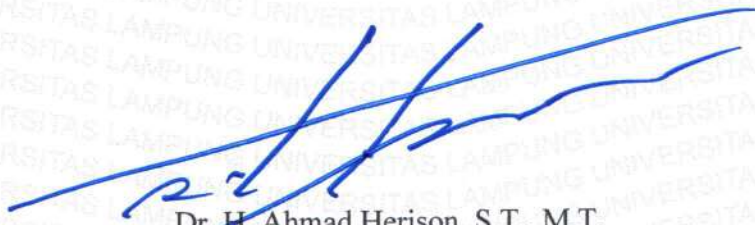
1. Komisi Pembimbing

 Prof. Dr. Dyah Indriana Kusumastuti, S.T., M.Sc.  Dr. H. Ahmad Herison, S.T., M.T.

NIP. 196912191995122001

NIP. 196910302000031001

Ketua Program Studi Magister Teknik Sipil

  
Dr. H. Ahmad Herison, S.T., M.T.  
NIP. 196910302000031001

## MENGESAHKAN

### 1. Komisi Penguji

Ketua Komisi Penguji  
(Pembimbing 1)

: Prof. Dr. Dyah Indriana K., S.T.,  
M.Sc.

Sekretaris Komisi Penguji  
(Pembimbing 2)

: Dr. H. Ahmad Herison, S.T., M.T.

Anggota Komisi Penguji  
(Penguji 1)

: Ir. Ahmad Zakaria, M.T., Ph.D.

Anggota Komisi Penguji  
(Penguji 2)

: Dr. Ir. Endro P. Wahono, S.T., M.Sc.

### 2. Dekan Fakultas Teknik

Dr. Eng. Ir. Helmy Fitriawan, S.T., M.Sc.)  
NIP. 19750928 200112 1 002

### 3. Direktur Program Pascasarjana

Prof. Dr. H. Murhadi, M.Si.  
NIP. 19640326 198902 1 001

Tanggal Lulus Ujian Tesis: 3 Juni 2024

## SURAT PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan dengan sebenarnya bahwa:

1. Tesis dengan judul “Analisis Sistem Peringatan Dini Pendeteksi Banjir Berbasis IoT (*Internet of Thing*)” adalah karya sendiri dan saya tidak melakukan penjiplakan atau pengutipan atas karya dalam masyarakat akademik atau yang disebut plagiarisme.
2. Hal intelektual atas karya ilmiah ini diserahkan sepenuhnya kepada Universitas Lampung.

Atas pernyataan ini, apabila dikemudian hari ternyata ditemukan adanya ketidakbenaran, saya bersedia menanggung akibat dan sanksi sesuai hukum yang berlaku.

Bandar Lampung, Juni 2024



Dheni Saputra JP  
NPM. 2025011001

## RIWAYAT HIDUP



Penulis dilahirkan di Sidodadi pada tanggal 5 September 1993. Penulis merupakan putra dari pasangan Bapak Jakpar HR dan Ibu Sarnawati, anak bungsu dari dua bersaudara. Dengan rahmat Allah SWT penulis telah menyelesaikan pendidikannya mulai Sekolah Dasar Negeri 1 Sidodadi pada tahun 2005, Sekolah Menengah Pertama Negeri 1 Sidomulyo pada tahun 2008, dan Sekolah Menengah Atas Negeri 1 Sidomulyo tahun 2011. Terakhir Penulis tercatat sebagai lulusan Pendidikan Strata 1 di Universitas Lampung pada Fakultas Teknik dengan mengambil jurusan Teknik Sipil.

Pada tahun 2019, tepatnya bulan maret tanggal 9 adalah hari pernikahan penulis dengan istrinya yang bernama Nurul Arofah, seorang Sarjana Psikologi di UIN Sunan Gunung Djati Bandung. Setahun kemudian Penulis memulai untuk melanjutkan pendidikannya ke jenjang Magister, dan Penulis terdaftar menjadi mahasiswa pada tahun 2020. Sejak saat itu penulis melakukan banyak kegiatan yang berhubungan dengan pendidikannya, mulai dari mengikuti perkuliahan hingga memulai penelitiannya. Penulis mengambil tema penelitian dengan judul Analisis Sistem Peringatan Dini Pendeteksi Banjir Berbasis IoT (*Internet of Thing*), yang akhirnya hasil dari penelitian tersebut dapat dituangkan dalam tulisan sebuah Tesis yang Penulis persembahkan kepada para Pembaca.

## PERSEMBAHAN

*Untuk mendapatkan hasil yang istimewa butuh perjuangan yang luar biasa. Pada hakikatnya hidup adalah sebuah perjuangan di mana setiap makhluk mengalami berbagai fase dalam kehidupannya. Inilah hidup, begitu banyak peristiwa yang terjadi di luar dugaan. Banyak rencana yang berjalan tidak sesuai dengan yang diharapkan. Walaupun beberapa hal dari rencana itu telah jatuh bangun aku perjuangkan. Tapi aku tetap yakin bahwa proses tidak akan mengkhianati hasil. Berusaha dan terus berdoa demi mereka yang selalu menyebut namaku dalam doanya. Terus berjuang hingga aku sampai pada titik akhir ini, di mana aku harus mensyukuri hasil dari perjuanganku selama ini. Karya ini kupersembahkan kepada mereka yang tersayang, semoga mampu memberikan kebahagiaan.*

Untuk Mama dan Papa  
yang telah menjadi sumber motivasi dalam hidup. Yang telah berjuang dengan penuh keikhlasan, mendidik, membesarkanku penuh kelembutan dan kasih sayang. Terima kasih ma, hal yang harus aku syukuri adalah terlahir dari rahim mama. Terima kasih pa, telah menjadi sumber semangatku. Terima kasih untuk nasihat dan doanya yang tiada henti.

Untuk Istriku tercinta, Nurul Arofah  
yang selalu senantiasa mendukungku untuk dapat menyelesaikan hal ini dan selalu memberikan kasih cintanya kepadaku.

Untuk kakakku Ahmad Harjian Tori  
yang tak lelah memberi inspirasi, motivasi, doa, dan telah banyak memberikan pelajaran berharga.

Untuk dosen pembimbing ku Ibu Dr. Dyah Indriana K dan Bapak Dr. Ahmad Herison yang telah membimbing dengan penuh sabar. Serta Bapak Ahmad Zakaria dan Bapak Endro Prasetyo yang telah memberikan masukan dan sarannya. Terima kasih atas kesediaan, waktu, nasihat, dan ilmunya.

Untuk teman-teman seperjuangan yang telah banyak memberikan bantuan, doa, dan dukungan.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT atas berkat dan karuniaNya, sehingga penulis dapat menyelesaikan Tesis ini sesuai dengan yang diharapkan.

Tesis dengan Judul “Analisis Sistem Peringatan Dini Pendeteksi Banjir Berbasis IoT (*Internet of Thing*)” adalah salah satu syarat untuk memperoleh gelar Magister Teknik di Universitas Lampung

Dengan teriring salam dan doa serta ucapan terima kasih yang tak terhingga Penulis sampaikan kepada:

1. Bapak Dr. Eng. Helmy Fitriawan, S.T., M.Sc., selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Lampung
2. Bapak Prof. Dr. Ir. Murhadi, M.Si., selaku Direktur Program Pascasarjana Universitas Lampung
3. Bapak Dr. H. Ahmad Herison, S.T., M.T., selaku ketua Program Studi Magister Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Lampung serta selaku dosen pembimbing 2 atas masukan, nasihat, bantuan dan bimbingan yang diberikan selama penyusunan Tesis ini.
4. Ibu Dr. Dyah Indriana Kusumastuti, S.T., M.Sc., selaku dosen pembimbing 1 serta pembimbing akademis atas masukan, nasihat, bantuan dan bimbingan yang diberikan selama penyusunan Tesis ini.

5. Bapak Ir. Ahmad Zakaria, M.T., Ph.D., atas kesempatannya untuk menguji sekaligus membimbing Penulis dalam seminar Tesis.
6. Bapak Dr. Ir. Endro P. Wahono, S.T., M.Sc., atas kesempatannya untuk menguji sekaligus membimbing Penulis dalam seminar Tesis.
7. Bapak dan Ibu Dosen Magister Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Lampung atas ilmu bidang sipil yang telah diberikan selama perkuliahan.
8. Keluargaku terutama orangtuaku tercinta, Papa Jakpar HR dan Mama Sarnawati, Istri Tercinta Nurul Arofah, Anakku Alina Rie Humaira, serta Kakakku Ahmad Harjian Tori JP, beserta keluarga atas doanya untuk Penulis.
9. Serta teman – teman telah banyak membantu dan mendukung dalam pengerjaan Tesis ini yang tidak bisa saya sebutkan satu persatu, untuk bantuan moril, tempat, waktu, doa dan dukungannya selama ini. Saya ucapkan terima kasih banyak semoga sukses selalu mengiringi kita semua. Amin

Penulis menyadari bahwa Tesis ini masih banyak kekurangan dan keterbatasan, oleh karena itu saran dan kritik yang bersifat membangun sangat diharapkan. Akhir kata semoga ALLAH SWT membalas semua kebaikan semua pihak yang telah membantu dalam penyelesaian tugas akhir ini dan semoga Tesis ini dapat bermanfaat bagi penulis dan pembaca serta dapat menjadikan referensi untuk kita semua.

Bandar Lampung,     Juni 2024

Dheni Saputra JP

## DAFTAR ISI

|                                            | Halaman |
|--------------------------------------------|---------|
| DAFTAR ISI.....                            | iv      |
| DAFTAR GAMBAR .....                        | vi      |
| DAFTAR TABEL .....                         | vii     |
| BAB 1. PENDAHULUAN .....                   | 1       |
| 1.1.    Latar Belakang .....               | 1       |
| 1.2.    Identifikasi Masalah .....         | 5       |
| 1.3.    Rumusan Masalah .....              | 6       |
| 1.4.    Batasan Masalah.....               | 6       |
| 1.5.    Tujuan Penelitian.....             | 6       |
| 1.6.    Manfaat Penelitian.....            | 7       |
| BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....               | 8       |
| 2.1.    Banjir .....                       | 8       |
| 2.1.1.    Parameter Penentu Banjir .....   | 8       |
| 2.2.    Daerah Aliran Sungai .....         | 11      |
| 2.3. <i>Internet Of Things</i> (IOT) ..... | 12      |
| 2.4.    Mikrokontroler Arduino .....       | 12      |
| 2.4.1.    Input dan Output Arduino .....   | 13      |
| 2.4.2.    Bahasa Pemrograman Arduino.....  | 14      |

|                                    |                                                    |    |
|------------------------------------|----------------------------------------------------|----|
| 2.4.3.                             | Arduino Uno .....                                  | 16 |
| 2.4.4.                             | Spesifikasi Arduino Uno .....                      | 17 |
| 2.5.                               | Sensor Ultrasonik Maxbotix MaxSonar EZ1 .....      | 18 |
| 2.5.1.                             | Karakteristik Sensor Maxbotix MaxSonar EZ1 .....   | 18 |
| 2.5.2.                             | Prinsip Kerja Sensor Maxbotix MaxSonar EZ1 .....   | 19 |
| 2.6.                               | Penelitian Terdahulu.....                          | 20 |
| BAB III METODOLOGI PENELITIAN..... |                                                    | 25 |
| 3.1.                               | Lokasi Penelitian .....                            | 25 |
| 3.2.                               | Alat dan Bahan .....                               | 26 |
| 3.3.                               | Perancangan Perangkat Keras .....                  | 31 |
| 3.4.                               | Perancangan Perangkat Lunak .....                  | 33 |
| 3.5.                               | Simulasi dan Analisis Sistem Peringatan Dini ..... | 34 |
| 3.6.                               | Diagram Alir Penelitian.....                       | 34 |
| BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....  |                                                    | 36 |
| 4.1.                               | Pembuatan Perangkat Keras .....                    | 36 |
| 4.2.                               | Pembuatan Perangkat Lunak .....                    | 38 |
| 4.3.                               | Hasil Pengujian Sistem di Laboratorium.....        | 40 |
| 4.4.                               | Analisis Keakuratan dan Keefektifan Sistem .....   | 42 |
| BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....    |                                                    | 45 |
| 5.1.                               | Kesimpulan.....                                    | 45 |
| 5.2.                               | Saran .....                                        | 45 |
| DAFTAR PUSTAKA .....               |                                                    | 47 |
| LAMPIRAN .....                     |                                                    | 50 |

## DAFTAR GAMBAR

|                                                                                      | Halaman |
|--------------------------------------------------------------------------------------|---------|
| Gambar 1. Data Bencana Banjir Indonesia Menurut Waktu.....                           | 3       |
| Gambar 2. Gambar Sensor Maxbotix MaxSonar EZ1 .....                                  | 19      |
| Gambar 3. Lokasi Penelitian.....                                                     | 25      |
| Gambar 4. Laboratorium Hidraulika Teknik Sipil (Saluran Multiguna) .....             | 25      |
| Gambar 5. Lokasi Sungai Way Kuripan .....                                            | 26      |
| Gambar 6. Sensor Ultrasonik Maxbotix MaxSonar EZ1 .....                              | 29      |
| Gambar 7. Saklar Pelampung Tinggi Muka Air .....                                     | 30      |
| Gambar 8. Sistem Kerja Saklar Pelampung.....                                         | 30      |
| Gambar 9. Arduino Uno.....                                                           | 30      |
| Gambar 10. SIM800L v2 .....                                                          | 31      |
| Gambar 11. Desain Sistem Hulu Tampak Depan (kiri) dan Tampak Samping<br>(kanan)..... | 32      |
| Gambar 12. Desain Sistem Hilir .....                                                 | 32      |
| Gambar 13. <i>Wiring Diagram</i> Sistem Hulu (kiri) dan Hilir (kanan).....           | 32      |
| Gambar 14. Proses Peringatan Dini pada Perangkat Lunak .....                         | 33      |
| Gambar 15. Diagram Alir Penelitian .....                                             | 35      |
| Gambar 16. Tangkapan Layar Aplikasi Arduino IDE untuk Sistem Hulu .....              | 39      |
| Gambar 17. Tangkapan Layar Aplikasi Arduino IDE untuk Sistem Hilir.....              | 39      |

## DAFTAR TABEL

|                                                                            | Halaman |
|----------------------------------------------------------------------------|---------|
| Tabel 1. Risiko dan Ancaman Akibat Bencana Alam.....                       | 2       |
| Tabel 2. Rujukan Penelitian Terdahulu.....                                 | 20      |
| Tabel 3. Kategori untuk Setiap Kondisi Pada Skala Laboratorium .....       | 27      |
| Tabel 4. Perangkat Keras Pembangun Sistem Peringatan Dini .....            | 27      |
| Tabel 5. Peralatan Pembuat Sistem Peringatan Dini Pendeteksi Banjir .....  | 36      |
| Tabel 6. Hasil Pengukuran Tinggi Air dengan Sensor Maxbotix EZ1 (sebagian) | 40      |
| Tabel 7. Hasil Pengukuran Waktu Pengiriman SMS .....                       | 41      |

## **BAB 1. PENDAHULUAN**

### **1.1. Latar Belakang**

Indonesia memiliki iklim yang sangat dipengaruhi oleh letak geografisnya yang membentang antara Samudera Pasifik dan Samudera Hindia, sehingga membuat Indonesia memiliki tiga pola dasar iklim yang ada yaitu monsun, khatulistiwa dan sistem iklim lokal yang sering mengakibatkan perbedaan pola hujan yang signifikan. Keadaan tersebut membuat Indonesia memiliki potensi yang besar terhadap bencana hidrometeorologi seperti banjir, banjir bandang, abrasi, kekeringan, gelombang ekstrem hingga longsor dan kebakaran hutan dan lahan (karhutla). Terdapat juga lebih dari 5.590 daerah aliran sungai (DAS) yang ada di Indonesia terletak dari Sabang hingga Merauke, mengakibatkan Indonesia memiliki risiko terhadap ancaman bencana tersebut (Badan Nasional Penanggulangan Bencana 2018).

Berdasarkan hasil kajian risiko bencana pada tahun 2015 yang dikeluarkan oleh BNPB ([inarisk.bnpb.go.id](http://inarisk.bnpb.go.id)) potensi risiko yang terjadi akibat bencana yang tersebar di 34 provinsi dibagi sesuai jenis ancamannya diurutkan dari yang tertinggi hingga terendah (Lihat Tabel 1). Berdasarkan data yang telah dikeluarkan oleh BNPB, selama 10 tahun terakhir tren bencana yang terjadi di Indonesia didominasi oleh bencana banjir. Banjir yang tercatat pada tahun 2021 hingga di bulan Agustus telah terjadi banjir sebanyak 651 kali (lihat

Gambar 1), dan menelan korban yang meninggal sebanyak 242 orang, hilang 52 orang dan luka-luka sebanyak 1.375 orang serta yang mengungsi sebanyak 393.595 orang (<http://dibi.bnpb.go.id>).

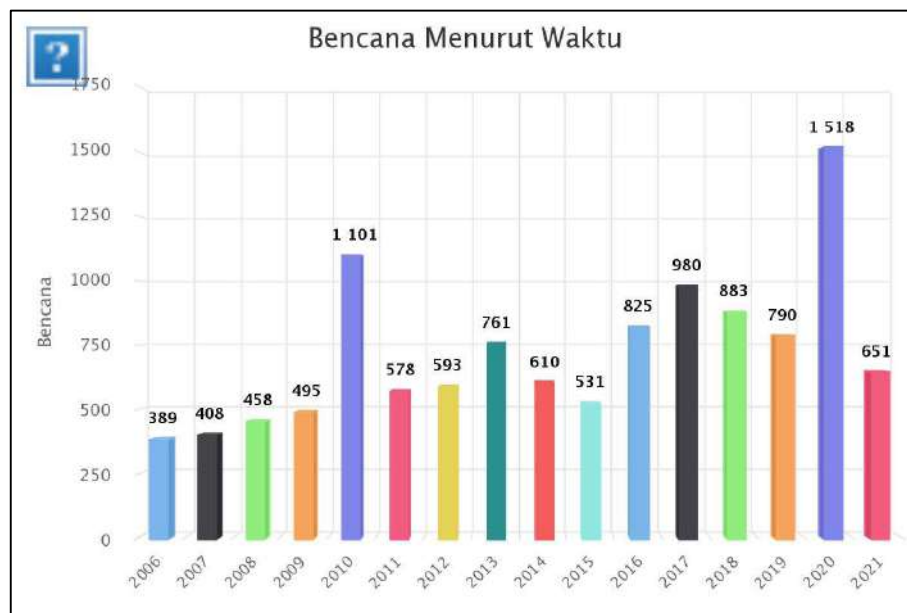
Tabel 1. Risiko dan Ancaman Akibat Bencana Alam

| No | Potensi jiwa terpapar risiko bencana                  | Potensi kerusakan dan kerugian fisik                | Potensi dampak lingkungan                |
|----|-------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|------------------------------------------|
| 1  | Cuaca ekstrem (puting beliung) sebanyak 244 juta jiwa | Gempa bumi sebesar 648.874 triliun                  | Kekeringan 63 juta hektar                |
| 2  | Kekeringan sebesar 228 juta jiwa                      | Banjir serta banjir bandang sebesar 376.886 triliun | Kebakaran hutan dan lahan 42 juta hektar |
| 3  | Banjir sebanyak 100 juta jiwa                         | Tanah longsor sebesar 78.279 triliun                | Tanah longsor sebesar 41 juta hektar     |
| 4  | Gempa bumi sebesar 86 juta jiwa                       | Kekeringan sebesar 192.737 triliun                  |                                          |
| 5  | Tanah longsor sebesar 14 juta jiwa                    |                                                     |                                          |

Sumber: (Badan Nasional Penanggulangan Bencana 2017)

Kota Bandar Lampung merupakan salah satu kota di Indonesia yang letaknya ada di Provinsi Lampung yang juga sering terkena banjir dan genangan pada waktu musim penghujan datang (Kiranaratri *et al.* 2019). Selain dari peningkatan curah hujan, faktor yang menjadi penyebab banjir di Kota Bandar Lampung antara lain adalah perubahan tata guna lahan dengan adanya pertumbuhan permukiman dan perumahan yang pesat, pembuangan sampah sembarangan di sungai, pendangkalan sungai, dan penyempitan aliran sungai,

sehingga mempengaruhi nilai dari koefisien pengaliran, serta menyebabkan kerugian dari bidang ekonomi yang besar (Sesunan 2014). Berdasarkan data BPBD pada tahun 2019 terdapat 6 kecamatan yang terkena banjir yaitu Labuhan Ratu Teluk Betung Utara, Teluk Betung Selatan, Panjang, Kedamaian, dan Rajabasa karena kondisi geografis daerah yang rendah.



Gambar 1. Data Bencana Banjir Indonesia Menurut Waktu

(sumber: <https://dibi.bnpb.go.id>)

Way Kuripan adalah sungai yang ada di Kota Bandar Lampung yang melewati beberapa kelurahan yang sering berdampak banjir yaitu Kelurahan Pesawahan dan Gedong Pakuon di Kecamatan Teluk Betung, Kelurahan Kuripan di Kecamatan Teluk Betung Barat, Kelurahan Kota Karang di Kecamatan Teluk Betung Timur. Way Kuripan memiliki panjang dari hulu ke hilir sepanjang 9,6 km dan memiliki lebar sungai di hulu sebesar  $\pm 20$  m dan  $\pm 10$  m pada hilir sungai (Rafi'i *et al.* 2013). Sungai way kuripan sendiri untuk bagian hulunya

terdapat di perbukitan Betung Kecamatan Tanjung Karang Barat sedangkan untuk bagian hilirnya terdapat di Kelurahan Pesawahan dan Kota Karang, dan sungai ini adalah termasuk jenis sungai pherenial atau sungai yang mengalir sepanjang tahun. Perubahan tata guna lahan di bagian hulu sungai ini yang awalnya adalah daerah resapan hujan berupa perkebunan mengakibatkan pada saat musim hujan DAS way kuripan tidak dapat lagi menampung debit yang masuk ke badan sungai, terlihat dari hasil analisis dari penelitian terdahulu bahwa dengan debit yang dirancang pada periode kala ulang 50 tahunan sebesar  $150,250 \text{ m}^3/\text{dt}$ , pada bagian hulu tinggi muka air sungai masih relatif aman yakni 0,5 m - 3,07927 m karena tinggi sungai sebesar 4,51m. Berbeda hasilnya di bagian hilir sungai yang tinggi muka airnya sebesar 0,5m – 5,216 m yang hasil tersebut relatif tidak aman karena tinggi sungai di bagian hilir sebesar 2,78 m (Kiranaratri *et al.* 2019).

Hasil survei yang telah dilakukan di Jepang pada kejadian gempa Great Hanshin Awaji pada tahun 1995, menunjukkan bahwa presentasi korban selamat pada masa “*Golden Time*” antara lain disebabkan oleh (Badan Nasional Penanggulangan Bencana 2018):

- a. Kesiapsiagaan Diri Sendiri sebesar 34,9%
- b. Dukungan anggota keluarga sebesar 31,9%
- c. Teman/Tetangga sebesar 28,1%
- d. Orang Lewat sebesar 2,6%
- e. Regu Penolong sebesar 1,7%
- f. Lain-lain sebesar 0,9%

Berdasarkan data di atas bahwa sangat jelas faktor utama yang dapat mempengaruhi keselamatan seseorang dari bencana adalah berasal dari diri sendiri serta lingkungan terdekat. Oleh karenanya sangat penting untuk dibuatkan sebuah sistem peringatan dini yang dapat menyampaikan informasi yang tepat dan akurat serta dengan Bahasa yang mudah dipahami oleh setiap lapisan masyarakat.

Konsep sistem peringatan dini pendeteksi banjir ini adalah usaha untuk meminimalisir terjadinya ancaman/kerugian yang akan diakibatkan oleh banjir. Untuk mendapatkan sistem peringatan dini ini terdapat beberapa tahapan yang bisa mencapai hasil yang efektif yaitu tahapan *detection*, *forecasting*, *warning* dan *dissemination* serta *respon*. Dari beberapa penelitian serta kajian tentang rancang bangun sistem pendeteksi banjir yang telah dilakukan oleh beberapa orang, masih menimbulkan beberapa pertanyaan seperti seberapa efektifkan sistem tersebut?; seberapa akurat data yang dihasilkan dari sistem tersebut?; serta dapatkah sistem diimplementasikan ke kejadian yang nyata seperti pada sungai way kuripan yang sering terjadi banjir di bagian hilir?

## 1.2. Identifikasi Masalah

Dari uraian yang telah dikemukakan, maka dapat diidentifikasi masalah-masalah sebagai berikut :

- a. Tingkat keakuratan data hasil alat pendeteksi.
- b. Keefektifan sistem dengan tahapan yang ada.
- c. Pengimplementasian sistem pada kejadian yang nyata.

### 1.3. Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah yang dapat diambil adalah sebagai berikut :

- a. Bagaimana sistem tersebut bekerja?
- b. Bagaimana keakuratan data hasil dari alat pendeteksi?
- c. Bagaimana implementasi sistem pada kejadian yang nyata?

### 1.4. Batasan Masalah

Beberapa hal yang akan membatasi masalah dalam pembahasan tesis ini adalah sebagai berikut :

- a. Rancang bangun sistem peringatan dini pendeteksi banjir ini adalah dengan dual sistem berbasis IoT.
- b. Pendeteksi yang digunakan adalah alat sensor ultrasonik Maxbotix MaxSonar EZ1 (untuk ketinggian air) serta relay pelampung air.
- c. Pemrosesan data menggunakan Arduino Uno ATmega328.
- d. Pengujian sistem hanya dilakukan skala Laboratorium.
- e. Kejadian Banjir yang digunakan adalah pada sungai way kuripan.

### 1.5. Tujuan Penelitian

Tujuan yang diharapkan dari penelitian ini adalah :

- a. Merancang Sistem peringatan dini pendeteksi banjir berbasis Iot.
- b. Menganalisis Keakuratan data hasil alat pendeteksi.
- c. Menganalisis keefektifan sistem.

#### 1.6. Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah untuk memberikan informasi terkait perancangan serta pengaplikasian sistem peringatan dini pendeteksi banjir untuk dapat dimanfaatkan masyarakat luas.

## **BAB II TINJAUAN PUSTAKA**

### **2.1. Banjir**

Banjir merupakan bencana alam paling sering terjadi, baik dilihat dari intensitasnya pada suatu tempat maupun jumlah lokasi kejadian dalam setahun yaitu sekitar 40% di antara bencana alam yang lain. Bahkan pada tempat-tempat tertentu, banjir merupakan rutinitas tahunan. Lokasi kejadiannya bisa perkotaan atau pedesaan, negara sedang berkembang atau negara maju sekalipun (Suherlan 2001).

Menurut Suripin tahun 2004 banjir didefinisikan sebagai suatu kondisi yang mana air dalam saluran pembuang (sungai/kali) tidak dapat tertampung atau terjadinya hambatan pada aliran air di dalam saluran pembuangan. Dalam hal ini, banjir adalah peristiwa alam yang dapat menimbulkan baik kerugian harta benda penduduk maupun korban jiwa. Maka, banjir dapat pula dikatakan sebagai kejadian luapan air yang diakibatkan bila penampang saluran yang kurang kapasitasnya. (Wismarini and Sukur 2015).

#### **2.1.1. Parameter Penentu Banjir**

Parameter yang mempengaruhi pada kejadian banjir antara lain sebagai berikut (Wismarini and Sukur 2015):

## PERSEMBAHAN

*Untuk mendapatkan hasil yang istimewa butuh perjuangan yang luar biasa. Pada hakikatnya hidup adalah sebuah perjuangan di mana setiap makhluk mengalami berbagai fase dalam kehidupannya. Inilah hidup, begitu banyak peristiwa yang terjadi di luar dugaan. Banyak rencana yang berjalan tidak sesuai dengan yang diharapkan. Walaupun beberapa hal dari rencana itu telah jatuh bangun aku perjuangkan. Tapi aku tetap yakin bahwa proses tidak akan mengkhianati hasil. Berusaha dan terus berdoa demi mereka yang selalu menyebut namaku dalam doanya. Terus berjuang hingga aku sampai pada titik akhir ini, di mana aku harus mensyukuri hasil dari perjuanganku selama ini. Karya ini kupersembahkan kepada mereka yang tersayang, semoga mampu memberikan kebahagiaan.*

Untuk Mama dan Papa  
yang telah menjadi sumber motivasi dalam hidup. Yang telah berjuang dengan penuh keikhlasan, mendidik, membesarkanku penuh kelembutan dan kasih sayang. Terima kasih ma, hal yang harus aku syukuri adalah terlahir dari rahim mama. Terima kasih pa, telah menjadi sumber semangatku. Terima kasih untuk nasihat dan doanya yang tiada henti.

Untuk Istriku tercinta, Nurul Arofah  
yang selalu senantiasa mendukungku untuk dapat menyelesaikan hal ini dan selalu memberikan kasih cintanya kepadaku.

Untuk kakakku Ahmad Harjian Tori  
yang tak lelah memberi inspirasi, motivasi, doa, dan telah banyak memberikan pelajaran berharga.

Untuk dosen pembimbing ku Ibu Dr. Dyah Indriana K dan Bapak Dr. Ahmad Herison yang telah membimbing dengan penuh sabar. Serta Bapak Ahmad Zakaria dan Bapak Endro Prasetyo yang telah memberikan masukan dan sarannya. Terima kasih atas kesediaan, waktu, nasihat, dan ilmunya.

Untuk teman-teman seperjuangan yang telah banyak memberikan bantuan, doa, dan dukungan.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT atas berkat dan karuniaNya, sehingga penulis dapat menyelesaikan Tesis ini sesuai dengan yang diharapkan.

Tesis dengan Judul “Analisis Sistem Peringatan Dini Pendeteksi Banjir Berbasis IoT (*Internet of Thing*)” adalah salah satu syarat untuk memperoleh gelar Magister Teknik di Universitas Lampung

Dengan teriring salam dan doa serta ucapan terima kasih yang tak terhingga Penulis sampaikan kepada:

1. Bapak Dr. Eng. Helmy Fitriawan, S.T., M.Sc., selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Lampung
2. Bapak Prof. Dr. Ir. Murhadi, M.Si., selaku Direktur Program Pascasarjana Universitas Lampung
3. Bapak Dr. H. Ahmad Herison, S.T., M.T., selaku ketua Program Studi Magister Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Lampung serta selaku dosen pembimbing 2 atas masukan, nasihat, bantuan dan bimbingan yang diberikan selama penyusunan Tesis ini.
4. Ibu Dr. Dyah Indriana Kusumastuti, S.T., M.Sc., selaku dosen pembimbing 1 serta pembimbing akademis atas masukan, nasihat, bantuan dan bimbingan yang diberikan selama penyusunan Tesis ini.

5. Bapak Ir. Ahmad Zakaria, M.T., Ph.D., atas kesempatannya untuk menguji sekaligus membimbing Penulis dalam seminar Tesis.
6. Bapak Dr. Ir. Endro P. Wahono, S.T., M.Sc., atas kesempatannya untuk menguji sekaligus membimbing Penulis dalam seminar Tesis.
7. Bapak dan Ibu Dosen Magister Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Lampung atas ilmu bidang sipil yang telah diberikan selama perkuliahan.
8. Keluargaku terutama orangtuaku tercinta, Papa Jakpar HR dan Mama Sarnawati, Istri Tercinta Nurul Arofah, Anakku Alina Rie Humaira, serta Kakakku Ahmad Harjian Tori JP, beserta keluarga atas doanya untuk Penulis.
9. Serta teman – teman telah banyak membantu dan mendukung dalam pengerjaan Tesis ini yang tidak bisa saya sebutkan satu persatu, untuk bantuan moril, tempat, waktu, doa dan dukungannya selama ini. Saya ucapkan terima kasih banyak semoga sukses selalu mengiringi kita semua. Amin

Penulis menyadari bahwa Tesis ini masih banyak kekurangan dan keterbatasan, oleh karena itu saran dan kritik yang bersifat membangun sangat diharapkan. Akhir kata semoga ALLAH SWT membalas semua kebaikan semua pihak yang telah membantu dalam penyelesaian tugas akhir ini dan semoga Tesis ini dapat bermanfaat bagi penulis dan pembaca serta dapat menjadikan referensi untuk kita semua.

Bandar Lampung,      Juni 2024

Dheni Saputra JP

## DAFTAR ISI

|                                            | Halaman |
|--------------------------------------------|---------|
| DAFTAR ISI .....                           | iv      |
| DAFTAR GAMBAR .....                        | vi      |
| DAFTAR TABEL .....                         | vii     |
| BAB 1. PENDAHULUAN .....                   | 1       |
| 1.1. Latar Belakang.....                   | 1       |
| 1.2. Identifikasi Masalah .....            | 5       |
| 1.3. Rumusan Masalah .....                 | 6       |
| 1.4. Batasan Masalah.....                  | 6       |
| 1.5. Tujuan Penelitian.....                | 6       |
| 1.6. Manfaat Penelitian.....               | 7       |
| BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....               | 8       |
| 2.1. Banjir .....                          | 8       |
| 2.1.1. Parameter Penentu Banjir .....      | 8       |
| 2.2. Daerah Aliran Sungai .....            | 11      |
| 2.3. <i>Internet Of Things</i> (IOT) ..... | 12      |
| 2.4. Mikrokontroler Arduino .....          | 12      |
| 2.4.1. Input dan Output Arduino .....      | 13      |
| 2.4.2. Bahasa Pemrograman Arduino.....     | 14      |

|                                    |                                                    |    |
|------------------------------------|----------------------------------------------------|----|
| 2.4.3.                             | Arduino Uno .....                                  | 16 |
| 2.4.4.                             | Spesifikasi Arduino Uno .....                      | 17 |
| 2.5.                               | Sensor Ultrasonik Maxbotix MaxSonar EZ1 .....      | 18 |
| 2.5.1.                             | Karakteristik Sensor Maxbotix MaxSonar EZ1 .....   | 18 |
| 2.5.2.                             | Prinsip Kerja Sensor Maxbotix MaxSonar EZ1 .....   | 19 |
| 2.6.                               | Penelitian Terdahulu.....                          | 20 |
| BAB III METODOLOGI PENELITIAN..... |                                                    | 25 |
| 3.1.                               | Lokasi Penelitian .....                            | 25 |
| 3.2.                               | Alat dan Bahan .....                               | 26 |
| 3.3.                               | Perancangan Perangkat Keras .....                  | 31 |
| 3.4.                               | Perancangan Perangkat Lunak .....                  | 33 |
| 3.5.                               | Simulasi dan Analisis Sistem Peringatan Dini ..... | 34 |
| 3.6.                               | Diagram Alir Penelitian.....                       | 34 |
| BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....  |                                                    | 36 |
| 4.1.                               | Pembuatan Perangkat Keras .....                    | 36 |
| 4.2.                               | Pembuatan Perangkat Lunak .....                    | 38 |
| 4.3.                               | Hasil Pengujian Sistem di Laboratorium.....        | 40 |
| 4.4.                               | Analisis Keakuratan dan Keefektifan Sistem .....   | 42 |
| BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....    |                                                    | 45 |
| 5.1.                               | Kesimpulan.....                                    | 45 |
| 5.2.                               | Saran .....                                        | 45 |
| DAFTAR PUSTAKA .....               |                                                    | 47 |
| LAMPIRAN.....                      |                                                    | 50 |

## DAFTAR GAMBAR

|                                                                                      | Halaman |
|--------------------------------------------------------------------------------------|---------|
| Gambar 1. Data Bencana Banjir Indonesia Menurut Waktu.....                           | 3       |
| Gambar 2. Gambar Sensor Maxbotix MaxSonar EZ1 .....                                  | 19      |
| Gambar 3. Lokasi Penelitian .....                                                    | 25      |
| Gambar 4. Laboratorium Hidraulika Teknik Sipil (Saluran Multiguna) .....             | 25      |
| Gambar 5. Lokasi Sungai Way Kuripan .....                                            | 26      |
| Gambar 6. Sensor Ultrasonik Maxbotix MaxSonar EZ1 .....                              | 29      |
| Gambar 7. Saklar Pelampung Tinggi Muka Air .....                                     | 30      |
| Gambar 8. Sistem Kerja Saklar Pelampung.....                                         | 30      |
| Gambar 9. Arduino Uno.....                                                           | 30      |
| Gambar 10. SIM800L v2 .....                                                          | 31      |
| Gambar 11. Desain Sistem Hulu Tampak Depan (kiri) dan Tampak Samping<br>(kanan)..... | 32      |
| Gambar 12. Desain Sistem Hilir .....                                                 | 32      |
| Gambar 13. <i>Wiring Diagram</i> Sistem Hulu (kiri) dan Hilir (kanan).....           | 32      |
| Gambar 14. Proses Peringatan Dini pada Perangkat Lunak .....                         | 33      |
| Gambar 15. Diagram Alir Penelitian .....                                             | 35      |
| Gambar 16. Tangkapan Layar Aplikasi Arduino IDE untuk Sistem Hulu .....              | 39      |
| Gambar 17. Tangkapan Layar Aplikasi Arduino IDE untuk Sistem Hilir.....              | 39      |

## DAFTAR TABEL

|                                                                               | Halaman |
|-------------------------------------------------------------------------------|---------|
| Tabel 1. Risiko dan Ancaman Akibat Bencana Alam.....                          | 2       |
| Tabel 2. Rujukan Penelitian Terdahulu.....                                    | 20      |
| Tabel 3. Kategori untuk Setiap Kondisi Pada Skala Laboratorium .....          | 27      |
| Tabel 4. Perangkat Keras Pembangun Sistem Peringatan Dini .....               | 27      |
| Tabel 5. Peralatan Pembuat Sistem Peringatan Dini Pendeteksi Banjir .....     | 36      |
| Tabel 6. Hasil Pengukuran Tinggi Air dengan Sensor Maxbotix EZ1 (sebagian) 40 |         |
| Tabel 7. Hasil Pengukuran Waktu Pengiriman SMS .....                          | 41      |

## **BAB 1. PENDAHULUAN**

### **1.1. Latar Belakang**

Indonesia memiliki iklim yang sangat dipengaruhi oleh letak geografisnya yang membentang antara Samudera Pasifik dan Samudera Hindia, sehingga membuat Indonesia memiliki tiga pola dasar iklim yang ada yaitu monsun, khatulistiwa dan sistem iklim lokal yang sering mengakibatkan perbedaan pola hujan yang signifikan. Keadaan tersebut membuat Indonesia memiliki potensi yang besar terhadap bencana hidrometeorologi seperti banjir, banjir bandang, abrasi, kekeringan, gelombang ekstrem hingga longsor dan kebakaran hutan dan lahan (karhutla). Terdapat juga lebih dari 5.590 daerah aliran sungai (DAS) yang ada di Indonesia terletak dari Sabang hingga Merauke, mengakibatkan Indonesia memiliki risiko terhadap ancaman bencana tersebut (Badan Nasional Penanggulangan Bencana 2018).

Berdasarkan hasil kajian risiko bencana pada tahun 2015 yang dikeluarkan oleh BNPB ([inarisk.bnpb.go.id](http://inarisk.bnpb.go.id)) potensi risiko yang terjadi akibat bencana yang tersebar di 34 provinsi dibagi sesuai jenis ancamannya diurutkan dari yang tertinggi hingga terendah (Lihat Tabel 1). Berdasarkan data yang telah dikeluarkan oleh BNPB, selama 10 tahun terakhir tren bencana yang terjadi di Indonesia didominasi oleh bencana banjir. Banjir yang tercatat pada tahun 2021 hingga di bulan Agustus telah terjadi banjir sebanyak 651 kali (lihat

Gambar 1), dan menelan korban yang meninggal sebanyak 242 orang, hilang 52 orang dan luka-luka sebanyak 1.375 orang serta yang mengungsi sebanyak 393.595 orang (<http://dibi.bnpb.go.id>).

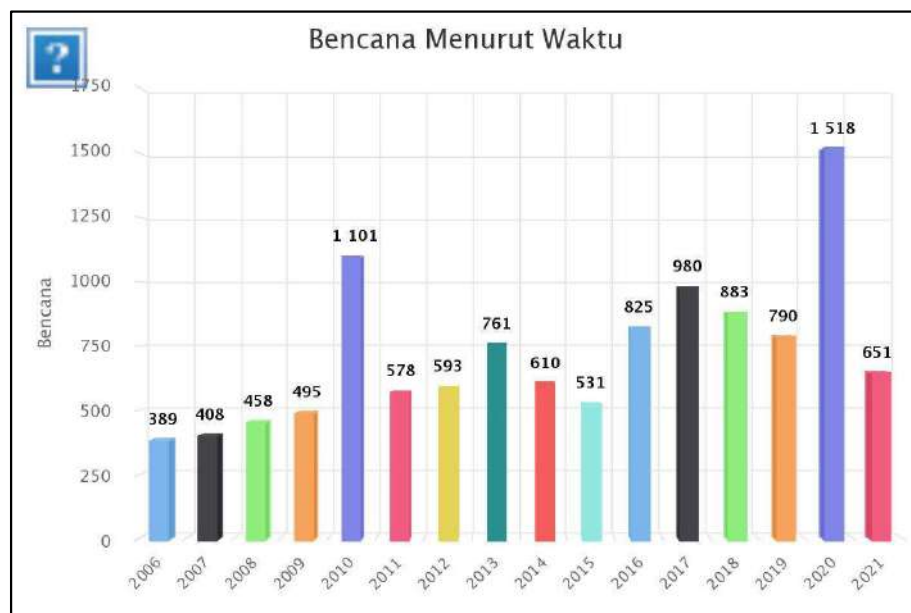
Tabel 1. Risiko dan Ancaman Akibat Bencana Alam

| No | Potensi jiwa terpapar risiko bencana                  | Potensi kerusakan dan kerugian fisik                | Potensi dampak lingkungan                |
|----|-------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|------------------------------------------|
| 1  | Cuaca ekstrem (puting beliung) sebanyak 244 juta jiwa | Gempa bumi sebesar 648.874 triliun                  | Kekeringan 63 juta hektar                |
| 2  | Kekeringan sebesar 228 juta jiwa                      | Banjir serta banjir bandang sebesar 376.886 triliun | Kebakaran hutan dan lahan 42 juta hektar |
| 3  | Banjir sebanyak 100 juta jiwa                         | Tanah longsor sebesar 78.279 triliun                | Tanah longsor sebesar 41 juta hektar     |
| 4  | Gempa bumi sebesar 86 juta jiwa                       | Kekeringan sebesar 192.737 triliun                  |                                          |
| 5  | Tanah longsor sebesar 14 juta jiwa                    |                                                     |                                          |

Sumber: (Badan Nasional Penanggulangan Bencana 2017)

Kota Bandar Lampung merupakan salah satu kota di Indonesia yang letaknya ada di Provinsi Lampung yang juga sering terkena banjir dan genangan pada waktu musim penghujan datang (Kiranaratri *et al.* 2019). Selain dari peningkatan curah hujan, faktor yang menjadi penyebab banjir di Kota Bandar Lampung antara lain adalah perubahan tata guna lahan dengan adanya pertumbuhan permukiman dan perumahan yang pesat, pembuangan sampah sembarangan di sungai, pendangkalan sungai, dan penyempitan aliran sungai,

sehingga mempengaruhi nilai dari koefisien pengaliran, serta menyebabkan kerugian dari bidang ekonomi yang besar (Sesunan 2014). Berdasarkan data BPBD pada tahun 2019 terdapat 6 kecamatan yang terkena banjir yaitu Labuhan Ratu Teluk Betung Utara, Teluk Betung Selatan, Panjang, Kedamaian, dan Rajabasa karena kondisi geografis daerah yang rendah.



Gambar 1. Data Bencana Banjir Indonesia Menurut Waktu

(sumber: <https://dibi.bnpb.go.id>)

Way Kuripan adalah sungai yang ada di Kota Bandar Lampung yang melewati beberapa kelurahan yang sering berdampak banjir yaitu Kelurahan Pesawahan dan Gedong Pakuon di Kecamatan Teluk Betung, Kelurahan Kuripan di Kecamatan Teluk Betung Barat, Kelurahan Kota Karang di Kecamatan Teluk Betung Timur. Way Kuripan memiliki panjang dari hulu ke hilir sepanjang 9,6 km dan memiliki lebar sungai di hulu sebesar  $\pm 20$  m dan  $\pm 10$  m pada hilir sungai (Rafi'i *et al.* 2013). Sungai way kuripan sendiri untuk bagian hulunya

terdapat di perbukitan Betung Kecamatan Tanjung Karang Barat sedangkan untuk bagian hilirnya terdapat di Kelurahan Pesawahan dan Kota Karang, dan sungai ini adalah termasuk jenis sungai pherenial atau sungai yang mengalir sepanjang tahun. Perubahan tata guna lahan di bagian hulu sungai ini yang awalnya adalah daerah resapan hujan berupa perkebunan mengakibatkan pada saat musim hujan DAS way kuripan tidak dapat lagi menampung debit yang masuk ke badan sungai, terlihat dari hasil analisis dari penelitian terdahulu bahwa dengan debit yang dirancang pada periode kala ulang 50 tahunan sebesar  $150,250 \text{ m}^3/\text{dt}$ , pada bagian hulu tinggi muka air sungai masih relatif aman yakni 0,5 m - 3,07927 m karena tinggi sungai sebesar 4,51m. Berbeda hasilnya di bagian hilir sungai yang tinggi muka airnya sebesar 0,5m – 5,216 m yang hasil tersebut relatif tidak aman karena tinggi sungai di bagian hilir sebesar 2,78 m (Kiranaratri *et al.* 2019).

Hasil survei yang telah dilakukan di Jepang pada kejadian gempa Great Hanshin Awaji pada tahun 1995, menunjukkan bahwa presentasi korban selamat pada masa “*Golden Time*” antara lain disebabkan oleh (Badan Nasional Penanggulangan Bencana 2018):

- a. Kesiapsiagaan Diri Sendiri sebesar 34,9%
- b. Dukungan anggota keluarga sebesar 31,9%
- c. Teman/Tetangga sebesar 28,1%
- d. Orang Lewat sebesar 2,6%
- e. Regu Penolong sebesar 1,7%
- f. Lain-lain sebesar 0,9%

Berdasarkan data di atas bahwa sangat jelas faktor utama yang dapat mempengaruhi keselamatan seseorang dari bencana adalah berasal dari diri sendiri serta lingkungan terdekat. Oleh karenanya sangat penting untuk dibuatkan sebuah sistem peringatan dini yang dapat menyampaikan informasi yang tepat dan akurat serta dengan Bahasa yang mudah dipahami oleh setiap lapisan masyarakat.

Konsep sistem peringatan dini pendeteksi banjir ini adalah usaha untuk meminimalisir terjadinya ancaman/kerugian yang akan diakibatkan oleh banjir. Untuk mendapatkan sistem peringatan dini ini terdapat beberapa tahapan yang bisa mencapai hasil yang efektif yaitu tahapan *detection*, *forecasting*, *warning* dan *dissemination* serta *respon*. Dari beberapa penelitian serta kajian tentang rancang bangun sistem pendeteksi banjir yang telah dilakukan oleh beberapa orang, masih menimbulkan beberapa pertanyaan seperti seberapa efektifkan sistem tersebut?; seberapa akurat data yang dihasilkan dari sistem tersebut?; serta dapatkah sistem diimplementasikan ke kejadian yang nyata seperti pada sungai way kuripan yang sering terjadi banjir di bagian hilir?

## 1.2. Identifikasi Masalah

Dari uraian yang telah dikemukakan, maka dapat diidentifikasi masalah-masalah sebagai berikut :

- a. Tingkat keakuratan data hasil alat pendeteksi.
- b. Keefektifan sistem dengan tahapan yang ada.
- c. Pengimplementasian sistem pada kejadian yang nyata.

### 1.3. Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah yang dapat diambil adalah sebagai berikut :

- a. Bagaimana sistem tersebut bekerja?
- b. Bagaimana keakuratan data hasil dari alat pendeteksi?
- c. Bagaimana implementasi sistem pada kejadian yang nyata?

### 1.4. Batasan Masalah

Beberapa hal yang akan membatasi masalah dalam pembahasan tesis ini adalah sebagai berikut :

- a. Rancang bangun sistem peringatan dini pendeteksi banjir ini adalah dengan dual sistem berbasis IoT.
- b. Pendeteksi yang digunakan adalah alat sensor ultrasonik Maxbotix MaxSonar EZ1 (untuk ketinggian air) serta relay pelampung air.
- c. Pemrosesan data menggunakan Arduino Uno ATmega328.
- d. Pengujian sistem hanya dilakukan skala Laboratorium.
- e. Kejadian Banjir yang digunakan adalah pada sungai way kuripan.

### 1.5. Tujuan Penelitian

Tujuan yang diharapkan dari penelitian ini adalah :

- a. Merancang Sistem peringatan dini pendeteksi banjir berbasis Iot.
- b. Menganalisis Keakuratan data hasil alat pendeteksi.
- c. Menganalisis keefektifan sistem.

### 1.6. Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah untuk memberikan informasi terkait perancangan serta pengaplikasian sistem peringatan dini pendeteksi banjir untuk dapat dimanfaatkan masyarakat luas.

## **BAB II TINJAUAN PUSTAKA**

### **2.1. Banjir**

Banjir merupakan bencana alam paling sering terjadi, baik dilihat dari intensitasnya pada suatu tempat maupun jumlah lokasi kejadian dalam setahun yaitu sekitar 40% di antara bencana alam yang lain. Bahkan pada tempat-tempat tertentu, banjir merupakan rutinitas tahunan. Lokasi kejadiannya bisa perkotaan atau pedesaan, negara sedang berkembang atau negara maju sekalipun (Suherlan 2001).

Menurut Suripin tahun 2004 banjir didefinisikan sebagai suatu kondisi yang mana air dalam saluran pembuang (sungai/kali) tidak dapat tertampung atau terjadinya hambatan pada aliran air di dalam saluran pembuangan. Dalam hal ini, banjir adalah peristiwa alam yang dapat menimbulkan baik kerugian harta benda penduduk maupun korban jiwa. Maka, banjir dapat pula dikatakan sebagai kejadian luapan air yang diakibatkan bila penampang saluran yang kurang kapasitasnya. (Wismarini and Sukur 2015).

#### **2.1.1. Parameter Penentu Banjir**

Parameter yang mempengaruhi pada kejadian banjir antara lain sebagai berikut (Wismarini and Sukur 2015):

a. Curah Hujan

Curah hujan adalah data yang sangat penting dalam perhitungan debit banjir rencana. Analisis data curah hujan dimaksudkan untuk melakukan analisis statistik yang diperlukan dalam perhitungan debit banjir rencana. Curah hujan yang diperlukan untuk menyusun suatu rancangan pemanfaatan air dan rancangan pengendalian banjir adalah curah hujan rata-rata atau curah hujan yang mewakili dari daerah yang ditinjau, serta curah hujan ini disebut juga curah hujan area yang dinyatakan dalam mm.

b. Tata Guna Lahan

Sesuatu upaya penggunaan lahan yang direncanakan dalam suatu kawasan yang meliputi pembagian wilayah untuk mengkhususkan fungsi-fungsi tertentu. Rencana tata guna lahan merupakan kerangka kerja yang menetapkan keputusan-keputusan terkait tentang lokasi, kapasitas dan jadwal pembuatan jalan, saluran air bersih dan air limbah, gedung sekolah, pusat kesehatan, taman dan pusat-pusat pelayanan serta fasilitas umum lainnya (Platt 2004).

c. Infiltrasi Tanah dan Struktur Tanah

Infiltrasi tanah adalah proses terjadinya perjalanan air dari permukaan tanah ke dalam tanah sebagai akibat dari gaya kapiler serta gaya gravitasi. Proses terjadinya infiltrasi melibatkan beberapa proses yang saling berhubungan yaitu proses masuknya air hujan melalui pori-pori permukaan tanah, tertampungnya air hujan tersebut ke dalam tanah dan proses mengalirnya

air tersebut ke tempat lain yang dipengaruhi oleh tekstur, struktur, kelembaban, organism, kedalaman dan vegetasi (Asdak 2004).

Tekstur tanah turut menentukan tata air dalam tanah berupa kecepatan infiltrasi, penetrasi dan kemampuan pengikatan air oleh tanah serta merupakan satu-satunya sifat fisik tanah yang tetap dan tidak mudah diubah oleh tangan manusia jika tidak ditambah dari tempat lain. Besarnya laju infiltrasi tanah pada lahan tak bervegetasi tidak akan pernah melebihi laju intensitas hujan, sedangkan pada kawasan lahan bervegetasi, besarnya laju infiltrasi tidak akan pernah melebihi laju intensitas curah hujan efektif.

#### d. Kemiringan Lereng

Kemiringan lereng adalah perbandingan tanah yang tererosi pada suatu kemiringan lahan terhadap tanah yang tererosi pada kemiringan lahan 9% untuk kondisi permukaan lahan yang sama (Suripin 2004). Kemiringan lereng mempengaruhi jumlah dan kecepatan limpasan permukaan, drainase permukaan, penggunaan lahan dan erosi. Diasumsikan semakin landai kemiringan lerengnya, maka aliran limpasan permukaan akan menjadi lambat dan kemungkinan terjadinya genangan atau banjir menjadi besar, sedangkan semakin curam kemiringan lereng akan menyebabkan aliran limpasan permukaan menjadi cepat sehingga air hujan yang jatuh akan langsung dialirkan dan tidak menggenangi daerah tersebut, sehingga resiko banjir menjadi kecil (Pratomo 2008). Semakin landai daerah maka tingkat kerawanan banjir tinggi begitu pula sebaliknya (Adisasmita 2008).

## 2.2. Daerah Aliran Sungai

Daerah aliran sungai (DAS) juga diartikan sebagai suatu wilayah daratan yang secara topografi dibatasi oleh punggung-punggung gunung yang menampung dan menyimpan air hujan kemudian menyalurkannya ke laut melalui sungai utama. Wilayah daratan tersebut dinamakan daerah tangkapan air (DTA atau *catchment area*) yang merupakan suatu ekosistem dengan unsur utama terdiri atas sumber daya alam (tanah, air, dan vegetasi) dan sumber daya manusia sebagai pemanfaat sumber daya alam (Asdak 2004).

Daerah aliran sungai (DAS) dapat dianggap sebagai suatu ekosistem yang dibagi menjadi daerah hulu, tengah, dan hilir. Daerah hulu DAS dicirikan sebagai daerah konservasi, kerapatan drainase lebih tinggi, kemiringan lereng besar ( $>15\%$ ), bukan daerah banjir, pengaturan pemakaian air ditentukan oleh pola drainase, dan jenis vegetasi umumnya merupakan tegakan hutan. Sementara daerah hilir DAS dicirikan daerah pemanfaatan, kerapatan drainase lebih kecil, kemiringan lereng kecil sampai sangat kecil (kurang dari  $8\%$ ), beberapa tempat merupakan daerah banjir (genangan), pengaturan pemakaian air ditentukan oleh bangunan irigasi, dan jenis vegetasi didominasi tanaman pertanian kecuali daerah estuaria didominasi oleh bakau/gambut. Daerah aliran sungai bagian tengah merupakan daerah transisi dari kedua karakteristik DAS (hulu dan hilir). DAS mempunyai karakteristik yang spesifik serta berkaitan erat dengan unsur utamanya seperti jenis tanah, tata guna lahan, topografi, kemiringan, dan panjang lereng.

### 2.3. *Internet Of Things* (IOT)

*Internet of Things* (IOT) merupakan sebuah konsep yang memungkinkan beberapa objek (mesin, peralatan dan benda fisik lain) memiliki interkoneksi di bawah naungan yang luas serta terus berkembang (Arafat 2016) (Mehta 2015).

*Internet Of Things* atau sering disebut IoT adalah sebuah gagasan dimana semua benda di dunia nyata dapat berkomunikasi satu dengan yang lain sebagai bagian dari satu kesatuan sistem terpadu menggunakan jaringan internet sebagai penghubung. Misalnya CCTV yang terpasang di sepanjang jalan dihubungkan dengan koneksi internet dan disatukan di ruang kontrol yang jaraknya mungkin puluhan kilometer atau sebuah rumah cerdas yang dapat di-*manage* lewat *smartphone* dengan bantuan koneksi internet. pada dasarnya perangkat IoT terdiri dari sensor sebagai media pengumpul data, sambungan internet sebagai media komunikasi dan server sebagai pengumpul informasi yang diterima sensor dan untuk analisa (Efendi 2018).

### 2.4. Mikrokontroler Arduino

Arduino dikatakan sebagai sebuah platform dari physical computing yang bersifat open source. Pertama-tama perlu dipahami bahwa kata “*platform*” disini adalah sebuah pilihan kata yang tepat. Arduino tidak hanya sekedar sebuah alat pengembangan, tetapi ia adalah kombinasi dari hardware, bahasa pemrograman dan *Integrated Development Environment* (IDE) yang canggih. IDE adalah sebuah software yang sangat berperan untuk menulis

program, meng-compile menjadi kode biner dan meng-*upload* ke dalam *memory microcontroller*. Ada banyak proyek dan alat-alat yang dikembangkan oleh akademisi dan profesional dengan menggunakan Arduino, selain itu juga ada banyak modul-modul pendukung (sensor, tampilan, penggerak dan sebagainya) yang dibuat oleh pihak lain untuk bisa disambungkan dengan Arduino. Arduino berevolusi menjadi sebuah platform karena ia menjadi pilihan dan acuan bagi banyak praktisi.

Salah satu yang membuat Arduino memikat hati banyak orang adalah karena sifatnya *open source*, baik untuk *hardware* maupun *software*-nya. Komponen utama di dalam papan Arduino adalah sebuah *microcontroller* 8 bit dengan merk ATmega yang dibuat oleh perusahaan ATmel Corporation. Berbagai papan Arduino menggunakan tipe ATmega yang berbeda-beda tergantung dari spesifikasinya, sebagai contoh Arduino Uno menggunakan ATmega328 sedangkan Arduino Mega 2560 yang lebih canggih menggunakan ATmega2560.

#### 2.4.1. Input dan Output Arduino

Setiap pin digital pada board Arduino Nano dapat digunakan sebagai input dan output. Dengan menggunakan fungsi *pinMode()*, *digitalWrite()*, dan *digitalRead()*. Pin-pin ini beroperasi pada tegangan 5 volts. Setiap pin mampu memberikan atau menerima arus maksimum dan memiliki resistor pull-up internal (secara default tidak terhubung) dari 20-50 kOhms. Selain itu, beberapa pin memiliki fungsi khusus:

- Serial: 0 (RX) dan 1 (TX). Digunakan untuk menerima (RX) dan mengirimkan (TX) data serial TTL. Pin ini terhubung ke pin yang sesuai dari chip ATmega8U2 USB-to-TTL Serial.
- Interupsi Eksternal: 2 dan 3. Pin ini dapat dikonfigurasi untuk memicu interrupt pada nilai yang rendah, tepi naik atau turun, atau perubahan nilai.
- PWM 3, 5, 6, 9, 10, dan 11. Menyediakan 8-bit output PWM dengan fungsi `analogWrite()`.
- SPPI: 10 (SS), 11 (MOSI), 12 (MISO), 13 (SCK). Pin ini mendukung komunikasi SPI menggunakan library SPI.
- LED: 13. Terdapat LED pin digital 13 pada board. Ketika pin bernilai TINGGI (HIGH), LED menyala (ON), ketika pin bernilai rendah (LOW), LED akan mati (OFF).
- Arduino Uno memiliki 6 input analog, berlabel A0 sampai A5, yang masing-masing menyediakan 10 bit resolusi (yaitu 1024 nilai yang berbeda). Secara *default*, 5 volt dari *Ground*.

#### 2.4.2. Bahasa Pemrograman Arduino

Banyak bahasa pemrograman yang biasa digunakan untuk program mikrokontroler, misalnya bahasa *assembly*. Namun dalam pemrograman Arduino bahasa yang dipakai adalah bahasa C. Bahasa C adalah bahasa yang sangat lazim dipakai sejak awal computer diciptakan dan sangat berperan dalam perkembangan *software*. Di internet banyak *Library* Bahasa C untuk Arduino yang bisa diunduh dengan gratis. Setiap *library* Arduino biasanya disertai dengan contoh pemakaiannya, keberadaan *library-library* ini bukan

hanya membantu kita membuat proyek mikrokontroler, tetapi bisa dijadikan sarana untuk mendalami pemrograman Bahasa C pada mikrokontroler. Berikut ini adalah penjelasan mengenai karakter bahasa C dan *software* Arduino:

a. Struktur : Setiap program Arduino (biasa disebut *sketch*) mempunyai dua buah fungsi yang harus ada.

- *Void setup() { }*

Semua kode di dalam kurung kurawal akan dijalankan hanya satu kali ketika program Arduino dijalankan untuk pertama kalinya.

- *Void loop() { }*

Fungsi ini akan dijalankan setelah setup (fungsi *void setup*) selesai. Setelah dijalankan satu kali fungsi ini akan dijalankan lagi, dan lagi secara terus- menerus sampai catu daya (power) dilepaskan.

b. Syntax : Berikut ini adalah elemen bahasa C yang dibutuhkan untuk format penulisan.

- *//*(komentar satu baris)
- */\* \*/*(komentar banyak baris)
- *{ }* (kurung kurawal
- *;* (titik koma)

c. Variabel : Sebuah program secara garis besar dapat didefinisikan sebagai instruksi untuk memindahkan angka dengan cara yang cerdas. Variabel inilah yang digunakan untuk memindahkannya. *Integer, Long, Boolean, Float, Char, Byte, Unsigned int, Unsigned long, Double, String, Array.*

- d. Operator Matematika : operator yang digunakan untuk memanipulasi angka.
- e. Operator Pembandingan : digunakan untuk membandingkan nilai logika.
- f. Struktur Pengaturan : Program sangat tergantung pada pengaturan apa yang akan dijalankan berikutnya, berikut ini elemen dasar pengaturan: *if...else* dan *for*.
- g. Digital :
  - *Pin Mode (pin, mode)*
  - *Digital Write (pin, value)*
  - *Digital Read (pin)*
- h. Analog : Arduino adalah mesin digital, tetapi mempunyai kemampuan untuk beroperasi di dalam analog.
  - *Analog Write (pin, value)*
  - *Analog Read (pin)*

#### 2.4.3. Arduino Uno

Arduino Uno adalah papan mikrokontroler berdasarkan ATmega328P. Ini memiliki 14 pin input / output digital (dimana 6 dapat digunakan sebagai output PWM), 6 input analog, kristal kuarsa 16 MHz, koneksi USB, colokan listrik, header ICSP dan tombol reset. Ini berisi semua yang dibutuhkan untuk mendukung mikrokontroler. Cukup menghubungkan ke komputer dengan kabel USB atau menyalakan dengan adaptor AC-to-DC atau baterai untuk menjalankan.

"Uno" berarti satu dalam bahasa Italia dan dipilih untuk menandai perilisan *Arduino Software* (IDE) 1.0. Uno board dan versi 1.0 dari *Arduino Software* (IDE) adalah versi referensi Arduino, sekarang berevolusi ke rilis yang lebih baru. Board Uno adalah yang pertama dari rangkaian papan Arduino USB, dan model referensi untuk platform Arduino.

#### 2.4.4. Spesifikasi Arduino Uno

Berikut ini adalah Spesifikasi yang dimiliki oleh Arduino Uno:

- a. *Microcontroller* ATmega328P
- b. *Operating Voltage* 5V
- c. *Input Voltage (recommended)* 7-12V
- d. *Input Voltage (limit)* 6-20V
- e. *Digital I/O Pins* 14 (of which 6 provide PWM output)
- f. *PWM Digital I/O Pins* 6
- g. *Analog Input Pins* 6
- h. *DC Current per I/O Pin* 20 mA
- i. *DC Current for 3.3V Pin* 50 mA
- j. *Flash Memory* 32 KB (ATmega328P) of which 0.5 KB used by bootloader
- k. *SRAM* 2 KB (ATmega328P)
- l. *EEPROM* 1 KB (ATmega328P)
- m. *Clock Speed* 16 MHz
- n. *LED\_BUILTIN* 13
- o. *Length* 68.6 mm
- p. *Width* 53.4 mm
- q. *Weight* 25 g

## 2.5. Sensor Ultrasonik Maxbotix MaxSonar EZ1

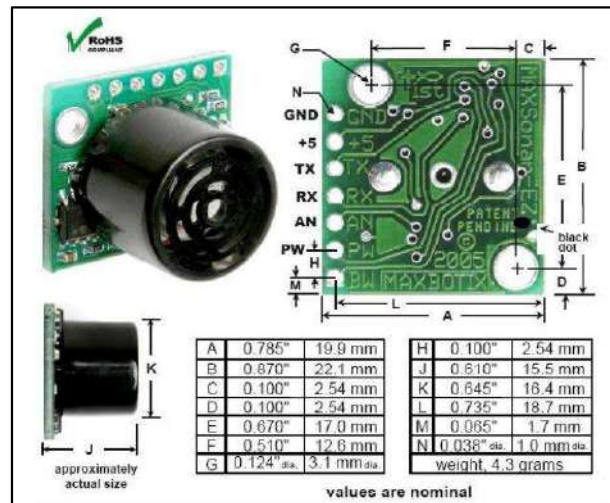
Maxbotix MaxSonar EZ1 adalah sebuah modul sensor yang menggunakan daya sebesar 2,5 – 5,5volt yang biasa digunakan untuk mengukur jarak suatu objek dengan skema pemantulan suara atau sinyal berbasis ultrasonik (lihat Gambar 2). Maxbotix MaxSonar EZ1 ini dapat mengukur jarak suatu objek dengan kapasitas dari 0,3 – 5 m. Prinsip kerja dari pengukur jarak berbasis ultrasonik ini seperti pada radar atau sonar yang memanfaatkan gema atau pantulan suara dari objek yang diinginkan, dengan menggunakan suara yang berfrekuensi tinggi. Sistemnya bekerja menggunakan *transducer* yang mengubah energi listrik menjadi suara ketika mengirim dan mengubah suara menjadi energi listrik ketika menerima pantulan suara ([www.maxbotix.com](http://www.maxbotix.com)).

### 2.5.1. Karakteristik Sensor Maxbotix MaxSonar EZ1

Sensor Maxbotix MaxSonar EZ1 memiliki karakteristik sebagai berikut:

- a. Bekerja pada catu daya 2,5 – 5,5 Volt dan menarik arus sebesar 2 mA.
- b. Hasil pembacaan data diperbaharui secara otomatis dengan jeda 50ms (20Hz).
- c. *Transfer function* untuk output analog adalah (Vcc/512) per-inci dan output pulse width 147 uS per-inci.
- d. Konsumsi daya yang rendah, sehingga cocok untuk aplikasi yang berbasiskan baterai.
- e. Memiliki *output pulse width*, tegangan analog, dan serial UART TTL (dapat bekerja semua pada waktu yang sama).
- f. Bekerja pada frekuensi 42 KHz.

- g. Dapat dioperasikan secara otomatis dalam mengukur jarak (*free-run*) ataupun manual (*triggered*).



Gambar 2. Gambar Sensor Maxbotix MaxSonar EZ1

(Sumber: [www.maxbotix.com](http://www.maxbotix.com))

### 2.5.2. Prinsip Kerja Sensor Maxbotix MaxSonar EZ1

Prinsip kerja dari sensor Maxbotix MaxSonar EZ1 ini adalah:

- Sumber energi listrik masuk ke dalam sensor lalu di dalam sensor terjadi proses *transducer* dan mengubahnya menjadi suara yang berfrekuensi tinggi (ultrasonik).
- Suara dipancarkan oleh pemancar ultrasonik merambat hingga bertemu dengan objek/benda.
- Suara yang dipancarkan tersebut kemudian akan merambat dan memantul kembali setelah terkena objek, dan akan diterima kembali oleh sensor.
- Setelah pantulan tersebut sampai di penerima ultrasonik, kemudian sinyal tersebut akan diproses untuk menghitung jaraknya.

## 2.6. Penelitian Terdahulu

Penelitian ini merujuk pada beberapa penelitian yang sudah dilakukan sebelumnya diantaranya (lihat Tabel 2):

Tabel 2. Rujukan Penelitian Terdahulu

|                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
|---------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1. Judul Penelitian | <i>Rancang Bangun Alat Pendeteksi Terjadinya Banjir Berbasis Mikrokontroller Menggunakan Sensor Ultrasonic SR04</i>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| Nama                | Rohmat Nur Ibrahim                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| Publikasi           | Jurnal Computech & Bisnis vol 15                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| Tahun               | 2021                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| Penelitian          | Lemahnya sistem penanggulangan dan pengawasan terhadap tempat yang sering terjadinya bencana banjir menjadi pemicu banyaknya kerugian yang dialami masyarakat. Jika melihat apa yang dilakukan pemerintah setelah bencana terjadi, pemerintah hanya memberikan bantuan dan solusi penanggulangan yang tidak berkesinambungan. Sebuah alat pendeteksi terjadinya banjir berbasis mikrokontroller telah dibuat, secara umum alat pendeteksi terjadinya banjir ini dirancang menggunakan mikrokontroller ATmega 8535, Sensor Ultrasonic SR04, Buzzer, Keypad, dan LCD 2x16. Melalui Keypad kita menginput jarak diteksi yang dilakukan oleh sensor dan jika jarak bahaya banjir terditeksi lalu ketinggiannya di tampilkan lewat LCD dan kemudian buzzer mengeluarkan suara sebagai peringatan akan terjadinya banjir. Alat ini memberikan peringatan lebih dini akan terjadinya banjir kepada warga untuk menghadapi banjir guna menghindari kerugian yang lebih besar. (Ibrahim and Komarudin 2021) |

Tabel 2. Lanjutan

|    |            |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
|----|------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 2. | Judul      | <i>Rancang Bangun Dual System Early Warning Flood</i>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
|    | Penelitian | <i>Detection Sebagai Solusi Cerdas Mitigasi Banjir</i>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
|    | Nama       | Dirya Andrian                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
|    | Publikasi  | Prosiding SNSA 2020, Lembaga Penerbangan dan Antariksa Nasional.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
|    | Tahun      | 2020                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
|    | Penelitian | Banjir merupakan sebuah bencana musiman yang sering terjadi di Indonesia karena memiliki iklim tropis. Sistem peringatan dini banjir sudah banyak dikembangkan, terutama di kota-kota besar. Instalasi sistem peringatan dini di kota memakan anggaran yang besar, sehingga sistem peringatan dini untuk daerah kecil yang rawan terjadi banjir tidak terjangkau. Dual System Early Warning Flood Detection merupakan sebuah inovasi yang dikembangkan dengan tujuan sebagai solusi mitigasi pada daerah rawan bencana banjir. Secara fungsional inovasi yang dikembangkan tidak jauh berbeda dengan sistem early warning banjir yang telah ada. Inovasi ini membawa keunggulan dengan pembiayaan low cost sehingga warning banjir dapat ditempatkan di banyak titik rawan terdampak bencana, hingga peringatan banjir yang bersifat pribadi melalui SMS kepada 21 aparat berwenang dalam mitigasi banjir. Dual system yang diunggulkan pada inovasi ini adalah dengan adanya dua sensor pendeteksi muka air di hulu sungai sehingga mengurangi terjadinya kesalahan deteksi banjir. Dual system juga dikembangkan dalam pengiriman isyarat warning yaitu dengan menggunakan SMS dan RC transmitter. (Andriyan 2020) |

Tabel 2. Lanjutan

|    |            |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
|----|------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 3. | Judul      | <i>Implementasi Pendeteksi Dini Bahaya Banjir</i>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
|    | Penelitian | <i>Implementation Of Early Detection Of Flood</i>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
|    | Nama       | Siti Nur Azizah Sugiharto                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
|    | Publikasi  | e-Proceeding o Engineering vol 6                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
|    | Tahun      | 2019                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
|    | Penelitian | <p>Saat ini banjir masih merupakan salah satu bencana yang sering terjadi di Indonesia khususnya di daerah Kabupaten Bandung. Banjir pun mempunyai dampak yang sangat merugikan bagi masyarakat terutama masyarakat yang bertempat tinggal di dekat bantaran sungai. Karenanya harus ada tanda peringatan dini kepada masyarakat untuk dapat mengantisipasinya luapan sungai yang dapat menimbulkan bencana banjir tersebut. Sistem pendeteksi dini bahaya banjir ini dirancang dengan sensor water flow dan sensor ultrasonik. Kedua sensor tersebut merupakan sensor yang dapat mengukur debit air dan mengukur ketinggian air. Selain itu, sistem ini juga dilengkapi dengan alarm yang akan memberi tanda kepada masyarakat mengenai kondisi air sungai yang diteliti, apakah air sungai tersebut dalam keadaan aman atau tidak. Alarm ini bermanfaat untuk memberi peringatan kepada masyarakat akan datangnya banjir sehingga masyarakat pun dapat mempersiapkan diri dan menyelamatkan harta benda mereka. Pada tugas akhir ini, didapatkan hasil rata-rata akurasi untuk sensor water flow sebesar 98,311% dengan rata-rata error 1,689% dan hasil rata-rata akurasi untuk sensor ultrasonik sebesar 99,7756% dengan rata-rata error 0,2244%. Dengan adanya sistem pendeteksi dini bahaya banjir ini diharapkan dapat menjadi salah satu solusi untuk masalah bencana banjir yang kerap terjadi.</p> |

Tabel 2. Lanjutan

|    |            |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
|----|------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 4. | Judul      | <i>Aplikasi Sensor Ultrasonik HC-SR04 Sebagai Jarak Iring</i>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
|    | Penelitian | <i>Aman Pada Kendaraan Berbasis Arduino Nano</i>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
|    | Nama       | Risen M. Elezer                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
|    | Publikasi  | Universitas Sumatera Utara                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
|    | Tahun      | 2019                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
|    | Penelitian | Pendeteksi jarak aman pada kendaraan merupakan salah satu alat rancangan yang mampu mendeteksi jarak aman pada kendaraan. Perancangan alat ini menggunakan mikrokontroler Arduino Uno dengan memanfaatkan sensor HC-SR04. Pengujian alat ini digunakan menggunakan segala macam objek. Hasil pendeteksian menunjukkan bahwa jarak dibawah 150 cm adalah jarak yang tidak aman terhadap kendaraan, sedangkan jarak diatas 150 cm adalah jarak aman terhadap kendaraan.                                                                                                                                        |
| 5. | Judul      | <i>Analisis Potensi Bencana Banjir Hilir Daerah Aliran</i>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
|    | Penelitian | <i>Sungai Way Kuripan Kota Bandar Lampung</i>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
|    | Nama       | Ayudia Hardiyani Kiranaratri                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
|    | Publikasi  | Universitas Brawijaya                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
|    | Tahun      | 2019                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
|    | Penelitian | Sungai Way Kuripan merupakan salah satu sungai di Bandar Lampung yang meluap saat musim hujan. Bagian hilir sungai melewati beberapa kecamatan, yaitu Pesawahan, dan Kota Karang. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menganalisis tinggi muka air sungai pada saat musim hujan tiba. Berdasarkan penelitian survei, bagian hulu Sungai Way Kuripan di Perbukitan Betung memiliki lebar sungai $\pm 20$ m dan kedalaman sungai 4,51 m. Sedangkan bagian hilir lebar sungai $\pm 10$ m dan kedalaman sungai 2,78 m. Analisis menggunakan Metode Integrasi Grafis. Didapatkan, tinggi muka air sungai pada |

Tabel 2. Lanjutan

---

|               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
|---------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 5. Penelitian | saat musim hujan adalah $3,0793 \text{ m} < 4,51 \text{ m}$ . Hal ini dinilai aman karena debit air masih tertampung oleh sungai. Namun tidak dengan kondisi hilir, ketinggian air sungai mencapai $5.216 \text{ m} > 2,78 \text{ m}$ . Akibatnya, DAS yang dilalui (Kecamatan Pesawahan dan Kota Karang), mengalami banjir karena debit air yang meluap. |
|---------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

---

## BAB III METODOLOGI PENELITIAN

### 3.1. Lokasi Penelitian

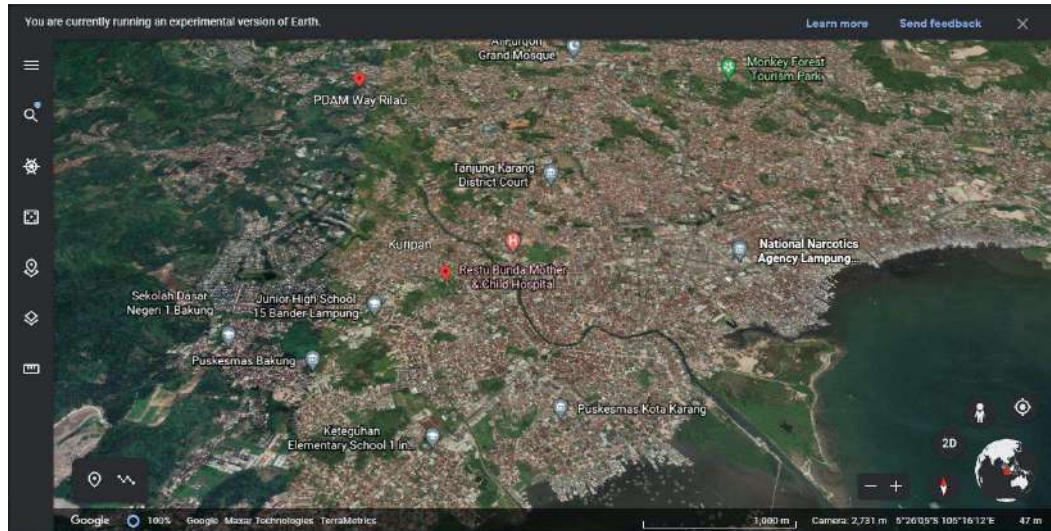
Laboratorium Hidraulika Teknik Sipil Institut Teknologi Sumatera (lihat Gambar 3 dan 4). Serta lokasi yang digunakan sebagai acuan penentuan tinggi banjir yang akan dianalisis adalah sungai way kuripan (lihat Gambar 5).



Gambar 3. Lokasi Penelitian  
(Sumber: <https://earth.google.com/web/>)



Gambar 4. Laboratorium Hidraulika Teknik Sipil (Saluran Multiguna)



Gambar 5. Lokasi Sungai Way Kuripan  
(Sumber: <https://earth.google.com/web/>)

### 3.2. Alat dan Bahan

Alat yang akan digunakan terbagi menjadi dua sistem, yaitu sistem hulu dan sistem hilir. Sistem hulu menggunakan konsep IoT (*Internet of Thing*), sebuah konsep dimana suatu sistem memiliki kemampuan untuk mentransfer data melalui jaringan tanpa adanya interaksi antar manusia ataupun manusia ke komputer. Sistem hulu ini dilengkapi dengan sensor jarak ultrasonik dan saklar pelampung untuk memonitor ketinggian air. Sistem hulu akan mengirimkan *warning* ketika ketinggian air telah masuk dalam kondisi waspada (lihat Tabel 3) dengan mengirimkan instruksi untuk menghidupkan sirine kepada sistem hilir dan mengirimkan SMS kepada pihak berwenang.

Sistem hilir dirancang untuk menerima kondisi *warning* dan memberikan suatu peringatan yang mudah di terima oleh masyarakat melalui alarm/sirine. Sistem hilir merupakan sistem inti yang akan digunakan dalam menyebarkan

informasi kepada masyarakat terkait bahaya banjir yang akan datang. Selain informasi diberikan melalui alarm/sirine juga disampaikan melalui SMS kepada pihak berwenang terkait mitigasi bencana. Perangkat keras yang akan digunakan dalam merancang sistem peringatan dini pendeteksi banjir (lihat Tabel 4).

Tabel 3. Kategori untuk Setiap Kondisi Pada Skala Laboratorium

| <b>Jarak Air ke Sistem Hulu (mm)</b> |         |                  |
|--------------------------------------|---------|------------------|
| > 500                                | 500-400 | < 400            |
| Aman                                 | Aman    | Waspada - Bahaya |

Tabel 4. Perangkat Keras Pembangun Sistem Peringatan Dini

| No          | Alat dan Bahan                        | Fungsi                    |
|-------------|---------------------------------------|---------------------------|
| Sistem hulu |                                       |                           |
| 1           | <i>Power Supply</i> DC 12V            | Daya sistem               |
| 2           | Arduino Uno                           | <i>Controller system</i>  |
| 3           | SIM800L GSM dan RC <i>transmitter</i> | Pengirim informasi        |
| 4           | SIM <i>card</i>                       | SMS <i>sending</i>        |
| 5           | LM2596                                | <i>Step down</i> tegangan |
| 6           | Sensor Maxbotix MaxSonar EZ1          | Sensor muka air           |
| 7           | Relay pelampung air                   | Sensor muka air           |
| 8           | Box alat                              | <i>Packaging</i>          |

Tabel 4. Lanjutan

| No           | Alat dan Bahan                     | Fungsi                    |
|--------------|------------------------------------|---------------------------|
| Sistem hilir |                                    |                           |
| 1            | <i>Power Supply</i> DC 12V         | Daya sistem               |
| 2            | Arduino Uno                        | <i>Controller system</i>  |
| 3            | SIM800L GSM dan RC <i>receiver</i> | Penerima informasi        |
| 4            | SIM card                           | SMS <i>receiver</i>       |
| 5            | LM2596                             | <i>Step down</i> tegangan |
| 6            | Speaker Sirine                     | Isyarat <i>warning</i>    |
| 7            | Box alat                           | <i>Packaging</i>          |

Ada tiga bagian inti perangkat keras yang membangun sistem ini adalah sensor, *processing* dan transmisi data.

- a. Sensor, adalah peralatan yang digunakan untuk mendeteksi adanya gejala atau sinyal yang berasal dari perubahan suatu energi (listrik, kimia, mekanik dan lainnya). Untuk mendeteksi ketinggian air pada sistem ini digunakan sensor ultasonik berjenis Maxbotix MaxSonar EZ1 (lihat Gambar 6) yang berfungsi untuk mendeteksi jarak objek dengan memancarkan gelombang ultasonik, serta relay/saklar pelampung sebagai pendeteksi ketinggian air tambahan. Ada dua bagian berbentuk lingkaran yang merupakan sebuah *transmitter* dan *receiver*. Fungsi dari *ultrasonic transmitter* adalah memancarkan gelombang ultasonik dengan frekuensi 40 KHz kemudian *ultrasonic receiver* menangkap hasil pantulan gelombang ultasonik yang mengenai suatu objek. Waktu tempuh gelombang

ultrasonik dari sebanding dengan 2 kali jarak antara sensor dengan objek sebagai bidang pantul.



Gambar 6. Sensor Ultrasonik Maxbotix MaxSonar EZ1

(Sumber: [www.adafruit.com](http://www.adafruit.com))

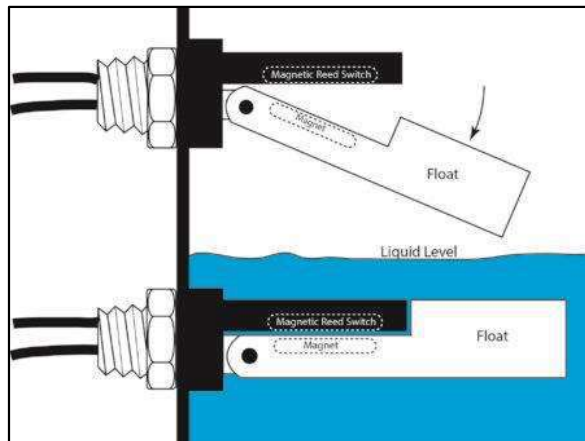
Lalu ada juga alat relay atau saklar pelampung (lihat Gambar 7) untuk tinggi muka air yang akan digunakan sebagai pembanding sensor ultrasonik yang ada. Prinsip kerja dari relay pelampung ini pada saat air sampai pada batas ketinggian yang telah ditentukan (sesuai pada Tabel 3) maka bagian *float* (lihat Gambar 8) akan mengapung mengikuti air yang makin lama akan semakin naik. Sampai bagian *magnetic* di *float* bertemu dengan *magnetic switch* yang akan memberikan sinyal bahwa air sudah sampai pada ketinggian maksimum (banjir).

- b. *Processing*, dalam pemrosesan data digunakan perangkat keras berbasis Arduino Uno yaitu mikrokontroler ATmega328 (lihat Gambar 9) yang telah terdesain menjadi papan minimum dengan kemampuan pemrosesan

8bit, 2 KB RAM, 1 kB dengan kecepatan clock 16 MHz. Arduino Uno memiliki port I/O yang berjumlah 14pin digital dan 6 pin analog.



Gambar 7. Saklar Pelampung Tinggi Muka Air



Gambar 8. Sistem Kerja Saklar Pelampung

(Sumber: <https://techblog.ctgclean.com/2020/02/liquid-level-sensors-floats/>)



Gambar 9. Arduino Uno

(Sumber: [arduino.cc](http://arduino.cc))

Arduino merupakan sebuah mikrokontroller yang biasa digunakan untuk berbagai pemrosesan data digital maupun analog. Arduino tidak hanya disediakan sebagai *controller*, namun juga tersedia sensor-sensor yang dapat digunakan dan dapat terintegrasi.

- c. Transmisi data, digunakan untuk melakukan pengiriman peringatan yang dideteksi sistem hulu kepada sistem hilir dengan menggunakan perangkat keras modul SIM800L (lihat Gambar 10) sebagai komunikasi. SIM800L merupakan suatu modul GSM yang dapat mengakses GPRS untuk mengirimkan data ke internet dengan sistem M2M.



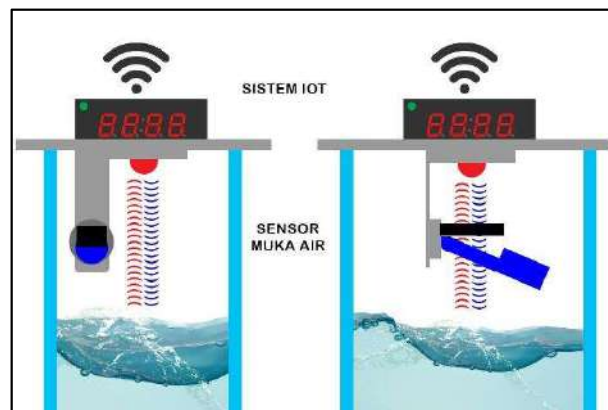
Gambar 10. SIM800L v2

(Sumber: *arduino.cc*)

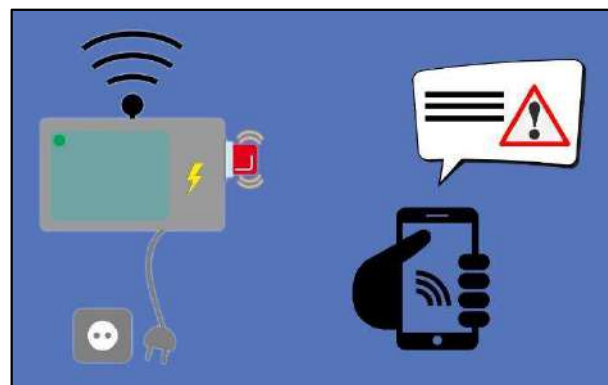
### 3.3. Perancangan Perangkat Keras

Perancangan perangkat keras dilakukan untuk membuat alat pendeteksi banjir ini bekerja secara sinergis, baik itu sensor ultrasonik pendeteksi tinggi muka air dan relay pelampung yang dipasang sesuai dengan level ketinggian air pada kondisi waspada/bahaya, serta perangkat Arduino Uno sebagai mikrokontroler

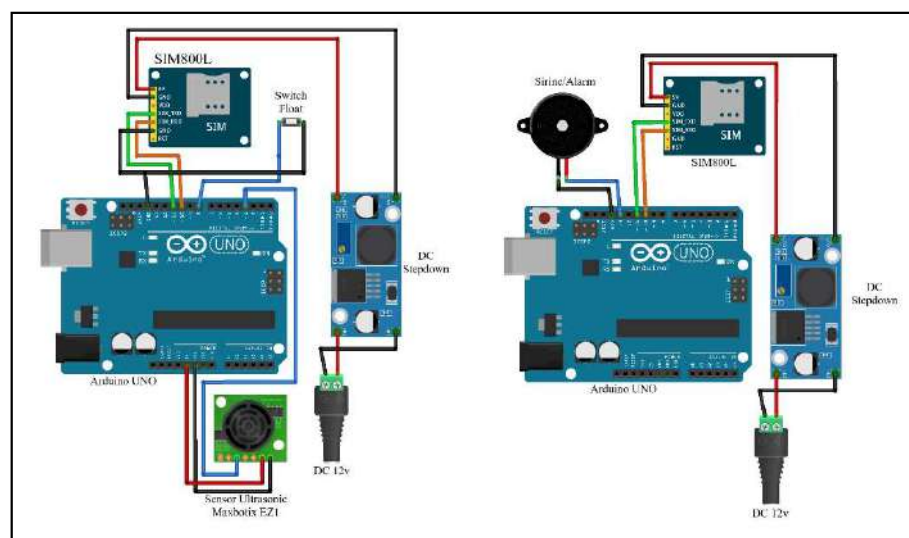
penggerak sistem IoT nya bekerja. (lihat Gambar 11 - 13)



Gambar 11. Desain Sistem Hulu Tampak Depan (kiri) dan Tampak Samping (kanan)



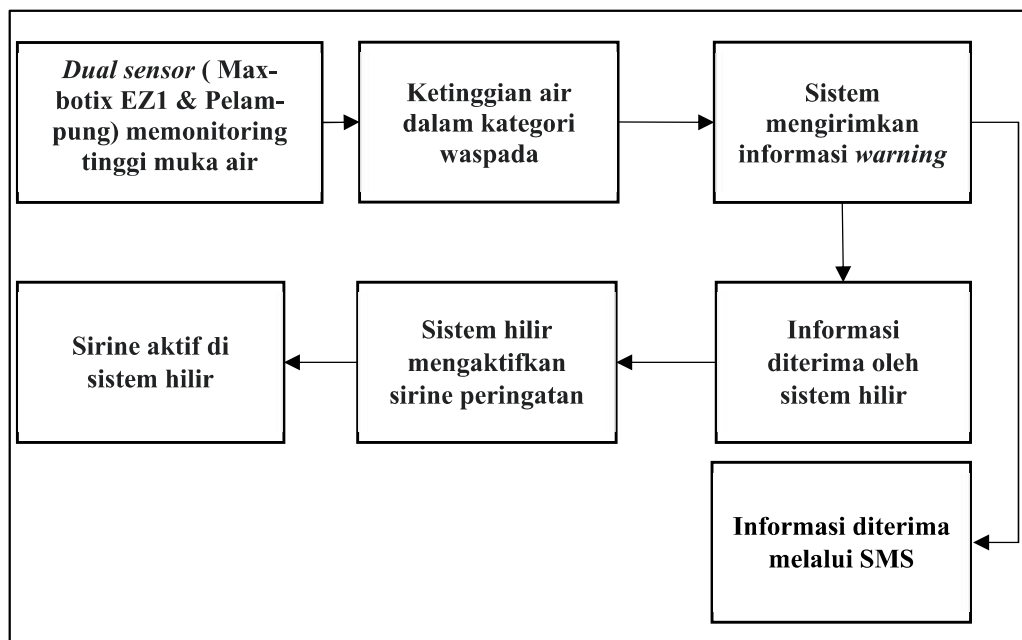
Gambar 12. Desain Sistem Hilir



Gambar 13. *Wiring Diagram* Sistem Hulu (kiri) dan Hilir (kanan)

### 3.4. Perancangan Perangkat Lunak

Perancangan perangkat lunak pada sistem dilakukan untuk menentukan beberapa parameter yang diperlukan, seperti menentukan kategori ketinggian air dalam kondisi rendah hingga tinggi, menentukan kemana dan kepada siapa *warning* akan dikirimkan hingga berjalannya sistem secara keseluruhan. Perangkat lunak yang digunakan adalah *software* Arduino yang dapat diakses secara gratis. Diagram alir bagaimana sistem peringatan dini banjir ini adalah sebagai berikut (lihat Gambar 14):



Gambar 14. Proses Peringatan Dini pada Perangkat Lunak

Sistem hulu sungai melakukan monitoring ketinggian air secara *real time* menggunakan sensor ultrasonik dan juga terdapat sebuah saklar yang akan aktif ketika pelampung terangkat oleh permukaan air. Ketinggian air dapat disesuaikan dengan kondisi lapangan memperhatikan tingkat kerawanan banjir. Ketika kondisi air masuk dalam kategori waspada, maka sistem hulu akan melakukan pengiriman SMS ke sistem hilir dan sistem akan mengirimkan

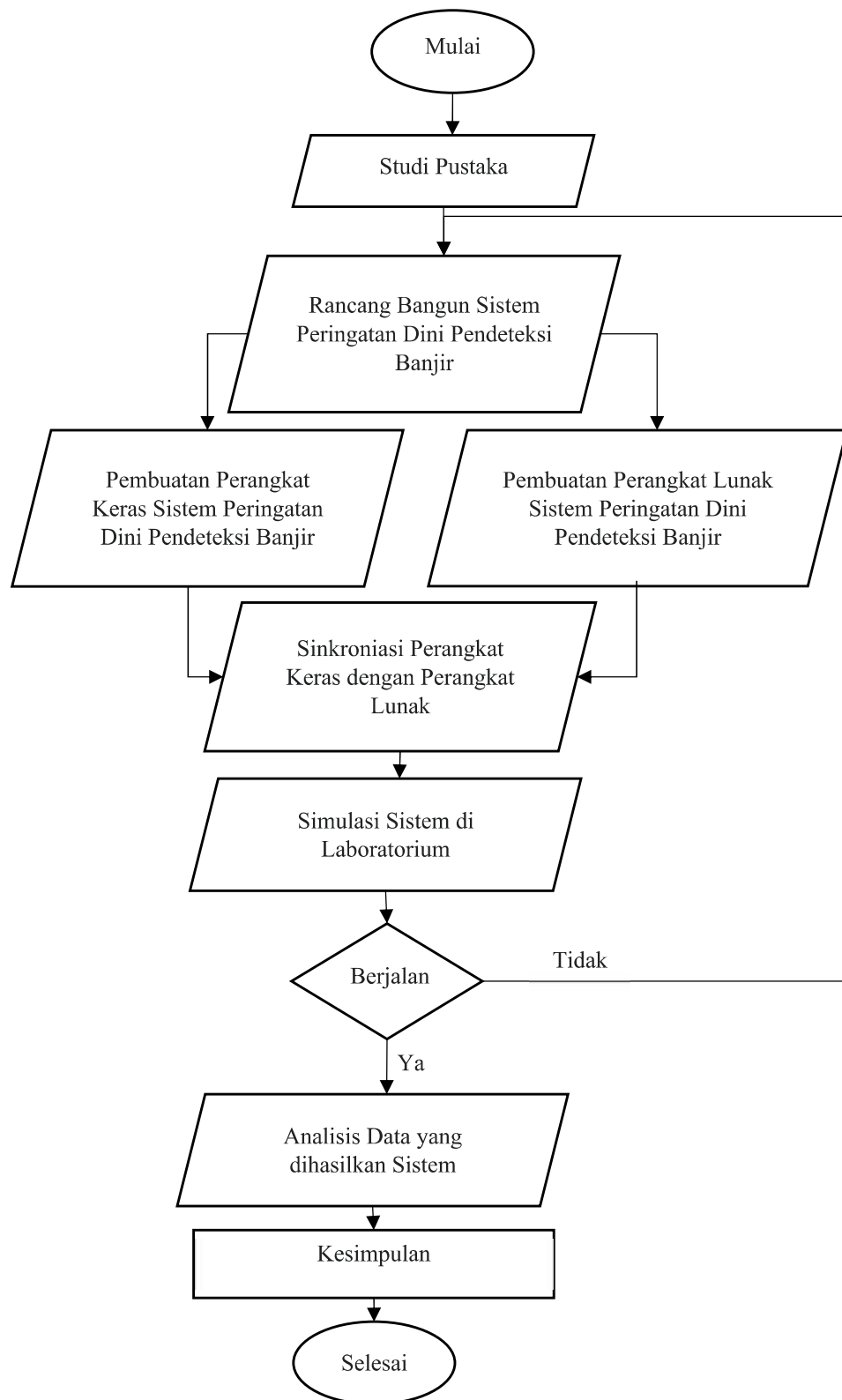
SMS berisi pesan *warning* kepada orang yang dituju. Ketika sistem hilir menerima pesan SMS maka sistem hilir sungai akan mengaktifkan sirine sebagai tanda peringatan bahaya banjir.

### 3.5. Simulasi dan Analisis Sistem Peringatan Dini

Simulasi ini bertujuan untuk menjalankan sistem yang telah dibuat sesuai dengan rencana, dengan mensinkronkan sistem yang ada di perangkat keras yang sudah dirancang dengan sistem perangkat lunaknya sehingga dapat berjalan prosesnya secara *real time* dan dilaksanakan di Laboratorium. Analisis yang dilakukan pada sistem adalah pada keakuratan data yang dihasilkan dari sistem, mulai dari data monitoring tinggi air sebagai penentuan kriteria dari hasil pemrosesan perangkat lunaknya. Analisis juga dilakukan pada kecepatan dalam proses transmisi data hingga seseorang mendapatkan peringatan berupa SMS.

### 3.6. Diagram Alir Penelitian

Pada penelitian ini dapat dijadikan sebuah diagram alir penelitian yang ditampilkan pada Gambar 15.



Gambar 15. Diagram Alir Penelitian

## **BAB V KESIMPULAN DAN SARAN**

### **5.1. Kesimpulan**

Berdasarkan hasil pengujian laboratorium, analisa dan perancangan sistem peringatan dini pendeteksi banjir berbasis IOT ini dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Dengan dibuatnya sistem peringatan dini pendeteksi banjir berbasis IOT ini maka kita dapat mendeteksi kejadian banjir yang akan datang secara otomatis dan *realtime*.
2. Keakuratan sensor ultrasonik Maxbotix EZ 1 dalam mendeteksi ketinggian air sudah mendekati dengan hasil pengukuran biasa menggunakan penggaris, dengan skala kesalahan  $\pm 1$  mm tiap pengukuran.
3. Terkait keefektifan keseluruhan kinerja sistem yang telah dibuat dapat dikatakan efektif karena nilai kecepatan waktu pengiriman peringatan ke sistem hilir sebesar 7,44 detik dan pengiriman peringatan berupa SMS rata-rata 22,87 detik yang lebih kecil jika dibanding waktu rambat banjir sungai kiripan yakni sebesar 1,49 jam.

### **5.2. Saran**

Setelah dilakukannya analisis terhadap sistem peringatan dini pendeteksi banjir berbasis IOT ini, maka terdapat beberapa saran sebagai pengembangan pada sistem selanjutnya yaitu:

1. Sistem yang telah dibuat dengan menggunakan sensor Maxbotix EZ1 ini adalah sensor yang memiliki keakuratan yang tinggi, tetapi memiliki tingkat pembacaan maksimum yang terbatas, sehingga diperlukan sensor lain yang dapat mendeteksi ketinggian secara akurat serta tingkat pembacaan maksimum yang lebih besar lagi jika ingin digunakan dalam keadaan eksisting di lapangan.
2. Sistem ini membutuhkan daya listrik, sehingga pada keadaan tertentu di lapangan yang jika tidak memiliki jalur listrik maka diperlukan sistem lain berupa baterai atau pemasok listrik bertenaga matahari ataupun tenaga listrik lain.

## DAFTAR PUSTAKA

- Adisasmita, R., 2008. *Pengembangan Wilayah: Konsep dan Teori*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Andriyan, D., 2020. Rancang Bangun Dual System Early Warning Flood Detection Sebagai Solusi Cerdas Mitigasi Banjir. *In: Prosiding Seminar Nasional Sains Atmosfer*. Lembaga Penerbangan dan Antariksa Nasional.
- Arafat, 2016. Sistem Pengaman Pintu Rumah Berbasis Internet Of Things (IoT) Dengan ESP8266. *Jurnal Ilmiah Fakultas Teknik 'Technologia'*, 7 (4), 262–268.
- Asdak, C., 2004. *Hidrologi dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai*. Revisi. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Badan Nasional Penanggulangan Bencana, 2017. *Buku Pedoman Latihan Kesiapsiagaan Bencana*. Direktorat Kesiapsiagaan Deputi Bidang Pencegahan dan Kesiapsiagaan.
- Badan Nasional Penanggulangan Bencana, 2018. *Buku Panduan Hari Kesiapsiagaan Bencana*. Direktorat Kesiapsiagaan Deputi Bidang Pencegahan dan Kesiapsiagaan.
- Efendi, Y., 2018. Internet Of Things (Iot) Sistem Pengendalian Lampu Menggunakan Raspberry Pi Berbasis Mobile. *Jurnal Ilmiah Ilmu Komputer*, 4 (1), 19–26.

- Ibrahim, R.N. and Komarudin, 2021. Rancang Bangun Alat Pendeteksi Terjadinya Banjir Berbasis Mikrokontroler Menggunakan Sensor Ultrasonic SR04. *Jurnal CompuTech & Bisnis*, 15 (1), 46–51.
- Kiranaratri, A.H., Simarmata, N., and Hidayat, D., 2019. Analisis Potensi Bencana Banjir Hilir Daerah Aliran Sungai Way Kuripan Kota Bandar Lampung. *Rekayasa Sipil UB*, 13 (2), 147–152.
- Kusumastuti, D.I. and Jokowinarno, D., 2012. Time Step Issue in Unit Hydrograph for Improving Runoff Prediction in Small Catchments. *Journal of Water Resource and Protection*, 04 (08), 686–693.
- Mehta, M., 2015. ESP 8266: A Breakthrough in Wireless Sensor Networks and Internet of things. *International Journal of Electronics and Communication Engineering & Technology (IJCET)*, 6 (8), 7–11.
- Mori, K., Sosrodarsono, Ir.S., and Takeda, K., 2003. *Hidrologi Untuk Pengairan*. 9th ed. Jakarta: PT Pradnya Paramita.
- Platt, R.H., 2004. *Land Use and Society: Geography, Law, and Public Policy*. Revised. Washington: Island Press.
- Pratomo, A.J., 2008. Analisis Kerentanan Banjir di Daerah Aliran Sungai Sengkarang Kabupaten Pekalongan Provinsi Jawa Tengah dengan Bantuan Sistem Informasi Geografis. Skripsi. Universitas Muhammadiyah Surakarta, Surakarta.
- Rafi'i, C. Van, Kusumastuti, D.I., and jokowinarno, J., 2013. Geospatial Analysis of Land Use Change in Way Kuripan Watershed, Bandar Lampung City. In: *International Conference on Engineering and Technology Development (ICETD)*. 99–104.

- Sesunan, D., 2014. Analisis Kerugian Akibat Banjir di Bandar Lampung. *Jurnal Teknik Sipil UBL*, 5 (1), 559–584.
- Suherlan, E., 2001. Zonasi Tingkat Kerentanan Banjir Kabupaten Bandung menggunakan Sistem Informasi Geografis. Institut Pertanian Bogor.
- Suripin, 2004. *Sistem Drainase Perkotaan yang Berkelanjutan*. Yogyakarta: Andi.
- Wismarini, Th.D. and Sukur, M., 2015. Penentuan Tingkat Kerentanan Banjir Secara Geospasial. *Jurnal Teknologi Informasi DINAMIK*, 20 (1), 57–76.