



SISTEM PREDIKSI DAN PERINGATAN DINI BENCANA BANJIR BERBASIS *INTERNET OF THINGS* MENGGUNAKAN ALGORITMA *GATED RECURRENT UNIT* (GRU)

TUGAS AKHIR

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik pada Program
Studi Teknik Elektro Fakultas Sains dan Teknologi



Oleh:

RULI INDRAWAN

11850512507

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI**

**UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SULTAN SYARIF KASIM RIAU
PEKANBARU**

2025



Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

LEMBAR PERSETUJUAN

**SISTEM PREDIKSI DAN PERINGATAN DINI BENCANA BANJIR
BERBASIS INTERNET OF THINGS MENGGUNAKAN
ALGORITMA GATED RECURRENT UNIT (GRU)**

TUGAS AKHIR

Oleh :

RULI INDRAWAN
11850512507

Telah diperiksa dan disetujui sebagai Laporan Tugas Akhir
Program Studi Teknik Elektro Di Pekanbaru, Pada Tanggal 11 Juli 2025

Ketua Program Studi

Dr. Zulfatri Aini, S.T., M.T.
NIP. 19721021 200604 2 001

Pembimbing

Ir. Oktaf Brilliant Kharisma, S.T., M.T.
NIP. 19841012 201503 1 003



Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

LEMBAR PENGESAHAN

**SISTEM PREDIKSI DAN PERINGATAN DINI BENCANA BANJIR
BERBASIS INTERNET OF THINGS MENGGUNAKAN
ALGORITMA GATED RECURRENT UNIT (GRU)**

TUGAS AKHIR

Oleh:

RULI INDRAWAN
11850512507

Telah dipertahankan di depan Sidang Dewan Penguji
Sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik
Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau
di Pekanbaru, pada Tanggal 11 Juli 2025


Pekanbaru, 11 Juli 2025

Mengesahkan



Dekan
Dr. Yuslenita Muda, S.Si., M. Sc.
NIP. 19770103 200710 2 001

Ketua Program Studi


Dr. Zulfatri Aini, S.T., M.T.
NIP. 1972102 1200604 2 001

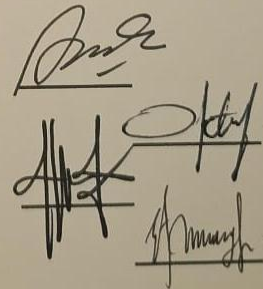
Dewan Penguji :

Ketua Sidang : Dr. Fitri Amillia, S.T., M.T.

Sekretaris : Ir. Oktaf Brillian Kharisma, S.T., M.T.

Anggota 1 : Dr. Alex Wenda, S.T., M.Eng

Anggota 2 : Ewi Ismaredah, S.Kom., M.Kom.



**Hak Cipta Diindungi Undang-Undang**

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Ruli Indrawan
NIM : 11850512507
Tempat /Tanggal Lahir : Batu Gajah 09 Juli 2000
Fakultas : Sains dan Teknologi
Prodi : Teknik Elektro
Judul Skripsi : Sistem Prediksi dan Peringatan Dini Bencana Banjir Berbasis Internet Of Things Menggunakan Algoritma Gated Recurrent Unit (GRU)

Menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa :

1. Penulisan Skripsi dengan judul “Sistem Prediksi dan Peringatan Dini Bencana Banjir Berbasis Internet Of Things Menggunakan Algoritma Gated Recurrent Unit (GRU)” adalah hasil pemikiran dan penelitian saya sendiri.
2. Semua kutipan pada karya ilmiah saya sudah disebutkan sumbernya.
3. Oleh karena itu Skripsi saya ini, saya nyatakan bebas dari plagiat.
4. Apabila dikemudian hari terbukti terdapat plagiat dalam penulisan Skripsi saya tersebut, maka saya bersedia menerima sanksi sesuai peraturan perundang-undang.

Demikianlah surat pernyataan ini saya buat dengan penuh kesadaran dan tanpa paksaan dari pihak manapun juga.

Pekanbaru, 21 Juli 2025
Yang membuat pernyataan,

Ruli Indrawan
NIM 11850512507



SISTEM PREDIKSI DAN PERINGATAN DINI BENCANA BANJIR BERBASIS *INTERNET OF THINGS* MENGGUNAKAN ALGORITMA *GATED RECURRENT UNIT (GRU)*

RULI INDRAWAN

NIM: 11850514520

Tanggal Sidang:

Program Studi Teknik Elektro

Fakultas Sains dan Teknologi

Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau

Jl. Soebrantas No. 155 Pekanbaru

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan mengimplementasikan sistem prediksi dan peringatan dini bencana banjir berbasis *Internet of Things* (IoT) menggunakan algoritma *Gated Recurrent Unit* (GRU). Sistem ini memanfaatkan sensor HC-SR04 untuk mengukur ketinggian air dan *Water Tipping Bucket* untuk mencatat curah hujan, dengan mikrokontroler ESP32 sebagai pengolah dan pengirim data ke *server cloud*. Data historis diproses oleh model GRU untuk memprediksi ketinggian air, yang hasilnya ditampilkan melalui platform Blynk dan *website* yang dapat diakses lewat *smartphone* Android. Hasil uji menunjukkan tingkat akurasi tinggi, baik dari sensor (dengan rata-rata selisih pengukuran <1 cm) maupun dari model prediksi GRU berdasarkan evaluasi metrik RMSE, MAE, dan MSE. Sistem juga dilengkapi dengan LCD dan *buzzer* sebagai peringatan lokal, serta diharapkan dapat membantu masyarakat dalam mitigasi banjir secara lebih cepat dan efektif, khususnya di wilayah rawan seperti Provinsi Riau.

Kata Kunci: *Internet of Things*, Banjir, Prediksi, GRU, ESP32, Sensor HC-SR04, *Water Tipping Bucket*



PERANCANGAN SISTEM PEMANTAUAN SERTA PENGENDALIAN DAYA LISTRIK BERBASIS IOT PADA SMART HOME YANG TERINTEGRASI DENGAN WEB DAN WHATSAPP

RULI INDRAWAN

NIM: 11850512507

Date of Final Exam:

*Departement of Electrical Engineering
Faculty of Science and Technology
State Islamic University Sultan Syarif Kasim
Jl. Soebrantas No. 155 Pekanbaru*

ABSTRACT

This study aims to design and implement a flood disaster prediction and early warning system based on the Internet of Things (IoT) using the Gated Recurrent Unit (GRU) algorithm. The system utilizes the HC-SR04 ultrasonic sensor to measure water level and a Water Tipping Bucket to record rainfall, with an ESP32 microcontroller serving as the data processor and transmitter to a cloud server. Historical data is processed by the GRU model to predict future water levels, and the results are displayed via the Blynk platform and a website accessible through Android smartphones. Testing showed high accuracy, with average sensor error below 1 cm and strong GRU performance based on RMSE, MAE, and MSE evaluation metrics. The system also features an LCD and buzzer for local alerts and is expected to help communities respond more quickly and effectively to flood threats, particularly in high-risk areas such as Riau Province.

Keywords: *Internet of Things, Flood, GRU, Prediction, ESP32, HC-SR04 Sensor, Water Tipping Bucket*



KATA PENGANTAR



Assalammu 'alaikum wa rahmatullahi wa barakatuh.

Alhamdulillah Rabbil Alamin, Puji syukur penulis panjatkan kepada Allah swt, berkat rahmat dan karunia yang telah dilimpahkan-NYA, sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul **“SISTEM PREDIKSI DAN PERINGATAN DINI BENCANA BANJIR BERBASIS INTERNET OF THINGS MENGGUNAKAN ALGORITMA GATED RECURRENT UNIT (GRU)”**

Shalawat dan salam tak lupa dipanjkatkan kepada junjungan Alam yakni Nabi Muhammad SAW. Tugas Akhir ini disusun sebagai salah satu syarat kelulusan dalam menyelesaikan Tugas akhir di Program Studi Teknik Elektro Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau.

Terdapat banyak pihak yang telah membantu penulis dalam menyusun Tugas Akhir ini, baik secara moril maupun materil. Untuk itu pada kesempatan ini penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada:

1. Orang tua beserta keluarga besar yang senantiasa memberi dukungan serta mendoakan sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir.
2. Bapak Prof. Dr. Hj. Leny Nofianti, M. Si, SE, Ak, CA selaku Rektor UIN SUSKA Riau beserta kepada seluruh staf dan jajarannya.
3. Ibu Dr. Yuslenita Muda, M.Sc selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi UIN SUSKA Riau beserta kepada seluruh Pembantu Dekan, Staf dan jajarannya.
4. Ibu Zulfatri Aini, S.T., MT selaku ketua Program Studi Teknik Elektro Fakultas Sains dan Teknologi UIN SUSKA Riau.
5. Bapak Sutoyo, S.T., M.T selaku sekretaris Program Studi Teknik Elektro Fakultas Sains dan Teknologi UIN SUSKA Riau.
6. Bapak Jufrizel, S.T., M.T selaku Dosen Pembimbing Akademik yang membimbing dari semester 1 hingga penulis menyelesaikan Tugas Akhir ini.
7. Bapak Ir. Oktaf Brilliant Kharisma, S.T., M.T., IPM., APEC_Eng selaku Dosen Pembimbing Tugas Akhir selama ini dengan sabar dan selalu membimbing serta memberikan motivasi kepada penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
8. Bapak Dr. Alex Wenda, S.T., M.Eng. selaku dosen pengampu mata kuliah Tugas



Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan sumber:
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

Akhir 1 yang telah bersedia meluangkan waktu untuk memberi kritikan dan saran yang sangat membangun terhadap penulis.

9. Bapak Dr. Alex Wenda, S.T., M.Eng. selaku dosen Penguji I yang telah bersedia meluangkan waktu untuk memberi kritikan dan saran yang sangat membangun terhadap penulis.
10. Ibu Ewi Ismaredah, S. Kom., M. Kom selaku dosen Penguji II yang telah bersedia meluangkan waktu untuk memberi kritikan dan saran yang sangat membangun terhadap penulis.
11. Bapak dan Ibu dosen Program Studi Teknik Elektro yang telah memberikan bimbingan dan curahan ilmu kepada penulis sehingga bisa menyelesaikan Tugas Akhir ini.
12. Kepada orang tua saya M. Ali Khairul dan Masni yang telah berjuang berupa materi, tenaga apapun serta memberikan dukungan, dorongan dan motivasi kepada penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
13. Rekan-rekan Teknik Elektro Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau yang tidak dapat disebutkan satu-persatu yang juga turut memberikan dorongan semangat kepada penulis untuk dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini.

Penulis berharap segala bentuk bantuan, baik moril maupun materil, mendapatkan balasan pahala dari Allah SWT. Penulis juga berharap Tugas Akhir ini dapat memberikan manfaat, baik bagi penulis sendiri maupun bagi para pembaca secara umum.

Penulis menyadari bahwa penyusunan Tugas Akhir ini masih jauh dari kata sempurna, mengingat keterbatasan dalam hal kemampuan, pengalaman, dan pengetahuan. Oleh karena itu, penulis sangat mengharapkan adanya kritik dan saran yang bersifat membangun untuk menyempurnakan karya ini.

Wassalamu'alaikum wa rahmatullahi wa barakatuh.

Pekanbaru, 11 Juli 2025

Penulis



DAFTAR ISI

ABSTRAK.....	i
ABSTRACT	ii
KATA PENGANTAR.....	iii
DAFTAR ISI.....	v
DAFTAR TABEL.....	vii
DAFTAR GAMBAR.....	viii
BAB I PENDAHULUAN	I-1
1.1 Latar Belakang	I-1
1.2 Rumusan Masalah	I-5
1.3 Tujuan Penelitian.....	I-5
1.4 Batasan Masalah.....	I-5
1.5 Manfaat Penelitian.....	I-6
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	II-1
2.1 Penelitian Terkait	II-1
2.2 Landasan Teori.....	II-5
2.2.1 Banjir	II-5
2.2.2 Pengenalan Mikrokontroler	II-5
2.2.4 <i>Internet of Things</i> (IoT)	II-7
2.2.5 Sensor HC-SR04.....	II-7
2.2.6 <i>Sensor Water Tipping Bucket</i>	II-9
2.2.7 Modul RTC DS3231	II-10
2.2.8 <i>LCD Display</i>	II-12
2.2.9 <i>Buzzer SFM-27</i>	II-12
2.2.10 Keras (TensorFlow)	II-13
2.2.11 Algoritma Gated Recurrent Unit (GRU).....	II-14
2.2.12 Nilai Prediksi	II-14
2.2.15 Database	II-16
BAB III METODE PENELITIAN	III-1
3.1 Metodologi Penelitian	III-1
3.2 Tahapan Penelitian	III-1



3.6 Perancangan <i>Hardware</i>	III-3
BAB IV HASIL DAN ANALISA.....	IV-1
4.1 Deskripsi Alat.....	IV-1
4.2 Hasil Algoritma GRU	IV-4
4.3 Hasil Programan ESP32	IV-9
4.4 Server.....	IV-11
4.5 Pengujian Sensor	IV-12
4.6 Hasil Pengamatan Operasional.....	IV-15
4.7 Pengujian Alat	IV-15
4.8 Evaluasi	IV-20
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	V-1
5.1 Kesimpulan.....	V-1
5.2 Saran.....	V-1

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN



DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Keterangan Pin Sensor HC-SR04 [14].....	II-9
Tabel 2.2 Spesifikasi RTC DS3231 [4].....	II-12
Tabel 3.1 Koneksi Pin Antar Komponen	III-8





DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. ESP32 [13]	II-7
Gambar 2.2 Tampak Depan Sensor HC-SR04 [4]	II-9
Gambar 2.3 Tampak Belakang Sensor HC-SR04 [4]	II-9
Gambar 2.4 Mekanisme <i>Water Tipping Bucket</i> [15].....	II-11
Gambar 2.5 <i>Real Time Clock</i> DS3231 [4].....	II-12
Gambar 2.6 Buzzer SFM-27	II-13
Gambar 2.7 Logo <i>Platform</i> Blynk [19].....	II-14
Gambar 2.8 Android <i>Smartphone</i> [4].....	II-17
Gambar 3.1 Diagram Alur Tahapan Penelitian	III-2
Gambar 3.2 Gambaran Umum Sistem	III-5
Gambar 3.3 Blok Diagram Perancangan Sistem	III-6
Gambar 3.4 Skematik Rangkaian <i>Hardware</i>	III-8
Gambar 3.5 <i>Flowchart</i> Sensor HC-SR 04 dan Sensor <i>Water Tipping Bucket</i>	III-11
Gambar 3.6 <i>Flowchart</i> Algoritma GRU Sebagai Sistem Prediksi	III-13



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Karena lokasi geografis dan geologisnya yang strategis, sumber daya alam Indonesia sangat potensial. Potensi besar ini juga disertai dengan risiko bencana alam. Dalam hal ini teknologi informasi dan komunikasi sangatlah penting untuk mengurangi efek negatif dari bencana, terutama dalam meramalkan dan memprediksi bencana, mensosialisasikan tindakan penanggulangan bencana, dan memberikan peringatan tentang potensi bencana, serta membantu pengambilan keputusan terkait bencana saat ini atau yang mungkin terjadi di masa mendatang.

Salah satu bencana yang paling sering terjadi di Indonesia adalah banjir. Hal ini dapat terjadi karena banyak hal, seperti saluran air yang tersumbat, curah hujan yang tinggi, dan kurangnya daerah resapan air di beberapa daerah pemukiman. Badan Nasional Penanggulangan Bencana (BNPB), yang menangani bencana di seluruh negeri menaruh perhatian terhadap banjir yang terjadi di Indonesia. Banjir menyebabkan kerugian fisik dan jiwa. Selain itu, BNPB mendorong partisipasi pihak swasta dan lembaga pemerintah lainnya, termasuk lembaga swadaya masyarakat dan lembaga riset, untuk terus membangun sistem untuk memprediksi bencana alam, misalnya dengan membangun sistem peringatan dini. [1].

Menurut laporan resmi dari BNPB, dari 1 Januari 2024 sampai dengan November 2024, Indonesia mengalami 1680 bencana alam. Dari jumlah tersebut, terjadi 859 bencana banjir, 320 cuaca ekstrem, 101 tanah longsor, 316 kebakaran hutan dan lahan, 17 gempa bumi, 51 kekeringan, dan 4 erupsi gunung api. Dari data ini, bencana alam yang paling sering terjadi di Indonesia adalah banjir, termasuk Provinsi Riau yang paling sering mengalami banjir di pulau Sumatera setelah Provinsi Sumatera Utara [1].

Provinsi Riau dilalui oleh empat sungai besar, yaitu Sungai Indragiri, Sungai Kampar, Sungai Rokan, dan Sungai Siak, yang membuat Riau memiliki potensi banjir yang cukup tinggi. Banjir mengakibatkan kerusakan material dan korban jiwa, terutama di daerah sekitar Sungai Indragiri, seperti Kabupaten Indragiri Hilir, Kabupaten Indragiri Hulu dan Kabupaten Kuantan Singingi; Sungai Siak, seperti Kabupaten Siak, Kabupaten Bengkalis dan Kota Pekanbaru; Sungai Kampar, seperti Kabupaten Pelalawan dan Kabupaten Kampar; dan



Sungai Rokan, seperti Kabupaten Rokan Hilir dan Kabupaten Rokan Hulu. Data ini diperoleh dari Rencana Pembangunan Jangka Menengah Daerah (RPJMD) Provinsi Riau [2].

Bencana banjir dan dampaknya yang sering terjadi di Provinsi Riau melanda hampir seluruh kabupaten/kota salah satunya kabupaten Kampar. Kabupaten Kampar merupakan daerah yang rawan banjir, terutama saat musim hujan. Banjir seringkali melanda wilayah tersebut, menyebabkan dampak kerusakan yang signifikan bagi masyarakat dan lingkungan.

Banjir di Kampar umumnya disebabkan oleh curah hujan yang tinggi dan pembukaan pintu waduk Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA) Koto Panjang. Pembukaan dan penutupan pintu waduk dilakukan berdasarkan kondisi elevasi waduk, sementara elevasi waduk dipengaruhi juga oleh curah hujan di hulu waduk. Batas minimum elevasi waduk PLTA Koto Panjang sendiri adalah sekitar 82.99 mdpl sedangkan batas maksimumnya di angka 85 mdpl.

Salah satu desa yang menjadi langganan banjir tahunan ini adalah desa Pulau Permai kecamatan Tambang kabupaten Kampar yang terletak di aliran sungai Kampar. Menurut data desa Pulau Permai tahun 2024 ada 65 rumah yang terendam banjir dengan rata-rata ketinggian banjir mencapai 2 meter. Banjir ini menyebabkan kerusakan lingkungan termasuk gagal panen serta kerugian material mencapai ratusan juta rupiah.

Berdasarkan data yang telah disebutkan, penulis berniat melakukan penelitian dengan mengembangkan *prototype* sistem prediksi dan peringatan dini bencana banjir. Metode *Research and Development* (R&D) digunakan dalam penelitian ini. Penggunaan Mikrokontroler ESP32, sensor *water tipping bucket rain gauge*, sensor ultrasonik HC-SR 04, algoritma *Gated Recurrent Unit* (GRU) dengan berbasiskan teknologi *Internet of Things* (IoT) yang memungkinkan pengguna untuk melakukan *monitoring* ketinggian air secara langsung serta melakukan prediksi atau ketinggian air dimasa mendatang dimana informasi tersebut dapat diakses melalui *smartphone* Android menggunakan yang dapat dilakukan di mana pun dan kapan pun selama pengguna terhubung ke internet. Dengan sistem prediksi yang ada pengguna dapat mengetahui informasi ketinggian air dan melakukan mitigasi bencana banjir sehingga dapat mengurangi dan meminimalkan kerugian, serta mencegah korban jiwa dan kerugian materi.

Beberapa penelitian pernah dilakukan sebelumnya terkait perangkat *Internet of Things* (IoT) yang memberikan peringatan dini bencana banjir. Penelitian sebelumnya mengenai sistem peringatan dini bencana banjir dilakukan oleh Venita Babu dan Dr. Vishnu Rajan yang



berjudul, “*Flood and Earthquake Detection and Rescue Using IOT Technology*”, tujuan dari penelitian ini adalah menghasilkan sistem berbasis IoT yang dapat memantau secara efisien daerah rawan banjir serta gempa bumi secara *real time*. Sistem ini mencakup penggunaan *float* sensor yang mendeteksi intensitas tingkat air, sensor hujan untuk mendeteksi hujan, sensor GPS, sensor getaran (akselerometer/gyroskop), LCD *display*, serta berbagai lampu indikator berwarna dan sirine sebagai sistem peringatan. Pada penelitian sistem ini digunakan ESP8266 sebagai modul pengirim pesan peringatan kepada pihak berwenang sekaligus sebagai modul WiFi untuk mengakses internet guna mengirim informasi pada *platform* IoT ThingSpeak untuk selanjutnya menampilkan data *monitoring* secara *real time* [3]. Pada penelitian ini terdapat kekurangan yaitu, informasi terkait *monitoring* hanya dapat diakses melalui peramban internet dan tidak melalui aplikasi android. Selain itu kekurangan dari penelitian ini juga tidak adanya sistem prediksi untuk mengetahui ketinggian air diwaktu mendatang.

Penelitian yang pernah dilakukan sebelumnya terkait sistem peringatan dini bencana banjir berbasis *Internet of Things* (IoT) ialah penelitian oleh M. Iqbal Zainur dengan judul, “*Prototype Sistem Prediksi Dan Peringatan Dini Bencana Banjir Berbasis Internet of Things (IoT)*”, penelitian ini bertujuan untuk merancang serta membuat sebuah *prototype* sistem prediksi dan peringatan awal bencana banjir berbasis IoT melalui Android menggunakan data ketinggian air, data curah hujan yang diolah menggunakan algoritma regresi linear, serta memiliki status level air yang diforkasikan secara *real time*. Sistem ini mencakup penggunaan Sensor ultrasonik HC-SR04 yang menghitung ketinggian air, *Sensor Water Tipping Bucket* untuk menghitung curah hujan dalam interval waktu tertentu secara otomatis, serta menampilkan pada LCD display sebagai indikator visual. Pada penelitian ini menggunakan ESP8266 sebagai mikrokontroler dan modul WiFi guna mengakses internet guna mengirim informasi pada *platform* IoT ThingSpeak dan Blynk untuk selanjutnya menampilkan data *monitoring* secara *real time*. Penelitian ini menggunakan algoritma regresi linear yang diterapkan langsung pada Mikrokontroler ESP8266 untuk memprediksi potensi banjir dengan menggunakan data historis yang berasal dari sensor curah hujan dan sensor ketinggian air. Dengan algoritma tersebut didapat tingkat akurasi prediksi menggunakan MAPE dengan hasil pengujian MAPE sebesar 24,4% [4]. Kekurangan dari penelitian ini adalah hasil akurasi prediksi menggunakan algoritma regresi linear yang terbilang cukup rendah.



Penelitian selanjutnya adalah penelitian yang dilakukan oleh Khalis Sofi dkk, dengan judul “Perbandingan Algoritma *Linear Regression*, *Long Short-Term Memory* (LSTM), Dan *Gated Recurrent Unit* (GRU) Dalam Memprediksi Harga Saham Dengan Model *Time Series*”. Tujuan dari penelitian ini adalah membandingkan tiap algoritma ketika memperkirakan harga saham. Data saham keju dari 25 November 2019 hingga 8 Juni 2021 digunakan untuk penelitian ini. Data yang di kumpulkan kemudian di *cleaning* dan *scaling* untuk menghasilkan dataset numerik, jangkauan nilai tetap sama dan data tidak lagi mendominasi variabel data lainnya. Perhitungan dilakukan menggunakan nilai *Root Mean Square Error* (RMSE), *Mean Square Error* (MSE), dan *Mean Absolute Error* (MAE). Hasil penelitian ini algoritma *Gated Recurrent Unit* (GRU) mempunyai performa terbaik dalam memprediksi harga saham dibandingkan dua algoritma lainnya, dibuktikan dengan nilai RMSE, MSE, dan MAE dari uji coba *Gated Recurrent Unit* (GRU) paling rendah, yaitu RMSE 0.034, MSE 0.001, dan MAE 0.024 [5]. Dengan begitu penulis berniat menerapkan algoritma *Gated Recurrent Unit* (GRU) dalam memperkirakan banjir secara *real time* dan menggunakan metode RMSE, MSE dan MAE untuk menguji hasil akurasi dari algoritma yang digunakan.

Dengan mempertimbangkan latar belakang ini, penulis menemukan bahwa dari sejumlah jurnal yang telah dibahas, terdapat kekurangan dari sistem yang dibuat dari penggunaan IoT untuk memantau secara *real time* hingga tingkat akurasi prediksi yang tidak maksimal. Sedangkan sistem prediksi sendiri sangat penting untuk masyarakat maupun pihak berwenang dalam melakukan mitigasi bencana banjir berdasarkan hasil prediksi sehingga kerugian dapat lebih diminimalisir.

Kekurangan ini menjadi motivasi penulis dalam melakukan pengempangan perangkat ini dengan menggunakan algoritma *Gated Recurrent Unit* (GRU) untuk sistem prediksi dan peringatan dini bencana banjir. Dengan memanfaatkan data historis ketinggian air dan curah hujan yang direkam oleh sensor. Dengan pengembangan sistem prediksi pada keseluruhan sistem IoT, sistem prediksi ini mampu memprediksi ketinggian air di masa depan menggunakan algoritma *Gated Recurrent Unit* (GRU).

Meskipun pembahasan tentang sistem deteksi dan peringatan bencana banjir telah banyak dilakukan, fokus penelitian ini adalah bagaimana mengembangkan sebuah *prototype* sistem prediksi banjir dan peringatan awal bencana banjir berbasis teknologi IoT dengan tingkat akurasi prediksi yang tinggi. Penelitian ini akan menggunakan sensor untuk membaca ketinggian air dan curah hujan. Data yang didapatkan kemudian dikirim ke mikrokontroler



ESP32 untuk selanjutnya dikirim pada *platform* Blynk guna menampilkan data secara *real time* dan pengiriman ke *cloud* untuk diolah menggunakan algoritma *gated recurrent unit* (GRU) guna mendapatkan hasil prediksi. Setelah data hasil prediksi menggunakan GRU didapatkan, data selanjutnya akan dikirim Kembali ke *platform* Blynk untuk menampilkan hasil prediksi.

1.2 Rumusan Masalah

Dengan latar belakang yang penulis paparkan sebelumnya, rumusan masalah yang dapat dicapai yaitu bagaimana membuat sebuah *prototype* sistem prediksi dan peringatan dini bencana banjir berbasis *Internet of Things* (IoT) menggunakan algoritma *Gated Recurrent Unit* (GRU)?

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah untuk merancang dan mengembangkan sebuah *prototype* sistem prediksi dan peringatan dini bencana banjir berbasis *Internet of Things* (IoT) menggunakan algoritma *Gated Recurrent Unit* (GRU).

1.4 Batasan Masalah

Untuk menghindari pembahasan yang terlalu luas dan tidak terarah, penelitian ini harus dibatasi dengan mempertahankan topik penelitian sebagai berikut.

1. Alat dirancang untuk menyampaikan informasi dan peringatan ketinggian air, informasi curah hujan, serta hasil prediksi ketinggian air dan banjir.
2. Alat ini menggunakan sensor HC-SR04 sebagai pengukur ketinggian air dan sensor *Sensor Water Tipping Bucket* untuk mengukur curah hujan yang menjadi data *input*.
3. Data sinyal *input* yang dikirim melalui ESP32 dalam jumlah tertentu dan waktu yang ditentukan untuk mendapatkan hasil prediksi.
4. Data yang digunakan dalam sistem prediksi didasarkan pada ketinggian air dan curah hujan yang direkam oleh sensor dan diolah menggunakan algoritma *Gated Recurrent Unit* (GRU).
5. Alat ini akan memicu sistem peringatan melalui LCD *display* dan *alarm Buzzer* jika level ketinggian air menyentuh batas tertentu serta diikuti dengan peringatan berdasarkan data hasil prediksi.



Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

1.5

Manfaat Penelitian

Penelitian ini bermanfaat untuk memudahkan pengguna memantau dan mengukur ketinggian air serta prediksi ketinggian air atau banjir. Adanya alat yang bisa diakses melalui perangkat *smartphone* android yang terhubung ke internet melalui platform Blynk agar bisa diakses kapan pun dan dimana pun secara langsung melalui *smartphone* Android dan dengan tingkat prediksi akurasi yang tinggi.



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Terkait

Penelitian ini diawali dengan tinjauan pustaka yang bertujuan untuk membangun landasan teoritis yang kokoh dan mengidentifikasi sumber rujukan yang berkaitan dengan masalah dan kasus yang dibahas. Penulis memanfaatkan berbagai sumber informasi terpercaya, termasuk jurnal ilmiah, *paper* penelitian, buku teks, dan sumber lainnya. Proses ini memungkinkan penulis untuk memahami berbagai teori dan konsep yang terkait dengan sistem prediksi dan peringatan dini bencana banjir, serta mempelajari solusi yang telah diterapkan pada kasus serupa di masa lampau.

Perancangan sistem prediksi dan peringatan dini bencana banjir berbasis IoT merupakan langkah penting dalam mitigasi bencana banjir. Sistem ini memiliki peran krusial dalam memprediksi tingkat kenaikan air atau banjir, serta memberikan peringatan dini kepada pengguna untuk mengambil tindakan yang diperlukan dalam meminimalisir dampak banjir berupa korban jiwa dan materi. Berikut ini adalah beberapa kajian dan penelitian sebelumnya yang berfungsi sebagai rujukan teori bagi penulis yang menjalankan penelitian untuk mengatasi sejumlah masalah penelitian.

Beberapa jenis penelitian sudah dilakukan sebelumnya terkait sistem peringatan dini bencana banjir berbasis IoT. Penelitian sebelumnya mengenai sistem peringatan dini bencana banjir dilakukan oleh Venita Babu dan Dr. Vishnu Rajan yang berjudul, “*Flood and Earthquake Detection and Rescue Using IOT Technology*”, penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan sistem berbasis IoT agar dapat memantau secara efisien daerah rawan banjir serta gempa bumi secara *real time*. Sistem ini mencakup penggunaan *float* sensor yang mendeteksi intensitas tingkat air, sensor hujan untuk mendeteksi hujan, sensor GPS, sensor getaran (akselerometer/gyroskop), LCD *display*, serta berbagai lampu indikator berwarna dan sirine sebagai sistem peringatan. Pada penelitian sistem ini digunakan ESP8266 sebagai modul pengirim pesan peringatan kepada pihak berwenang sekaligus sebagai modul WiFi untuk mengakses internet guna mengirim informasi pada platform IoT ThingSpeak untuk selanjutnya menampilkan data monitoring secara *real time* [3]. Pada penelitian ini terdapat kekurangan yaitu, informasi terkait *monitoring* hanya dapat diakses melalui peramban internet



dan tidak melalui aplikasi android. Selain itu kekurangan dari penelitian ini juga tidak adanya sistem prediksi untuk mengetahui ketinggian air di waktu mendatang.

Penelitian lainnya terkait sistem prediksi bencana banjir berbasis IoT ialah penelitian oleh M. Iqbal Zainur yang berjudul, “*Prototype Sistem Prediksi Dan Peringatan Dini Bencana Banjir Berbasis Internet of Things (IoT)*”, penelitian ini bertujuan untuk membuat dan mengembangkan sebuah *prototype* sistem prediksi dan peringatan dini bencana banjir berbasis IoT melalui Android menggunakan data ketinggian air, data curah hujan yang diolah menggunakan algoritma regresi linear, serta memiliki status level air yang dinforkasikan secara *real time*. Sistem ini mencakup penggunaan Sensor ultrasonik HC-SR04 yang mengukur ketinggian air, Sensor *Water Tipping Bucket* yang mengukur curah hujan dalam interval waktu tertentu secara otomatis, serta berbagai lampu LED berwarna sebagai indikator visual. Pada penelitian ini ESP8266 digunakan sebagai mikrokontroler dan modul WiFi untuk mengakses internet guna mengirim informasi pada *platform* IoT ThingSpeak dan Blynk untuk selanjutnya menampilkan data *monitoring* secara *real time*. Penelitian ini menggunakan algoritma regresi linear yang diterapkan langsung pada Mikrokontroler ESP8266 untuk memprediksi potensi banjir dengan menggunakan data historis yang berasal dari sensor curah hujan dan sensor ketinggian air. Dengan algoritma tersebut didapat tingkat akurasi prediksi menggunakan MAPE dengan hasil pengujian MAPE sebesar 24,4% [4]. Kekurangan dari penelitian ini adalah hasil akurasi prediksi menggunakan algoritma regresi linear yang terbilang cukup rendah. Kekurangan dari penelitian ini adalah hasil akurasi prediksi menggunakan algoritma regresi linear yang terbilang cukup rendah.

Penelitian selanjutnya adalah penelitian yang dilakukan oleh Khalis Sofi dkk, dengan judul “Perbandingan Algoritma *Linear Regression*, *Long Short-Term Memory (LSTM)*, Dan *Gated Recurrent Unit (GRU)* Dalam Memprediksi Harga Saham Dengan Model *Time Series*”. Tujuan dari penelitian ini adalah membandingkan tiap algoritma untuk memperkirakan harga saham. Data saham keju dari 25 November 2019 hingga 8 Juni 2021 digunakan untuk penelitian ini. Data yang di kumpulkan kemudian di *cleaning* dan *scaling* untuk menghasilkan dataset numerik, sehingga rentang nilai sama dan tidak ada lagi data yang mendominasi variabel data lainnya. Perhitungan dilakukan menggunakan nilai *Root Mean Square Error (RMSE)*, *Mean Square Error (MSE)*, dan *Mean Absolute Error (MAE)*. Hasil penelitian ini algoritma *Gated Recurrent Unit (GRU)* mempunyai performa terbaik dalam memprediksi harga saham dibandingkan dua algoritma lainnya, dibuktikan dengan nilai RMSE, MSE, dan



MAE dari uji coba *Gated Recurrent Unit* (GRU) paling rendah, yaitu RMSE 0.034, MSE 0.001, dan MAE 0.024 [5]. Pada penelitian ini penulis akan menerapkan penggunaan algoritma GRU dalam penelitian yang dilakukan. Algoritma GRU telah terbukti unggul dalam pemrosesan data *time series*.

Penelitian selanjutnya dilakukan oleh Ankur Goyal dkk, terkait penggunaan *cloud computing* dalam sistem IoT dengan judul “*IoT Based Cloud Network for Smart Health Care Using Optimization Algorithm*”. Penelitian ini bertujuan untuk menerapkan *cloud computing* dalam efisiensi pemrosesan data pada *system* IoT dalam mendiagnosis gangguan kesehatan neurologis seperti epilepsy, *slow-wave*, dan kematian otak. Dalam penelitian ini digunakan sensor *Electroencephalography* (EEG), sensor temperatur tubuh, dan sensor syaraf serta *cloud computer* untuk melakukan pemrosesan data. Pada *cloud* digunakan kombinasi algoritma *Particle Swarm Optimization* (PSO) dan *Back Propagation Neural Network* (BPNN) untuk melakukan pengolahan data yang didapat dari sensor. Dari penelitian yang dilakukan, didapatkan hasil bahwa pendekatan menggunakan algoritma PSO-BPNN berhasil mencapai akurasi hingga 99,94% untuk kategori gelombang lambat dan akurasi rata-rata di atas 99% untuk semua kategori [6]. Pada penelitian ini menyoroti pentingnya penerapan IoT dan *cloud computing* dalam layanan kesehatan yang memerlukan respons cepat, terutama dalam diagnosis berbasis data besar. Selain itu, model yang diusulkan mampu mengurangi waktu pemrosesan dan memaksimalkan penggunaan sumber daya *cloud*. Dengan kesimpulan ini, penulis menerapkan penggunaan *cloud computing* dalam melakukan pemrosesan data untuk melakukan prediksi dari sistem yang dibuat.

Penelitian berikutnya dilakukan oleh I.U. Panggalo yang berjudul, “Pembuatan Sistem *Monitoring* Intensitas Curah Hujan Berbasis *Internet of Things* (IoT)”. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menciptakan sistem yang bisa mengukur dan monitoring curah hujan secara otomatis dengan menggunakan mikrokontroler NodeMCU ESP8266. Sensor yang dipakai dalam penelitian ini adalah *Water Tipping Bucket Rain Gauge*. Sensor penakar hujan ini menimbang berat air hujan yang tertampung menggunakan ember atau ember, kemudian disalurkan dengan skala ukur, juga dikenal sebagai pias, setelah diuji dan dikalibrasi. Berbeda dengan penelitian sebelumnya yang masih menggunakan *Reed Switch*, sensor ini telah menggunakan *Hall Effect* A3144. Dari hasil pengujian yang dilakukan dengan perbandingan sensor dan perhitungan manual didapatkan selisih dibawah 5% [7]. Berdasarkan penelitian ini



penulis akan menerapkan penggunaan sensor *water tipping bucket rain gauge* dalam penelitian yang dilakukan.

Penelitian lainnya dilakukan oleh Y. Saragih, J.H.P. Silaban dkk, yang berjudul “*Design of Automatic Water Flood Control and Monitoring Systems in Reservoirs Based on Internet of Things (IoT)*”. Penelitian ini bertujuan untuk merancang alat yang berfungsi mengontrol ketinggian air secara *realtime* pada waduk serta melakukan kontrol ketinggian air dengan membuka pintu air secara otomatis. Komponen yang digunakan terdiri dari Mikrokontroler ESP 32, sensor ultrasonik HC-SR 04 untuk membaca level ketinggian air dan aktuator *motor stepper* untuk mengontrol pintu air dengan 3 level ketinggian air: rendah, sedang, dan tinggi. Pada hasil pengujian dari pembacaan sensor ultrasonik HC-SR 04 didapatkan 0% tingkat kesalahan dan 2 detik waktu tunggu pengiriman data dalam percobaan sebanyak 20 kali [8]. Berdasarkan penelitian ini penulis akan menerapkan penggunaan sensor ultrasonic HC-SR 04 dalam penelitian yang dilakukan.

Menurut referensi yang tersedia, penelitian ini akan menghasilkan rancang bangun sistem peringatan dini dengan pengembangan sistem prediksi banjir menggunakan algoritma *Gated Recurrent Unit* (GRU) berbasis IoT menggunakan ESP32, sensor *water tipping bucket rain gauge*, sensor ultrasonik HC-SR 04. Penelitian dengan judul "Sistem Prediksi Dan Peringatan Dini Bencana Banjir Berbasis *Internet Of Things* Menggunakan Algoritma *Gate Recurrent Unit* (GRU)". Dalam penelitian ini, mekanisme pengoperasian alat ini menggunakan sensor ultrasonik HC-SR04 untuk mengukur ketinggian air, pengukur curah hujan *bucket tipping*, dan ESP32 sebagai mikrokontroler. Kemudian, data yang diperoleh dikirim ke *cloud* dan *platform Blynk* untuk menampilkan hasil pengawasan dan peringatan dini. Pada sistem ini juga dilakukan olah data untuk mendapatkan hasil prediksi ketinggian air pada waktu yang akan datang menggunakan algoritma GRU yang dilakukan pada *cloud*. Informasi yang telah diolah mengenai peringatan banjir, level ketinggian air, dan prediksi ketinggian air akan dikirimkan pada *smartphone* Android melalui *platform Blynk* dan sistem peringatan akan muncul dalam bentuk *push notification*. Pada lokasi di mana alat ditempatkan, pengguna dapat mengetahui informasi tentang ketinggian air dengan melihat langsung ke alat tersebut. Ketinggian air ditampilkan melalui indikator visual yang berupa *LCD display* dan juga *alarm buzzer* yang menyala. Alat ini bisa dipasang di tepi sungai dengan cara mengikatnya ke dinding sungai, danau, kolam atau meletakkannya di tempat tempat yang memungkinkan terjadinya banjir. Sebelum diterapkan secara langsung di lapangan, alat ini diuji coba dengan meletakkannya di atas sebuah aquarium atau wadah air yang dialiri air yang mana air curah



hujan yang masuk melalui sensor *water tipping bucket rain gauge* akan mempengaruhi ketinggian air.

2.2 Landasan Teori

Landasan teori berfungsi sebagai dasar pemikiran dan acuan dalam merancang serta menganalisis penelitian. Di dalamnya memuat kumpulan teori, konsep, prinsip, dan temuan terdahulu yang relevan dengan topik penelitian. Dengan menyusun landasan teori secara sistematis, peneliti dapat memastikan bahwa perancangan metode dan analisis hasil didasarkan pada pijakan ilmiah yang dapat dipertanggungjawabkan.

2.2.1 Banjir

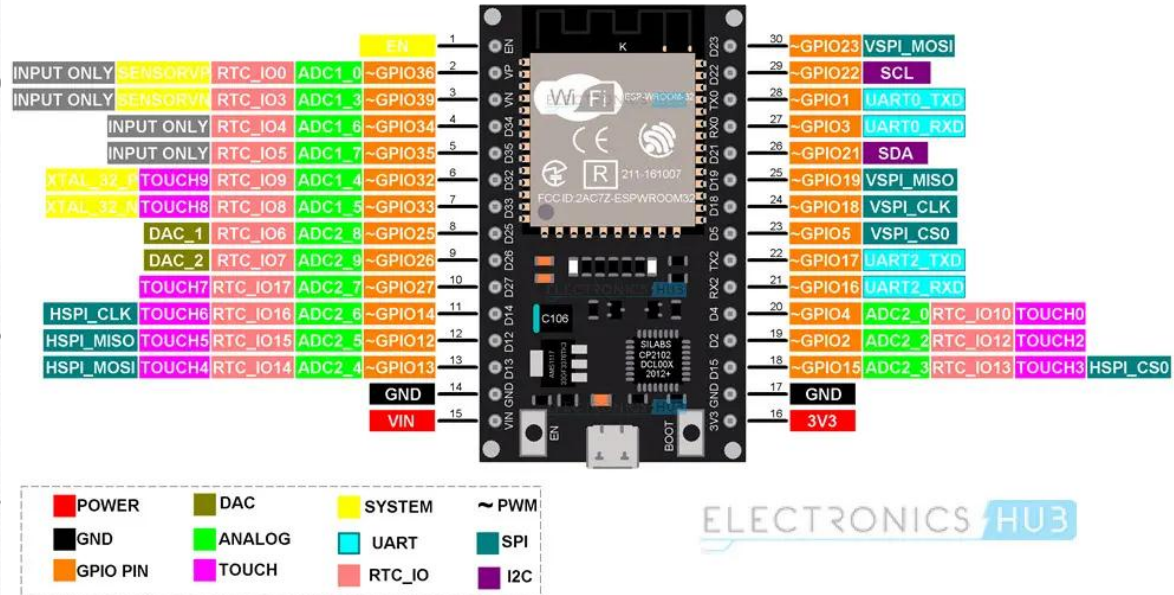
Banjir merupakan peristiwa meluapnya air ke daerah yang tidak seharusnya tergenang, yang dapat terjadi akibat hujan deras, kerusakan tata guna lahan, atau buruknya system drainase. Banjir menjadi salah satu bencana hidrometeorologi yang paling sering terjadi di Indonesia dan memiliki dampak signifikan terhadap lingkungan, infrastruktur, serta aktivitas sosial ekonomi masyarakat. Seiring meningkatnya intensitas curah hujan dan tingginya laju urbanisasi, risiko banjir menjadi semakin kompleks. Salah satunya adalah akibat dari menipisnya daerah resapan dan kurangnya pengelolaan drainase yang baik. Hal ini menunjukkan bahwa penanganan banjir tidak cukup hanya melalui pembangunan fisik, melainkan juga memerlukan strategi mitigasi lain salah satunya berbasis sistem prediksi, tata guna lahan yang adaptif, serta pengelolaan kawasan pesisir yang terintegrasi. Oleh karena itu, pemahaman tentang karakteristik banjir di setiap daerah menjadi sangat penting dalam perencanaan infrastruktur yang tahan terhadap bencana [22].

2.2.2 Pengenalan Mikrokontroler

Mikrokontroler adalah *Integrated Circuit* (IC) yang mengintegrasikan mikroprosesor, memori program (ROM), dan memori serbaguna (RAM). Berbeda dengan komputer konvensional yang dapat mengatasi banyak aplikasi seperti pengolahan kata dan angka, mikrokontroler didesain untuk aplikasi khusus saja. Perbedaan utamanya terletak pada ukuran relatif ROM dan RAM. Pada komputer, RAM biasanya lebih besar dan digunakan untuk menyimpan program aplikasi pengguna, sedangkan ROM lebih kecil dan digunakan untuk rutinitas antarmuka perangkat keras. Di mikrokontroler, ROM biasanya lebih besar untuk menyimpan program kontrol atau firmware, sementara RAM digunakan untuk penyimpanan sementara dan penggunaan register dalam operasi mikrokontroler [10].

2.2.3 ESP32

ESP 32 adalah penerus dari ESP8266 dan merupakan mikrokontroler yang dikenalkan oleh *Espressif System*. Ini memiliki modul WiFi di dalam chipnya, yang membuatnya sangat cocok untuk membuat sistem aplikasi *Internet of Things* [12].



Gambar 2.1. ESP32 [13]

Spesifikasi lengkap ESP32 adalah sebagai berikut [13]:

1. Mikroprosesor LX6 32-bit inti tunggal atau ganda dengan frekuensi clock hingga 240 MHz.
2. 520 KB SRAM, 448 KB ROM, dan 16 KB SRAM RTC.
3. Mendukung konektivitas Wi-Fi 802.11 b/g/n dengan kecepatan hingga 150 Mbps.
4. Dukungan untuk spesifikasi *Bluetooth* Klasik v4.2 dan BLE.
5. 34 GPIO yang dapat diprogram.
6. Hingga 18 saluran ADC SAR 12-bit dan 2 saluran DAC 8-bit
7. Konektivitas Serial mencakup 4 x SPI, 2 x ^{I2C}, 2 x ^{I2S}, 3 x UART.
8. Ethernet MAC untuk Komunikasi LAN fisik (memerlukan PHY eksternal).
9. 1 pengontrol host untuk SD/SDIO/MMC dan 1 pengontrol slave untuk SDIO/SPI.
10. Motor PWM dan hingga 16 saluran PWM.
11. *Boot Aman* dan *Enkripsi Flash*.



12. Akselerasi Perangkat Keras Kriptografi untuk AES, Hash (SHA-2), RSA, ECC dan RNG.

2.2.4 Internet of Things (IoT)

Sistem komputasi yang dikenal sebagai *Internet of Things* (IoT) menggabungkan mesin atau objek dengan identifikasi unik, yang memungkinkan komunikasi data melalui Internet atau jaringan tanpa intervensi manusia. IoT menyediakan berbagai aplikasi yang dapat mempermudah kehidupan. Dalam pembuatan produk *Internet of Things* (IoT), objek fisik harus terhubung ke jaringan atau internet lokal untuk memperoleh data, berbagi data, dan melakukan tindakan fisik berdasarkan data yang dikumpulkan [11].

Sebuah prototipe IoT terdiri dari beberapa komponen utama, termasuk antarmuka pengguna (baik aplikasi *smartphone* maupun antarmuka web), *hardware* seperti aktuator, prosesor dan sensor, serta *software backend* yang mengimplementasikan logika bisnis dan menyimpan data. Komponen penting dari sistem *Internet of Things* adalah konektivitas yang memungkinkan *hardware* tersambung ke *backend* dan memungkinkan *backend* berinteraksi dengan antarmuka pengguna [11].

Sensor menghitung fenomena fisik dan menghasilkan sinyal listrik, sedangkan aktuator menerima input listrik dan melakukan tindakan fisik. Prosesor yang paling umum dalam sistem *Internet of Things* (IoT) adalah mikrokontroler (MCU). MCU mengelola pemrosesan data, mengelola perangkat lunak yang terkait, dan membantu konektivitas nirkabel. MCU dalam objek IoT adalah alat prototyping yang menyediakan prosesor dengan daya rendah, membantu lingkungan pemrograman yang berbeda, mendapatkan data dari sensor melalui firmware, serta mengirimkannya ke server lokal atau *cloud*. [11].

2.2.5 Sensor HC-SR04

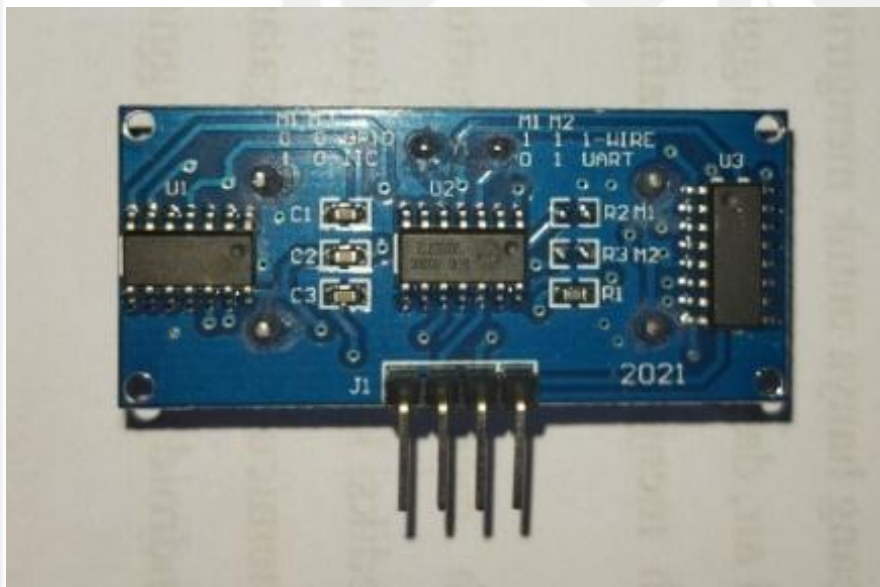
Sensor ultrasonik terdiri dari pemancar (*transmitter*) dan penerima (*receiver*) ultrasonik, dan digunakan untuk mengukur jarak antara benda atau objek. Sensor HC-SR04 adalah contoh sensor ultrasonik yang dapat digunakan untuk mengubah energi listrik menjadi gelombang suara ultrasonik. Sensor ini dapat menghitung jarak sekitar 0,3 cm dalam rentang antara 2 cm hingga 400 cm. Dengan sudut deteksi kurang dari 15°, sensor HC-SR04 memiliki empat pin dan membutuhkan arus kurang dari 2 mA dan tegangan sebesar +5V [14]. Untuk informasi lebih lanjut mengenai konfigurasi masing-masing pin pada sensor HC-SR04, dapat dilihat pada gambar dan tabel berikut:

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



Gambar 2.2 Tampak Depan Sensor HC-SR04 [4]



Gambar 2.3 Tampak Belakang Sensor HC-SR04 [4]

Dibawah ini merupakan keterangan dari Pin Sensor HC-SR04:



Tabel 2.1 Keterangan Pin Sensor HC-SR04 [14]

Pin	Keterangan
Pin 1	VCC (dihubungkan ke tegangan +5V)
Pin 2	Trig (untuk mengirimkan gelombang suara)
Pin 3	Echo (untuk menerima pantulan gelombang suara)
Pin 4	Gnd (dihubungkan ke <i>ground</i>)

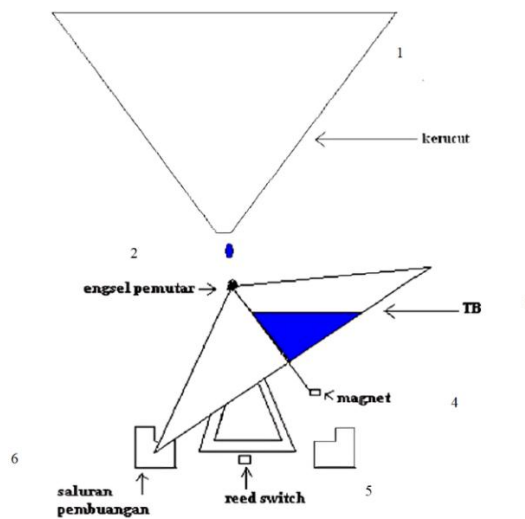
2.2.6 Sensor Water Tipping Bucket

Sensor Water Tipping Bucket berfungsi untuk menghitung curah hujan secara otomatis pada interval waktu tertentu. Prinsip kerjanya adalah sebagai berikut: ketika hujan turun, air akan masuk melalui corong, yang biasanya berbentuk kerucut terbalik. *Tipping Bucket* adalah alat penampung berayun yang terdiri dari dua wadah yang bergerak bergantian yang digunakan untuk menampung tetesan air dari ujung corong. Saat salah satu sisi wadah penuh, alat menjadi tidak seimbang, dan air akan turun ke saluran pembuangan, sementara wadah di sisi lain akan naik untuk menampung tetesan air hujan [15].

Setiap kali wadah penampung air jatuh, ini akan mengaktifkan *reed switch* magnetik. *Reed switch* adalah saklar elektromagnetik yang terdiri dari dua strip logam fleksibel yang sensitif terhadap medan magnet. Ketika ada medan magnet dekat dengan sensor, strip logam akan menutup dan menghubungkan kontak listrik di dalamnya. Sensor *reed switch* biasanya terpasang pada badan silinder, sehingga medan magnet yang dihasilkan akan mempengaruhi *reed switch* untuk mengaktifkan atau memutuskan hubungan listrik saat silinder bergerak naik atau turun. Pada sensor ini penelitian penggunaan sensor *reed switch* diganti menggunakan sensor *Hall Effect* A3144 dengan prinsip yang sama namun lebih presisi dan lebih sensitif terhadap perubahan medan magnet yang dihasilkan oleh gerakan mekanis dari alat penampung berayun. Gambar di bawah ini menunjukkan cara kerja sensor *water tipping bucket* [15].

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
- a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



Gambar 2.4 Mekanisme *Water Tipping Bucket* [15]

Keterangan pada gambar:

1. Penerima hujan
2. Engsel Pemutar
3. Bucket, wadah penampung tetesan air dari penerima hujan
4. Magnet
5. Sensor *Reed Switch* / sensor *Hall Effect* A3144
6. Saluran pembuangan air

2.2.7 Modul RTC DS3231

Real-Time Clock (RTC) merupakan chip IC yang berfungsi menghitung waktu dengan tepat. Jenis waktu yang dapat dihitung oleh RTC adalah detik, menit, jam, hari, tanggal, bulan, dan tahun. Modul RTC memiliki baterai jam kancing sebagai sumber daya tambahan yang menyimpan dan menjaga data waktu yang sudah diatur. Untuk menjaga data waktu tetap berjalan, baterai ini menggunakan daya cadangan ketika daya utama habis. Dengan demikian, Saat daya utama dipulihkan, RTC dapat menghitung waktu tanpa mengatur ulang. [16].

Untuk menjamin data waktu yang ditunjukkan akurat, RTC memanfaatkan osilator kristal eksternal. Osilator kristal eksternal biasanya memiliki frekuensi tetap, seperti 32.768 kHz, yang digunakan sebagai dasar penghitungan waktu RTC, yang dilakukan dengan menggabungkan sumber daya cadangan jam kancing dan osilator kristal eksternal. Dengan kombinasi tersebut, modul RTC mampu melakukan kalkulasi waktu yang tepat serta memiliki



daya cadangan. Dengan demikian, RTC sangat bermanfaat untuk jenis aplikasi yang memerlukan pengawasan waktu yang akurat, seperti perangkat otomatisasi, logger data, jam dinding, dan lainnya [16].



Gambar 2.5 Real Time Clock DS3231 [4]

Dibawah ini merupakan spesifikasi dari RTC DS3231:

Tabel 2.2 Spesifikasi RTC DS3231 [4]

Tegangan	3.3 – 5.5 Volt
Error Penghitungan Waktu	± 1 menit
Clock Chip	DS3231
Dimensi	38 x 22 x 14 mm
Memory Chip	AT24C32



2.2.8 LCD Display

Karena tampilannya yang lebih menarik, *display* LCD adalah media informasi yang banyak digunakan. Tampilan LCD menggunakan mikroprosesor sebagai otaknya untuk memproses data dan menampilkan tulisan. Mikroprosesor yang digunakan dalam sistem tampilan LCD sangat mahal. Tampilan LCD biasanya digunakan untuk menampilkan teks jalan yang berisi huruf atau angka. Jika LCD *display* digunakan, biasanya ditempatkan di tempat yang tinggi agar mudah dilihat.[21].



Gambar 2.6 LCD Display

2.2.9 Buzzer SFM-27

Buzzer adalah sebuah alat elektronik yang dapat menghasilkan suara dari getaran listrik. Pada dasarnya, *buzzer* terdiri dari kumparan yang terpasang pada diafragma dan dialiri arus listrik, yang membuatnya menjadi elektromagnet. Tergantung pada polaritas magnetnya, kumparan dapat tertarik ke dalam atau keluar, dan diafragma bolak-balik digerakkan oleh setiap gerakan kumparan, menghasilkan suara [17]. Bentuk fisik *buzzer* SFM-27 adalah sebagai berikut:



Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mengizinkan dari penggunaan dan penyebutan nama ini.
- a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



Gambar 2.7 Buzzer SFM-27

Buzzer biasanya digunakan untuk menunjukkan bahwa prosedur sudah selesai atau mengalami kesalahan pada suatu perangkat (*alarm*). Rangkaian *buzzer*, yang juga disebut sebagai rangkaian *alarm*, berfungsi sebagai pengingat pesan atau tanda suatu kejadian, dan banyak ditemukan pada berbagai perangkat elektronik. Contoh penggunaannya adalah pada telepon genggam. Rangkaian *buzzer* atau *alarm* ini memainkan peran penting dalam sistem elektronik modern, terutama untuk komunikasi dan pengingat visual serta auditori [17].

2.2.10 Keras (TensorFlow)

Keras merupakan API pada *Deep learning* pada pemrograman python dan berjalan di atas *machine learning* TensorFlow. Keras mempunyai ciri Simple tapi tidak sederhana. Keras mengurangi beban kognitif pengembang, sehingga Anda dapat berkonsentrasi pada aspek masalah yang benar-benar penting. Keras mengadaptasi prinsip pengungkapan progresif, alur kerja sederhana harus cepat dan mudah, sementara alur kerja lanjutan harus dimungkinkan melalui jalur yang jelas yang didasarkan pada apa yang telah Anda pelajari. Keras memberikan kinerja dan skalabilitas kekuatan. NASA, YouTube, dan Waymo adalah beberapa organisasi dan perusahaan yang menggunakan keras.[19]. Keras API merupakan antar muka tingkat tinggi berbasis Python yang digunakan untuk membangun dan melatih model *deep learning* secara modular dan efisien, serta terintegrasi dengan *backend* seperti TensorFlow. Dalam penelitian ini, digunakan Keras Sequential API untuk merancang arsitektur jaringan saraf buatan."



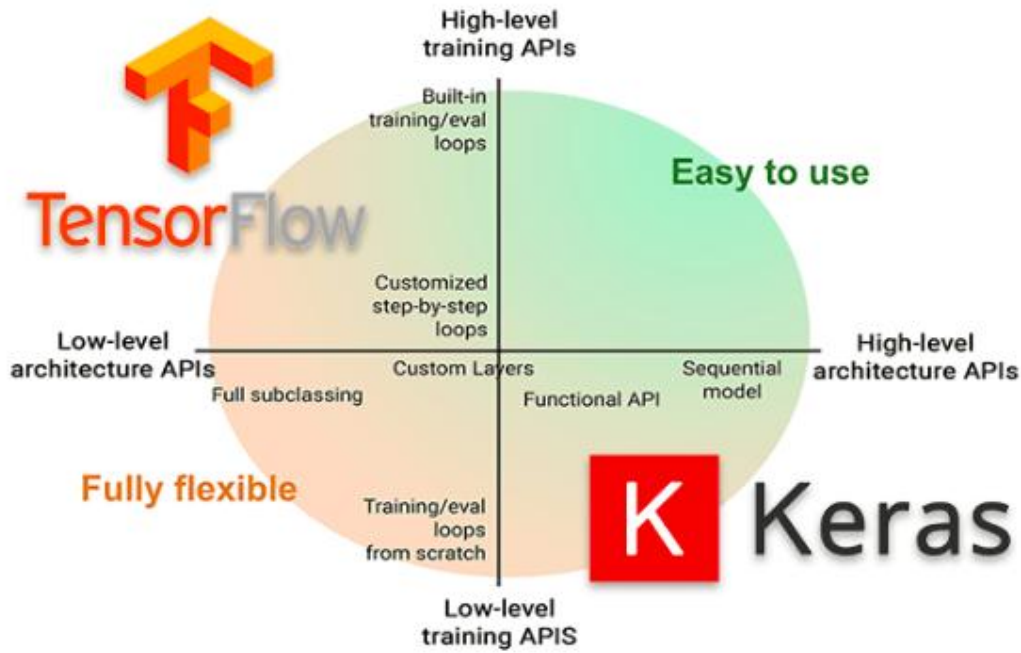
Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan sumber.

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



Gambar 2.8 Keras (Tensorflow) [26]

2.2.11 Algoritma *Gated Recurrent Unit* (GRU)

Gated Recurrent Unit (GRU) merupakan jenis *Recurrent Neural Network* yang diciptakan untuk menghindari ketergantungan jangka panjang pada *Recurrent Neural Network* (RNN). Seperti RNN, GRU memiliki kemampuan untuk mengingat data jangka panjang.[20].

Gated Recurrent Unit (GRU) adalah algoritma yang dimaksudkan untuk secara adaptif menangkap dependensi dalam skala waktu yang berbeda untuk setiap *recurrent unit*. Sebagai analogi, orang tidak selalu perlu—atau bahkan tidak boleh—menggunakan semua informasi yang mereka miliki untuk membuat keputusan saat ini. Misalnya, informasi tentang jadwal ujian tengah semester sebelumnya tidak akan memengaruhi keputusan kita tentang apa yang akan kita makan jika kita ingin membeli makanan saat ini. [20].

2.2.12 Nilai Prediksi

Hal yang tidak bisa dihindari dalam prediksi adalah ketidakpastian hasilnya karena selalu ada perbedaan antara nilai prediksi dan nilai aktual, yang disebut sebagai nilai *error*. Meskipun *error* tidak dapat dihindari, tapi model prediksi akan memberikan nilai *error*



terkecil melalui metrik evaluasi, Pada tahap ini, pengukuran dilakukan untuk memastikan bahwa algoritma *Linear Regression*, LSTM, dan GRU memiliki kinerja terbaik, yaitu dengan menentukan nilai rata-rata kesalahan kuadrat (MSE), dan rata-rata kesalahan absolut (MAE).[5]

Mean Square Error (MSE), adalah rata-rata kesalahan kuadrat diantara nilai aktual dan nilai peramalan. Untuk mengestimasi nilai kesalahan peramalan, metode MSE biasanya digunakan. Nilai MSE yang rendah atau hampir nol menunjukkan bahwa hasil perkiraan sesuai dengan data aktual dan dapat digunakan untuk perkiraan pada periode mendatang. Dengan y^1 adalah nilai prediksi, Y adalah nilai sejati, dan n merupakan jumlah data, Rumus untuk menghitung MSE sebagai berikut.

$$MSE = \sum \frac{(y^1 - y)^2}{n}$$

Mean Absolute Error (MAE), menunjukkan nilai kesalahan rata-rata yang error dari nilai sebenarnya dengan nilai prediksi. MAE biasanya digunakan untuk mengukur kesalahan prediksi dalam analisis rangkaian waktu. Rumus untuk menghitungnya adalah sebagai berikut.

$$MAE = \sum \frac{|y^1 - y|}{n}$$

Dengan y^1 adalah nilai prediksi, Y adalah nilai sejati, dan n merupakan jumlah data.[5].

2.2.13 Website

Website merupakan media digital yang terdiri dari sejumlah halaman web yang saling terhubung dan dapat diakses melalui jaringan internet dengan menggunakan nama domain tertentu. Dalam konteks teknologi informasi, *website* berfungsi sebagai sarana penyampaian informasi, komunikasi, layanan publik, serta aktivitas komersial secara daring (*online*). *Website* adalah kumpulan sumber daya berbasis web yang dipublikasikan pada setidaknya satu server dan diakses melalui *browser* oleh pengguna di berbagai lokasi. Seiring berkembangnya era digital, penggunaan *website* tidak hanya terbatas pada penyajian informasi statis, tetapi juga mencakup fitur interaktif seperti formulir, animasi, dan integrasi data *real-time*. Oleh karena itu, website memegang peranan penting dalam berbagai sektor, termasuk pendidikan, pemerintahan, bisnis, dan layanan sosial [23].

2.2.14 Server



Server adalah sistem komputer yang menyediakan layanan tertentu kepada komputer lain dalam jaringan, yang dikenal sebagai klien. Dalam arsitektur *client-server*, server berperan sebagai pusat kendali data dan sumber daya, seperti file, aplikasi, basis data, dan layanan web. Server dapat bersifat fisik maupun virtual, dan biasanya dirancang untuk beroperasi secara terus-menerus guna menjamin ketersediaan layanan tanpa gangguan. Server merupakan elemen krusial dalam infrastruktur jaringan modern karena kemampuannya mengelola permintaan secara simultan dari berbagai klien dalam waktu nyata. Server memiliki berbagai jenis sesuai fungsinya, seperti *web server*, *mail server*, *database server*, dan *application server*. Seiring dengan perkembangan teknologi *cloud computing*, banyak layanan server kini dioperasikan secara virtual dalam lingkungan *cloud* untuk meningkatkan skalabilitas dan efisiensi operasional [24].

2.2.15 Database

Database adalah kumpulan data yang tersimpan secara sistematis dalam media digital dan dapat diakses, dikelola, serta diperbarui dengan mudah menggunakan perangkat lunak yang disebut sistem manajemen basis data (DBMS). Dalam sistem informasi modern, database menjadi komponen inti yang memungkinkan penyimpanan data dalam jumlah besar secara terstruktur dan terorganisir. *Database* tidak hanya berfungsi sebagai penyimpan data, tetapi juga mendukung proses pengambilan keputusan melalui integrasi, keamanan, dan konsistensi data yang tinggi. *Database* digunakan dalam berbagai bidang, seperti perbankan, kesehatan, pendidikan, dan *e-commerce*, karena kemampuannya dalam menyimpan dan mengolah data secara efisien. Terdapat berbagai jenis *database*, seperti *database relasional* (SQL), *non-relasional* (NoSQL), hingga *database* berbasis *cloud* yang memungkinkan akses data secara *real-time* dan fleksibel melalui internet [25].



BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Metodologi Penelitian

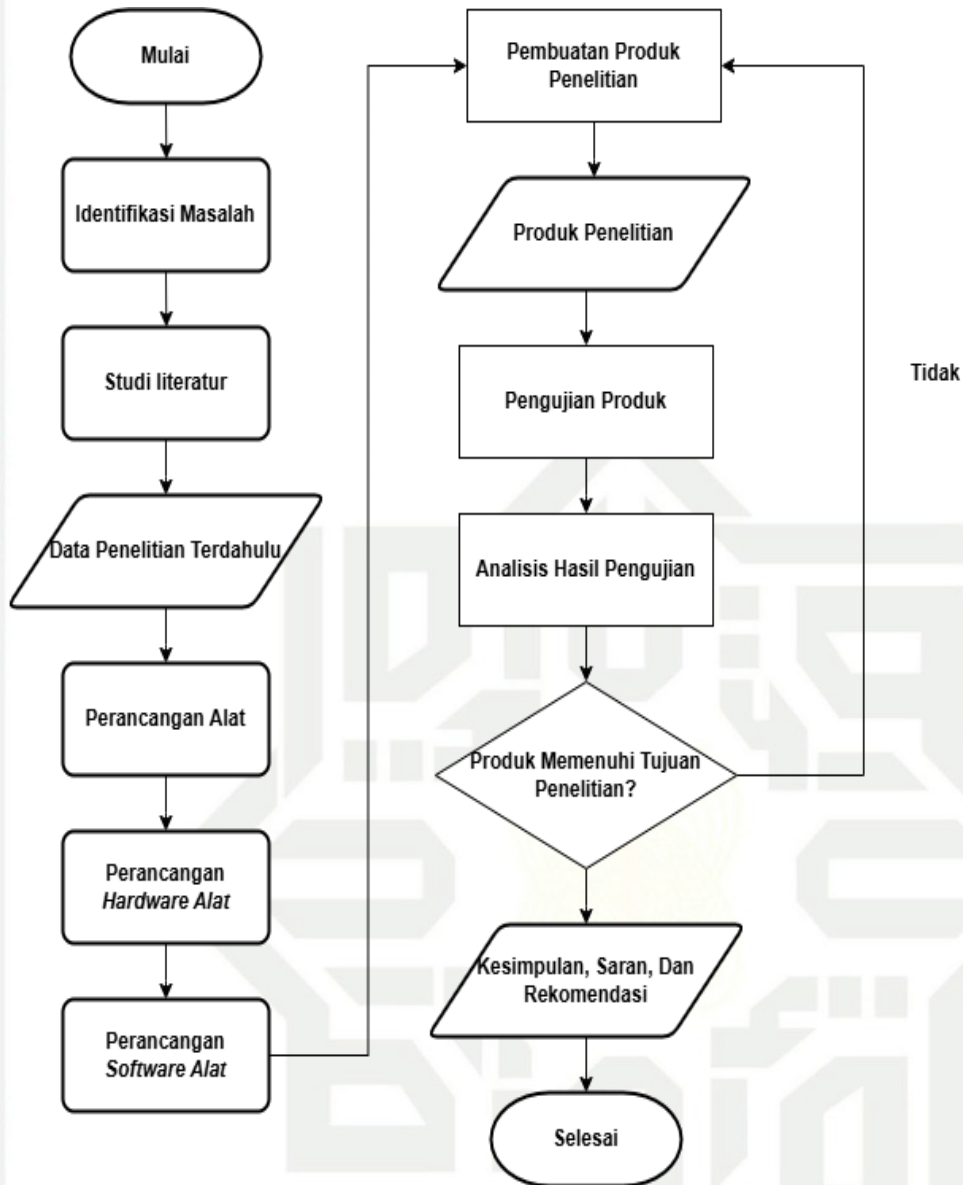
Penelitian menggunakan metode *Research and Development* (R&D). R&D adalah jenis penelitian yang bertujuan untuk menghasilkan produk dan teknologi baru atau memperbaiki produk dan teknologi yang sudah ada. Dalam penelitian ini juga digunakan metode deskriptif kuantitatif. Metode ini bertujuan untuk menggambarkan fenomena dengan sistematis dan akurat berdasarkan data kuantitatif. Metode ini digunakan untuk mengukur variable-variabel tertentu dan menemukan hubungan antara mereka. Informasi yang diperoleh kemudian dipresentasikan dalam bentuk angka dan statistik. Dalam penelitian ini metode deskriptif kuantitatif digunakan untuk merepresentasikan variabel-variabel yang digunakan dalam sistem deteksi banjir seperti curah hujan dan ketinggian air.

3.2 Tahapan Penelitian

Penyusunan penelitian melalui beberapa tahapan yang sistematis umumnya mencakup beberapa langkah penting. Gambaran umum tahapan penelitian tugas akhir ini dapat dilihat pada Gambar 3.1 berikut:

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber.
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



Gambar 3. 1 Diagram Alur Tahapan Penelitian

3.3 Identifikasi Masalah

Penulis melakukan pengamatan terhadap permasalahan lingkungan dan mengidentifikasi satu masalah sebagai topik penelitian, yaitu prediksi dan peringatan dini bencana banjir dengan merancang sistem IoT dan mengimplementasikan algoritma GRU. Bagian ini mencakup latar belakang penelitian, perumusan masalah, tujuan penelitian, dan batasan penelitian untuk memastikan penelitian berjalan terarah.



3.4 Studi Literatur

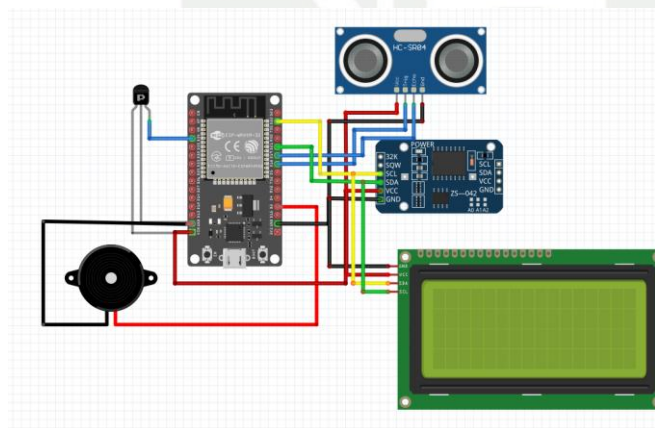
Penulis melakukan pencarian dan mempelajari referensi penelitian untuk mendukung penelitian yang dilakukan serta untuk memperoleh teori dan data yang diperlukan. Proses ini dilakukan dengan mencari artikel jurnal, buku, dan informasi dari situs web yang kredibel dan relevan dengan topik penelitian, yaitu sistem prediksi dan peringatan dini bencana banjir menggunakan algoritma GRU berbasis IoT sebagai solusi atas permasalahan yang telah diidentifikasi. Melalui langkah ini, penulis memperoleh data terkait penelitian serta informasi mengenai penelitian terdahulu yang dibahas dalam tinjauan pustaka.

3.5 Perancangan Alat

Perancangan alat sistem prediksi dan peringatan dini bencana banjir menggunakan algoritma GRU berbasis IoT dimulai dengan membuat gambaran umum sistem dan blok diagram. Gambaran umum sistem memberikan konsep keseluruhan alat secara sederhana.

3.6 Perancangan Hardware

Penulis membuat sketsa sistem untuk alat yang akan dibuat dengan menggambarkan bentuk fisik dari komponen yang digunakan dalam penelitian. Penulis menjelaskan hubungan antar komponen yang digunakan serta cara kerja sistem alat penelitian secara umum.



Gambar 3.2 Perancangan Hardware



Pin Komponen	Pin Koneksi
LCD I2C 20x4	SDA ke D21
	SCL ke D22
	VCC ke 5V
	GND ke GND
Buzzer SFM-27 Input	Input melalui D11
	GND ke GND
HC-SR 04 VCC	3.3V
HC-SR 04 GND	GND
HC-SR 04 Trig	D9
HC-SR 04 Echo	D10
Hall Effect A3144 VCC	5V
Hall Effect A3144 GND	GND
Hall Effect A3144 Output	D6
RTC DS3231 VCC	3.3V
RTC DS3231 GND	GND
RTC DS3231 SDA	A4
RTC DS3231 SCL	A5
GSM SIM800L VCC	5V
GSM SIM800L GND	GND
GSM SIM800L RXD	D7
GSM SIM800L TXD	D8

3.7 Perancangan Software

Penulis membuat diagram alur untuk menjelaskan bagaimana proses program berjalan pada sistem dalam alat penelitian yang akan dibuat. Diagram ini bertujuan untuk mengetahui dan menggambarkan bagaimana program yang dibuat akan akan berjalan sebagaimana mestinya.



Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Sensor HC-SR04 mengukur jarak dari sensor ke permukaan air. Ketinggian air dihitung sebagai selisih antara jarak maksimum yang telah ditetapkan (30 cm) dengan jarak yang diukur oleh sensor. Sensor *water tipping bucket* mengukur curah hujan. RTC DS3231 digunakan untuk memastikan waktu pengukuran yang akurat. Data dikumpulkan setiap interval waktu tertentu (setiap 30 detik).
2. Persiapan Data Untuk *Gated Recurrent Unit* (GRU), dalam menggunakan algoritma ini penulis berniat menggunakan menggunakan dua variabel, yaitu curah hujan (R_t) dan tinggi muka air (W_t), bisa memasukkan keduanya sebagai *input* ke dalam model GRU.
3. Data kemudian di *cleaning*, proses dan normalisasi menggunakan Keras API *sequential*.
4. Kemudian model data di *compile* dengan *optimizer*, *loss function* dan *metrics*.
5. Setelah itu data dilatih, evaluasi, dan prediksi sehingga menghasilkan data dalam format .h5. Data model tersebut kemudian disimpan dan di-*deploy* ke server (flask).

3.7.1 Perancangan Web

Frontend akan menampilkan prediksi secara *real-time*. Peneliti menggunakan HTML, CSS, dan JavaScript. WebSocket memungkinkan komunikasi dua arah secara langsung antara server dan klien (*browser*) tanpa harus membuat permintaan HTTP berulang kali. menggunakan WebSocket di frontend dengan JavaScript:

```
<!DOCTYPE html>
<html lang="en">
<head>
  <meta charset="UTF-8">
  <meta name="viewport" content="width=device-width, initial-scale=1.0">
  <title>Prediksi Ketinggian Air</title>
  <script>
    // Membuka WebSocket
    const socket = new WebSocket('ws://localhost:5000/ws');

    socket.onopen = () => {
      console.log('WebSocket is connected!');
    };

    socket.onmessage = (event) => {
      const data = JSON.parse(event.data);
```



```
document.getElementById('prediction').innerHTML = `Ketinggian Air yang Diprediksi:
${data.predicted_height}`;
</script>
</head>
<body>
<h1>Prediksi Ketinggian Air</h1>
<p id="prediction">Menunggu data...</p>
</body>
</html>
```

WebSocket, memungkinkan terjadinya komunikasi dua arah antara server dan klien. server Flask untuk menggunakan WebSocket sebagai berikut:

```
from flask import Flask, render_template
from flask_socketio import SocketIO, emit
import numpy as np
from tensorflow.keras.models import load_model
from sklearn.preprocessing import MinMaxScaler

app = Flask(__name__)
socketio = SocketIO(app)

# Muat model GRU
model = load_model('gru_model.h5')
scaler = MinMaxScaler(feature_range=(0, 1))

@app.route('/')
def index():
    return render_template('index.html')

@socketio.on('send_data')
def handle_data(curah_hujan_data):
    curah_hujan = curah_hujan_data['curah_hujan']

    # Normalisasi dan prediksi
    curah_hujan_scaled = scaler.fit_transform(np.array(curah_hujan).reshape(-1, 1))
    X_input = create_dataset(curah_hujan_scaled, time_step=10)
    X_input = np.reshape(X_input, (X_input.shape[0], X_input.shape[1], 1))

    predicted_height = model.predict(X_input)

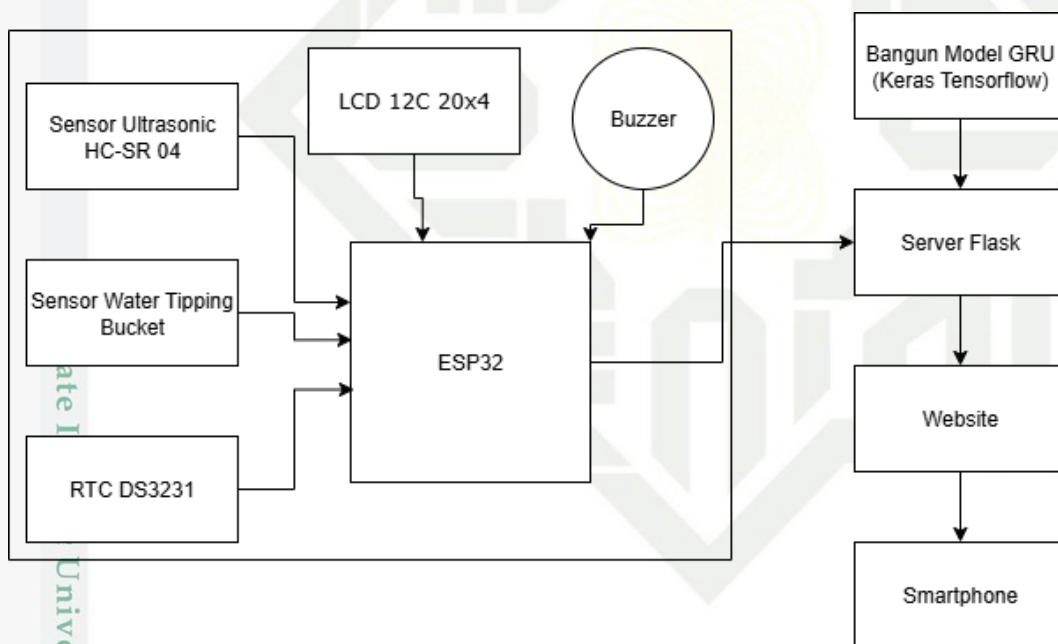
    # Kirimkan hasil prediksi ke frontend
    emit('receive_data', {'predicted_height': predicted_height.tolist()})
```



```
if __name__ == '__main__':
    socketio.run(app, debug=True)
```

3.7.2 Blok Diagram

Diagram perancangan sistem dibuat berdasarkan cara kerja keseluruhan rangkaian. Diagram ini memperlihatkan komponen input, proses, dan output dari sistem. Komponen input meliputi sensor ultrasonik HC-SR04, sensor *water tipping bucket*, dan modul waktu RTC DS3231. Komponen proses terdiri dari ESP32 untuk menghubungkan sistem ke internet, serta Keras (TensorFlow) untuk memprediksi data menggunakan algoritma GRU. Sedangkan media outputnya adalah indikator visual LED, auditori Buzzer, dan *smartphone* Android. Diagram ini membantu untuk memvisualisasikan bagaimana setiap komponen dalam sistem saling terhubung dan bekerja bersama untuk memberikan peringatan dini dan pengelolaan data ketinggian air dan curah hujan.



Gambar 3. 2 Blok Diagram Perancangan Sistem

3.7.3 Alur Kerja Sistem

Alur kerja sistem prediksi dan peringatan dini bencana banjir berbasis IoT ini dimulai dari pengukuran kondisi lingkungan oleh sensor. Sensor ultrasonik HC-SR04 berfungsi untuk mengukur ketinggian air, sementara sensor *water tipping bucket* digunakan untuk mencatat jumlah curah hujan



yang terjadi. Setiap hasil pembacaan sensor dicatat bersamaan dengan data waktu yang akurat menggunakan modul RTC DS3231, sehingga setiap data memiliki informasi waktu yang tepat. Mikrokontroler ESP32 mengolah data ini dan secara berkala mengirimkannya ke server melalui koneksi internet. Pada server, data akan diproses menggunakan algoritma GRU (*Gated Recurrent Unit*) melalui platform TensorFlow untuk melakukan prediksi ketinggian air beberapa waktu ke depan berdasarkan pola historis yang terbentuk dari data sensor. Hasil pengolahan tersebut, baik data *real-time* maupun hasil prediksi, ditampilkan melalui *website monitoring* yang dapat diakses pengguna. Selain itu, jika ketinggian air yang terdeteksi melebihi ambang batas yang telah ditentukan, ESP32 akan mengaktifkan LED sebagai indikator visual dan buzzer sebagai indikator auditori untuk memberikan peringatan langsung di lokasi. Dengan alur ini, sistem mampu memberikan *monitoring* kondisi secara *real-time* sekaligus memberikan prediksi serta peringatan dini kepada pengguna untuk meminimalkan risiko bencana banjir.

Gated Recurrent Unit (GRU) digunakan untuk memproyeksikan ketinggian muka air berdasarkan pola historis dari data ketinggian air dan curah hujan yang telah terukur. Dalam penelitian ini, data yang digunakan berasal dari dataset publik yang tersedia di platform Kaggle, khususnya data historis curah hujan dan permukaan air dari wilayah dengan karakteristik banjir musiman. Dataset tersebut memberikan informasi berkala (misalnya setiap 10–60 menit) tentang curah hujan (dalam milimeter) dan tinggi muka air (dalam sentimeter atau meter), yang digunakan sebagai input untuk proses pelatihan model GRU.

Model GRU dipilih karena kemampuannya dalam menangkap pola sekuensial dan hubungan waktu dari data *time-series* yang bersifat temporal. Arsitektur GRU dirancang untuk mempelajari pola peningkatan atau penurunan tinggi muka air sebagai respons terhadap curah hujan sebelumnya, dengan hasil akhir berupa prediksi tinggi air untuk 1 jam ke depan. Proses pelatihan dilakukan setelah data dinormalisasi dan dibentuk dalam format sliding window untuk memberikan konteks historis pada tiap data input. Dengan pendekatan ini, diharapkan sistem dapat memprediksi kondisi tinggi air secara lebih akurat dan proaktif, sehingga mendukung pengambilan keputusan dalam sistem monitoring air yang cerdas.

Langkah implementasi algoritma *Gated Recurrent Unit* (GRU) dalam sistem prediksi ini adalah

3.7.4 Manajemen Status Ketinggian Air

Manajemen status ketinggian air dalam sistem ini digunakan untuk memantau kondisi air secara *real time* guna memberikan peringatan dini kepada pengguna terkait tingkat level



air dan status level air. Dalam proses ini sensor HC-SR 04 digunakan untuk mengukur ketinggian air, dan hasil dari pengukuran ini dikirimkan kepada Website pada *smartphone* Android. HC-SR 04 dan Sensor *Water Tipping Bucket*

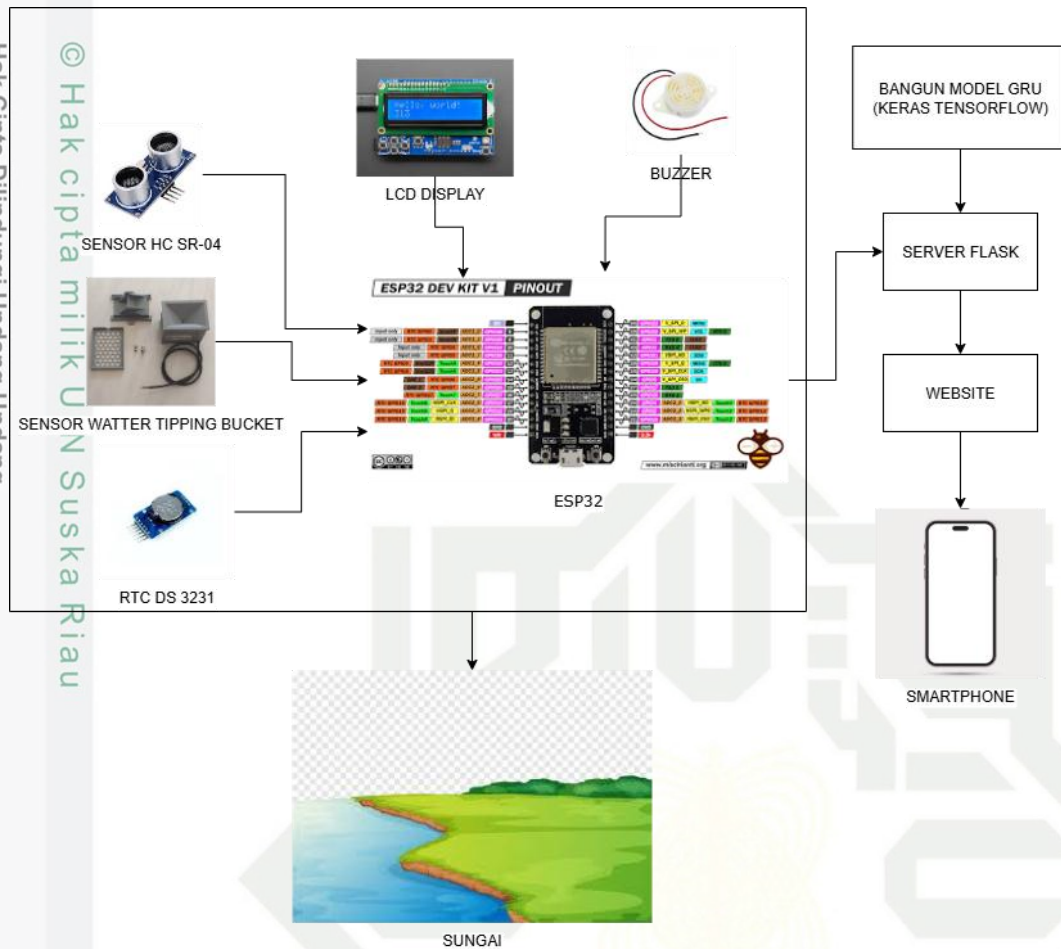
Adapun untuk penentuan status ketinggian air adalah sebagai berikut:

1. Level 1 dengan status “Bahaya” yang diatur pada jarak 0 hingga 10 cm dari sensor HC-SR 04.
2. Level 2 dengan status “Waspada” yang diatur pada jarak 10 hingga 20 cm dari sensor HC-SR 04
3. Level 3 dengan status “Normal” yang diatur pada jarak 20 hingga 200 cm dari sensor HC-SR 04.

3.8 Pembuatan Produk Penelitian

Penulis memulai proses pembuatan alat penelitian sesuai dengan rancangan *hardware* dan *software* yang telah disusun sebelumnya, sehingga alat penelitian selesai dan siap untuk dijalankan.

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



Gambar 3.2 Gambaran Umum Sistem

Konsep pada alat ini adalah menempatkan alat pada kondisi lingkungan rawan banjir. Alat ini menggunakan sensor ultrasonik HC-SR04 untuk mengukur ketinggian air, sensor *water tipping bucket rain gauge* untuk mengukur curah hujan, dan modul waktu RTC DS3231 untuk menjaga waktu akurat serta mengatur pengiriman data dari hasil pembacaan sensor. Selain itu, terdapat LCD display untuk indikator visual, serta buzzer sebagai indikator auditori status ketinggian air. Selanjutnya sensor yang terhubung pada mikrokontroler ESP32 yang terhubung dengan ke jaringan internet mengirimkan data ke server untuk diproses dan diteruskan ke Website. Kemudian data tersebut dapat dimonitoring melalui smartphone pengguna.

Penulis menentukan parameter pengujian terhadap alat atau produk yang dihasilkan, serta melakukan pengujian terhadap parameter tersebut berorientasi dengan tujuan penelitian.



3.9 Pengujian Produk

Penulis menentukan parameter pengujian terhadap alat atau produk yang dihasilkan, serta melakukan pengujian terhadap parameter tersebut berorientasi dengan tujuan penelitian.

3.9.1 Pengujian Alat

Pengujian alat dilakukan untuk memastikan bahwa seluruh komponen sistem baik perangkat keras maupun perangkat lunak berfungsi dengan baik sesuai dengan perancangan yang telah dilakukan. Proses pengujian dilaksanakan di lingkungan terkendali menggunakan media akuarium sebagai representasi dari kolam atau saluran air sebenarnya. Pemilihan akuarium dilakukan untuk memudahkan pengendalian volume air serta simulasi kondisi perubahan ketinggian permukaan air secara terukur.

Dalam pengujian ini, sensor ultrasonik ditempatkan pada bagian atas akuarium untuk memantau tinggi muka air, sementara sensor curah hujan disimulasikan menggunakan potensiometer atau penyiraman air buatan guna menghasilkan variasi data input. ESP32 digunakan untuk mengumpulkan data dari kedua sensor dan mengirimkannya ke server lokal yang menjalankan model GRU. Hasil prediksi ketinggian air serta status indikator ditampilkan melalui LCD dan juga dashboard berbasis web.

Pengujian dilakukan secara bertahap dengan meningkatkan volume air secara berkala untuk melihat respons sistem terhadap perubahan kondisi. Respon buzzer dan indikator visual pada LCD juga diamati untuk memastikan bahwa sistem mampu mengenali status *Aman* dan *Bahaya* sesuai ambang batas yang telah ditentukan. Dari hasil pengujian ini dapat dinilai bahwa sistem bekerja secara otomatis, responsif, dan cukup akurat dalam memantau dan memprediksi tinggi muka air dalam skala kecil. Evaluasi dari pengujian ini digunakan sebagai dasar untuk menyempurnakan sistem sebelum diterapkan pada skala yang lebih luas.

3.9.2 Pengujian Hardware

Pengujian ini bertujuan untuk mencoba apakah semua komponen dapat berjalan dengan baik dan lancar. Pengujian dengan cara menghubungkan setiap komponen dengan mikorkontroler ESP32 dan mengupload program ke dalam ESP32 untuk menguji kinerja setiap komponen.



Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

1. Pengujian *Power Supply* dan ESP32

Agar sistem pada alat bekerja dengan baik, diperlukan *power supply* yang cukup untuk memberikan tegangan ke beberapa komponen. Tegangan yang dibutuhkan adalah arus searah (DC). Pengujian ini dilakukan untuk menentukan konsumsi daya yang diperlukan untuk menjalankan seluruh sistem.

2. Pengujian ESP32

Tujuan dari pengujian ini adalah untuk menguji konektivitas pin ESP32.

3. Pengujian RTC DS3231

Tujuan pengujian modul waktu RTC DS 3231 ini bertujuan untuk melihat sejauh mana kemampuan dan keakuratan modul RTC dalam memperoleh jam hari dan tanggal sesuai dengan yang sedang terjadi.

4. Pengujian Sensor HC-SR 04

Pengujian ini, bertujuan untuk memastikan bahwa sensor ultrasonik berfungsi dengan baik dan memberikan hasil yang akurat untuk pengukuran jarak.

5. Pengujian Sensor *Water Tipping Bucket*

Tujuan dari pengujian ini adalah untuk menguji apakah sensor *water tipping bucket* dapat mengukur curah hujan berdasarkan *tipping* atau tidak.

6. Pengujian Buzzer

Adapun pengujian Buzzer ini bertujuan untuk mengetahui apakah bisa berkerja dengan baik dengan cara melakukan beberapa kali percobaan dalam menjalankan sistem.

7. Pengujian Integrasi *Hardware*

Pengujian integrasi komponen merupakan langkah penting untuk memastikan bahwa semua bagian dari komponen *hardware* bekerja bersama dengan baik setelah mereka digabungkan.

3.9.3 Pengujian *Software*

Pengujian software ini bertujuan untuk memastikan bahwa sistem alat bekerja dengan baik sesuai dengan perancangan alat yang telah terintegrasi pada *platform* yang digunakan dalam sistem ini, mencakup pengujian keseluruhan yang *software* diimplementasikan dalam sistem ini.

1. Pengujian Algoritma GRU Sebagai Sistem Prediksi

Pengujian algoritma GRU sebagai sistem prediksi dilakukan untuk mengevaluasi keefektifan dan akurasi model dalam memprediksi ketinggian air berdasarkan data



Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang menjiplak atau menyalin atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

curah hujan yang terkumpul. Metode pengujian ini menggunakan *Root Mean Square Error* (RMSE), *Mean Square Error* (MSE), *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE) sebagai metrik utama untuk mengukur kinerja model.

2. Pengujian Integrasi Website

Pengujian Integrasi Website bertujuan untuk memastikan bahwa data yang dikumpulkan dari sensor-sensor dan notifikasi peringatan pada sistem prediksi dan peringatan dini bencana banjir dapat dikirim, ditampilkan, dan dipantau secara *real time* melalui Website.





BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil perancangan, implementasi, dan pengujian sistem prediksi ketinggian air berbasis *Internet of Things* (IoT) dan algoritma *Gated Recurrent Unit* (GRU), dapat disimpulkan beberapa poin utama sebagai berikut:

1. Sistem yang dirancang berhasil mengintegrasikan sensor curah hujan dan sensor ultrasonik pada mikrokontroler ESP32 untuk memantau kondisi lingkungan secara *real-time*. Data yang diperoleh dikirim ke server lokal untuk diproses lebih lanjut.
2. Model GRU yang dibangun mampu memprediksi ketinggian air dengan tingkat akurasi yang sangat tinggi, dibuktikan dengan hasil evaluasi model: MSE sebesar 0.000021, MAE sebesar 0.003514, dan R^2 Score sebesar 0.987203. Hal ini menunjukkan bahwa model dapat mengenali pola historis dan memberikan prediksi yang sangat mendekati kenyataan.
3. Pengujian operasional menunjukkan bahwa sistem berjalan dengan baik dalam berbagai kondisi, serta mampu memberikan notifikasi dini saat terjadi peningkatan ketinggian air yang berpotensi membahayakan. Ini mendukung tujuan utama dari sistem, yaitu sebagai alat bantu mitigasi dan pengambilan keputusan berbasis data.

5.2 Saran

Agar sistem prediksi ketinggian air yang telah dikembangkan dapat memberikan manfaat yang lebih optimal dan siap digunakan di lapangan secara luas, maka beberapa saran berikut dapat dipertimbangkan:

1. Model GRU dalam penelitian ini masih menggunakan data simulasi. Untuk meningkatkan akurasi dan ketepatan prediksi, disarankan untuk melakukan pelatihan ulang (*retraining*) dengan data lapangan yang dikumpulkan secara kontinu dari lingkungan nyata.
2. Saat ini sistem menggunakan koneksi jaringan lokal Wi-Fi. Untuk implementasi di lokasi terpencil atau skala besar, sistem sebaiknya dikembangkan menggunakan protokol komunikasi seperti MQTT, GSM/4G, atau LoRa agar lebih fleksibel dan dapat menjangkau area yang tidak memiliki infrastruktur jaringan tetap.



DAFTAR PUSTAKA

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang menjiptakan atau seluruhnya atau sebagian tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber.

2. Dilarang mengutip sebagian atau seluruhnya atau sebagian tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber.

3. Dilarang menjiptakan atau seluruhnya atau sebagian tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber.

4. Dilarang menjiptakan atau seluruhnya atau sebagian tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber.

5. Dilarang menjiptakan atau seluruhnya atau sebagian tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber.

6. Dilarang menjiptakan atau seluruhnya atau sebagian tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber.

7. Dilarang menjiptakan atau seluruhnya atau sebagian tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber.

8. Dilarang menjiptakan atau seluruhnya atau sebagian tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber.

9. Dilarang menjiptakan atau seluruhnya atau sebagian tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber.

10. Dilarang menjiptakan atau seluruhnya atau sebagian tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber.

BNPB, “Data Informasi Bencana Indonesia”, 2023. [online]. Available: <https://dibi.bnpb.go.id/>. (diakses 07 Maret 2024).

Pemerintah Provinsi Riau. “Rencana Pembangunan Jangka Menengah Daerah Provinsi Riau Tahun 2019-2024”. Badan Perencanaan Pembangunan Daerah. Pekanbaru, 2019.

V. Babu, V. Rajan, “Flood and Earthquake Detection and Rescue Using IoT Technology”, IEEE: Proceedings of the Fourth International Conference on Communication and Electronics Systems, pp. 1256-1260, 2019.

M.I. Zainur, “Prototype Sistem Prediksi dan Peringatan Dini Bencana Banjir Berbasis Internet Of Things”, Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau, 2024.

K.Sofi, A.S. Sunge, S.R. Riady, A.Z. Kamalia “Perbandingan Algoritma Linear Regression, LSTM, Dan GRU Dalam Memprediksi Harga Saham Dengan Model Time Series”, Universitas Pelita Bangsa Bekasi, 2021.

A. Goyal, H. S. kanyal, S. Kaushik, and R. Khan, “IoT based cloud network for smart health care using optimization algorithm,” *Informatics in Medicine Unlocked*, vol. 27, p. 100792, 2021, doi: <https://doi.org/10.1016/j.imu.2021.100792>.

I.U. Panggalo, M. A. Malelak, I.O. Laleb, A. Nomleni, “Pembuatan Sistem Monitoring Intensitas Curah Hujan Berbasis Internet of Things (IoT)”, JE-UNISLA, Vol. 9, No. 1, pp. 42-51, 2024.

Y. Saragih, J.H.P. Silaban, H.A. Roostiani, S.A. Elisabet, “Design of Automatic Water Flood Control and Monitoring Systems in Reservoirs Based on Internet of Things (IoT)”, IEEE: 3rd International Conference on Mechanical, Electronics, Computer, and Industrial Technology (MECnIT), pp. 30-35, 2020.

S.S. Laksono, Nurgiyatna, “Sistem Pengukur Curah Hujan sebagai Deteksi Dini Kekeringan pada Pertanian Berbasis Internet of Things (IoT)”, EMITOR, Volume 20, No.2, pp. 117-121. 2020.

J.P. Nainggolan, M.E.I Najooan, S.D.S Karouw, “Pengembangan Sistem Informasi



Peringatan Dini Banjir Di Kota Manado Berbasis Internet of Things”, J. Teknik Informatika, Vol. 15, No. 1, pp. 65-74, 2020.

[11] J. Ilmiah and Dan Komputer, “Rancang Bangun Sistem Presensi Mahasiswa Dengan Menggunakan Qr Code Berbasis Android,” Jurnal Ilmiah Elektronika Dan Komputer, vol. 14, no. 1, pp. 47–58, Jul. 2021.

[12] Muliadi, A Imran, M. Rasul, "Pengembangan Tempat Sampah Pintar Menggunakan ESP32", Universitas Negeri Makassar, 2020.

[13] R. Teja, “Getting Started with ESP32 | Introduction to ESP32,” *ElectronicsHub*, Apr. 2024. <https://www.electronicshub.org/getting-started-with-esp32/> (accessed Apr. 24, 2025).

[14] H. Purwanto, M. Riyadi, D.W.W. Astuti, I.W.A. Wijayakusuma, “Komparasi Sensor Ultrasonik HC-SR04 Dan JSN-SR04T Untuk Aplikasi Sistem Deteksi Ketinggian Air”. J. SIMETRIS: Vol. 10, No. 2, pp. 717-724, 2019.

[15] I.A. Nurdiyanto, A.B. Bayu Primawan, “Monitoring Data Curah Hujan Berbasis Internet of Things (IoT)”. SENADI: Vol. 4, No. 1, pp. 46-50, 2020.

[16] I.H. Amal, “Rancang Bangun Alat Monitoring Dan Penyiraman Tanah Otomatis Menggunakan Drip Irrigation Pada Perkebunan Terong Berbasis Arduino Uno R3”, Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau, 2023

[17] B. Hidayat, “Sistem Pengendalian Dan Monitoring Media Tanaman Cabai Merah Keriting Berbasis Internet Of Things (IOT)”, Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau, 2023.

[18] A. Fauzan, “Rancang Bangun Kunci Rumah Elektronik Menggunakan Esp32 Dan Android Berbasis Iot”, Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau, 2023

[19] S. Mujilahwati , M. Sholihin , R. Wardhani “Optimasi Hyperparameter Tensorflow Dengan Menggunakan Optuna Di Python: Study Kasus Klasifikasi Dokumen Abstrak Skripsi”, Universitas Islam Lamongan, Jawa Timur, 2021



[20] A. P. Gema “Recurrent Neural Network (RNN) dan Gated Recurrent Unit

(GRU),” *Binus.ac.id*, 2024. <https://socs.binus.ac.id/2017/02/13/rnn-dan-gru/> (accessed Apr. 24, 2025).

[21] D. Yahya dkk “View of Perancangan Dan Implementasi Programmable Led Display Berbasis Mikrokontroler,” *Telkomuniversity.ac.id*, 2025.

<https://openlibrarypublications.telkomuniversity.ac.id/index.php/engineering/article/view/13015/12683> (accessed Apr. 24, 2025).

[22] E. W. Kusumowardani, S. S. Wibowo, and F. Zukhruf, "Analisis perubahan kecepatan pada Jalan Tol Semarang–Demak akibat bencana banjir rob di pesisir utara Semarang," *Jurnal Teknik Sipil ITB*, vol. 30, no. 3, pp. –, Dec. 2023. [Online]. Available:

<https://garuda.kemdikbud.go.id/documents/detail/4214341>

[23] S. D. Jackson, “Website,” in *Kansei/Affective Engineering*, Taylor & Francis, 2019.

[24] R. Sharma and R. Goyal, “A Review on Server Virtualization and Load Balancing Techniques in Cloud Environment,” *International Journal of Computer Applications*, vol. 183, no. 29, pp. 25–29, Aug. 2021. [Online]. Available:

<https://www.ijcaonline.org/archives/volume183/number29/32026-2021921745>

[25] P. Das and L. Dey, “A Review on Database Management System and its Development Strategies,” *International Journal of Computer Applications*, vol. 182, no. 9, pp. 10–15, Apr. 2019. [Online]. Available:

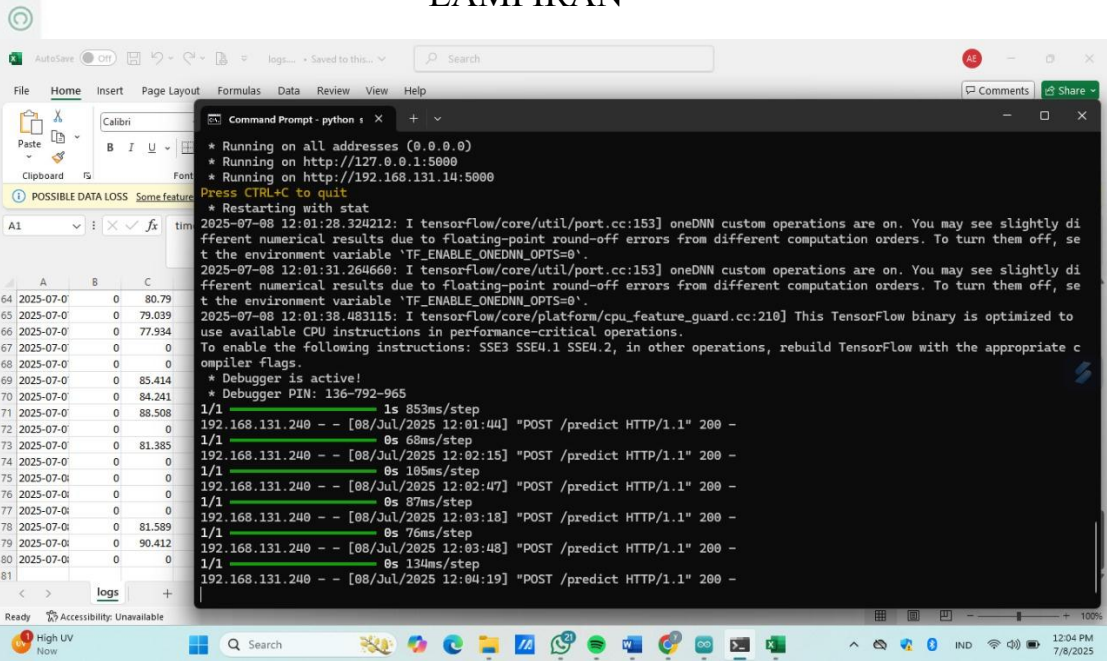
<https://www.ijcaonline.org/archives/volume182/number9/30661-2019918624>

[26] “Tensorflow Vs Keras,” *School of Information Systems*, 2021.

<https://sis.binus.ac.id/2024/02/06/tensorflow-vs-keras/> (accessed Jul. 06, 2025).



LAMPIRAN



Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



© Hak cipta milik UIN Suska Riau

State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

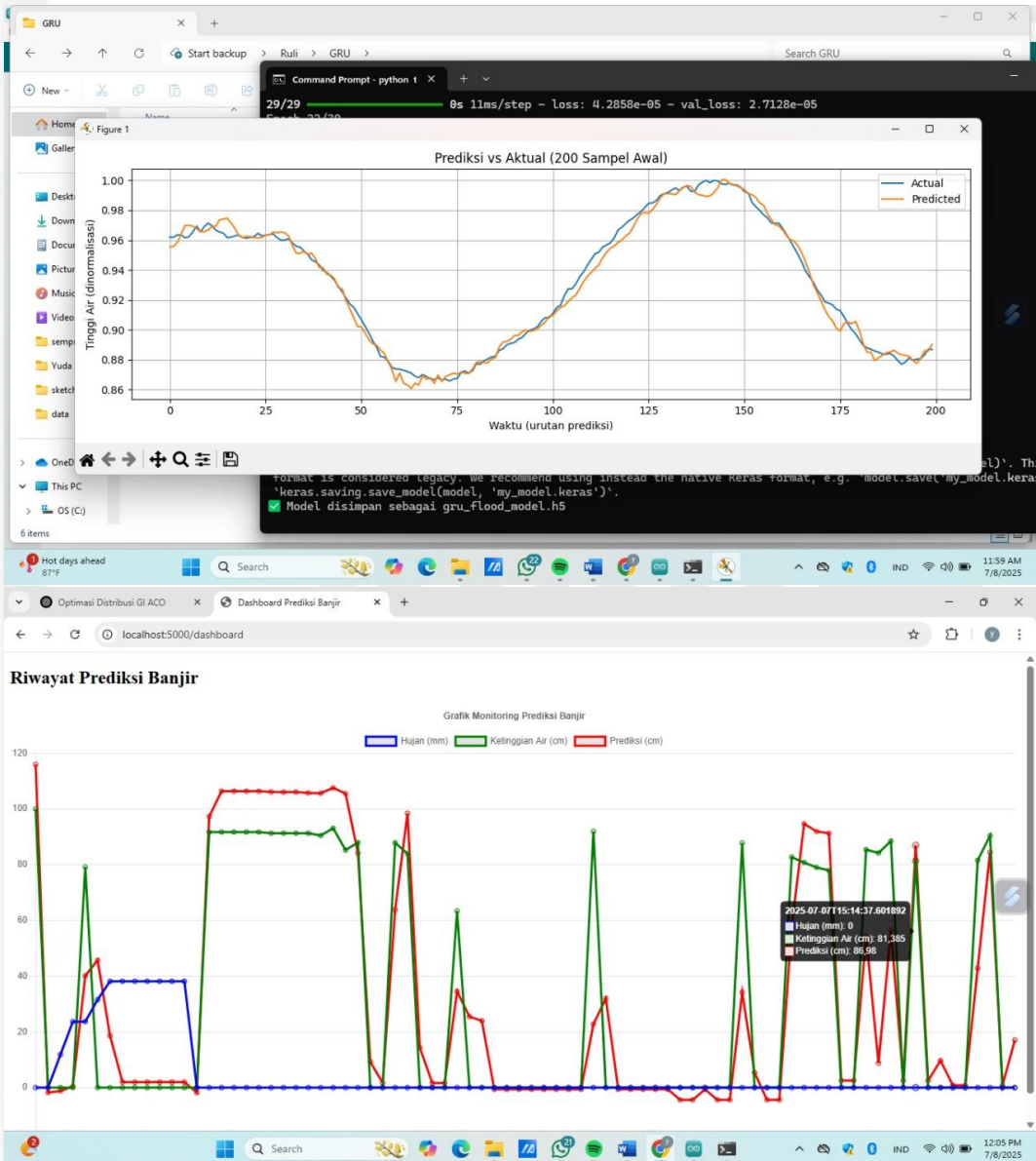


Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Hak Cipta Diindungi Undang-Undang

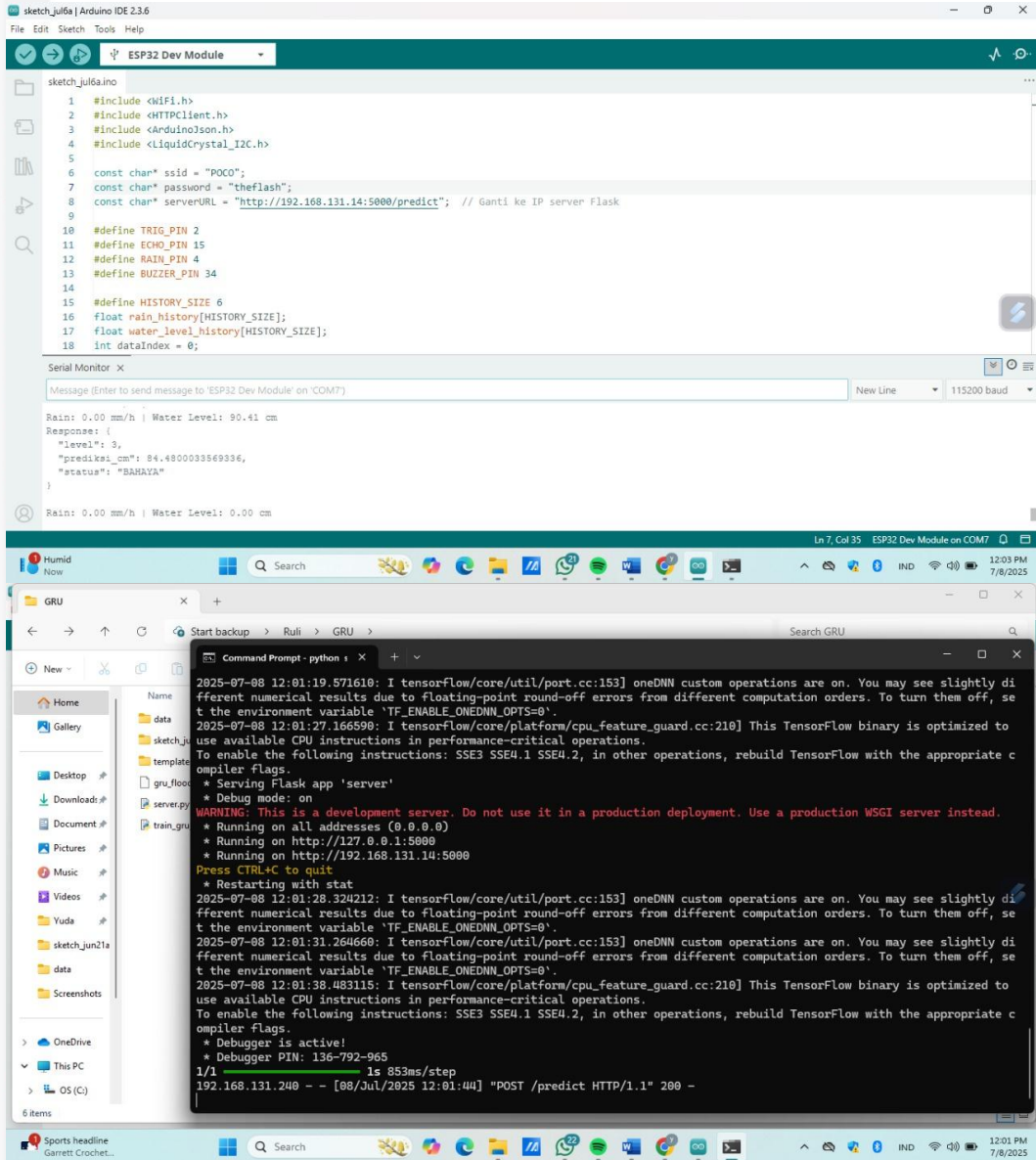
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.





Hak Cipta Diindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.





Hak Cipta Diindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

```

Command Prompt
29/29 0s 14ms/step - loss: 4.3273e-05 - val_loss: 3.1115e-05
Epoch 21/30
29/29 0s 11ms/step - loss: 4.2858e-05 - val_loss: 2.7128e-05
Epoch 22/30
29/29 1s 10ms/step - loss: 3.9955e-05 - val_loss: 2.6246e-05
Epoch 23/30
29/29 1s 17ms/step - loss: 3.3442e-05 - val_loss: 2.6959e-05
Epoch 24/30
29/29 0s 10ms/step - loss: 3.5512e-05 - val_loss: 2.6953e-05
Epoch 25/30
29/29 1s 11ms/step - loss: 3.3135e-05 - val_loss: 2.5171e-05
Epoch 26/30
29/29 0s 15ms/step - loss: 2.9904e-05 - val_loss: 2.4929e-05
Epoch 27/30
29/29 1s 11ms/step - loss: 3.0531e-05 - val_loss: 2.4496e-05
Epoch 28/30
29/29 0s 11ms/step - loss: 2.9461e-05 - val_loss: 2.4146e-05
Epoch 29/30
29/29 1s 11ms/step - loss: 2.8876e-05 - val_loss: 2.4099e-05
Epoch 30/30
29/29 1s 11ms/step - loss: 2.6289e-05 - val_loss: 2.4539e-05
9/9 1s 45ms/step

Evaluasi Model GRU:
  MSE (Mean Squared Error): 0.000022
  MAE (Mean Absolute Error): 0.003642
  R² Score: 0.986726
WARNING:absl:You are saving your model as an HDF5 file via 'model.save()' or 'keras.save_model(model)'. This file format is considered legacy
. We recommend using instead the native Keras format, e.g. 'model.save('my_model.keras')' or 'keras.save_model(model, 'my_model.keras')'.
Model disimpan sebagai gru_flood_model.h5

C:\Users\ASUS\Desktop\Ruli\GRU>

C:\Users\ASUS>cd C:\Users\ASUS\Desktop\Ruli\GRU
C:\Users\ASUS\Desktop\Ruli\GRU>python train_gru_banjir.py
2025-07-08 11:58:12.965691: I tensorflow/core/util/port.cc:153] oneDNN custom operations are on. You may see slightly different numerical results due
e to floating-point round-off errors from different computation orders. To turn them off, set the environment variable 'TF_ENABLE_ONEDNN_OPTS=0'.
2025-07-08 11:58:23.338110: I tensorflow/core/util/port.cc:153] oneDNN custom operations are on. You may see slightly different numerical results due
e to floating-point round-off errors from different computation orders. To turn them off, set the environment variable 'TF_ENABLE_ONEDNN_OPTS=0'.
2025-07-08 11:58:48.034559: I tensorflow/core/platform/cpu_feature_guard.cc:210] This TensorFlow binary is optimized to use available CPU instructio
ns in performance-critical operations.
To enable the following instructions: SSE3 SSE4.1 SSE4.2, in other operations, rebuild TensorFlow with the appropriate compiler flags.
C:\Users\ASUS\AppData\Local\Programs\Python\Python310\lib\site-packages\keras\src\layers\rnn\rnn.py:199: UserWarning: Do not pass an 'input_shape'/'
input_dim' argument to a layer. When using Sequential models, prefer using an 'Input(shape)' object as the first layer in the model instead.
super().__init__(**kwargs)
Model: "sequential"

Layer (type)                Output Shape              Param #
-----
gru (GRU)                   (None, 32)                3,456
dense (Dense)                (None, 1)                  33

Total params: 3,489 (13.63 KB)
Trainable params: 3,489 (13.63 KB)
Non-trainable params: 0 (0.00 B)
Epoch 1/30
29/29 5s 31ms/step - loss: 0.4712 - val_loss: 0.0095
Epoch 2/30
29/29 0s 12ms/step - loss: 0.0330 - val_loss: 0.0175
Epoch 3/30
29/29 1s 11ms/step - loss: 0.0158 - val_loss: 0.0048
Epoch 4/30
29/29 1s 11ms/step - loss: 0.0084 - val_loss: 0.0024
Epoch 5/30
29/29 1s 10ms/step - loss: 0.0040 - val_loss: 0.0012
    
```

Hak Cipta Diindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

