

RANCANG BANGUN DETEKSI KETINGGIAN DAN DEBIT AIR PADA PERTEMUAN TIGA ALIRAN SUNGAI BERBASIS *INTERNET OF THINGS*

Zegian Daffa Ghasypham^{1*}, Edy Kurniawan², Mohammad Mohsin³

^{1,2,3}Universitas Muhammadiyah Ponorogo; Jl. Budi Utomo No.10 Ponorogo, Jawa Timur Indonesia
;Telp (0352) 481124, 487662/Fax : (0352) 461796

Riwayat artikel:

Received: 30 Agustus 2023

Accepted: 5 September 2023

Published: 11 September 2023

Keywords:

Sungai;

Banjir;

Debit;

Aliran;

IoT.

Correspondent Email:

zegiandaffa2@gmail.com

Abstrak. Kabupaten Ponorogo memiliki potensi bencana banjir karena aliran sungainya yang tergolong menengah hingga tinggi dari air yang berasal dari daerah hulu sungai. Saat ini, informasi mengenai potensi banjir di wilayah ini masih disampaikan secara manual oleh petugas dinas terkait yang melakukan pemantauan secara langsung. Namun, metode ini tidak efisien karena hanya dapat dipantau melalui papan pengukur ketinggian air di tepi sungai. Untuk mengatasi masalah ini, penulis merancang sebuah sistem peringatan dini bernama "Deteksi Ketinggian dan Debit Air pada Pertemuan Tiga Aliran Sungai Berbasis Internet of Things". Sistem ini bertujuan memberikan informasi secara mudah, cepat, dan fleksibel kepada masyarakat untuk mengantisipasi banjir. Sistem menggunakan web service untuk menampilkan statistik ketinggian dan debit air dengan tiga tingkat status: aman, siaga, dan bahaya. Sistem terintegrasi dengan aplikasi bot Telegram yang mengirimkan notifikasi status air kepada masyarakat. Penelitian ini menghasilkan deteksi dini kemungkinan banjir pada tiga aliran sungai dengan tingkat error rendah, antara 0,05% hingga 2,01%, dan akurasi tinggi, berkisar antara 97,98% hingga 99,94%. Informasi disampaikan secara real-time melalui Telegram, dan data perangkat juga diakses melalui web service oleh petugas dan masyarakat di sekitar sungai. Sistem ini memberikan solusi yang efektif dalam mengatasi ancaman banjir di Kabupaten Ponorogo melalui pendekatan teknologi yang inovatif.

Abstract. The Ponorogo Regency faces the potential disaster of floods due to its medium to high river flow originating from upstream areas. Currently, information about flood potential in this region is conveyed manually by relevant agency personnel who conduct direct monitoring. However, this method is inefficient as it can only be observed through water level measurement boards on the riverbanks. The author has designed an early warning system named "Height and Water Flow Detection at the Confluence of Three River Streams Based on the Internet of Things" to address this issue. This system aims to provide easily accessible, fast, and flexible information to the public to anticipate floods. The system employs web services to display statistics on water levels and flow rates with three levels of status: safe, alert, and danger. The system is integrated with a Telegram bot application that sends water status notifications to the public. The research results indicate early detection of potential floods in three river streams with low error rates, ranging from 0.05% to 2.01%, and high accuracy, ranging from 97.98% to 99.94%. Information is delivered in real-time via Telegram, and device data is accessible through web services by officials and the community near the river. Thus, this system offers an effective solution to address the flood threat in the Ponorogo Regency through an innovative technological approach.

1. PENDAHULUAN

Tingginya intensitas curah hujan menyebabkan bencana alam banjir yang terjadi karena kelebihan air yang tidak tertampung oleh sungai serta kerusakan lingkungan yang berasal dari ulah manusia [1]. Banjir dapat didefinisikan sebagai limpasan air yang relatif tinggi, tidak dapat di tampung serta meluap dan menimbulkan aliran dalam jumlah besar [2]. Intensitas curah hujan tinggi, kesalahan dalam program pembangunan sungai, membuat sungai hampir kering dan tidak adanya retensi Daerah Aliran Sungai (DAS) merupakan faktor pendukung terjadinya banjir diberbagai wilayah [3]. Masyarakat maupun pemerintah harus berkontribusi dalam penanganan bencana banjir yang menjadi perhatian penting khususnya dalam sektor kepedulian terhadap lingkungan. Banjir dapat menyebabkan kerugian harta benda dan mampu membahayakan nyawa seseorang. Dampak tersebut dapat terjadi karena minimnya informasi pemberitahuan dini akan datangnya banjir yang membuat masyarakat tidak dapat mengantisipasi diri. Salah satu wilayah potensi bencana banjir adalah Kabupaten Ponorogo yang memiliki status aliran sungai menengah hingga tinggi dari air kiriman daerah lainnya [4].

Banjir menggenangi lima desa atau kelurahan yaitu Pakunden, Kepatihan, Surodikraman, Mangkujayan dan Purbosuman yang disebabkan oleh intensitas curah hujan yang tinggi [5]. Pemberitahuan informasi mengenai potensi banjir di Wilayah Ponorogo masih menggunakan cara manual melalui pemantauan petugas dinas terkait [6]. Alat pengukur ketinggian air sungai di Kecamatan Ponorogo menggunakan papan duga air yang ditempel pada sisi tepi sungai. Alat tersebut tidak efektif dan efisien untuk memberikan peringatan antisipasi kepada masyarakat karena hasil pengukurannya hanya dapat dipantau secara kontinu dari papan duga air [7].

Dibutuhkan sebuah sistem pemantauan dan peringatan dini kepada masyarakat yang dapat diakses dengan mudah, cepat, dan fleksibel [8] serta dapat menjadi antisipasi masyarakat untuk menghadapi banjir yang akan datang. Berdasarkan fenomena permasalahan di atas maka penulis mendapatkan ide untuk membuat sebuah sistem peringatan dini dengan judul “Rancang Bangun Deteksi Ketinggian dan Debit Air pada Pertemuan Tiga Aliran

Sungai Berbasis Internet of Things”. Tujuannya untuk mengetahui kemungkinan terjadinya banjir menggunakan web service untuk memberikan informasi mengenai statistik status ketinggian dan deras aliran air dengan tingkat akurasi tinggi menggunakan tiga status level air yaitu aman, siaga dan bahaya yang telah terprogram. Alat tersebut terintegrasi dengan aplikasi telegram bot yang berfungsi untuk mengirimkan notifikasi status debit dan ketinggian air sungai kepada masyarakat. Diharapkan alat tersebut berfungsi sebagai notifikasi efektif, efisien dan fleksibel yang dapat membantu masyarakat untuk mengantisipasi serta mempersiapkan diri akan datangnya bencana banjir.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 DAS (Daerah Aliran Sungai)

Daerah Aliran Sungai merupakan kesatuan dari suatu wilayah daratan dengan sungai dan anak-anak sungai yang berfungsi sebagai penyimpan, penampung, serta pengalir air dari curah hujan ke laut atau ke danau secara alami. DAS terdiri dari beberapa unsur yang saling bergantung dan berinteraksi membentuk sistem hidrologi diantaranya merupakan unsur manusia, biotik (flora dan fauna), dan abiotik (tanah, air, dan iklim) [9].

Pembagian Wilayah DAS dibagi menjadi tiga bagian, yaitu bagian hulu, bagian tengah, dan bagian hilir diantaranya sebagai berikut :

1. Pembagian wilayah DAS hulu merupakan awal mula terbentuknya aliran sungai yang berupa mata air, danau, rawa serta gletser yang meleleh. Daerah tersebut terletak pada daerah pegunungan atau perbukitan tinggi. Hulu sungai memiliki ciri antara lain, memiliki arus yang kuat, terjadi pengikisan atau erosi ke dasar sungai, tidak mengalami pengendapan pada aliran, bebatuan dibagian hulu sungai berukuran besar, dan terdapat jeram atau air terjun yang mengalir.
2. Pembagian wilayah DAS tengah disebut juga dengan badan sungai yaitu jalur yang dilewati aliran sungai dan berada di antara hulu dan hilir sungai. Badan sungai merupakan jalur yang dilalui oleh aliran yang terletak pada daerah yang relative datar. Arus sungai pada badan sungai cenderung tidak sekuat di bagian hulu serta proses erosi juga lebih berkurang. Terjadi

lebih banyak pengikisan pada dinding sungai daripada dasar sungai, dan seringkali terjadi pengendapan. Bentuk badan sungai cenderung berkelok atau *maender* hingga ke bagian hilir sungai.

3. Pembagian wilayah DAS hilir merupakan bagian akhir dari aliran sungai yang disebut juga dengan muara dan mengalirkan air sungai ke laut. Bagian hilir memiliki aliran yang lebih tenang dan lambat, serta dominan terdiri dari lumpur dan pasir halus. Proses pengikisan tanah di wilayah ini juga terjadi lebih luas di sepanjang dinding sungai. Selain itu, wilayah hilir cenderung mengalami lebih banyak pengendapan dibandingkan dengan bagian hulu dan tengah sungai, sehingga proses ini membentuk delta atau tanah datar akibat dari akumulasi sedimen yang terjadi [10].

2.2 Aliran Sungai

Aliran sungai mengalir secara dinamis dari hulu menuju hilir yang dapat dibedakan menjadi aliran permanen dan tidak permanen. Aliran tekanan permukaan air dapat dibedakan menjadi dua yaitu aliran saluran terbuka (*open channel flow*) dan aliran permukaan bebas (*free surface flow*). Aliran permukaan bebas terdiri dari perubahan kecepatan mengikuti waktu dan kedalaman air. Berdasarkan fungsi ruang, aliran dapat dibedakan menjadi aliran berseragam dan aliran tidak seragam.

2.3 Kecepatan Aliran

Kecepatan aliran pada suatu titik tidak mengalami perubahan maka aliran tersebut termasuk aliran permanen dan aliran seragam, sedangkan kecepatan pada suatu lokasi tertentu mengalami perubahan terhadap waktu maka termasuk dalam aliran tidak permanen dan aliran tidak seragam.

Aliran kritis terjadi pada saat kecepatan aliran sama dengan kecepatan amplitud kecil dan gelombang gravitasi yang dapat diciptakan dengan cara mengubah kedalaman, jika kecepatan aliran kurang dari kecepatan kritis, maka disebut aliran subkritis, jika kecepatan aliran lebih besar dari kecepatan kritis, maka disebut aliran superkritis. Kecepatan aliran sungai mengacu pada kecepatan pergerakan air di sungai pada suatu titik tertentu. Kecepatan ini biasanya diukur dalam

satuan jarak per waktu, seperti meter per detik (m/s) atau kilometer per jam (km/h). Kecepatan aliran dengan alat *flow meter* dihitung berdasarkan jumlah putaran baling-baling per waktu putarannya ($N = \text{putaran/dt}$) [11].

2.4 Debit

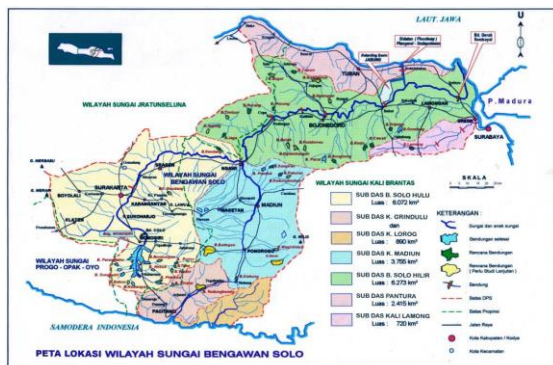
Debit air merupakan jumlah volume air yang mengalir melalui suatu titik dalam suatu sistem aliran air pada suatu waktu tertentu. Debit air diukur dalam satuan volume per unit waktu, seperti liter per detik (L/s) atau meter kubik per jam (m^3/h). Pengukuran debit dapat dilakukan secara langsung dan secara tidak langsung. Pengukuran debit secara langsung adalah pengukuran yang dilakukan dengan menggunakan peralatan berupa alat pengukur arus (*flow meter*) dan pelampung [12].

2.5 Tinggi Muka Air

Tinggi Muka Air (TMA) sungai merupakan salah satu data dasar hidrologi yang dapat diartikan tinggi permukaan air terhadap dasar sungai pada suatu penampang yang relatif stabil. Pengukurannya menggunakan mistar ukur berskala dengan satuan meter (m). Tinggi muka air sungai dapat berfluktuasi sesuai volume air yang melintas di penampang sungai tersebut. Data tinggi muka air sungai digunakan juga sebagai data masukan untuk menentukan debit sungai [13]

2.6 Bengawan Kabupaten Ponorogo

Kabupaten Ponorogo terletak di Provinsi Jawa Timur [14]. Berdasarkan data dari Balai Besar Wilayah Sungai Bengawan Solo (BBWS), Kabupaten Ponorogo termasuk dalam wilayah administratif Sungai Bengawan Solo. Di wilayah ini, terdapat Sungai Sekayu dengan luas Sub DAS 1006 km^2 dan panjang 12,173 m, yang masuk dalam wilayah Madiun pada orde 3. Sub DAS Sekayu terbagi menjadi tiga bagian yaitu Sub DAS Tempuran (327,94 km^2), Sub DAS Slahung (344,19 km^2), dan Sub DAS Keyang (332,06 km^2) [15]. Di peta lokasi Sungai Bengawan Solo, wilayah DAS Kabupaten Ponorogo menunjukkan daerah yang memerlukan studi lebih lanjut, termasuk Badegan, Slahung, dan Bendo yang merupakan sungai besar. Hanya Bendungan Bendo yang telah direalisasikan.



Gambar 2.1 Peta lokasi wilayah Sungai Bengawan Solo

Bencana banjir di Kabupaten Ponorogo mencapai 39 kejadian menurut informasi dari Badan Nasional Penanggulangan Bencana (BNPB), yang disebabkan oleh faktor alih fungsi lahan yang tidak bijaksana, menyebabkan kerusakan DAS dan curah hujan tinggi [16]. Musim hujan menyebabkan banjir di wilayah rawan seperti Kelurahan Pinggirsari [17]. Hasil wawancara dengan operator Sumber Daya Air (SDA), Bapak Fuad, pada 2022 curah hujan tertinggi terjadi pada Maret (374 mm) dan terendah pada Juli (4 mm) [18]. Berdasarkan wawancara dengan Bapak Ayub pada Januari 2023, banjir disebabkan oleh curah hujan tinggi, meningkatkan aliran di daerah hulu sungai Badegan, Sawo, dan Slahung, yang bertemu di Sungai Tempuran. Jika ketiga aliran ini sama derasny, Sungai Tempuran-Sekayu berpotensi banjir. Contoh kejadian pada Februari 2023 adalah banjir di barat Sungai Sekayu karena hujan intensitas tinggi dan kapasitas sungai yang terlampaui, berdampak pada beberapa desa. Upaya pemerintah dalam menghadapi banjir termasuk peringatan dini, perlengkapan keselamatan, jalur evakuasi, dan normalisasi infrastruktur seperti sungai, kanal, dan lainnya [6].

2.7 Penelitian Terdahulu

Penelitian yang dilakukan oleh Novi Kurniasih (2021) dengan judul Rancang Bangun Prototype Sistem Monitoring Pendeteksi Dini Banjir. Sistem pemantauan deteksi dini banjir dapat digunakan sebagai sarana informasi mengenai status ketinggian air yang ditransmisikan ke modul GSM secara real time melalui notifikasi berupa short message service (SMS) kepada masyarakat. Berdasarkan penelitian tersebut dihasilkan kesimpulan

bahwa tinggi muka air dalam status normal berada pada angka 5-50 cm, status siaga 55-85 cm dan status bahaya 90-100 cm. Proses notifikasi SMS masih kurang tepat dikarenakan mayoritas masyarakat di era sekarang khususnya kalangan anak muda yang lebih akrab dengan teknologi sering berkomunikasi menggunakan aplikasi sosial media Telegram dan jarang membaca notifikasi SMS sehingga dibutuhkan sebuah teknologi IoT (Internet of Things) sebagai telemetri antara alat tersebut dengan masyarakat sekitar bantaran sungai secara real time dengan notifikasi Telegram, kendala lainnya dalam penelitian ini terletak pada kecepatan pengiriman pesan karena sangat bergantung pada jaringan internet di lokasi alat tersebut [19].

Penelitian yang dilakukan oleh Buhori Muslim (2021) dengan judul Prototype Pengukur Tinggi Rendah Permukaan & Arus Air Sungai Memprediksi Kemungkinan Banjir. Memiliki tujuan untuk mengetahui informasi ketinggian air dan kekuatan arus sungai dengan skala jarak jauh menggunakan SMS Gateway untuk mengantisipasi akan datangnya banjir. Harapannya mampu meminimalisir kerugian korban serta dampak yang ditimbulkan. Penelitian ini memiliki kekurangan pada kecepatan jaringan internet sehingga waktu pengiriman SMS sangat tergantung dari kondisi jaringan yang tidak bisa ditentukan [20].

Penelitian yang dilakukan oleh Tomy Aditya Firmansah (2020) dengan judul *Prototype Sistem Monitoring dan Kontroling Banjir Berbasis Internet of Things Menggunakan ESP32* memiliki tujuan dapat membantu masyarakat dalam pengawasan banjir. Alat pendeteksi banjir menggunakan mikrokontroler Esp32, sensor ultrasonik, dan motor servo. Sensor ultrasonik berfungsi untuk memantau ketinggian air, sementara motor servo digunakan untuk mengendalikan pintu air. Data yang dihasilkan oleh sensor ultrasonik dan motor servo akan ditampilkan pada blynk app yang terhubung dengan Esp32. Jika jarak air yang dideteksi oleh sensor ultrasonik kurang dari 5cm, maka motor servo akan membuka atau menutup pintu air untuk menjaga ketinggian air tetap stabil. Kekurangan pada penelitian ini adalah kualitas sensor dapat mempengaruhi delay perhitungan data dan tingkat keakuratan [21].

Penelitian yang dilakukan oleh Muhammad Fathur Rahman (2021) dengan judul Pengukuran Aliran Air dan Tinggi Muka Air Pada Saluran Irigasi Dengan *Hall Effect Sensor* dan Ultrasonik. Sistem informasi untuk mengetahui besarnya potensi banjir pada saluran irigasi menggunakan sensor flow meter dengan menghitung jumlah putaran propeller pada setiap detik serta sensor ultrasonik dengan mengukur tinggi muka air dari dasar saluran irigasi. Penelitian tersebut membutuhkan teknologi *IoT (Internet of Things)* untuk mengirimkan hasil pembacaan sensor dan dapat dipantau dengan skala jarak jauh [22].

2.8 Arduino Mega 2560

Arduino mega 2560 termasuk salah satu jenis mikrokontroler yang memiliki IC (*Integrated Circuit*) sebagai pengontrol yang dikemas dalam bentuk *board* sirkuit mikrokontroler dengan mengaplikasikan *chip* ATmega2560 dan memiliki bahasa pemrograman sendiri yang berfungsi untuk mengontrol komponen mikrokontroler serta lebih mudah dioperasikan, seperti sensor dan actuator [23]. Pada penelitian ini menggunakan Arduino Mega 2560 karena jumlah pin yang mendukung dengan jumlah sensor dan output seperti yang ditunjukkan pada gambar 2.2. *Board* ini memiliki jumlah pin yang berjumlah 54 pin digital, 15 pin PWM, 16 pin analog dan 4 pin *UART (serial port hardware)*.



Gambar 2.2 Arduino Mega 2560

2.9 NodeMCU ESP8266

NodeMCU adalah platform *IoT open source* dengan firmware hardware development kit yang merujuk pada system on chip ESP8266 yang dapat diakses melalui GitHub. Ini berfungsi sebagai modul WiFi yang berperan sebagai mikrokontroler terkoneksi internet dan membuat koneksi TCP/IP. NodeMCU bisa disamakan dengan board Arduino untuk ESP8266, sebagaimana tampak di gambar 2.3. Espressif Systems memproduksi ESP8266, sebuah SoC Wi-Fi dengan prosesor terintegrasi

Tensilica Xtensa LX106. Modul ini sudah memiliki komponen yang lengkap, termasuk prosesor, memori, dan akses ke pin GPIO [24].



Gambar 2.3 NodeMCU ESP8266

2.10 Water Flow Sensors yf-s201

Sensor *water flow* adalah sensor yang mengestimasi jumlah debit air, laju aliran air, dan jumlah air yang mengalir dalam satuan mililiter atau liter tergantung pada jenis satuan yang diprogram. *Water flow sensors* mempunyai beberapa komponen didalamnya seperti *hall effect sensors*, katup plastic dan rotor air seperti yang ditunjukkan pada gambar 2.4. *Efect hall sensors* dapat menghasilkan sebuah tegangan dengan resistensi medan magnet yang diterima oleh sensor tersebut dan sangat terpengaruh pada partikel muatan yang memadai bergerak melewatinya [25]. Pada penelitian ini, *water flow sensor* dibutuhkan untuk mengukur debit air sungai yang mengalir.



Gambar 2.4 Water Flow Meter yf-s201

2.11 Ultrasonik Hc-sr04

Sensor ultrasonik berfungsi untuk mengirimkan dan menerima gelombang ultrasonik. Dengan memasukkan sinyal pulsa minimal 10 μ S ke pin trigger, sensor menghasilkan delapan pulsa ultrasonik pada frekuensi 40 KHz. Gelombang ultrasonik ini bergerak menuju objek penghalang, dan pin echo menjadi tinggi (1) untuk memulai pembentukan sinyal gema. Jika tidak ada pantulan kembali dalam waktu 38 mS, pin echo kembali rendah (0) [26]. Dalam penelitian ini, sensor ultrasonik digunakan untuk mengukur tinggi permukaan air sungai dengan menggunakan modul SR04, seperti yang terlihat dalam gambar 2.5 Modul SR04 lebih

disukai daripada SRF-05 dan SRF-02 karena memiliki akurasi tinggi hingga 3 mm [27].



Gambar 2.5 Sensor Ultrasonik Hc-sr04

2.12 LCD (Liquid Crystal Display) 20x4

Liquid Crystal Display (LCD) adalah komponen elektronik yang berfungsi sebagai tampilan output dari mikrokontroler Arduino Mega. Tampilan ini bisa berupa karakter angka, huruf, dan grafik sesuai dengan algoritma dalam program. LCD ukuran 20x4 adalah salah satu opsi untuk mikrokontroler, dengan 20 kolom dan 4 baris karakter. Untuk LCD 20x4, I2C (Inter Integrated Circuit) diperlukan. I2C ini memiliki saluran SCL (Serial Clock) dan SDA (Serial Data) yang menghubungkan informasi antara I2C dan pengontrolnya untuk mentransfer serta menerima data [28]. Dalam penelitian ini, modul LCD digunakan untuk menampilkan status tingkat bahaya banjir, tinggi permukaan air, debit air, dan kecepatan aliran sungai.



Gambar 2.6 LCD 20x4

2.13 Buzzer

Piezoelektrik *buzzer* ialah tipe *buzzer* yang memanfaatkan efek piezoelektrik untuk mengubah sinyal listrik menjadi energi mekanik yang menghasilkan suara, atau sebaliknya, menghasilkan listrik melalui energi mekanik seperti getaran. Terdapat dua jenis *buzzer* untuk mikrokontroler: aktif, yang langsung berbunyi saat mendapat tegangan; dan pasif, yang hanya bersuara saat frekuensi tegangannya berubah. *Buzzer* mengeluarkan suara berupa nada dan memiliki dua kaki: positif (terhubung ke pin PWM) untuk menghasilkan bunyi saat input tinggi (1), dan negatif (terhubung ke ground). *Buzzer* bekerja dengan frekuensi 3000–(500) Hz dan kebisingan 80dB pada jarak 10cm [29]. Pada

penelitian ini, komponen *buzzer* digunakan sebagai sirine ketika ketinggian air berada level siaga dan bahaya.



Gambar 2.7 Buzzer

2.14 Web Service

Layanan web merujuk pada aplikasi yang dapat diakses dan digunakan oleh aplikasi lain melalui Internet dengan menggunakan format transmisi data. Organisasi atau lembaga menggunakan layanan web untuk memberikan informasi atau data kepada sistem lain sehingga mereka dapat berinteraksi dengan sistem tersebut. Data dalam layanan web disimpan dalam format JSON atau XML, memungkinkan sistem lain dengan platform, sistem operasi, dan bahasa pemrograman yang berbeda untuk menggunakan data tersebut. Aplikasi lain dapat memanggil layanan web melalui pernyataan HTTP (*HyperText Transfer Protocol*). Dalam konteks pemrograman web, PHP adalah salah satu kekuatan utama dalam mengelola layanan web secara *online* melalui protokol HTTP.

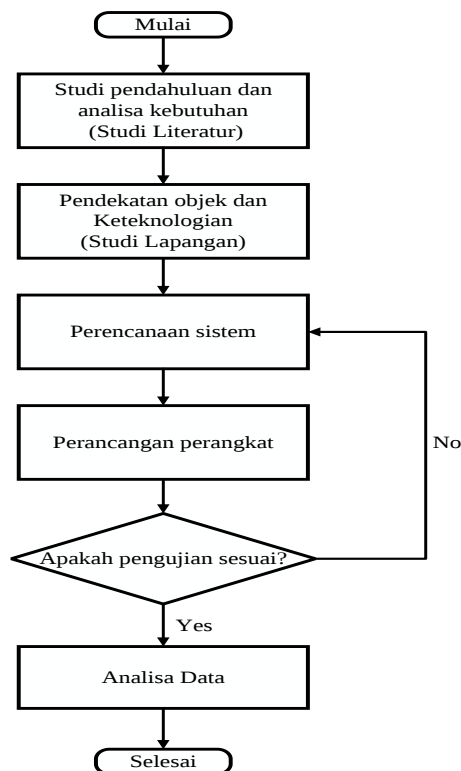
Penyimpanan data di internal smartphone untuk aplikasi game yang bisa melakukan ini jelas bukan hal yang direkomendasikan. Berhubungan dengan masalah tersebut membutuhkan aplikasi yang berguna sebagai penyedia data/pesan permainan aplikasi, maka *web service* merupakan solusi yang dapat berperan sebagai jembatan antara aplikasi dan *database* [30].

Waktu	Curah hujan	Debit	Status	Debit	Speed	Level	Status
04 Aug 2023 04:33	-	-	-	12	24	7	BAHAYA
04 Aug 2023 05:32	-	-	-	12	24	7	BAHAYA
04 Aug 2023 05:37	7	12	NORMAL	-	-	-	-
04 Aug 2023 05:39	-	-	-	12	24	7	BAHAYA
05 Aug 2023 01:00	0.00	0.00	RINGAN	-	-	-	-
05 Aug 2023 01:00	0.00	0.00	RINGAN	-	-	-	-
05 Aug 2023 01:00	0.00	0.00	RINGAN	-	-	-	-
05 Aug 2023 01:00	-	-	-	0.00	0.00	9	BAHAYA
05 Aug 2023 01:01	0.00	0.00	RINGAN	-	-	-	-

Gambar 2.8 Tampilan web service

3. METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan dengan metode paradigma kuantitatif. Pendekatan kuantitatif atau paradigma kuantitatif merupakan penelitian yang mengacu pada pengujian suatu teori dengan penyajian suatu fakta, menunjukkan hubungan antar variabel dan bersifat mengembangkan konsep. Diperlukan strategi eksplorasi yang digunakan untuk mengumpulkan informasi dengan memecahkan hal atau isu yang ada serta mengestimasi perangkat sehingga menghasilkan informasi pendukung. Tahapan strategi eksplorasi dalam penelitian ini tampak pada gambar 3. 1 sebagai berikut :



Gambar 3.1 Diagram alur penelitian

3.1 Studi pendahuluan dan Analisa kebutuhan

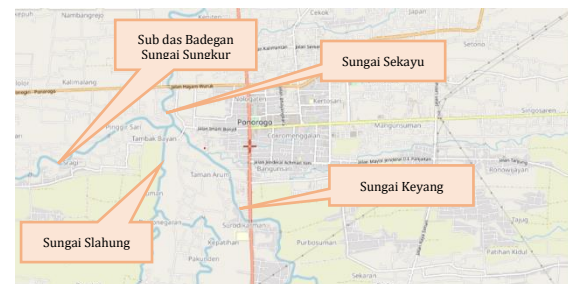
Dilaksanakan untuk memperoleh referensi diantaranya berasal dari buku, artikel, jurnal, dan penelitian terdahulu. Studi pendahuluan ini digunakan untuk memperoleh informasi dan teori mengenai permasalahan yang diangkat dalam penelitian serta variabel yang terkait dengan sistem monitoring banjir.

Analisa kebutuhan disini dimaksudkan untuk dijadikan sebagai acuan dari penelitian

terdahulu yang saya pelajari dengan melihat data yang diperlukan. Berdasarkan Analisa kebutuhan saya mendapatkan inovasi ide, dari hal tersebut saya menganalisa kebutuhan ide seperti kebutuhan komponen untuk membuat sebuah sistem monitoring banjir meliputi perangkat keras diantaranya NodeMcu ESP8266, Water Flow Sensors, Sensor Ultrasonik, Buzzer, LCD 20x4 serta kebutuhan perangkat lunak seperti Web Service untuk sistem yang saya rancang.

3.2 Pendekatan objek dan keteknologian

Dilakukan dengan cara survei lokasi sungai tempuran yang terletak di kelurahan Pinggirsari, Kecamatan Ponorogo, Kabupaten Ponorogo. Sungai Tempuran termasuk bagian dari sub-sub DAS di Kabupaten Ponorogo adalah tempat bertemunya tiga hulu sungai, aliran sungai dari hulu sub DAS Badegan, aliran sungai dari hulu sub-sub DAS Slahung, dan aliran sungai dari hulu sub-sub DAS Keyang seperti pada gambar 3.2.



Gambar 3.2 Map Sungai Tempuran

Kegiatan wawancara dengan warga setempat dan juga institusi terkait (BPBD, PUPR, dan BPS) menghasilkan masukan mengenai objek yang diteliti. Narasumber mengatakan, ketika arus dari salah satu aliran sungai Hulu Badegan dan Hulu Slahung cukup kuat, maka terjadi *confluence* yang menyebabkan air meluber keluar aliran sungai dan membuat debit air dari kedua sungai yang seharusnya mengalir ke Sungai Sekayu menjadi melambat. Apabila kedua aliran tersebut memiliki arus yang sama kuatnya, maka kedua aliran tersebut mengalir ke arah Sungai Sekayu.

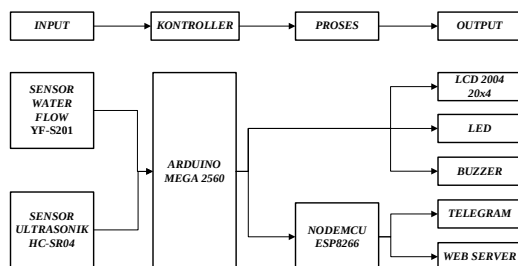
Kejadian banjir pada bulan Februari 2023 di barat Sungai Sekayu adalah salah satu contohnya, alat *monitoring* banjir yaitu *Early Warning System* (EWS) dari BBWS Bengawan Solo hanya dapat memonitoring aliran Sungai

Sekayu, sehingga informasi pada ketiga aliran sungai tidak diterima oleh masyarakat karena sistem tidak mendeteksi,

Berdasarkan hasil observasi survei lapangan dan wawancara dengan masyarakat serta institusi terkait, diperoleh masukan mengenai objek yang diteliti. Oleh karena itu peneliti mendapatkan pertimbangan dan acuan teknologi yang akan diterapkan menjadi perangkat *monitoring* banjir berdasarkan permasalahan yang ada.

3.3 Perencanaan Sistem

Tahap perencanaan Sistem Deteksi Ketinggian dan Debit Air Pada Pertemuan Tiga Aliran Sungai Berbasis *Internet of Things* merupakan suatu proses awal sebelum tahap perancangan. Tahap perencanaan sistem dibutuhkan sebagai acuan untuk pemecahan masalah pada tahap berikutnya yaitu tahap implementasi perancangan sistem. Perencanaan sistem mencakup beberapa proses.



Gambar 3. 1 Diagram blok sistem

Pada Rancang Bangun Deteksi Ketinggian dan Debit Air pada Pertemuan Tiga Aliran Sungai Berbasis *Internet of Things* terdiri dari 4 blok diagram yang masing-masing dapat dijelaskan sebagai berikut:

1. Bagian *input* merupakan bagian yang bekerja sebagai masukan data ke dalam bagian proses. Dalam bagian *input* terdapat sensor *Waterflow* Meter berjumlah 3 buah, yang akan menjadi alat pengukur debit. Sensor Ultrasonik untuk mengukur ketinggian permukaan air sungai yang berjumlah 3 buah. Semua sensor diletakkan pada setiap aliran.
2. Bagian *kontroller* merupakan bagian bertugas sebagai kontrol utama. Pada bagian ini masukan yang di terima dari bagian input akan di olah sesuai dengan

apa yang di programkan pada Arduino Mega yang dapat memberikan perintah sesuai dengan program.

3. Bagian proses merupakan bagian yang bertugas sebagai pemroses. Pada bagian ini keluaran yang di terima dari bagian kontrol akan di proses dan di olah sesuai dengan apa yang di programkan. Dalam bagian proses terdapat modul NodeMCU Esp3266 berbasis IoT yang berfungsi sebagai jembatan penghubung antara mikrokontroler dengan *Web Service* dan Telegram.
4. Bagian *output* merupakan bagian yang berfungsi untuk menampilkan data dari hasil pengolahan yang dilakukan pada bagian proses. Pada bagian ini terdiri lima output yaitu :
 - a) LCD pada alat ini digunakan untuk menampilkan hasil sensor ultrasonik dan *flow meter* meter pada tiga aliran sungai secara *real time*.
 - b) *Led* sebagai indikator dari level bahaya atau level siaga banjir
 - c) *Buzzer* pada alat ini digunakan untuk alarm peringatan apabila tingkat atau status monitoring banjir dalam variable bahaya.
 - d) *Web Service* pada alat ini digunakan untuk memonitoring ketinggian dan debit air pada tiga aliran sungai secara *real time*. Rekapitulasi proses *monitoring* banjir dapat di unduh di dalam *web service* mejadi format *Microsoft Excel*.
 - e) Telegram sebagai notifikasi status sungai untuk masyarakat sekitar bantaran sungai dan petugas terkait.

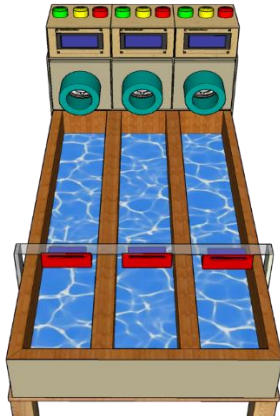
3.4 Perancangan Perangkat

Tahap perancangan perangkat deteksi ketinggian dan debit air merupakan tahap dimana rencana alat mulai dibangun sesuai cara kerjanya agar dapat beroperasi menjadi sebuah sistem. Pada tahap ini terdapat dua pokok bahasan yaitu perancangan pada perangkat keras dan perancangan pada perangkat lunak.

3.4.1 Perancangan Perangkat Keras

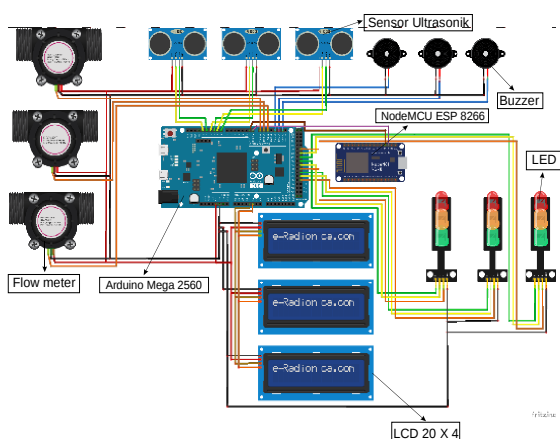
Pada gambar 3.4 merupakan desain perangkat deteksi ketinggian dan debit pada tiga aliran sungai. Perangkat ini dibuat dalam skala

prototype dengan dengan ukuran total 100 cm x 45 cm, didapati dari perbandingan 1:100 dengan luas sungai sebenarnya, terbuat dari bahan mika akrilik dengan ketebalan 2 mm dan 5 mm, pipa pvc $\frac{1}{2}$ inch, besi hollow ketebalan 2 mm.



Gambar 3.4 Desain Perangkat

Perancangan perangkat keras meliputi pembuatan alat, dan merangkai komponen yang telah ditentukan sebelumnya. Pada tahap ini semua perangkat keras akan disusun dan dirangkai satu sama lain sehingga sistem yang telah direncanakan dapat berjalan. Komponen yang akan digunakan perlu dirangkai dengan komponen yang lain, sehingga komponen dapat bekerja sesuai dengan fungsinya. Rangkaian komponen-komponen yang ditunjukkan pada gambar 3.5 sebagai berikut :



Gambar 3.5 Skema diagram wiring

3.4.2 Perancangan Perangkat Lunak

Perancangan perangkat lunak adalah proses merencanakan dan merancang struktur, fungsi, dan komponen dari sebuah program

komputer atau aplikasi perangkat lunak sebelum dimulainya tahap implementasi. Ini melibatkan mengidentifikasi kebutuhan pengguna, merancang arsitektur sistem, menguraikan algoritma menggunakan *software* Arduino IDE. Perancangan perangkat lunak meliputi :

1. Pembuatan web service

Pemrograman web service berfungsi untuk membuat fungsi sistem monitoring secara *real time* dan sebagai rekapitulasi data pembacaan sensor serta merinci tampilan antarmuka pengguna (UI).

2. Pembuatan Program

Pemrograman mikrokontroler berfungsi untuk mengatur semua komponen pada sistem Deteksi Ketinggian dan Debit Air pada Pertemuan Tiga Aliran Sungai Berbasis Internet of Things.

3.5 Rumus Perhitungan

Rumus perhitungan dalam menentukan persentase *error* dan akurasi adalah sebagai berikut.

$$\text{Persentase error} = \frac{\text{Nilai Teoritis} - \text{Nilai yang Terbaca}}{\text{Nilai Teoritis}} \times 100\% \quad (1)$$

$$\text{Persentase Akurasi} = 100\% - \text{Persentase error} \quad (2)$$

Rumus perhitungan dalam menentukan nilai pembacaan sensor *flow meter* dan sensor ultrasonik adalah sebagai berikut :

a. Sensor *water flow*

Sensor *flow meter* digunakan untuk mengukur laju aliran suatu cairan melalui pipa atau saluran tertentu. Kecepatan aliran air pada sungai atau saluran terbuka dapat ditentukan dengan cara mengukur langsung dan atau tidak langsung. kecepatan aliran air merupakan salah satu parameter penting dalam besaran debit [31].

1. Rumus debit *real* :

$$Q = A \times V \text{ atau } Q = \frac{V}{t} \quad (3)$$

Di mana :

Q adalah debit aliran air (liter/detik, m^3/s , dll.)

V adalah kecepatan aliran air (m/s)

A adalah luas penampang melintang pipa atau saluran (m^2)

v adalah volume cairan yang mengalir dalam interval waktu tertentu (liter, m^3)

t adalah interval waktu dalam satuan waktu (detik, menit, jam)

2. Rumus debit pada sensor *flow meter* yf-s201 *real* :

$$Q = \frac{(Pulses) \times ka}{kb} \quad (4)$$

$$Q = \frac{(Pulses) \times 60}{7,5}$$

Di mana :

Q adalah debit aliran air (liter/detik, m^3/s , dll.)

Pulses adalah jumlah pulsa yang dibaca sensor dalam interval waktu **t**

ka adalah jumlah *pulses* yang dibutuhkan sensor untuk mengukur volume

kb adalah volume yang diukur oleh *pulses*

3. Rumus debit pada sensor *flow meter* yf-s201 dengan pengali :

$$Q = \frac{(Pulses) \times pengali}{ka} \times kb \quad (5)$$

$$Q = \frac{Pulses \times 95}{60} \times 7,5$$

Di mana :

Q adalah debit aliran air (liter/detik, m^3/s , dll.)

Pulses adalah jumlah pulsa yang dibaca sensor dalam interval waktu **t**

ka adalah jumlah *pulses* yang dibutuhkan sensor untuk mengukur volume

kb adalah volume yang diukur oleh *pulses*

Pengali adalah sebuah nilai yang dibutuhkan untuk mencapai tingkat akurasi sensor

4. Rumus kecepatan :

$$V = \frac{Q}{A} \quad (6)$$

Di mana :

V adalah kecepatan aliran air (m/s)

Q adalah debit aliran air (liter/detik, m^3/s , dll.)

A adalah luas penampang melintang pipa atau saluran (m^2)

5. Rumus kecepatan sensor *flow meter* :

$$V = \frac{Q}{A} \quad (7)$$

Di mana :

V adalah kecepatan aliran air (m/s)

Q adalah debit aliran air (liter/detik, m^3/s , dll.)

A adalah luas penampang melintang pipa atau saluran (m^2)

Diketahui :

Luas penampang sensor *flow meter* yf-s201 berdiameter *intake* 0,9 cm, maka

$$A = \pi \times r^2 \quad (8)$$

$$A = 3,14 \times 0,45$$

$$A = 0,636 \text{ cm}^2$$

$$A = 636 \times 10^{-7} m^2$$

Maka kecepatan aliran dapat dihitung menggunakan rumus berikut :

$$V = \frac{Q}{A} \quad (9)$$

$$V = \frac{Q \text{ l/detik}}{A}$$

$$V = \frac{Q \text{ dm}^3/\text{detik}}{A}$$

$$V = \frac{Q \times 10^{-3} m^3/\text{detik}}{A}$$

$$V = \frac{Q \times 10^{-3} m^3/\text{detik}}{636 \times 10^{-7} m^2}$$

$$V = \frac{Q \times 10^4 m/\text{detik}}{636 m^2}$$

$$V = Q \times 15,7 \text{ m/detik}$$

- b. Sensor Ultrasonik

Sensor mengukur waktu yang diperlukan untuk gelombang ultrasonik mencapai objek dan kembali ke sensor. Dengan menghitung waktu ini dan mengingat kecepatan suara dalam medium yang diukur, jarak ke objek dapat dihitung [32].

1. Rumus umum untuk menghitung jarak **d** berdasarkan waktu tempuh **t** adalah :

$$d = \frac{1}{2} \times v \times t \quad (10)$$

Di mana :

v adalah kecepatan suara dalam medium yang diukur

t adalah waktu tempuh gelombang ultrasonik

- Rumus untuk menghitung jarak tinggi muka air dari dasar sungai sebagai berikut :

$$Ka = Tw - Jt \quad (11)$$

Di mana :

Ka adalah ketinggian air

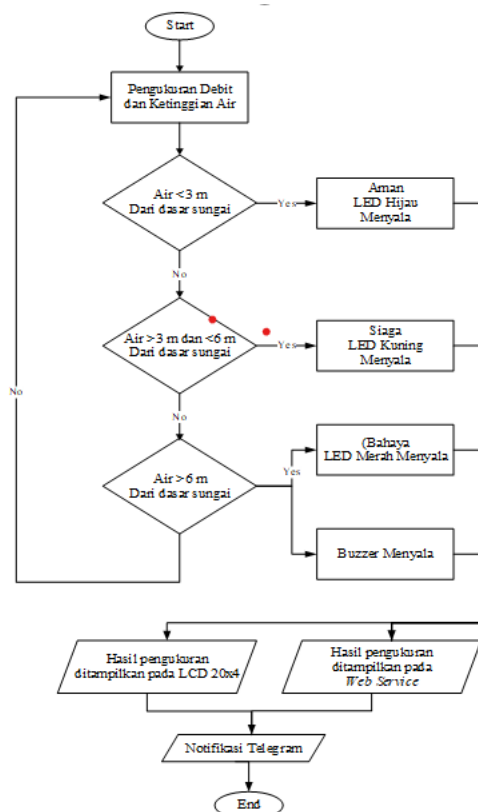
Tw adalah tinggi wadah

Jt adalah jarak terukur

3.5 Pengujian Perangkat

Setelah melakukan perancangan perangkat, baik perancangan *hardware*, *software* maupun program sistem siap dijalankan dengan melihat setiap komponen sudah sesuai dengan perintah mikrokontroller atau tidak.

Pada tahap ini akan dilakukan proses pengujian secara keseluruhan untuk mengetahui apakah perangkat dapat bekerja dan berfungsi dengan baik atau tidak. Ketika ada komponen yang bekerja tidak sesuai harapan maka akan diganti agar tujuan dari implementasi perangkat ini tercapai. pengujian masing-masing komponen secara keseluruhan yang dapat dijelaskan dengan flowchart pada gambar.3.6.



Gambar 3.6 Flowchart alur deteksi ketinggian dan debit air

Berikut penjelasan *flowchart* yang ditunjukkan pada gambar 3. 6 adalah :

- Start* merupakan alur yang paling awal untuk proses *inisialisasi* dimana suatu kondisi yang mengharuskan semua komponen dalam kondisi *standby*.
- Pengukuran debit dan kecepatan aliran dilakukan menggunakan *water flow sensors*, dimana air yang mengalir akan melewati sensor *water flow* lalu menghasilkan sebuah nilai debit dengan satuan liter/jam yang bisa di diubah menjadi liter/menit maupun liter/detik sesuai dengan kebutuhannya.
- Pengukuran tinggi muka air menggunakan sensor ultrasonik, pada penelitian ini saya membuat algoritma dengan ketinggian kurang dari 4 meter dengan status 'Aman', LED warna hijau menyala. Ketinggian lebih dari 4 meter dan kurang dari 6 meter maka status banjir 'Siaga', LED kuning menyala. Ketinggian lebih dari 6 meter maka status banjir 'Bahaya', LED warna merah dan buzzer menyala.
- Hasil pengukuran akan ditampilkan pada LCD 20x4 dan *web service* meliputi ketinggian dan debit air sungai serta status level bahaya banjir. *Web service* digunakan untuk *monitoring* dari jarak jauh, aplikasi ini menampilkan data secara terus menerus setiap kali ada perubahan ketinggian air sungai, Proses notifikasi telegram untuk petugas dan masyarakat terjadi apabila ketinggian air >6 m dengan level bahaya pada setiap sungai.
- Hasil pengukuran pembacaan sensor ultrasonik dan *flow meter* disimpan pada *database web service* dalam format *excel*.
- End* merupakan telah berakhirnya proses deteksi ketinggian dan debit aliran sungai dan memulai proses deteksi lagi.

3.6 Pengambilan Data

Pada tahap ini pengambilan data dari rancang bangun deteksi ketinggian dan debit air pada pertemuan tiga aliran sungai berbasis Internet of Things (IoT) terjadi *delay* pengiriman data dikarenakan *cloud* bekerja secara bergantian untuk memperoleh data dari setiap sungai, data yang diambil meliputi debit aliran, kecepatan aliran, ketinggian air dan level kesiagaan banjir.

3.7 Analisa Kegagalan dan Perbaikan

Setelah melakukan pengujian perangkat maka dilakukan analisis kegagalan dan perbaikan dari rancang bangun deteksi ketinggian dan debit air pada pertemuan tiga aliran sungai berbasis Internet of Things (IoT) bertujuan untuk mengevaluasi kinerja dan fungsi alat tersebut serta mengidentifikasi masalah yang mungkin timbul selama operasionalnya meliputi kontroller, web service serta pengambilan data.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Setelah melaksanakan beberapa kali pengujian, mendapati beberapa pokok penulisan yang dapat dianalisis pada setiap kinerjanya dari sistem deteksi ketinggian dan debit air pada pertemuan tiga aliran sungai berbasis internet of things.

4.1 Cara Kerja

Cara kerja dari rancang bangun deteksi ketinggian dan debit air pada tiga aliran sungai yaitu menggunakan sensor ultrasonik untuk mendeteksi tinggi muka air pada setiap sungai dengan jarak pengukuran dasar sungai sampai batas ketinggian papan duga air setinggi 7 meter berdasarkan studi lapangan, sensor ultrasonik akan bekerja secara terus menerus dan mengirimkan hasil pembacaan sensor ke mikrokontroller sebagai indikator banjir berdasarkan level aliran air sungai yaitu aman (ketinggian <4 m), siaga (ketinggian >4 m dan <6 m) dan bahaya (ketinggian >6 m).

Sensor water flow meter digunakan untuk mengukur kecepatan aliran di 3 daerah sungai pada kedalaman secara vertikal. flow meter berupa alat yang berbentuk propeller dihubungkan dengan kotak pencatat (monitor yang akan mencatat jumlah putaran selama propeller tersebut berada dalam air) kemudian dimasukkan ke dalam sungai yang akan diukur kecepatan alirannya. Bagian ekor alat tersebut yang berbentuk seperti sirip akan berputar karena gerakan aliran air sungai.

4.2 Sistem Monitoring

Hasil pengukuran akan ditampilkan pada LCD 20x4 dan Web Service meliputi ketinggian dan debit air sungai serta status level bahaya banjir. Web Service pada penelitian ini bertujuan untuk monitoring dari jarak jauh, aplikasi ini menampilkan data secara terus

menerus setiap kali ada perubahan ketinggian air sungai serta digunakan juga untuk rekapitulasi ketinggian dan debit dalam format Microsoft excel yang nantinya data tersebut dapat di unduh.

Led warna hijau menyala apabila ketinggian air <3 m dengan status aman, Led warna kuning menyala apabila ketinggian air >3 m dan <6 m dengan status siaga, Led warna merah dan *buzzer* menyala apabila ketinggian air >6 m dengan status bahaya. Semua hasil pembacaan sensor akan ditampilkan pada LCD 20x4 dan web service.

Proses monitoring pada web Service dan notifikasi telegram membutuhkan modul NodeMCU ESP8266 untuk platform yang berbasis IoT yang terkoneksi wifi dan internet. Proses notifikasi telegram untuk petugas dan masyarakat terjadi apabila status level bahaya banjir naik ataupun turun dengan status aliran aman, siaga dan bahaya disertai ketinggian dan debit air sungai pada level tersebut.

4.3 Hasil Pengukuran

Hasil dari pengukuran perangkat deteksi ketinggian dan debit air pada pertemuan tiga aliran sungai berbasis *internet of things*. Data yang diperoleh dari uji coba ini memberikan informasi debit, kecepatan serta ketinggian air pada tiga aliran sungai.

Debit Sungai Slahung (L/s)				
No	Alat	Manual	Error	Akurasi
1	7,5	8,90	1,84%	98,15%
2	52,5	53,43	1,98%	98,01%
3	7,5	8,90	1,84%	98,15%
4	90	89,06	2,01%	97,98%
5	45	44,53	2,01%	97,98%
6	30	29,68	2,01%	97,98%
7	30	29,68	2,01%	97,98%
8	97,5	97,96	1,99%	98%
9	157,5	157,34	2%	97,99%
10	142,5	142,5	2%	98%
11	142,5	142,5	2%	98%
12	142,5	142,5	2%	98%
Debit Sungai Keyang (L/s)				
No	Alat	Manual	Error	Akurasi
1	45	44,53	2,01%	97,98%
2	30	32,65	1,92%	98,07%

3	97,5	97,96	1,99%	98%
4	45	44,53	2,01%	97,98%
5	22,5	23,75	1,95%	98,04%
6	52,5	53,43	1,98%	98,01%
7	7,5	8,90	1,84%	98,15%
8	67,5	68,28	1,99%	98%
9	22,5	23,75	1,95%	98,04%
10	22,5	23,75	1,95%	98,04%
11	22,5	23,75	1,95%	98,04%
12	75	74,21	2,01%	97,98%
Debit Sungai Sungkur (L/s)				
No	Alat	Manual	Error	Akurasi
1	22,5	23,75	0,05%	99,94%
2	7,5	8,90	1,84%	98,15%
3	30	29,68	2,01%	97,98%
4	67,5	68,28	1,99%	98%
5	52,5	53,43	1,98%	98,01%
6	30	29,68	2,01%	97,98%
7	45	44,53	2,01%	97,98%
8	90	89,06	2,01%	97,98%
9	75	74,21	2,01%	97,98%
10	120	121,71	1,98%	98,01%
11	135	136,56	1,98%	98,01%
12	67,5	68,28	1,99%	98%

Kecepatan Sungai Slahung (m/s)				
No	Alat	Manual	Error	Akurasi
1	117,75	139,82	1,84%	98,15%
2	824,25	838,96	1,98%	98,01%
3	117,5	139,82	1,84%	98,15%
4	1413	1398,21	2,01%	97,98%
5	706,5	699,14	2,01%	97,98%
6	471	466,09	2,01%	97,98%
7	471	466,09	2,01%	97,98%
8	1530,7	1538,1	1,99%	98,00%
9	2472,7	2470,2	2%	97,99%
10	2237,2	2237,2	2%	98%
11	2237,2	2237,2	2%	98%
12	2237,2	2237,2	2%	98%
Kecepatan Sungai Keyang (m/s)				
No	Alat	Manual	Error	Akurasi
1	706,5	699,14	2,01%	97,98 %
2	471	512,70	1,91%	98,08%
3	1530,7	1538,1	1,99%	98%
4	706,5	699,14	2,01%	97,98%

5	353,25	372,87	1,94%	98,05%
6	824,25	838,96	1,98%	98,01%
7	117,75	139,82	1,84%	98,15%
8	1059,7	1072,01	1,98%	98,01%
9	353,25	372,87	1,94%	98,05%
10	353,25	372,87	1,94%	98,05%
11	353,25	372,87	1,94%	98,05%
12	1177,5	1165,23	2,01%	97,98%
Kecepatan Sungai Sungkur (m/s)				
No	Alat	Manual	Error	Akurasi
1	353,25	372,87	1,94%	98,05%
2	117,75	139,82	1,84%	98,15%
3	471	466,09	2,01%	97,98%
4	1059,7	1072,01	1,98%	98,01%
5	824,25	838,96	1,98%	98,01%
6	471	466,09	2,01%	97,98%
7	706,5	699,14	2,01%	97,98%
8	1413	1398,28	2,01%	97,98%
9	1177,5	1165,23	2,01%	97,98%
10	1884	1910,98	1,98%	98,01%
11	2119,5	2144,03	1,98%	98,01%
12	1059,7	1072,01	1,98%	98,01%

Ketinggian Sungai Slahung (m)				
	Alat	Manual	Error	Akurasi
1	7	7	0%	100%
2	6	6	0%	100%
3	6	6	0%	100%
4	6	6	0%	100%
5	7	7	0%	100%
6	6	6	0%	100%
7	6	6	0%	100%
8	4	4	0%	100%
9	7	7	0%	100%
10	7	7	0%	100%
11	6	6	0%	100%
12	4	4	0%	100%
Ketinggian Sungai Keyang (m)				
	Alat	Manual	Error	Akurasi
1	6	6	0%	100%
2	6	6	0%	100%
3	9	9	0%	100%
4	6	6	0%	100%
5	4	4	0%	100%
6	6	6	0%	100%

7	5	5	0%	100%
8	5	5	0%	100%
9	3	3	0%	100%
10	2	2	0%	100%
11	2	2	0%	100%
12	4	4	0%	100%
Ketinggian Sungai Sungkur (m)				
	Alat	Manual	Error	Akurasi
1	4	4	0%	100%
2	5	5	0%	100%
3	5	5	0%	100%
4	5	5	0%	100%
5	3	3	0%	100%
6	3	3	0%	100%
7	2	2	0%	100%
8	6	6	0%	100%
9	6	6	0%	100%
10	5	5	0%	100%
11	4	4	0%	100%
12	3	3	0%	100%

Status Bahaya Sungai Slahung, Keyang dan Sungkur			
	Perangkat	Web Service	Telegram
1	Sesuai	Sesuai	Sesuai
2	Sesuai	Sesuai	Sesuai
3	Sesuai	Sesuai	Sesuai
4	Sesuai	Sesuai	Sesuai
5	Sesuai	Sesuai	Sesuai
6	Sesuai	Sesuai	Sesuai
7	Sesuai	Sesuai	Sesuai
8	Sesuai	Sesuai	Sesuai
9	Sesuai	Sesuai	Sesuai
10	Sesuai	Sesuai	Sesuai
11	Sesuai	Sesuai	Sesuai
12	Sesuai	Sesuai	Sesuai

5. KESIMPULAN

Perangkat yang dibuat dapat berfungsi sebagaimana mestinya, sehingga memungkinkan untuk di implementasikan di lapangan dengan merubah beberapa komponen dan sistem sesuai kondisi lapangan.

Sensor *water flow meter* digunakan untuk mengukur debit dan kecepatan aliran, sensor ultrasonik digunakan untuk mengukur ketinggian air, led digunakan untuk indikator level ketinggian air, sedangkan *buzzer*

digunakan untuk indikator apabila ketinggian air berada pada level bahaya.

Berdasarkan hasil pengujian perangkat deteksi ketinggian dan debit air pada pertemuan tiga aliran sungai berbasis internet of things, maka dapat ditarik beberapa kesimpulan, yaitu

- Rancang Bangun Deteksi Ketinggian dan Debit Air pada Pertemuan Tiga Aliran Sungai Berbasis *Internet of Things* berhasil dibuat dan mampu bekerja secara optimal. dibuktikan dengan mikrokontroller dan seluruh komponen lainnya dapat menjalankan sistem dengan baik dan sesuai rencana cara kerja.
- Perangkat ini memiliki beberapa fungsi, antara lain mampu menginformasikan perubahan debit, ketinggian, dan level ketinggian berupa siaga, waspada, dan banjir pada Sungai Tempuran serta mampu melakukan *monitoring* secara *real time*.
- Berdasarkan percobaan yang dilakukan selama 12X, ditemukan error pengukuran pada sungai slahung sebesar 1,84% - 2,01% pada debit air dan akurasi sebesar 97,98% - 98,15%, pada kecepatan air error sebesar 1,84% - 2,01% dengan akurasi sebesar 97,98% - 98,15% ,dan pada ketinggian air tidak ditemukan error. Pengukuran pada sungai keyang ditemukan error sebesar 1,92% - 2,01% pada debit air dan akurasi sebesar 97,98% - 98,07% ,pada kecepatan air error sebesar 1,91% - 2,01% dengan akurasi sebesar 97,98% - 98,08%, dan pada ketinggian air tidak ditemukan error. Pada pengukuran sungai sungkur ditemukan error sebesar 0,05% - 2,01% pada debit air dan akurasi sebesar 97,98% - 99,94%, pada kecepatan air error sebesar 1,84% - 2,01% dengan akurasi sebesar 97,98% - 98,15%, dan pada ketinggian air tidak ditemukan error.
- Data rekapitulasi pembacaan sensor dapat tersimpan pada *web service* dan dapat diunduh dengan format *output* microsoft excel.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] D. H. Santoso, "Penanggulangan Bencana Banjir Berdasarkan Tingkat Kerentanan dengan Metode Ecodrainage Pada Ekosistem Karst di Dukuh Tungu, Desa Girimulyo Kecamatan Panggang, Kabupaten

- Gunungkidul, DIY," *Jurnal Geografi* 16, pp. 7-8, 2019.
- [2] E. D. T. A. S. Anggrayni Aghnesya Ka'u, "Analisis Tingkat Kerawanan Banjir di Kecamatan Sangtombolang Kabupaten Bolaang Mongondow," *Jurnal Spasial*, vol. Vol. 8 No. 3, p. 292, 2021.
- [3] Apriani, "Studi Penanganan Banjir Daerah Aliran Sungai (DAS)," *RADIAL – Jurnal Peradaban Sains, Rekayasa Dan Teknologi*, pp. 84-86, 2020.
- [4] S. P. R. Ilfatul Amanah, "Analisis Kerentanan Dan Kapasitas Masyarakat Dalam Menghadapi Bencana Letusan Gunungapi Wilis Sebagai Upaya Pengurangan Risiko Bencana Di Kabupaten Ponorogo," *Jurnal Dialog Penanggulangan Bencana*, vol. 8, pp. 32-42, 24 Maret 2017.
- [5] B. K. Ponorogo, "Banyaknya Kejadian Bencana Alam Menurut Desa/Kelurahan dan Jenis Bencana Alam di Kecamatan Ponorogo," Ponorogo, BPS-Statistics of Ponorogo Regency, 2021, p. 38.
- [6] Badan Pusat Statistik, "Keberadaan Fasilitas/Upaya Antisipasi/Mitigasi Bencana Alam Menurut Desa/Kelurahan di Kecamatan Ponorogo," Ponorogo, BPS-Statistics of Ponorogo Regency, 2021, pp. 42-43.
- [7] D. P. S. e. A. R. F. Novi Kurniasih, "Rancang Bangun Prototype Sistem Monitoring Pendeteksi Dini Banjir," *Institut Teknologi PLN*, vol. 10, no. 1, pp. 77-88, 4 2021.
- [8] Muhammad Ega Pahlawi, Edy Kurniawan, Desriyanti, "Rancang Bangun Sistem Monitoring Kualitas PH Air Keramba Ikan Berbasis Arduino di Telaga Ngebel Kabupaten Ponorogo," *KOMPUTEK*, vol. 4, no. 1, pp. 1-10, 2020.
- [9] Kementrian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Badan Pengmbangan Sumber Daya Manusia, Modul Hidrologi dan Hidrolika Sungai, Bandung: Pusat Pendidikan dan Pelatihan Sumber Daya Air dan Kontruksi, 2017.
- [10] I. S. P. ., D. D. Slamet Suprayogi, *Pengelolaan Daerah Aliran Sungai*, Yogyakarta: Gadjah Mada University Press, 2022.
- [11] W. A. Putra, "Studi Experimen Distribusi Kecepatan Pada Saluran Lurus Di Sungai Batang Lubuh," *Jurnal Studi Experimen Distribusi Kecepatan Pada Saluran Lurus Di Sungai Batang Lubuh*, pp. 1-10.
- [12] Akbar Winasis, Heri Mulyono dan Nurdianto, "Model Alat Ukur Debit Untuk Saluran Irigasi," *Jurnal Ilmiah Indonesia*, vol. 5, no. 2, pp. 12-21, 2020.
- [13] I. K. S. Agus Gede Putra Wiryawan, *Tahapan Perhitungan Tinggi Muka Air di Sungai (Studi kasus bendung Waduk Muara Tukad Unda)*, Denpasar, 2016.
- [14] R. Kusumaningtyas, "Analisis Tingkat Perkembangan Wilayah Kabupaten Ponorogo," *Jurnal Swara Bhumi*, vol. Vol 1 No 1, p. 1, 2022.
- [15] Balai Besar Wilayah Sungai Bengawan Solo, *Database Informasi Sumber Daya Air*, Surakarta: Unit Data dan Informasi Balai Besar Wilayah Sungai Bengawan Solo, 2021.
- [16] B. F. Hanafi, "Analisis Multi Bahaya Bencana Kabupaten Ponorogo Berbasis Sistem Informasi Geografis," *Skripsi*, vol. Universitas Muhammadiyah Surakarta (UMS), no. Surakarta, 2022.
- [17] G. H. E. H. M. Khuzaimy Rurroziq Basthoni, "Analisis Perubahan Tata Guna Lahan Terhadap Debit Banjir Sub-Sub Das Keyang-Slahung-Tempuran (KST)," *Teras Jurnal*, Vols. Vol 10, No 2, pp. 190-193, 2020.
- [18] Dinas Pekerjaan Umum Perumahan dan Kawasan Permukiman, *Data Hujan Tahunan*, Kabupaten Ponorogo: Bidang Sumber Daya Air, 2022.
- [19] D. P. S. e. A. R. F. Novi Kurniasih, "Rancang Bangun Prototype Sistem Monitoring Pendeteksi Dini Banjir," *Institut Teknologi PLN*, vol. 10, no. 1, pp. 77-88, 2021.
- [20] A. D. Y. I. M. Buhori Muslim, "Prototype Pengukur Tinggi Rendah Permukaan & Arus Air Sungai Memprediksi Kemungkinan Banjir," *JURNAL FASILKOM*, vol. 11, no. 2, pp. 112-118, 2021. [15] Balai Besar Wilayah Sungai Bengawan Solo, *Database Informasi Sumber Daya Air*, Surakarta: Unit Data dan Informasi Balai Besar Wilayah Sungai Bengawan Solo, 2021.
- [21] K. E. S. Tomy Aditya Firmansah, "Prototype Sistem Monitoring dan Kontroling Banjir Berbasis Internet of Things Menggunakan ESP32," *Jurnal Ilmu Komputer dan Teknologi Informasi*, vol. 5, no. 1, pp. 33-40, 2020.
- [22] M. K. Muhammad Fathur Rahman, "Pengukuran Aliran Air dan Tinggi Muka Air Pada Saluran Irigasi Dengan Hall Effect Sensor dan Ultrasonik," *Jurnal Teknologi Komputer*, vol. 1, no. 1, pp. 61-65, 2021.
- [23] A. Kurniawan, *Arduino Mega 2560 A Hands-On Guide for Beginner*, Depok: PE Press, 2019.
- [24] N. K. D. Dr.Unmesh Dutta, *The Internet Of Things Using Nodemcu*, Uttar Pradesh (India): BlueRose, 2021.

- [25] R. Hartono, "Optimasi Penggunaan Sensor Water Flow HF-S201 Guna Mengukur Aliran Air Mendukung Mitigasi Banjir," Indonesian Journal of Applied Informatics, vol. 5, no. 2, pp. 161-166, 2021.
- [26] Siti Sendari, I Made S. dan Mokhammad N., SENSOR TRANSDUSER, Malang: Ahlimedia Book., 2021.
- [27] I. F. d. Fitri Puspasari, "Sensor Ultrasonik HCSR04 Berbasis Arduino Due untuk Sistem Monitoring Ketinggian," Jurnal Fisika dan Aplikasinya, vol. 15, no. 2, pp. 37-39, 2019.
- [28] L. Khakim, Buku Ajar Mikrokontroler ATmega328, Pekalongan: PT Nasya Expanding Management, 2023.
- [29] Miftachul Ulum, Adi K.S, dan Deni T. L, SENSOR DAN AKTUATOR MENGGUNAKAN ARDUINO, Malang: Media Nusa Creative, 2019
- [30] Herfandi, M. Julkarnain & Muhammad Hanif, "Desain Dan Implementasi Restful Web Service Untuk Integrasi Data Dan Aplikasi," JINTEKS (Jurnal Informatika Teknologi dan Sains), vol. 4, no. 1, pp. 36-41, 1 2 2022.
- [31] V. Guila, A. Sur, "Influence of Mass Flow Rate and Concentration of Al₂O₃ Nanofluid on Thermal Performance of a Double Pipe Heat Exchanger," Advances in Mechanical Processing and Design, pp. 33-45, 2021.
- [32] M. & A. L. Fauzan, "Tutorial Membuat Prototipe Prediksi Ketinggian Air (PKA) untuk Pendeteksi Banjir Peringatan Dini Berbasis IOT," 2020.