

BAB I PENDAHULUAN

I.1. Latar Belakang

Banjir merupakan peristiwa hidrometeorologi yang terjadi karena volume air sungai atau saluran drainase melebihi kapasitas pengalirannya. Naiknya volume air dikarenakan adanya peningkatan intensitas curah hujan di sepanjang aliran sungai. Curah hujan memiliki hubungan yang signifikan terhadap perubahan fluktuasi debit sungai^[1]. Debit sungai cenderung mengikuti dinamika curah hujan dan 97% debit sungai dipengaruhi oleh tinggi permukaan air^[2].

Peristiwa meningkatnya intensitas curah hujan dan permukaan air sungai menyebabkan terjadinya banjir di sepanjang daerah aliran sungai. Hasil pengamatan sepuluh tahun terakhir membuktikan bahwa luas area dan frekuensi banjir semakin bertambah dengan kerugian yang makin besar^[3]. Berdasarkan hasil kajian risiko, total jumlah korban bencana banjir di Indonesia mencapai 40.690.352 jiwa dengan potensi kerugian Rp. 2.210 triliun^[4].

Dampak banjir dapat diminimalisir dengan melakukan monitoring terhadap intensitas curah hujan dan ketinggian air sungai. Monitoring intensitas curah hujan dapat diamati melalui butiran hujan yang memiliki beberapa parameter seperti ukuran, kecepatan jatuh, jumlah dan bentuk butiran hujan^[5]. Pengukuran diameter butiran hujan dapat dilakukan dengan menggunakan beberapa metode seperti metode noda (pengukuran noda pada kertas penyerap yang dicelup)^[6], metode pelet tepung (pengukuran tetesan hujan yang masuk ke dalam tepung yang disaring halus dan menghasilkan pelet adonan)^[7], dan metode modern (teknik pengukuran butiran hujan secara otomatis)^[8]. Metode kertas noda dan metode pelet tepung dilakukan secara observasi sehingga proses pencatatan data dilakukan secara manual. Metode modern melakukan pengukuran butiran hujan secara otomatis menggunakan peralatan modern seperti *electromechanical sensor*, *electrostatic sensor* dan *optical detector*.

Peralatan modern pengukur butiran hujan telah dikembangkan oleh beberapa perusahaan. Alat yang telah dikembangkan menjadi acuan dalam

menentukan parameter butiran hujan. Penelitian pengukuran butiran hujan dengan menggunakan berbagai macam alat ukur telah dilakukan oleh Liu, dkk^[9]. Pengujian tersebut bertujuan untuk melihat diameter butiran hujan. Beberapa alat yang digunakan adalah *tipping bucket rain gauge* (TBRG), *weighing rain gauge* (WRG), *optical rain gauge* (ORG), *present weather detector* (PWD), *Jos-Waldvogel detector* (JWD), dan *2-D video disdrometer* (2DVD). Hasil pengujian membuktikan bahwa terdapat perbedaan jumlah butiran hujan disetiap alat uji coba sehingga menghasilkan persentase kesalahan 0 % sampai 27 %. Alat yang menerapkan instrumentasi optik lebih akurat dalam mendeteksi butiran hujan ketika terjadi hujan ringan dengan diameter kecil ($D < 0,3$ mm). Penelitian tersebut juga membuktikan bahwa semakin besar diameter maka semakin besar intensitas curah hujan yang dideteksi oleh alat. Pengujian pengukuran butiran hujan juga dikembangkan oleh Martinez, dkk^[10] dengan menggabungkan dua jenis disdrometer optik yaitu 2 unit *thies clima laser precipitation monitor* (LPM) dan 2 unit *OTT particle size velocity second generation* (OTT parsivel²). Pengujian dilakukan dengan mengoperasikan keempat unit disdrometer optik secara bersamaan selama 2 tahun. Hasil pengujian membuktikan bahwa *thies clima* LPM mendeteksi jumlah butiran lebih banyak dan diameter butiran beragam dibandingkan OTT parsivel². Data yang dihasilkan menyebabkan perbedaan nilai intensitas curah hujan yang dideteksi oleh kedua alat. Penelitian menggunakan alat kemudian difokuskan oleh Petru dan Kalibova^[11] dengan menggunakan *thies laser disdrometer*. Pengujian ini bertujuan untuk mengukur diameter, intensitas dan energi kinetik dari butiran hujan. Hasil pengujian membuktikan bahwa semakin kecil diameter butiran hujan maka semakin kecil energi kinetik dan intensitas curah hujan yang dihasilkan.

Pengukuran butiran hujan menggunakan alat yang dirancang oleh perusahaan mempunyai beberapa batasan seperti harganya yang relatif mahal dan tidak semua alat dapat langsung mengukur diameter butiran, kecepatan jatuh butiran, dan jumlah butiran. Permasalahan tersebut menyebabkan diperlukan pengembangan alat untuk menghasilkan parameter butiran hujan yang beragam.

Alat pengukur butiran hujan kemudian dikembangkan menggunakan *optical detector*^{[12][13][14]}. *Optical detector* dapat mengukur butiran hujan berdasarkan teknik pencitraan dan teknik hamburan. Teknik pencitraan yang telah dikembangkan menggunakan metode *laser speckel imaging* dengan pendekatan *forward scattering*^[12]. Pengukuran dilakukan menggunakan air yang dijatuhkan dari wadah dengan diameter lubang yang bervariasi pada ketinggian berbeda. Pengukuran butiran hujan yang dideteksi hanya satu butiran setiap uji coba, sehingga tidak dapat diterapkan langsung untuk melihat citra butiran hujan secara keseluruhan. Teknik berikutnya yaitu teknik hamburan yang telah dikembangkan dengan menggunakan *photodiode array* (PDA) dan *transceiver nRF24L01+*^[13]. *Photodiode array* digunakan agar titik pengukuran hujan lebih dari satu sehingga sistem pengukuran lebih akurat. Penelitian tersebut masih memiliki kekurangan karena rancangan rangkaian *photodiode array* dilakukan secara manual sehingga tegangan keluaran saat laser mengenai *photodiode array* sebelum dijatuhkan air hujan masih belum stabil. Teknik hamburan juga diterapkan dengan menggunakan alat *spektro pluviometer* dalam menentukan diameter dan kecepatan jatuh butiran hujan^[14]. Alat *spektro pluviometer* dilengkapi dengan sensor inframerah sebagai pemancar gelombang dan fotodiode sebagai penerima gelombang. Pengujian tersebut membuktikan bahwa semakin besar tegangan keluaran yang dihasilkan maka semakin kecil diameter yang dideteksi sensor, namun berbanding terbalik terhadap kecepatan jatuh butiran hujan yang semakin besar. Penelitian tersebut masih memiliki kekurangan yaitu tidak adanya parameter kecepatan terminal butiran hujan dan intensitas curah hujan. Kekurangan dari beberapa penelitian untuk mengukur diameter dan kecepatan jatuh butiran hujan dengan variasi beragam diharapkan dapat dikembangkan untuk menentukan intensitas curah hujan.

Intensitas curah hujan yang mengalami peningkatan menyebabkan meningkatnya ketinggian air sungai. Monitoring ketinggian air sungai dapat dilakukan dengan cara memasang pintu air di aliran sungai. Ketinggian permukaan air sungai dapat diatur dengan cara membuka maupun menutup pintu air yang dilakukan secara manual melalui penjaga pos pengamatan pintu air yang

terdapat pada tepi sungai. Ketinggian air untuk mitigasi banjir di aliran sungai dibagi atas lima status yaitu siaga 4, siaga 3, siaga 2, siaga 1, dan bahaya^[15]. Pengukuran ketinggian air secara manual dianggap tidak efektif karena penjaga pintu air harus melakukan pemantauan secara langsung ketika terjadinya hujan, sehingga perancangan alat pengukur ketinggian air sungai secara otomatis diperlukan untuk mitigasi banjir.

Perancangan alat pendeteksi ketinggian air telah dikembangkan dengan menggunakan sensor ultrasonik tipe HC-SR04^[16]. Penelitian pengukuran ketinggian air untuk memonitoring banjir menggunakan sensor ultrasonik HC-SR04 banyak dijumpai karena penggunaannya yang sederhana dan harga yang murah. Sensor tersebut masih memiliki kekurangan karena rentang deteksi jarak yang sempit dan sangat rentan apabila digunakan untuk mendeteksi ketinggian air sungai saat terjadi hujan. Percikan air hujan akan mempengaruhi kinerja sensor karena terdapat sumber tegangan listrik dalam mendeteksi ketinggian air. Penelitian berikutnya dari Andang^[17] yang melakukan pengujian untuk melihat kemampuan sensor ultrasonik JSN-SR04T mendeteksi banjir berdasarkan ketinggian air sungai. Penggunaan sensor ultrasonik JSN-SR04T memberikan hasil lebih akurat karena dapat mendeteksi jarak mencapai 6 meter. Sensor JSN-SR04T juga dapat diletakkan lebih tinggi dan lebih aman pada saat terjadinya hujan karena sistem sensor dan sistem kontrol berada dalam modul terpisah. Penelitian tersebut masih memiliki kekurangan karena kondisi pengambilan data dilakukan pada saat tidak terjadinya hujan dan permukaan air sungai tidak bergelombang. Permukaan air yang bergelombang dapat mempengaruhi ketinggian air sungai. Perancangan alat untuk mengukur ketinggian air diharapkan dapat dikembangkan dalam memperhitungkan permukaan air bergelombang pada aliran sungai.

Perancangan alat monitoring banjir berdasarkan intensitas curah hujan dan ketinggian air secara otomatis perlu dilakukan karena dua parameter fisis inilah yang menjadi faktor utama terjadinya banjir pada aliran sungai. Perancangan alat untuk mendeteksi banjir berdasarkan intensitas curah hujan dan ketinggian air telah diamati menggunakan logika *fuzzy* dan *simple additive weighting*^[18].

Perancangan sistem menggunakan sensor *water level*, sensor *rain module*, motor servo, dan arduino uno mega 2650. Logika *fuzzy* digunakan untuk menentukan pembukaan pintu air berdasarkan ketinggian hasil akuisisi sensor *water level* dan data curah hujan didapatkan dari hasil akuisisi sensor *rain module*. Metode *simple additive weighting* digunakan untuk menentukan anak sungai yang menjadi alternatif terbaik untuk dialiri air. Hasil dari penelitian ini membuktikan semakin tinggi intensitas curah hujan maka semakin tinggi level permukaan air sehingga pintu air dapat dibuka. Penelitian yang telah dilakukan Prasetya^[18] masih memiliki kekurangan karena hanya terbatas pada perancangan model pendeteksi banjir. Penggunaan sensor *water lever* hanya memungkinkan pendeteksian air pada ketinggian kurang dari 5 cm dan sensor *rain module* hanya dapat mendeteksi air yang menyentuh elemen sensor bukan terhadap karakteristik hujan.

Berdasarkan permasalahan dan hasil penelitian yang telah dilakukan oleh beberapa penelitian sebelumnya, maka dilakukan penelitian mengenai Sistem Monitoring Banjir Berbasis CCD TSL1401CL *Linear Sensor Array* dan Sensor Ultrasonik JSN-SR04T. Sistem monitoring yang dirancang menggunakan sumber listrik yang disimpan pada panel surya sehingga dapat melakukan pengukuran intensitas curah hujan, ketinggian air, dan pengirim data melalui SMS. Sistem pengukuran intensitas curah hujan terdiri dari laser He-Ne, lensa cembung, *beam expander* dan CCD TSL1401CL. Penggunaan CCD TSL1401CL memiliki kelebihan dalam mendeteksi butiran hujan. Butiran hujan yang dideteksi menghasilkan sinyal analog dan digital sehingga dapat diproses untuk menghasilkan nilai intensitas curah hujan. Ketinggian air dideteksi oleh sensor ultrasonik JSN-SR04T. Sensor tersebut tahan terhadap percikan air karena bagian sistem sensor dan sistem kontrol berada di tempat terpisah dengan rentang jarak mencapai 6 m. Sistem alat yang dirancang diuji coba dengan melakukan permodelan hujan dan sungai untuk mengukur intensitas curah hujan dan ketinggian air. Permodelan tersebut diharapkan menjadi acuan untuk mitigasi bencana banjir di daerah hulu maupun daerah hilir sesuai penempatan alat yang dilakukukan..

I.2. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah mengembangkan alat monitoring banjir berdasarkan intensitas curah hujan dan ketinggian air berbasis CCD TSL1401CL *linear sensor array* dan sensor ultrasonik JSN-SR04T sehingga informasi banjir dapat dikirim melalui SMS.

I.3. Manfaat Penelitian

Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat bermanfaat bagi pemerintah dan masyarakat dalam mitigasi bencana banjir sehingga dampak yang ditimbulkan dapat diminimalisir.

I.4. Ruang Lingkup dan Batasan Masalah

Ruang lingkup penelitian ini meliputi perancangan alat pengukuran intensitas curah hujan, pengukuran ketinggian air, pengiriman data dengan sistem SMS dan analisis terhadap hasil uji sistem. Batasan masalah yang perlu ditentukan agar penelitian terarah dan sesuai tujuan yaitu :

1. Parameter fisis yang diamati adalah intensitas curah hujan dan ketinggian air.
2. Sensor yang digunakan adalah CCD TSL1401CL untuk pengukuran intensitas curah hujan, JSN-SR04T untuk pengukuran ketinggian air serta SIM 900A dan modem *wavecom* M1306B sebagai pengirim dan penerima data.
3. Kondisi yang digunakan untuk menentukan ketinggian air adalah bahaya, siaga 1, siaga 2, siaga 3, dan siaga 4 dengan rentang ketinggian 10 cm.
4. Pengujian alat dilakukan dengan melakukan permodelan saat terjadinya hujan dan adanya peningkatan permukaan air pada model sungai.