

Sistem Prediksi dan Penanggulangan Banjir Terintegrasi Polder Berbasis *Machine Learning* dan *Internet of Things*

Prima Prasetyo Simanjuntak¹, Rifaldi Kallolangi², Natanael Bagus Jatinendra³ and Hadha Afrisal⁴

¹Teknik Elektro, Teknik, Universitas Diponegoro, Indonesia.

²Teknik Elektro, Teknik, Universitas Diponegoro, Indonesia.

³Teknik Elektro, Teknik, Universitas Diponegoro, Indonesia.

⁴Teknik Elektro, Teknik, Universitas Diponegoro, Indonesia.

¹primaprasetyosimanjuntak@gmail.com, ²rifaldikallolangi@gmail.com,

³natanaelqwerty8@gmail.com ⁴hadha.afrisal@elektro.undip.ac.id

Abstrak

Floods are the natural disaster that occur regularly in Indonesia. According to National Disaster Management Authority (BNPB), Indonesia saw roughly 1,279 flood occurrences in 2021. The most common flood control measures is the Early Warning System (EWS) installation, which detects the flooding possibility. Another major move is the polder system construction. Polder is a drainage management method of securing flood-prone areas from the water and infrastructure runoff effects. Although, there are significant barriers in its application, such as EWS's limited ability to identify floods and the frequent delays in pumping water at the polder. To address these issues and achieve the SDGs' goal of combating climate change, this article proposes an EWS-integrated polder system automation. It is divided into two sections: EWS system and polder system. EWS system uses machine learning to categorize rivers into four categories: action, minor, moderate, and major. Machine learning functions to obtain the accurate flood detection results. Whereas the polder system handles the pump based on the detection results. The action stage activates one pump, minor stage two pumps, moderate stage three pumps, and major stage three pumps and sirens. This is the first step to prevent flooding by reducing the volume of water. In the system, Internet of Things performs to connect EWS, polder systems, and databases, resulting a real-time monitoring system. Sensor readings, flood predictions, and pump status will be displayed on public-accessible apps and websites. Solar panels serve power to the system. The designed system is expected to resolve Indonesia's flooding issues.

Keyword: *Flood, Early Warning System, Internet of Things, Machine Learning, Polder*

Pendahuluan

Perubahan iklim yang terjadi akibat dari pemanasan global telah mengakibatkan ketidakstabilan di lapisan atmosfer. Setiap dekade dunia mengalami kenaikan temperatur sebesar 0,18°C, dan menyebabkan kondisi fisis atmosfer menjadi tidak

stabil hingga terjadi anomali pada cuaca (Lindsey & Dahlman, 2021). Salah satu dampak negatif yang terjadi akibat perubahan iklim ini adalah meningkatnya frekuensi bencana alam/cuaca ekstrim seperti banjir (Suripin & Kurniani, 2016). Menurut data dari Badan Nasional Penanggulangan Bencana (BNPB) pada tahun 2021, banjir merupakan bencana yang paling sering terjadi di Indonesia dengan jumlah kejadian mencapai 1.279 peristiwa dalam kurun waktu dari Januari 2021 hingga Desember 2021. Beberapa faktor utama yang menjadi penyebab sering terjadinya banjir adalah pembangunan yang tidak berwawasan lingkungan, kurangnya kesadaran masyarakat dalam menerapkan pola hidup bersih, sistem drainase yang buruk, penurunan muka tanah, curah hujan yang sangat tinggi, serta tidak adanya upaya konservasi faktor penyeimbang lingkungan air (Rahardjo, 2018).

Banjir yang seringkali terjadi ini tentu saja menimbulkan dampak negatif di berbagai macam aspek kehidupan. Jika ditinjau dari aspek sosial banjir menyebabkan kelaparan hingga kematian di wilayah terdampak akibat kurangnya bahan makanan maupun minimnya bantuan dari pemerintah. Banjir juga menyebabkan berbagai macam dampak negatif di bidang ekonomi seperti gagal panen hingga kehilangan materiil, selain itu banjir juga berdampak pada aspek kesehatan seperti timbulnya penyakit menular seperti diare (Isteni, 2018). Sebagai solusi untuk mengatasi permasalahan banjir tersebut pemerintah melakukan berbagai macam upaya salah satunya adalah perancangan *Early Warning System* (EWS) serta pembuatan polder (Mahmudi & Setiawan, 2020).

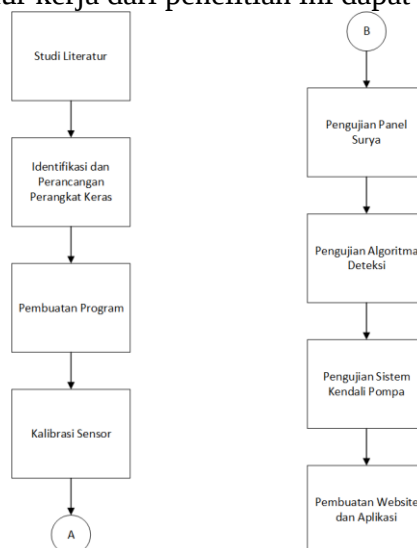
Early Warning System (EWS) merupakan suatu alat yang dirancang untuk dapat memberikan peringatan kemungkinan terjadinya bencana berdasarkan cuaca serta kondisi lingkungan (Pengel et al., 2013), sedangkan polder merupakan sistem penanganan drainase pada perkotaan dengan cara mengisolasi daerah rawan banjir dari pengaruh limpasan air hujan maupun air laut serta limpasan dari prasarana lain (jalan, rel kereta api), yang terdiri dari kolam penampung, sistem drainase serta perpompaan (Nuryadin & Rizal, 2009). Akan tetapi dalam pengimplementasian kedua sistem tersebut seringkali terjadi beberapa kendala, seperti EWS yang fungsinya terbatas untuk mendeteksi banjir dan pada pengendalian polder sering terjadi keterlambatan operator dalam menyalakan pompa dikarenakan banjir yang datang begitu cepat ataupun pompa gagal menyala dikarenakan terjadi kerusakan secara tidak terduga. Sebagai langkah menanggulangi hal tersebut sebelumnya telah dirancang sebuah inovasi berupa purwarupa automasi pompa serta peringatan dini banjir yang saling terintegrasi. Akan tetapi, purwarupa ini hanya memproses satu parameter berupa ketinggian air serta pengiriman notifikasi kepada petugas terbatas melalui SMS. Dalam penggunaannya, purwarupa juga masih menggunakan sistem kontrol konvensional sehingga menyebabkan sistem tidak bisa bekerja dengan baik saat kondisi lingkungan berubah. Selain itu tidak terdapat pemberitahuan kepada petugas mengenai pompa yang mengalami kerusakan (Saputra et al., 2015).

Berdasarkan latar belakang tersebut, maka pada penelitian ini akan dirancang sebuah purwarupa berupa Sistem Prediksi dan Penanggulangan Banjir Terintegrasi Polder Berbasis *Machine Learning* dan *Internet of Things*. *Machine learning* merupakan suatu aplikasi atau bagian dari kecerdasan buatan yang membuat sistem memiliki kemampuan belajar secara otomatis dan meningkatkan kemampuannya

berdasarkan pengalaman tanpa diprogram secara eksplisit (Retnoningsih & Pramudita, 2020), sedangkan *Internet of Things* merupakan sebuah konsep yang bertujuan untuk memperluas manfaat dari konektivitas internet yang tersambung secara terus menerus. *Internet of Things* mengacu pada benda yang dapat diidentifikasi secara unik sebagai representasi virtual dalam struktur berbasis internet (Hermawan & Abdurrohman, 2020). Dengan mengkombinasikan dua hal tersebut, sistem yang dirancang ini menjadi suatu pengembangan dari inovasi yang ada sebelumnya dimana sistem peringatan dini yang dirancang pada penelitian ini memanfaatkan algoritma *machine learning* untuk memproses data berupa suhu lingkungan, curah hujan, tinggi air sungai, serta debit aliran sungai dan prediksi cuaca BMKG untuk mengklasifikasikan kondisi sungai menjadi 4 kategori yaitu aman, siaga, awas, dan banjir. Hasil klasifikasi kondisi sungai ini kemudian akan dikirimkan menuju polder dan akan mengontrol nyala pompa polder secara otomatis memanfaatkan teknologi *Internet of Things*. Panel surya digunakan sebagai catu daya utama dari sebagai sumber energi bersih dan berkelanjutan sehingga penggunaan alat tidak menimbulkan polusi pada lingkungan.

Metode Penelitian

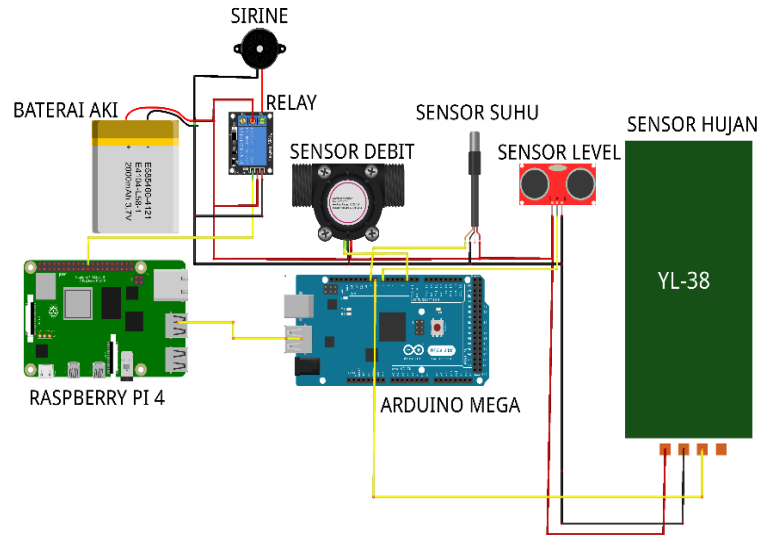
Metode penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimen menggunakan purwarupa yang dirancang. Penelitian dilakukan di Laboratorium Teknik Kendali Universitas Diponegoro dan Laboratorium Teknik Informatika Universitas Diponegoro selama 1 bulan untuk mengumpulkan data percobaan berupa data kalibrasi sensor, pengujian kinerja panel surya, pengujian algoritma deteksi, pengujian sistem kendali pompa, serta pembuatan tampilan *website* dan aplikasi. Data percobaan selanjutnya dianalisis untuk menentukan nilai rata-rata error dari sensor, performa optimal panel surya, akurasi sistem dalam mengklasifikasikan banjir serta akurasi sistem dalam menyalakan pompa di polder secara otomatis. Dari penelitian ini telah dihasilkan satu unit purwarupa *Early Warning System* (EWS) dan miniatur polder yang sudah diuji coba dan secara umum sudah berfungsi dengan baik. Alur kerja dari penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Alur Kerja Penelitian

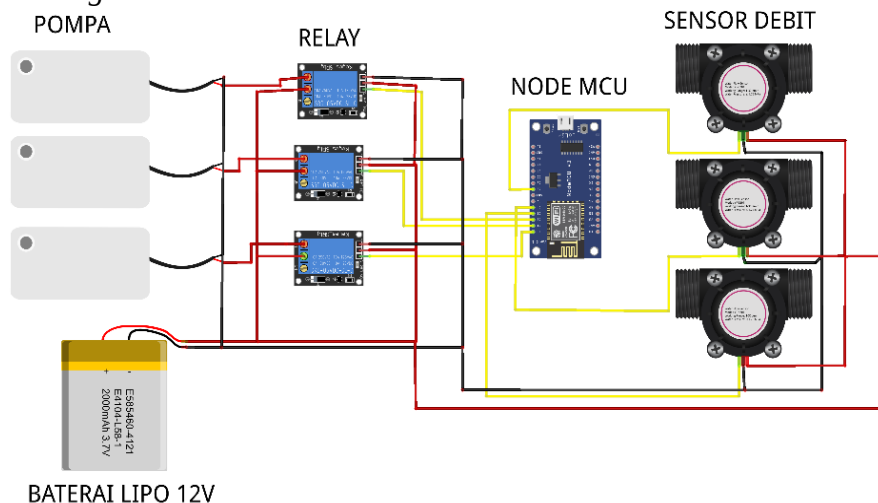
Hasil dan Pembahasan

Desain rangkaian kelistrikan dari purwarupa yang sudah dirancang dapat dilihat pada Gambar 2 dan Gambar 3.



Gambar 2. Rangkaian Kelistrikan *Early Warning System*

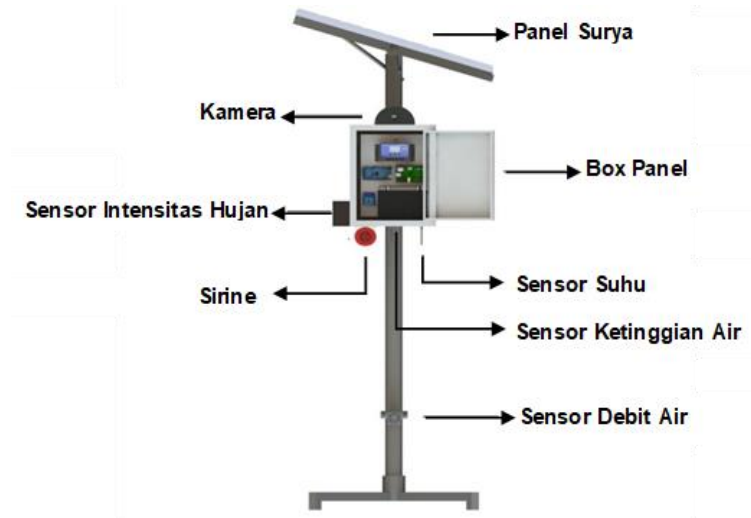
Perangkat keras *Early Warning System* terdiri dari Raspberry Pi, Arduino Mega, sensor yang terdiri dari *ping parallax* yang berfungsi untuk mengetahui ketinggian air, sensor DS18B20 yang berfungsi untuk mengetahui suhu lingkungan dengan anggapan suhu dapat membantu memvalidasi kondisi sungai (saat hujan suhu lingkungan cenderung dingin), Sensor YF S-201 yang berfungsi untuk mengetahui debit air, dan sensor *tipping bucket* yang merupakan sensor hujan, relay serta sirine. *Early Warning System* disuplai oleh Panel Surya 55 Wp beserta aki yang dalam penggunaannya diatur oleh *Solar Charge Controller*.



Gambar 3. Rangkaian Kelistrikan Miniatur Sistem Polder

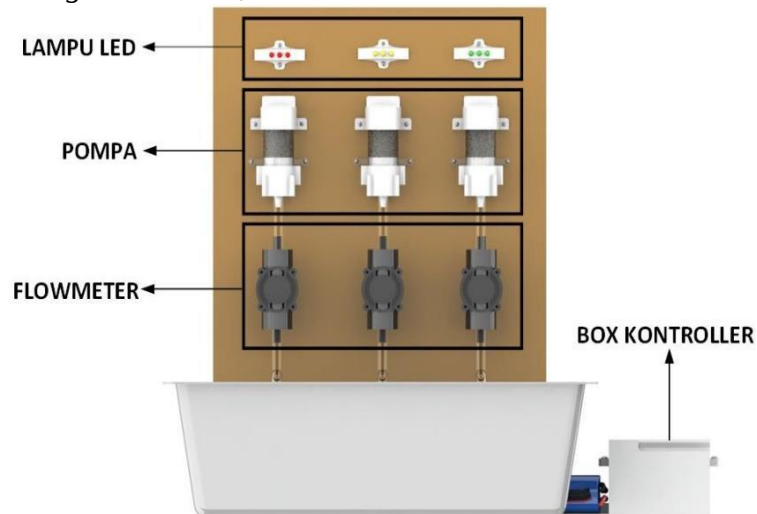
Perangkat keras miniatur sistem polder terdiri dari NodeMCU, pompa, sensor YF S-201 yang berfungsi untuk mendeteksi bila pompa mengalami kerusakan, serta relay. Sistem pompa disuplai oleh baterai Lipo 12 Volt 5000 mAh.

Desain 3D dari purwarupa yang sudah dirancang dapat dilihat pada Gambar 4 dan Gambar 5.



Gambar 4. Desain 3D *Early Warning System*

Early Warning System yang dirancang memiliki tinggi 175 cm. Panel surya 50 Wp dengan dimensi sebesar 70x51x3 cm diletakkan pada bagian atas EWS. Panel box dengan ukuran sebesar 30x40x18 cm diletakkan di tengah dan berfungsi sebagai media penyimpanan komponen elektronik yang didalamnya berisi Raspberry Pi, Arduino Mega, *Solar Charge Controller*, dan aki.

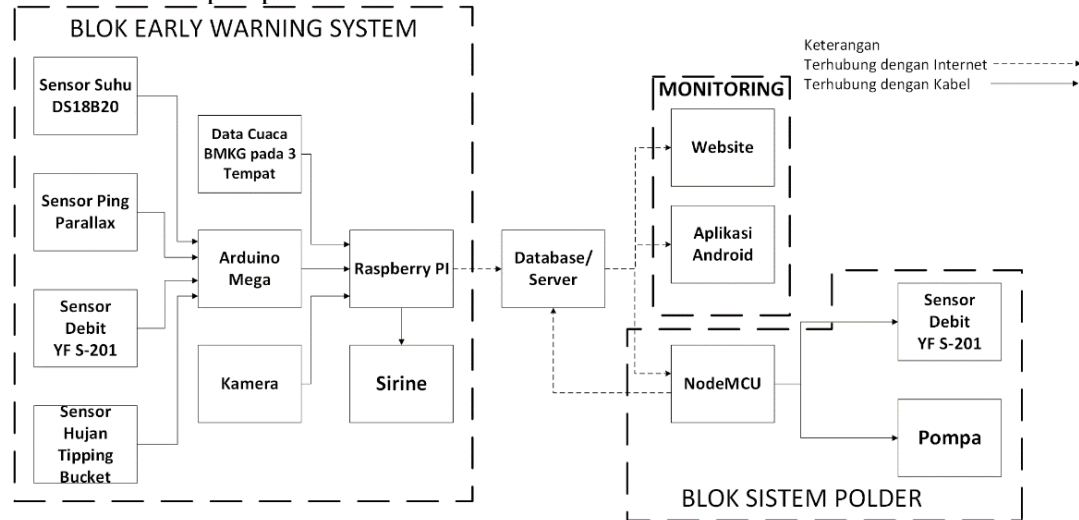


Gambar 5. Desain 3D Model Sistem Polder

Model sistem polder yang dirancang memiliki dimensi ukuran 45x30x1 cm. Sistem polder terdiri dari 3 buah pompa dan 3 buah sensor YF S-201 yang dikontrol oleh mikrokontroler NodeMCU. Untuk implementasi secara *real* pada polder maka

NodeMCU yang merupakan kontroler utama pada miniatur nantinya akan digantikan oleh *Programmable Logic Controller* (PLC) untuk mengatur kerja pompa dalam skala yang lebih besar. Adapun model dari sistem polder yang dibuat ini memiliki perbandingan sebesar 1:5000.

Hubungan kerja antara masing-masing komponen pada sistem secara keseluruhan tampak pada Gambar 6.



Gambar 6. Blok Diagram Sistem Keseluruhan

Hasil pembacaan sensor yaitu sensor suhu, ketinggian, debit, dan hujan akan diproses terlebih dahulu melalui mikrokontroler Arduino Mega. Keempat data pembacaan sensor tersebut kemudian akan dikirimkan menuju Raspberry Pi dengan komunikasi secara serial. Selain data pembacaan sensor, Raspberry Pi akan mengolah data berupa prediksi cuaca di 3 lokasi hulu dari *website* BMKG. Ketujuh parameter tersebut (4 data sensor, 3 prediksi cuaca BMKG) akan diproses oleh Raspberry Pi menggunakan metode *machine learning* JST untuk mengklasifikasikan kondisi sungai menjadi 4 status yaitu aman, awas, siaga, dan banjir. Arsitektur dari JST yang digunakan terdiri dari *input layer* dengan 7 masukan, lapisan *hidden layer* sebanyak 2 lapis dan *output layer* dengan 1 keluaran. Fungsi aktivasi yang digunakan pada *hidden layer* 1 *early warning system* adalah ReLU. ReLU akan memetakan nilai masukan dengan ketentuan apabila $x \leq 0$ maka $x=0$ dan apabila $x > 0$ maka $x=x$. sehingga didapatkan rumus $f(x) = (0, x)$.

Hidden layer lapisan kedua digunakan fungsi aktivasi *sigmoid*. *Sigmoid* akan menerima angka tunggal dan mengubah nilai x menjadi sebuah nilai yang memiliki rentang dari 0 sampai 1. Fungsi aktivasi *sigmoid* digunakan pada *hidden layer* 2 dikarenakan klasifikasi pada sistem merupakan klasifikasi *multiclass*. Rumus dari fungsi aktivasi *sigmoid* adalah $f(n) = \frac{1}{1+e^{-n}}$

Training data dilakukan dengan menggunakan *dataset* sebanyak 6000 data *training* dengan iterasi sebanyak 1000 pengulangan. Kamera yang terhubung pada Raspberry Pi berfungsi untuk menangkap gambar kondisi lingkungan setiap 5 detik. Hasil pembacaan sensor, nilai prediksi banjir, dan gambar kemudian akan dikirimkan ke *server* oleh raspberry pi melalui jaringan internet. Selain data dari Raspberry Pi,

server juga berfungsi untuk menyimpan data prediksi cuaca yang diambil dari *website* BMKG. *Website* dan aplikasi android yang dirancang berfungsi untuk menampilkan seluruh data tersebut, sehingga dapat diawasi baik oleh petugas maupun masyarakat awam. NodeMCU nantinya akan mengambil data berupa nilai prediksi banjir dari *server* menggunakan jaringan internet. Data ini akan dijadikan acuan dalam menentukan jumlah pompa yang akan dinyalakan. Sensor debit pada sistem kendali pompa akan dipasangkan pada setiap pompa untuk mendeteksi jika terjadi kerusakan pada pompa.

Agar dapat mengetahui performa dari sensor yang digunakan pada sistem maka dilakukan kalibrasi untuk setiap sensor dengan membandingkan hasil pembacaan sensor dengan hasil pengukuran.

Untuk mengetahui performa dari sensor Ping Parallax dalam mendeteksi tinggi muka air maka dilakukan pengujian sebanyak 5 kali dengan membandingkan hasil pembacaan sensor dengan pengukuran menggunakan meteran. Hasil pengujian tampak pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil Pengujian Sensor Ping Parallax

Tinggi Sensor (cm)	Tinggi Real (cm)	Error (%)
15,27	15	1,8
20,47	20	2,3
30,25	30	0,8
55,30	55	0,5
67,50	67	0,7
Rata-rata		1,22

Berdasarkan *datasheet* dari sensor Ping Parallax nilai toleransi *error* pada sensor adalah sebesar $\pm 11\%$. Berdasarkan hasil kalibrasi nilai *error* tertinggi adalah sebesar 2,3% dan nilai *error* rata-rata sebesar 1,22%, sehingga dapat disimpulkan bahwa sensor Ping Parallax dapat bekerja dengan baik untuk mendeteksi tinggi air.

Untuk mengetahui performa sensor DS18B20 dalam mendeteksi suhu ruangan maka dilakukan pengujian sebanyak 5 kali dengan membandingkan nilai suhu pembacaan sensor dan pengukuran suhu menggunakan hygrometer. Hasil pengujian sensor tampak pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil Pengujian Sensor DS18B20

Suhu Sensor (°C)	Suhu Real (°C)	Error
28,19	28	0,19
29,31	29	0,31
30,63	30	0,63
31,56	31	0,56
32,65	32	0,65
Rata-rata		0,468

Berdasarkan *datasheet* dari sensor DS18B20 nilai toleransi *error* pada sensor adalah sebesar $\pm 2^{\circ}\text{C}$. Berdasarkan hasil kalibrasi nilai *error* tertinggi adalah sebesar $0,65^{\circ}\text{C}$ dan rata-rata *error* sebesar $0,468^{\circ}\text{C}$, sehingga dapat disimpulkan bahwa sensor DS18B20 dapat bekerja dengan baik untuk mendeteksi suhu lingkungan.

Untuk mengetahui performa sensor YF S-201 dalam mendeteksi debit air maka dilakukan pengujian sebanyak 5 kali dengan membandingkan nilai debit pembacaan sensor dan perhitungan debit secara manual. Hasil pengujian sensor tampak pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil Pengujian Sensor YF S-201

Debit Air Sensor (L/m)	Debit Air Real (L/m)	Error (%)
0,5	0,47	6
1	1,03	3
1,5	1,53	2
2	2,09	4,5
2.5	2,6	4
Rata-rata		3,9

Berdasarkan *datasheet* dari sensor YF S-201 nilai toleransi *error* pada sensor adalah sebesar $\pm 10\%$. Berdasarkan hasil kalibrasi nilai *error* tertinggi adalah sebesar 6% dan nilai *error* rata-rata sebesar 3,9%, sehingga dapat disimpulkan bahwa sensor YF S-201 dapat bekerja dengan baik untuk mendeteksi debit air sungai.

Panel Surya nantinya akan digunakan sebagai sumber tegangan dari sistem, saat siang hari suplai daya sistem akan diberikan oleh panel surya, sedangkan saat malam hari suplai daya akan diberikan melalui aki. Pengujian Panel Surya dilakukan untuk mengetahui tegangan dan arus *output* yang dihasilkan panel surya. Pengujian dilakukan setiap 1 jam sekali dari pukul 07.00-17.00. Hasil pengujian tampak pada Tabel 4.

Tabel 4. Hasil Pengujian Panel Surya

Jam	Tegangan <i>Open Circuit</i>	Tegangan Panel	Arus Panel
07.00	19,20	12,44	0,35
08.00	19,24	12,92	0,95
09.00	19,25	13,15	1,60
10.00	19,37	13,28	1,65
11.00	19,85	13,40	1,70
12.00	20,22	13,54	1,75
13.00	20,20	13,50	1,80
14.00	20,26	13,51	1,75
15.00	19,35	13,51	1,70
16.00	18,71	13,45	1,70
17.00	16,37	13,05	1,50

Berdasarkan hasil pengujian tegangan panel surya mengalami peningkatan seiring berjalannya waktu dan mencapai nilai tegangan paling tinggi saat siang hari yaitu pukul 12.00-15.00. Kemudian tegangan yang dihasilkan akan menurun kembali saat memasuki sore hari.

Setelah kalibrasi sensor dan panel surya sudah dilakukan maka langkah selanjutnya adalah menguji algoritma *early warning system* yang sudah dirancang. Untuk menguji hasil deteksi algoritma maka dilakukan pengujian dengan melakukan simulasi dengan memasukkan nilai parameter masukkan secara acak. Pengujian

dilakukan sebanyak 10 percobaan dengan hasil yang dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Hasil Pengujian Deteksi *Early Warning System*

Cuaca 1	Cuaca 2	Cuaca 3	Suhu	Tinggi air	Debit air	Curah hujan	Output Prediksi Banjir
1	1	1	28	80	1200	1	0,15
1	1	1	28	40	600	1	0,20
1	8	1	20	80	900	0	0,40
1	1	8	30	90	1200	0	0,46
1	8	9	29	70	1200	1	0,49
1	8	1	30	130	600	1	0,67
6	8	1	28	70	800	1	0,73
7	3	2	28	140	1200	1	0,87
7	7	1	30	145	1200	1	0,93
8	8	8	29	150	1200	0	0,97

Berdasarkan Tabel 5, didapatkan *output* sistem dengan nilai antara 0 sampai 1 yang merupakan *confidence value* sistem dari 0% sampai 100%, semakin besar nilai *confidence* maka semakin yakin sistem bahwa kondisi yang terjadi adalah banjir. *Confidence value* tersebut didefinisikan dalam empat status yaitu aman (0-0,25), awas (0,26-0,50), siaga (0,51-0,75), dan banjir (0,76-1). *Output* hasil deteksi kemudian akan disimpan di dalam *database* untuk ditampilkan pada *website* dan aplikasi. Hasil *output* juga akan digunakan untuk menggerakkan aktuator pada sistem polder.

Hasil pengujian dari EWS ini kemudian akan dijadikan *input* untuk menguji kerja dari sistem polder dengan cara mengirimkan hasil klasifikasi menuju ke nodeMCU untuk melihat respon sistem. Pengujian dilakukan sebanyak 10 kali percobaan dengan hasil tampak pada Tabel 6.

Tabel 6. Hasil Pengujian Sistem Polder

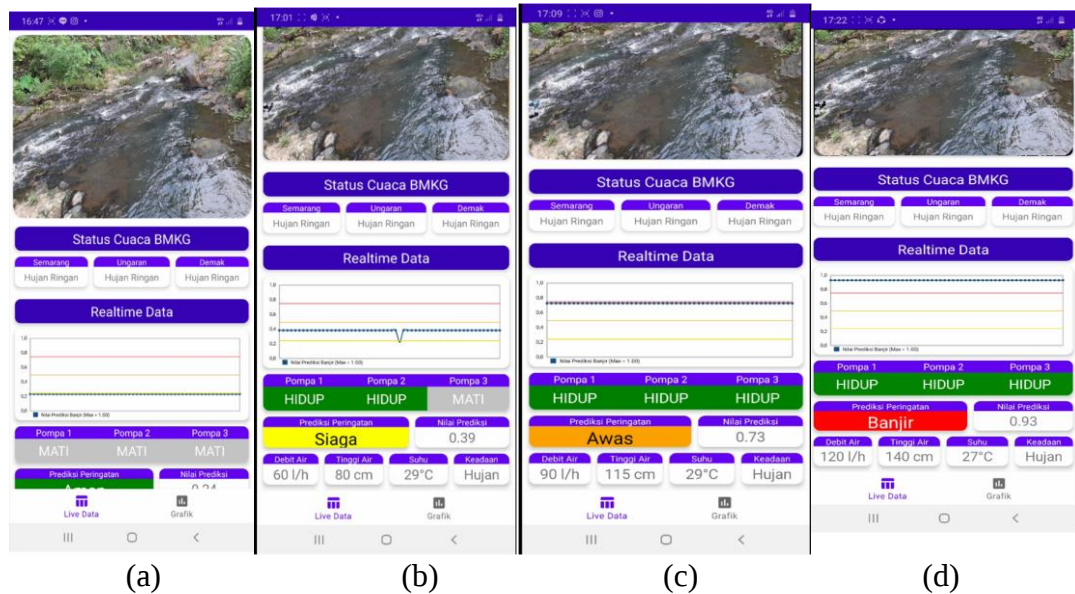
Output Prediksi Banjir	Pompa 1	Pompa 2	Pompa 3	LED Hijau	LED Kuning	LED Merah	Sirine
0,15	1	0	0	1	0	0	0
0,20	1	0	0	1	0	0	0
0,40	1	1	0	1	1	0	0
0,46	1	1	0	1	1	0	0
0,49	1	1	0	1	1	0	0
0,67	1	1	1	1	1	1	0
0,73	1	1	1	1	1	1	0
0,87	1	1	1	1	1	1	1
0,93	1	1	1	1	1	1	1
0,97	1	1	1	1	1	1	1

Secara terperinci, data pada Tabel 6 menunjukkan bahwa saat *early warning system* memberikan status “Aman” maka pompa 1 pada polder akan menyala dan

sensor debit 1 akan mendeteksi aliran pada pompa 1. Jika sensor debit 1 mendeteksi adanya aliran air, maka LED hijau akan menyala sebagai indikator bahwa pompa 1 berjalan dengan baik. Saat *early warning system* memberikan status “Siaga” maka pompa 1 dan pompa 2 pada polder akan menyala, dan sensor debit 1 dan 2 akan mendeteksi aliran pada pompa. Jika sensor debit 1 dan 2 mendeteksi adanya aliran air, maka LED hijau dan kuning akan menyala sebagai indikator bahwa pompa 1 dan pompa 2 berjalan dengan baik.

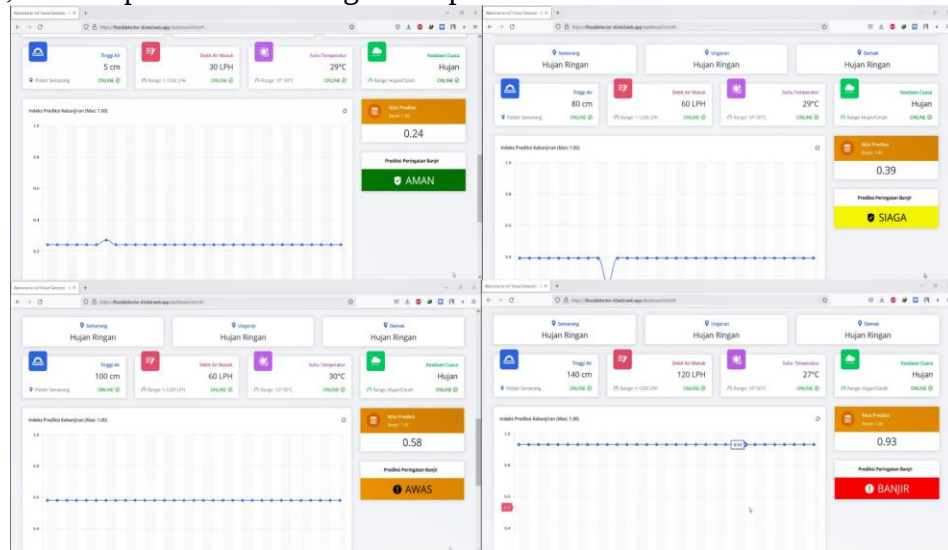
Saat *early warning system* memberikan status “Awat” maka pompa 1, 2 dan 3 pada polder akan menyala. Sensor debit 1,2 dan 3 akan mendeteksi aliran pada pompa. Jika sensor debit mendeteksi adanya aliran air, maka LED hijau, kuning, dan merah akan menyala sebagai indikator bahwa pompa 1, 2, dan 3 berjalan dengan baik. Saat *early warning system* memberikan status “Banjir” maka pompa 1, 2 dan 3 pada polder serta sirine pada EWS akan menyala. Sensor debit 1, 2, dan 3 pada sistem polder akan mendeteksi aliran pada pompa. Jika sensor debit mendeteksi adanya aliran air, maka LED hijau, kuning, dan merah akan menyala sebagai indikator bahwa pompa 1, 2, dan 3 berjalan dengan baik. Penggunaan 3 buah LED pada sistem untuk menunjukkan pompa yang menyala. Aliran air dari pompa polder ini kemudian akan dibuang ke laut untuk mencegah meluapnya air pada polder.

Untuk mendukung kerja dari sistem, maka sistem dilengkapi dengan aplikasi android dan *website*. Nantinya *website* dan aplikasi berfungsi sebagai sarana pengawasan kondisi sungai baik oleh petugas maupun masyarakat. Pada *website* dan aplikasi ditampilkan data-berupa parameter pembacaan sensor, *output* prediksi banjir, jumlah pompa yang harus menyala, serta jumlah pompa yang mengalami kerusakan, selain itu terdapat tampilan kamera yang berfungsi untuk menunjukkan kondisi sungai yang dipantau. Pengujian dilakukan pada kondisi sungaa normal sehingga tidak terdapat perbedaan pada tampilan kamera, sedangkan untuk parameter lainnya dilakukan manipulasi data menggunakan *validation set* dari Jaringan Saraf Tiruan untuk melihat apakah sistem dapat melakukan prediksi atau pendeteksian dengan baik.



Gambar 7. Tampilan Aplikasi Android yang Dikembangkan: (a) status aman, (b) status siaga, (c) status awas, (d) status banjir

Tampilan aplikasi android terdapat dua *tab* yaitu *live data* dan *grafik*. *Tab live data* berfungsi menampilkan 4 status prediksi banjir yaitu aman, siaga, awas, dan banjir serta data prediksi cuaca BMKG pada 3 lokasi hulu, data pembacaan tinggi air, debit air, temperatur serta keadaan cuaca. Selain itu, ditampilkan juga indeks prediksi banjir, dan tampilan kondisi sungai setiap 1 detik.



Gambar 8. Tampilan Website yang Dikembangkan

Tampilan *website* berikut menampilkan 4 status prediksi banjir yaitu aman, siaga, awas, dan banjir. *Website* juga berfungsi untuk menampilkan data prediksi cuaca BMKG pada 3 lokasi hulu, data pembacaan tinggi air, debit air, temperatur serta keadaan cuaca. Selain itu, ditampilkan juga indeks prediksi banjir, dan gambar tampilan kondisi sungai setiap 1 detik.

Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang sudah dilakukan maka didapatkan kesimpulan bahwa sistem prediksi dan penanggulangan banjir berhasil dirancang dengan memanfaatkan *machine learning* berbasis jaringan saraf tiruan untuk mengklasifikasikan kondisi sungai berdasarkan data BMKG dan pembacaan sensor yang kemudian menggunakan jaringan internet hasil klasifikasi akan dikirimkan ke sistem polder untuk mengontrol pompa. Keunggulan dari sistem yang dirancang ini diantaranya jika ditinjau dari aspek inovasi sistem yang dirancang ini merupakan terobosan baru dalam upaya mitigasi bencana dengan memanfaatkan *artificial intelligence* untuk mengambil keputusan. Jika ditinjau dari aspek energi sistem yang dirancang memanfaatkan panel surya yang merupakan energi bersih sehingga tidak menimbulkan polusi bagi lingkungan dan dari aspek ekonomi dengan sistem yang dapat dipantau oleh siapa saja, memungkinkan evakuasi bencana dapat dilakukan sedini mungkin, sehingga mengurangi kerugian materiil yang mungkin terjadi.

Daftar Pustaka

- Hermawan, R., & Abdurrohman, A. (2020). Pemanfaatan Teknologi Internet Of Things pada Alarm Sepeda Motor Menggunakan NodeMCU LOLIN V3 dan Media Telegram. *Infotronik: Jurnal Teknologi Informasi Dan Elektronika*, 5(2), 58–67.
- Lindsey, R., & Dahlman, L. (2021). *Climate Change: Global Temperature*. Climate.Gov.<https://www.climate.gov/news-features/understanding-climate/climate-change-global-temperature>
- Mahmudi, M. N., & Setiawan, B. I. (2020). Desain Kolam Retensi Berbantu Komputer di Cibuluh Kota Bogor. *J-Sil (Jurnal Teknik Sipil Dan Lingkungan)*, 5(2), 115–124.
- Nuryadin, N., & Rizal, S. (2009). Penanganan Sistem Drainase Sungai Kendal Kota Kendal--Jawa Tengah (*Controlling Drainage System Of Kendal River Kendal City--Middle Java*). F. TEKNIK UNDIP.
- Pengel, B. E., Krzhizhanovskaya, V. V, Melnikova, N. B., Shirshov, G. S., Koelewijn, A. R., Pyayt, A. L., & Mokhov, I. I. (2013). Flood Early Warning System: Sensors and Internet. *IAHS Red Book*, 357, 445–453.
- Rahardjo, P. N. (2018). 7 Penyebab Banjir di Wilayah Perkotaan yang Padat Penduduknya. *Jurnal Air Indonesia*, 7(2).
- Retnoningsih, E., & Pramudita, R. (2020). Mengenal Machine Learning dengan Teknik Supervised dan Unsupervised Learning Menggunakan Python. *Bina Insani Ict Journal*, 7(2), 156–165.
- Saputra, B. J., Saputra, W. A., Arifin, B., Abriaman, L. O., & Lubna, L. (2015). Monitoring dan Pengendali Banjir pada Rumah Pompa PRPP Jawa Tengah. *SENS*.
- Suripin, S., & Kurniani, D. (2016). Pengaruh Perubahan Iklim terhadap Hidrograf Banjir di Kanal Banjir Timur Kota Semarang. *Media Komunikasi Teknik Sipil*, 22(2), 119–128.