

## Otomatisasi Sistem Bendung menggunakan Metode Backpropagation Untuk Mengatur Debit Air berbasis Internet of Thing

Ridwan<sup>1</sup>, Maulana Hakim Swistiawan, Susetyo Bagas Bhaskoro

<sup>1</sup>Teknik Otomasi Manufaktur dan Mekatronika, Politeknik Manufaktur Bandung

Email:ridwan@polman-bandung.ac.id

---

### Informasi Artikel:

*Received:*  
30 Juni 2020  
  
*Accepted:*  
24 November 2021  
  
*Available:*  
15 Desember 2021

---

### ABSTRAK

Bendung merupakan alat pengendali dan pemantau seluruh tata pengaturan air dan juga sebagai antisipasi banjir. Bendung tersebut digunakan untuk mengatasi besarnya debit air yang berpotensi menciptakan banjir di suatu daerah. Banjir terjadi diakibatkan oleh curah hujan yang tinggi, dengan curah yang tinggi mengakibatkan ketinggian air pada bendung terus meningkat secara drastis. Rancangan dari gambaran umum dikembangkan menjadi dua bagian yaitu sistem pemantauan berbasis *internet of thing* dengan menggunakan *smartphone* dan pengendalian debit dengan cara menggerakkan pintu air. Untuk menggerakkan pintu air diwujudkan menjadi sensor untuk membaca ketinggian air dan menghitung debit air yang keluar, controller sebagai pengendali utama untuk memisahkan data melakukan komputasi prediksi dan menjalankan algoritma pengontrolan bukaan pintu air. Arsitektur jaringan syaraf tiruan 5-8-1 yang dimana menggunakan *hidden layer* sebanyak delapan *nodes* dan satu hasil *output*. Metode backpropagation dapat mengklasifikasikan bukaan pintu air dengan nilai akurasi sebesar 91.78% pada proses training. Pada hasil testing menghasilkan nilai error sebesar 12.98%.

---

### Kata Kunci:

Jaringan Syaraf Tiruan;  
Backpropagation  
Pintu Air  
Smartphone

---

### ABSTRACT

Weir is a controlling and monitoring tool of all water governance and also as an anticipation of flooding. The weir is used to address the amount of water discharge that potentially creates flooding in an area. Flooding occurs with high rainfall, with high bulk resulting in the water height of the weir steadily increasing drastically. The design of the overview was developed into two parts, Namely the Internet of Thing-based monitoring system using smartphones and controlling debit by moving the water door. To move the water door is based on the water height and calculate the discharge of the outgoing water. The controller as the main controller to separate the data to compute the prediction and run the water door opening control algorithm. The architecture of a synthetic neural network 5-8-1 which uses a hidden layer of eight nodes and one output. The Backpropagation method can classify the floodgates with an accuracy value of 91.78% in the training process. In testing results resulted in an error value of 12.98%.

## 1 PENDAHULUAN

Banjir di Jakarta yang diakibatkan oleh curah hujan yang tinggi, dengan curah yang tinggi mengakibatkan ketinggian air pada bendung terus meningkat secara drastis. Secara umum, pemantauan ketinggian dan debit air pada bendung dilakukan secara manual menggunakan penglihatan secara visual oleh operator. Seorang operator harus siaga setiap saat dan melihat langsung ke sungai untuk memantau serta mengendalikan ketinggian dan debit air bendung dengan cara membuka dan menutup pintu air secara manual [1].

Bendung merupakan alat pengendali dan pemonitor seluruh tata pengaturan air dan juga sebagai antisipasi banjir. Bendung tersebut digunakan untuk mengatasi besarnya debit air yang berpotensi menciptakan banjir di suatu daerah. Peningkatan jumlah debit air dapat mengakibatkan bencana banjir dan bendung akan beresiko mengalami kerusakan[2]. Hal-hal yang mempengaruhi peningkatan jumlah debit air diantaranya siklus hidrologi, limpasan, curah hujan, pemanasan global, dan masih banyak lainnya. Peningkatan debit air pada bendung diakibatkan banyak faktor sehingga membuat pola yang rumit tidak berpola dan sifatnya tidak linear, hal ini kurang efektif karena sering terjadi kelalaian atau human error pada operator seperti keterlambatan membuka pintu air dan pemberitahuan kondisi level air, sehingga air meluap[3].

Pengendalian aktif mengatur debit air pada pintu air bendung telah dibahas oleh beberapa penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa pengontrolan pintu air dapat mencapai kestabilan yang diinginkan. Beberapa pendekatan kontrol bukaan pintu mengadaptasi berbagai macam cara pengontrolan seperti fuzzy logic dan fuzzy-PID [4], dari semua penelitian tersebut didapatkan bahwa terdapat peforma bukaan pintu air pada debit air, dimana bukaan pintu air sejajar dengan data ketinggian dan debit air.

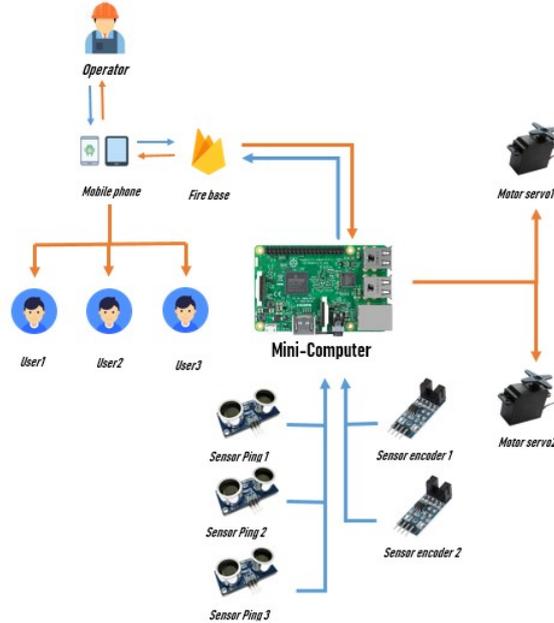
Jaringan syaraf tiruan merupakan bagian dari kecerdasan buatan dimana model yang dibuat dapat dilatih dengan mengumpulkan data latihan agar menghasilkan prediksi dan memahami pola yang rumit dalam suatu sistem. Penggunaan jaringan syaraf tiruan untuk memprediksi bukaan pintu air pada waktu yang singkat dengan mengambil keputusan sebaik-baiknya[5]. Pemodelan jaringan syaraf tiruan untuk memprediksi debit air telah digunakan dalam beberapa penelitian, walaupun memiliki kehandalan dalam melakukan analisis peramalan pada model simulasi hanya sedikit penelitian yang mengaplikasikan hasil prediksi jaringan syaraf tiruan yang berfokus pada pemberitahuan dini bencana banjir pada taraf ketinggian air. Pada pemaparan diatas dan hasil penelitian yang telah dilakukan sebelumnya perlu dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai kecerdasan buatan untuk mengendalikan bukaan pintu air bendung yang harus dialirkan bendung sebagai pencegahan terjadinya banjir

## 2 METODE PENELITIAN

Rancangan dari gambaran umum dikembangkan menjadi dua bagian yaitu sistem pemantauan berbasis IoT dengan menggunakan *smartphone* dan pengendalian debit dengan cara menggerakkan pintu air. Untuk menggerakkan pintu air diwujudkan menjadi sensor untuk membaca ketinggian air dan menghitung debit air yang keluar, kontroller sebagai pengendali utama untuk memisahkan data melakukan komputasi prediksi dan menjalankan algoritma pengontrolan bukaan pintu air.

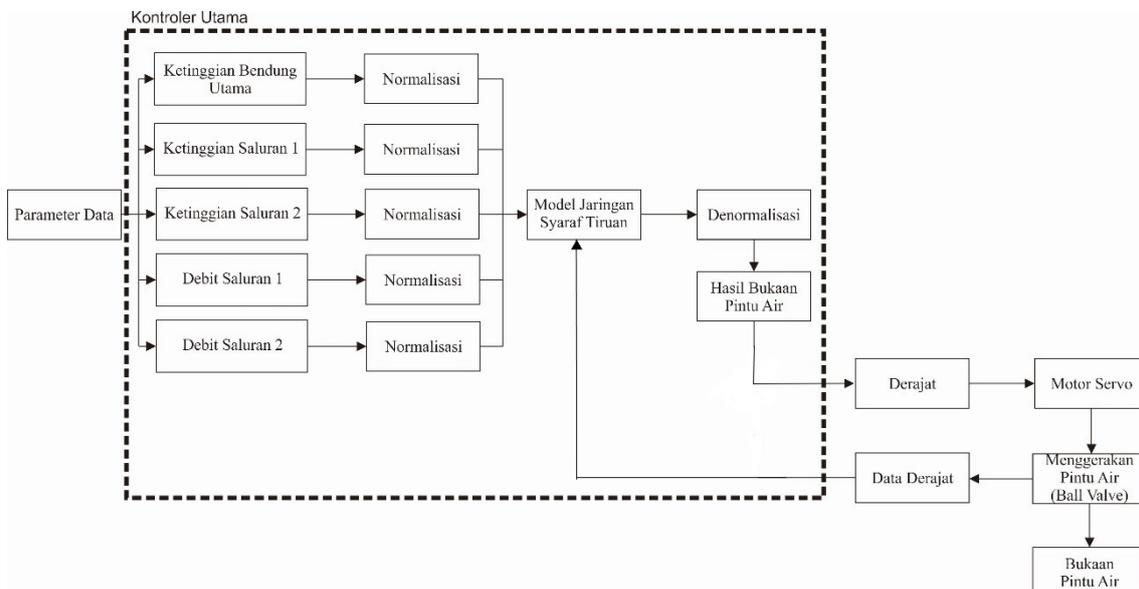
## 2.1 Perancangan Sistem

Gambaran sistem bendung secara umum terdiri dari pemantau ketinggian muka air di bendung utama dan saluran pembuangan serta pintu air yang dilengkapi dengan pengukuran debit seperti pada Gambar 1 sebagai berikut.



Gambar1. Gambaran umum Sistem

Model JST dibuat terlebih dahulu berdasarkan parameter pada sistem, dengan mewakili kategori status siaga bendung. Model JST yang telah memenuhi kriteria lalu disimpan dalam kontroller utama dan akan menjalankan prediksi dengan interval tiap menit, atau ketika diberikan data dari sensor, nilai tersebut di parsing lalu di normalisasi dan dimasukkan kedalam model JST, nilai yang keluar harus di denormalisasi agar nilainya sama dengan nilai sebelum dinormalisasi lalu dilakukan perhitungan untuk membuka pintu air dan juga menentukan pintu air mana yang harus dibuka berdasarkan nilai keularan yang dihasilkan oleh model JST.



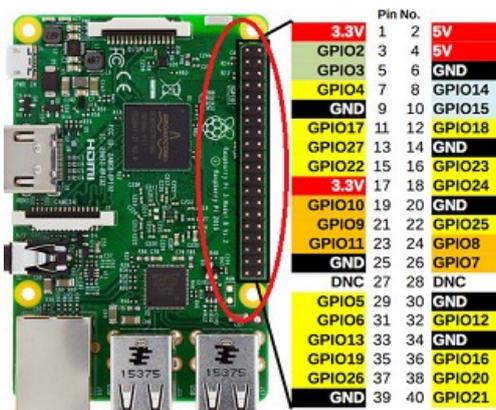
Gambar2. Bagan Alir Kerja

Sistem ini dilengkapi dengan antarmuka berbasis aplikasi Android. fungsi antarmuka disini diantaranya, untuk memantau ketinggian air, debit air, grafik fluktuatif ketinggian, grafik fluktuatif debit, status keadaan pintu air, dan juga status dari bendung.

## 2.2 Pembuatan Perangkat Keras

### 2.2.1 Minicomputer Raspberry Pi

Untuk menunjang komunikasi purwarupa bendung dengan platform *internet of things*, maka diperlukan perangkat yang mampu mendukung komunikasi sistem dengan aplikasi antarmuka. Salah satu opsi yang digunakan adalah menggunakan controller yang memiliki modul *wi-fi*. Modul *wi-fi* menggunakan jaringan *wi-fi* disekitarnya yang memiliki akses internet untuk dapat berkomunikasi dengan *database* dan aplikasi antarmuka. Akan tetapi, perlu dipertimbangkan bahwa selain untuk menghubungkan system dengan aplikasi antarmuka. kontroller ini juga berfungsi sebagai data logging dan algoritma jaringan syaraf tiruan maka, kontroller tipe Raspberry Pi 3 merupakan alternatif solusi yang paling tepat. Oleh karena itu dapat dikatakan bahwa penggunaan *mini-computer* tipe Raspberry Pi pada purwarupa bendung adalah variasi solusi yang cocok untuk digunakan. raspberry Pi ditunjukkan pada gambar 3.



Gambar3. Konfigurasi Pin Raspberry Pi

### 2.2.2 Sensor Ultrasonik

penggunaan modul ultrasonik yang digunakan pada penelitian ini yakni ultrasonic HC-SR04. Jarak pembacaan yang bisa diakomodasi oleh sensor hingga 400 cm dengan pengukuran tanpa adanya kontak langsung dengan objek. nilai akurasi yang didapat pada sensor kurang lebih 3 mm. Pada modul ultrasonik termasuk ultrasonic transmitters, receiver dan control unit.



Gambar4. Sensor Ultrasonik HC-SR04

modul akan dipasang pada tiga titik pengukuran, yaitu pada bendung utama, saluran pembuangan satu dan saluran pembuangan dua.

Tabel 1. Spesifikasi Ultrasonik HC-SR04

No	Electric Parameter	Nilai
1	Working Voltage	DC 5 V
2	Working Current	15mA
3	Working Frequency	40Hz
4	Max Range	4m
5	Min Range	2cm
6	Measuring Angle	15 degree
7	Trigger Input Signal	10uS TTL pulse
8	Echo Output Signal	Input TTL lever signal and proportion
9	Dimension	45*20*15mm

### 2.2.3 Sensor Encoder LM393

modul encoder rotary digunakan sebagai alat pembacaan nilai debit air, pembacaan dilakukan dengan cara air yang keluar dari pintu air membuat kincir air berputar. Gaya rotasi tersebut kemudian menjadi sinyal pulse yang dibaca oleh sensor encoder. Sinyal pulse tersebut terbaca dan dikonversikan menjadi data debit air. Prinsip kerja Sistem sensor encoder pada dasarnya menggunakan infra merah sebagai media untuk komunikasi data antara receiver dan transmitter. Dua sensor yang digunakan disinkronasikan menggunakan fungsi interrupt agar proses pembacaan terus berjalan.



Gambar5. Sensor Encoder LM393

### 2.2.4 Motor Servo

Dapat dijelaskan pada Gambar 6 bukaan pintu air beroperasi dengan model radial gate menggunakan ball valve, oleh karena itu motor servo sesuai untuk mengontrol bukaan pintu air yang memiliki beban yang tinggi pada purwarupa bendung. Motor servo berfungsi untuk mengatur besarnya bukaan katup yang berbentuk bola berlubang.



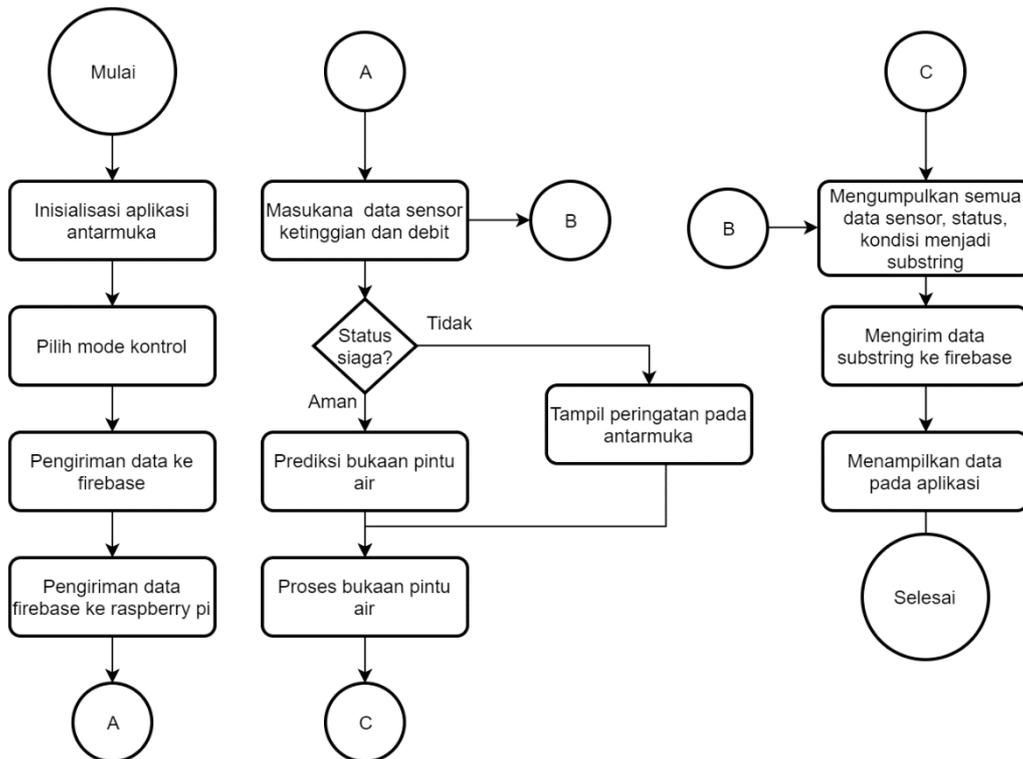
Gambar6. Motor Servo PDI-6211MG

### 2.3 Pembuatan Perangkat Lunak

Pada Gambar 7 menunjukkan tahapan proses bukaan pintu air pada purwarupa bendung. Tahap pertama dimulai dengan mengakses aplikasi antarmuka. Inisialisasi awal melakukan log in dengan user admin yang memiliki akses untuk pengontrolan bukaan pintu air. Proses otomatis dapat dilakukan dengan mengatur mode kontrol terlebih dahulu. Saat pemilihan mode kontrol otomatis, data akan dikirimkan ke firebase database yang nantinya akan diterima oleh raspberry pi sebagai input awal pengontrolan bendung otomatis. Raspberry pi akan menerima data dari sensor berupa ketinggian wadah utama, saluran pembuangan satu, dua, debit air pembuangan satu dan dua. data sensor yang terbaca nantinya akan dijadikan parameter sebagai inputan prediksi bukaan pintu air.

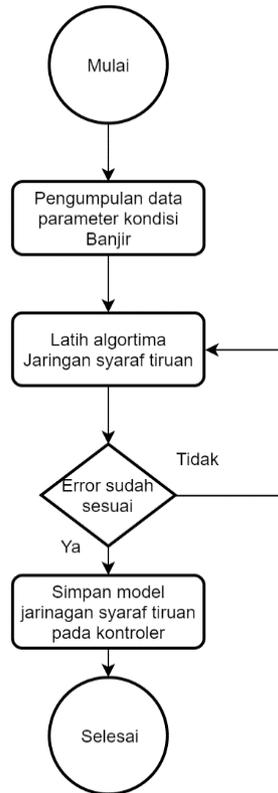
Dari hasil prediksi tersebut menghasilkan bukaan pintu air dan status siaga ketinggian air pada purwarupa bendung. Apabila status tidak aman raspberry pi akan memberikan tampilan peringatan pada antarmuka. Selain itu data masukan dari sensor, kondisi pintu air, dan status siaga ketinggian air akan dikumpulkan kembali menjadi substring, lalu dikirimkan ke firebase database. Data pada firebase database akan berubah saat data baru masuk maka aplikasi antarmuka akan menampilkan informasi realtime mesin. Informasi yang ditampilkan berupa persentase ketinggian air, nilai aktual pembacaan sensor, grafik ketinggian, grafik debit keluaran air. proses akan terus berjalan hingga mode kontrol dirubah menjadi kondisi manual dan proses selesai.

## Otomatisasi Sistem Bendung Menggunakan Metode Backpropagation Untuk Mengatur Debit Air Berbasis Internet of Thing



Gambar7. Diagram Alir Program

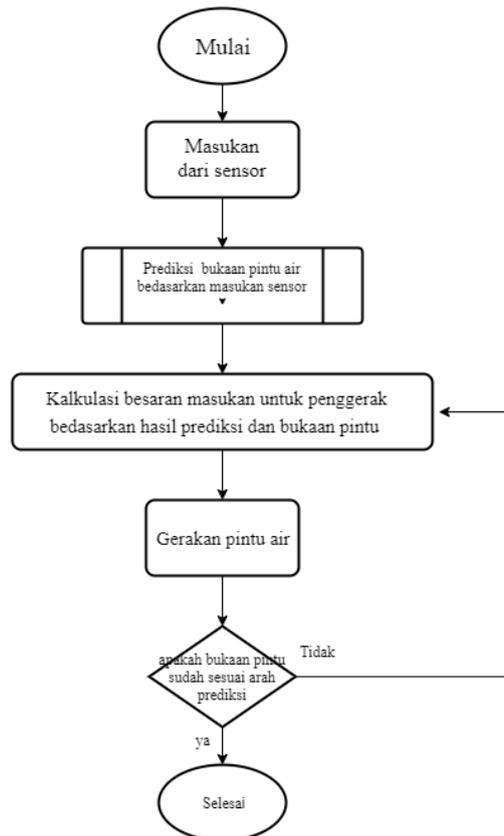
Pada Gambar 8 dibawah dapat dijelaskan tentang proses pelatihan dan pembuatan jaringan saraf tiruan (JST) agar bisa menghasilkan hasil prediksi yang mendekati nilai yang sebenarnya. Langkah awal adalah mengumpulkan data parameter sensor yang berhubungan dengan arah angin dengan periode waktu tertentu, lalu data tersebut diumpakan terhadap JST yang telah dirancang, selanjutnya JST akan diuji menggunakan data yang sudah ada dan dilihat error yang terjadi antara hasil prediksi dan hasil sebenarnya, jika hasil error sudah seminimal mungkin maka model JST yang telah dilatih disimpan di kontroler.



Gambar8. Diagram Alir Pembuatan Model Jaringan Syaraf Tiruan

Prinsip kerja dijelaskan pada Gambar 9 dibawah bahwa sistem kontrol, diawali dengan pembacaan beberapa sensor, yaitu ketinggian pada wadah utama (hulu), dan kedua saluran pembuangan air (hulu) kemudian data tersebut diumpankan menuju kontroler, sistem dikontroler akan memklasifikasi bukaan pintu air berdasarkan data masukan sensor dan model JST yang sudah dilatih sebelumnya, setelah hasil klasifikasi didapatkan selanjutnya nilai keluaran dikonversi menjadi nilai aktual yang dibutuhkan penggerak untuk melakukan bukaan pitnu air, setelahnya maka kontroler akan mengirimkan sinyal menuju penggerak dan hasilnya akan dievaluasi dan jika terjadi eror maka proses kompensasi akan dilakukan.

Otomatisasi Sistem Bendung Menggunakan Metode Backpropagation Untuk Mengatur Debit Air Berbasis Internet of Thing



Gambar9. Diagram Alir Sistem Kontrol Bukaan Pintu Air

### 3 HASIL

#### 3.1 Pengujian Ultrasonik HC-SR04 Sebagai Sensor Tinggi

Pengujian sensor *ultrasonic* dilakukan dengan tujuan untuk menentukan ketelitian sensor saat membaca ketinggian air pada bendung. Persamaan 1 digunakan untuk menghitung jarak antara air dan sensor dimana  $t = \text{air time}$ . *Air time* adalah waktu tempuh gelombang ultrasonik yang dipantulkan dari Trigger dan kembali diterima oleh *Echo*. Pada Persamaan 4.1 merupakan jarak dari sensor *ultrasonic* ke bagian dasar prototipe bendung. Sedangkan  $c$  adalah kecepatan rambat suara.

$$d = 20,1 - \frac{c \cdot t}{2} \tag{1}$$

Tabel2. Hasil Pengujian Ultrasonik HC-SR04

No	Ketinggian Air (cm)	Perhitungan Setiap Satu Menit (cm)	Selisih Aktual dengan Perhitungan (cm)	Error (%)
1	1	0.85	0.15	15.00
2	2	1.94	0.06	3.00
3	3	2.92	0.08	2.67
4	4	3.93	0.07	1.75
5	5	4.89	0.11	2.20

6	6	5.82	0.18	3.00
7	7	6.77	0.23	3,29
8	8	7.75	0.25	3.13
9	9	8.81	0.19	2.11
10	10	9.93	0.07	0.70
11	11	10.83	0.17	1.55
12	12	11.79	0.21	1.75
13	13	12.88	0.12	0.92
14	14	13,76	0.24	1.71
15	15	14.9	0.1	0.67
16	16	15.87	0.13	0.81
17	17	16.86	0.14	0.82
18	18	17.92	0.08	0.44
19	19	18.8	0.2	1.05
20	20	19.87	0.13	0.65

Dari Tabel 2 di atas dapat disimpulkan bahwa secara keseluruhan sensor *ultrasonic* memiliki rata-rata kesalahan sebesar 2.36% dari setiap pengukuran yang dilakukannya. Hal ini berarti sensor *ultrasonic* yang digunakan pada sistem ini memiliki akurasi sebesar 97,64%. Kesalahan pembacaan sensor yang terbesar adalah 0,14 cm. Oleh sebab itu, sistem ini dapat mendeteksi ketinggian air bendung dengan toleransi kesalahan pembacaan sebesar  $\pm 0,5$  cm.

### 3.2 Pengujian Sensor Encoder LM393

proses pengujian *flow rate*. Proses pengujian ini menggunakan Persamaan 4.2 yang digunakan untuk menghitung *flow rate* (lit/min). Pengujian *water flow sensor* ini dilakukan dengan cara mengatur bukaan pintu air pada bendung utama dalam keadaan air terisi penuh selanjutnya dilakukan pengujian pada setiap *range* bukaan pintu air setiap satu menit. adapun data yang diperoleh terdapat pada Tabel 3.

Tabel3. Hasil Pengujian Flow Rate

No	Valve [%]	Pembacaan Sensor [ml/min]	Volume Aktual dalam 20 detik [ml]	Debit actual [ml/min]	Ketinggian [cm]	error[%]
1	0	1835	660	1980	5.9	7.32
2	10	1720	580	1740	5.1	1.14
3	20	1254	440	1320	4.5	4.92
4	30	785	280	840	3.5	6.54
5	40	512	180	540	3.3	5.18
6	50	282	100	300	2.3	5.67
7	60	101	40	120	1.7	15.83
8	70	0	0	0	0	0

Dari Tabel 3 di atas dapat disimpulkan bahwa secara keseluruhan sensor *water flow* memiliki kesalahan sebesar 5.82% dari setiap pengukuran yang dilakukannya. Hal ini berarti sensor *water flow* yang digunakan pada sistem ini memiliki akurasi sebesar 94.18%. Dari

hasil pengujian ini dapat dilihat bahwa bukaan *valve* semakin besar bukaan *valve* debit air yang keluar semakin besar.

### 3.3 Hasil Training Jaringan Syaraf Tiruan

persiapan data lalu dilakukan proses *training* atau melatih JST dengan data yang sudah disiapkan, parameter yang digunakan dalam melatih JST adalah sebagai berikut. Nilai *batch* menentukan seberapa banyak data *input* yang masuk sebelum nilai bobot di perbaharui. data latih total menggunakan 450 data latih dengan persentase 70% untuk data latih dan 30% data validasi.

Tabel4. parameter proses training

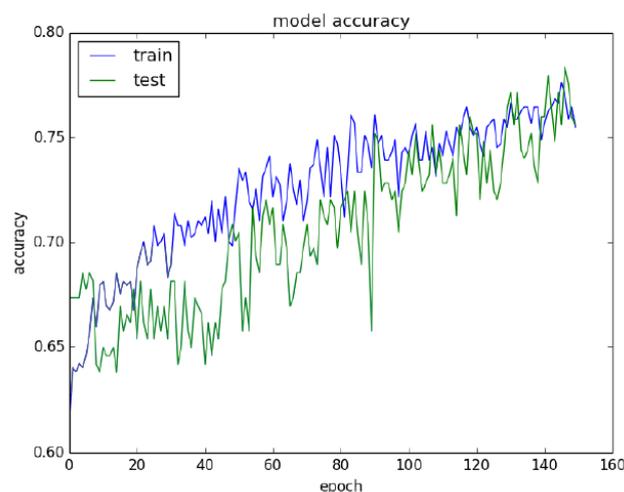
Jumlah Epochs	Nilai Batch	Jumlah Data Training	Jumlah Data Validasi
150	2	70%	30%

Hasil *plot training* menunjukkan nilai yang dicapai oleh hasil data akuisisi lebih baik dengan *Accuracy* = 91.78 % pada *training* dan 71.11 % pada validasi, hal ini menunjukkan bahwa variasi nilai *interval* pengambilan data berpengaruh terhadap model pembelajaran yang dilakukan JST. Perbandingan jumlah *epochs* yang digunakan dapat dilihat pada Tabel 4.3.1 diatas menunjukkan bahwa nilai *epochs* 150 memiliki performa yang optimum dimana model tidak menunjukkan *underfitting* atau *overfitting*.

Tabel5. Pengaruh Epochs Nilai AKurasi *Training* dan Validasi

Jumlah Epochs	Nilai Accuracy Training	Nilai Accuracy Validasi
50	89.53%	65.59%
100	81.15%	69.05%
150	91.78%	75.11%

### 3.4 Hasil Validasi Jaringan Syaraf Tiruan



Gambar10. Hasil Validasi Jaringan Syaraf Tiruan

Hasil grafik pada Gambar 4.2.3 terlihat nilai hasil *train* mendekati nilai *testing*. pada awal iterasi nilai akurasi menunjukkan nilai signifikan, walaupun terjadi nilai fluktuasi di setiap iterasi namun nilai akurasi pada akhir iterasi memiliki nilai akurasi paling tinggi yaitu sebesar 75.11%.

### 3.5 Pengujian Algoritma Pengontrolan

Pada pengujian ini setelah mendapatkan nilai *weight* dan *bias*, dilakukan percobaan dengan nilai klasifikasi dibandingkan dengan nilai data yang sudah ada tetapi belum pernah dilihat oleh JST sehingga nilai ini merepresentasikan kasus dimana nilai yang di prediksi belum pernah terjadi sebelumnya, data validasi menggunakan tiga puluh persen dari data keseluruhan. selanjutnya untuk membandingkan hasil model jaringan syaraf tiruan yang telah dibuat hasil keluaran akan dibandingkan dengan data yang telah dibuat dimana data tersebut merupakan data yang belum pernah dicoba sebelumnya. Dengan diberikan angka angka target pada data, jaringan akan dengan sendirinya mengenali pola pola penyusunan set data tersebut. Adapun range data input yang diinginkan 0.10 sampai 0.39 pintu air membuka seluruhnya, 0.40 – 0.69 pintu air membuka setengah dan 0.70 sampai 0.99 pintu air menutup seluruhnya.

Tabel6. Akurasi Data Keluaran Buka

No	Rata-Rata Keluaran [Output Layer]	Keluaran Target	Jenis Buka [Hasil Keluaran ]	Jenis Buka [Target]	Error [%]
1	0.109	0.1	buka	buka	9.00
2	0.229	0.2	Buka	Buka	14.50
3	0.321	0.27	buka	buka	18.89
4	0.566	0.5	setengah	setengah	13.20
5	0.628	0.55	setengah	setengah	14.18
6	0.64	0.58	setengah	setengah	10.34
7	0.829	0.74	tutup	tutup	12.03
8	0.871	0.78	tutup	tutup	11.67

Pada Tabel 6 menjelaskan hasil data keluaran dilakukan uji coba dengan delapan data yang tidak pernah dicoba pada sesi *training* dan validasi. data uji selanjutnya dilakukan percobaan sebanyak sepuluh kali dan didapatkan nilai rata-rata keluaran. Selanjutnya untuk mencari nilai *error* dilakukan dengan referensi keluaran *target*. 12.98% didapatkan dari nilai rata-rata *error*.

## 4 KESIMPULAN

Bedasarkan pengujian dan analisis yang dilakukan, maka dapat disimpulkan bahwa penggunaan jaringan syaraf tiruan metode backpropagation yang dibangun dapat digunakan lima parameter *input* dengan tiga titik ketinggian dan dua titik *flow rate* pada masing masing pintu pembuangan air. Arsitektur jaringan syaraf tiruan 5-8-1 yang dimana menggunakan *hidden layer* sebanyak delapan *nodes* dan satu hasil *output*. Metode backpropagation dapat mengklasifikasikan bukaan pintu air dengan nilai akurasi sebesar 91.78% pada proses training. Pada hasil testing menghasilkan nilai error sebesar 12.98%.

## 5 REFERENSI

- [1] F. Hendajani dan A. T. Sulistiyanto, "Visualisasi Pintu Air Otomatis Menggunakan Sensor Ultrasonik Memanfaatkan NUVOTON NUC10VE3CN," Fakultas Teknik Elektro Universitas Bengkulu, Bengkulu, 2017.
- [2] Azdan dan Donny, *Kritisnya Kondisi Bendungan di Indonesia*, Surabaya: Direktur Pengairan dan Irigasi, Kementerian PPN, 2008.
- [3] A. Wanto, "Optimasi Prediksi Dengan Algoritma Backpropagation dan Conjugate Gradient Beale-Powell Restart," *Jurnal Nasional Teknologi dan Sistem Informasi*, vol. 3, no. 3, pp. 370-380, 2017.
- [4] H. Novianto dan D. Cahyono, "Sistem Pintu Air Otomatis Menggunakan Logika Fuzzy," *Jurnal INFOR*, vol. 1, no. 2, pp. 125-130, 2016.
- [5] W. H. Wan Ishak, K. R. Ku-Mahamud dan N. Norwawi, "Neural Network Application in Reservoir Water Level Forecasting and Release Decision," *International Journal of New Computer Architectures and Theri Application*, vol. 1, no. 2, pp. 265-274, 2011.

