

PENGGUNAAN NEURO FUZZY PADA SISTEM MONITORING KETINGGIAN AIR SUNGAI

by Yoga Alif

Submission date: 11-Jan-2021 01:54PM (UTC-0500)

Submission ID: 1485899954

File name: Jurnal_5A.pdf (709.98K)

Word count: 4452

Character count: 22342

PENGGUNAAN NEURO FUZZY PADA SISTEM MONITORING KETINGGIAN AIR SUNGAI

Tamaji¹⁾, Yoga Alif Kurnia Utama²⁾

22

¹²Universitas Widya Kartika

Jl. Sutorejo Prima Utara II/1, Kota Surabaya

E-mail.: tamajikayadi@gmail.com¹, yoga.alif@widyakartika.ac.id²

ABSTRACT

Flood is a natural phenomenon that usually occurs in an area that is often flowed by rivers. The impact of flooding can be reduced if the community is better prepared to face the coming flood. One of the solution is to create a flood early warning system. In this study, the concept of early warning system is a river water level sensor that consist of 2 conductor plates that will produce a capacitance value when drowned into the water with a certain depth. These water level measurement values will use 3 different methods. Furthermore, those three methods will be compared to determine the best method that produces a small measurement error. The three methods are linear regression, polynomial regression, and neuro fuzzy. The results show that the measurement error which generated by linear regression was 25.45%, the measurement error that generated by polynomial regression was 13.61%, and the measurement error that generated by neuro fuzzy was 3.76%. According to these error values, the study finds that neuro fuzzy is the best method for water level measurement.

Keywords: Linear Regression, Neuro Fuzzy, Polynomial Regression, River Monitoring, Water Level Sensor

ABSTRAK

Banjir merupakan fenomena alam yang biasanya terjadi di daerah yang sering dialiri sungai. Dampak banjir dapat dikurangi jika masyarakat lebih siap menghadapi banjir yang akan datang. Salah satunya dengan membuat sistem peringatan dini banjir. Dalam penelitian ini, konsep sistem peringatan dini berupa sensor ketinggian air sungai yang terdiri dari 2 pelat konduktor yang akan menghasilkan nilai kapasitansi saat ditenggelamkan ke dalam air dengan kedalaman tertentu. Nilai pengukuran ketinggian air ini akan menggunakan 3 metode yang berbeda. Selanjutnya ketiga metode tersebut akan dibandingkan untuk menentukan metode terbaik yang menghasilkan kesalahan pengukuran yang kecil. Ketiga metode tersebut adalah regresi linier, regresi polinomial, dan neuro fuzzy. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kesalahan pengukuran yang dihasilkan oleh regresi linier sebesar 25,45%, kesalahan pengukuran yang dihasilkan oleh regresi polinomial sebesar 13,61%, dan kesalahan pengukuran yang dihasilkan oleh neuro fuzzy sebesar 3,76%. Dari nilai kesalahan di atas, penelitian ini menyimpulkan bahwa neuro fuzzy merupakan metode terbaik untuk pengukuran ketinggian air.

Kata Kunci: Regresi Linier, Neuro Fuzzy, Regresi Polinomial, Monitoring Sungai, Sensor Ketinggian Air

1. PENDAHULUAN

Banjir adalah bencana alam yang paling sering terjadi di Indonesia. Bencana banjir ini sangat merugikan, karena selain

kerugian materiil, bencana ini juga menelan korban manusia. Bencana ini selalu datang secara tiba-tiba dan tidak dapat diprediksi. Hal inilah yang menyebabkan masyarakat

tidak dapat menghindari bencana ini. Sebenarnya banjir dapat diminimalisir dengan cara membangun lingkungan yang baik di sekitar sungai. Namun proses pembangunan tersebut tidak bisa dilakukan secara cepat. Sampai saat ini di Indonesia, permasalahan banjir belum dapat diselesaikan, bahkan masalah banjir ini justru menunjukkan indikasi yang semakin meningkat, baik dari sisi intensitas, frekuensi maupun persebaran bencananya.

Menurut data statistik dari Badan Nasional Penanggulangan Bencana di Indonesia [1], 10 tahun terakhir banjir merupakan bencana yang paling sering terjadi di Indonesia. Data lain menunjukkan bahwa dalam rentang 5 tahun terakhir yaitu tahun 2014 sampai 2018, jumlah banjir yang terjadi di Indonesia mengalami peningkatan. Pada tahun 2014 banjir terjadi sebanyak 596 kali sedangkan pada tahun 2018, banjir terjadi sebanyak 871 kali. Dari data ini maka dapat disimpulkan bahwa jika dibandingkan dengan data tahun 2014, maka pada tahun 2018, terjadi peningkatan kejadian banjir sebanyak 46%. Kerugian yang diakibatkan oleh banjir juga sangat banyak mulai dari korban jiwa, rumah rusak, dan lain sebagainya,

Agar mengurangi dampak kerugian yang ditimbulkan oleh bencana banjir maka salah satu cara yang dapat digunakan adalah mengetahui tinggi permukaan air sungai. Pengukuran yang dipakai saat ini masih menggunakan tanda garis yang dapat dilihat secara langsung dengan mata. Tetapi hal ini memiliki kekurangan yaitu membutuhkan tenaga manusia terus menerus sehingga dapat terjadi kesalahan. Banyak penelitian yang dilakukan dalam membuat sensor ketinggian air sungai. Ada beberapa penelitian yang membuat sensor ketinggian air sungai sederhana menggunakan transistor [2][3][4][5][6], atau dengan magnet [7][8] dimana mengukur ketinggian air sungai pada beberapa titik. Kelemahan sensor dengan menggunakan metode ini adalah sensor ini tidak dapat mengukur ketinggian air sungai

di semua titik. Jadi metode ini hanya digunakan untuk tujuan peringatan saja.

Pada penelitian lain [9][10][11][12], sensor ketinggian air dibuat dengan memanfaatkan sensor ultrasonik. Sensor ultrasonik dapat dengan tepat mengukur ketinggian air di semua titik. Tetapi kelemahan sensor ketinggian air sungai yang menggunakan sensor ultrasonik ini adalah pembacaan sensor yang tidak stabil. Hal ini akan lebih bermasalah ketika air sungai berombak sehingga ketinggian air mengalami fluktuatif. Pada penelitian lain [13], sensor ketinggian air sungai menggunakan 2 pelat konduktor. Dua pelat konduktor ini jika terendam ke dalam air akan membentuk sebuah kapasitor.

Dengan mengukur nilai kapasitansi ini, maka dapat diketahui ketinggian air sungai tersebut. Permasalahannya adalah bagaimana cara pembacaan sensor tersebut secara presisi karena nilai ketinggian air dan nilai kapasitansi tidak linier. Pada penelitian ini, proses pembacaan sensor ketinggian air dengan menggunakan metode kapasitansi ini akan menggunakan beberapa metode pendekatan yaitu metode regresi linier, regresi polinomial dan neuro fuzzy. Dari ketiga metode ini akan dilihat metode yang paling baik untuk membaca sensor tersebut dilihat dari eror pembacaan yang dihasilkan dari ketiga metode tersebut.

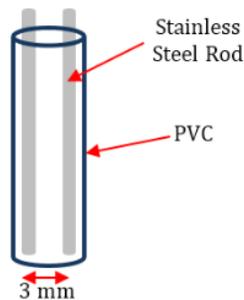
2. METODOLOGI

Penelitian ini terdiri dari 3 tahapan yaitu pembuatan sensor ketinggian air, pengujian 1 untuk mendapatkan data ketinggian air versus data nilai kapasitansi, dan pengujian 2 untuk menguji metode pembacaan sensor yang memiliki tingkat kesalahan terkecil. Tahapan-tahapan tersebut dijabarkan sebagai berikut:

2.1 Pembuatan Sensor Ketinggian Air

Penelitian ini didahului dengan membuat sensor ketinggian air menggunakan metode kapasitansi. Sensor ketinggian air terdiri dari beberapa bagian yaitu 2 buah batang stainless steel tipe 316

dengan diameter 8 mm dan panjang 1 meter, pipa PVC dengan diameter 2” dengan panjang 1 meter juga. 2 batang stainless steel tersebut dilekatkan di sisi dalam batang PVC menggunakan lem besi. Di sini jarak antara 2 batang stainless steel tersebut adalah 3mm. Ruang kosong dengan jarak 3 mm ini akan terisi air ketika dicelupkan ke dalam air sehingga menghasilkan nilai kapasitansi tertentu. Makin dalam batang stainless steel ini dicelupkan ke dalam air, makin banyak air yang masuk ke dalam ruang kosong antara 2 batang stainless tersebut, sehingga menghasilkan nilai kapasitansi yang semakin besar. Diagram pemasangan komponen sensor ketinggian air dapat dilihat pada Gambar 1 di bawah ini.



Gambar 1. Pemasangan Sensor Ketinggian Air

26 Sedangkan bentuk sensor ketinggian air yang telah dibuat dapat dilihat pada Gambar 2 di bawah ini.



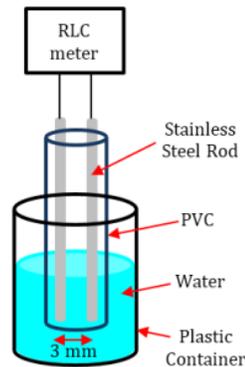
Gambar 2. Sensor Ketinggian Air

2.2 Pengujian I

Setelah sensor ketinggian air ini dibuat maka penelitian ini akan dilanjutkan dengan tahap berikutnya yaitu pengujian untuk mendapatkan data ketinggian air versus data nilai kapasitansi. Pengujian ini membutuhkan 1 buah ember plastik, beberapa air, dan 1 buah RLC meter. Pertama, air dimasukkan ke dalam ember plasti. Sensor ketinggian air yang telah dibuat disambungkan ke RLC meter untuk mengukur nilai kapasitansi yang terjadi.

Kemudian sensor tersebut akan dicelupkan setiap 1 cm. Nilai kapasitansi akan berubah membesar seiring dengan makin dalam sensor dicelupkan. Nilai kedalaman sensor ketinggian air dan nilai kapasitansi yang dihasilkan, dicatat dalam sebuah tabel. Jika ketinggian maksimal sensor adalah 1 meter, maka akan dihasilkan data sebanyak 100 buah. Seratus buah data ini akan dibagi 2 jenis data yaitu 80 buah data training dan 20 data data uji. Data training digunakan untuk membuat metode pembacaan sensor dan data uji digunakan untuk menguji metode pembacaan sensor tersebut.

2 Pemasangan komponen pada pengujian 1 dapat dilihat pada Gambar 1 di bawah ini.



Gambar 3. Pengujian 1

2.3 Pengujian II

Setelah data ketinggian air versus data nilai kapasitansi diperoleh maka tahap selanjutnya adalah pembuatan metode pembacaan sensor. Metode yang dibuat ada

3 jenis yaitu metode regresi linier, regresi polynomial, dan neuro-fuzzy. Metode ini akan dibuat dengan menggunakan 80 buah data training yang telah diperoleh pada tahap sebelumnya.

2.3.1 Regresi Linier

Regresi linier adalah suatu metode yang digunakan untuk melihat bentuk hubungan antara satu variabel independent dan mempunyai hubungan garis lurus dengan variabel dependentnya. Dalam regresi linear sederhana hubungan variabel tersebut dapat dituliskan dalam bentuk model persamaan linear seperti ditunjukkan pada persamaan (1)

$$y = a + bx \quad (1)$$

Dimana x adalah variable independent dimana merupakan nilai kapasitansi sensor (C) sedangkan y adalah variabel dependent dimana merupakan nilai ketinggian air (h). Nilai a dan b merupakan sebuah konstanta dimana nilainya dihitung dengan persamaan (2) dan (3).

$$a = \frac{(\sum_{i=1}^n y_i)(\sum_{i=1}^n x_i^2) - (\sum_{i=1}^n x_i)(\sum_{i=1}^n x_i y_i)}{n \sum_{i=1}^n x_i^2 - (\sum_{i=1}^n x_i)^2} \quad (2)$$

$$b = \frac{n(\sum_{i=1}^n x_i y_i) - (\sum_{i=1}^n x_i)(\sum_{i=1}^n y_i)}{n \sum_{i=1}^n x_i^2 - (\sum_{i=1}^n x_i)^2} \quad (3)$$

Kekuatan hubungan antara variabel x dan y digambarkan dengan menggunakan analisis korelasi dimana besarnya ditunjukkan pada persamaan (4).

$$r = \frac{n(\sum_{i=1}^n x_i y_i) - (\sum_{i=1}^n x_i)(\sum_{i=1}^n y_i)}{\sqrt{[n \sum_{i=1}^n x_i^2 - (\sum_{i=1}^n x_i)^2][n \sum_{i=1}^n y_i^2 - (\sum_{i=1}^n y_i)^2]}} \quad (4)$$

Jika koefisien korelasi mendekati 1 maka variabel x dan y memiliki keterikatan yang sangat kuat. Sebaliknya jika koefisien korelasi mendekati 0 maka variabel x dan y hampir tidak memiliki keterikatan sama sekali.

2.3.2 Regresi Polinomial

Hampir sama dengan regresi linier, regresi polinomial merupakan metode yang digunakan untuk melihat bentuk hubungan antara satu variabel independent dan mempunyai hubungan polinomial berderajat tinggi dengan variabel dependentnya. Pada penelitian ini, regresi polinomial yang digunakan mengambil derajat 3 sehingga hubungan antara variabel independent dan dependentnya dapat dituliskan dalam bentuk model persamaan seperti ditunjukkan pada persamaan (5)

$$y = a_0 + a_1x + a_2x^2 + a_3x^3 \quad (5)$$

Dimana x adalah variable independent dimana merupakan nilai kapasitansi sensor (C) sedangkan y adalah variabel dependent dimana merupakan nilai ketinggian air (h). Nilai a₀, a₁, a₂, dan a₃ merupakan sebuah konstanta dimana nilainya sesuai dengan persamaan (6).

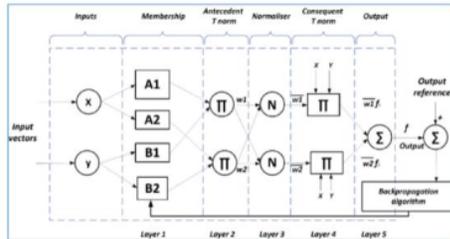
$$\begin{bmatrix} 3 & \sum x_i & \sum x_i^2 & \sum x_i^3 \\ \sum x_i & \sum x_i^2 & \sum x_i^3 & \sum x_i^4 \\ \sum x_i^2 & \sum x_i^3 & \sum x_i^4 & \sum x_i^5 \\ \sum x_i^3 & \sum x_i^4 & \sum x_i^5 & \sum x_i^6 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} a_0 \\ a_1 \\ a_2 \\ a_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \sum y_i \\ \sum x_i y_i \\ \sum x_i^2 y_i \\ \sum x_i^3 y_i \end{bmatrix} \quad (6)$$

2.3.3 Neuro Fuzzy

Neuro-Fuzzy merupakan penggabungan dari dua hal yaitu fuzzy logic dan neural network. Masing-masing memiliki cara dan proses tersendiri tetapi tetap dapat dipadukan sehingga menghasilkan performa kerja yang selaras. Dalam hal ini, penggunaan neural network dan fuzzy logic dapat dipadukan menghasilkan Neuro Fuzzy atau Fuzzy Neural Network.

Penggabungan ini dilakukan karena manusia memiliki nalar dan proses pembelajaran yang bisa dikatakan memiliki nilai keaburan. Nilai keaburan ini membuat penilaian manusia akan suatu hal menjadi tidak terlalu konstan atau kaku untuk sebuah kondisi atau objek. Dengan hal ini, komputer akan mampu untuk

melakukan proses pembelajaran lebih baik lagi. Arsitektur Neuro Fuzzy dapat dilihat di Gambar 4 di bawah ini.



Gambar 3. Arsitektur Neuro Fuzzy

Pembentukan neuro fuzzy ini membutuhkan proses training, dengan menggunakan 80 data training yang telah diperoleh sebelumnya. Training dan pembuatan neuro fuzzy ini menggunakan software Matlab R2014a.

Setelah ketiga metode tersebut dibuat maka diuji dengan menggunakan 20 data uji. Dari 20 data uji ini, menghasilkan 20 nilai error. Dua puluh nilai error ini dirata-rata, sehingga menghasilkan nilai rata-rata error. Nilai rata-rata error antara ketiga metode ini akan dibandingkan. Metode yang terbaik adalah metode yang memiliki nilai rata-rata error terkecil.

3. HASIL & PEMBAHASAN

Sebelumnya telah dijelaskan bahwa penelitian tersebut berisi tentang perancangan dan pembuatan sensor ketinggian air. Jenis sensor ketinggian air didasarkan pada sensor kapasitansi. Sensor ini akan mengukur kapasitansi antara dua konduktor.

Saat sensor ini ditenggelamkan ke dalam air, maka air akan mengisi ruang kosong di antara dua konduktor. Proses tersebut juga akan menghasilkan nilai kapasitansi tertentu. Ada 2 tes yang telah dilakukan dalam penelitian ini, hasil tes tersebut dijabarkan sebagai berikut.

3.1 Pengujian I

Pada pengujian pertama, sensor akan ditenggelamkan pada kedalaman 1 cm per

bagiannya. Nilai kapasitansi per kedalaman 1 cm akan dicatat dalam sebuah tabel. Nilai tersebut diukur dengan RLC meter. Hasilnya dapat dilihat pada tabel di bawah ini:

Tabel 1. Hasil Pengujian I

No	Kedalaman (cm)	Kapasitansi (μF)	No	Kedalaman (cm)	Kapasitansi (μF)
1	1	4.57	51	51	146.30
2	2	5.10	52	52	147.80
3	3	5.33	53	53	153.80
4	4	7.97	54	54	158.50
5	5	11.49	55	55	163.40
6	6	15.08	56	56	166.50
7	7	17.95	57	57	171.70
8	8	20.80	58	58	174.60
9	9	23.50	59	59	178.80
10	10	26.00	60	60	158.30
11	11	28.80	61	61	186.80
12	12	31.90	62	62	192.00
13	13	34.50	63	63	195.60
14	14	37.20	64	64	199.80
15	15	39.80	65	65	208.00
16	16	42.30	66	66	205.00
17	17	45.50	67	67	226.00
18	18	48.20	68	68	234.00
19	19	51.20	69	69	240.00
20	20	54.70	70	70	248.00
21	21	58.00	71	71	250.00
22	22	61.80	72	72	270.00
23	23	65.10	73	73	280.00
24	24	68.20	74	74	274.00
25	25	70.30	75	75	297.00
26	26	73.30	76	76	307.00
27	27	75.70	77	77	301.00
28	28	77.50	78	78	320.00
29	29	81.00	79	79	328.00
30	30	83.10	80	80	337.00
31	31	86.80	81	81	340.00
32	32	89.50	82	82	347.00
33	33	91.30	83	83	350.00
34	34	94.80	84	84	373.00
35	35	97.90	85	85	388.00
36	36	100.30	86	86	369.00
37	37	103.70	87	87	400.00
38	38	107.20	88	88	405.00
39	39	110.60	89	89	408.00
40	40	112.60	90	90	410.00
41	41	115.70	91	91	409.00
42	42	119.30	92	92	437.00
43	43	121.70	93	93	447.00
44	44	125.50	94	94	450.00
45	45	128.10	95	95	461.00
46	46	131.40	96	96	472.00
47	47	135.70	97	97	480.00

48	48	138.20	98	98	477.00
49	49	142.80	99	99	546.00
50	50	145.60	100	100	569.00

Berdasarkan Tabel 1, terdiri 100 data. Pada setiap kedalaman 1 cm terdapat 1 nilai kapasitansi. Nilai kapasitansi terkecil adalah 4,57 μ F. Nilai tersebut dihasilkan saat sensor dicelupkan ke dalam air dengan kedalaman 1 cm. Nilai kapasitansi tertinggi adalah 569 μ F. Nilai tersebut dihasilkan saat sensor dicelupkan ke dalam air pada kedalaman 100 cm. Berdasarkan data ini, dapat disimpulkan bahwa nilai kapasitansi yang lebih besar akan dicapai ketika sensor tenggelam lebih dalam ke dalam air.

3.2 Pengujian II

Setelah kita mendapatkan data pada pengujian pertama, pada pengujian kedua kita akan membuat metode pengukuran sensor. Ada 3 jenis metode yang digunakan dalam pengujian ini. Metode tersebut adalah regresi linier, regresi polinomial, dan neuro fuzzy. Semua metode ini dibuat dengan menggunakan 80 data yang diperoleh pada pengujian sebelumnya. Hasil dari masing-masing metode akan dijelaskan sebagai berikut.

3.2.1 Regresi Linier

Dalam metode ini, 80 data yang diperoleh pada pengujian sebelumnya digunakan untuk membuat persamaan linier seperti (1). Untuk membuat persamaan ini, komponen penjumlahan harus dihitung dari persamaan (2) & (3). Dalam persamaan tersebut, x adalah kedalaman sensor (cm), y adalah nilai kapasitansi (μ F). Hasil penjumlahan komponen dapat dilihat pada (5) (6) (7) (8) (9).

$$\sum_{i=1}^n X_i = 3240 \quad (5)$$

$$\sum_{i=1}^n Y_i = 10283.49 \quad (6)$$

$$\sum_{i=1}^n X_i^2 = 173880 \quad (7)$$

$$\sum_{i=1}^n Y_i^2 = 1951594.69 \quad (8)$$

$$\sum_{i=1}^n X_i Y_i = 516302.72 \quad (9)$$

Dari hasil tersebut dapat dihitung variabel a dan b sebagai berikut:

$$a = \frac{(\sum_{i=1}^n Y_i)(\sum_{i=1}^n X_i^2) - (\sum_{i=1}^n X_i)(\sum_{i=1}^n X_i Y_i)}{n \sum_{i=1}^n X_i^2 - (\sum_{i=1}^n X_i)^2}$$

$$a = \frac{(10283.49)(173880) - (3240)(516302.72)}{81(173880) - (3240)^2}$$

$$a = -22.062$$

$$b = \frac{n(\sum_{i=1}^n X_i Y_i) - (\sum_{i=1}^n X_i)(\sum_{i=1}^n Y_i)}{n \sum_{i=1}^n X_i^2 - (\sum_{i=1}^n X_i)^2}$$

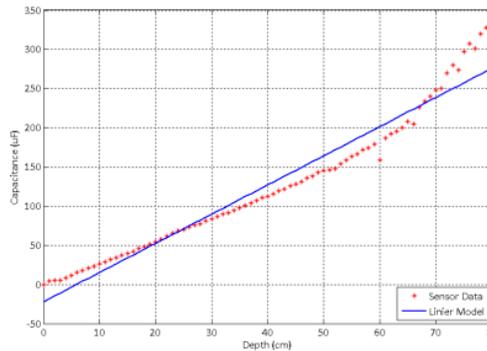
$$b = \frac{81.(516302.72) - (3240)(10283.49)}{81(173880) - (3240)^2}$$

$$b = 3.725$$

Jadi berdasarkan hasil perhitungan, 80 data pada Tabel 1 dapat digambarkan sebagai model persamaan linier seperti yang ditunjukkan pada (10).

$$y = -22.062 + 3.725x \quad (10)$$

Jika persamaan tersebut digambarkan ke dalam sumbu kartesius, maka gambar grafik tersebut dapat dilihat pada Gambar 5 di bawah ini.



Gambar 5. Model Linier

Setelah membuat model persamaan linier, 20 data lainnya akan diuji ke dalam persamaan, kemudian dihasilkan nilai baru y sesuai persamaan ini ($y_{equation}$). Perbedaan antara $y_{equation}$ dan y dari tabel 1 (y_{real}) adalah nilai error. Nilai kesalahan dapat dihitung dengan persamaan (11).

$$\%Error = \left| \frac{y_{real} - y_{equation}}{y_{real}} \right| \times 100\% \quad (11)$$

Setiap nilai error dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Nilai Error Pada Model Linier

No	x	Yreal	Yeuation	%Error
1	81	340.00	279.66	17.75
2	82	347.00	283.39	18.33
3	83	350.00	287.11	17.97
4	84	373.00	290.84	22.03
5	85	388.00	294.56	24.08
6	86	369.00	298.29	19.16
7	87	400.00	302.01	24.50
8	88	405.00	305.74	24.51
9	89	408.00	309.46	24.15
10	90	410.00	313.19	23.61
11	91	409.00	316.91	22.52
12	92	437.00	320.64	26.63
13	93	447.00	324.36	27.44
14	94	450.00	328.09	27.09
15	95	461.00	331.81	28.02
16	96	472.00	335.54	28.91
17	97	480.00	339.26	29.32
18	98	477.00	342.99	28.09
19	99	546.00	346.71	36.50
20	100	569.00	350.44	38.41
Rata-Rata Error				25.45

14 Berdasarkan Tabel 1 dapat disimpulkan bahwa rata-rata error yang dihasilkan dari model persamaan linier adalah 25,45%.

Kekuatan hubungan antara x dan y dapat diukur dengan menghitung nilai r sebagai berikut:

$$r = \frac{n(\sum_{i=1}^n X_i Y_i) - (\sum_{i=1}^n X_i)(\sum_{i=1}^n Y_i)}{\sqrt{[n \sum_{i=1}^n X_i^2 - (\sum_{i=1}^n X_i)^2][n \sum_{i=1}^n Y_i^2 - (\sum_{i=1}^n Y_i)^2]}}$$

$$= \frac{81(576302.72) - (3240)(10283.49)}{\sqrt{[81 \cdot (173880) - (3240)^2][81 \cdot (1951594.69) - (10283.49)^2]}}$$

$r = 0.975$

12 Nilai r tersebut menggambarkan bahwa hubungan antara variabel x dan y terikat kuat.

3.2.2 Regresi Polinomial

Secara keseluruhan, metode ini hampir sama dengan regresi linier. Namun dalam metode ini, 80 data yang diperoleh akan digunakan untuk membuat persamaan polinomial derajat 3 seperti (5). Untuk membuat persamaan tersebut, kita harus menggunakan persamaan regresi polinomial (6) sebagai berikut.

$$7 \begin{bmatrix} 3 & \sum x_i & \sum x_i^2 & \sum x_i^3 \\ \sum x_i & \sum x_i^2 & \sum x_i^3 & \sum x_i^4 \\ \sum x_i^2 & \sum x_i^3 & \sum x_i^4 & \sum x_i^5 \\ \sum x_i^3 & \sum x_i^4 & \sum x_i^5 & \sum x_i^6 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} a_0 \\ a_1 \\ a_2 \\ a_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \sum y_i \\ \sum x_i y_i \\ \sum x_i^2 y_i \\ \sum x_i^3 y_i \end{bmatrix}$$

dimana x adalah kedalaman sensor (cm), y adalah nilai kapasitansi (μF).

Berdasarkan 80 data pada Tabel 1, diperoleh jumlah komponen penjumlahan. Komponen penjumlahan akan dimasukkan ke dalam persamaan matriks tersebut, sehingga dapat dilihat persamaan selengkapnya sebagai berikut:

$$\begin{bmatrix} 3 & 3240 & 173880 & 10497600 \\ 3240 & 173880 & 10497600 & 676010664 \\ 173880 & 10497600 & 676010664 & 45346132800 \\ 10497600 & 676010664 & 45346132800 & 3128641743240 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} a_0 \\ a_1 \\ a_2 \\ a_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 10283.49 \\ 576302.72 \\ 35927954.64 \\ 2372999861.84 \end{bmatrix}$$

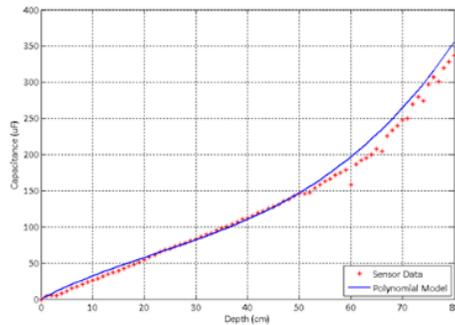
$$\begin{bmatrix} a_0 \\ a_1 \\ a_2 \\ a_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 3 & 3240 & 173880 & 10497600 \\ 3240 & 173880 & 10497600 & 676010664 \\ 173880 & 10497600 & 676010664 & 45346132800 \\ 10497600 & 676010664 & 45346132800 & 3128641743240 \end{bmatrix}^{-1} \begin{bmatrix} 10283.49 \\ 576302.72 \\ 35927954.64 \\ 2372999861.84 \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} a_0 \\ a_1 \\ a_2 \\ a_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.6848 \\ 3.6123 \\ -0.0537 \\ 0.0008 \end{bmatrix}$$

Dari perhitungan ini didapatkan nilai konstanta model polinomial yaitu $a_0, a_1, a_2,$ dan a_3 . Mereka membuat model persamaan polinomial lengkap seperti yang ditunjukkan pada persamaan (12)

$y = 0.6848 + 3.6123x - 0.0537x^2 + 0.0008x^3$ (12)

Jika persamaan tersebut diubah menjadi gambar grafik pada sumbu kartesius, maka gambar grafik tersebut dapat dilihat pada gambar di bawah ini.



Gambar 6. Model Polinomial

Seperti halnya membuat regresi linier, setelah model persamaan polinomial dibuat maka model tersebut akan diuji oleh 20 data lainnya dari Tabel 1. Proses ini akan menghasilkan nilai baru y (y_{equation}). Selisih antara persamaan y_{equation} dan y dari tabel 1 (y_{real}) adalah nilai kesalahan, yang dapat dihitung seperti yang terlihat pada Tabel 3 di bawah ini.

Tabel 3. Nilai Error Pada Model Polinomial

No	x	y_{real}	y_{equation}	%Error
1	81	340.00	366.11	7.68
2	82	347.00	376.91	8.62
3	83	350.00	388.00	10.86
4	84	373.00	399.37	7.07
5	85	388.00	411.05	5.94
6	86	369.00	423.02	14.64
7	87	400.00	435.30	8.83
8	88	405.00	447.89	10.59
9	89	408.00	460.80	12.94
10	90	410.00	474.02	15.62
11	91	409.00	487.57	19.21
12	92	437.00	501.45	14.75
13	93	447.00	515.66	15.36
14	94	450.00	530.22	17.83
15	95	461.00	545.11	18.25
16	96	472.00	560.36	18.72
17	97	480.00	575.95	19.99
18	98	477.00	591.91	24.09
19	99	546.00	608.23	11.40
20	100	569.00	624.91	9.83
Rata-Rata Error				13.61

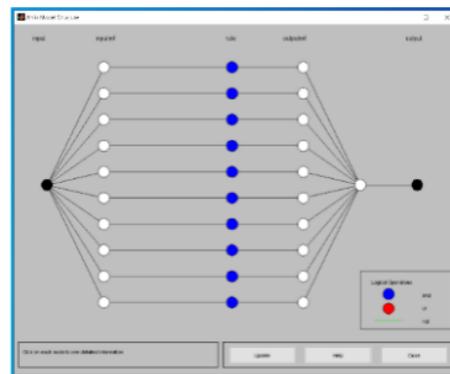
14

Berdasarkan Tabel 3 dapat disimpulkan bahwa rata-rata error yang dihasilkan dari model persamaan polinomial sebesar 13.61%.

3.2.3 Neuro Fuzzy

Pada metode ini yang pertama harus dilakukan adalah menentukan struktur neuro fuzzy yang akan dibuat. Ada 3 hal yang harus ditentukan yaitu jumlah masukan fungsi keanggotaan, jenis masukan fungsi keanggotaan, dan jenis keluaran fungsi keanggotaan. Setelah ini akan dilakukan proses pembuatan neuro-fuzzy dan pelatihan pada MATLAB R2014a.

Dalam penelitian ini digunakan 10 input fungsi keanggotaan yang berjenis fungsi keanggotaan gauss. Sedangkan di sisi keluaran menggunakan jenis fungsi keanggotaan linier. Parameter ini akan dimasukkan dalam MATLAB 2014a untuk membuat neuro-fuzzy. Struktur dari neuro fuzzy dapat dilihat sebagai berikut.



Gambar 7. Struktur Neuro Fuzzy

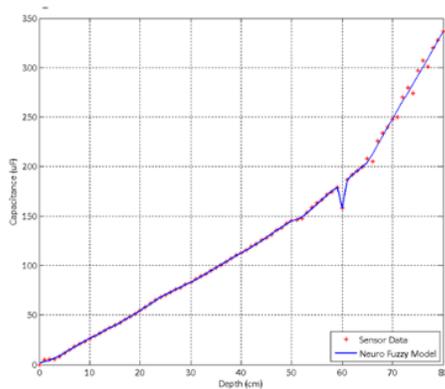
Setelah struktur neuro fuzzy ditentukan, maka proses selanjutnya adalah melatih struktur tersebut. Proses pelatihan akan dilakukan dengan menggunakan 80 data dari Tabel 1. Pelatihan akan diulang hingga 10000 kali atau 10000 epoch. Proses tersebut dapat dilihat sebagai berikut.



Gambar 8. Pelatihan Neuro Fuzzy

Proses pelatihan menghasilkan kesalahan yang cukup kecil yaitu hanya 2.3475.

Setelah model dilatih, maka 80 data masukan dari Tabel 1 akan dimasukkan ke dalam model ini. Itu membuat nilai baru y (y_{neuro}) yang dihasilkan dari model neuro fuzzy. Jika data tersebut diubah menjadi grafik pada sumbu kartesius, maka grafik tersebut dapat dilihat pada gambar di bawah ini.



Gambar 9. Model Neuro Fuzzy

Untuk menguji metode ini, maka akan dilakukan pengecekan dengan memberikan 20 data lainnya dari Tabel 1. Dari data masukan tersebut didapatkan nilai error yang dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Nilai Error Pada Model *Neuro Fuzzy*

No	x	y_{real}	y_{neuro}	%Error
1	81	340.00	346.2	1.82

2	82	347.00	355.7	2.51
3	83	350.00	365.1	4.31
4	84	373.00	374.5	0.40
5	85	388.00	383.9	1.06
6	86	369.00	393.4	6.61
7	87	400.00	402.8	0.70
8	88	405.00	412.2	1.78
9	89	408.00	421.6	3.33
10	90	410.00	431.1	5.15
11	91	409.00	440.5	7.70
12	92	437.00	449.9	2.95
13	93	447.00	459.3	2.75
14	94	450.00	468.8	4.18
15	95	461.00	478.2	3.73
16	96	472.00	487.6	3.31
17	97	480.00	497.0	3.54
18	98	477.00	506.5	6.18
19	99	546.00	515.9	5.51
20	100	569.00	525.3	7.68
Rata-Rata Error				3.76

Berdasarkan Tabel 4, dapat disimpulkan bahwa rata-rata error yang dihasilkan dari model neuro fuzzy adalah 3,76%.

4. KESIMPULAN

Pada penelitian ini terdapat 3 metode yang akan digunakan untuk pembacaan tinggi muka air. Metode tersebut adalah regresi linier, regresi polinomial, dan neuro fuzzy. Hasil penelitian menunjukkan bahwa metode regresi linier menghasilkan kesalahan pengukuran muka air sebesar 25.45%. Sedangkan metode regresi polinomial menghasilkan kesalahan pengukuran ketinggian air sebesar 13,61%, dan metode neuro fuzzy menghasilkan kesalahan pengukuran ketinggian air sebesar 3,76%. Dari hasil ini dapat disimpulkan diantara ketiga metode tersebut, neuro fuzzy merupakan metode terbaik untuk pengukuran ketinggian air.

UCAPAN TERIMA KASIH

Puji syukur penulis haturkan kepada Allah SWT, karena kehendak dan ridha-Nya, penulis bisa menyelesaikan penelitian ini yang berjudul “Penggunaan *Neuro Fuzzy* Pada Sistem Monitoring Ketinggian Air Sungai”.

¹² Kemudian, penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada Universitas Widya Kartika yang telah

membantu dalam sarana dan prasarana dalam penyelesaian penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] B. N. P. Bencana, "Data Informasi Bencana Indonesia," 2019. .
- [2] T. Shetty and P. Wagh, "Water Level Monitoring System," *Int. Res. J. Eng. Technol.*, vol. 5, no. 8, pp. 1712–1714, 2018.
- [3] A. Saini, S. Rana, S. Singh, and H. K. Channi, "Designing and Modeling of Water Level Indicator," *Int. J. Sci. Res. Comput. Sci. Eng. Inf. Technol.*, vol. 2, no. 6, pp. 374–377, 2017.
- [4] J. K., A. P., E. V., and G. G., "Water Level Indicator Using Transistor BC547," *Int. J. Recent Adv. Multidiscip. Res.*, vol. 03, no. 12, pp. 2112–2115, 2016.
- [5] N. Mani, S. T. P., V. Joseph, T. V. D., and S. P. S., "Design and Implementation of a Fully Automated Water Level Indicator," *Int. J. Adv. Res. Electr. Electron. Instrum. Eng.*, vol. 3, no. 2, pp. 7686–7690, 2014.
- [6] O. Roy, A. Roy, and D. D. Roy, "Automatic Water Level Indicator," *Int. J. Emerg. Trends Eng. Dev.*, vol. 2, no. 6, pp. 145–148, 2016.
- [7] D. Rajesh and N. Raju, "Water Level Meter for Alerting Population about Floods," *Int. J. Res. Appl. Sci. Eng. Technol.*, vol. 5, no. 9, pp. 636–642, 2017.
- [8] M. Rakesh, E. S. Teja, R. B. Prasad, A. A. Mohammed, and Sultan, "Automatic Water Level Indicator using Microcontroller," *Int. J. Sci. Res. Dev.*, vol. 5, no. 1, pp. 20–22, 2017.
- [9] M. Santra, S. Biswas, S. Bandhapadhyay, and K. Palit, "Smart Wireless Water level Monitoring & Pump Controlling System," *Int. J. Adv. Sci. Res. Eng.*, vol. 03, no. 4, pp. 186–196, 2017.
- [10] K. S. Varun, K. A. Kumar, V. R. Chowdary, and C. S. K. Raju, "Water Level Management Using Ultrasonic Sensor (Automation)," *Int. J. Comput. Sci. Eng.*, vol. 6, no. 6, pp. 799–804, 2018.
- [11] L. Lu, R. Lewis, M. Hu, and R. Lin, "Design and Implementation of A Wireless Networked Water Level Control System," *J. Comput. Commun.*, vol. 3, pp. 159–163, 2015.
- [12] K. R., K. R., J. C., and S. K. K., "Dam Water Level Monitoring and Alerting System using IOT," *SSRG Int. J. Electron. Commun. Eng.*, vol. 5, no. 6, pp. 19–22, 2018.
- [13] A. Qurthobi, R. F. Iskandar, A. Krisnatal, and Weldzikarvina, "Design of Capacitive Sensor for Water Level Measurement," in *8th International Conference on Physics and its Applications (ICOPIA)*, 2016, pp. 1–6.

PENGGUNAAN NEURO FUZZY PADA SISTEM MONITORING KETINGGIAN AIR SUNGAI

ORIGINALITY REPORT

16%

SIMILARITY INDEX

14%

INTERNET SOURCES

5%

PUBLICATIONS

6%

STUDENT PAPERS

PRIMARY SOURCES

1	docplayer.info Internet Source	2%
2	statmat.id Internet Source	1%
3	www.scribd.com Internet Source	1%
4	Submitted to MAHSA University Student Paper	1%
5	Submitted to Pamoja Education Student Paper	1%
6	wahyudinian.blogspot.com Internet Source	1%
7	Submitted to The British School of Beijing Student Paper	1%
8	Amit Pal, Urandur Pavan Kalyan, C M Harika, B. Vasuki. "Capacitive Sensor for Level Measurement in Hopper/Silos - Experimental	<1%

Evaluation", 2019 2nd International Conference on Intelligent Computing, Instrumentation and Control Technologies (ICICICT), 2019

Publication

9	www.ijcat.org Internet Source	<1%
10	eprints.uny.ac.id Internet Source	<1%
11	Jayalaxmi R. Hanni, Santhosh Krishnan Venkata. "Does the existing liquid level measurement system cater the requirement of future generation?", Measurement, 2020 Publication	<1%
12	123dok.com Internet Source	<1%
13	id.scribd.com Internet Source	<1%
14	journal.unj.ac.id Internet Source	<1%
15	Submitted to Doukas School Student Paper	<1%
16	Submitted to Anglo-Chinese School (Independent) Student Paper	<1%
17	Submitted to British International School,	

Vietnam

Student Paper

<1%

18

S Suwandi, H Zainnuri, A Yunus. "Ecological literacy values in Indonesian language textbook for senior high school students published by Ministry of Education and Culture", Journal of Physics: Conference Series, 2019

Publication

<1%

19

article.sciencepublishinggroup.com

Internet Source

<1%

20

www.ijeat.org

Internet Source

<1%

21

issuu.com

Internet Source

<1%

22

Submitted to Universitas Muria Kudus

Student Paper

<1%

23

jurnal.untan.ac.id

Internet Source

<1%

24

widuri.raharja.info

Internet Source

<1%

25

vdocuments.site

Internet Source

<1%

26

pt.scribd.com

Internet Source

<1%

27	docobook.com Internet Source	<1%
28	id.123dok.com Internet Source	<1%
29	text-id.123dok.com Internet Source	<1%
30	theachsans.blogspot.com Internet Source	<1%
31	es.scribd.com Internet Source	<1%
32	Submitted to Udayana University Student Paper	<1%
33	umpir.ump.edu.my Internet Source	<1%
34	Pareena Jariyayothin, Kachaporn Jeravong- aram, Nattakarn Ratanachaijaroen, Thitinan Tantidham, Puwadech Intakot. "IoT Backyard: Smart Watering Control System", 2018 Seventh ICT International Student Project Conference (ICT-ISPC), 2018 Publication	<1%
35	repository.its.ac.id Internet Source	<1%
36	aag.scu.ac.ir Internet Source	<1%

37	Submitted to The University of Manchester Student Paper	<1%
38	jtera.polteksmi.ac.id Internet Source	<1%
39	www.neliti.com Internet Source	<1%
40	web.unhas.ac.id Internet Source	<1%
41	Wildanul Isnaini. "OPTIMASI PENJADWALAN PRODUKSI DI IKM ED ALUMINIUM YOGYAKARTA", KAIZEN : Management Systems & Industrial Engineering Journal, 2018 Publication	<1%
42	ijraset.com Internet Source	<1%

Exclude quotes On

Exclude matches Off

Exclude bibliography On