

Penerapan Jaringan Syaraf Tiruan *Backpropagation* untuk *Smart Control Early Warning System (EWS)*

Gamma Aditya Rahardi¹, Hasanur Mohammad Firdausi², Satryo Budi Utomo³, Ali Rizal Chaidir⁴, dan Dodi Setiabudi⁵
^{1,2,3,4,5}Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Jember
Kampus Tegalboto, Jl. Kalimantan No. 37 Kabupaten Jember, Jawa Timur 68121
e-mail: gamma.rahardi@unej.ac.id

Abstrak - Frekuensi angin puting beliung yang terjadi di beberapa wilayah di Kabupaten Jember menunjukkan bahwa Kabupaten Jember merupakan daerah yang rawan dengan bahaya angin puting beliung. Oleh karena itu, diperlukan sistem peringatan dini untuk menanggulangi bencana sehingga antisipasi warga dalam menghadapi bencana akan meningkat. Pada penelitian ini ditujukan untuk menghasilkan sensor DHT22 dan sensor anemometer dengan metode Jaringan Syaraf Tiruan *Backpropagation* yang dapat memberikan peringatan angin puting beliung sejak dini kepada masyarakat. Penerapan Jaringan Syaraf Tiruan *Backpropagation* digunakan untuk peramalan angin puting beliung dengan algoritma *Levenberg-Marquardt*. Hasil dari pembelajaran dengan menggunakan algoritma *Levenberg-Marquardt* didapatkan hasil terbaik *Mean Squance Error* (MSE) sebesar $3,6588 \times 10^{-7}$ dengan rata-rata *error* dari setiap data pembelajaran sebesar $\pm 2,61\%$.

Kata Kunci: *Anemometer; Angin Puting Beliung; Jaringan Syaraf Tiruan; Mikrokontroler; Sistem Peringatan Dini.*

Abstract - *The frequency of tornado that occur in several areas in Jember Regency shows that Jember Regency is an area that is prone to tornado hazards. Therefore, an early warning system is needed to deal with disasters so that residents' anticipation in dealing with disasters will increase. This study aims to produce a DHT22 sensor and anemometer sensor with the Backpropagation Artificial Neural Network method which can provide early warning of hurricanes to the public. Application of Backpropagation Neural Network is used for hurricane forecasting with Levenberg-Marquardt algorithm. The results of the study using the Levenberg-Marquardt algorithm, the best results were Mean Squance Error (MSE) of 3.6588×10^{-7} with an average error of $\pm 2.61\%$ for each learning data.*

Keywords: *Anemometer; Tornado; Artificial Neural Network; Microcontroller; Early Warning System.*

I. PENDAHULUAN

Salah satu proses cuaca yang timbul akibat ketidak stabilan atmosfer yaitu angin puting beliung. Jenis angin ini adalah angin kencang, namun tidak semua angin kencang adalah angin puting beliung. Puting beliung memiliki frekuensi singkat namun dapat menyebabkan bencana yang tidak kecil karena dapat menerbangkan atap rumah dan menumbangkan pepohonan [1].

Fenomena alam ini relatif terjadi pada perubahan musin (pancaroba). Fenomena ini hanya terjadi di daerah lokal itu saja, tidak menyebar luas karena angin puting beliung hanya berasal dari awan *Cumulonimbus (Cb)*, bukan dari pergerakan angin muson maupun pergerakan angin pada umumnya, sehingga dapat berpindah atau bergeser dari tekanan tinggi ke tekanan rendah dalam skala luas [2]. Frekuensi angin puting beliung yang terjadi di beberapa wilayah Kabupaten Jember menunjukkan bahwa Kabupaten Jember merupakan daerah yang rawan dengan bahaya angin puting beliung [3].

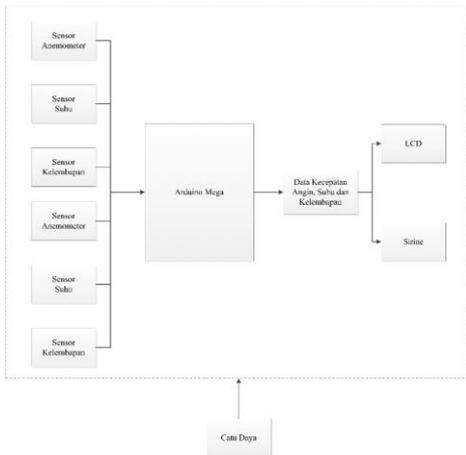
Sehingga di perlukan sistem peringatan dini untuk membantu masyarakat memperingati sejak dini terjadinya angin puting beliung [4], [5]. Untuk parameter yang digunakan untuk kecepatan angin berdasarkan skala

Beaufort kecepatan angin 17-20 m/s atau 34-40 knots sudah bisa mematahkan batang pohon dan membuat pohon tumbang dan pada kecepatan 24-32 m/s atau 41-55 knots sudah dapat menyebabkan kerusakan kecil pada bangunan. Berdasarkan dari data BMKG pada saat terjadinya hari H angin puting beliung suhu lingkungan berada di rentang 24,2-31,7 °C dan kelembaban pada hari H terjadinya angin puting beliung berada pada rentang 63-92 % [6].

Penelitian ini bertujuan untuk merancang alat peramalan angin puting beliung dengan menggunakan metode jaringan syaraf tiruan *backpropagation* [7], [8]. Pada peramalannya digunakan data kecepatan angin, suhu lingkungan dan kelembaban lingkungan yang didapatkan dari sensor anemometer dan sensor DHT22. Pembelajaran jaringan syaraf tiruan digunakan beberapa algoritma seperti *Gradient Descent* dengan Momentum dan *Adaptive Learning Rate*, *Powell-Beale Restart* dan *Levenberg-Marquardt*. Dari penelitian ini diharapkan dapat membantu masyarakat atau pemerintah setempat untuk mempersiapkan sejak dini tentang datangnya angin puting beliung.

II. METODE

Tahapan dari penelitian ini adalah perancangan perangkat keras, pembuatan arsitektur jaringan syaraf tiruan *backpropagation*, pembelajaran jaringan syaraf tiruan.



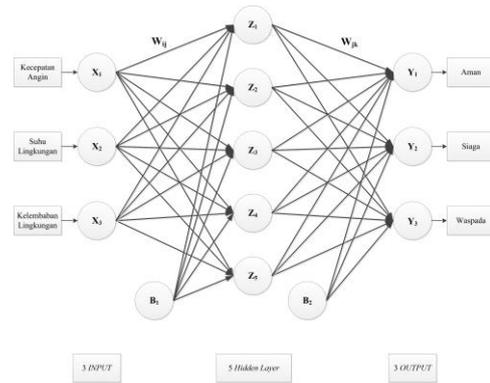
Gambar 1 Diagram Blok Perangkat Keras

A. Perancangan Perangkat Keras

Pada penelitian ini digunakan sensor cup anemometer untuk mengukur kecepatan angin, terdapat sensor DHT22 yang akan digunakan untuk membaca suhu dan kelembaban lingkungan [9], [10]. Terdapat LCD 20x4 yang digunakan untuk menampilkan informasi dari hasil pembacaan sensor dan hasil kondisi dari proses JST-BP, Terdapat arduino MEGA sebagai mikrokontroler, terdapat baterai yang digunakan sebagai sumber tegangan, panel surya yang digunakan untuk mengisi tegangan pada baterai, terdapat sirine sebagai *output* yang akan berfungsi memberikan peringatan kepada masyarakat, LM2596 yang berfungsi untuk menurunkan tegangan 12V dari baterai menjadi 5V dan yang terakhir terdapat XL6009 yang berfungsi untuk menaikkan tegangan dari panel surya menjadi 12V agar dapat mengisi baterai.

Tabel 1 Nilai Input dan Target Pembelajaran Setelah di Normalisasi

No	Angin	Suhu	Kelembaban	Target
1	0,12	0,16	0,8	0,1
2	0,02	0,25	0,78	0,1
3	0,06	0,26	0,71	0,1
4	0,11	0,18	0,67	0,1
5	0,09	0,28	0,77	0,1
6	0,08	0,16	0,68	0,1
7	0,06	0,17	0,68	0,1
8	0,14	0,3	0,84	0,2
9	0,14	0,32	0,85	0,2
10	0,15	0,33	0,83	0,2
11	0,17	0,31	0,83	0,2
12	0,15	0,31	0,82	0,2
13	0,15	0,33	0,85	0,2
14	0,14	0,31	0,81	0,2
15	0,29	0,35	0,99	0,3
16	0,29	0,34	0,96	0,3
17	0,29	0,34	0,97	0,3
18	0,29	0,39	0,9	0,3
19	0,24	0,38	0,93	0,3
20	0,24	0,4	0,95	0,3
21	0,3	0,37	0,88	0,3



Gambar 2 Arsitektur Jaringan Syaraf Tiruan

B. Metode Jaringan Syaraf Tiruan *Backpropagation*

Jaringan syaraf tiruan *backpropagation* merupakan suatu metode yang sering digunakan untuk melakukan peramalan atau prediksi [11], [12], [13]. Pada penelitian ini dibuat untuk melakukan peramalan dari setiap kondisi yaitu aman, siaga dan waspada. Parameter seperti *learning rate* yang akan digunakan pada saat pembelajaran sebesar 0,001 dan untuk *epoch* yang akan digunakan pada saat pembelajaran sebesar 1000 *epoch* dengan target *Mean Sequence Error* (MSE) < 0,0001.

(Gambar 2) merupakan arsitektur yang terdiri dari tiga lapisan (*layer*), pertama terdapat *input layer*, lapisan kedua terdapat *hidden layer* dan yang terakhir terdapat *output layer* [14], [15]. Pada penelitian ini digunakan fungsi aktivasi sigmoid bipolar pada *hidden layer* sehingga nilai pada proses pembelajaran berupa nilai dengan rentang (-1 sampai 1) [16].

C. Pembelajaran Jaringan Syaraf Tiruan

Sebelum dilakukan pembelajaran data untuk pembelajaran jaringan syaraf tiruan *backpropagation* dilakukan normalisasi terlebih dahulu dengan menggunakan (Persamaan 1). Untuk pembelajaran dilakukan dengan menggunakan beberapa algoritma seperti *Gradient Descent* dengan Momentum dan *Adaptive Learning Rate* (trainidx), *Powell-Beale Restart* (traincgb) dan *Levenberg-Marquardt* (trainlm). Evaluasi dari hasil pembelajaran dibuat menggunakan persamaan *Mean Sequence Error* (MSE) (Persamaan 2).

$$x' = \left(\frac{x - \min}{\max - \min} \right) \quad (1)$$

$$MSE = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (x_i - \hat{x}_i)^2 \quad (2)$$

Tabel 2 Hasil Pembacaan Sensor DHT22 dengan Digital Termometer Sebelum di Kalibrasi

Sensor Suhu (°C)	Digital Termometer (°C)	Error %
28,6	28,1	1,78
29,7	29,1	2,06
32,3	30,1	7,31
34,1	31,2	9,29
35,8	32,1	11,53
36	33,2	8,43
36,6	34	7,65
37,1	35,1	5,70
39	36,2	7,73
41,4	37,2	11,29
Rata-Rata Suhu		±7,28

III.HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil yang diperoleh dari penelitian ini adalah kalibrasi sensor DHT22 dengan digital termometer dan digital hygrometer, kalibrasi sensor anemometer, grafik hasil pembelajaran setiap algoritma pada Jaringan Syaraf Tiruan *Backpropagation* dan hasil pengujian alat dengan peramalan Jaringan Syaraf Tiruan *Backpropagation*.

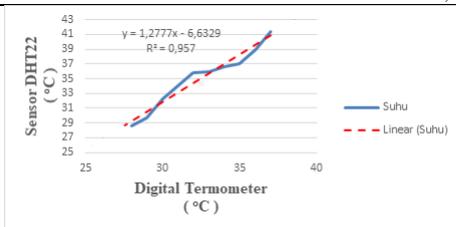
A. Kalibrasi Sensor Suhu dan Kelembaban (DHT22)

Pada pengujian sensor DHT22 dilakukan dengan membandingkan keluaran suhu dengan termometer digital dan membandingkan keluaran kelembaban dengan hygrometer digital. Untuk termometer dan hygrometer digital yang digunakan yaitu merk *taffware* tipe HTC-2. Dimana pada alat tersebut memiliki akurasi ±1 °C untuk suhu dan akurasi kelembaban sebesar ±5 %.

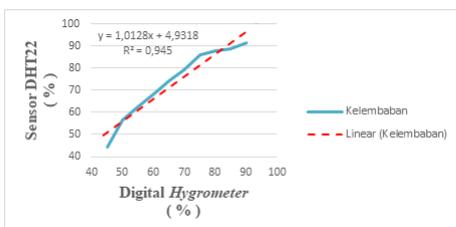
Dari (Tabel 2) dan (Tabel 3) diketahui akurasi dan error persen dari perbandingan pembacaan suhu dan kelembaban sensor DHT22 dengan digital termometer dan digital hygrometer. Pada hasil perbandingan suhu rata-rata error persen sebesar ±7,28 %. Dari hasil perbandingan kelembaban rata-rata error persen sebesar ±8,65 %. Pada (Gambar 3) yaitu grafik hasil pengujian sensor suhu dengan digital termometer, dilakukan perbandingan tingkat kelinieran sehingga dihasilkan persamaan $y=1,2777x - 6,6329$ dimana y adalah suhu hasil kalibrasi dan x adalah suhu hasil pembacaan dari sensor DHT22. Hasil pengujian suhu setelah dilakukan kalibrasi seperti pada (Tabel 4).

Tabel 3 Hasil Pembacaan Sensor DHT22 dengan Digital Hygrometer Sebelum di Kalibrasi

Sensor Kelembaban (%)	Digital Hygrometer (%)	Error %
44,1	45	2,00
56,6	51	10,98
62,4	56	11,43
68,2	60	13,67
74,1	66	12,27
79	70	12,86
85,9	76	13,03
87,7	80	9,63
88,7	85	4,35
91,3	91	0,33
Rata-Rata Kelembaban		±8,65



Gambar 3 Grafik Hasil Kalibrasi Sensor Suhu DHT22 dengan Digital Termometer



Gambar 4 Grafik Hasil Kalibrasi Sensor Kelembaban DHT22 dengan Digital Hygrometer

Pada (Gambar 4) grafik hasil pengujian sensor kelembaban dengan digital hygrometer, dilakukan perbandingan kelinieran sehingga didapatkan persamaan $y=1,0128x + 4,9318$. Hasil pengujian kelembaban setelah dikalibrasi seperti pada (Tabel 5).

Dari (Tabel 4) dan (Tabel 5) diketahui rata-rata error suhu setelah dikalibrasi sebesar ±0,38, dari nilai tersebut dapat diketahui bahwa error sudah lebih kecil dari sebelum dilakukan kalibrasi. Untuk rata-rata error kelembaban setelah dikalibrasi sebesar ±3,60 % dan sudah lebih kecil dari sebelum dilakukan kalibrasi.

B. Kalibrasi Sensor Anemometer

Pada sensor anemometer ini digunakan rotary encoder, dimana hasil pembacaannya yang berupa RPM di konversi menjadi kecepatan angin dengan satuan m/s. Untuk pengujian sensor anemometer dilakukan dengan membandingkan nilai hasil pembacaan sensor yang berupa kecepatan angin dengan anemometer digital.

Tabel 4 Hasil Pembacaan Sensor DHT22 dengan Digital Termometer Setelah di Kalibrasi

Sensor Suhu (°C)	Digital Termometer (°C)	Error %
27,9	28,2	1,06
28,8	29,2	1,37
30,3	30,2	0,33
31,1	31	0,32
32,4	32,1	0,93
33,4	33	1,21
34,4	34,1	0,88
35,7	35,2	1,42
36,2	36	0,56
37,3	37,1	0,54
Rata-Rata Suhu		±0,38

Tabel 5 Hasil Pembacaan Sensor DHT22 dengan Digital Hygrometer Setelah di Kalibrasi

Sensor Kelembaban (%)	Digital Hygrometer (%)	Error %
46,1	45	2,44
52,8	50	5,60
57,8	56	3,21
59,3	60	1,17
65,1	65	0,15
71,5	71	0,70
76,3	75	1,73
88,1	80	10,13
92,4	85	8,71
94	90	4,44
Rata-Rata Kelembaban		±3,60

Hal ini dilakukan agar hasil pembacaan sensor sesuai dengan pembacaan kecepatan angin pada umumnya. Hasil dari perbandingan pembacaan kecepatan angin pada sensor anemometer dengan sensor anemometer digital pada (Tabel 6). Berdasarkan dari (Tabel 6) dapat diketahui bahwa sensor anemometer cup memiliki Error ±1,12% dibandingkan dengan anemometer digital. Dimana hasil tersebut sudah cukup kecil, sehingga tidak ada penambahan rumus pada program arduino nantinya.

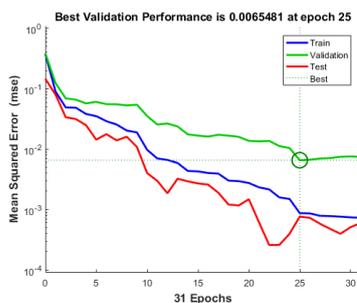
C. Pembelajaran Jaringan Syaraf Tiruan *Backpropagation*

Pada Jaringan Syaraf Tiruan ini menggunakan arsitektur pada (Gambar 2). Pembelajaran dilakukan dengan menggunakan beberapa algoritma. Untuk parameter *learning rate* yang akan digunakan pada saat pembelajaran sebesar 0,001 dan untuk *epoch* yang akan digunakan pada saat pembelajaran sebesar 1000 *epoch* dengan target *Mean Sequence Error* (MSE) < 0,0001. Setelah dilakukan normalisasi pada data input dengan menggunakan (Persamaan 1), selanjutnya akan dilakukan pembelajaran. Pada (Tabel 1) adalah nilai input dan target yang akan digunakan untuk pembelajaran.

Pembelajaran pertama digunakan algoritma *Gradient Descent* dengan Momentum dimana algoritma ini tidak hanya merespon gradien lokal saja, namun juga mempertimbangkan kecenderungan yang baru saja terjadi pada permukaan *error* [16]. Setelah dilakukan pembelajaran dengan menggunakan algoritma *Gradient Descent* dengan Momentum dengan fungsi aktivasi sigmoid bipolar pada *hidden layer* dan fungsi aktivasi linier pada *output layer* didapatkan MSE terbaik selama pembelajaran sebesar 0,0065481 pada *epoch* ke 25.

Tabel 6 Data Pembacaan Anemometer dengan Anemometer Digital

No	Anemometer Cup (m/s)	Anemometer Digital (m/s)	Error %
1.	2,8	2,7	3,70
2.	5,2	5	4,00
3.	8,2	8	2,50
4.	10,9	11	0,91
5.	13,4	13,5	0,74
6.	16	16	0,00
7.	18,6	18,5	0,54
8.	21,1	21	0,48
9.	23,7	23,5	0,85
10.	26,2	26	0,77
Rata-Rata Error			±1,12



Gambar 5 Grafik Hasil Pembelajaran dengan Algoritma Gradient Descent dengan Momentum

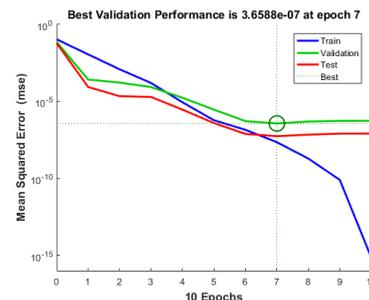
Pada (Gambar 5) adalah grafik MSE pada saat dilakukan pembelajaran dan pada (Tabel 7) adalah hasil pembelajaran dengan menggunakan algoritma *Gradient Descent* dengan Momentum. Dan untuk rata-rata *error* dengan menggunakan algoritma tersebut sebesar ±3,78 %.

Yang terakhir dilakukan pembelajaran dengan menggunakan algoritma *Levenberg-Marquardt* dimana algoritma ini dirancang menggunakan pendekatan turunan kedua [16], [17]. Pada saat pembelajaran dengan menggunakan algoritma *Levenberg-Marquardt* digunakan fungsi aktivasi sigmoid bipolar pada *hidden layer* dan fungsi aktivasi linier pada *output layer*. Untuk hasil pembelajarannya didapatkan MSE sebesar $3,6588 \times 10^{-7}$ pada *epoch* ke 7. (Gambar 6) merupakan grafik hasil dari

pembelajaran dan pada (Tabel 8) adalah hasil pembelajaran dengan menggunakan algoritma *Levenberg-Marquardt*. Untuk rata-rata *error* dari setiap kondisi sebesar ±2,61 %.

Tabel 7 Hasil Pembelajaran dengan Menggunakan Algoritma Gradient Descent dengan Momentum

Angin	Suhu	Kelembaban	Target	Hasil Pembelajaran	Error %
0,12	0,16	0,6	0,1	-0,0828	-182,80
0,02	0,25	0,78	0,1	0,0833	-16,70
0,06	0,26	0,71	0,1	0,1780	78,00
0,11	0,18	0,67	0,1	-0,0349	-134,92
0,09	0,28	0,77	0,1	0,2049	104,91
0,08	0,16	0,68	0,1	-0,0729	-172,94
0,06	0,17	0,68	0,1	-0,0436	-143,56
0,14	0,3	0,84	0,2	0,2236	11,78
0,14	0,32	0,85	0,2	0,2697	34,83
0,15	0,33	0,83	0,2	0,3204	60,18
0,17	0,31	0,83	0,2	0,2658	32,91
0,15	0,31	0,82	0,2	0,2703	35,13
0,15	0,33	0,85	0,2	0,3019	50,94
0,14	0,31	0,81	0,2	0,2758	37,91
0,29	0,35	0,99	0,3	0,2645	-11,85
0,29	0,34	0,96	0,3	0,2559	-14,70
0,29	0,34	0,97	0,3	0,2491	-16,96
0,29	0,39	0,9	0,3	0,4594	53,13
0,24	0,38	0,93	0,3	0,4027	34,25
0,24	0,4	0,95	0,3	0,4436	47,87
0,3	0,37	0,88	0,3	0,3995	33,18
Rata-rata					±3,78



Gambar 6 Grafik Hasil Pembelajaran dengan Algoritma Levenberg-Marquardt

D. Analisa Hasil Pembelajaran Jaringan Syaraf Tiruan *Backpropagation*

Hasil dari pembelajaran Jaringan Syaraf Tiruan dapat dilihat bahwa dengan menggunakan *learning rate* sebesar 0,001 dengan *epoch* 1000 dan target *Mean Sequence Error* (MSE) < 0,0001 didapatkan hasil terbaik dengan menggunakan algoritma *Levenberg-Marquardt*. Dari hasil pembelajaran dengan menggunakan algoritma tersebut diperoleh nilai MSE sebesar $3,6588 \times 10^{-7}$ pada *epoch* ke 7 dan rata-rata *error* dari setiap pembelajaran sebesar ±2,61%. Dengan demikian pada penelitian ini akan menggunakan Jaringan Syaraf Tiruan *Backpropagation* dengan algoritma *Levenberg-Marquardt*.

Tabel 8 Hasil Pembelajaran Jaringan Syaraf Tiruan dengan Menggunakan Algoritma *Levenberg-Marquardt*

Angin	Suhu	Kelembaban	Target	Hasil Pembelajaran	Error %
0,12	0,16	0,6	0,1	0,0798	20,20
0,02	0,25	0,78	0,1	0,0916	8,40
0,06	0,26	0,71	0,1	0,0869	13,10
0,11	0,18	0,67	0,1	0,1047	4,70
0,09	0,28	0,77	0,1	0,1391	39,10
0,08	0,16	0,68	0,1	0,0888	11,20

0,06	0,17	0,68	0,1	0,0760	24,00
0,14	0,3	0,84	0,2	0,2180	9,00
0,14	0,32	0,85	0,2	0,2226	11,30
0,15	0,33	0,83	0,2	0,2198	9,90
0,17	0,31	0,83	0,2	0,2345	17,25
0,15	0,31	0,82	0,2	0,2151	7,55
0,15	0,33	0,85	0,2	0,2296	14,80
0,14	0,31	0,81	0,2	0,2021	1,05
0,29	0,35	0,99	0,3	0,3158	5,27
0,29	0,34	0,96	0,3	0,3129	4,30
0,29	0,34	0,97	0,3	0,3140	4,67
0,29	0,39	0,9	0,3	0,3044	1,47
0,24	0,38	0,93	0,3	0,2985	0,50
0,24	0,4	0,95	0,3	0,3020	0,67
0,3	0,37	0,88	0,3	0,3034	1,13
Rata-rata					±2,61

23.18	26.57	91.66	Waspada
22.62	26.61	90.33	Waspada
23.18	26.57	90.42	Waspada

IV. KESIMPULAN

Dari penelitian yang telah dilakukan hasil pembacaan sensor anemometer dan sensor DHT22 setelah di kalibrasi sudah memiliki akurasi yang cukup baik dilihat dari perbandingan dengan anemometer digital, termometer digital dan *hygrometer* digital memiliki *error* persen yang cukup kecil yaitu kurang dari 5%. Pada alat digunakan jaringan syaraf tiruan dengan menggunakan algoritma *levenberg-marquardt* untuk peramalan. Dari hasil pembelajaran pada algoritma tersebut menghasilkan nilai MSE yang cukup kecil sebesar $3,6588 \times 10^{-7}$. Saat diterapkan pada alat bisa meramalkan setiap kondisi dengan akurat.

REFERENSI

- [1] E. Murlina, "Prediksi Puting Beliung di Kabupaten Maros," Skripsi : Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Hasanudin, Makassar, 2013.
- [2] N. Okstrifiani, "Prediksi Puting Beliung Di Kabupaten Toraja Utara," Skripsi : Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Hasanudin, Makassar, 2013.
- [3] J. F. Irawan and P. Siddy, "Implementasi ISDM (Integreted Sediment-Related Disaster) Studi Kasus Sungai Dinoyo Kabupaten Jember, Jawa Timur.," in *Prosiding Seminar Nasional*, Jember, 2012.
- [4] Alfatihk and E. Rocky, "Pengembangan Sensor Kecepatan Angin untuk Early Warning System Bahaya Angin Kencang di Jembatan Suramadu," *Jurnal Geografi*, Vols. XVII, No. 1, 2019.
- [5] K. Aziz, "Perancangan Sistem Pendukung Cuaca Sebagai Informasi Bagi Nelayan (Studi Kasus Nelayan Pantai Puger)," Digital Repository Universitas Jember, Jember, 2017.
- [6] D. S. Marselina and E. Widodo, "Analisis Statistika Terhadap Penyebab Angin Kencang dan Puting Beliung di Daerah Istimewa Yogyakarta Tahun 2011-2014," *Jurnal Dialog Penanggulangan Bencana*, Vols. 6, Nomor 2, 2015.
- [7] G. A. Rahardi, M. Rivai and D. Purwanto, "Implementation of Hot-Wire Anemometer on Olfactory Mobile Robot to Localize Gas Source," *International Conference on Information and Communications Technology (ICOIACT)*, 2018.
- [8] P. Caire, G. Hatabian and C. Muller, "Progress in Forecasting by Neural Networks," in *[Proceedings 1992] IJCNN International Joint Conference on Neural Networks*, Baltimore, MD, USA, 1992.
- [9] I. Fibriani and et.al, "Design of a High Sea Wave Sensor System in Puger Beach," *JEMMME (Jurnal of Energy, Mechanical, Material, and Manufacturing Engineering)*, vol. 5 No.2, 2020.
- [10] T. Ali and et.al, "Design & Implementation of a Linier IC Based Low Cost Anemometer for Wind Speed Measurement," in *International Conference on Informatics, Electronics & Vision (ICIEV)*, Dhaka, Bangladesh, 2012.
- [11] A. Jumarwanto, R. Hartanto and D. Prastiyanto, "Aplikasi Jaringan Syaraf Tiruan Backpropagation untuk Memprediksi Penyakit THT di Rumah Sakit Mardi Rahayu Kudus," *Jurnal Teknik Elektro*, Vols. 1, No.1, 2009.
- [12] Haviluddin, Z. Arifin, A. H. Kridalaksana and D. Cahyadi, "Prediksi Kedatangan Turis Asing ke Indonesia Menggunakan Backpropagation Neural Network," *Jurnal Teknologi dan Sistem Komputer*, Vols. 4, No 4, 2016.
- [13] M.F.Andrijasa and Mistianingsih, "Penerapan Jaringan Syaraf Tiruan Untuk Mempresiksi Jumlah Pengangguran di Provinsi Kalimantan Timur dengan Menggunakan Algoritma Pembelajaran Backpropagation," *Jurnal Informatika Mulawarman*, Vols. 5, No.2, 2010.
- [14] I. A. Tarigan, I. P. A. Bayupati and G. A. A. Putri, "Komparasi Model Support Vector Mechine dan Backpropagation dalam Peramalan

Tabel 9 Perbandingan Hasil Pembelajaran Jaringan Syaraf Tiruan Backpropagation

Percobaan Ke-	Algoritma	Fungsi Aktivasi Layer		MSE
		Input	Output	
1	traingdx	tansig	purelin	0,0065481
2	trainlm	tansig	purelin	$3,6588 \times 10^{-7}$

E. Pengujian Alat

Setelah dilakukan kalibrasi pada sensor anemometer, sensor DHT22 dan pembelajaran dari Jaringan Syaraf Tiruan *Backpropagation*, selanjutnya dilakukan pengujian alat untuk menganalisa performa dan tingkat keberhasilan dari alat yang sudah dirancang. Pengujian dilakukan skala lab dengan memberikan sumber angin buatan dari kipas angin. Untuk menambah kecepatan angin yang dihasilkan pada percobaan kondisi selanjutnya diberikan sumber angin tambahan dari kompresor. Pada penambahan suhu dan kelembaban digunakan pemanas untuk menaikkan suhu dan digunakan air untuk menaikkan kelembaban pada sensor.

Hasil pembacaan dari setiap sensor akan di rata-rata, setelah itu data tersebut akan di normalisasi dan di proses pada arduino MEGA menggunakan metode JST-BP dengan nilai bobot dan bias yang sudah didapatkan dari hasil pembelajaran. LCD akan menampilkan hasil pembacaan dari setiap sensor dan menampilkan kondisi terkini dari nilai sensor yang sudah di proses dengan Jaringan Syaraf Tiruan. Sirine akan berbunyi ketika kondisi siaga dan waspada, untuk memberikan peringatan dini kepada masyarakat. Untuk data dari hasil pengujian dapat dilihat pada (Tabel 10).

Tabel 10 Data Pengujian Alat *Early Warning System* (EWS) Angin Puting Beliung

Kecepatan Angin (m/s)	Suhu (°C)	Kelembapan (%)	Kondisi
3.39	25.99	89.83	Aman
3.96	25.99	90.03	Aman
4.52	28.93	80.65	Aman
4.52	28.77	80.90	Aman
6.50	38.58	69.10	Aman
15.83	25.99	90.08	Siaga
15.83	25.99	89.93	Siaga
17.53	26.81	89.09	Siaga
18.66	25.99	89.78	Siaga
19.23	25.99	89.73	Siaga
20.92	26.30	93.98	Waspada
23.75	26.46	91.61	Waspada

Jumlah Wisata Mancanegara di Provinsi Bali," *Jurnal Teknologi dan Sistem Komputer*, Vols. 9, No 2, 2021.

- [15] M. N. D. Sawitri, I. W. Sumarjaya and N. K. T. Tastrawati, "Peramalan Menggunakan Metode Backpropagation Neural Network," *E-Jurnal Matematika*, Vols. 7, No.3, 2018.
- [16] S. Kusumadewi, *Membangun Jaringan Syaraf Tiruan Menggunakan MATLAB & EXCEL LINK*, Yogyakarta: Graha Ilmu, 2004.
- [17] R. N. Hidayat, R. R. Ismanto and O. D. Nurhayati, "Implementasi Jaringan Syaraf Tiruan Perambatan Balik untuk Memprediksi Harga Logam Mulia Emas Menggunakan Algoritma Levenberg Marquardt," *Jurnal Teknologi dan Sistem Komputer*, Vols. 1, No 2, 2013.