

Model Jaringan Syaraf Tiruan untuk Variabel Tidak Pasti pada Kontrol Putaran Kincir Angin

A Neural Network Model for Windmill Spin Control

Zulfian Azmi¹, Ishak²
STMIK Triguna Dharma, Indonesia

Informasi Artikel

Genesis Artikel:

Diterima, 5 Juni 2021
Direvisi, 21 Oktober 2021
Disetujui, 15 November 2021

Kata Kunci:

Kontrol
Kincir Angin
JST
Variabel Tidak Pasti
Tekanan Udara

Keywords:

Control
Windmill
ANN
Variable Uncertain
Air pressure

ABSTRAK

Permasalahan bagi masyarakat dunia pada saat ini adalah akibat dari dampak emisi gas berbahaya dari sumber bahan bakar fosil. Serta Penggunaan minyak bumi, batu bara dan sumber energi fosil lainnya, semakin lama akan semakin berkurang karena sumber daya alam yang tidak dapat diperbarui karena proses pembentukan sisa tanaman dan hewan menjadi fosil hingga bisa menjadi minyak, Bumi membutuhkan waktu yang sangat lama, dan terus digunakan dan dikhawatirkan akan habis. Selain itu pemanfaatan sumber energi angin memberikan keuntungan dalam hal ramah lingkungan, dan dapat menjadi sumber energi yang bisa diandalkan, dan pada kincir angin di dalam penggunaannya dibutuhkan kontrol agar penggunaannya dapat efisien. Untuk kontrol putaran kincir angin ini diimplementasikan pada model Jaringan Saraf Tiruan untuk Variabel Tidak Pasti yang diharapkan dapat memberikan solusi dalam menyelesaikan permasalahan terkait kincir angin. Model Jaringan Saraf Tiruan untuk Variabel Tidak Pasti ini menggunakan teknik probabilitas, derajat keanggotaan, fungsi logika OR, linear programming dan jarak euclidean untuk mengurangi proses pembelajaran. Pada penelitian kontrol kincir angin ini menggunakan variabel tekanan udara, tekanan penyinaran matahari dan suhu untuk menentukan apakah kincir angin bergerak atau tidak. Akhirnya penelitian ini, diharapkan kedepan dapat menghasilkan sistem kontrol putaran kincir angin cerdas. dan dengan model Jaringan Saraf Tiruan untuk Variabel Tidak Pasti ini dapat digunakan untuk memprediksi terkait kontrol putaran kincir angin dengan data input yang berbeda.

ABSTRACT

The problem of the world community, this day that the impact of harmful gas emissions from fossil fuel sources. As well as the use of petroleum, new rock and other fossil energy sources, the longer it will decrease due to non-renewable natural resources because the process of forming plant and animal remains into fossils so that they can become petroleum takes a very long time, and continues to be used and worried about running out. In addition, the use of wind energy sources provides advantages in terms of being environmentally friendly, and can be a reliable energy source. And the windmill in its use requires control so that its use can be efficient. At the control of windmill rotation, it is implemented in the Artificial Neural Network model for Uncertain Variables that it is expected to provide a solution in solving problems related to windmills. And this Artificial Neural Network model for Uncertain Variables uses probability techniques, membership degrees, logical OR functions, linear programming and euclidean distance to reduce the learning process. In this windmill control research, air pressure, solar radiation pressure and temperature variables are used to determine whether the windmill is moving or not. Finally, this research is expected to produce an intelligent windmill rotation control system in the future. And with the Artificial Neural Network model for Uncertain Variables, it can be used to predict the windmill rotation control with different input data.

This is an open access article under the [CC BY-SA](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/) license.



Penulis Korespondensi:

Zulfian Azmi,
Program Studi Sistem Informasi,
STMIK Triguba Dharma,
Email: DharmAzmi@gmail.Com

1. PENDAHULUAN

Permasalahan penting bagi masyarakat dunia pada saat ini adalah meningkatkan pemafaatan sumber energi terbarukan. Akibat dari dampak emisi gas berbahaya dari sumber bahan bakar fosil, seperti minyak bumi dan batu bara menjadikan peningkatan penggunaan sumber energi terbarukan menjadi sangat penting saat ini. [1]. Penggunaan minyak bumi, batu bara dan sumber energi fosil lainnya, semakin lama akan semakin berkurang karena Minyak Bumi termasuk dalam sumber daya alam yang tidak dapat diperbarui karena proses pembentukan sisa tanaman dan hewan menjadi fosil hingga bisa menjadi minyak Bumi membutuhkan waktu yang sangat lama, dan terus digunakan dan dikhawatirkan akan habis. Apalagi pengambilan secara besar-besaran atau secara berlebihan untuk mengambil keuntungan dari sumber daya alam ini. Sehingga tidak ada cara lain, selain mencari dan mengmabangkan sumber daya alam lain yang dapat digunakan secara bebas dan tidak terbatas. Dari beberapa sumber daya alam yang yang dapat digunakan, salah satunya adalah energi tenaga angin. Energi tenaga angin merupakan sumber daya alam yang dapat menjadi alternatif yang dapat diandalkan, selain tidak memberikan polusi yang merusak lingkungan dan dapat digunakan secara bebas baik permintaan secara mendunia untuk energi terbarukan. Menurut peta jalan energi Eropa 2050 [2], pada tahun 2050 diperkirakan ruang dari energi terbarukan di semua keadaan setidaknya 55% di final bruto konsumsi energi, naik 45 point persentase dari tingkat saat ini sekitar 10%. Sehingga untuk menghasilkan tenaga listrik, tenaga angin cukup dapat diandalkan, menjadi sumber energi. dan di indonesia, permasalahan terkait sumber energi terbarukan menjadi suatu perhatian akibat peningkatan kebutuhan energi listrik yang terus meningkat secara bertingkat jika dilihat dari jumlah serta kualitas yang dari harapan penyaluran dari energi listrik tersebut. untuk mencukupi kebutuhan nasional terkait energi listrik, seiring dengan pertumbuhan peningkatan ekonomi. Sehingga jika kebutuhan energi listrik tidak tercukupi akan menjadi kendala, karena pertumbuhan ekonomi yang terus tumbuh membawa konsekuensi meningkatnya kebutuhan energi listrik. Untuk hal tersebut dibuthkan sumber alternatif yang mampu memenuhi kebutuhan listrik, salah satunya yang tersedia di alam yaitu tenaga angin. Tenaga angin merupakan energi yang dapat dimanfaatkan karena tidak ada habisnya dan memberikan kontribusi terhadap kebutuhan listrik di Indonesia.

Banyak parameter yang menenentukan terkait pergerakan angin selain penyinaran matahari, tekanan udara, suhu dan sebaiknya yang adalah di alam. Menurut Buy Bollots seorang ilmuwan yang ahli dibidang meteorologi, angin yang mengalir satu area di alam, memiliki tekanan yang besar menuju kearea yang tekanannya kecil. Angin bergerak di daerah di seluruh alam. Sehingga daerah tersebut memiliki kemampuan memberikan daya pergerakan udara. Hal yang menentukan mengalirnya angin adalah perbedaan selisih di alam. Juga akibat sinar matahari yang menyinari bumi yang tidak merata sehingga dengan perbedaan tersebut menimbulkan pergerakan angin. Selain itu juga perbedaan area bentuk permukaan bumi, mempengaruhi pergerakan angin. Seperti daerah tepi gurun atau juga daerah pesisir dan beberapa area lainnya yang mempunyai kecepatan udara yang banyak. Di daerah puncak atau pada celah pegunungan juga dapat memperbesar pergerakan udara. Kemudian Perbedaan tekanan udara pada belahan Bumi Utara (BBU) dan Belahan Bumi Selatan (BBS), mengakibatkan fenomena pergerakan matahari setiap 3 bulan yang mangakibatkan perpindahan area permukaan bumi. Keandalan angin dapat dimanfaatkan untuk pembangkit energi angin dengan kecepatan minimum 4,36 m/s. Dan yang pada tertentu pada negara Indonesia, jumlah generator elektrik bersumber dari kekuatan udara yang bergerakpada bobot kelajuan udara yang bergerak rerata 2,5 m/s untuk kegiatan pertanian atau kegiatan manusia yang berhubungan dengan pengelolaan dan pemanfaatan sumberdaya hayati perairan. Misal untuk kebutuhan pengairan tambak serta lainnya, di negara Indonesia. dan pada dasarnya angin terjadi karena ada perbedaan suhu antara udara panas dan udara dingin. Di daerah katulistiwa, udaranya menjadi panas mengembang dan menjadi ringan, naik ke atas dan bergerak ke daerah yang lebih dingin. Sebaliknya daerah kutub yang dingin, udara menjadi dingin dan turun ke bawah. Dengan demikian terjadi perputaran udara berupa perpindahan udara dari kutub utara ke garis katulistiwa menyusuri permukaan bumi dan sebaliknya suatu perpindahan udara dari garis katulistiwa kembali ke kutub utara, melalui lapisan udara yang lebih tinggi. Potensi energi angin di Indonesia cukup memadai, karena kecepatan angin rata-rata berkisar 3,5 - 7 m/s. [3]. Walaupun dampak visual terhadap lanskap dan polusi suara dan hambatan dalam perkembangan produksi angin butuh perhatian. Selain itu proses das angin yang diizin dan panjang pembangkit tenaga listrik, biaya modal yang tinggi dari investasi dan ketidak stabilan jaringan karena sifat angin yang terputus-putus, juga merupakan hambatan signifikan dalam perkembangan angin produksi energi Tetapi energi angin telah menjadi faktor penting untuk mendorong pembangunan berkelanjutan dengan peningkatan ladang angin di seluruh dunia menyebar dengan cepat. [3]. Dan kapasitas ladang terbesar di dunia yang berada di daratan mencapai ini mencapai 5160 MW dan akan mencapai 20000 MW pada tahun 2020 yaitu Gansu Wind Farm. Begitu juga ladang lepas pantai yang terbesar di dunia dengan kapasitas 630 MW yang ada sejak bulan April 2013 [2].

Eksperimen kincir angin sudut kembar dalam sejarahnya dilakukan di Amerika Serikat tahun 1940, ukurannya sangat besar yang disebut mesin Smith-Putman, karena di disain oleh Palmer Putman, kapasitasnya 1,25 MW yang dibuat oleh Morgen Smith Company dari York Pennsylvania. Dan pertama sekali kincir angin digunakan untuk membangkitkan listrik dibangun oleh P. La Cour dari Denmark diakhir abad ke-19. Setelah perang dunia I, layar dengan penampang melintang menyerupai sudut propeler pesawat sekarang disebut kincir angin *type propeler* atau turbin [4]. Pada mulanya Turbin angin dikerjakan untuk memenuhi kebutuhan petani dalam melakukan penggilingan padi, keperluan irigasi, dan sebagainya. Turbin angin awalnya banyak dibangun di Denmark, Belanda, dan negara-negara Eropa lainnya. Tetapi saat ini turbin angin lebih banyak digunakan untuk memenuhi kebutuhan listrik masyarakat, dengan menggunakan prinsip konversi energi dan menggunakan sumber daya alam yang dapat diperbaharui yaitu angin. Meskipun sampai saat ini pembangunan turbin angin masih belum dapat mengimbangi produksi pembangkit listrik konvensional seperti PLTD, PLTU dan lain-lain. tetapi hal ini sangat penting untuk diketahui secara detail mengenai energi angin dan pembangkit listrik tenaga angin ini.

Terkait kekuatan angin, menurut Stevenson, yang dirumuskan dalam hukum Stevenson kekuatan angin yang bertiup berbanding lurus dengan gradien barometernya. Semakin besar gradien barometernya, semakin kuat angin yang bertiup. Dan Gradien barometer merupakan perbedaan tekanan udara antara dua isobar pada tiap jarak lurus 15 meridian atau 111 km Kecepatan angin

bertiup di pengaruhi oleh beberapa faktor, diantaranya adalah gradien barometris (perbedaan tekanan udara antara dua isobar pada tiap jarak lurus 15 meridian atau 111 km) [5]. Dan beberapa penelitian yang dilakukan di dalam dan luar negeri terkait membuat turbin angin dengan diameter 2 cm dan diameter luar 3,2 cm dan Turbin angin merupakan alat yang digunakan untuk mengkonversi energi kinetik yang tersimpan dalam angin menjadi energi listrik. Sementara kincir angin adalah peralatan yang digunakan untuk mengkonversi energi angin menjadi daya mekanik. Perkembangan turbin angin mengalami kemajuan yang cukup signifikan semenjak akhir 1960an [6].

Di saat ini di era 4,0, mesin terintegrasi dengan internet atau *Internet of Things*, banyak pengetahuan dibutuhkan dalam era diantaranya pengetahuan kecerdasan buatan. Kontribusi Pemanfaatan pengetahuan kecerdasan buatan menjadi hal yang penting yang kinerjanya mengambil dari pengetahuan dan pengalaman dari seorang pakar dan menyimpan pengetahuannya didalam komputer yang mampu medaiagnosa, memprediksi dan memecahkan ketidakpastian [7]. Diantara beberapa pengetahuan Kecerdasan buatan yaitu pengetahuan Jaringan Saraf Tiruan yang mampu mengolah pengolahan informasi dengan proses pelatihan dan pengujian, dan dengan proses pembelajaran sistem akan cerdas dan selalu mendapat hal-hal baru yang dapat digunakan untuk membantu pengambilan keputusan [8]. Jika dilihat dari konsepnya dari jaringan saraf biologi manusia dimana terjadi komunikasi antara neuron. Informasi terjadi antara neuron atau ditransmisikan antara neuron. Neuron mempunyai bobot yang akan dapat menambahkan dan untuk menentukan *input* setiap neuron dengan memakai fungsi aktivasi untuk dikenakan pada jumlah *input* yang diterima kemudian dibandingkan dengan ambang batas. Sehingga Jaringan Syaraf Tiruan memiliki kemampuan belajar dan melakukan pemrosesan untuk menjadi suatu model dalam pemecahan masalah yang efisien [9]. Untuk implementasi Jaringan Syaraf Tiruan dapat dapat digunakan dalam beberapa bidang dan beberapa aplikasi seperti pengenalan bentuk pola, tulisan tangan, pengenalan wajah, cuaca, *robotika*, prediksi, *autopilot*, memprediksi cuaca untuk radiasi matahari dan angin [10]. Walaupun beberapa penerapan model Jaringan Saraf Tiruan belum memberikan hasil yang optimal pada pembelajaran seperti dengan nilai input yang tidak biner, tidak pasti dan banyak. *Input* variabel tidak hanya 1 dan 0 tetapi memungkinkan antara 0 dan 1. dan *input* dan *output* linguistik dan model *non*-linier [11]. Untuk mengatasi hal-hal yang belum optimal seperti model Ketidakpastian diantaranya dapat menggunakan *Fuzzy Logic* yang merupakan dasar yang menyediakan kemampuan tinggi dari perhitungan akhir dengan terkait sumber daya dan memastikan pengiriman sumber daya komputasi seperti yang diharapkan. Dan performa atau penampilan dapat diukur dari berbagai parameter yang harus dipertimbangkan secara bersamaan dalam proses penjadwalan, dan ekspresi aritmatika memungkinkan pemetaan *input* yang ditetapkan ke *output* [12].

Pada penelitian ini menjelaskan terakait metode penelitian yang berisi data penelitian, variabel penelitian, algoritma model Jaringan Saraf Tiruan untuk Variabel Tidak Pasti. Dan hasil analisis pembahasan yang berisi data, fungsi keanggotaan, data konversi, teknik probabilitas, menentukan bobot dan target, seleksi data dengan jarak Euclidean, pelatihan data hasil seleksi, pengujian data. Selanjutnya kesimpulan yang didalamnya terdapat saran untuk penelitian selanjutnya.

2. METODE PENELITIAN

2.1. Data Penelitian

Data yang diambil untuk di analisa yaitu data rata-rata tekanan udara kecepatan angin, penyinaran matahari dan suhu menurut bulan di kota Medan 2015, seperti yang terlihat pada Tabel 1. Data yang ditampilkan mulai bulan Januari sampai dengan bulan Desember. Data tersebut terkait dengan perubahan data akibat perubahan variabel tekanan udara, penyinaran air, suhu dan kecepatan angin. Dan data yang bervariasi dari masing-masing variabel tersebut mempengaruhi besarnya kecepatan angin (knot) sebagai target untuk pelatihan data pada implementasi dari model Jaringan Saraf Tiruan untuk Variabel Tidak Pasti pada kontrol putaran kincir angin, untuk menghasilkan bobot yang maksimum dan selanjutnya dilakukan pengujian.

Tabel 1. Data rata rata tekanan udara kecepatan angin, penyinaran matahari dan suhu

Bulan	Tekanan udara (milibar/mb)	Penyinaran matahari (%)	Suhu (O Celcius)	Target Kecepatan angin (knot)
Januari	1010,9	39	22	2,6
Pebruari	1010,9	51	23	2,6
Maret	1010,6	51	27	2,6
April	1010,8	32	28	2,5
Mei	1010,5	37	28	2,2
Juni	1010,5	47	28	2,4
Juli	1010,5	37	28	2,2
Agustus	1010,4	42	22	2,5
September	1010,6	34	23	2,4
Oktober	1010,3	39	23	1,9
Nopember	1010,1	37	23	2,0
Desember	1010,3	41	23	2,2

2.2. Variabel Penelitian

Variabel penelitian merupakan suatu simbol, ciri ataupun kadar dari entitas atau aktivitas yang memiliki ragam khusus yang di gunakan dalam penelitian ini untuk dianalisa dan diambil suatu kesimpulannya [13]. Dan variabel dalam penelitian ini terdiri dari variabel bebas dan 1 variabel terikat. Variabel terikat yaitu kecepatan udara. Variabel bebasnya adalah tekanan udara penyinaran air

dan suhu. Data Kecepatan angin dan arah angin daerah Belawan dan sekitarnya tahun 2012, sesuai tabel di atas.

2.3. Algoritma

Dalam analisa terkait kontrol kincir angin dalam penelitian ini menggunakan model Jaringan Saraf Tiruan untuk Variabel Tidak Pasti dengan algoritma [14, 15] sebagai berikut, Membentuk matriks input, Membentuk derajat keanggotaan, Seleksi dengan logika OR (nilai *Max*) dari setiap kriteria, Membentuk *input* dengan menyatakan sebagai vektor baris, Membentuk bobot preferensi Variabel berdasarkan *output* dengan teknik Probabilitas, Menentukan nilai Minimum *Output* dengan teknik Programan Linier, Menyeleksi beberapa variabel berdasarkan keterkaitan antar variabel dan output, Menyeleksi data *input* dengan menghitung jarak *euclidean* antara masing-masing vektor baris untuk mewakili *input*, Melakukan pelatihan, Melakukan pengujian.

3. HASIL DAN ANALISIS

3.1. Data

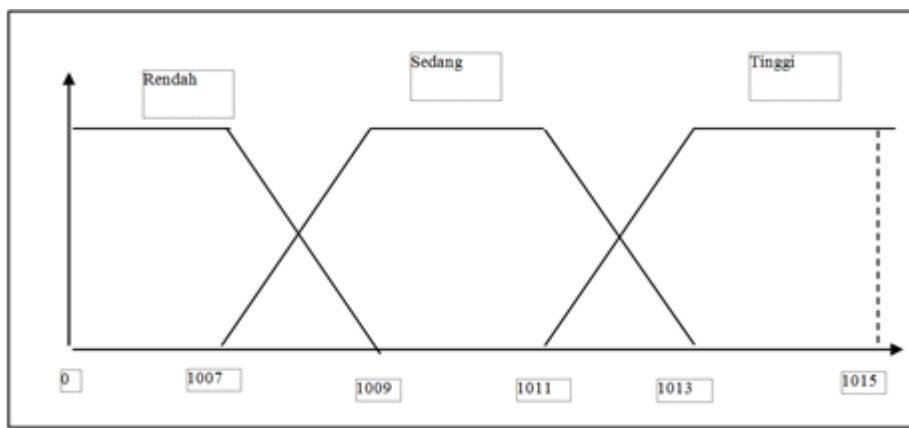
Untuk negara Indonesia tenaga generator elektrik bersumber dari potensi angin dengan bobot kecepatan udara dengan rata-rata kurang lebih 2,5 m/s dan sama dengan 9 km/jam atau 5.0 knot/jam sesuai bagi alat yang menyebabkan energi dengan proporsi rendah spesial pada area pantai, gunung-gunung dan area bebas. Keandalan angin yang dapat digunakan untuk pembangkit energi angin yaitu potensi angin dengan kecepatan minimum 4,16 m/s. Dari penjelasan di atas dapat di analisa gambaran keandalan kincir angin berputar atau tidak. Tahap pertama dari analisa penelitian ini yaitu membentuk matriks *input* untuk data rata-rata tekanan udara, penyinaran matahari dan suhu seperti pada Tabel 2.

Tabel 2. Matriks input untuk data rata-rata tekanan udara dan penyinaran matahari

1010,9	39	22	2,6 (potensi kincir angin berputar)
1010,9	51	23	2,6 (potensi kincir angin berputar)
1010,6	51	27	2,6 (potensi kincir angin berputar)
1010,8	32	28	2,5 (potensi kincir angin berputar)
1010,5	37	28	2,2 (potensi kincir angin tidak berputar)
1010,5	47	28	2,4 (potensi kincir angin tidak berputar)
1010,5	37	28	2,2 (potensi kincir angin tidak berputar)
1010,4	42	22	2,5 (potensi kincir angin berputar)
1010,6	34	23	2,4 (potensi kincir angin tidak berputar)
1010,3	39	23	1,9 (potensi kincir angin tidak berputar)
1010,1	37	23	2,0 (potensi kincir angin tidak berputar)
1010,3	41	23	2,2 (potensi kincir angin tidak berputar)

3.2. Fungsi Keanggotaan

Untuk menunjukkan pemetaan titik-titik *input* data kedalam nilai keanggotaannya atau derajat keanggotaan yang memiliki interval antara 0 sampai 1 dibutuhkan suatu fungsi keanggotaan yang direpresentasikan dalam sebuah kurva. Dan pada penelitian ini, masing-masing data ditunjukkan dengan fungsi keanggotaannya baik variabel rata-rata tekanan udara penyinaran matahari, suhu dan sesuai dengan target yaitu kecepatan angin yang direpresentasikan pada suatu kurva Trapesium. Untuk variabel terkenan udara (milibar/mb), penyinaran matahari (%) dan suhu (derajat) direpresentasikan dengan fungsi keanggotaannya pada Gambar 1.



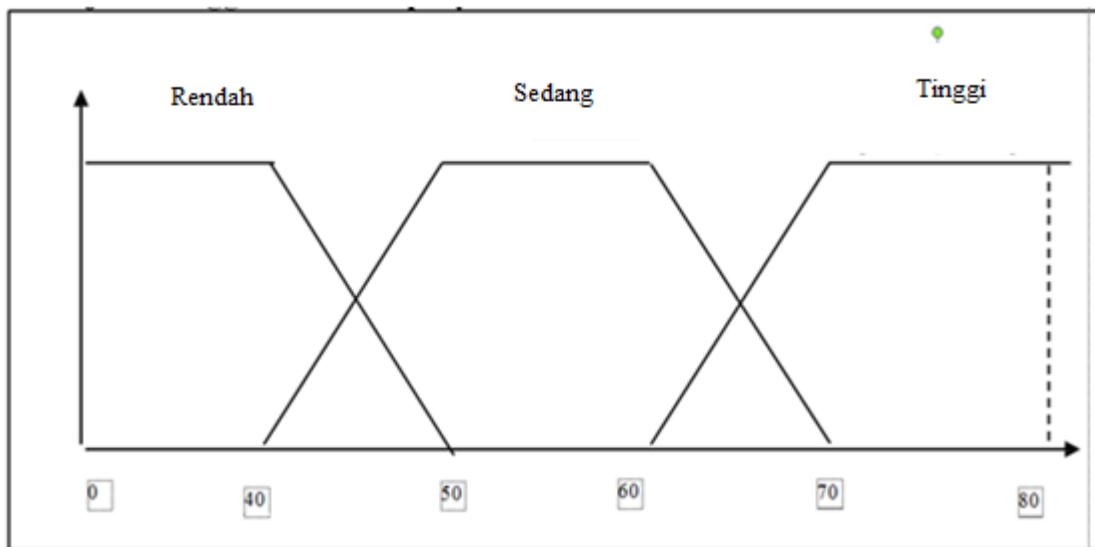
Gambar 1. Derajat Keanggotaan dari tekanan udara (millibar/ mb)

Nilai dari derajat keanggotaan dari tekanan udara [16].

$$\mu_{\text{rendah}} [x] = \begin{cases} 0; & x \geq 1009 \\ \frac{1009-x}{1009-1007}; & 1007 \leq x \leq 1009 \\ 1; & x \leq 1007 \end{cases} ; \mu_{\text{sedang}} [x] = \begin{cases} 0; & x \leq 1007 \text{ atau } x \geq 1013 \\ \frac{x-1007}{1009-1007}; & 1007 \leq x \leq 1009 \\ 1; & 1019 \leq x \leq 1011 \\ \frac{1013-x}{1013-1011}; & 1011 \leq x \leq 1013 \end{cases} ;$$

$$\mu_{\text{tinggi}} [x] = \begin{cases} 0; & x \leq 1011 \\ \frac{x-1011}{1013-1011}; & 1011 \leq x \leq 1013 \\ 1; & x \geq 1013 \end{cases}$$

Fungsi Keanggotaan dari penyinaran matahari. Penyinaran matahari (%) dalam fungsi keanggotaan ditampilkan pada sebuah kurva yang menunjukkan pemetaan titik-titik input data penyinaran matahari kedalam derajat keanggotaan yang memiliki interval antara 0 sampai 1. Dan data penyinaran matahari ini direpresentasikan dengan sebuah kurva Trapesium. Untuk variabel penyinaran matahari (%) dengan kriteria Rendah, Sedang dan Tinggi yang memiliki interval 0 dan 1 ditampilkan dengan fungsi keanggotaannya seperti pada Gambar 2, berikut.

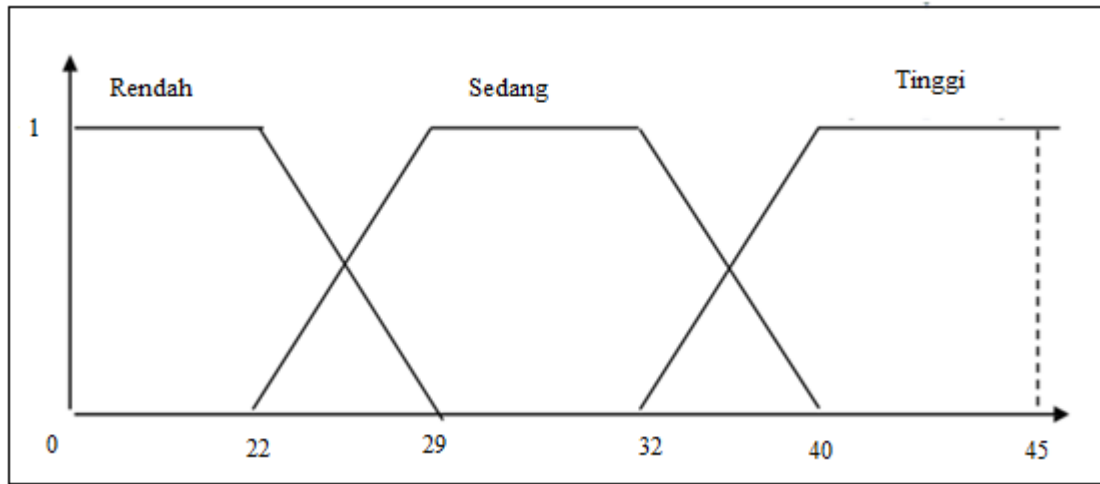


Gambar 2. Derajat Keanggotaan dari penyinaran matahari (%)

Nilai dari derajat keanggotaan dari penyinaran matahari

$$\mu_{\text{rendah}} [x] = \begin{cases} 0; & x \geq 50 \\ \frac{50-x}{50-40}; & 40 \leq x \leq 50 \\ 1; & x \leq 40 \end{cases} ; \mu_{\text{sedang}} [x] = \begin{cases} 0; & x \leq 40 \text{ atau } x \geq 70 \\ \frac{x-40}{50-40}; & 40 \leq x \leq 50 \\ 1; & 50 \leq x \leq 60 \\ \frac{70-x}{70-60}; & 60 \leq x \leq 70 \end{cases} ; \mu_{\text{tinggi}} [x] = \begin{cases} 0; & x \leq 60 \\ \frac{x-60}{70-60}; & 60 \leq x \leq 70 \\ 1; & x \geq 70 \end{cases}$$

Fungsi Keanggotaan dari Suhu, Suhu (derajat Celcius) dalam fungsi keanggotaan ditampilkan pada sebuah kurva yang menunjukkan pemetaan titik-titik input data penyinaran matahari kedalam derajat keanggotaan yang memiliki interval antara 0 sampai 1. Dan data penyinaran matahari ini direpresentasikan dengan sebuah kurva Trapesium. Untuk variabel suhu (%) dengan kriteria Dingin, Sedang dan Panas yang memiliki interval 0 dan 1 ditampilkan dengan fungsi keanggotaannya seperti pada Gambar 3, berikut.



Gambar 3. Derajat Keanggotaan dari suhu (Derajat Celcius)

Nilai dari derajat keanggotaan dari suhu [17] :

$$\mu \text{ dingin } [x] = \begin{cases} 0; & x \geq 29 \\ \frac{29-x}{29-22}; & 22 \leq x \leq 29 \\ 1; & x \leq 22 \end{cases} ; \mu \text{ sedang } [x] = \begin{cases} 0; & x \leq 22 \text{ atau } x \geq 40 \\ \frac{x-22}{29-22}; & 22 \leq x \leq 29 \\ 1; & 29 \leq x \leq 32 \\ \frac{40-x}{40-32}; & 32 \leq x \leq 40 \end{cases} ; \mu \text{ panas } [x] = \begin{cases} 0; & x \leq 32 \\ \frac{x-32}{40-32}; & 32 \leq x \leq 40 \\ 1; & x \geq 40 \end{cases}$$

3.3. Data Konversi

Fungsi keanggotaan masing-masing data dari Tekanan Udara dan Penyinaran Matahari dengan menggunakan kriteria Rendah, Sedang dan Tinggi di konversikan dengan nilai-nilainya yang memiliki interval antara 0 sampai 1. Data hasil konversi dari Tekanan Udara (milibar/mb) dan Penyinaran Matahari sesuai dengan Tabel 3.

Tabel 3. Data Hasil Konversi

No.	Tekanan Udara (milibar/mb)			Penyinaran Matahari (%)			Suhu (Derajat Celcius)		
	Rendah	Sedang	Tinggi	Rendah	Sedang	Tinggi	Dingin	Sedang	Panas
1	0	0	1	1	0	0	1	0	0
2	0	0	1	0	1	0	0,86	0,14	0
3	0	0	1	0	1	0	0,29	0,71	0
4	0	0	1	1	0	0	0,14	0,86	0
5	0	0	1	1	0	0	0,14	0,86	0
6	0	0	1	0,7	0,3	0	0,14	0,86	0
7	0	0	1	1	0	0	0,14	0,86	0
8	0	0	1	0,8	0,2	0	1	0	0
9	0	0	1	1	0	0	0,86	0,14	0
10	0	0	1	1	0	0	0,86	0,14	0
11	0	0	1	1	0	0	0,86	0,14	0
12	0	0	1	0,9	0,1	0	0,86	0,14	0

Selanjutnya data hasil konversi dari variabel Tekanan udara dan Penyinaran matahari pada Tabel 3, dianalisa dengan langkah berikutnya yaitu dengan melakukan seleksi menggunakan fungsi logika OR (nilai Max) pada kriteria, Rendah, Sedang dan Tinggi. Dan data hasil seleksi variabel Tekanan Udara, Penyinaran matahari dan Suhu yang menggunakan fungsi logika OR tersebut dapat terlihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Data hasil seleksi dengan logika OR

No.	Tekanan udara (x1) (milibar/mb)	Penyinaran matahari (x2) (%)	Suhu (x3) (Derajat Celcius)
1	1	1	1
2	1	1	0,86
3	1	1	0,71
4	1	1	0,86
5	1	1	0,86
6	1	0,7	0,86
7	1	1	0,86
8	1	0,8	1
9	1	1	0,86
10	1	1	0,86
11	1	1	0,86
12	1	0,9	0,86

3.4. Teknik Probabilitas

Membentuk bobot preferensi Variabel berdasarkan *output* dengan teknik Probabilitas. Dimana, beberapa penjelasan sebagai berikut: P (Kec.KA—TU) = probabilitas hipotesa kecepatan kincir angin terjadi jika *evidence* tekanan udara terjadi. P (TU—Kec.KA) = probabilitas munculnya *evidence* tekanan udara, jika hipotesa kecepatan kincir angin terjadi. P (Kec.KA —PM) = probabilitas hipotesa kecepatan kincir angin terjadi jika *evidence* penyinaran matahari terjadi. P (PM —Kec. KA) = probabilitas munculnya *evidence* penyinaran matahari, jika hipotesa kecepatan kincir angin terjadi. P (SU —Kec. KA) = probabilitas munculnya *evidence* suhu udara, jika hipotesa kecepatan kincir angin terjadi. (Kec.KA —SU) = probabilitas hipotesa kecepatan kincir angin terjadi jika *evidence* suhu udara terjadi. P (Kec.KA) = probabilitas hipotesis kecepatan kincir angin tanpa memandang *evidence* apapun. P(TU) = probabilitas *evidence* tekanan udara tanpa memandang apapun. P(PM)= probabilitas *evidence* penyinaran matahari tanpa memandang apapun. P(SU) = probabilitas *evidence* Suhu udara tanpa memandang apapun. P (TU—Kec, KA) =0,5, P (Kec. KA) =0,125, P(TU)= 0,125, P(Kec.KATU) = (0,5.0,125)/0,125= 50%, P (PM—Kec. KA) =0,3, P (Kec. KA) = 0,125, P(PM)= 0,125. P(Kec.KAPM) = (0,2.0,125)/0,125 = 30%, P (Suhu—Kec. KA) =0,2, P (Kec. KA) = 0,125, P(Suhu)= 0,125, P(Kec.KASuhu) = (0,2.0,125)/0,125 = 20%, Sehingga bobot masing-masing variabel terhadap kualitas angin yaitu Tekanan udara = 0,5, penyinaran matahari=0,3, suhu =0,2, dan data dari masing-masing variabel dengan target Y = (0,5 x1+0,3x2+0,2 x3).

3.5. Menentukan Bobot dan Target

Data 1: x1=1, x2=1, x3=1, Y = (0,5 x1+0,3 x2+0,2 x3), Y= 1, Y 1 sehingga kincir angin berputar, Data 2: x1=1, x2=1, x3=0,86, Y=0,972, Y 1 sehingga kincir angin tidak berputar, Data 3: x1=1, x2=1, x3=0,942, Y= 1, sehingga kincir angin tidak berputar, Data 4: x1=1, x2=1, x3=0,86 Y=0,972, sehingga kincir angin tidak berputar, Data 5: x1=1, x2=1, x3=0,86 Y= 0,972, sehingga kincir angin tidak berputar, Data 6: x1=1, x2=0,7, x3=0,86, Y = 0,882, Y 1 sehingga kincir angin tidak berputar, Data 7: x1=1, x2=1, x3=0,86, Y =0,972, sehingga kincir angin tidak berputar, Data 8: x1=1, x2=0,8, x3=1, Y=0,94, Y1 sehingga kincir angin tidak berputar, Data 9: x1=1, x2=1, x3=0,86, Y=0,972, sehingga kincir angin tidak berputar, Data 10: x1=1, x2=1, x3=0,86, Y =0,972, sehingga kincir angin berputar, Data 11: x1=1, x2=1, x3=0,86, Y=0,972, sehingga kincir angin berputar, Data 12: x1=1, x2=0,9, x3=0,86, Y = 0,942, sehingga kincir angin tidak berputar.

3.6. Seleksi Data dengan Jarak Euclidean

Semakin sedikit tekanan udara maka semakin besar pula kecepatan angin. Dan semakin besar penyinaran matahari maka semakin besar kecepatan angin. Bergerak dari dari tekanan udara yang tinggi atau suhu yang dingin ke tekanan udara yang rendah atau suhu yang panas. Semakin besar suhu semakin besar pergerakan angin [18]

$$\begin{aligned}
 VB - 1 &= \sqrt{(1 - 0)^2 + (1 - 1)^2 + (1 - 1)^2} \\
 &= \sqrt{(1)^2 + (0)^2 + (0)^2} \\
 &= 1
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 VB - 2 &= \sqrt{(1 - 0)^2 + (1 - 1)^2 + (0,86 - 1)^2} \\
 &= \sqrt{(1)^2 + (0)^2 + (0,14)^2} \\
 &= 1,01
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 VB - 3 &= \sqrt{(1-0)^2 + (1-1)^2 + (0,71-1)^2} \\
 &= \sqrt{(1)^2 + (0)^2 + (0,29)^2} \\
 &= 1,04
 \end{aligned}$$

$VB - 4 : 1,01; VB - 5 : 1,01; VB - 6 : 1,05; VB - 7 : 1,01; VB - 8 : 1,02; VB - 9 : 1,01; VB - 10 : 1,01; VB - 11 : 1,01; VB - 12 : 1,01.$

Data *rangking* masing-masing vektor, yaitu VB-1 sampai dengan VB-12 merupakan hasil seleksi dengan cara menghitung jarak *Euclidean* masing-masing vektor. Dan hasil data *Rangking* masing-masing vektor baris tersebut dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Data *Rangking* masing-masing vektor baris

No	Vektor Baris ke-	Jarak <i>Euclidean</i> Terdekat	<i>Rangking</i>
1	1	1	1
2	2	1,01	2
3	4	1,01	2
4	5	1,01	2
5	7	1,01	2
6	9	1,01	2
7	10	1,01	2
8	11	1,01	2
9	12	1,01	2
10	8	1,02	3
11	3	1,04	4
12	6	1,07	5

Hasil *rangking* pada Data *rangking* tertinggi vektor baris dapat dilihat pada Tabel 6, dimana *rangking* tertinggi dari 12 inputan.

Tabel 6. *Rangking* tertinggi dari 12 input

No	VB ke-	Jarak <i>Euclidean</i> (Dari kincir angin)	<i>Rangking</i>	Target
1	1	1	1	Kincir angin berputar/1
2	2	1,01	2	Kincir angin tidak berputar/0
3	8	1,01	3	Kincir angin tidak berputar/0

3.7. Pelatihan Data yang Hasil Seleksi

Berikut langkah-langkah dan hasil pelatihan data dimulai dengan pelatihan data dari data 1 sampai dengan data 12.

Data *rangking* no.1 (VB-1)

$$x_1 = 1, x_2 = 1, x_3 = 1, w_1 = 0,1, w_2 = 0,1, w_3 = 0,1, bias = 0,1, \theta = 0,4, \alpha = 0,2, T = 1$$

$$\begin{aligned}
 y_{in} &= bias + (x_1.w_1 + x_2.w_2 + x_3.w_3) \\
 &= 0,2 + (1.0,1 + 1.0,1 + 1.0,1) \\
 &= 0,5
 \end{aligned}$$

Masukan ke dalam fungsi aktivasi:

$$f(x) = Y = \begin{cases} 1; & y_{in} \geq \theta \\ 0; & -\theta < y_{in} < \theta \\ -1; & y_{in} \leq -\theta \end{cases}$$

$$f(x) = Y = \begin{cases} 1; & y_{in} \geq 0,5 \\ 0; & -0,5 < y_{in} < 0,5 \\ -1; & y_{in} \leq -0,5 \end{cases}$$

$Y=0=T=1$ (tidak ada perubahan bobot dan bias). **Data *rangking* no.2 (VB-8)**

$$x_1 = 1, x_2 = 1, x_3 = 0, w_1 = 0,2, w_2 = 0,2, w_3 = 0,2, bias = 0, \theta = 0,6, \alpha = 0,2, T = 0$$

$$\begin{aligned}
 y_{in} &= bias + (x_1.w_1 + x_2.w_2 + x_3.w_3) \\
 &= 0,2 + (1.0,2 + 1.0,2 + 0,86.0,2) \\
 &= 0,486
 \end{aligned}$$

Masukan ke dalam fungsi aktivasi:

$$f(x) = Y = \begin{cases} 1; & y_{in} \geq 0,5 \\ 0; & -0,5 < y_{in} < 0,5 \\ -1; & y_{in} \leq -0,5 \end{cases}$$

$Y=0=T=0$ (tidak ada perubahan bobot dan bias). **Data ranking no.3 (VB-8)**

$$x_1 = 1, x_2 = 0,8, x_3 = 1, w_1 = 0,1, w_2 = 0,1, w_3 = 0,1, bias = 0,2, \theta = 0,5, \alpha = 0,2, T = 0$$

$$\begin{aligned} y_{in} &= bias + (x_1.w_1 + x_2.w_2 + x_3.w_3) \\ &= 0,2 + (1.0,1 + 0,8.0,1 + 1.0,1) \\ &= 0,48 \end{aligned}$$

Masukan ke dalam fungsi aktivasi:

$$f(x) = Y = \begin{cases} 1; & y_{in} \geq 0,5 \\ 0; & -0,5 < y_{in} < 0,5 \\ -1; & y_{in} \leq -0,5 \end{cases}$$

$Y=0=T=0$ (tidak ada perubahan bobot dan bias).

3.8. Pengujian Data

Pengujian data adalah sebagai upaya menganalisa data sebagai konfirmasi, untuk memverifikasi bahwa sekumpulan *input* yang diberikan kepada fungsi tertentu menghasilkan beberapa hasil yang diharapkan. Dan pengujian dilakukan setelah dilakukan nya pelatihan terhadap *input* data yang dimulai dari data 1 sampai dengan data 12. Dan pada analisa penelitian ini data yang diuji adalah data 11, setelah didapat nilai bobot dan biasnya dari hasil pelatihan sesuai dengan Tabel 7, berikut.

Tabel 7. Data Pengujian

No	X1	X2	X3
11	1	1	0,8

$$x_1 = 1, x_2 = 1, x_3 = 0,86, w_1 = 0,1, w_2 = 0,1, w_3 = 0, bias = 0,2, \theta = 0,5, \alpha = 0,2, T = 0$$

$$\begin{aligned} y_{in} &= bias + (x_1.w_1 + x_2.w_2 + x_3.w_3) \\ &= 0,2 + (1.0,1 + 1.0,1 + 0,86.0,1) \\ &= 0,486 \end{aligned}$$

Masukan ke dalam fungsi aktivasi:

$$f(x) = Y = \begin{cases} 1; & y_{in} \geq 0,6 \\ 0; & -0,6 < y_{in} < 0,6 \\ -1; & y_{in} \leq -0,6 \end{cases}$$

$Y = 1$ (kincir angin tidak berputar).

4. KESIMPULAN

Pemanfaatan sumber energi angin selain dalam hal ramah lingkungan, juga sebagai sumber energi yang bisa diandalkan. Dan energi angin ini dapat dimanfaatkan sebagai salah satu sumber energi listrik. Pemanfaatan energi angin dapat menggunakan kincir angin. Dan pada kincir angin di dalam penggunaannya dibutuhkan kontrol terkait putaran kincir angin tersebut agar penggunaannya dapat efisien. Pada penelitian ini digunakan model Jaringan Saraf Tiruan untuk pengujian apakah kincir angin berputar atau tidak. Dan model Jaringan Saraf Tiruan untuk Variabel Tidak Pasti ini menggunakan teknik probabilitas, derajat keanggotaan, fungsi logika OR, *linear programming* dan jarak *euclidean* untuk mengurangi proses pembelajaran. Dan variabel yang digunakan yaitu tekanan udara, penyinaran matahari dan suhu udara. Dan dengan analisa pelatihan yang dilakukan telah mendapatkan bobot dan bias yang sesuai berdasarkan hasil yang didapat sama dengan target yang ditetapkan. Kemudian bobot dan bias hasil pelatihan tersebut digunakan untuk melakukan analisa pengujian apakah kincir angin berputar atau tidak. Dan dari hasil analisa pengujian pada data 11 di atas didapat kincir angin tidak berputar dan ini sesuai dengan nilai dari fungsi aktivasi. Selanjutnya pada penelitian berikutnya diharapkan dapat melakukan penelitian dengan lebih banyak variabel untuk analisa putaran kincir angin serta dapat menentukan kecepatan kincir angin tersebut.

REFERENSI

- [1] V. L. Narayanan and R. Ramakrishnan, "Pitch Control of a Digital Hydraulics Pitch System for Wind Turbine Based on Neuro-Fuzzy Digital Pitch Controller," *International Journal of Renewable Energy Research*, vol. 11, no. 1, pp. 417–425, 2021.
- [2] M. Lauranti and E. A. Djamhari, "Transisi Energi yang Setara di Indonesia: Tantangan dan Peluang," vol. © 2017 Fri, no. -, p. 48, 2017. [Online]. Available: <http://library.fes.de/pdf-files/bueros/indonesien/14758.pdf>.
- [3] M. Saputra, "Kajian Literatur Sudu Turbin Angin untuk Skala Kecepatan Angin Rendah," *Dosen Teknik Mesin - Universitas Teuku Umar - Meulaboh*, vol. 2, no. 1, pp. 74–83, 2016.
- [4] J. Wignesh and S. C. A., "Design and Fabrication of Vertical Axis Wind Mill with Solar System," *Materials Today: Proceedings*, vol. 44, no. -, pp. -, 2021.
- [5] S. Widyanto, S. Wisnugroho, and M. Agus, "Pemanfaatan Tenaga Angin sebagai Pelapis Energi Surya pada Pembangkit Listrik Tenaga Hibrid di Pulau Wangi-Wangi," *Seminar Nasional Sain dan Teknologi 2018*, pp. 1–12, 2018.
- [6] S. Hernowo, "Rancang Bangun Turbin Angin Sumbu Horizontal Sederhana dengan Panjang Sudu 1 Meter Sigit Hernowo," *Jurnal Voering*, vol. 5, no. 1, pp. 15–21, 2020.
- [7] Z. Azmi and V. Yasin, *Pengantar Sistem Pakar dan Metode*. Mitra Media Wacana, 2017.
- [8] —, *Pengantar Jaringan Saraf Tiruan (Introduction to Artificial Neural Network)*. Mitra Media Wacana, 2021.
- [9] Z. Azmi and H. Mawengkang, "Perceptron Genetic to Recognize Openning Strategy Ruy Lopez," *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, vol. 300, no. 1, 2018.
- [10] H. Kukreja, "An Introduction to Artificial Neural Networks," *Hardware Architectures for Deep Learning*, no. 5, pp. 3–26, 2020.
- [11] Z. Azmi, E. B. N. BN, H. Mawengkang, and M. ZARLIS, "Neuron Model for Input Uncertainty," *Journal of Telematics dan Informatics*, vol. 6, no. -, pp. 166–172, 2018.
- [12] Z. Azmi, M. K. M. Nasution, H. Mawengkang, and M. Zarlis, "Uncertainty Ontology for Module Rules Formation Waterwheel Control," *Scientific Journal of Informatics*, vol. 5, no. 1, p. 66, 2018.
- [13] Sugiyono, *Metode Penelitian Pendidikan: (Pendekatan Kuantitatif, Kualitatif dan R & D)*. Bandung CV. Alfabeta: CV. Alfabeta, 2008.
- [14] Z. AZMI, "Model Jaringan Saraf Tiruan untuk Variabel Tidak Pasti," 2020. [Online]. Available: <http://repositori.usu.ac.id/handle/123456789/28542>.
- [15] Z. AZMI, M. ZARLIS, and H. MAWENKANG, "Uncertain Input Selection Model for Neuron," *JATIT*, vol. 97, no. 21, p. 2982, 2019. [Online]. Available: JurnalSubmitUntukLektorKepala/ModelJaringanSarafTiruan.pdf.
- [16] H. P Dida, S. Suparman, and D. Widhiyanuriyawan, "Pemetaan Potensi Energi Angin di Perairan Indonesia Berdasarkan Data Satelit QuikSCAT dan WindSat," *Jurnal Rekayasa Mesin*, vol. 7, no. 2, pp. 95–101, 2016.
- [17] A. & H. Pujiastuti, "Sistem Perhitungan Lama Penyinaran Matahari (Studi Kasus : ST . KLIMATOLOGI BARONGAN)," *Jurusan Ilmu Komputer, FMIPA UGM*, vol. 5, 2016.
- [18] S. Arsyad, *Ilmu Iklim dan Pengairan*. jakarta: CV. Yasaguna, 1983.