

Penerapan Jaringan Syaraf Tiruan dengan Algoritma Backpropagation dalam Memprediksi Hasil Panen Gabah Padi

Randi Maiyuriska¹✉

¹Independent researcher

randi.maiyuriska2@gmail.com

Abstract

Rice grain yields in each region are always changing every year, including in Pesisir Selatan Regency. This is caused by several factors such as a long dry season, pest attacks and others that can inhibit rice growth and can even cause crop failure which can harm farmers. This study aims to predict to determine the yield of rice grain in Pesisir Selatan District by using the Artificial Neural Network method with the Backpropagation algorithm. Artificial Neural Network is one of artificial intelligence that uses computer technology which is also known as Artificial Intelligent. Backpropagation Neural Network is a multi-layered artificial neural network consisting of input layer, hidden layer and output layer. Furthermore, the data is processed using Matlab software. The data processed in this study is data on rice grain yields from 2015 to 2020 obtained from the Agriculture Service of Pesisir Selatan Regency. From the research that was carried out using several architectural models, it was obtained that one architecture had an accuracy rate of 92.9% or with an error rate of only 7.1%, MSE = 0.00094783.

Keywords: Artificial Intelligence; Artificial Neural Networks; Backpropagation; Prediction; Rice Grain Yield.

Abstrak

Hasil panen gabah padi di setiap daerah tiap tahunnya selalu berubah-ubah, termasuk di Kabupaten Pesisir Selatan. Hal ini disebabkan oleh beberapa faktor seperti musim kemarau yang panjang, serangan hama dan faktor lainnya yang dapat menghambat pertumbuhan padi bahkan dapat menyebabkan gagal panen yang dapat merugikan para petani. Penelitian ini bertujuan untuk membuat memprediksi untuk mengetahui hasil panen gabah padi di Kabupaten Pesisir Selatan dengan menggunakan metode Jaringan Syaraf Tiruan dengan algoritma *Backpropagation*. Jaringan Syaraf Tiruan merupakan salah satu kecerdasan buatan yang menggunakan teknologi komputer yang disebut juga dengan *Artificial Intelligent*. Jaringan Saraf Tiruan *Backpropagation* merupakan sebuah neural network berlapis banyak yang terdiri dari layer input, layer hidden dan layer output. Selanjutnya data diolah dengan menggunakan bantuan software Matlab. Data yang diolah dalam penelitian ini adalah data hasil panen gabah padi dari tahun 2015 sampai 2020 yang diperoleh dari Dinas Pertanian Kabupaten Pesisir Selatan. Dari penelitian yang dilakukan dengan menggunakan beberapa model arsitektur maka diperoleh satu arsitektur yang mempunyai tingkat akurasi mencapai 92.9% atau tingkat error 7.1% dengan MSE = 0.00094783.

Kata kunci: *Artificial Intelligent*; Jaringan Saraf Tiruan; Backpropagation; Prediksi; Hasil Panen Gabah Padi.

© 2022 INFEK

1. Pendahuluan

Padi merupakan salah satu tanaman budidaya terpenting dan sangat populer, karena padi merupakan sumber karbohidrat utama bagi mayoritas penduduk dunia. Padi menjadi makanan pokok bagi sebagian besar masyarakat Indonesia yang menjadikan padi sebagai komoditas strategis sehingga fluktuasi produksi dan harga padi dapat menimbulkan risiko [1]. Bukan hanya itu, tetapi padi juga dapat menyokong penghasilan para petani.

Hasil panen padi dari tahun ke tahun tidak menetap, hal ini karena usaha petani masih bergantung kepada alam yang didukung faktor risiko yang menyebabkan tingginya peluang-peluang untuk terjadinya gagal panen, sehingga terakumulasi pada risiko rendahnya pendapatan yang diterima oleh petani [2], termasuk di Kabupaten Pesisir Selatan sehingga sebuah prediksi sangat diperlukan untuk mengetahui gambaran di masa depan. Prediksi merupakan hal yang sangat penting

dalam kehidupan manusia, karena dengan melakukan prediksi, maka dampak dari suatu masalah yang akan terjadi kedepannya dapat diperkecil [3].

Artificial Intelligence merupakan salah satu cabang dari ilmu komputer dimana algoritmanya dilatih untuk melakukan tugas yang mengulas tentang penangkapan, pemodelan, dan penyimpanan kecerdasan manusia ke dalam sebuah sistem informasi yang dapat membantu dalam pengambilan keputusan [4][5]. *Artificial Intelligence* atau sering juga disebut dengan Kecerdasan Buatan memiliki beberapa tahapan evolusi, yakni *Artificial Narrow Intelligence* (ANI) atau AI lemah, *Artificial General Intelligence* (AGI) atau AI Kuat, dan *Artificial Super Intelligence* (ASI) atau AI yang dirancang untuk melampaui kemampuan manusia [6].

Jaringan Syaraf Tiruan (JST) merupakan suatu sistem pemrosesan informasi yang mempunyai karakteristik menyerupai jaringan syaraf biologis (JSB) [7].

Jaringan Syaraf Tiruan merupakan sebuah paradigma pemrograman dalam memproses informasi yang bekerja berdasarkan pada cara kerja otak manusia [8]. Seperti halnya otak manusia, neuron yang ada pada JST saling terhubung dan memiliki beberapa lapisan, yakni *input layer*, *hidden layer* dan *output layer* [9][10]. Namun, tidak semua JST memiliki *hidden layer*, ada juga yang hanya terdapat *layer input* dan *output* saja [11].

Algoritma Backpropagation merupakan salah satu cara yang paling populer, efektif, dan mudah dipelajari untuk mengoptimalkan pelatihan JST yang sering digunakan dalam menyelesaikan masalah yang rumit [12][13]. JST *Backpropagation* bersifat adaptif yaitu dapat menyesuaikan pada *dataset* dan *fault tolerance* (kesalahan error kecil) dalam menyelesaikan masalah pada sistem [14].

Penelitian terdahulu menggunakan Jaringan Syaraf Tiruan Bagpropagation pernah dilakukan dalam melakukan prediksi harga eceran beras di beberapa pasar tradisional dengan menentukan nilai parameter menggunakan beberapa arsitektur diperoleh satu hasil terbaik dengan arsitektur 4-15-1, learning rate 0,09 yang memiliki tingkat akurasi sebesar 88%, dengan nilai epoch 12718 iterasi dan dalam waktu 1 menit 14 detik [15].

Prediksi curah hujan dalam mendapatkan jadwal tanam padi yang tepat untuk mendapatkan hasil terbaik dalam proses penanaman khusus pada lahan sawah tadah hujan dengan menggunakan regresi linear juga pernah dilakukn. Berdasarkan hasil penelitian, prediksi jadwal tanam padi maksimum diperoleh pada bulan dengan memiliki nilai tertinggi dengan perolehan MSE sebesar 14,08333 dan nilai RMSE sebesar 3,752777 yaitu pada bulan Mei [16].

Peneliti terdahulu yang menggunakan Jaringan Syaraf Tiruan *Backpropagation* dalam memprediksi kecukupan jumlah bahan baku untuk mesin produksi dalam penjualan beras pada sebuah Rice Milling Units (RMU). Dalam melakukan penelitiannya, peneliti membandingkan 2 bagian dalam metode prediksi, yaitu *Linear Regresi* dan *Backpropagation Neural Network*. Berdasarkan hasil penelitian, diperoleh hasil *Backpropagation Neural Network* lebih baik dengan nilai MSE lebih kecil yakni 0,00099715 dengan menggunakan *hidden layer* sebanyak 14 [17]. Dan masih banyak lagi penelitian lainnya yang menerapkan algoritma Backpropagation dengan hasil lebih baik[18][19][20].

Prediksi merupakan suatu alur dari sebuah gambaran atau peamalan suatu kejadian yang akan terjadi dimasa depan dengan berdasarkan data histori dimasa sebelumnya [9].

Berdasarkan uraian-uraian diatas, maka dilakukan sebuah penelitian dalam melakukan prediksi hasil

panen gabah padi menggunakan metode Backpropagation Jaringan Syaraf Tiruan.

2. Metodologi Penelitian

Pada penelitian ini menggunakan metode *Backpropagation* untuk memprediksi produksi gabah padi. Langkah-langkah dalam penelitian ini disajikan pada sub bagian-sub bagian.

2.1 Identifikasi dan Merumuskan Masalah

Identifikasi masalah merupakan tahap awal dan penting dalam melakukan penelitian. Pada tahap ini peneliti akan mendefenisikan dan merumuskan permasalahan yang ditemukan pada objek penelitiannya agar lebih terarah.

2.2 Menentukan Tujuan Penelitian

Setelah rumusan masalah didapatkan,tahapan selajutnya adalah menentukan tujuan penelitian. Pada tahapan ini peneliti mengemukakan tujuan dari penelitian yang dilakukannya agar penelitian yang dilakukan agar sasaran dari penelitian menjadi lebih terfokus. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk memprediksi hasil panen gabah padi pada tahun

2.3 Mempelajari Literatur

Tahapan ini merupakan tahapan dimana penulis mencari dan mengumpulkan infomasi lebih dari permasalahan yang sudah ada. Metode yang digunakan adalah dengan melakukan kajian pustaka, yakni dengan mengumpulkan berbagai informasi dari berbagai sumber seperti buku, artikel serta jurnal yang membahas tentang Artificial Intelligence dan Jaringan Syaraf Tiruan Backpropagation

2.4 Pengumpulan Data

Pengumpulan data yang dilakukan dalam penelitian ini dilakukan dalam beberapa tahapan:

- a. Observasi yaitu melakukan pengamatan secara langsung ke lokasi penelitian untuk mengetahui secara jelas permasalahan yang ada.
- b. Wawancara yaitu dengan melakukan tanya jawab secara langsung dengan pihak yang terkait untuk memperoleh informasi yang digunakan dalam melakukan penelitian.

2.5 Analisa Data dengan Metode Backpropagation

Berdasarkan informasi yang didapatkan dari berbagai metode yang dilakukan, serta menentukan kebutuhan-kebutuhan dari sistem yang digunakan, maka permasalahan tersebut diselesaikan untuk mencapai tujuan dari penelitian ini. Metode yang digunakan dalam penyelesaian masalah adalah dengan metode Backpropagation.

a. Mengumpulkan Data

Data yang digunakan merupakan data hasil panen gabah padi selama 3 tahun belakangan, yakni tahun 2018 sampai dengan tahun 2020.

b. Menentukan Data uji dan data latih

Data yang diperoleh kemudian di bagi menjadi 2 data, yaitu data latih dan data uji untuk tahap selanjutnya.

c. Normalisasi Data

Setelah menentukan data latih dan data uji, tahapan selanjutnya adalah melakukan tahap normalisasi terhadap data tersebut dengan menggunakan fungsi aktivasi sigmoid. Proses ini bertujuan untuk mempermudah dalam perhitungan dan mendapatkan hasil prediksi yang akurat.

d. Perancangan arsitektur metode JST Backpropagation

Dalam merancang sebuah arsitektur yang dapat menghasilkan prediksi yang optimal perlu dilakukan penginputan jumlah nilai parameter-parameter yang digunakan seperti jumlah hidden layer, laju pemahaman (learning rate), maksimum iterasi (epoch), dan momentum dengan menggunakan proses trial dan error [12].

e. Pengujian akurasi dan error

Pada tahap ini dilakukan pengujian hasil prediksi yang diperoleh dengan cara melihat tingkat keakurasian dan error atau nilai MSE, apakah sudah sesuai dengan tujuan yang diharapkan yang dilakukan pada masing-masing data training dan data testing. Semakin kecil nilai MSE yang diperoleh, maka kinerja prediksi yang didapatkan semakin baik [12].

2.6 Implementasi dengan Aplikasi MatLab

Pada tahap ini, penulis menggunakan aplikasi Matlab dalam melakukan pengujian hasil agar dapat mempermudah user nantinya dalam pengoperasian model yang telah dibuat. Dengan menentukan metode arsitektur dan beberapa parameter lainnya dalam melakukan training Jaringan Syaraf Tiruan dengan metode Backpropagation dalam melakukan prediksi.

2.7 Hasil dan Kesimpulan

Pada tahap ini merupakan tahap akhir dari penelitian yang penulis lakukan. Pada tahapan ini akan dijabarkan hasil dan kesimpulan yang diperoleh dari penelitian yang dilakukan dan saran guna pengembangan penelitian dimasa akan datang yang berkaitan dengan prediksi suatu permasalahan.

3. Hasil dan Pembahasan

Data yang diambil dalam penelitian ini adalah data hasil panen padi di Kabupaten Peisir Selatan menurut Kecamatan dari tahun 2015 sampai tahun 2020. Data tersebut dianalisis menggunakan algoritma Backpropagation untuk memprediksi hasil panen dimasa akan datang. Data dapat dilihat pada Table 1. Data tersebut nanti akan dibagi menjadi 2 bagian, yaitu data training dan data testing. Data training yang akan digunakan adalah data tahun 2015-2018 dengan target data tahun 2019 dapat dilihat pada Table 2. Data training pada Tabel 3. Sedangkan untuk data testing yang akan digunakan adalah data tahun 2016-2019 dengan target data tahun 2020 dapat dilihat pada Table 4.

Tabel 1. Hasil Panen Gabah Padi Sawah menurut Kecamatan (ton)

Kecamatan	Hasil Panen Gabah Padi Sawah menurut Kecamatan (ton)					
	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Silaut	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Lunang	24562.00	20819.00	25485.10	20232.70	22477.92	21741.68
Basa Ampek Balai Tapan	9523.00	7280.00	10228.60	10274.30	11791.84	13987.07
Ranah Ampek Hulu Tapan	10999.00	11830.00	15892.90	12723.10	14527.77	16098.26
Pancung Soal	14126.00	23465.00	25329.40	22961.10	30213.78	28236.00
Airpura	17114.00	10856.00	17184.00	18549.90	19570.00	26500.56
Linggo Sari Baganti	28979.00	28429.00	43070.60	42077.80	34186.29	44024.62
Ranah Pesisir	39809.00	24464.00	44709.30	35836.30	34216.14	42557.69
Lengayang	43101.00	30322.00	45002.70	48461.80	46808.43	49336.77
Sutera	29598.00	24983.00	37937.90	39061.50	37524.03	34661.01
Batang Kapas	21457.00	21932.00	24842.30	21890.40	21236.94	25424.43
IV Jurai	14583.00	10630.00	14841.40	19123.10	16118.14	18857.21
Bayang	32347.00	28178.00	35668.60	33159.60	27508.41	35227.81
IV Nagari Bayang Utara	7008.00	7584.00	11005.90	10260.90	9454.24	8951.47
Koto XI Tarusan	24167.00	19448.00	25772.50	17780.80	18190.42	17238.58

Setelah data diperoleh dan sebelum dilakukan penginputan data, terlebih dahulu data harus dilakukan proses normalisasi atau transformasi data. Proses ini dilakukan untuk memperoleh nilai antara 0 dan 1 atau dari 0,1 sampai 0,9. Rumus normalisasi dapat dilihat pada Persamaan (1).

$$X' = \frac{0.8(x - a)}{(b - a)} + 0.1 \quad (1)$$

Dimana X' merupakan nilai data ke-n setelah dilakukn normalisas, x merupakan data ke-n, a merupakan nilai terkecil, dan b merupakan nilai terbesar.

Tabel 2. Data Trainig Awal

Kecamatan	Hasil Panen Gabah Padi Sawah menurut Kecamatan (ton)				
	2015	2016	2017	2018	2019
Silaut	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Lunang	24562.00	20819.00	25485.10	20232.70	22477.92
Basa Ampek Balai Tapan	9523.00	7280.00	10228.60	10274.30	11791.84
Ranah Ampek Hulu Tapan	10999.00	11830.00	15892.90	12723.10	14527.77
Pancung Soal	14126.00	23465.00	25329.40	22961.10	30213.78
Airpura	17114.00	10856.00	17184.00	18549.90	19570.00
Linggo Sari Baganti	28979.00	28429.00	43070.60	42077.80	34186.29
Ranah Pesisir	39809.00	24464.00	44709.30	35836.30	34216.14
Lengayang	43101.00	30322.00	45002.70	48461.80	46808.43
Sutera	29598.00	24983.00	37937.90	39061.50	37524.03
Batang Kapas	21457.00	21932.00	24842.30	21890.40	21236.94
IV Jurai	14583.00	10630.00	14841.40	19123.10	16118.14
Bayang	32347.00	28178.00	35668.60	33159.60	27508.41
IV Nagari Bayang Utara	7008.00	7584.00	11005.90	10260.90	9454.24
Koto XI Tarusan	24167.00	19448.00	25772.50	17780.80	18190.42

Tabel 3. Data Training Setelah Dinormalisasi

Kecamatan	Hasil Panen Gabah Padi Sawah menurut Kecamatan (ton)				
	2015	2016	2017	2018	2019
Silaut	0.10000	0.10000	0.10000	0.10000	0.10000
Lunang	0.50547	0.44368	0.52070	0.43400	0.47106
Basa Ampek Balai Tapan	0.25720	0.22018	0.26885	0.26961	0.29466
Ranah Ampek Hulu Tapan	0.28157	0.29529	0.36236	0.31003	0.33982
Pancung Soal	0.33319	0.48736	0.51813	0.47904	0.59876
Airpura	0.38252	0.27921	0.38367	0.40622	0.42306
Linggo Sari Baganti	0.57838	0.56930	0.81100	0.79461	0.66434
Ranah Pesisir	0.75716	0.50385	0.83805	0.69158	0.66483
Lengayang	0.81150	0.60055	0.84290	0.90000	0.87271
Sutera	0.58860	0.51242	0.72627	0.74482	0.71944
Batang Kapas	0.45421	0.46205	0.51009	0.46136	0.45058
IV Jurai	0.34073	0.27548	0.34500	0.41568	0.36608
Bayang	0.63398	0.56516	0.68881	0.64739	0.55410
IV Nagari Bayang Utara	0.21569	0.22520	0.28168	0.26939	0.25607
Koto XI Tarusan	0.49895	0.42104	0.52545	0.39352	0.40028

Tabel 3 merupakan data hasil normalisai dari data input saat proses training. Hasil dari data training ini training awal yang nantinya akan digunakan untuk data berupa data testing awal yang disajikan pada Tabel 4.

Tabel 4. Data Testing Awal

Kecamatan	Hasil Panen Gabah Padi Sawah menurut Kecamatan (ton)				
	2016	2017	2018	2019	2020
Silaut	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Lunang	20819.00	25485.10	20232.70	22477.92	21741.68
Basa Ampek Balai Tapan	7280.00	10228.60	10274.30	11791.84	13987.07
Ranah Ampek Hulu Tapan	11830.00	15892.90	12723.10	14527.77	16098.26
Pancung Soal	23465.00	25329.40	22961.10	30213.78	28236.00
Airpura	10856.00	17184.00	18549.90	19570.00	26500.56
Linggo Sari Baganti	28429.00	43070.60	42077.80	34186.29	44024.62
Ranah Pesisir	24464.00	44709.30	35836.30	34216.14	42557.69
Lengayang	30322.00	45002.70	48461.80	46808.43	49336.77
Sutera	24983.00	37937.90	39061.50	37524.03	34661.01
Batang Kapas	21932.00	24842.30	21890.40	21236.94	25424.43
IV Jurai	10630.00	14841.40	19123.10	16118.14	18857.21
Bayang	28178.00	35668.60	33159.60	27508.41	35227.81
IV Nagari Bayang Utara	7584.00	11005.90	10260.90	9454.24	8951.47
Koto XI Tarusan	19448.00	25772.50	17780.80	18190.42	17238.58

Tabel 5. Data Testing Setelah Dinormalisasi

Kecamatan	Hasil Panen Gabah Padi Sawah menurut Kecamatan (ton)				
	2016	2017	2018	2019	2020
Silaut	0.10000	0.10000	0.10000	0.10000	0.10000
Lunang	0.43758	0.51324	0.42807	0.46448	0.45254
Basa Ampek Balai Tapan	0.21805	0.26586	0.26660	0.29121	0.32680
Ranah Ampek Hulu Tapan	0.29182	0.35770	0.30631	0.33557	0.36103
Pancung Soal	0.48049	0.51072	0.47232	0.58992	0.55785
Airpura	0.27603	0.37864	0.40079	0.41733	0.52971
Linggo Sari Baganti	0.56098	0.79839	0.78230	0.65433	0.81386
Ranah Pesisir	0.49669	0.82497	0.68109	0.65482	0.79008
Lengayang	0.59167	0.82972	0.88581	0.85900	0.90000
Sutera	0.50510	0.71517	0.73339	0.70846	0.66203
Batang Kapas	0.45563	0.50282	0.45495	0.44436	0.51226
IV Jurai	0.27237	0.34065	0.41008	0.36136	0.40577
Bayang	0.55691	0.67837	0.63769	0.54605	0.67122
IV Nagari Bayang Utara	0.22298	0.27846	0.26638	0.25330	0.24515
Koto XI Tarusan	0.41535	0.51790	0.38832	0.39496	0.37953

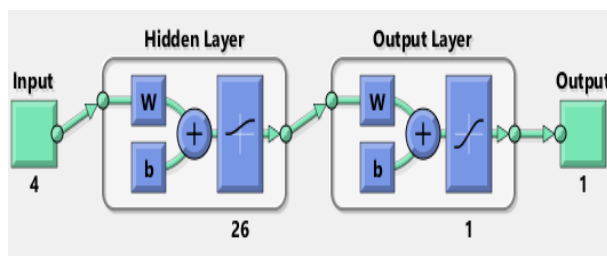
Pada Table 5 dapat dilihat data yang akan digunakan data input untuk data testing. Sedangkan pada table 5 dapat dilihat hasil normalisasi dari data testing yang ada pada Table 4 dengan menggunakan rumus Persamaan (1).

Selanjutnya dilakukan tahap pelatihan dengan menentukan nilai parameter jaringan terlebih dahulu untuk memperoleh hasil yang optimal. Parameter yang dipakai pada penelitian, yang dapat dilihat pada Table 6.

Tabel 6. Konfigurasi Akhir Parameter Pelatihan

No	Nama Parameter	Jumlah
1	Neuron Input	4
2	Neuron Output	1
3	Learning Rate	0,1
4	Goal	0,001
5	Maksimum Epoch	10000
6	Gradient	1e ⁻⁰⁵

Setelah ditentukan parameter pelatihan, proses input data dapat dilakukan. Dari hasil input diperoleh model arsitektur backpropagation dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Arsitektur Jaringan Backpropagation

Penelitian ini menggunakan 5 model arsitektur, yakni 4-15-1, 4-20-1, 4-24-1, 4-26-1, dan 4-28-1. Pada model arsitektur 4-15-1 dapat diterangkan dimana 4 merupakan data input layer, 25 merupakan data hidden layer dan 1 merupakan data output layer. Hal ini juga serupa dengan model arsitektur yang lain.

Tabel 7. Perbandingan Hasil 5 Model Arsitektur dengan Algoritma Backpropagation

No	Arsitektur	Epoch	MSE	Akurasi (%)
1	4-15-1	3515	0.00069588	89.40
2	4-20-1	6746	0.00040549	91.30
3	4-24-1	5180	0.00279730	88.50
4	4-26-1	2588	0.00094783	92.90
5	4-28-1	4064	0.00109430	86.77

Pada Table 7 dapat dilihat perbandingan dari 5 model arsitektur jaringan yang digunakan. Dari tabel tersebut tingkat Epoch dari masing-masing model arsitektur diperoleh dengan menggunakan aplikasi Matlab, sedangkan nilai MSE dan akurasi diperoleh dengan menggunakan perhitungan pada Microsoft Excel. Dari 5 model arsitektur terdapat 1 model yang memiliki hasil yang terbaik, yaitu model arsitektur 4-26-1 yang dapat dilihat pada gambar 1 dengan tingkat MSE yang lebih rendah dan tingkat akurasi sebesar 92.9 %.

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil dan analisa dari penelitian yang dilakuakn dalam memprediksi hasil panen gabah padi di Kabupaten Pesisir Selatan maka dapat disimpulkan bahwa dengan menggunakan beberapa model arsitektur yang digunakan terdapat 1 arsitektur yang memiliki tingkat akurasi 92.9% atau tingkat error 7.1% dengan MSE 0.00094783 . Sehingga dapat disimpulkan bahwa dengan metode Backpropagation dapat membantu dalam prediksi hasil panen gabah padi di Kabupaten Pesisir Selatan.

Daftar Rujukan

- [1]. Saragih, I. R., Chalil, D., & Ayu, S. F. (2018). Analisis Risiko Produksi Padi Dalam Pengembangan Asuransi Usahatani Padi (Autp) (Desa Panca Arga, Kecamatan Rawang Panca Arga, Kabupaten Asahan). *Jurnal Agriseip: Kajian Masalah Sosial Ekonomi Pertanian Dan Agribisnis*, 17(2), 187–196. <http://dx.doi.org/10.31186/Jagrisep.17.2.187-196>
- [2]. Kaleka, M. U., Maulida, E., Taek, E., Swastawan, I. P. E., & Arisena, G. M. K. (2020). Kajian risiko usaha tani padi di Indonesia. *AGROMIX*, 11(2), 166–176. <http://dx.doi.org/10.35891/agx.v11i2.1928>
- [3]. Mahmudi, A. A. (2020). Optimasi Conjugate Gradient Pada Backpropagation Neural Network Untuk Prediksi Hasil

- Tangkap Ikan. *SAINTEKBU*, 12(2), 29–39. <http://dx.doi.org/10.32764/sainstekbu.v12i2.1031>
- [4]. He, J., Baxter, S. L., Xu, J., Xu, J., Zhou, X., & Zhang, K. (2019). The practical implementation of artificial intelligence technologies in medicine. *Nature Medicine*, 25(1), 30–36. <http://dx.doi.org/10.1038/s41591-018-0307-0>
- [5]. Dewi, A. O. P. (2020). Kecerdasan Buatan sebagai Konsep Baru pada Perpustakaan. *Anuva: Jurnal Kajian Budaya, Perpustakaan, dan Informasi*, 4(4), 453–460. <http://dx.doi.org/10.14710/anuva.4.4.453-460>
- [6]. Kusumawardani, Q. D. (2019). Hukum Progresif Dan Perkembangan Teknologi Kecerdasan Buatan. *Veritas et Justitia*, 5(1), 166–190 <http://dx.doi.org/10.25123/vej.3270>
- [7]. Tambunan, H. S., Gunawan, I., & Sumarno, S. (2019). Prediksi Jumlah Pendapatan Beasiswa PPA dan BBB Menggunakan Jaringan Syaraf Tiruan Backpropagation. *JURNAL MEDIA INFORMATIKA BUDIDARMA*, 3(4), 346. <http://dx.doi.org/10.30865/mib.v3i4.1327>
- [8]. Robandi, Imam. (2019). “ARTIFICIAL INTELLIGENCE - Mengupas Rekayasa Kecerdasan Tiruan. Ed-I. Yogyakarta: Andi
- [9]. Guntero, G., Costaner, L., & Lisnawita, L. (2019). Prediksi Jumlah Kendaraan di Provinsi Riau Menggunakan Metode Backpropagation. *Informatika Mulawarman: Jurnal Ilmiah Ilmu Komputer*, 14(1), 50. <http://dx.doi.org/10.30872/jim.v14i1.1745>
- [10]. Lesnussa, Y. A., & Risamasu, E. (2020). Aplikasi Jaringan Syaraf Tiruan Backpropagation Untuk Meramalkan Tingkat Pengangguran Terbuka (TPT) Di Provinsi Maluku. *Sainmatika: Jurnal Ilmiah Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam*, 17(2), 89. <http://dx.doi.org/10.31851/sainmatika.v17i2.3434>
- [11]. Budiharto, Widodo & Derwin Suhartono. (2014). “ARTIFICIAL INTELLIGENCE”. Ed-I. Yogyakarta: Andi
- [12]. Putra, H., & Ulfa Walmi, N. (2020). Penerapan Prediksi Produksi Padi Menggunakan Artificial Neural Network Algoritma Backpropagation. *Jurnal Nasional Teknologi Dan Sistem Informasi*, 6(2), 100–107. <http://dx.doi.org/10.25077/teknosi.v6i2.2020.100-107>
- [13]. Sudarsono, A. (2016). Jaringan syaraf tiruan untuk memprediksi laju pertumbuhan penduduk menggunakan metode bacpropagation (studi kasus di kota bengkulu). *JURNAL MEDIA INFOTAMA*, 12(1). <http://dx.doi.org/10.37676/jmi.v12i1.273>
- [14]. Fadilah, M. N., Yusuf, A., & Huda, N. (2021). Prediksi Beban Listrik Di Kota Banjarbaru Menggunakan Jaringan Syaraf Tiruan Backpropagation. *JURNAL MATEMATIKA MURNI DAN TERAPAN EPSILON*, 14(2), 81. <http://dx.doi.org/10.20527/epsilon.v14i2.2961>
- [15]. Fardhani, A. A., Simanjuntak, D. I. N., & Wanto, A. (2018). Prediksi Harga Eceran Beras Di Pasar Tradisional Di 33 Kota Di Indonesia Menggunakan Algoritma Backpropagation. *Jurnal Infomedia*, 3(1). <http://dx.doi.org/10.30811/jim.v3i1.625>
- [16]. Nurfadly, A. (2019). Prediksi Curah Hujan Dengan Metode Backpropagation Dan Regresi Linear Dalam Penentuan Jadwal Tanam Padi. *Inspiration: Jurnal Teknologi Informasi Dan Komunikasi*, 9(2), 127. <http://dx.doi.org/10.35585/inspir.v9i2.2515>
- [17]. Aritonang, M., & Sihombing, D. J. C. (2019). An Application of Backpropagation Neural Network for Sales Forecasting Rice Milling Unit. *2019 International Conference of Computer Science and Information Technology (ICoSNIKOM)*. <http://dx.doi.org/10.1109/icosnikom48755.2019.9111612>
- [18]. Zuraidah, A. H., Windarko, N. A., & Eviningsih, R. P. (2021). Short-Term Electrical Load Prediction Using ANN-Backpropagation. *2021 International Conference on Artificial Intelligence and Computer Science Technology (ICAICST)*. <http://dx.doi.org/10.1109/icaicst53116.2021.9497812>
- [19]. Dubey, S. C., Mundhe, K. S., & Kadam, A. A. (2020). Credit Card Fraud Detection using Artificial Neural Network and BackPropagation. *2020 4th International Conference on Intelligent Computing and Control Systems (ICICCS)*. <http://dx.doi.org/10.1109/iciccs48265.2020.9120957>
- [20]. Salimu, S. A., & Yunus, Y. (2020). Prediksi Tingkat Kedatangan Wisatawan Asing Menggunakan Metode Backpropagation (Studi Kasus: Kepulauan Mentawai). *Jurnal Informatika Ekonomi Bisnis*, 98–103. <http://dx.doi.org/10.37034/infec.v2i4.50>