

# Jaringan Syaraf Tiruan Algoritma Backpropagation Dalam Memprediksi Ketersediaan Komoditi Pangan Provinsi Riau

Eka Pandu Cynthia<sup>1</sup>, Edi Ismanto<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Teknik Informatika, Fakultas Sains dan Teknologi, UIN Sultan Syarif Kasim Riau.

<sup>2</sup>Pendidikan Informatika, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas Muhammadiyah Riau.

<sup>1</sup>Jl. HR. Soebrantas No.155 KM. 15 Simpang Baru Panam Pekanbaru, Telp.(0761) 589026.

<sup>2</sup>Jl.Tuanku Tambusai Ujung, Pekanbaru Riau.

e-mail : <sup>1</sup>eka.pandu.cynthia@uin-suska.ac.id, <sup>2</sup>edi.ismanto@umri.ac.id

## Abstrak

*Ketersediaan pangan yang cukup dan merata merupakan salah satu pilar perwujudan ketahanan pangan yang mantap dan berkesinambungan (Undang-Undang No 7 Tahun 1996 tentang pangan, dan penjelasan PP no 68 Tahun 2002). Tersedianya data-data tentang ketahanan pangan merupakan hal yang sangat mendasar untuk digunakan sebagai tolak ukur dalam mengestimasi dan menilai keberhasilan pembangunan ketahanan pangan Provinsi Riau serta memprediksi situasi ketahanan pangan sebagai isyarat dini untuk upaya perbaikan. Jaringan perambatan galat mundur (backpropagation) merupakan salah satu algoritma Jaringan Syaraf Tiruan yang sering digunakan untuk menyelesaikan masalah-masalah yang rumit berkaitan dengan identifikasi, prediksi, pengenalan pola dan sebagainya. Dalam penelitian ini, algoritma backpropagation mengolah data komoditi pangan Provinsi Riau dari tahun 2006 hingga tahun 2013 untuk memprediksi ketersediaan komoditi pangan Provinsi Riau kedepannya. Setelah melalui proses pelatihan dan pengujian serta percobaan beberapa pola arsitektur jaringan, di perolehlah pola arsitektur jaringan terbaik dalam melakukan proses prediksi.*

**Kata kunci:** Jaringan Syaraf Tiruan, Backpropagation, Prediksi, Komoditi Pangan

## Abstract

*The availability of adequate and uniform food is one of the pillars of the realization of sustained and sustainable food security (Law No. 7 of 1996 on food, and explanation of PP No. 68 of 2002). The availability of data on food security is a very basic thing to use as a benchmark in estimating and assessing the successful development of Riau Province food security and predicting food security situation as an early signal for improvement efforts. Backpropagation network is one of the artificial neural network algorithms that is often used to solve complex problems related to identification, prediction, pattern recognition and so on. In this research, backpropagation algorithm to process Riau food commodity data from 2006 until 2013 to predict the availability of food commodity of Riau Province in the future. After going through the process of training and testing as well as experimenting some network architecture patterns, the best pattern of network architecture in obtaining the prediction process.*

**Keywords:** Artificial Neural Networks, Backpropagation, Predictions, Food Commodities

## 1. Pendahuluan

Ketersediaan pangan yang cukup dan merata merupakan salah satu pilar perwujudan ketahanan pangan yang mantap dan berkesinambungan (Undang-Undang No 7 Tahun 1996 tentang pangan, dan penjelasan PP no 68 Tahun 2002). Tersedianya data-data tentang ketahanan pangan merupakan hal yang sangat mendasar untuk digunakan sebagai tolak ukur dalam mengestimasi dan menilai keberhasilan pembangunan ketahanan pangan serta memprediksi situasi ketahanan pangan sebagai isyarat dini untuk upaya perbaikan.

Beberapa penelitian yang telah dilakukan sebelumnya mengenai Jaringan Syaraf Tiruan Algoritma *Backpropagation* antara lain : untuk memprediksi curah hujan di Yogyakarta (Prahesti, 2013), untuk memprediksi jumlah dokter keluarga (Anike. *et al*, 2012), untuk memprediksi stok obat di apotek (Yanti, 2011), untuk memprediksi tingkat suku bunga bank (Anwar, 2011), untuk memprediksi penyakit THT (Jumarwanto, *et al*, 2009).

Dari gambaran wacana di atas, penulis akan mencoba mempelajari dan melakukan analisa pengujian menggunakan Jaringan Syaraf Tiruan Algoritma *Backpropagation* dalam memprediksi ketersediaan komoditi pangan Provinsi Riau.

**2. Teori Pendukung**

**2.1 Jaringan Syaraf Tiruan (Artificial Neural Networks)**

Jaringan Syaraf Tiruan adalah merupakan salah satu representasi buatan dari otak manusia yang selalu mencoba untuk mensimulasikan proses pembelajaran pada otak manusia tersebut. Istilah buatan disini digunakan karena jaringan syaraf ini diimplemintasikan dengan menggunakan program komputer yang mampu menyelesaikan sejumlah proses perhitungan selama proses pembelajaran (Andrijasa dan Mistianingsih, 2010).

Pada penelitian ini akan dirancang jaringan syaraf tiruan model lapisan banyak yang mana arsitektur tipe ini memiliki satu atau lebih lapisan yang terletak di antara lapisan masukan dan lapisan keluaran, memiliki juga satu atau lebih lapisan tersembunyi. Umumnya, ada lapisan bobot-bobot yang terletak antara dua lapisan yang bersebelahan. Jaringan dengan banyak lapisan ini dapat menyelesaikan permasalahan yang lebih sulit daripada lapisan dengan lapisan tunggal, tentu saja dengan pembelajaran yang lebih rumit juga. Gambar 1 merupakan salah satu contoh model *neuron* dengan banyak lapisan dan hanya memiliki satu lapisan tersembunyi.  $V_{ij}$  adalah bobot-bobot yang menghubungkan antara *neuron-neuron* pada lapisan masukan dengan lapisan tersembunyi. Sedangkan  $W_{jk}$  adalah bobot-bobot yang menghubungkan antara *neuron-neuron* pada lapisan tersembunyi dengan lapisan keluaran.  $z_{in_j}$  adalah hasil pengolahan data pada lapisan tersembunyi dengan fungsi aktivasi  $F1$  untuk menghasilkan  $z_j$  ( $j=1, \dots, k$ );

$$z_{in_j} = \sum_{i=1}^n x_i \cdot w_{ij} \dots\dots\dots (1)$$

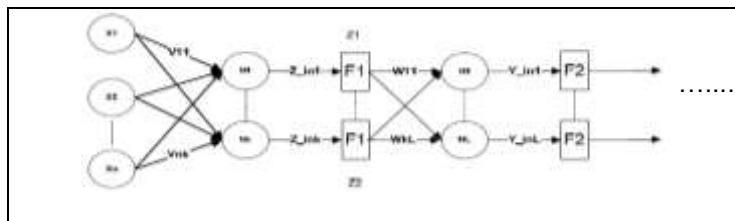
$$z_j = F1(z_{in_j}) \dots\dots\dots (2)$$

Sedangkan  $y_{ink}$  adalah hasil pengolahan data pada lapisan keluaran dengan fungsi aktivasi  $F2$  untuk menghasilkan keluaran jaringan. .... (3)

$$y_k; (k = 1, \dots, L)$$

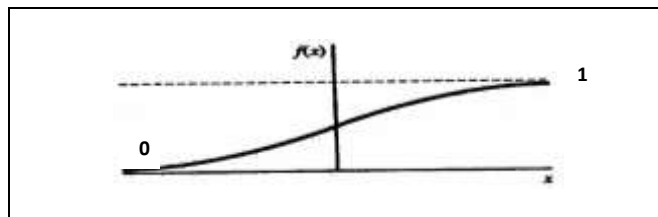
$$y_{in_k} = \sum_{j=1}^n z_j \cdot w_{jk} \dots\dots\dots (4)$$

$$z_j = F2(y_{in_k}) \dots\dots\dots (5)$$



Gambar 1. Model *Neuron* Dengan Banyak Lapisan

Fungsi aktivasi yang digunakan untuk jaringan syaraf tiruan pada penelitian ini adalah fungsi *sigmoid biner*. Fungsi ini dilatih menggunakan metode *Backpropagation*. Fungsi *sigmoid biner* yang tampak pada Gambar 2 memiliki nilai antara 0 sampai 1. Karena itu, fungsi ini sering digunakan untuk jaringan syaraf yang membutuhkan nilai keluaran yang terletak pada interval 0 sampai 1. Fungsi *sigmoid biner* dirumuskan sebagai berikut :



Gambar 2. Fungsi Aktivasi *Sigmoid Biner*

$$y = f(x) = \frac{1}{1+e^{-\sigma x}} \dots\dots\dots (7)$$

$$y = f(x) = \sigma f(x)[1 - f(x)]$$

Untuk menormalisasikan/transformasi data dan nilai agar dapat bernilai 0 hingga 1, dapat menggunakan rumus sebagai berikut (Sya'diyah, 2011) :

$$\text{Nilai } X_{\text{baru}} = \frac{\text{Nilai } X_{\text{Lama}} - \text{Nilai } X_{\text{Minimum}}}{\text{Nilai } X_{\text{Maximum}} - \text{Nilai } X_{\text{Minimum}}}$$

## 2.2 Algoritma Backpropagation

Jaringan syaraf tiruan dengan *layer* tunggal memiliki keterbatasan dalam pengenalan pola. Kelemahan ini bisa ditanggulangi dengan menambahkan satu atau beberapa *layer* tersembunyi di antara *layer* masukan dan *layer* keluaran. Jaringan Syaraf Tiruan *Backpropagation* (JST-BP) melatih jaringan mendapatkan keseimbangan antara kemampuan jaringan untuk mengenali pola yang digunakan selama pelatihan serta kemampuan untuk memberikan respon yang benar terhadap pola masukan yang serupa dengan pola yang dipakai selama pelatihan (Jumarwanto. *et al*, 2009).

### 2.2.1 Pelatihan Algoritma Backpropagation

Pelatihan *Backpropagation* dilakukan melalui langkah-langkah berikut ini : (Anike. *et al*, 2012).

0. Inisialisasi bobot;
1. Selama kondisi berhenti bernilai salah, kerjakan langkah 2 – 9;
2. Untuk setiap data *training*, lakukan langkah 3 – 8.
3. Untuk langkah 3 hingga 5 merupakan Proses Umpan Maju (*Feedforward*). Setiap unit *input* ( $X_i, i = 1, \dots, n$ ); menerima sinyal *input* dan menyebarkan sinyal tersebut ke seluruh unit tersembunyi.
4. Pada setiap unit tersembunyi ( $Z_j, j = 1, \dots, p$ ); menjumlahkan sinyal-sinyal *input* yang sudah berbobot (termasuk bias nya)

$$z\_in_j = v_0 + \sum_{i=1}^n x_i \cdot v_{ij} \dots\dots\dots(9)$$

Lalu menghitung sinyal *output* dari unit tersembunyi dengan menggunakan fungsi aktivasi yang telah ditentukan  $z_j = f(z_{in_j})$ . Sinyal *output* ini selanjutnya dikirim ke seluruh unit pada unit diatas (unit *output*).

5. Tiap-tiap *output* ( $Y_k, k = 1, \dots, m$ ); menjumlahkan bobot sinyal *input* :

$$y\_in_k = w_0 + \sum_{i=1}^p z_i \cdot w_{jk} \dots\dots\dots(10)$$

Lalu menghitung sinyal *output* dari unit *output* bersangkutan dengan menggunakan fungsi aktivasi yang telah ditentukan  $y_k = f(y_{in_k})$ . Sinyal *output* ini selanjutnya dikirim ke seluruh unit *output*.

6. Untuk langkah 6 hingga 7 merupakan Proses Umpan Mundur (*Backward*) / Propagasi *Error*. Setiap unit *output* ( $Y_k, k = 1, \dots, m$ ); menerima suatu pola *target* yang sesuai dengan pola *input* pelatihan, untuk menghitung kesalahan (*error*) antara target dengan *output* yang dihasilkan jaringan;

$$\delta_k = (t_k - y_k) f'(y_{in_k}) \dots\dots\dots(11)$$

Faktor  $\delta_k$  digunakan untuk menghitung koreksi *error* ( $\Delta w_{jk}$ ) yang nantinya akan dipakai untuk memperbaiki  $w_{jk}$  dimana :

$$\Delta w_{jk} = \alpha \delta_k z_j \dots\dots\dots(12)$$

Selain itu juga dihitung koreksi bias ( $\Delta w_{ok}$ ) yang nantinya akan dipakai untuk memperbaiki  $w_{ok}$  dimana :

$$\Delta w_{ok} = \alpha \delta_k \dots\dots\dots(13)$$

Faktor  $\delta_k$  kemudian dikirimkan ke lapisan yang berada pada langkah 7.

7. Setiap unit tersembunyi ( $Z_j, j = 1, \dots, p$ ); menerima *input* delta (dari langkah ke-6) yang sudah berbobot :

$$\delta_{in_j} = \sum_{k=1}^m \delta_k w_{jk} \dots\dots\dots(14)$$

Kemudian hasilnya dikalikan dengan turunan dari fungsi aktivasi yang digunakan untuk menghitung informasi kesalahan *error*  $\delta_i$  dimana :

$$\delta_j = \delta_{in_j} f'(z_{in_j}) \dots\dots\dots(15)$$

Kemudian hitunglah koreksi bobot dengan :

$$\Delta v_{ij} = \alpha \delta_j x_i \dots\dots\dots(16)$$

Kemudian hitunglah koreksi bias :

$$\Delta v_{oj} = \alpha \delta_j \dots\dots\dots(18)$$

8. Untuk langkah 6 hingga 7 merupakan Proses *Update* Bobot dan *Bias*. Setiap unit *output* ( $Y_k, k = 1, \dots, m$ ); memperbaiki bobot dan bias dari seti ap unit tersembunyi ( $j = 0, \dots, p$ );

$$w_{jk}(\text{baru}) = w_{jk}(\text{lama}) + \Delta w_{jk}$$

9. Tes kondisi berhenti apabila *error* ditemukan. Jika kondisi berhenti terpenuhi, maka pelatihan jaringan dapat dihentikan.

### Pengujian *Backpropagation*

Pengujian dilakukan melalui *feedforward* dengan langkah-langkah sebagai berikut :

0. Inisialisasi bobot (hasil pelatihan);
1. Untuk setiap vektor *input*, kerjakan langkah 2 – 4;
2. Untuk  $i=1, \dots, n$  : set aktivasi unit *input*  $X_1$ .
3. Untuk  $j=1, \dots, p$  :

$$z_{in_j} = v_{oj} + \sum_{i=1}^n x_i \cdot v_{ij} \dots\dots\dots(19)$$

$$z_j = f(z_{in_j}) \dots\dots\dots(20)$$

4. Untuk  $k=1, \dots, p$  :

$$y_{in_k} = w_{ok} + \sum_{i=1}^n z_i \cdot w_{jk} \dots\dots\dots(21)$$

$$y_k = f(y_{in_k}) \dots\dots\dots(22)$$

### Denormalisasi *Testing*

Setelah dilakukan proses *training* dan *testing* pola-pola yang dilatih, maka akan diperoleh hasil bahwa pengujian terhadap pola-pola tersebut apakah telah benar/akurat atau sebaliknya. Untuk menghitung Rata-rata *Error* (RMSE) jaringan, dapat dilakukan dengan rumus (Andrijasa dan Mistianingsih, 2010) :

$$RMSE = \sum_{i=1}^n \frac{(y_i - y_n)^2}{N} \dots\dots\dots(23)$$

Di mana :

- $y_i$  = Nilai aktual data (*target*)
- $y_n$  = Nilai hasil prediksi (*actual output*)
- $N$  = Jumlah data yang diujikan

Sedangkan untuk proses denormalisasi atau mengembalikan kembali nilai hasil prediksi jaringan ke bentuk data semula (sebelum normalisasi) dapat menggunakan rumus sebagai berikut :

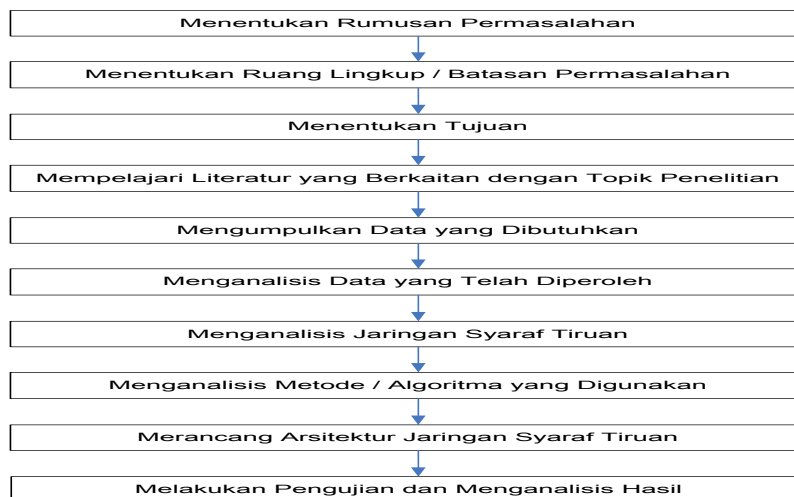
$$x_i = y_n(x_{max} - x_{min}) + x_{min} \dots\dots\dots(24)$$

Di mana :

- $x_i$  = Nilai  $X$  yang akan dilakukan denormalisasi
- $y_n$  = Nilai hasil prediksi (*actual output*) yang sesuai dengan  $x_i$
- $x_{max}$  = Nilai maksimum pada barisan  $X$
- $x_{min}$  = Nilai minimum pada barisan  $X$

### 3. Metodologi Penelitian

Kerangka kerja merupakan langkah-langkah dan metode dalam melakukan penelitian. Suatu penelitian biasanya selalu dimulai dengan suatu perencanaan yang seksama yang mengikuti sejumlah petunjuk yang disusun secara sistematis sehingga hasilnya dapat mewakili kondisi yang sebenarnya dan dapat dipertanggung jawabkan. Tahapan dari penelitian ini dapat dilihat pada gambar 1 berikut :



Gambar 3. Tahapan Penelitian

Berdasarkan kerangka kerja pada Gambar 3. maka tahapannya dapat dijelaskan sebagai berikut :

1. Menentukan Rumusan Permasalahan  
Pada tahap ini dirumuskan masalah yang akan menjadi objek penelitian. Perumusan masalah dilakukan untuk menentukan masalah apa saja yang terdapat pada objek penelitian. Perumusan masalah pada penelitian ini adalah sebagai berikut :
  - 1) Bagaimana menentukan kriteria masukan (*input*) yang diperlukan untuk memprediksi ketersediaan komoditi pangan?
  - 2) Bagaimana menentukan jumlah *hidden layer* yang tepat pada jaringan syaraf tiruan untuk memprediksi ketersediaan komoditi pangan?
  - 3) Bagaimana Jaringan Syaraf Tiruan Algoritma *Backpropagation* dalam memprediksi ketersediaan komoditi pangan Provinsi Riau?
2. Menentukan Ruang Lingkup / Batasan Permasalahan  
Tahapan menentukan ruang lingkup / batasan masalah ini dimaksudkan agar cakupan permasalahan yang diambil tidak melebar atau bahkan keluar dari jalur topik permasalahan penelitian. Batasan permasalahan pada penelitian ini adalah sebagai berikut :
  - 1) Komoditi pangan yang akan digunakan dalam penelitian ini untuk diujikan pada Jaringan Syaraf Tiruan Algoritma *Backpropagation* sebagai variabel adalah Padi/Beras, Jagung, Kedelai, Kacang Tanah, Kacang Hijau, Ubi Kayu dan Ubi Jalar berdasarkan data Dinas Tanaman Pangan dan Hortikultura Provinsi Riau.
  - 2) Data ketersediaan komoditi pangan yang digunakan untuk proses *learning* dan *testing* pada Jaringan Syaraf Tiruan Algoritma *Backpropagation* adalah data dari komoditi pangan Provinsi Riau yang telah disebutkan di atas dimulai pada Tahun 2006 hingga Tahun 2013.
  - 3) Kondisi ketersediaan komoditi pangan pada variabel yang digunakan pada Jaringan Syaraf Tiruan Algoritma *Backpropagation* mencakup empat hal : Luas Area Panen, Jumlah Produktivitas, Jumlah Produksi dan Kebutuhan Konsumsi.
  - 4) Tidak membahas proses distribusi dan harga jual komoditi pangan.
  - 5) Tidak membahas faktor eksternal seperti kegagalan panen, kebakaran lahan, wabah hama dan penyakit tanaman, bencana alam serta cuaca.
3. Menentukan Tujuan

Setelah memahami permasalahan dengan jelas, maka ditentukan tujuan penelitian yang akan dicapai dari penelitian ini. Tujuan penulisan penelitian ini adalah :

- 1) Memahami konsep Jaringan Syaraf Tiruan dan proses Algoritma *Backpropagation*.
- 2) Menganalisa hal-hal yang berkenaan dengan ketersediaan komoditi pangan.
- 3) Merancang suatu arsitektur Jaringan Syaraf Tiruan untuk prediksi ketersediaan komoditi pangan.
- 4) Membangun suatu arsitektur Jaringan Syaraf Tiruan menggunakan Algoritma *Backpropagation* untuk prediksi ketersediaan komoditi pangan.
- 5) Melakukan pengujian arsitektur Jaringan Syaraf Tiruan Algoritma *Backpropagation* dalam memprediksi ketersediaan komoditi pangan.
4. Mempelajari Literatur yang Berkaitan dengan Topik Penelitian  
Untuk mencapai tujuan penelitian, maka dipelajari literatur-literatur yang berkaitan dengan topik penelitian dan dapat dijadikan dasar atau sumber rujukan penelitian ini. Selain itu juga dilakukan studi kepustakaan, yaitu dengan membaca buku-buku yang menunjang dalam menganalisa data dan informasi yang diperoleh nantinya. Keseluruhan literatur dan studi kepustakaan pada penelitian ini terangkum pada Bab Referensi.
5. Mengumpulkan Data yang Dibutuhkan  
Dalam pengumpulan data dilakukan observasi yaitu pengamatan secara langsung di tempat penelitian, yakni Dinas Tanaman Pangan dan Hortikultura Provinsi Riau, sehingga masalah yang ada dapat diketahui dengan jelas, kemudian dilakukan wawancara yang bertujuan untuk mendapatkan informasi yang dibutuhkan.
6. Menganalisis Data yang Telah Diperoleh  
Pada tahap ini dilakukan analisa terhadap data yang telah diperoleh pada tahapan pengumpulan data. Berdasarkan observasi yang telah dilakukan, literatur dan buku yang telah dijadikan rujukan, maka data-data tersebut akan diolah, disusun dan dikelompokkan dalam bentuk table multi kriteria sederhana. Hal ini dilakukan agar mempermudah dalam analisa dan proses data nantinya.
7. Menganalisis Jaringan Syaraf Tiruan  
Pada tahapan ini akan dianalisa Jaringan Syaraf Tiruan yang akan digunakan pada penelitian ini.
8. Menganalisis Metode / Algoritma yang Digunakan  
Pada penelitian ini akan dilakukan analisa dan pengujian menggunakan metode *Backpropagation*.
9. Merancang Arsitektur Jaringan Syaraf Tiruan  
Pada tahapan ini akan dirancang (*design*) arsitektur Jaringan Syaraf Tiruan yang sesuai untuk topik penelitian ini. Akan dilakukan inialisai data *input*, percobaan berbagai arsitektur yang diharapkan sesuai seperti menentukan jumlah *neuron* dan *hidden layer*, menentukan fungsi aktivasi yang digunakan, menentukan fungsi pembelajaran dan penetapan *output / target*.
10. Melakukan Pengujian dan Menganalisis Hasil  
Pada tahapan ini dilakukan pengujian dan analisis hasil pengujian menggunakan perangkat keras dan perangkat lunak sebagai berikut :
  - a. Perangkat Keras : Laptop Axioo Pico 10 Inches  
*Processor* : Intel Atom CPU D2500 1,86 GHz  
*RAM* : 2 GB  
*Harddisk* : 320 GB
  - b. Perangkat Lunak  
*Operating System* : *Windows 7 Ultimate*  
*Aplikasi Pengujian* : Matlab Versi 6.1Proses pengujian ini bertujuan untuk mengetahui apakah arsitektur Jaringan Syaraf Tiruan yang dibuat dapat mengeluarkan hasil yang diharapkan, yakni dapat memprediksi ketersediaan komoditi pangan Provinsi Riau.

#### 4. Analisa dan Hasil

##### 4.1 Analisis Data Komoditi Pangan Provinsi Riau

Berikut tabel data komoditi pangan yang telah diperoleh dan diolah pada penelitian ini :

Tabel 1. Komoditi Pangan Provinsi Riau

Tahun	Luas Area Panen (Ha)							Produktivitas (KuHa)						
	Padi	Jagung	Kedelai	Kacang Tanah	Kacang Hijau	Ubi Kayu	Ubi Jalar	Padi	Jagung	Kedelai	Kacang Tanah	Kacang Hijau	Ubi Kayu	Ubi Jalar
$F_1$	$F_2$	$F_3$	$F_4$	$F_5$	$F_6$	$F_7$	$F_8$	$F_9$	$F_{10}$	$F_{11}$	$F_{12}$	$F_{13}$	$F_{14}$	$F_{15}$
$X_1$	136.177	15.539	3.994	3.619	2.194	4.410	1.413	31,53	22,35	10,53	9,36	10,53	108,00	78,72
$X_2$	147.167	18.379	2.266	3.475	1.650	4.718	1.627	33,30	21,99	10,68	9,28	10,54	109,76	78,76
$X_3$	147.796	21.397	4.319	2.412	1.577	4.625	1.429	33,44	22,41	10,86	9,29	10,70	109,78	79,29
$X_4$	149.423	25.016	4.906	2.023	958	4.379	1.230	35,57	22,59	10,80	9,99	10,58	155,39	79,15
$X_5$	156.088	18.044	5.252	2.188	1.140	4.237	1.252	36,83	23,20	11,10	9,17	10,77	179,15	79,61
$X_6$	145.242	14.139	6.425	1.819	938	4.144	1.203	36,89	23,48	11,05	9,30	10,61	191,80	82,39
$X_7$	144.015	13.284	1.949	1.723	865	3.642	1.137	35,56	23,66	11,35	9,41	10,64	243,21	82,88
$X_8$	118.518	11.748	3.686	1.325	585	3.863	1.028	36,63	23,88	11,34	9,38	10,58	266,81	82,32

Tahun	Produksi (Ton)							Konsumsi (Ton)						
	Padi	Jagung	Kedelai	Kacang Tanah	Kacang Hijau	Ubi Kayu	Ubi Jalar	Padi	Jagung	Kedelai	Kacang Tanah	Kacang Hijau	Ubi Kayu	Ubi Jalar
$F_1$	$F_{16}$	$F_{17}$	$F_{18}$	$F_{19}$	$F_{20}$	$F_{21}$	$F_{22}$	$F_{23}$	$F_{24}$	$F_{25}$	$F_{26}$	$F_{27}$	$F_{28}$	$F_{29}$
$X_1$	429,380	34,728	4,205	3,387	2,311	47,586	11,123	546,418	11,175	42,465	4,718	4,966	26,820	9,685
$X_2$	490,087	40,410	2,419	3,225	1,739	51,784	12,814	552,270	11,294	42,920	4,768	5,019	27,107	9,788
$X_3$	494,260	47,959	4,689	2,240	1,688	50,772	11,330	577,028	12,194	46,287	5,137	5,396	29,214	10,533
$X_4$	531,429	56,521	5,298	2,020	1,014	68,046	9,736	557,359	11,916	45,232	5,020	5,273	28,549	10,294
$X_5$	574,864	41,862	5,830	2,007	1,228	75,904	9,967	576,475	47,115	37,249	6,097	6,097	74,276	16,629
$X_6$	535,788	33,197	7,100	1,692	995	79,480	9,912	611,763	52,814	56,335	6,455	6,455	78,634	17,604
$X_7$	512,152	31,433	4,182	1,622	920	88,577	9,424	630,878	58,512	59,701	6,404	7,532	78,921	16,629
$X_8$	434,151	28,052	2,211	1,243	619	103,070	8,462	655,637	59,411	50,663	6,762	7,225	82,991	18,109

#### 4.2 Normalisasi Data

Data-data yang terdapat pada tabel 1 belumlah dapat kita gunakan secara langsung pada proses pelatihan dan pengujian arsitektur Jaringan Syaraf Tiruan yang kita buat, data-data tersebut nilai nya harus kita normalisasikan terlebih dahulu. Pada penelitian ini menggunakan fungsi aktivasi *Sigmoid Biner*, maka nilai-nilai yang akan kita gunakan pada Jaringan Syaraf Tiruan nantinya haruslah bernilai antara 0 hingga 1, rumus normalisasi nilai sesuai dengan Rumus 8. Dengan catatan, rujukan nilai untuk menentukan nilai *maximum* dan *minimum* adalah perkolom (masing-masing  $F$ ) dan sesuaikan dengan jenis tabelnya, karena setiap jenis tabel memiliki satuan yang berbeda-beda.

Tabel 2. Normalisasi Data Komoditi Pangan

$F_1$	$F_2$	$F_3$	$F_4$	$F_5$	$F_6$	$F_7$	$F_8$	$F_9$	$F_{10}$	$F_{11}$	$F_{12}$	$F_{13}$	$F_{14}$	$F_{15}$
$X_1$	0,4700	0,2857	0,4569	1,0000	1,0000	0,7138	0,6427	0	0,1905	0	0,2317	0	0	0
$X_2$	0,7625	0,4998	0,0708	0,9372	0,6619	1,0000	1,0000	0,3302	0	0,1829	0,1341	0,0417	0,0111	0,0096
$X_3$	0,7793	0,7272	0,5295	0,4738	0,6165	0,9136	0,6694	0,3563	0,2222	0,4024	0,1463	0,7083	0,0112	0,1370
$X_4$	0,8226	1,0000	0,6606	0,3043	0,2318	0,6849	0,3372	0,7537	0,3175	0,3293	1,0000	0,2083	0,2984	0,1034
$X_5$	1,0000	0,4745	0,7379	0,3762	0,3449	0,5530	0,3740	0,9888	0,6402	0,6951	0	1,0000	0,4480	0,2139
$X_6$	0,7113	0,1802	1,0000	0,2153	0,2194	0,4665	0,2922	1,0000	0,7884	0,6341	0,1585	0,3333	0,5277	0,8822
$X_7$	0,678	0,11	0	0,173	0,174	0	0,182	0,751	0,883	1,000	0,292	0,458	0,851	1,000

	7	58		5	0		0	9	6	0	7	3	4	0
$X_8$	0	0	0,38 81	0	0	0,205 4	0	0,951 5	1,000 0	0,987 8	0,256 1	0,208 3	1,000 0	0,865 4

$F_{16}$	$F_{17}$	$F_{18}$	$F_{19}$	$F_{20}$	$F_{21}$	$F_{22}$	$F_{23}$	$F_{24}$	$F_{25}$	$F_{26}$	$F_{27}$	$F_{28}$	$F_{29}$
0	0,23 45	0,407 9	1,00 00	0,00 13	0	0,61 14	0	0	0,232 3	0	0	0	0
0,417 3	0,43 41	0,042 5	0,92 44	0,00 07	0,075 7	1,00 00	0,053 6	0,00 25	0,252 6	0,02 45	0,02 07	0,005 1	0,01 22
0,446 0	0,69 93	0,506 9	0,46 50	0,00 07	0,057 4	0,65 90	0,280 3	0,02 11	0,402 5	0,20 50	0,16 76	0,042 6	0,10 07
0,701 4	1,00 00	0,631 4	0,36 24	0	0,368 8	0,29 27	0,100 2	0,01 54	0,355 6	0,14 77	0,11 96	0,030 8	0,07 23
1,000 0	0,48 51	0,740 2	0,35 63	0,00 02	0,510 4	0,34 58	0,275 2	0,74 51	0	0,67 47	0,44 08	0,844 8	0,82 43
0,731 4	0,18 07	1,000 0	0,20 94	1,00 00	0,574 8	0,33 32	0,598 3	0,86 32	0,850 1	0,84 98	0,58 03	0,922 4	0,94 01
0,568 9	0,11 88	0,403 1	0,17 68	0,92 45	0,738 8	0,22 10	0,773 3	0,98 14	1,000 0	0,82 49	1,00 00	0,927 5	0,82 43
0,032 8	0	0	0	0,62 17	1,000 0	0	1,000 0	1,00 00	0,597 5	1,00 00	0,88 04	1,000 0	1,00 00

### 4.3 Arsitektur Jaringan Syaraf Tiruan Yang Akan Dibangun

Pada penelitian ini, akan dirancang suatu arsitektur Jaringan Syaraf Tiruan sebagai berikut :

1. Arsitektur Jaringan Syaraf Tiruan yang dirancang adalah model dengan lapisan banyak.
2. Fungsi aktivasi.  
 Karakteristik yang harus dimiliki oleh suatu fungsi aktivasi yaitu kontinu, differensiabel dan monoton menurun. Salah satu fungsi yang sering digunakan adalah fungsi *sigmoid biner* yang memiliki *range* (0-1). *Node* pada *output layer* memiliki nilai antara 0-1.
3. *Input-an* parameter jaringan *node* pada penelitian ini adalah:  
 Jumlah *node input layer* = 7 *node*, yang telah diinisialisasikan sebagai  $X_1$  (Tahun 2006),  $X_2$  (Tahun 2007),  $X_3$  (Tahun 2008),  $X_4$  (Tahun 2009),  $X_5$  (Tahun 2010),  $X_6$  (Tahun 2011),  $X_7$  (Tahun 2012).

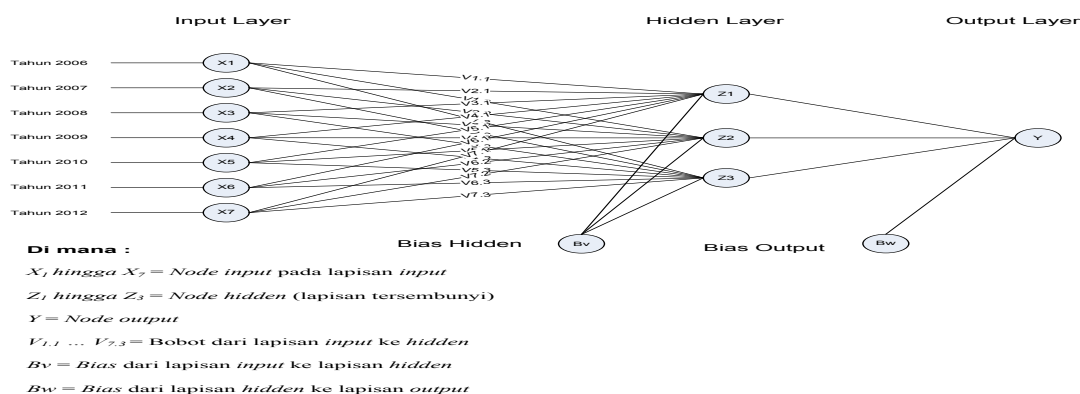
Data yang telah dinormalisasi pada Tabel 2 diatas akan ditransformasikan (normalisasikan) kembali dengan melakukan perubahan kolom untuk data *node input layer* ( $X_1$  hingga  $X_7$ ) dan  $X_8$  sebagai data target.

Tabel 3. Normalisasi Data *Input*

	$X_1$	$X_2$	$X_3$	$X_4$	$X_5$	$X_6$	$X_7$	$X_8$
$F_1$	0	0,1429	0,2857	0,4286	0,5714	0,7143	0,8571	1
$F_2$	0,4700	0,7625	0,7793	0,8226	1	0,7113	0,6787	0
$F_3$	0,2857	0,4998	0,7272	1	0,4745	0,1802	0,1158	0
$F_4$	0,4569	0,0708	0,5295	0,6606	0,7379	1	0	0,3881
$F_5$	1	0,9372	0,4738	0,3043	0,3762	0,2153	0,1735	0
$F_6$	1	0,6619	0,6165	0,2318	0,3449	0,2194	0,1740	0
$F_7$	0,7128	1	0,9128	0,6849	0,5520	0,4665	0	0,2054
$F_8$	0,6427	1	0,6694	0,2372	0,3740	0,2922	0,1820	0
$F_9$	0	0,3302	0,3363	0,7537	0,9888	1	0,7519	0,9513
$F_{10}$	0,1905	0	0,2222	0,3175	0,6402	0,7884	0,8836	1
$F_{11}$	0	0,1829	0,4024	0,3293	0,6931	0,6341	1	0,9878
$F_{12}$	0,2317	0,1341	0,1463	1	0	0,1585	0,2927	0,2261
$F_{13}$	0	0,0417	0,7083	0,2083	1	0,3233	0,4583	0,2083
$F_{14}$	0	0,0111	0,0112	0,2984	0,4480	0,5277	0,8514	1
$F_{15}$	0	0,0096	0,1370	0,1034	0,2139	0,8822	1	0,9654
$F_{16}$	0	0,4173	0,4460	0,7014	1	0,7314	0,5689	0,0328
$F_{17}$	0,2345	0,4341	0,6993	1	0,4851	0,1807	0,1188	0
$F_{18}$	0,4079	0,0425	0,5069	0,6314	0,7402	1	0,4031	0
$F_{19}$	1	0,9244	0,4650	0,3624	0,3563	0,2094	0,1768	0
$F_{20}$	0,0013	0,0007	0,0007	0	0,0002	1	0,0245	0,6217
$F_{21}$	0	0,0757	0,0774	0,2688	0,5104	0,7748	0,7398	1
$F_{22}$	0,6114	1	0,6590	0,2927	0,3458	0,3332	0,2210	0
$F_{23}$	0	0,0538	0,2803	0,1002	0,2732	0,5983	0,7733	1
$F_{24}$	0	0,0025	0,0211	0,0154	0,7451	0,8692	0,9814	1
$F_{25}$	0,2333	0,2526	0,4035	0,3556	0	0,8501	1	0,5975
$F_{26}$	0	0,0245	0,2050	0,1477	0,6747	0,8498	0,8249	1
$F_{27}$	0	0,0207	0,1678	0,1196	0,4408	0,5803	1	0,8804
$F_{28}$	0	0,0051	0,0426	0,0308	0,8448	0,9224	0,9275	1
$F_{29}$	0	0,0122	0,1067	0,0733	0,8243	0,9461	0,8243	1

4. Arsitektur Jaringan Syaraf Tiruan menggunakan Algoritma *Backpropagation* yang dibangun pada penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 4.





Gambar 4. Arsitektur Jaringan Syaraf Tiruan yang Akan Dibangun

#### 4.4 Implementasi dan Pengujian

Implementasi dan pengujian dari jaringan syaraf tiruan dengan algoritma *backpropagation* dimulai dengan menjelaskan perangkat lunak pengujian yaitu Matlab, pemrograman jaringan syaraf tiruan, langkah pengolahan data dengan matlab dan pelatihan jaringan syaraf tiruan.

##### 4.4.1 Implementasi Matlab

Untuk mengolah data *training* dan *testing* dengan menggunakan algoritma *backpropagation* di Matlab menggunakan tahapan-tahapan perintah sebagai berikut :

1. Membuat jaringan *backpropagation* dengan perintah :  
`net = newff(minmax(p),[3,1], {'logsig','logsig'},'traingdx');`
2. Melihat bobot dari *input layer* ke *hidden layer* dengan perintah :  
`net.IW{1,1}`
3. Melihat bobot dari *hidden layer* ke *output layer* dengan perintah :  
`net.LW{2,1}`
4. Melihat bias dari input ke *hidden layer* dengan perintah ;  
`net.b{1}`
5. Melihat bias dari *hidden layer* ke *output layer* dengan perintah :  
`net.b{2}`
6. Melihat *output* yang dihasilkan jaringan, *error* dan *performance* dengan perintah :  
`[y,Pf,Af,e,perf]`
7. Melakukan training terhadap jaringan syaraf tiruan dengan perintah :  
`net = train(net,p,t)`

##### 4.4.2 Pengujian

Dari beberapa pengujian arsitektur model Jaringan Syaraf Tiruan yang telah dilakukan dengan memasukkan parameter-parameter berbeda untuk *learning rate*, *goal* dan jumlah data, secara keseluruhan dapat dilihat pada Tabel 4 berikut :

Tabel 4. Pengujian Arsitektur Model Jaringan Syaraf Tiruan

No	Arsitektur	Jumlah Data	Parameter			Epoch Ditemukan	Output		RMSE	% Akurasi	Perf.
			LR	Maks. Epochs	Goal / MSE		Target	Yn			
1	Pola 7-3-1	10	0.01	100.000	0.01	206	0.8571	0.9269	0.0078036727	99.97	0.1565
	Pola 7-3-1	20	0.02	100.000	0.02	164	0.8571	0.9269	0.0097798960	99.97	0.2348
	Pola 7-3-1	29	0.03	100.000	0.03	133	0.8571	0.9269	0.0103021197	99.96	0.1799
2	Pola 7-7-1	10	0.01	100.000	0.01	245	0.8571	0.5966	0.0046332582	99.98	0.2060
	Pola 7-7-1	20	0.02	100.000	0.02	128	0.8571	0.5966	0.0047208536	99.98	0.1675

	Pola 7-7-1	29	0.03	100.000	0.03	101	0.8571	0.5966	0.0054006166	99.98	0.2013
3	Pola 7-14-1	10	0.01	100.000	0.01	274	0.8571	0.8758	0.0037859020	99.99	0.2335
	Pola 7-14-1	20	0.02	100.000	0.02	157	0.8571	0.8758	0.0043314866	99.99	0.2776
	Pola 7-14-1	29	0.03	100.000	0.03	110	0.8571	0.8758	0.0033438208	99.99	0.2185
4	Pola 7-25-1	10	0.01	100.000	0.01	125	0.8571	0.0538	0.0086997268	99.97	0.2474
	Pola 7-25-1	20	0.02	100.000	0.02	131	0.8571	0.0538	0.0103544067	99.96	0.2853
	Pola 7-25-1	29	0.03	100.000	0.03	90	0.8571	0.0538	0.0132718381	99.95	0.4008
5	Pola 7-29-1	10	0.01	100.000	0.01	159	0.8571	0.9314	0.0128796192	99.96	0.5183
	Pola 7-29-1	20	0.02	100.000	0.02	112	0.8571	0.9314	0.0101370875	99.97	0.4536
	Pola 7-29-1	29	0.03	100.000	0.03	83	0.8571	0.9314	0.0086763061	99.97	0.3545

Untuk menentukan arsitektur model jaringan syaraf tiruan terbaik yang akan digunakan dalam memprediksi, pada penelitian ini penulis mengambil kriteria bahwa arsitektur terbaik adalah yang memiliki nilai rata-rata *error* (RMSE) terkecil, dengan penemuan *goal* pada *epochs* tercepat (terkecil nilainya) dan memiliki unjuk kerja untuk tingkat kesalahan (*performance*) terkecil. Kandidat terbaik untuk kriteria diatas adalah arsitektur model 7-14-1 skenario ketiga dan arsitektur model 7-29-1 skenario ketiga. Namun dengan memperbandingkan kedua arsitektur ini dan melihat nilai yang terkecil lebih banyak dimiliki suatu arsitektur untuk tiap kriterianya, maka dipilihlah arsitektur model 7-14-1 sebagai yang terbaik dengan *epochs* 110, RMSE 0,0033438208 dan *performance* 0,2185. Solusi pengujian yang dilakukan pada penelitian ini akan digunakan untuk memprediksi jumlah ketersediaan komoditi pangan Provinsi Riau.

#### 4.4.3 Denormalisasi Testing Prediksi Ketersediaan Komoditi Pangan

Proses denormalisasi adalah suatu proses untuk mengembalikan lagi data yang telah dinormalisasi kedalam bentuk data semula menggunakan nilai hasil pelatihan dan pengujian arsitektur Jaringan Syaraf Tiruan yang paling baik (Pola 7-14-1 di atas). Pada penelitian ini, denormalisasi bertujuan agar mengetahui nilai keluaran ketersediaan komoditi pangan. Agar lebih jelasnya dapat dilihat pada Tabel 5 hingga Tabel 8 berikut ini :

Tabel 5. Hasil Prediksi Luas Area Panen Provinsi Riau Untuk Tahun 2014

Prediksi	Tahun	Luas Area Panen (Ha)						
		Padi	Jagung	Kedelai	Kacang Tanah	Kacang Hijau	Ubi Kayu	Ubi Jalar
	$F_1$	$F_2$	$F_3$	$F_4$	$F_5$	$F_6$	$F_7$	$F_8$
$X_1$		136,177	15,539	3,994	3,619	2,194	4,410	1,413
$X_2$		147,167	18,379	2,266	3,475	1,650	4,718	1,627
$X_3$		147,796	21,397	4,319	2,412	1,577	4,625	1,429
$X_4$		149,423	25,016	4,906	2,023	958	4,579	1,230
$X_5$		156,088	18,044	5,252	2,188	1,140	4,237	1,252
$X_6$		145,242	14,139	6,425	1,819	938	4,144	1,203
$X_7$		144,015	13,284	1,949	1,723	865	3,642	1,137
$X_8$		118,518	11,748	3,686	1,325	585	3,863	1,028
$Y_u$	0,8758	0,9478	0,7995	0,3294	0,4098	0,3943	0,2543	0,6601
Min :	2006	118,518	11,748	1,949	1,325	585	3,642	1,028
Max :	2013	156,088	25,016	6,425	5,619	2,194	4,718	1,627
Hasil Prediksi		184,126 hektar	22,368 hektar	3,423,394 hektar	2,268,081 hektar	1,219,781 hektar	3,918,627 hektar	1,423,4 hektar
Kesimpulan Perbandingan Untuk Tahun Sebelumnya (2013)	2014	Naik	Naik	Turun	Naik	Naik	Naik	Naik

Tabel 6. Hasil Prediksi Produktivitas Komoditi Pangan Provinsi Riau Untuk Tahun 2014

Prediksi	Tahun	Produktivitas (kg/ha)						
		Padi	Jagung	Kedelai	Kacang Tanah	Kacang Hijau	Ubi Kayu	Ubi Jalar
		$F_1$	$F_2$	$F_3$	$F_4$	$F_5$	$F_6$	$F_7$
$X_1$		31,53	22,55	10,53	9,36	10,53	108,00	78,72
$X_2$		33,30	21,99	10,68	9,28	10,54	109,76	78,76
$X_3$		33,44	22,41	10,86	9,29	10,70	109,78	79,29
$X_4$		35,57	22,59	10,80	9,99	10,58	155,39	79,15
$X_5$		36,83	23,20	11,10	9,17	10,77	179,15	79,61
$X_6$		36,89	23,48	11,05	9,30	10,61	191,80	82,39
$X_7$		35,56	23,66	11,35	9,41	10,64	243,31	82,88
$X_8$		36,63	23,88	11,34	9,38	10,58	266,81	82,32
$Y_{av}$	0,8758	0,978	0,8733	0,8747	0,8107	0,8734	0,8131	0,8034
$Min$	2006	31,53	21,99	10,53	9,17	10,53	108	78,72
$Max$	2013	36,89	23,88	11,35	9,99	10,77	266,81	82,88
Hasil Prediksi		36,773 08 kg/ha	33,640 64 kg/ha	11,34726 64 kg/ha	9,834774 kg/ha	10,73938 kg/ha	237,1284 kg/ha	82,062 14 kg/ha
Kesimpulan Perbandingan Untuk Tahun Selanjutnya (2013)	2014	Naik	Turun	Turun	Naik	Naik	Turun	Turun

Tabel 7. Hasil Prediksi Jumlah Produksi Komoditi Pangan Provinsi Riau Untuk Tahun 2014

Prediksi	Tahun	Produksi (Ton)						
		Padi	Jagung	Kedelai	Kacang Tanah	Kacang Hijau	Ubi Kayu	Ubi Jalar
		$F_1$	$F_2$	$F_3$	$F_4$	$F_5$	$F_6$	$F_7$
$X_1$		429,380	34,728	4,205	3,387	2,311	47,586	11,123
$X_2$		490,087	40,410	3,419	3,225	1,739	51,784	12,814
$X_3$		494,260	47,959	4,689	2,240	1,688	50,772	11,330
$X_4$		331,429	58,521	3,398	2,020	1,014	68,046	9,738
$X_5$		374,864	41,863	3,850	2,007	1,228	75,904	9,967
$X_6$		335,788	33,197	7,100	1,692	995	79,480	9,912
$X_7$		312,153	31,435	4,183	1,623	820	88,379	9,424
$X_8$		434,191	28,052	2,311	1,243	619	103,070	8,462
$Y_{av}$	0,8758	0,9421	0,8185	0,865	0,3948	0,7334	0,8319	0,6738
$Min$	2006	429,38	34,728	2,311	1,243	1,014	47,586	8,462
$Max$	2013	494,260	58,521	7,1	3,387	995	103,07	12,814
Hasil Prediksi		406,440 6 ton	813,48 18 ton	6,43998 ton	2,069481 ton	749,8831 ton	93,74314 ton	11,394 38 ton
Kesimpulan Perbandingan Untuk Tahun Selanjutnya (2013)	2014	Naik	Naik	Naik	Naik	Naik	Turun	Naik

Tabel 8. Hasil Prediksi Jumlah Konsumsi Komoditi Pangan Provinsi Riau Untuk Tahun 2014

Prediksi	Tahun	Konsumsi (Ton)						
		Padi	Jagung	Kedelai	Kacang Tanah	Kacang Hijau	Ubi Kayu	Ubi Jalar
		$F_1$	$F_2$	$F_3$	$F_4$	$F_5$	$F_6$	$F_7$
$X_1$		546,418	11,175	42,465	4,718	4,966	26,820	9,683
$X_2$		532,270	11,294	42,920	4,768	5,019	27,107	9,788
$X_3$		577,028	12,194	46,287	5,137	5,396	29,214	10,333
$X_4$		337,339	11,916	43,232	3,020	3,273	28,349	10,294
$X_5$		376,475	47,115	37,249	6,097	6,097	74,276	16,629
$X_6$		611,763	32,814	36,335	6,453	6,453	78,634	17,604
$X_7$		630,878	38,312	59,701	6,404	7,532	78,921	16,629
$X_8$		635,637	59,411	50,663	6,762	7,225	82,991	18,109
$Y_{av}$	0,8758	0,7247	0,824	0,9285	0,8194	0,782	0,8522	0,8557
$Min$	2006	546,418	11,175	37,349	4,718	4,966	26,820	9,683
$Max$	2013	635,637	59,411	59,701	6,762	7,532	82,991	18,109
Hasil Prediksi		628,869 ton	80,923 ton	88,096 ton	6,393 ton	6,973 ton	74,689 ton	16,893 ton
Kesimpulan Perbandingan Untuk Tahun Selanjutnya (2013)	2014	Turun	Turun	Naik	Turun	Turun	Turun	Turun

### 5. Kesimpulan

Setelah melalui tahap pengujian untuk arsitektur jaringan syaraf tiruan menggunakan algoritma *backpropagation* dalam memprediksi ketersediaan komoditi pangan Provinsi Riau, maka didapatkan kesimpulan bahwa :

1. Algoritma *backpropagation* dapat melakukan proses prediksi, akan tetapi baik atau tidaknya nilai yang dihasilkan sangat dipengaruhi oleh penentuan parameter seperti besarnya *learning rate* dan jumlah *neuron* pada *hidden layer*.
2. Terdapat faktor-faktor yang mempengaruhi tingkat kebenaran prediksi pada jaringan syaraf tiruan *backpropagation* yaitu *learning rate*, *target error*, jumlah data pembelajaran dan nilai bobot yang diberikan secara acak yang pada tiap-tiap *neuron*.
3. Penurunan *learning rate* akan membuat proses pembelajaran semakin lambat.
4. Berdasarkan hasil pelatihan dan pengujian jaringan syaraf tiruan, model arsitektur yang memiliki nilai *RMSE* paling kecil adalah arsitektur 7-14-1 dengan nilai *error RMSE* 0,0033438208, persentase akurasi sebesar 99,99 % dan performa 0,2185. Solusi

pengujian yang dilakukan pada penelitian ini bertujuan untuk memberikan prediksi jumlah ketersediaan komoditi pangan Provinsi Riau, sehingga dapat memberikan solusi bagi Dinas Tanaman Pangan dan Hortikultura Provinsi Riau dalam mengambil kebijakan untuk menyediakan komoditi pangan untuk satu tahun mendatang.

#### Daftar Pustaka

- [1] Balaji, S. Arun. dan Baskaran, K. (2013). *“Design and Development of Artificial Neural Networking (ANN) System Using Sigmoid Activation Function to Predict Annual Rice Production in Tamilnadu”*. International Journal of Computer Science, Engineering and Information Technology (IJCEIT). Vol. 3. No.1.
- [2] Prahesti, Inggit. (2013). *“Implementasi Jaringan Syaraf Tiruan Algoritma Backpropagation untuk Memprediksi Curah Hujan di Yogyakarta”*. Naskah Publikasi STMIK-AMIKOM Yogyakarta.
- [3] Anike, Marleni., Suyoto, dan Ernawati. (2012). *“Pengembangan Jaringan Syaraf Tiruan dalam Memprediksi Jumlah Dokter Keluarga Menggunakan Backpropagation (Studi Kasus : Regional X Cabang Palu)”*. Seminar Nasional Teknologi Informasi dan Komunikasi (SENTIKA).
- [4] Devi, C. J., Reddy, B. S. P., Kumar, K.V., Reddy, B. M., Nayak, N.R. (2012). *“ANN Approach for Weather Prediction using Back Propagation”*. International Journal of Engineering Trends and Technology. Vol. 3. Issue 1.
- [5] Nasution, Helfi. (2012). *“Implementasi Logika Fuzzy pada Sistem Kecerdasan Buatan”*. Jurnal ELKHA. Vol .4. No 2.
- [6] Abd Alkader, Shahlla. A., Al-Allaf, Omaira. N. A. (2011). *“Backpropagation Neural Network Algorithm for Forecasting Soil Temperatures Considering Many Aspects: A Comparison of Different Approaches”*. The 5th International Conference on Information Technology.
- [7] Anwar, Badrul. (2011). *“Penerapan Algoritma Jaringan Syaraf Tiruan Backpropagation dalam Memprediksi Tingkat Suku Bunga Bank”*. Jurnal SAINTIKOM. Vol. 10. No. 2.
- [8] Rebello, S., Maheshwari, U., Safreena, Souza, R. V. D. (2011). *“Backpropagation Neural Network Method for Predicting Lac Gene Structures in Streptococcus Pyogenes M Group A Streptococcus Strains”*. International Journal for Biotechnology and Molecular Biology Research. Vol. 2 (4), PP. 61-72.
- [8] Sya'diyah, Zumrotus. (2011). *“Peramalan Jumlah Kendaraan Bermotor di DKI Jakarta dengan Jaringan Backpropagation”*. Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan. Universitas Darussalam. Ambon.
- [9] Yanti, Novi. (2011). *“Penerapan Metode Neural Network dengan Struktur Backpropagation untuk Prediksi Stok Obat di Apotek”*. Seminar Nasional Aplikasi Teknologi Informasi.
- [10] Andrijasa, M. F., dan Mistianingsih. (2010). *“Penerapan Jaringan Syaraf Tiruan Untuk Memprediksi Jumlah Pengangguran di Provinsi Kalimantan Timur Dengan Menggunakan Algoritma Pembelajaran Backpropagation”*. Jurnal Informatika Mulawarman. Vol. 5. No. 1.
- [11] Kusumadewi, Sri. (2010). *“Neuro-Fuzzy : Integrasi Sistem Fuzzy dan Jaringan Syaraf”*. Yogyakarta : Graha Ilmu. 69-146.
- [12] Vamsidhar, Enireddy., Varma, K. V. S. R. P., Rao, P. Sankara., Satapati, R. (2010). *“Prediction of Rainfall Using Backpropagation Neural Network Model”*. International Journal on Computer Science and Engineering (IJCSE). Vol. 02. No. 04. 1119-1121.
- [13] Jumarwanto, Arif. (2009). *“Aplikasi Jaringan Syaraf Tiruan Backpropagation untuk Memprediksi Penyakit THT di Rumah Sakit Mardi Rahayu Kudus”*. Jurnal Teknik Elektro. Vol. 1. No. 1.
- [15] Siang, J.J. (2009). *“Jaringan Syaraf Tiruan & Pemrogramannya Menggunakan Matlab”*. Yogyakarta : Penerbit Andi. 97-123.
- [16] Suyanto. (2007). *“Artificial Intelligence”*. Bandung : Penerbit Informatika. 163-205.
- [17] Desiani, Anita dan Arhami, Muhammad. (2006). *“Konsep Kecerdasan Buatan”*. Yogyakarta : Penerbit Andi. 161-183.
- [18] Kusumadewi, Sri. (2003). *“Artificial Intelligence : Teknik dan Aplikasinya”*. Yogyakarta : Penerbit Andi. 203-274.