



**PERAMALAN HARGA BERAS DI PROVINSI JAWA TENGAH  
MENGUNAKAN METODE *BACKPROPAGATION NEURAL  
NETWORK* DENGAN OPTIMASI *CONJUGATE GRADIENT  
BEALE-POWELL RESTARS***

**JURNAL ILMIAH**

**Diajukan sebagai salah satu syarat memperoleh gelar Sarjana Statistika**

**Oleh :**

**Suci Fuji Latul Arofah**

**B2A016023**

**PROGRAM STUDI S1 STATISTIKA  
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SEMARANG**

**2020**

**SURAT PERNYATAAN  
PUBLIKASI KARYA ILMIAH**

Nama : Suci Fuji Latul Arofah  
NIM : B2A016023  
Fakultas/Jurusan : S1 Statistika  
Jenis Penelitian : Skripsi  
Judul : Peramalan Harga Beras di Provinsi Jawa Tengah Menggunakan Metode *Backpropagation Neural Network* Dengan Optimasi *Conjugate Gradient Beale-Powell Restars*.  
Email : [sucifujilatul-arofah25@gmail.com](mailto:sucifujilatul-arofah25@gmail.com)

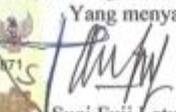
Dengan ini menyatakan bahwa saya menyetujui untuk :

1. Memberikan hak bebas royalti kepada perpustakaan UNIMUS atas penulisan karya ilmiah saya, demi pengembangan ilmu pengetahuan.
2. Memberikan hak menyuikan, mengalih mediakan/mengalih formatkan, mengefola dalam bentuk pengakalan data (*database*), mendistribusikannya, serta menampilkan dalam bentuk *softcopy* untuk kepentingan akademis kepada perpustakaan UNIMUS, tanpa perlu meminta ijin dari saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta.
3. Bersedia dan menjamin untuk menanggung secara pribadi tanpa melibatkan pihak perpustakaan UNIMUS, dari semua bentuk tuntutan hukum yang timbul atas pelanggaran hak cipta dalam karya ilmiah ini.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya dan semoga dapat digunakan sebagaimana mestinya.

Semarang, 08 Mei 2020

Yang menyatakan,

  
Suci Fuji Latul Arofah  
B2A016023



**PERAMALAN HARGA BERAS DI PROVINSI JAWA TENGAH MENGGUNAKAN  
METODE *BACKPROPAGATION NEURAL NETWORK* DENGAN OPTIMASI *CONJUGATE  
GRADIENT BEALE-POWELL RESTARS***

**Suci Fuji Latul Arofah<sup>(1)</sup>, Rochdi Wasono<sup>(2)</sup> dan Prizka Rismawati Arum<sup>(3)</sup>**

<sup>(1,2,3)</sup>Program Studi Statistika Universitas Muhammadiyah Semarang

Email : [sucifujilatularofah25@gmail.com](mailto:sucifujilatularofah25@gmail.com)

<b>Article history</b>	<b>Abstract</b>
Submission :	Central Java Province is one of the national food buffer provinces. The most controversial issue related to the issue of rice prices is the fluctuation in rice prices. One important effort to anticipate the occurrence of price fluctuations is by monitoring and forecasting the price of rice. Data types that have irregular patterns can be overcome using neural network methods. One of the Neural Network algorithms is Backpropagation. Backpropagation is a good technique used for prediction, but this backpropagation algorithm tends to be slow to achieve convergence in getting optimum accuracy. Optimization is needed by using other methods, so that the accuracy of the results obtained is better, faster with Conjugate Gradient Beale-Powell Restarts. The purpose of this study was to determine the general picture of rice prices in Central Java Province in 2010 - 2019 and predict the price of rice in Central Java Province in the next 12 periods using the Backpropagation Neural Network method with optimization of the Conjugate Gradient Beale-Powell Restart. The results of the study showed that the general picture rice price data in Central Java Province experienced price fluctuations from year to year. The results of tests that have been carried out obtained the best architectural model in this forecasting is 12-12-1. Forecasting the price of rice in Central Java Province 12 the next period has increased and decreased prices from month to month. MSE produced was 0.0324 and MAPE was 7.4493%
Revised :	
Accepted :	
<b>Keyword:</b> <i>Backpropagation Neural Network, Conjugate Gradient Beale-Powell Restarts, Forecasting Rice Prices</i>	

### **Pendahuluan**

Beras merupakan kebutuhan pokok yang dibutuhkan sekitar 78% penduduk Indonesia untuk memenuhi asupan energi setiap hari terutama asupan karbohidrat (Prawira, 2013). Menurut artikel yang dirilis *International Rice Research Institute* (IRRI) tahun 2014 menyatakan bahwa konsumsi beras masyarakat Indonesia mencapai 125 kg per kapita per tahun. Beras adalah hasil produk pertanian yaitu tanaman padi. Sehingga produksi padi sendiri sangat berpengaruh terhadap persediaan beras dan harga beras. Badan Pusat Statistik telah merilis data luas panen dan produksi padi di Indonesia dengan menggunakan KSA pada tahun

2018 ini mencapai 49,57 ton dari 9,54 juta hektar luas lahan panen. Provinsi di Pulau Jawa masih mendominasi produksi padi di tanah air. Provinsi Jawa Tengah merupakan salah satu provinsi penyangga pangan nasional, oleh karena itu produktivitas padi lebih diutamakan untuk terus dipacu. Produksi padi di Jawa Tengah tahun 2018 sebesar 9,61 juta ton.

Harga komoditas beras merupakan harga yang pergerakannya terus dipantau dan diintervensi oleh pemerintah. Hal ini dilakukan karena harga beras memberi kontribusi pada ketahanan pangan, kemiskinan, stabilitas makro ekonomi dan pertumbuhan ekonomi Negara. Berdasarkan data rata-rata harga beras dari tahun ke tahun mengalami kenaikan dan

penurunan. Pada tahun 2010-2017 mengalami kenaikan, namun pada tahun 2018 harga beras mengalami penurunan. Kemudian pada tahun 2019 mengalami kenaikan lagi. Hal itu disebabkan salah satunya cuaca yang tidak menentu, sehingga terjadinya naik turunnya harga beras yang dipicu dari produksi tanaman padi.

Stabilisasi pasokan dan harga beras menjadi salah satu unsur penting dalam pencapaian ketahanan pangan sebagai salah satu prioritas pembangunan nasional (Bappenas 2010), khususnya dalam kaitan dengan ketahanan pangan. Hal ini pula yang melandasi turunnya kebijakan harga (Suryana, dkk, 2014). Masalah utama dalam perberasan nasional adalah masalah harga dan non harga beras. Masalah yang paling kontroversial sehubungan dengan masalah harga beras adalah fluktuasi harga beras (Nainggolan, 2007). Salah satu upaya penting untuk mengantisipasi terjadinya fluktuasi harga dan menjaga stabilitas harga adalah dengan melakukan monitoring dan peramalan harga. Peramalan harga-harga komoditas pertanian sangat berguna bagi para petani, pemerintah dan industri pertanian. Oleh karena itu, kemampuan untuk meramalkan harga komoditas pertanian dengan tepat adalah urusan yang sangat penting dalam kebijakan dan bisnis (Jha dan Sinha 2014).

Peramalan merupakan proses pendugaan keadaan pada masa yang akan datang. Berbagai jenis data yang memiliki pola yang tidak teratur cenderung sulit untuk diramalkan seperti pada data produksi produk pertanian dan data harga produk pertanian. Hal ini disebabkan akhir-akhir ini terjadi perubahan iklim dan produksi hasil pertanian semakin sulit untuk diperkirakan sehingga harga produk pertanian sulit pula untuk diramal dan cenderung menyebabkan berfluktuasinya harga produk pertanian. Salah satu metode untuk mengatasi pola data yang sulit untuk diramalkan dapat menggunakan metode neural network. Meramal harga produk pertanian dapat dilakukan karena melalui proses pelatihan jaringan syaraf tiruan dapat mengenali suatu pola di dalam data dan memperkirakan nilai-nilai masa depan.

Neural Network merupakan suatu model

matematis yang menyerupai cara kerja otak biologis. Neural Network (NN) berusaha meniru struktur dan cara kerja otak manusia untuk melakukan beberapa pekerjaan seperti mengenali pola, prediksi, klasifikasi, pendekatan fungsi, dan optimasi (Sentosa, 2007). Jaringan Syaraf Tiruan (JST) merupakan salah satu cabang dari ilmu kecerdasan buatan yang bermodelkan jaringan syaraf pada manusia (Suhartanto, et al, 2017). Kemampuan Jaringan Syaraf Tiruan (JST) dalam bidang peramalan telah banyak dikembangkan oleh para peneliti sebagai alat prediksi yang efektif dan efisien.

Penelitian tentang peramalan harga beras telah dilakukan oleh Rasyidi (2017) dengan judul Prediksi Harga Bahan pokok nasional jangka pendek menggunakan ARIMA. Hasil dari penelitian ini menghasilkan tingkat error rata-rata sebesar 2,22 %. Kemudian penelitian yang telah dilakukan oleh Imam Santoso dkk (2007) tentang Penerapan jaringan syaraf tiruan untuk peramalan permintaan komoditas karet di PT. Perkebunan Nusantara XII Surabaya menghasilkan nilai MSE pelatihan jaringan sebesar 0,0069 (0,69 %), dengan kata lain keberhasilan jaringan dalam mengenali pola data adalah sebesar 99,31%. Penelitian lain dilakukan oleh Imelda Saluza, S.Si, M.Sc tentang Peramalan kunjungan wisatawan ke Palembang dengan menggunakan metode ARIMA dan ANN. Dari penelitian ini menyimpulkan bahwa Artificial Neural Network (ANN) lebih baik dibandingkan dengan metode ARIMA. Hasil MSE ANN sebesar  $1,09 \times 10^{-22}$  sedangkan MSE dari metode ARIMA sebesar 0,6564.

Banyak metode yang ada dalam Jaringan Syaraf Tiruan (JST) salah satunya *Backpropagation*. *Backpropagation neural network* adalah salah satu model jaringan saraf tiruan dengan arsitektur *multilayer* yang sering digunakan dengan mencari bobot optimal pada jaringan saraf tiruan. *Backpropagation* merupakan algoritma yang baik dalam masalah peramalan. Itu terbukti pada penelitian yang dilakukan oleh Dewi & Muslikh (2013) yang membandingkan metode *Backpropagation Neural Network* (BPNN) dengan *Adaptive Neuro Fuzzy Inference* (ANFIS) terhadap prediksi

cuaca. Penelitian ini membuktikan bahwa BPNN sangat baik digunakan untuk peramalan yang menghasilkan prediksi cuaca dengan akurasi sebesar 89,56% dari data Karang ploslo dan 94,90% dari data Banyuwangi. Sedangkan dengan metode ANFIS hanya menghasilkan prediksi cuaca dengan akurasi sebesar 76,93% untuk data Karang ploslo dan 44,38% untuk data Banyuwangi. Penelitian yang dilakukan oleh Nita Dwi Sawitri dkk tahun peramalan harga beras di Kota Denpasar pada periode 2017-2018 dengan menggunakan metode Backpropagation Neural Network tentang menghasilkan nilai MSE sebesar 0,013472. Penelitian juga dilakukan oleh A.Wanto and A.P.Windarto menggunakan algoritma backpropagation untuk memprediksi indeks harga konsumen berdasarkan kelompok kesehatan. Penelitian ini menghasilkan tingkat akurasi sebesar 92 % dengan model arsitektur terbaik 12-70-1.

Jaringan syaraf tiruan backpropagation memang merupakan salah satu teknik yang baik digunakan untuk prediksi, namun algoritma backpropagation ini cenderung lambat untuk mencapai konvergen dalam mendapatkan akurasi yang optimum (Penelitian R.Y. Fa'rifah and Z. Busrah tentang Backpropagation Neural Network untuk optimasi Akurasi pada Prediksi Financial Distress Perusahaan, 2017). Serta memerlukan data training yang besar dan optimasi yang digunakan kurang efisien. Oleh karena itu dibutuhkan optimasi dengan menggunakan metode lain, agar keakuratan hasil yang didapatkan lebih baik, lebih cepat, dan dapat dipertanggungjawabkan bila dibandingkan dengan hanya menggunakan algoritma backpropagation standard saja.

Optimasi yang akan digunakan adalah metode Conjugate Gradient Beale-Powell Restarts. *Algoritma Conjugate Gradient* adalah untuk mencari arah konjugasi negatif arah gradien dan arah pencarian terakhir sebagai pencarian baru, arah untuk mempercepat kecepatan pelatihan dan meningkatkan akurasi pelatihan (Liang, Song, & Wang, 2011). Selain itu algoritma *Conjugate Gradient* merupakan salah satu metode yang dapat menyelesaikan

persamaan linear secara iteratif. Kemudian dikembangkan, sehingga dapat digunakan untuk menyelesaikan persamaan nonlinear. Hal ini yang menjadi kekurangan pada jaringan perambatan balik (*Backpropagation*), oleh karena itu algoritma *Conjugate Gradient* dapat memperbaiki kekurangan tersebut (Widyastuti, 2004).

Penelitian terdahulu mengenai algoritma *Conjugate Gradient* terutama algoritma *Conjugate Gradient Backpropagation Beale-Powell Restarts* pernah dilakukan oleh Wanto tentang "Optimasi Prediksi Dengan Algoritma *Backpropagation* Dan *Conjugate Gradient Beale-Powell Restarts*" dari hasil penelitian tersebut diperoleh hasil akurasi yang baik dan dapat diimplementasikan untuk memprediksi Indeks Harga Konsumen (IHK) (Wanto, 2017). Penelitian selanjutnya dilakukan oleh Listanto tentang "Algoritma *Powell-Beale Restarts* Untuk Prediksi Flexi Pada PT. Telkom" dapat menghasilkan (*Mean Absolute Percentage Error*) MAPE proses pengujian dibawah 5% yaitu lebih baik dari *Backpropagation* standar dan proses pelatihannya cepat konvergen. Metode *Conjugate Gradient Beale-Powell Restarts* ini sering digunakan untuk menyelesaikan masalah optimasi tak berkendala ,baik untuk memecahkan system persamaan linear dan nonlinear dengan skala besar (Aditiarini, 2017).Kemudian agar dapat mengukur tingkat akurasi dari hasil analisis yang diperoleh maka data historik akan dibagi menjadi dua bagian, yaitu sebagian untuk data *training* dan sebagian lainnya untuk data *testing*. Berdasarkan uraian di atas, penulis bermaksud mengadakan penelitian untuk menyusun tugas akhir dengan judul "**Peramalan Harga Beras Di Provinsi Jawa Tengah Menggunakan Metode *Backpropagation Neural Network* dengan Optimasi *Conjugate Gradient Beale-Powell Restarts*".**

## Landasan Teori

### Beras

Berdasarkan Peraturan Menteri Perdagangan RI Nomor 19/M-DAG/PER/3/2014 menjelaskan definisi beras secara umum, bahwa

beras adalah biji-bijian baik berkulit, tidak berkulit, diolah atau tidak diolah yang berasal dari *Oriza Sativa*. Pada definisi ini beras mencakup gabah, beras giling, dan beras pecah kulit. Sedangkan definisi umum, beras merupakan bagian butir padi (gabah) yang telah dipisah dari sekam dan dedak atau bekatul (Kementan, 2015).

### Harga Beras

Harga komoditas beras merupakan harga yang pergerakannya terus dipantau dan diintervensi oleh pemerintah. Hal ini dilakukan karena harga beras memberi kontribusi pada ketahanan pangan, kemiskinan, stabilitas makro ekonomi dan pertumbuhan ekonomi Negara (Kemendag, 2018).

### Analisis Deskriptif

Menurut Sugiyono (2017:147), analisis deskriptif adalah statistik yang digunakan untuk menganalisis data dengan cara mendeskripsikan atau menggambarkan data yang telah terkumpul sebagaimana adanya tanpa bermaksud membuat kesimpulan yang berlaku untuk umum atau generalisasi.

### Peramalan

Peramalan adalah suatu pengambilan keputusan yang didasari dengan peristiwa masa lalu untuk memprediksi hasil masa depan. Selain itu peramalan juga bisa diartikan sebagai penggunaan data lampau untuk menentukan masa depan (Pakaja, et al, 2012).

### Analisis Time Series

Time series merupakan serangkaian observasi terhadap suatu variabel yang diambil secara berurutan berdasarkan interval waktu yang tetap (Wei, 2006). Data time series merupakan jenis data yang terdiri dari satu objek tetapi meliputi beberapa periode waktu misalnya harian, mingguan, bulanan, tahunan, dan lain-lain.

### Data Training dan Testing

Pengembangan model jaringan syaraf tiruan dapat dilakukan dengan menggunakan data Training. Sedangkan untuk mengevaluasi kemampuan model peramalan yang digunakan adalah data Testing. Pemilihan data Training dan data Testing dapat mempengaruhi kinerja Jaringan Syaraf Tiruan (G.Zhang, Eddy Patuwo, & Y.Hu, 1998).

### Normalisasi Data

Normalisasi data dilakukan karena *range* nilai input tidak sama. *Input* akan diproses ke nilai *output* yang kecil sehingga data yang digunakan harus disesuaikan agar dapat diproses untuk mendapatkan nilai *normalisasi* yang kecil.. Berikut adalah rumus *normalisasi* data (Siang, 2005):

$$X'_t = \frac{0,8(X_t - \min(x))}{(\max(x) - \min(x))} + 0.1$$

### Fungsi Aktivasi

Fungsi aktivasi adalah salah satu parameter yang terpenting dalam jaringan syaraf tiruan. Performa jaringan syaraf tiruan dapat dipengaruhi oleh pemilihan fungsi aktivasi. Dalam jaringan syaraf tiruan, fungsi aktivasi dipakai untuk menentukan keluaran suatu neuron.

Menurut Warsito (2009) Beberapa fungsi aktivasi bisa digunakan pada JST adalah sebagai berikut :

#### 1. Fungsi Identitas (*Linier/ Purelin*)

Fungsi ini akan menghasilkan output yang sama dengan inputnya. Nilai *output* pada jaringan berupa bilangan riil (bukan hanya pada range [0,1] atau [-1,1] dengan fungsi sebagai berikut :

$$f(x) = x, \text{ untuk } -\infty < x < \infty$$

#### 2. Fungsi *Sigmoid Biner*

Fungsi *sigmoid biner* bernilai antara 0 sampai 1, fungsi *sigmoid biner* digunakan apabila output yang diinginkan merupakan bilangan riil antara 0 sampai dengan 1. Fungsi *sigmoid biner* dapat dinyatakan sebagai berikut ini :

$$f(x) = \frac{1}{1 + e^{-x}} \quad \text{untuk } -\infty < x < \infty$$

### **Neural Network**

Jaringan syaraf tiruan (JST) atau sering dikenal dengan istilah neural network adalah sistem pemroses informasi yang memiliki karakteristik mirip dengan jaringan syaraf biologi manusia (Siang, 2005). Neural network telah diaplikasikan dalam berbagai bidang diantaranya pattern recognition, medical diagnostic, signal processing, dan peramalan. Pada dasarnya, neural network merupakan kumpulan dari elemen-elemen pemroses yang saling berhubungan, yang disebut dengan unit-unit atau syaraf-syaraf (Suhartanto,2007).

### **Backpropagation Neural Network**

Algoritma backpropagation merupakan bagian dari algoritma pembelajaran terawasi yang biasanya digunakan oleh perceptron dengan banyak lapisan untuk mengubah bobot-bobot yang terhubung dengan neuron-neuron yang ada pada lapisan tersembunyi. Algoritma ini menggunakan error keluaran untuk mengubah nilai bobot-bobotnya dalam arah mundur (backward). Untuk mendapatkan error ini tahap perambatan maju (forward propagation) harus dikerjakan terlebih dahulu. Saat perambatan maju, neuron-neuron diaktifkan dengan menggunakan fungsi aktivasi yang dapat dideferensiasikan seperti sigmoid. Pelatihan pada backpropagation terdiri dari 3 fase (Siang, 2005: 100-101), yaitu (1) Propogasi maju, (2) Propogasi mundur, (3) Perubahan bobot.

### **Conjugate Gradient Beale-Powell Restarts**

Conjugate gradient beale-powell restarts (cgb) adalah pelatihan jaringan yang memperbarui nilai bobot dan bias sesuai dengan metode backpropagation. perhitungan yang dilakukan algoritma backpropagation membutuhkan waktu yang lama dalam proses training, maka digunakan conjugate gradient beale-powell restarts untuk mempercepat kinerja

dari algoritma backpropagation. metode conjugate gradient (cg) merupakan salah satu metode optimasi yang arah pencariannya didasarkan pada arah konjugasi yang nilainya orthogonal (wanto,2017).

Algoritma Conjugate gradient sebagai pelatihan jaringan syaraf tiruan dengan menggunakan fungsi aktivasi sigmoid biner adalah sebagai berikut (Adiwijaya, U.N, A & D.M,2013).

- a. Langkah 0 : Inisialisasi semua bobot dengan bilangan acak kecil.
- b. Langkah 1 : Jika kondisi penghentian belum terpenuhi, lakukan langkah 2-13.

#### **Fase 1 : Propagasi Maju (Feedforward)**

- c. Langkah 3 : Tiap unit masukan menerima sinyal dan meneruskannya ke unit tersembunyi di atasnya (unit lapisan tersembunyi)
- d. Langkah 4 : Menghitung semua keluaran di unit tersembunyi
- e. Langkah 5 : Menghitung semua keluaran jaringan.

#### **Fase II : Propagasi Mundur (Backpropagation)**

- f. Langkah 6 : Menghitung faktor  $\delta$  unit keluaran berdasarkan kesalahan disetiap unit keluaran.
- g. Langkah 7 : Menghitung faktor  $\delta$  unit tersembunyi berdasarkan kesalahan di setiap unit tersembunyi.
- h. Langkah 8 : Menghitung gradient di unit output dari fungsi objektif yang sudah ditentukan
- i. Langkah 9 : Menghitung gradient di unit tersembunyi
- j. Langkah 10 : Menghitung parameter  $\beta$  untuk semua neuron di unit tersembunyi dan unit output. Dengan menggunakan persamaan formula Powell dan Beale.

$$\beta_k = \frac{g_{k+1}^T [g_{k+1} - g_k]}{d_k^T [g_{k+1} - g_k]}$$

- k. Langkah 11 : Menghitung direction untuk semua neuron di unit tersembunyi (hidden) dan unit keluaran(output).

$$d_{k+1} = -g_{k+1} + \beta_k d_k$$

- l. Langkah 12 : Menghitung parameter  $\alpha$  untuk semua neuron di unit tersembunyi dan unit output yang merupakan seberapa besar langkah yang diambil untuk setiap direction. Parameter ini dapat dicari dengan teknik line search.

### Fase III : Perubahan bobot (Weight Update)

- m. Langkah 13 : Menghitung semua perubahan bobot.

$$W^{t+1} = W^t + \alpha^{t+1} d^t + 1$$

### Evaluasi Kinerja Peramalan

Evaluasi kinerja peramalan pertama dalam penelitian ini menggunakan perhitungan MSE (Mean Square Error). Mean Square Error adalah nilai rata-rata dari penjumlahan kuadrat kesalahan lalu dibagi dengan jumlah observasi. Berikut ini adalah rumusnya (Syariz,2015):

$$MSE = \sum_{i=1}^n \frac{(Y_t - \hat{Y}_t)^2}{n}$$

Evaluasi kinerja peramalan kedua dalam adalah nilai rata-rata kesalahan persentase absolut (Mean Absolute Percentage Error). Mean Absolute Percentage Error (MAPE) dihitung dengan menggunakan kesalahan absolut pada tiap periode dibagi dengan nilai observasi yang nyata untuk periode itu. Nilai MAPE dapat dihitung dengan rumus:

$$MAPE = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n \frac{|x_t - \hat{x}_t|}{x_t} \times 100\%$$

### Denormalisasi Data

Proses ini berfungsi untuk membangkitkan nilai yang telah di *normalisasi* menjadi nilai asli. Berikut adalah rumus untuk proses *denormalisasi* data :

$$\hat{x}_t = \frac{(\bar{X}'_t - 0.1)(\max(x) - \min(x))}{0.8} + \min(x)$$

### Metode Penelitian

### Sumber Data

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data sekunder. Data tersebut merupakan data bulanan harga beras di Provinsi Jawa Tengah. Dengan periode Januari 2010 hingga November 2019. Sehingga jumlah data keseluruhan yang digunakan adalah 119 data. Sumber data diambil dari website resmi Kementerian Pertanian Republik Indonesia (<https://www.pertanian.go.id>) dengan subyek basis data Harga Komoditas Pertanian.

### Variabel Penelitian dan Struktur Data

Variabel penelitian yang digunakan adalah harga beras di Provinsi Jawa Tengah periode Januari 2010 - November 2019. Struktur data dikembangkan menurut analisis yang digunakan, dalam penelitian ini menggunakan analisis time series. Struktur data harga beras di Provinsi Jawa Tengah dapat dilihat pada Tabel 1 berikut :

Struktur data harga beras di Provinsi Jawa Tengah

Waktu	Januari	...	Desember
2010	$X_1$	...	$X_{12}$
...	...	...	...
2019	$X_{108}$	$X_{119}$	

### Langkah-langkah Penelitian

Secara umum langkah-langkah dalam *Backpropagation neural network* menggunakan optimasi *Conjugate Gradient Powell Beale Restarts* untuk menjawab rumusan masalah adalah sebagai berikut:

1. Input data

2. Melakukan analisis deskriptif harga beras di Provinsi Jawa Tengah periode Januari 2010 sampai November 2019.
3. Preprocessing Data
  - a. Membagi data menjadi dua bagian yaitu data training dan data testing
  - b. Normalisasi
4. Inisialisasi bobot awal
5. Pelatihan Jaringan
6. Pembentukan Model Backpropagation Neural Network dengan Conjugate Gradient Beale Powerr-Restars
  - Menentukan arsitektur jaringan
    - Input : 12 Neuron
    - 1 Hidden : 1-16 Neuron
    - Output : 1
  - Fungsi Aktivasi
    - Fungsi aktivasi sigmoid biner (Logsig) dan fungsi aktivasi linier (Purelin), optimasinya adalah traincgb.
  - Menentukan parameter
    - Epoch : 1000
    - Goal : 0,001
    - Lr : 0,1
7. Trial dan error
8. Didapatkan MSE dan MAPE terkecil, bobot terbaru, dan model JST
9. Pengujian Jaringan pada data testing.
10. Forecasting harga beras
11. Denormalisasi Data
12. Hasil Forecasting akan didapatkan setelah tahapan denormalisasi
13. Selesai

Provinsi Jawa Tengah pada periode Januari 2010 sampai Bulan November 2019 yang berjumlah 119 data. Berikut merupakan grafik dan statistik deskriptif harga bera di Provinsi Jawa Tengah periode Januari 2010 sampai dengan November 2019 yang disajikan dalam Gambar 1 dan Tabel 2 berikut :



Plot data harga beras di Provinsi Jawa Tengah

Berdasarkan Gambar 1 dapat dikatakan bahwa harga beras di Indonesia mengalami fluktuasi setiap tahunnya.

**Analisis Deskriptif**

Data	Max	Min	Mean	Stanndar Deviasi
2010	7153	5620	6292	460.5402
2011	8004	6406	7189	619.4055
2012	8481	8088	8305	183.2383
2013	9332	8500	8648	144.7713
2014	9332	8500	8648	244.8382
2015	10117	8955	9500	413.0323
2016	9884	9500	9566	118.6688
2017	10571	9375	9648	351.9658
2018	11561	6375	8722	1968.1
2019	11261	8433	9812	3207.2

Berdasarkan rata-rata, harga beras mengalami kenaikan setiap tahunnya dari tahun 2010-2017, namun pada tahun 2018 mengalami penurunan harga beras, kemudian naik lagi pada tahun 2019. Rata-rata harga beras terendah yaitu sebesar Rp 6.292,- terjadi pada tahun 2010 dengan harga beras minimum sebesar Rp 5.620,- rupiah. Rata-rata harga beras tertinggi yakni pada tahun 2019 sebesar Rp 9.812,- dengan jumlah maksimum harga beras sebesar Rp 11.261,- rupiah. Standar deviasi tertinggi terjadi pada tahun 2019 sebesar 3207.2 dan terendah pada

**Hasil Penelitian dan Pembahasan**

**Analisis Deskriptif**

Data yang digunakan dalam penelitian ini merupakan data sekunder yang bersumber dari website resmi Kementerian Pertanian Republik Indonesia (<https://www.pertanian.go.id>). Data tersebut merupakan data bulanan harga beras di

tahun 2013 sebesar 144,7713.

### **Preprocessing Data**

#### **Pemisahan Data**

Data harga beras di Provinsi Jawa Tengah yang telah didapatkan dari Kementerian Pertanian RI yaitu sebanyak 119 data dipisahkan menjadi dua bagian, yaitu 60% (*training*) sama dengan 71 data dan 40% (*testing*) sama dengan 48 data.

#### **Pembentukan Pola Data**

Setelah dilakukan pemisahan data, dilakukan pembentukan pola data harga beras *training* dan *testing*. Selanjutnya dilakukan pembagian pola data yaitu input (data masukkan) sebanyak 12 node dan targetnya sebanyak 1.

#### **Normalisasi Data**

Sebelum dilakukan pengujian lebih lanjut menggunakan *Backpropagation Neural Network* dengan optimasi *Conjugate Gradient Beale Powell-Restars* data yang telah terbagi menjadi *training*, data *training* terdiri dari data input, target dan *testing* terlebih dahulu dilakukan proses penskalaan data (*pre-processing*) agar data masuk dalam range sesuai dengan fungsi aktivasi yang digunakan yakni sigmoid biner.

Nilai minimal data adalah 5620 dan nilai maksimalnya adalah 10117, Sehingga rumus *pre-processing* adalah sebagai berikut:

$$X'_t = \frac{0,8(X_t - \min(x))}{(\max(x) - \min(x))} + 0.1$$

$$X'_1 = \frac{0,8(6329 - 5620)}{(10117 - 5620)} + 0.1 = 0,226$$

Perhitungan dilakukan terus menerus hingga semua data ternormalisasi, baik data *training* dan *testing*.

#### **Training BPNN CGB**

Pada BPNN CGB bobot awal seperti bobot *input nodes* ke *hidden nodes* dan bobot bias ke *hidden nodes*, bobot *hidden nodes* ke *output nodes* serta bobot bias ke *output nodes*

dipilih secara random, setelah itu untuk mencari bobot akhir dilakukan dengan menggunakan *Backpropagation Neural Network* dengan optimasi *Conjugate Gradient Beale Powell Restars* untuk mengupdate bobot sehingga diperoleh bobot baru.

#### **Inisialisasi Bobot Awal**

Bobot awal (bobot *input nodes* ke *hidden nodes* dan bobot bias ke *hidden nodes*, bobot *hidden nodes* ke *output nodes* serta bobot bias ke *output nodes*) yang dipakai pada metode *Backpropagation Neural Network* dengan optimasi *Conjugate Gradient Beale Powell Restars* diperoleh dari membangkitkan bilangan random sesuai jumlah bobot yang ada dalam jaringan, karena dalam tugas akhir ini terdapat beberapa model dan tentunya dengan banyak bobot yang berbeda.

Jumlah bobot disesuaikan dengan bentuk arsitektur jaringan pada penelitian ini. Dalam penelitian ini ada 16 kali percobaan arsitektur mulai dari 12-1-1 sampai 12-16-1, menghasilkan arsitektur terbaik 12-12-1 sehingga arsitektur yang digunakan 12-12-1.

#### **Pemodelan BPNN CGB**

##### **Arsitektur Jaringan**

Arsitektur yang akan digunakan dalam jaringan ini terdiri dari 3 layer yaitu *input layer*, *hidden layer*, dan *output layer*. Dimana pada *input layer* terdiri dari 12 neuron, kemudian *hidden layer* percobaan 16 kali, yaitu 1-16 neuron, sedangkan *output layer* terdiri dari 1 neuron yaitu *forecast* harga beras.

##### **Fungsi Aktivasi**

Fungsi aktivasi yang digunakan pada jaringan syaraf ini memiliki interval 0 hingga 1 yaitu fungsi sigmoid biner digunakan agar neuron dapat aktif pada lapisan inputnya agar dapat mengirim formasi melalui bobot-bobotnya ke neuron pada *hidden layer*. Sedangkan purelin ialah fungsi aktivasi linier yang sering digunakan jika kita menginginkan nilai output jaringan yang berupa bilangan real sembarang

(bukan hanya pada range 0-1 atau pada range -1-1(Siang,2009).

### Parameter

Parameternya yaitu jumlah neuron pada layer, jumlah maksimum iterasi dan target error. Proses pelatihan jaringan akan berhenti apabila jumlah iterasi telah mencapai batas maksimum, nilai eror telah mencapai ataupun nilai gradien yang telah mencapai batas maksimal. Parameter yang digunakan dalam penelitian ini meliputi :

Epoch (Maksimum iterasi)	: 1000
Goal (Target error)	: 0,001
Learning Rate (Laju Pembelajaran)	: 0,1
Show (Performance)	: 50

### Trial

Fungsi yang akan digunakan untuk melakukan proses pelatihan (training) ialah seperti di bawah ini:

```
net = train (net, Pn, Tn);
```

Model jaringan syaraf yang nantinya akan terbentuk ialah net dari proses pelatihan, Pn dan Tn ialah matriks input dan target suatu jaringan syaraf.

### Bobot Baru dengan BPNN CGB

*Conjugate gradient beale-powell restarts (cgb)* adalah pelatihan jaringan yang memperbarui nilai bobot dan bias sesuai dengan metode *backpropagation*. perhitungan yang dilakukan algoritma *backpropagation* membutuhkan waktu yang lama dalam proses *training*, maka digunakan *conjugate gradient beale-powell restarts* untuk mempercepat kinerja dari algoritma *backpropagation*. Perhitungan bobot baru adalah sebagai berikut :

$$W^{t+1} = W^t + \alpha^{t+1} d^t + 1$$

$$w_{t+1} = w_t + \alpha_{t+1} d_t + 1$$

$$w_{t+1} = 9,832644 + (0,1)(-g_{k+1} + 0,1) + 1$$

$$w_{t+1} = 9,832644 + (0,1) \left( \left( \frac{1}{71} \sum_{n=1}^{12} \delta_{nk} y_{nk} \right) + 0,1 \right) + 1$$

$$w_{t+1} = 9,925901$$

### Testing

Setelah melakukan proses *training*, selanjutnya dilakukan proses *testing*. *Testing* ini menggunakan pemodelan arsitektur, fungsi aktivasi, parameter, dan bobot yang diperoleh dari proses *training*. Dilakukan simulasi menggunakan jaringan yang telah didapat dari proses *Training* untuk menghasilkan output yang diinginkan. Syntax yang digunakan untuk melakukan simulasi pada proses *Testing* adalah sebagai berikut :

```
an = sim(net, TQn);
```

### Denormalisasi

Denormalisasi atau mengembalikan data dilakukan untuk mengkonversikan kembali hasil normalisasi (Output) yang dihasilkan oleh jaringan berkisar antara 0 hingga 1 menjadi harga material normal yang sebenarnya. Berikut Perhitunganya untuk output pertama, hasil peramalan periode 1:

$$x = \frac{(x_n - 0,1)(Max(x_p) - Min(x_p))}{0,8} + Min(x_p)$$

$$x = \frac{(0,60002 - 0,1)(11561 - 6375)}{0,8} + 6375$$

$$x = \frac{(0,60002 - 0,1)(5186)}{0,8} + 6375$$

$$x = 9616,3648$$

Begitu seterusnya untuk perhitungan data peramalan setelah didenormalisasi.

### Hasil Training dan Testing

Simulasi trial dan error dilakukan untuk menentukan banyak neuron yang dibutuhkan pada layer hidden. Hasil yang diperoleh dari simulasi tidak konstan. Kemudian dari hasil ini dipilih banyak neuron hidden yang menghasilkan Mean Square Error (MSE) dan MAPE terkecil.

Hasil percobaan 16 kali arsitektur disajikan dalam Tabel 3 berikut :

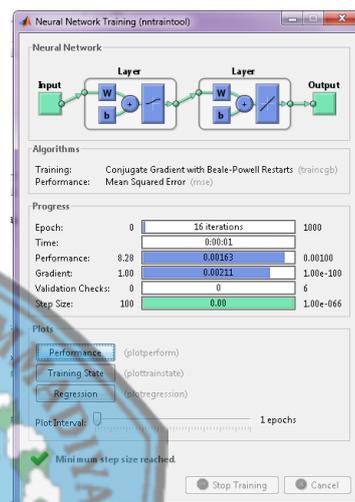
Arsitektur Training dan Testing

NO	Arsitektur	MSE Training	MAPE Training (%)	MSE Testing	MAPE Testing (%)
1	12-1-12	0.0099	2.0733	0.0683	14.1863
2	12-2-12	0.0081	3.5073	0.0673	12.6343
3	12-3-12	0.0041	2.1765	0.046	11.6677
4	12-4-12	0.0026	1.8185	0.0528	10.4698
5	12-5-12	0.0018	1.5791	0.0355	10.0928
6	12-6-12	0.0028	1.5808	0.0348	9.1111
7	12-7-12	0.0009	4.6439	0.0647	8.0598
8	12-8-12	0.0002	3.3292	0.0646	8.0302
9	12-9-12	0.0031	1.5819	0.0386	9.0141
10	12-10-12	0.0066	4.0345	0.1112	7.4803
11	12-11-12	0.0046	2.7438	0.0431	7.4706
12	12-12-12	<b>0.0013</b>	<b>1.5753</b>	<b>0.0324</b>	<b>7.4493</b>
13	12-13-12	9.89E-04	1.5959	0.0441	10.8924
14	12-14-12	0.0054	1.4657	0.052	11.2648
15	12-15-12	9.92E-04	6.5607	0.0562	14.2999
16	12-16-12	0.0066	4.1433	0.1528	16.3497

Hasil dari proses training dan testing bisa dilihat dari tabel arsitektur jaringan di atas. Trial arsitektur dilakukan 16 kali, arsitektur terbaik ada pada jumlah neuron 12. Sebenarnya trial bisa berhenti di percobaan ke 12 karena pada arsitektur tersebut nilai MSE dan MAPE menghasilkan angka yang terkecil. Namun untuk mengetahui hal tersebut dilakukan penambahan percobaan supaya dapat memastikan percobaan berikutnya justru nilai MSE dan MAPEnya menjadi lebih besar, sehingga penghentian trial bisa dilakukan ketika trial ke 12.

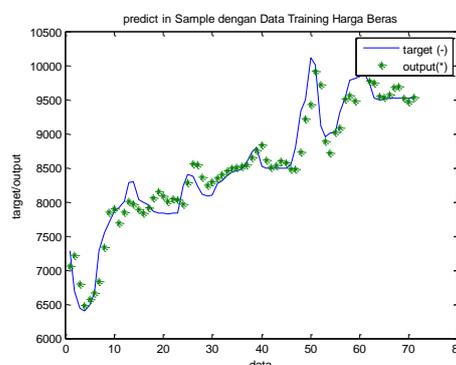
### Model Arsitektur Terbaik

Hasil arsitektur terbaik disajikan dalam gambar 2 berikut ini :



Training 12-12-1

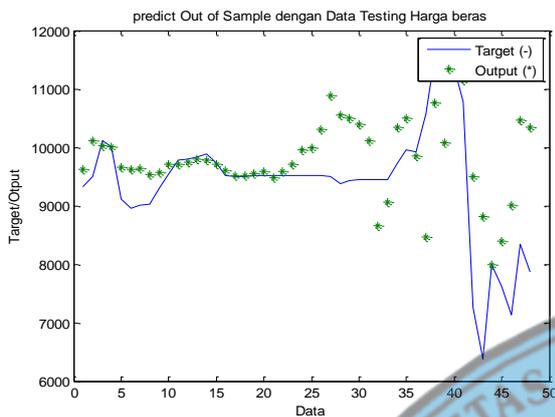
Hasil dari training tersebut dengan arsitektur 12-12-1 dapat dijelaskan bahwa Epoch (jumlah iterasi) yang dilakukan sebanyak 16 iterasi dengan waktu yang sangat cepat yaitu hanya membutuhkan waktu selama 1 detik. Lalu untuk performance atau shownya sebesar 0,00163, sedangkan gradient (kemiringan) sebesar 0,00211. Hasil visualisasi antara target dan output dari proses training disajikan dalam gambar 3 berikut ini:



Plot Target dan Output Data Training Harga Beras

Dilihat dari plot di atas dapat diketahui bahwa nilai target dan output yang dihasilkan tidak berbeda jauh, nilai target dan output berdekatan. MSE training yang dihasilkan sebesar 0,0013 dan MAPE sebesar 1,5753 %.

Hasil visualisasi antara target dan output dari proses testing disajikan dalam gambar 4 berikut ini:



Plot Target dan Output hasil Testing

### Harga Beras

Dilihat dari plot di atas dapat diketahui bahwa nilai target dan output yang dihasilkan memang terdapat perbedaan antara nilai target dan outputnya. Namun melihat MSE *testing* yang dihasilkan itu kecil yaitu sebesar 0.0324, dan MAPE *testing* yang dihasilkan adalah sebesar 7,4493, artinya MAPE <10% maka dapat disimpulkan bahwa keakuratan peramalan pada proses *testing* sangat baik.

### Hasil Peramalan Harga Beras

Hasil peramalan harga beras di Provinsi Jawa Tengah 12 periode ke depan disajikan dalam tabel 4 berikut ini :

Hasil Peramalan Harga Beras	
Bulan	Peramalan Harga Beras
Desember 2019	Rp. 9.616,3648
Januari 2020	Rp.10.120,161
Februari 2020	Rp.10.019,296
Maret 2020	Rp.10.011,696
April 2020	Rp.9.665,6291

Bulan	Peramalan Harga Beras
Mei 2020	Rp.9.631,1056
Juni 2020	Rp.9.645,4657
Juli 2020	Rp.9.530.2771
Agustus 2020	Rp.9.570,293
September 2020	Rp.9.709,745
Oktober 2020	Rp.9.702,0625
November 2020	Rp.9.751,393

Pada hasil peramalan harga beras di Provinsi Jawa Tengah sebanyak 12 periode mulai dari Bulan Desember 2019 sampai Bulan November 2020 di atas dapat diperoleh informasi bahwa nilai tertinggi harga beras ada pada periode ke-2 Bulan Januari 2020 sebesar Rp 10.120,161 dan nilai terendahnya terjadi pada periode ke-8 Bulan Juli 2020 sebesar Rp 9.530,2771. Hasil peramalan juga bisa dilihat melalui grafik 1 berikut ini :



Grafik Peramalan Harga Beras

Hasil peramalan harga beras di Provinsi Jawa Tengah 12 periode ke depan Mulai Bulan Desember 2019 sampai Bulan November 2020. Grafik peramalan dari periode ke periode berikutnya mengalami kenaikan dan juga penurunan, sehingga terlihat bentuk yang fluktuatif. Namun secara umum dari periode awal hingga 12 periode terakhir terlihat penurunan. Puncak tertinggi peramalan terjadi pada periode ke-2 yakni pada Bulan Januari tahun 2020 dan terendah terjadi pada periode ke -8 yaitu pada Bulan Juli tahun 2020.

### Evaluasi Kinerja Model

Evaluasi kinerja peramalan dilakukan setelah mendapatkan hasil prediksi melalui proses yang sebelumnya dijalankan. Evaluasi kinerja peramalan dalam penelitian ini menggunakan

perhitungan MSE (*Mean Square Error*). *Mean Square Error* adalah nilai rata-rata dari penjumlahan kuadrat kesalahan lalu dibagi dengan jumlah observasi.

Perhitungan MSE Testing :

$$MSE = \sum_{i=1}^n \frac{(y_t - \hat{y}_t)^2}{n}$$

$$MSE = \left( \frac{(9616,365 - 9332)^2 + (10120,16 - 9500)^2 + \dots + (9751,393 - 9806)^2}{12} \right)$$

$$MSE = 0,0324$$

Selain itu, ukuran kesalahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah nilai rata-rata kesalahan persentase absolut (*Mean Absolute Percentage Error*). *Mean Absolute Percentage Error (MAPE)* dihitung dengan menggunakan kesalahan absolut pada tiap periode dibagi dengan nilai observasi yang nyata untuk periode itu.

Perhitungan MAPE Testing :

$$MAPE = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n \frac{|x_t - \hat{x}_t|}{x_t} \times 100\%$$

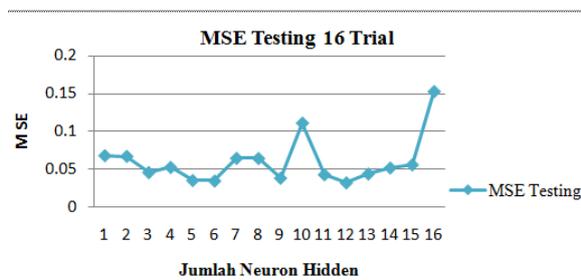
$$MAPE = \frac{1}{48} \sum_{t=1}^{48} \frac{|x_t - \hat{x}_t|}{x_t} \times 100\%$$

$$MAPE = \frac{1}{48} \left( \frac{|9332 - 9616,365|}{9332} \right) \times 100\% + \left( \frac{|9500 - 10120,16|}{9500} \right) \times 100\% + \dots + \left( \frac{|17875 - 10343,93|}{7875} \right) \times 100\%$$

$$MAPE = 7,4493 \%$$

Berdasarkan hasil training dan testing diperoleh MSE dan MAPE untuk trial 16 kali.

Grafik MSE testing disajikan dalam grafik 2 berikut :

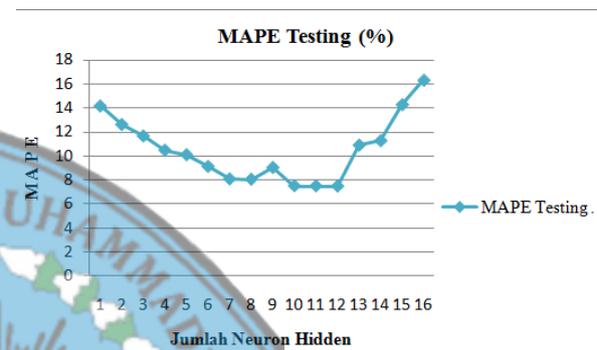


Grafik MSE Testing

Grafik di atas menunjukkan visualisasi MSE untuk 16 kali percobaan arsitektur jaringan,

yaitu mulai dari 12-1-1 sampai 12-16-1. MSE yang dihasilkan memiliki perubahan setiap arsitektur, dari arsitektur pertama sampai terakhir mengalami kenaikan serta penurunan, sehingga terlihat fluktuatif. MSE terkecil diperoleh pada arsitektur ke 12 yaitu dengan jumlah neuron hiddennya 12, lalu MSE naik kembali pada trial ke-13 dan seterusnya. Dengan demikian arsitektur terbaik dihasilkan 12-12-1 dengan MSE sebesar 0,0324

Grafik MAPE testing disajikan dalam grafik 3 berikut :



Grafik MAPE Testing

Grafik di atas menunjukkan visualisasi MAPE untuk 16 kali percobaan arsitektur jaringan, yaitu mulai dari 12-1-1 sampai 12-16-1. MAPE yang dihasilkan memiliki perubahan setiap arsitektur, dari arsitektur pertama sampai terakhir mengalami kenaikan serta penurunan, sehingga terlihat fluktuatif. MAPE terkecil diperoleh pada arsitektur ke 12 yaitu dengan jumlah neuron hiddennya 12, lalu MAPE naik kembali pada trial ke-13 dan seterusnya. Dengan demikian arsitektur terbaik dihasilkan 12-12-1 dengan MAPE sebesar 7,4493 %

## Kesimpulan dan Saran.

### Kesimpulan

Berdasarkan hasil dan pembahasan di atas diperoleh beberapa kesimpulan, yaitu :

1. Harga beras di Provinsi Jawa Tengah dari bulan Januari 2010 hingga November 2019 mengalami perubahan harga setiap periode. Dari analisis deskriptif dapat dilihat dari tahun ke tahun naik turunnya harga beras terjadi

di Provinsi Jawa Tengah pada mulai dari Bulan Januari tahun 2010 hingga Bulan November tahun 2019, sehingga pola data berfluktuatif. Harga beras tertinggi terjadi pada Bulan Agustus 2019 sebesar Rp 11.261, sedangkan harga beras terendah terjadi pada Bulan April tahun 2010 sebesar Rp 5.620,-. Rata-rata harga beras di Provinsi Jawa Tengah ini pada periode 2010 hingga 2019 sebesar Rp 8.639,-.

2. Peramalan harga beras di Provinsi Jawa Tengah untuk 12 periode yaitu bulan Desember tahun 2019 sampai Bulan November 2020 ke depan menggunakan metode *Backpropagation Neural Network dengan optimasi Conjugate Gradient Beale-Powell Restars* dapat disimpulkan bahwa harga beras tertinggi terjadi pada periode ke-2 yaitu Bulan Januari 2020 sebesar Rp 10.120,161 dan nilai terendahnya terjadi pada periode ke-8 yaitu Bulan Juli tahun 2020 sebesar Rp 9.530,2771. Model arsitektur terbaiknya yaitu menggunakan arsitektur 12-12-1 dengan MSE sebesar 0.0324 dan MAPE 7,4493 % artinya MAPE <10% maka dapat disimpulkan bahwa keakuratan peramalan pada proses *testing* sangat baik.

## Saran

Berdasarkan hasil penelitian ini, maka penulis memberikan saran dan bahan pertimbangan untuk penelitian yang akan dilakukan selanjutnya yaitu :

1. Adanya pengembangan lebih lanjut dengan membandingkan metode *Backpropagation Neural Network optimasi Conjugate Gradient Beale-Powell Restars* dengan algoritma pelatihan lainnya.
2. Pada penelitian ini, nilai dari percobaan hidden layer yang memperoleh MSE dan MAPE terkecil terjadi pada neuron hidden layer 12. Bagi pembaca yang

tertarik menggunakan JST dengan algoritma *Backpropagation Neural Network dengan Optimasi Conjugate Gradient Beale-Powell Restars* dapat mencoba mengembangkan algoritma ini agar nilai hidden layer lebih dikisaran angka yang kecil dan dapat memperoleh nilai MSE dan MAPE *testing* yang hampir sama dengan nilai MSE dan MAPE *training* agar nilai prediksi peramalan hampir mendekati nilai target data asli.

## Daftar Pustaka

- Asih,K, Fatma.A.S & Dwi.M.M. 2017. *Aplikasi Prediksi Produksi Padi Menggunakan Regresi Interval Dengan Neural Fuzzy Di Kabupaten Kubu Raya*. Jurnal Coding, Sistem Komputer Untan.
- Bella Floranica, P. 2019. *Peramalan Jumlah Penumpang Bandara Internasional Ahmad Yani Semarang Dengan Neural Network Conjugate Gradient Beale-Powell Restarts*. TA AIS Semarang.
- Dwi, I Wayan.S & Ni Ketut.T.T. 2018. *Peramalan Menggunakan Metode Backpropagation Neural Network*. E- Jurnal Matematika. Program Studi Matematika, Fakultas MIPA – Universitas Udayana.
- Dwi Pramesti,M.H. 2019. *Peramalan Kedatangan Wisatawan Mancanegara Melalui Bandara Internasional Di Jawa Menggunakan Bakpropagation Neural Network..* TA AIS Semarang.
- Halilah,M. 2019. *Perbandingan Peramalan Jumlah Penumpang Bus Damri Yogyakarta Menggunakan Metode Artificial Neural Network Dan Support Vector Regression*. Skripsi. Program Studi S1 Statistika, FMIPA,Unimus.
- Herjanto. 2008 dalam Ramadhona, Gandhi. 2018. *Prediksi Produktivitas Padi Menggunakan Jaringan Syaraf Tiruan Backpropagation*. Sarjana thesis, Universitas Brawijaya.

- Jha dan Sinha.2014 dalam Simanungkalit. 2014. *Sistem Pendukung Keputusan Monitoring dan Peramalan Harga Beras di Kabupaten Deli Serdang, Sumatera Utara*. Fakultas Pertanian, Universitas HKBP.
- Khoiriah Hasibuan, J. 2019. *Peramalan Jumlah Penumpang Pesawat Terbang Domestik Bandara Minangkabau Menggunakan Recurrent Neural Network Dengan Optimasi Levenberg Marquardt*. Program Studi S1 Statistika, FMIPA,Unimus.
- Kusumadewi dan Hartati. 2010:70. Khoiriah Hasibuan, J. 2019. *Peramalan Jumlah Penumpang Pesawat Terbang Domestik Bandara Minangkabau Menggunakan Recurrent Neural Network Dengan Optimasi Levenberg Marquardt*. Program Studi S1 Statistika, FMIPA,Unimus.
- Leonardo Sirait,I, Janter.M.G, Rizki.J.T & Widya.J.M.2018. *Peramalan Tingkat Produktivitas Kedelai Di Indonesia Menggunakan Algoritma Backpropagation*. Program Studi Teknik Informatika, STIKOM Tunas Bangsa Pematangsiantar.
- Maria, Agustin .2013. *Penggunaan Jaringan Syaraf Tiruan Backpropagation Untuk Seleksi Penerimaan Mahasiswa Baru Pada Jurusan Teknik Komputer Di Politeknik Negeri Sriwijaya*. Masters Thesis, Diponegoro University.
- Nainggolan. 2007. dalam Simanungkalit. 2014. *Sistem Pendukung Keputusan Monitoring dan Peramalan Harga Beras di Kabupaten Deli Serdang, Sumatera Utara*. Fakultas Pertanian, Universitas HKBP.
- Ningrum, Titik Cahya. 2016.*Peramalan Jumlah Pengadaan Dan Persediaan Beras Di Perum Bulog Divre Jatim*. Diploma Thesis, Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Pakaja, et al, 2012. Ramadhona, Gandhi. 2018.*Prediksi Produktivitas Padi Menggunakan Jaringan Syaraf Tiruan Backpropagation*. Sarjana thesis, Universitas Brawijaya.
- Putra Hutabarat,M.A, Muhammad,J & Anjar.W. 2018. *Penerapan Algoritma Backpropagation Dalam Memprediksi Produksi Tanaman Padi Sawah Menurut Kabupaten/Kota Di Sumatera Utara*.Program Studi Teknik Informatika, STIKOM Tunas Bangsa Pematangsiantar.
- Prawira. 2013 dalam Ningrum, Titik Cahya. 2016.*Peramalan Jumlah Pengadaan Dan Persediaan Beras Di Perum Bulog Divre Jatim*. Diploma thesis, Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Ramadhona,G.Budi.D.S & Fitra.A.B. 2018. *Prediksi Produktivitas Padi Menggunakan Jaringan Syaraf Tiruan Backpropagation*.Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer Program Studi Teknik Informatika, Fakultas Ilmu Komputer, Universitas Brawijaya.
- Riaddy.2015. dalam Ramadhona, Gandhi. 2018.*Prediksi Produktivitas Padi Menggunakan Jaringan Syaraf Tiruan Backpropagation*. Sarjana thesis, Universitas Brawijaya.
- Sentosa.2007.dalam Sadi, Kurnia .2017. *Analisis Margin Pemasaran Gabah-Beras Di Desa Ganti Kecamatan Praya Timur Kabupaten Lombok Tengah Nusa Tenggara Barat*. Other Thesis, University Of Muhammadiyah Malang.
- Sugiyono.2017. dalam Sukauri, 2019 *Pengaruh Kontribusi Pajak Daerah Terhadap Pendapatan Asli Daerah ( Studi Pada Dinas Pendapatan Daerah Kota Bandung Periode 2013-2017*. Skripsi(S1) Thesis, Perpustakaan Feb Unpas.
- Susanti, N. 2014. *Penerapan Model Neural Network Backpropagation Untuk Prediksi Harga Ayam*. Jurnal FT Universitas Muria Kudus.
- Tajudin.2011.dalam Ningrum, Titik Cahya.2016.*Peramalan Jumlah Pengadaan Dan Persediaan Beras Di Perum Bulog Divre Jatim*. Diploma Thesis, Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Wahyuni,J. Yuri,W.P. Wanto.A. 2018. *Analisis Jaringan Saraf Dalam Estimasi Tingkat Pengangguran Terbuka Penduduk Sumatera Utara*. Jurnal Infomedia Program Studi Teknik Informatika STIKOM Tunas Bangsa Pematangsiantar.

- Wanto,A. 2017. *Optimasi Prediksi Dengan Algoritma Backpropagation Dan Conjugate Gradient Beale-Powell Restarts*. Jurnal Nasional Teknologi dan Sistem Informasi STIKOM Tunas Bangsa.
- Wei. 2006. dalam Bella Floranica, P. 2019.*Peramalan Jumlah Penumpang Bandara Internasional Ahmad Yani Semarang Dengan Neural Network Conjugate Gradient Beale-Powell Restarts*. TA AIS Semarang.
- Yuliawati, A. 2019. *Perbandingan Metode Backpropagation Neural Network Dan Fuzzy Wavelet Untuk Prediksi Kurs Dolar Terhadap Rupiah*. Skripsi. Program Studi S1 Statistika, FMIPA,Unimus.
- Yusuf Habibi,M & Edwin.R. *Peramalan Harga Garam Konsumsi Menggunakan Artificial Neural Network Feedforward-Backpropagation (Studi Kasus : Pt. Garam Mas, Rembang, Jawa Tengah)*. Jurnal Teknik ITS.

