

## Comparison Of Stock Price Prediction With Generalized Autoregressive Conditional Heteroscedasticity Model And Artificial Neural Network

Justinus Dedy Handyka Simanjuntak<sup>1</sup>, Indwiarti<sup>2</sup>, Aniq Atiqi Rohmawati<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup>Fakultas Informatika, Universitas Telkom, Bandung

<sup>1</sup>justinusdhs@students.telkomuniversity.ac.id, <sup>2</sup>indwiarti@telkomuniversity.ac.id,

<sup>3</sup>aniqatigi@telkomuniversity.ac.id

---

### Abstrak

Pasar modal sangat berkaitan dengan perekonomian karena pasar modal merupakan kegiatan perdagangan modal-modal perusahaan publik. Saham merupakan jumlah satuan dari modal kooperatif yang harganya dapat berubah sewaktu-waktu tergantung keuntungan dan kerugian atau kinerja perusahaan tersebut. Mengingat harga saham yang berubah-ubah maka diperlukan metode yang sesuai untuk dapat melakukan peramalan suatu harga saham. Untuk kasus harga saham berubah-ubah dapat diatasi dengan menggunakan metode time series. Generalized Autoregressive Conditional Heteroscedasticity (GARCH) merupakan salah satu model time series yang baik dalam melakukan peramalan harga saham. Model GARCH menganggap asumsi heteroscedasticity dapat meramalkan harga saham yang berubah-ubah secara signifikan terhadap waktu. Artificial Neural Network menunjukkan pendekatan yang efektif dalam peramalan time series karena tingkat keakuratannya yang tinggi. Pada penelitian ini didapatkan hasil perhitungan error RMSE dengan model GARCH (1,0) sebesar 0.3234, dan ANN menggunakan 21 hidden layer sebesar 0.0091. Hasil dari penelitian ini metode ANN ialah metode terbaik dalam prediksi harga saham PT. Bumi Citra Permai Tbk.

**Kata kunci :** GARCH, ANN, Saham

---

### Abstract

Capital markets are closely related to finance because capital markets are trading activities of public company capital. Stock is the number of units of cooperative capital which depends on time depending on the profit and loss or performance of the company. Accept changing stock prices so that the appropriate method is needed to forecast stock prices. For the case of volatile stock prices can be overcome by using the time series method. Generalized Autoregressive Conditional Heteroscedasticity (GARCH) is a good time series model for forecasting stock prices. The GARCH model considers the assumption that heteroscedasticity can predict stock prices that vary significantly with time. Artificial Neural Networks show a series that is effective in time series forecasting because of its high accuracy. In this study the RMSE calculation results obtained with the GARCH (1.0) model of 0.3234, and ANN uses 21 hidden layers of 0.0091. The results of this study ANN method is the best method in predicting stock prices of PT. Bumi Citra Permai Tbk.

**Keywords:** GARCH, ANN, Stock

---

### 1. Pendahuluan

Pasar modal adalah tempat bertemunya penjual dan pembeli untuk melakukan kegiatan perdagangan yang berhubungan dengan modal perusahaan *public* seperti jual beli efek, dimana efek merupakan *instrument* yang diperjualbelikan. Pasar modal sangat berkaitan dengan perekonomian karena pasar modal merupakan kegiatan perdagangan modal-modal perusahaan *public*, maka melalui pasar modal dapat diketahui daya beli para penanam modalnya atau *investor* dan hal tersebut juga menjadi tolak ukur perekonomian suatu negara melalui kegiatan jual beli di pasar modal di suatu negara. Perusahaan *public* adalah jenis perseroan terbatas yang sahamnya telah dimiliki paling tidak 300 pemegang saham. Sampai saat ini belum ada satupun indikator yang dijadikan pedoman investasi secara pasti, karena sejauh ini belum ada indikator investasi yang benar-benar sempurna. Hal ini membuat para analisis dan periset keuangan selalu mencari-cari indikator terbaru dan terbaik dalam berinvestasi [7].

Saham adalah surat bukti kepemilikan atas sebuah perusahaan yang melakukan penawaran umum dalam nominal dan persentase tertentu. Saham merupakan jumlah satuan dari modal kooperatif yang sama jumlahnya dan dapat diputar dengan berbagai cara berdagang dan harganya bias berubah sewaktu-waktu tergantung keuntungan dan kerugian atau kinerja perusahaan tersebut. Mengingat harga saham yang berubah-ubah maka diperlukan metode yang sesuai untuk dapat melakukan peramalan suatu harga saham.

Untuk memprediksi suatu pergerakan dalam suatu perusahaan dilakukan dengan memanfaatkan metode *Generalize Autoregressive Conditional Heteroskedasticity* (GARCH) dan *Artificial Neural Network* (ANN). Pada penelitian-penelitian sebelumnya model GARCH dan metode *Artificial Neural Network* telah banyak

diimplementasikan untuk memprediksi suatu pergerakan saham seperti Miswan (2013) yang membahas tentang Hybrid ANN-GARCH dengan data harga emas di Malaysia dan menghasilkan *hybrid* ANN-GARCH lebih optimal dibandingkan dengan GARCH (1,1) [1]. Pada penelitian lain R. Kristjanpoller (2017) membahas tentang peramalan harga saham dengan model GARCH dan Artificial Neural Network [2].

Pada penelitian ini, perbandingan model GARCH dan metode Artificial Neural Network digunakan untuk memprediksi harga saham berdasarkan nilai error RMSE yang paling minimum. Forecasting atau peramalan adalah proses untuk membuat pernyataan atas suatu kejadian dimana kejadian tersebut belum diketahui. Hal yang biasanya dilakukan dalam forecasting adalah mengestimasi expected value suatu value yang akan diteliti dimasa mendatang [8] Untuk kasus harga saham yang berubah-ubah dapat diatasi dengan menggunakan metode *time series*. Generalized Autoregressive Conditional Heteroscedasticity (GARCH) merupakan salah satu model time series yang baik dalam melakukan peramalan harga saham. Model GARCH menganggap asumsi heteroscedasticity dapat meramalkan harga saham yang berubah-ubah secara signifikan terhadap waktu. Penelitian ini dilakukan untuk memprediksi harga saham dengan model.

Sekarang ini metode-metode prediksi/estimasi lebih banyak dilakukan menggunakan metode statistik. Salah satu metode estimasi yang digunakan adalah metode Artificial Neural Network. Metode ini merupakan salah satu metode kecerdasan buatan yang mampu mengidentifikasi pola, signal processing serta peramalan dari system dengan metode pembelajaran khususnya peramalan time series [11]. Artificial Neural Network adalah teknik pengolahan data, simulasi fungsi analitik otak manusia yang memiliki kemampuan mengolah data dan mengekstrak pola yang ada. Jaringan dibangun node-node yang terhubung dan terorganisir sengan lapisan-lapisan. [6]. Artificial Neural Network menunjukkan pendekatan yang efektif dalam peramalan time series karena tingkat keakuratannya yang tinggi. Backpropagation adalah salah satu jenis algoritma artificial neural network dengan cara mundur dari lapisan keluaran ke lapisan masukan. Tujuan melatih jaringan adalah untuk mendapatkan keseimbangan kemampuan jaringan untuk mengenali pola yang digunakan selama pelatihan serta kemampuan jaringan untuk memberikan respon yang benar terhadap pola masukan dengan pola yang dipakai selama pelatihan [12].

## 2. Studi Terkait

### 2.1 Time Series

*Time series* adalah variabel yang diambil atau di observasi dengan data yang terurut dari waktu ke waktu. Metode time series adalah metode peramalan dengan menggunakan analisis pola hubungan antara variabel yang akan diperkirakan dengan variabel waktu. Peramalan suatu data *time series* perlu memperhatikan tipe atau pola data. Secara umum terdapat empat macam pola data *time series*, yaitu horizontal, *trend*, musiman, dan *siklis* [9]. Pola horizontal bersifat acak dengan kejadian yang tidak terduga. Pola musiman dapat berupa kenaikan atau penurunan dengan data dalam jangka waktu yang Panjang. Pola *siklis* menggunakan data yang ditandai dengan *fluktuatif* dalam satu tahun.

### 2.2 Garchalize Autoregressive Conditional Heteroskedasticity (GARCH)

Metode *Generalize Autoregressive Conditional Heteroskedasticity* (GARCH) (p, q) dikembangkan oleh Bollerslev (1986) adalah pengembangan dari model *Autoregressive Conditional Heteroskedasticity* (ARCH). Model ini dikembangkan untuk menghindari orde yang terlalu tinggi pada model ARCH dengan memilih model yang lebih sederhana sehingga akan menjamin *variansi* selalu positif [3]. Bentuk umum model GARCH (p, q) yaitu [4]:

$$y_t = \sigma_t \varepsilon_t \quad (1)$$

$$\sigma_t = \sqrt{\alpha_0 + \sum_{i=1}^p \alpha_i y_{t-i}^2 + \sum_{i=1}^q \beta_i \sigma_{t-i}^2} \quad (2)$$

Model GARCH (1, 0) adalah model yang penulis gunakan. Model GARCH (1,0) dapat didefinisikan sebagai berikut :

$$\sigma_t = \sqrt{\alpha_0 + \alpha_1 y_{t-1}^2} \quad (3)$$

dimana  $\alpha_0$ ,  $\alpha_1$ ,  $\beta_1$  adalah parameter dari model GARCH,  $y_t$  adalah nilai data,  $y_t^2$  adalah nilai return kuadrat. Untuk menghindari variansi GARCH bernilai negatif, maka syaratnya  $\alpha_0 > 0$ ,  $\alpha_1 > 0$ ,  $\beta_1 > 0$  dan  $\alpha_1 + \beta_1 < 1$  [10].

Dalam metode time series, untuk mengidentifikasi model dari data yang akan diprediksi adalah menggunakan *Autocorrelation Function* (ACF) dan fungsi *Partial Autocorrelation Function* (PACF). Untuk model GARCH digunakan fungsi PACF. *Partial Autocorrelation Function*. (PACF) digunakan untuk mengukur tingkat kerataan, apabila pengaruh dari waktu lag 1, 2, 3, ..., k-1 dianggap terpisah. Sehingga PACF dapat digunakan menentukan nilai orde p dari model GARCH sesuai dengan *cut off* di lag keberapa. Fungsi PACF adalah sebagai berikut [5] :

$$\rho_k = \phi_1 \rho_{k-1} + \phi_2 \rho_{k-2} + \dots + \phi_p \rho_{k-p} \quad (4)$$

Dimana  $\rho_k$  adalah fungsi ACF, adalah fungsi PACF, dan  $k = \text{time lag } 1, 2, \dots, p$ .

### 2.3 Artificial Neural Network (ANN)

*Backpropagation* adalah salah satu algoritma *Artificial Neural Network* yang sering digunakan dalam mencari bobot optimal. Pada jaringan ini terdapat pola input dan output yang diinginkan. *Backpropagation* dapat digunakan untuk mempelajari dan menganalisis pola data masa lalu lebih tepat sehingga diperoleh output yang lebih akurat dengan *error* minimum.

Langkah-langkah pelatihan algoritma *backpropagation* adalah sebagai berikut :

- a. Inisialisasi semua bobot (ambil nilai random yang cukup kecil)
- b. Tahap perhitungan maju :

- 1) Setiap unit input ( $X_i, i=1,2,3,\dots,n$ ) menerima sinyal dan meneruskan sinyal tersebut ke semua unit pada lapisan tersembunyi
- 2) Setiap unit tersembunyi ( $Z_i, i=1,2,3,\dots,p$ ) menjumlahkan bobot sinyal input,

$$z_{in_j} = V_{0j} + \sum_{i=1}^n x_i v_{ij} \quad (5)$$

$$z_j = f(z_{in_j}) \quad (6)$$

dimana  $Z_j$  adalah nilai keluaran hidden layer,  $f(z_{in_j})$  adalah fungsi *sigmoid backpropagation*,  $V_{0j}$  adalah bias,  $X_i$  adalah unit masukan,  $v_{ij}$  adalah bobot, dan  $Z_{in_j}$  adalah perhitungan antara nilai input dengan bobot yang menghubungkan dengan *hidden layer* yang akan di tambahkan dengan bias. Fungsi aktivasi yang digunakan adalah fungsi *sigmoid*, kemudian mengirimkan sinyal tersebut ke semua unit output.

- 3) Setiap unit output  $Y_k, k=1,2,3,\dots,m$ ) menjumlahkan bobot sinyal input

$$y_{in_k} = W_{0k} + \sum_{i=1}^p z_i w_{jk} \quad (7)$$

$$y_k = f(y_{in_k}) \quad (8)$$

dimana  $Y_k$  adalah keluaran  $y_k$ ,  $y_{in_k}$  adalah fungsi *sigmoid backpropagation*,  $W_{0k}$  adalah bias,  $Z_i$  adalah unit masukan,  $w_{jk}$  adalah bobot, dan  $Z_{in_j}$  adalah perhitungan antara nilai *hidden layer* dengan bobot yang menghubungkan dengan *output layer*.

- c. Tahap perhitungan mundur

- 1) Setiap unit input ( $Y_k, k=1,2,3,\dots,m$ ) menerima pola target yang sesuai dengan pola input pelatihan, kemudian hitung error

$$\delta_k = (t_k - Y_k) f'(Y_{in_k}) \quad (9)$$

Dimana  $\delta_k$  adalah unit kesalahan yang akan dipakai untuk perubahan bobot layer dibawahnya dan  $t_k$  adalah target dari jaringan,  $f'$  adalah turunan dari fungsi aktivasi. Kemudian hitung korelasi bobot

$$\Delta W_{jk} = \alpha \delta_k Z_j \quad (10)$$

$$\Delta W_{0k} = \alpha \delta_k \quad (11)$$

- 2) Setiap unit tersembunyi ( $Z_j, j=1,2,3,\dots,p$ ) menjumlahkan delta input-nya dari unit lapisan di kanannya

$$\delta_{in_j} = \sum_{k=1}^m \delta_k w_{jk} \quad (12)$$

$$\delta_j = \delta_{in_j} f'(z_{in_j}) \quad (13)$$

Kemudian hitung koreksi bobot

$$\Delta v_{jk} = \alpha \delta_j x_i \quad (14)$$

$$\Delta v_{0j} = \alpha \delta_j \quad (15)$$

- d. Tahap perubahan bobot bias

- 1) Setiap unit input ( $Y_k, k=1,2,3,\dots,m$ ) dilakukan perubahan bobot dan bias ( $j=0,1,2,\dots,p$ )

$$\delta_k = (t_k - Y_k) f'(Y_{in_k}) \tag{16}$$

$$\mathbf{v}_{jk}(\text{baru}) = \mathbf{w}_{jk}(\text{lama}) + \Delta \mathbf{W}_{jk} \tag{17}$$

Setiap unit tersembunyi ( $Z_{j,j=1,2,3,\dots,p}$ ) dilakukan perubahan bobot dan bias ( $i=0,1,2,3,\dots,p$ )

$$\mathbf{v}_{jk}(\text{baru}) = \mathbf{w}_{jk}(\text{lama}) + \Delta \mathbf{W}_{jk} \tag{18}$$

2) Tes kondisi berhenti.

**2.4 Normalisasi Data**

Normalisasi dilakukan agar nilai input dan target output sesuai dengan range dari fungsi aktivasi yang digunakan dalam jaringan. Data yang sudah dinormalisasi berada dalam interval 0 sampai dengan 1. Hal ini disebabkan karena nilai dalam fungsi aktifasi *Sigmoid Biner* berada diantar 0 dan 1. Lebih baik jika ditranformasikan keinterval yang lebih kecil, Misalnya pada interval (0,1..0,9), karena nilai fungsi *sigmoid biner* tidak pernah mencapai 0 ataupun 1.

Rumus yang digunakan untuk *normalisasi* data yaitu [13] :

$$Y = \frac{0.8(X-a)}{(b-a)} + 0,1 \tag{19}$$

Dimana Y adalah data yang telah di *normalisasi*, X adalah data aktual, a adalah data terkecil, dan b adalah data terbesar.

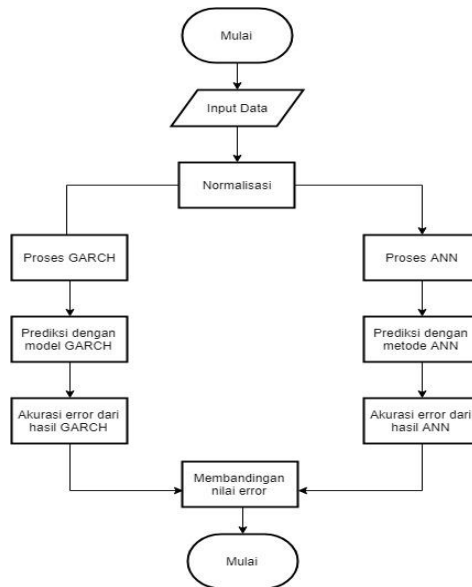
**2.5 Root Mean Square Error (RMSE)**

*Root Mean Square Error* (RMSE) adalah metode yang digunakan untuk mengukur hasil prediksi dan keakuratan suatu model. Berikut merupakan rumus dari RMSE :

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\hat{y}_i - y_i)^2}{n}} \tag{20}$$

Dimana n adalah jumlah data,  $\hat{y}_i$  adalah data yang di prediksi,  $y_i$  adalah data actual.

**3. Sistem yang Dibangun**



Gambar 1. Rancangan Sistem yang akan dibangun

### A. Input Data

Data saham yang digunakan adalah data harian dari PT Bumi Citra Permai Tbk. (BCIP.JK) yang bersumber dari <http://finance.yahoo.com> dalam rentang waktu 4 Januari 2016 sampai 15 Oktober 2016. Total data sebanyak 699 data kemudian dibagi menjadi 490 data *training* dan 209 data *testing*.

### B. Normalisasi

Normalisasi digunakan agar *nilai input* dan *output* sesuai dengan *range* fungsi aktivasi yang digunakan. Rumus yang normalisasi yang digunakan yaitu persamaan (19).

### C. Proses GARCH

Setelah data di normalisasi selanjutnya adalah identifikasi model yang mungkin dengan PACF. Setelah grafik PACF didapatkan maka dapat ditentukan orde  $p$  untuk model GARCH. Orde  $p$  ditentukan dari lag pada cut off yang didapat dari grafik PACF. Kemudian lakukan estimasi parameter untuk mendapatkan model terbaik.

### D. Prediksi dengan Model GARCH

Setelah mendapatkan model terbaik akan dilakukan prediksi data untuk menentukan *error* dari data asli dan data prediksi.

### E. Akurasi error dari hasil GARCH

Pada tahap ini didapatkan akurasi dari *error* RMSE yang paling minimum sehingga dapat dibandingkan dengan nilai *error* ANN.

### F. Proses ANN

1. Inisialisasi bobot dengan cara input nilai data *training* sehingga diperoleh nilai *output*.
2. Perhitungan maju untuk mendapatkan hasil error antara nilai output dan target yang ingin dicapai.
3. Perhitungan mundur untuk mendapatkan bobot-bobot yang lebih baik dari sebelumnya.
4. Perubahan bobot bias untuk meminimalkan nilai error.
5. Pengujian Jaringan.

### G. Prediksi dengan metode ANN

Pada tahap ini dilakukan prediksi dengan jaringan yang memiliki pengenalan paling baik

### H. Akurasi error dari hasil ANN

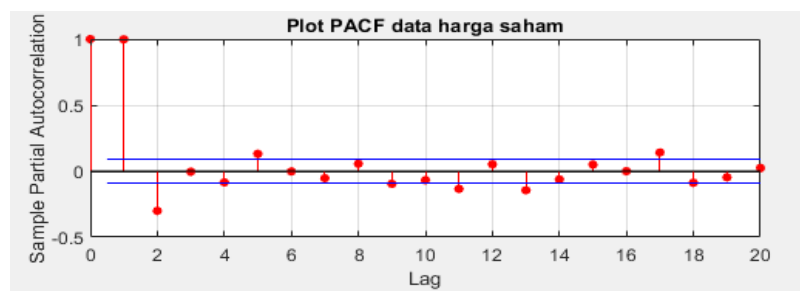
Setelah tahap prediksi ANN selesai maka akan didapatkan nilai *error* RMSE yang paling minimum sehingga dapat dibandingkan dengan nilai *error* GARCH.

### I. Membandingkan nilai error

Tahap ini merupakan tahap terakhir yang dilakukan yaitu membandingkan nilai *error* yang telah didapatkan dari nilai RMSE GARCH dan RMSE ANN kemudian dianalisis mana yang paling minimum.

## 4. Evaluasi

### A. GARCH

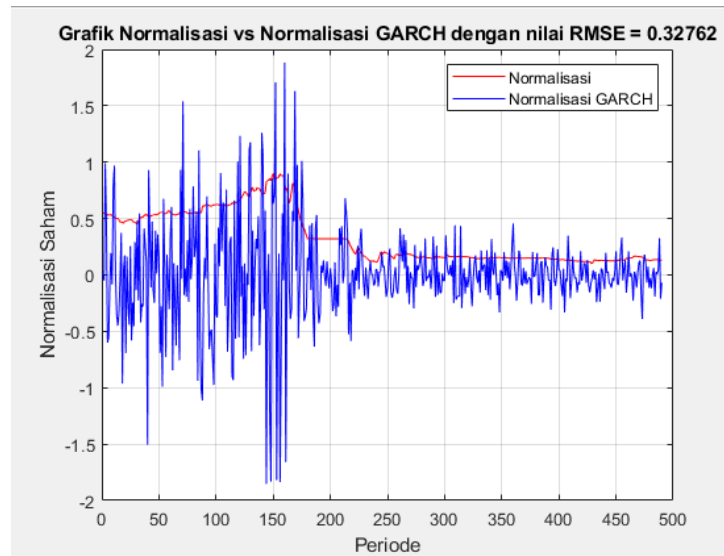


Gambar 2. PACF.

Dari gambar 2 dapat dilihat garis biru di plot PACF menunjukkan batas suatu observasi dikatakan tidak berkorelasi. Garis tersebut didapat melibatkan tingkat *signifikan* dari 0-100% semakin kecil tingkat

signifikannya semakin lebar garisnya. Sumbu X menunjukkan *lag*, jarak periode observasi dan sumbu Y menunjukkan nilai PACF-nya. Dari gambar 2 terjadi *cut off* pada *lag* ke -3, sehingga hal tersebut dapat menentukan orde p dari model GARCH. Model yang dapat dipertimbangkan adalah GARCH (2,0) atau GARCH (2,1) Hal ini tidak menutup kemungkinan untuk memilih model GARCH dengan orde yg lebih kecil asalkan memenuhi syarat stasioner GARCH.

Berdasarkan hasil estimasi parameter didapatkan model GARCH (1,0) dengan menggunakan rumus pada persamaan (3). GARCH dengan model lain tidak bisa diimplementasikan ke kasus harga saham yang telah di *normalisasi* ini karena ada *lower boundary* dari model yang tidak terpenuhi oleh data atau tidak memenuhi syarat.



Gambar 3. Hasil prediksi harga saham menggunakan GARCH (1,0)

Pada gambar 3 dapat dilihat perbandingan data *normalisasi* dengan prediksi menggunakan model GARCH (1,0) pada proses training. Nilai RMSE yang dihasilkan pada proses *training* adalah 0.32762.

Tabel 1. Nilai RMSE GARCH (1,0)

Error	RMSE
Training	0.3292
Testing	0.3234

Berdasarkan tabel 1. didapatkan nilai *error* RMSE untuk proses training dan testing setelah dilakukan 10 percobaan kemudian di rata-rata kan. Nilai RMSE untuk proses training adalah 0.3292 dan proses testing adalah 0.3234 . Hal tersebut menunjukkan bahwa proses *training* GARCH sudah dapat memprediksi dengan cukup baik, sehingga dapat digunakan dalam model *testing*.

**B. ANN**

Tentukan terlebih dahulu beberapa skenario, berikut merupakan sistem skenario yang dilakukan :

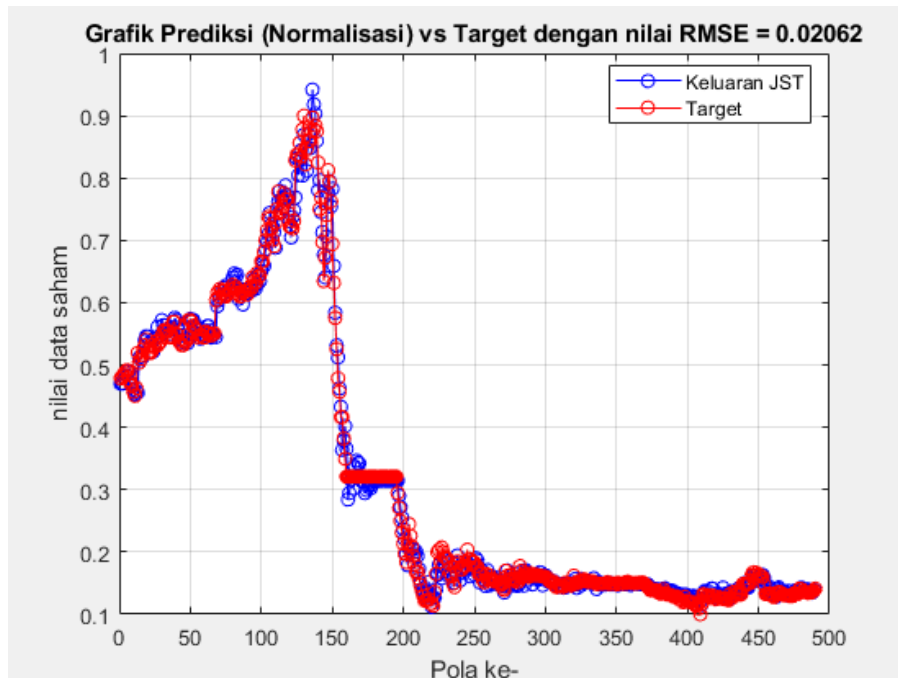
- a. Jumlah iterasi sebanyak 5000 iterasi.
- b. Komposisi data input yaitu 20 pola data input dan 1 target.
- c. Jumlah hidden layer 5, 10, 15, 20 ,21 ,22 ,25.
- d. Proses learning 0.1.

Tabel 1. Skenario Hidden Layer

Iterasi	Hidden Layer	RMSE
5000	5	0.0208
5000	10	0.0219
5000	15	0.0207
5000	20	0.0192
5000	21	0.0191

5000	22	0.0192
5000	25	0.0193

Berdasarkan hasil observasi Tabel 1 diatas terdapat 7 *hidden layer* dengan masing-masing layer dilakukan 10 percobaan kemudian dirata-ratakan nilai RMSE yang didapat. Diperoleh hasil skenario *hidden layer* terbaik berdasarkan nilai *error* RMSE yang sudah di *normalisasi* dengan nilai paling minimum adalah pada jumlah *hidden layer* 21 yaitu 0.0191. Data masukan yang digunakan pada penelitian ini adalah 20 data dan 1 data target. Data target adalah data yang diharapkan dari hasil prediksi. Jika data hasil prediksi sudah mendekati data target maka dapat dilanjutkan ke perhitungan RMSE. Karena data target yang dipakai adalah 1 maka data keluaran juga 1. Jadi Arsitektur yang digunakan 20 data masukan, 21 jumlah *hidden layer* dan 1 nilai keluaran.



Gambar 4. Gambar Prediksi vs Target yang sudah di normalisasi

Dari Gambar 4, dapat dilihat perbandingan nilai *prediksi* yang sudah di *normalisasi*. Nilai *error* RMSE pada proses *training* yang didapat ialah 0.0206. Jaringan yang telah diperoleh pada proses *training* selanjutnya digunakan untuk melakukan *prediksi* pada proses *testing*. Pembobotan nilai dan pola yang didapat pada proses *training* digunakan kembali untuk melakukan proses *testing*. Nilai *error* RMSE yang sudah di *normalisasi* yang diperoleh pada proses *testing* ialah 0.0091.

Tabel 2. Nilai RMSE ANN

Error	RMSE
Training	0.0206
Testing	0.0091

Berdasarkan Tabel 2. didapatkan nilai *error* RMSE untuk proses *training* adalah 0.02062 dan proses *testing* adalah 0.0091.

**C. Perbandingan nilai RMSE model GARCH dan ANN**

Tabel 3. Perbandingan nilai RMSE Model GARCH dan ANN

Proses	GARCH	ANN
Training	0.3292	0.0206
Testing	0.3234	0.0091

Berdasarkan Tabel 3 Nilai *error* RMSE terbaik adalah nilai *error* RMSE ANN dengan nilai paling minimum yaitu 0.0091, sedangkan nilai *error* GARCH yaitu 0.3234.

**5. Kesimpulan**

Model GARCH (1,0) adalah model GARCH terbaik untuk melakukan prediksi harga saham. Skenario terbaik dalam memprediksi harga saham dengan menggunakan metode ANN adalah dengan arsitektur 20 data masukan,

21 jumlah *hidden layer*, dan 1 keluaran. Perbandingan hasil perhitungan RMSE dengan model GARCH (1,0) adalah 0.3234 sedangkan ANN adalah 0.0091. Hasil dari penelitian ini metode ANN lebih akurat dibandingkan model GARCH (1,0) dalam prediksi harga saham PT. Bumi Citra Permai Tbk.

### Daftar Pustaka

- [1] Miswan, Y.P. Pung, and M.H. Ahmad. 2013. On Parameter Estimation for Malaysian Gold Price modelling and forecasting, *Int. J. Math. Anal*, 7. no. 22, 1059-1068.
- [2] R. Kristjanpoller, Werner., P. Hernandez, Esteban. 2017. Volatility of Main Metals Forecasted by a Hybrid ANN-GARCH Model with regressors.
- [3] E Enders, Walter. 1995. *Applied Economis Time Series*. New York.
- [4] H. D. Marta. 2016. Sifat Asimetris Model Prediksi GARCH & SVAR (Studi Kasus: Indeks Harga Saham Gabungan), "e-Proceeding of Engineering, vol. 3, p. 3732.
- [5] M. Spyros. 1995. *Metode dan Aplikasi Peramalan Jilid 1 dan Edisi 2*, Jakarta: Erlangga.
- [6] D. R. Baughman and Y. A. Liu. (1995). *Neural Networks in Bioprocessing and Chemical Engineering*, Academic Press Limited, Oval Road London.
- [7] Sadeq, A. 2008. Analisis Prediksi Harga Saham Gabungan dengan Metode ARIMA . Tesis program studi Magister Manajemen Pasca Sarjana Universitas Diponegoro Semarang.
- [8] Makridakis, Spyros, Wheelright, C. Steven dan Victor. 1991. *Metode dan aplikasi Peramalan*. (Untung Sus dan Abdul Basith, Penerjemah). Jakarta:Erlangga.
- [9] Hanke, J.E. dan Wichern, D.W. 2005. *Business Forecasting*, 8th ed, Pearson Prentice Hall, New Jersey.
- [10] Reider, Rob. 2009. *Volatility Forecasting I : GARCH Models*.
- [11] Muharsyah, R., 2009. Prakiraan Curah Hujan Tahun 2008 Menggunakan Teknik Neural Network dengan Prediktor Sea Surface Temperatur (SST) di Stasiun Mopah Merauke. *Jurnal Meteorologi dan Geofisika*. Volume 10 No.1. hal: 10-21.
- [12] Siang, JJ., 2004, *Jaringan Syaraf Tiruan dan Pemrograman menggunakan Matlab*, Andi Yogyakarta.
- [13] Y. Andrian, M. Wahyudi, M. Rifky. 2014. Analisis Kinerja Jaringan Saraf Tiruan Metode Backpropagation.