

**MODEL PREDIKSI HARGA LAMPU GEDUNG
DALAM PENYUSUNAN PENAWARAN HARGA LELANG *BUILDING MANAGEMENT*
MENGUNAKAN *ADAPTIVE NEURO FUZZY INFERENCE SYSTEM* :
STUDI KASUS PT GARUDA KARYA MANDIRI**

Mohammad Ridwan

*Dosen Jurusan Teknik Informatika, Universitas Islam Syekh Yusuf Tangerang
Jl. Maulana Yusuf, Babakan Kota Tangerang, Banten, Telp 021-5527061
e-mail: mridwan@unis.ac.id*

ABSTRAK

Prediksi harga lampu dalam pembuatan penawaran harga lelang *building management* memainkan peranan penting dalam kesuksesan proyek yang akan di kerjakan nanti. Prediksi harga secara tepat menyebabkan optimalnya proses alokasi sumber daya, peningkatan efisiensi, dan peningkatan pendapatan perusahaan. Ternyata untuk meramalkan harga lampu gedung adalah jenis prediksi *non-linear*. Pada penelitian ini, data berbentuk periode (1 periode = 4 bulan) dengan rentang waktu data dari Januari 2009 sampai Desember 2015 yang digunakan sebagai parameter proses prediksi menggunakan *Adaptive Neuro Fuzzy Inference System* (ANFIS). Metode penelitian dimulai dengan pemetaan data menjadi 4 parameter *input* dan 1 hasil *output*, yang selanjutnya dilakukan suatu *training* dan *testing* sebanyak 3 kali dengan klasifikasi data periode 1-19, 2-20, dan 3-21. Hasil penelitian Prediksi harga menggunakan Model ANFIS berdasarkan 63 data dengan 3 varian lampu dan parameter *input* yang meliputi jumlah *membership function* sebanyak 2, tipe *membership function* Trapesium (*Trapmf*), *error goal* 0, dan *epoch* Maksimal 100 mampu memberikan nilai hasil pengujian *Root Mean Square Error* (RMSE) sebesar 0,05, *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE) 5,62, dan hasil uji coba simulasi prediksi harga lampu gedung dengan Metode ANFIS menghasilkan harga prediksi yang sesuai dengan data aktualnya dengan persentasi selisih harga sebesar $1,65 \times 10^{-3}$.

Kata Kunci : Prediksi Harga, ANFIS, *Fuzzy* Prediksi, *Adaptive Neuro Network*, *Fuzzy Inference System*.

1. PENDAHULUAN

Tingkat keakurasian penawaran harga lelang suatu perawatan gedung erat kaitannya dengan tingkat ketepatan dalam menentukan harga bahan-bahan perawatan gedung, terutama lampu. Menentukan harga lampu merupakan permasalahan yang sering dihadapi oleh pihak perencana penawaran harga lelang dalam pengelolaan gedung (*Building Management*). Bukan hanya di instansi *Building Management*, bahkan semua instansi yang berkecimpung di bidang penjualan barang/jasa untuk barang terkait tersebut pun menemukan permasalahan yang sama dalam menentukan perencanaan anggaran belanja yang akan datang. Dengan banyaknya fenomena dan permasalahan penentuan harga yang terjadi, banyak pula penelitian yang dilakukan untuk menyelesaikan permasalahan tersebut, namun untuk penelitian prediksi harga yang berfokus pada harga lampu di bagian pembuatan penawaran harga *Building Management* belum ada.

Masalah yang terjadi pada instansi PT. Garuda Karya Mandiri adalah :

1. Seringnya kesalahan peramalan harga lampu gedung pada saat pembuatan penawaran lelang.
2. Untuk pengambilan keputusan membutuhkan waktu lama, dikarenakan usulan-usulan prediksi yang ditawarkan oleh beberapa pelaku penyusun harga yang tidak sama antara satu dengan yang lain. Dengan kata lain, tidak adanya konsistensi dalam usulan peramalan.

Adapun dampak dari kesalahan dalam prediksi harga

tersebut antara lain :

1. Memerlukan waktu lama dalam pengambilan keputusan usulan prediksi harga mana yang mendekati *real*-nya nanti.
2. Dapat mengakibatkan kekalahan dalam kompetisi perbandingan harga penawaran.
3. Kesulitan dalam perencanaan pekerjaan proyek yang sedang berjalan, karena biaya yang akan dikeluarkan tidak sesuai dengan kontrak.
4. Stabilitas perusahaan akan terganggu, karena unit keuangan perusahaan akan terfokus pada proyek tersebut dalam mengucurkan biaya tambahan sebagai penutup biaya yang kurang tersebut dan mengesampingkan proyek lain.
5. Mengakibatkan tidak optimalnya dalam pengalokasian sumber daya, peningkatan efisiensi, dan peningkatan pendapatan perusahaan.

Dari identifikasi masalah yang terpapar di atas, maka dapat diperoleh dimensi permasalahan yang begitu luas. Selanjutnya, masalah yang menjadi obyek penelitian dibatasi hanya pada Analisis Model Prediksi *Adaptive Neuro Fuzzy Inference System* untuk peramalan harga lampu gedung pada Perusahaan PT Garuda Karya Mandiri. Pembatasan masalah ini mengandung konsep pemahaman sebagai berikut :

1. Data yang digunakan adalah data histori harga lampu dari tahun 2009 sampai 2015 periode 4 bulanan.
2. Menggunakan perhitungan *Root Mean Square Error* (RMSE) dan *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE) untuk menghitung akurasi data.

Tujuan dari penelitian ini antara lain :

2. Untuk menganalisis penggunaan Model ANFIS dalam memprediksi harga lampu gedung.
2. Memperoleh model prediksi terbaik untuk meramalkan harga lampu gedung dengan menggunakan metode ANFIS.

Adapun manfaat yang dapat diperoleh dari penelitian ini adalah :

1. Membantu dalam pengambilan keputusan dan mencari alternatif solusi untuk mengatasi permasalahan yang terjadi mengenai pemrediksian harga lampu gedung.
2. Memberikan rekomendasi kepada pihak yang berwenang sebagai sarana alternatif untuk memprediksi harga ke semua proyek yang ditangani.

2. LANDASAN TEORI DAN KERANGKA KONSEP

Penggunaan *neuro-fuzzy* dapat digunakan dan diimplementasikan pada masalah pemrediksian harga bahan elektrikal gedung. *Neuro-fuzzy* adalah gabungan dari dua sistem yaitu sistem logika *fuzzy* dan *neural network* (jaringan syaraf tiruan). Hasil yang diperoleh membentuk non-sifat *linier* dari harga bahan elektrikal di setiap jenis bahan dan menunjukkan nilai prediksi harga bahan elektrikal gedung. Dengan demikian, pembuatan penawaran yang tepat waktu dan harga yang akurat dapat diperoleh, jika proses dibantu dengan *neuro-fuzzy* sebagai model.

Landasan dari ANFIS adalah pendekatan pemodelan *fuzzy*. Hal ini memungkinkan untuk model ekstraksi data *input* atau *output* direpresentasikan sebagai *fuzzy inference system*. Sistem *rule based*-nya mempunyai tiga komponen, yaitu variabel fungsi keanggotaan dari *input* dan *output*, aturan *fuzzy*, dan hasil sistem serta karakteristik *output*[2].

2.1 Prediksi/Peramalan

Prediksi atau peramalan adalah perhitungan yang objektif dan dengan menggunakan data-data masa lalu untuk menentukan sesuatu di masa yang akan datang. Untuk melakukan peramalan memerlukan ilmu pengetahuan statistik dan teknologi[10].

Metode peramalan merupakan suatu cara melakukan peramalan secara kuantitatif apa yang akan terjadi di masa yang akan datang berdasarkan data yang relevan pada masa lalu. Metode peramalan sangat besar manfaatnya karena akan membantu dalam mengadakan pendekatan analisis terhadap tingkah laku atau pola yang lalu, sehingga dapat memberikan cara pemikiran, pengerjaan atau pemecahan masalah yang sistematis dan pragmatis, dan memberikan tingkat keyakinan yang lebih besar atau ketepatan hasil dari peramalan yang dibuat.

1. Teknik Peramalan

Situasi peramalan sangat beragam dalam horizon waktu peramalan, faktor yang menentukan hasil sebenarnya, tipe pola data, dan berbagai aspek lainnya. Untuk menghadapi penggunaan yang luas seperti itu, beberapa teknik telah dikembangkan. Teknik tersebut dibagi dalam dua kategori utama, yaitu:

a. Peramalan Kuantitatif

Peramalan kuantitatif adalah peramalan yang didasarkan atas data kuantitatif masa lalu. Hasil peramalan yang dibuat sangat bergantung pada metode yang dipergunakan dalam peramalan tersebut.

b. Peramalan Kualitatif atau Teknologi

Peramalan kualitatif adalah peramalan yang didasarkan atas data kualitatif pada masa lalu. Hasil peramalan yang dibuat sangat bergantung pada orang yang menyusunnya. Hal ini penting karena hasil peramalan tersebut ditentukan berdasarkan pemikiran yang intuisi, pendapat, dan pengetahuan, serta pengalaman penyusunnya.

2. Metode Peramalan

Ada berbagai metode yang dapat digunakan untuk proses prediksi adalah sebagai berikut :

a. Grammatical Evolution

Evolutionary Algorithms (EAs) merupakan algoritma-algoritma komputasi yang berbasis evolusi biologi yang ada di dunia nyata. Salah satu algoritmanya yaitu *Grammatical Evolution* (GE). GE merupakan pengembangan dari *Genetic Programming* (GP). Perbedaannya terletak pada representasi individu. GE menggunakan representasi individu yang dapat digunakan untuk mengevolusi program yang bebas bahasa[10].

b. Fuzzy Time Series (FTS)

Fuzzy Time series (FTS) adalah metode prediksi data yang menggunakan prinsip-prinsip *fuzzy* sebagai dasarnya. Sistem prediksi dengan FTS menangkap pola dari data yang telah lalu kemudian digunakan untuk memproyeksikan data yang akan datang. Pertama kali dikembangkan oleh Q. Song and B.S. Chissom pada tahun 1993. Metode ini sering digunakan oleh para peneliti untuk menyelesaikan masalah prediksi. Prosesnya juga tidak membutuhkan suatu sistem pembelajaran dari sistem yang rumit sebagaimana yang ada pada algoritma genetika dan jaringan syaraf sehingga mudah untuk digunakan dan dikembangkan[10].

c. Adaptive Neuro Fuzzy Inference System (ANFIS)

ANFIS merupakan gabungan dari *Artificial Neural Network* (ANN) dan *Fuzzy Inference Systems* (FIS) yang merupakan jaringan adaptif yang berbasis pada sistem *inference fuzzy*[6].

2.2 Adaptive Neuro Fuzzy Inference System (ANFIS)

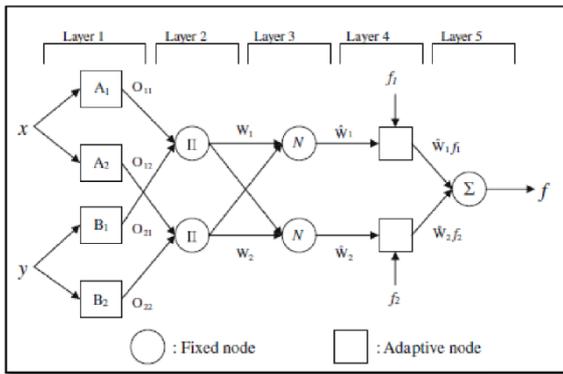
Adaptive Neuro Fuzzy Inference System (ANFIS) merupakan penggabungan dari logika *fuzzy* dan jaringan syaraf tiruan (JST). Logika *fuzzy* memiliki kelebihan dalam memodelkan aspek kualitatif dari pengetahuan manusia dan proses pengambilan keputusan dengan menerapkan basis aturan (*rules*) [6]. JST memiliki kelebihan dalam mengenali pola, belajar, dan berlatih dalam menyelesaikan suatu permasalahan tanpa memerlukan pemodelan matematik. Serta dapat bekerja berdasarkan data historis yang dimasukkan kepadanya dan dapat melakukan prediksi kejadian yang akan datang berdasarkan data-data tersebut[4]. Sehingga ANFIS memiliki kemampuan keduanya[5].

Sistem inferensi *fuzzy* yang digunakan adalah sistem inferensi *fuzzy* model Tagaki-Sugeno-Kang (TSK) orde satu dengan pertimbangan kesederhanaan dan kemudahan komputasi. Adapun basis aturan dengan dua aturan *fuzzy if-then* seperti dibawah ini :

Rule 1 : If (x is A1) and (y is B1) then (f1 = $\square_1x + \square_1y + \square_1$) (2.7)

Rule 2 : If (x is A2) and (y is B2) then (f2 = $\square_2x + \square_2y + \square_2$) (2.8)

Dimana x dan y adalah *input*, A1, A2, B1, B2 adalah aturan *fuzzy* yang telah ditentukan, f1 dan f2 adalah *output*, \square_1 , \square_2 , \square_1 , \square_2 , \square_1 , \square_2 adalah parameter *linear* yang ditentukan dalam proses pelatihan. Struktur dari metode ANFIS mempunyai lima *layer*, yaitu *layer* fuzzifikasi, *layer* rule, *layer* normalisasi, *layer* defuzzifikasi, dan hasil *neuro* tunggal[1]. Adapun struktur ANFIS seperti pada Gambar 2.1[12] :



Gambar 2.1 Struktur ANFIS

Adapun deskripsi dari *layer* ANFIS adalah sebagai berikut[5] :

1. Layer 1 (Fuzzifikasi)

Semua pada lapisan ini adalah simpul adaptif (parameter dapat berubah) dengan fungsi simpul:

$$O_{1,i} = \mu_{A_i}(x), \text{ untuk } i = 1,2 \text{ atau} \quad (2.9)$$

$$O_{1,i} = \mu_{B_{i-2}}(y), \text{ untuk } i = 3,4$$

Keterangan :

x, y : Masukan ke *node* i

Ai(x) atau Bi-2 (y) : Label linguistik (seperti ‘besar’ atau ‘kecil’) yang terkait dengan *node* tersebut.

O1,i = $\mu_{A,1}$: Derajat keanggotaan himpunan *fuzzy* A1, A2 atau B1, B2.

Dari Gambar di atas, tiap-tiap *input* tersebut dibagi menjadi 2 fungsi keanggotaan, x1 dibagi dalam A1 dan A2 ; misalnya A1 menyatakan kecil dan A2 menyatakan besar. Begitu juga x2 dibagi dalam fungsi keanggotaan B1 yang menyatakan kecil dan B2 yang menyatakan besar. Dari pemetaan tersebut x1 dan x2 sudah menjadi variabel *fuzzy* yang masing-masing mempunyai nilai μ kecil dan besar tertentu. x1 mempunyai nilai μ_{A1} dan μ_{A2} , sedangkan x2 punya nilai μ_{B1} dan μ_{B2} .

2. Layer 2 (Rules)

Semua simpul pada lapisan ini adalah non adaptif

(parameter tetap). *Output* nya merupakan perkalian dari semua *input* yang masuk pada lapisan ini. Fungsi simpul :

$$O_{2,i} = W_i = \mu_{A_i}(x) \cdot \mu_{B_i}(y), \quad i = 1,2,\dots,n \quad (2.11)$$

Tiap keluaran simpul menyatakan derajat pengaktifan (*firing strength*) tiap aturan *fuzzy*. Fungsi ini dapat diperluas apabila bagian premis memiliki lebih dari dua himpunan *fuzzy*. Banyaknya simpul pada lapisan ini menunjukkan banyaknya aturan yang dibentuk.

3. Layer 3 (Normalisasi)

Setiap simpul pada lapisan ini adalah simpul non adaptif yang menampilkan fungsi derajat pengaktifan ternormalisasi (*normalized firing strength*) yaitu rasio keluaran simpul ke-i pada lapisan sebelumnya terhadap seluruh keluaran lapisan sebelumnya, dengan bentuk fungsi simpul :

$$\hat{w}_i = \frac{w_i}{w_1 + w_2} \quad (2.12)$$

Apabila dibentuk dari lebih dari dua aturan, fungsi dapat diperluas dengan membagi W_i dengan jumlah total W untuk semua aturan.

4. Layer 4 (Defuzzifikasi)

Setiap simpul pada lapisan ini adalah simpul adaptif dengan fungsi simpul :

$$O_{4,i} = W_i f_i = W_i (p_i x + q_i y + r_i) \quad (2.13)$$

Keterangan

O4,i : *Simpul Adaptif*

W_i : *Derajat pengaktifan ternormalisasi dari lapisan 3*

{p_i, q_i, r_i} : *Himpunan parameter konsekuen yang adaptif*

5. Layer 5 (Keluaran Jaringan)

Pada lapisan ini hanya ada satu simpul tetap yang fungsinya untuk menjumlahkan semua masukan. Fungsi simpul :

$$O_{5,i} = \sum \hat{w}_i \hat{y}_i = \frac{\sum \hat{w}_i \hat{y}_i}{\sum \hat{w}_i} \quad (2.14)$$

Keterangan

O4,i : *Simpul Tunggal*

W_i : *Derajat pengaktifan ternormalisasi dari lapisan 4*

Y_i : *Simpul Adaptif layer 4*

Jaringan adaptif dengan lima lapisan tersebut ekuivalen dengan sistem inferensi *fuzzy* TSK.1.

2.3 Uji Performa Statistik

Ada beberapa cara untuk menguji dan mengukur performa statistik. Diantaranya adalah menggunakan *Root Mean Square Error* (RMSE) dan *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE). RMSE digunakan untuk mencari keakuratan hasil peramalan dengan data histori. Semakin kecil nilai yang dihasilkan semakin bagus pula

hasil peramalan yang dilakukan dan nilai dari RMSE dimulai dari 0 hingga tak terbatas, dengan 0 menjadi nilai terbaiknya. RMSE dapat dihitung dengan persamaan 2.10[11] :

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2}{n}} \quad (2.15)$$

Keterangan :

- y_i : nilai data aktual
- \hat{y}_i : nilai data prediksi
- n : jumlah data

Pengukuran performa statistik berikutnya yaitu menggunakan MAPE, yaitu dengan melakukan perhitungan perbedaan antara data asli dengan data hasil peramalan. Perbedaan tersebut diabsolutkan kemudian dihitung kedalam bentuk persentase terhadap data asli. Pengukuran performa statistik dengan MAPE dapat dilihat pada 2.11 [11]:

$$MAPE = \frac{\sum \frac{|y_i - \hat{y}_i|}{y_i}}{n} \times 100 \quad (2.16)$$

Keterangan :

- y_i : nilai data aktual
- \hat{y}_i : nilai data prediksi
- n : jumlah data

2.4 Tinjauan Studi

Metode peramalan *Generalized Regression Neural Network* (GRNN) diintegrasikan dengan algoritma genetika untuk mereduksi data latih guna menghasilkan model peramalan yang lebih efisien. Sebelum diramalkan, data harga emas didekomposisi menggunakan STL menjadi komponen data musiman, tren, dan residual. Ketiga komponen data tersebut diramalkan menggunakan dua metode yang berbeda, yaitu GRNN untuk meramalkan komponen data musiman dan residual, dan metode theta untuk meramalkan komponen data tren. Hasil peramalan dari ketiga komponen tersebut selanjutnya digabungkan menggunakan jaringan syaraf tiruan propagasi balik untuk memperoleh hasil peramalan akhir[7].

Suatu sistem untuk membantu calon pembeli mobil TOYOTA AVANZA bekas untuk menentukan harga yang pantas yang harus ia bayar untuk membeli mobil tersebut. Sistem ini dikembangkan dengan mengimplementasikan metode *Fuzzy Set* dan *Fuzzy Inference System* Mamdani dan dibuatkan rancangan aplikasi dengan design UML dan aplikasi *Java*[9].

Fuzzy Cognitive Map (FCM) dilakukan untuk mengetahui harga beras dimasa mendatang dengan memodelkan faktor-faktor berpengaruh terhadap harga beras. Fluktuasi keadaan pertanian yang terjadi dianalisis menggunakan metode regresi berganda untuk menemukan parameter paling berpengaruh yang kemudian dijadikan dasar dalam pembuatan model FCM. Penerapan metode regresi berganda dilakukan dengan melibatkan uji asumsi klasik beserta uji *variance*

inflation factor dan uji korelasi untuk mengatasi masalah multikolinearitas. Untuk mendapatkan hasil estimasi yang valid maka dilakukan pengujian yang meliputi MSE (*Mean Squared Error*) dan Standar Deviasi[3].

Perbedaan dari ketiga penelitian di atas dengan penelitian ini adalah penulis menganalisis Prediksi Harga Lampu Gedung menggunakan metode *Adaptive Neuro Fuzzy Inference System* (ANFIS) dengan menggunakan parameter-parameter data histori serta Pemrograman Matlab dengan Pengujian menggunakan *Roots Mean Square Error* (RMSE) dan *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE).

2.5 Tinjauan Obyek Penelitian

PT Garuda Karya Mandiri (GKM) didirikan pada tanggal 10 Agustus 1995 oleh Yayasan Dana Pensiun Garuda Indonesia dan Koperasi Karyawan Garuda Indonesia (KOKARGA), yang mana pada saat ini komposisi saham Yayasan Dana Pensiun Garuda Indonesia sebesar 98% sedangkan Koperasi Karyawan Garuda Indonesia sebesar 2% dengan modal dasar 10 Miliar.

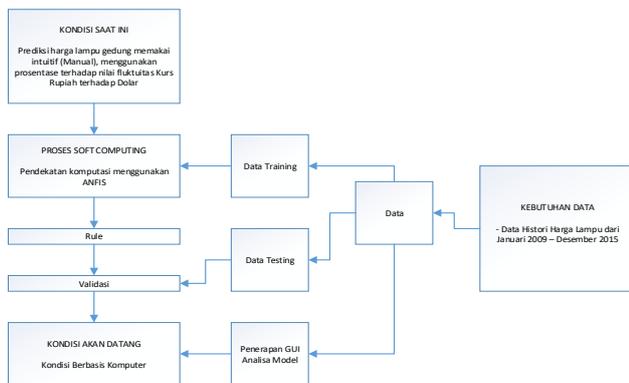
Kegiatan usahanya berkembang, tidak hanya pengelolaan pemeliharaan gedung dan *cleaning service* seperti di Garuda Indonesia Merdeka Selatan dan Juanda, tetapi juga di Garuda Sentra Medika, Garuda Sentra Operasi, Garuda *Cargo Center* dan *Warehouse*, Garuda *Maintenance Facility Aero Asia*, Garuda *Aviation Training & Education*, Abacus Indonesia serta Rental Alat-alat Kesehatan/*Medical Record/Furniture*, dan Pos *Service Intern Garuda Indonesia* sampai dengan saat ini.

Untuk mendapatkan sebuah proyek manajemen gedung, PT GKM harus mengikuti serangkaian proses seleksi lelang bersaing dengan rival-rival perusahaan bisnis sejenisnya. Dari seleksi administrasi dilanjutkan seleksi teknik, dan pada akhirnya yang sangat menentukan proses ini adalah seleksi penawaran harga. Penawaran harga biasanya sudah ada standarisasi harga dari pihak yang melelang guna memberi batas atas dalam menawarkan harga.

2.6 Kerangka Konsep

Berdasarkan identifikasi masalah, tujuan penelitian, kajian teori, dan studi dari penelitian sebelumnya, maka dapat dibangun kerangka konsep penelitian tentang prediksi harga lampu gedung menggunakan model ANFIS untuk membantu pembuatan penawaran harga.

Kerangka konsep di atas dapat digambarkan dengan diagram sebagai berikut :



Gambar 2.2 Kerangka Konsep

2.7 Hipotesis

Hipotesis yang diajukan adalah pemodelan sistem berbasis *Adaptive Neuro Fuzzy Inference System* (ANFIS). Bahan yang diambil dalam penelitian ini adalah : “Prediksi Harga Lampu Gedung Menggunakan ANFIS”.

3. METODE PENELITIAN

3.1 Metode Penelitian

Fokus penelitian menggagaskan model *Adaptive Neuro Fuzzy Inference System* (ANFIS) bagi pelaku pembuat penawaran harga lelang di PT Garuda Karya Mandiri (GKM) untuk menciptakan hasil prediksi harga lampu yang tepat dan tidak merugikan perusahaan. Penelitian ini termasuk jenis penelitian terapan. Hasil penelitian dapat langsung diterapkan untuk memecahkan permasalahan yang dihadapi.

Dalam penelitian ini, akan dibuat Prediksi Harga dengan menggunakan model ANFIS, analisis bisnis model dengan menggunakan metode *functional analysis*, teknik dan hasil analisis untuk mengumpulkan data menggunakan metode *interview expert person*, sedangkan untuk pengujian kualitas prediksi menggunakan *Root Mean Square Error* (RMSE) dan *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE).

Hasil penelitian berupa Model Prediksi Harga Lampu Gedung dengan menggunakan metode ANFIS.

3.2 Langkah – Langkah Penelitian

Langkah-langkah penelitian untuk perancangan model ANFIS ini dibahas :

- Menentukan variabel yang digunakan untuk melakukan diagnosa permasalahan.

Tabel 3.1 Tabel Variabel

Fungsi	Nama Variabel
Input	Data Histori harga lampu gedung dari Januari 2009 – Desember 2015 (3 varian lampu)
Output	Model Prediksi ANFIS terbaik

Tabel III.1 merupakan variabel yang digunakan dalam penelitian ini, berdasarkan parameter yang digunakan oleh PT Garuda Karya Mandiri dalam perhitungan prediksi harga secara manual.

- Menentukan periode data yang digunakan dalam penelitian. Di sini penulis menggunakan periode 4 bulanan (berdasarkan aktifitas pembaruan data yang dilakukan PT Garuda Karya Mandiri dalam rangka untuk prediksi harga). Contoh data sebagai berikut :
- Melakukan normalisasi data penelitian menggunakan metode *Min-Max* Normalisasi.
- Memetakan data normalisasi *training* dengan rincian 4 parameter sebagai *input* dan 1 sebagai *output*. Untuk aturannya sebagai berikut :

Tabel 3.3 Aturan Pemetaan Data

No	Parameter	Aturan
1	Hanya memakai data histori harga lampu	Parameter ke 1, 2, 3, dan 4 merupakan 4 data histori periode sebelumnya dari data <i>output</i> , dan parameter ke-5 sebagai <i>output</i> data yang diketahui untuk dilakukan <i>training</i> data.

3.3 Sampling/Metode Pemilihan Sampel

Proses pemilihan sampel dilakukan dengan cara pengamatan secara langsung. Pemilihan sampel berdasarkan periode 4 bulanan dari tahun 2009 sampai 2015 menggunakan 3 varian lampu.

3.4 Metode Pengumpulan Data

Untuk mengumpulkan data serta informasi yang diperlukan dalam penelitian ini yaitu dengan menggunakan :

- Data Primer**
Sumber data penelitian yang diperoleh secara langsung dari sumber asli. Data primer pada penelitian ini diperoleh dengan cara observasi dan wawancara. Data dicatat dan dikumpulkan untuk kemudian dilakukan persiapan data.
- Data Sekunder**
Sumber data yang diperoleh dengan mempelajari, meneliti, dan membaca buku, jurnal, skripsi, dan tesis yang berhubungan dengan Prediksi Harga Lampu.

3.5 Instrumentasi

Bahan penelitian yang digunakan untuk sampel adalah data yang menjadi masukan sistem, yaitu harga *real* lampu gedung sebelumnya. Pengumpulan data dalam penelitian ini diperoleh dari data *puchasing* terdahulu.

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah sistem operasi *Microsoft Windows 7* dan *software* untuk pengolahan data dan pembuatan *interface*-nya menggunakan *Matlab R2014a*. Sedangkan *hardware*-nya adalah *Processor Intel (R) Core 2duo*, *RAM 4 GB*, *HDD 500 GB*.

3.6 Metode Analisis

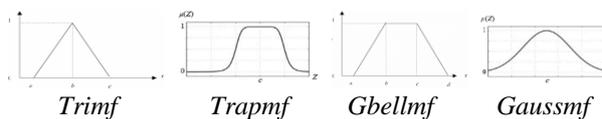
Untuk melakukan proses pembelajaran, data akan dibagi menjadi dua bagian, yaitu data untuk proses *Training* dan proses *Testing*. Pada proses pembelajaran ini, data yang akan diolah dibuat dalam bentuk normalisasi dengan interval $[0 \ 1]$. Dari hasil proses pembelajaran tersebut, kemudian dicari nilai performa statistiknya menggunakan *RMSE* dan *MAPE* terbaik. Jika telah diketahui model data terbaik, maka tahapan selanjutnya adalah prediksi.

Output dari pemodelan sistem ini adalah informasi tentang prediksi harga lampu gedung yang *input*-nya berasal dari pengolahan data harga lampu gedung *real* sebelumnya. Dengan *output* yang diperoleh, maka dapat disimpulkan bahwa model yang mana yang lebih mempengaruhi ketepatan prediksi harga lampu gedung yang selanjutnya akan digunakan sebagai acuan dalam prediksi harga lampu gedung ke depannya.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN PENELITIAN

4.1 Hasil Penelitian

1. Penelitian ini menghasilkan sebuah pemodelan prediksi harga lampu dengan mengambil sampel data harga lampu dari *PT Garuda Karya Mandiri*. Dalam penelitian ini, data yang digunakan sebanyak 63 data dengan 3 varian lampu disimpan dalam *file .xlsx* yang berbeda, data ditempatkan di :
 - Nama *Sheet* : *Sheet1*
 - *Row Cell Data* : *N6 – N26*
 Data akan digunakan dan diimpor ke *Matlab* untuk proses *Training* dan *Testing* ANFIS.
2. Penentuan Jumlah Fungsi Keanggotaan
Fungsi keanggotaan dalam penelitian ini adalah variabel dari data *input* prediksi harga lampu yang belum diketahui berapa jumlah yang optimal untuk menghasilkan model prediksi harga lampu yang terbaik. Jumlah fungsi keanggotaan akan diuji coba dengan menggunakan 2, 3, dan 4 jumlah fungsi keanggotaan yang selanjutnya menjadi parameter perbandingan untuk mencari hasil pemodelan harga lampu menggunakan jumlah fungsi keanggotaan yang mana yang mampu memberikan hasil *RMSE* dan *MAPE* terkecil.
3. Penentuan Tipe Fungsi Keanggotaan
Untuk mendapatkan nilai keanggotaan adalah dengan melalui pendekatan fungsi. Pada penelitian kali ini, akan diuji coba beberapa tipe fungsi keanggotaan, yaitu fungsi keanggotaan segitiga (*trimf*), trapesium (*trapmf*), lonceng (*gbellmf*), dan *gaussian* (*gaussmf*).



Gambar 4.1 Tipe Fungsi Keanggotaan

Gambar 4.1 merupakan tipe-tipe fungsi keanggotaan yang akan digunakan dalam penelitian ini. Tipe-tipe fungsi keanggotaan tersebut di atas akan diuji keakurasiannya pada prediksi harga lampu di *PT Garuda Karya Mandiri*. Kurva segitiga pada dasarnya merupakan gabungan antara 2 garis (*linear*). Kurva trapesium pada dasarnya seperti bentuk segitiga hanya saja ada beberapa titik yang memiliki nilai keanggotaan satu. Kurva berbentuk lonceng terbagi menjadi 3 kelas, yaitu himpunan *fuzzy phi*, *beta*, dan *gauss*. Kurva *gauss* menunjukkan nilai domain pada pusat kurva.

4. Penentuan Metode Optimasi, *Error Tolerance*, dan *Epochs*

Metode optimasi terdiri dari dua pilihan yaitu metode *hybrid* dan *backpropagation*. Salah satu kelebihan dari metode *hybrid* adalah waktu konvergen yang relatif lebih singkat dibanding dengan menggunakan metode *backpropagation*. *Backpropagation* melatih jaringan untuk mendapatkan keseimbangan antara kemampuan jaringan untuk mengenali pola jaringan yang digunakan selama pelatihan serta kemampuan jaringan untuk memberikan respon yang benar terhadap pola masukan yang serupa (tapi tidak sama) dengan pola yang digunakan selama pelatihan.

Error Tolerance adalah akibat yang timbul pada saat program menemui kesalahan. *Epoch* adalah momen waktu yang digunakan sebagai titik acuan. Dalam penelitian ini, metode yang akan diuji coba adalah *hybrid* dan *backpropagation*. *Error tolerance* yang digunakan adalah 0, sedangkan *epoch*-nya dibatasi pada iterasi ke 100.

4.2 Pembahasan

4.2.1 Analisis Modeling ANFIS dan Penerapan Matlab

Di dalam penelitian ini dieksekusi beberapa tahap yang diformulasikan dengan aturan-aturan teori *modeling* ANFIS untuk tercapainya suatu model ANFIS dalam memprediksi harga lampu gedung sesuai dengan tujuan penelitian. Untuk rincian tahapnya meliputi :

- a. *Load Data Penelitian*

Untuk data yang akan diformulasikan di sini berbentuk *file Microsoft Excel* yang mempunyai nama *sheet* "*Sheet1*" dan data terletak pada *cell* *N6:N26*.

Tabel 4.1 Lampu Downlight C Max 15 W

No	Bulan	Tahun	Harga Lampu
1	4 Bulan Pertama	2009	36500
	4 Bulan Kedua		32600
	4 Bulan Ketiga		30725
2	4 Bulan Pertama	2010	29575
	4 Bulan Kedua		29225
	4 Bulan Ketiga		28850

No	Bulan	Tahun	Harga Lampu
3	4 Bulan Pertama	2011	28475
	4 Bulan Kedua		27550
	4 Bulan Ketiga		28850
4	4 Bulan Pertama	2012	29475
	4 Bulan Kedua		30375
	4 Bulan Ketiga		31025
5	4 Bulan Pertama	2013	31325
	4 Bulan Kedua		32575
	4 Bulan Ketiga		37775
6	4 Bulan Pertama	2014	38325
	4 Bulan Kedua		38275
	4 Bulan Ketiga		39800
7	4 Bulan Pertama	2015	42050
	4 Bulan Kedua		43975
	4 Bulan Ketiga		45850

Di atas adalah salah satu data lampu dari Januari 2009 – Desember 2015.

Dalam menjalankan *load file* yang diinginkan, di dalam Matlab dapat menggunakan *command* seperti ini :

```
[file1,path1] = uigetfile({'*.xlsx','Excel Data (*.xlsx)','*.*','All file type (*.*)'},'Browse File');
```

```
if ~isequal(file1,0)
    handles.path1 = path1;
    handles.file1 = file1;
    guidata(hObject,handles);
    set(handles.edit1,'String',fullfile(path1,file1))
else
    return
end
```

Data yang di-load disimpan pada variabel *file1*, yang selanjutnya akan diproses dengan normalisasi.

b. Normalisasi Distribusi Data

Normalisasi merupakan cara transformasi data agar distribusinya menjadi normal. Dengan adanya proses normalisasi ini, akan berdampak positif terhadap data yang akan diproses dan akan menjadi lebih mudah untuk dianalisis oleh sistem ANFIS. Penelitian ini memakai *Min-Max* Normalisasi dengan mengacu pada data minimal dan maksimal. Kelebihan *Min-Max* Normalisasi adalah formulanya yang lebih sederhana untuk diproses sistem.

Ada 4 jumlah variabel *input* yaitu data harga lampu gedung selama 4 periode (1 periode = 4 bulan) sebelumnya untuk memprediksi periode ke depan. Data aktual yang ada dinormalisasikan terlebih dahulu dengan Persamaan 2.13 dengan hasil dari normalisasi sebagai berikut :

Tabel 4.2 Data Normalisasi

No	Bulan	Tahun	Harga Lampu	Normalisasi	Periode
1	4 Bulan Pertama	2009	36500	0.489071038	1
	4 Bulan Kedua		32600	0.275956284	2
	4 Bulan Ketiga		30725	0.173497268	3
2	4 Bulan Pertama	2010	29575	0.110655738	4
	4 Bulan Kedua		29225	0.091530055	5
	4 Bulan Ketiga		28850	0.071038251	6
3	4 Bulan Pertama	2011	28475	0.050546448	7
	4 Bulan Kedua		27550	0	8

No	Bulan	Tahun	Harga Lampu	Normalisasi	Periode
	4 Bulan Ketiga		28850	0.071038251	9
4	4 Bulan Pertama	2012	29475	0.105191257	10
	4 Bulan Kedua		30375	0.154371585	11
	4 Bulan Ketiga		31025	0.18989071	12
5	4 Bulan Pertama	2013	31325	0.206284153	13
	4 Bulan Kedua		32575	0.274590164	14
	4 Bulan Ketiga		37775	0.558743169	15
6	4 Bulan Pertama	2014	38325	0.588797814	16
	4 Bulan Kedua		38275	0.586065574	17
	4 Bulan Ketiga		39800	0.669398907	18
7	4 Bulan Pertama	2015	42050	0.792349727	19
	4 Bulan Kedua		43975	0.897540984	20
	4 Bulan Ketiga		45850	1	21

Pada Matlab, dalam menjalankan normalisasi yang diinginkan menggunakan *sourcecode* seperti ini :

```
min_volume = min(volume);
max_volume = max(volume);
volume = (volume-min_volume)/(max_volume-min_volume);
```

Volume adalah variabel data yang sudah di-load sebelumnya. Dari data normalisasi yang dihasilkan di atas, selanjutnya akan dilakukan pemetaan data disesuaikan dengan jumlah parameter yang digunakan dalam penelitian ini.

c. Pemetaan Data Training

Selanjutnya adalah memetakan data *Training* yang digunakan dengan 4 variabel *input* yaitu *x1*, *x2*, dan *x3* dan 1 variabel *output* yaitu *y* seperti pada tabel-tabel di bawah ini:

Untuk pemetaan *Training* ke-1 dimulai dari periode ke-1 sampai periode ke-19, hasilnya sebagai berikut :

Tabel 4.3 Training ke-1 (Periode ke 1 – 19)

Data Ke	Input				Output
	x1	x2	x3	x4	
1	0.489071	0.275956	0.173497	0.110656	0.09153
2	0.275956	0.173497	0.110656	0.09153	0.071038
3	0.173497	0.110656	0.09153	0.071038	0.050546
4	0.110656	0.09153	0.071038	0.050546	0
5	0.09153	0.071038	0.050546	0	0.071038
6	0.071038	0.050546	0	0.071038	0.105191
7	0.050546	0	0.071038	0.105191	0.154372
8	0	0.071038	0.105191	0.154372	0.189891
9	0.071038	0.105191	0.154372	0.189891	0.206284
10	0.105191	0.154372	0.189891	0.206284	0.27459
11	0.154372	0.189891	0.206284	0.27459	0.558743
12	0.189891	0.206284	0.27459	0.558743	0.588798
13	0.206284	0.27459	0.558743	0.588798	0.586066
14	0.27459	0.558743	0.588798	0.586066	0.669399
15	0.558743	0.588798	0.586066	0.669399	0.79235

Proses di atas bisa ditangani oleh Matlab dengan :

```
trnData = zeros(15,5);
trnData(:,1) = volume(1:15);
trnData(:,2) = volume(2:16);
trnData(:,3) = volume(3:17);
trnData(:,4) = volume(4:18);
trnData(:,5) = volume(5:19);
```

Untuk pemetaan *Training* ke-2 dimulai dari periode ke-2 sampai periode ke-20, hasilnya sebagai berikut :

Tabel 4.4 Training ke-2 (Periode ke 2 – 20)

Data Ke	Input				Output
	x1	x2	x3	x4	
1	0.275956	0.173497	0.110656	0.09153	0.071038
2	0.173497	0.110656	0.09153	0.071038	0.050546
3	0.110656	0.09153	0.071038	0.050546	0
4	0.09153	0.071038	0.050546	0	0.071038
5	0.071038	0.050546	0	0.071038	0.105191
6	0.050546	0	0.071038	0.105191	0.154372
7	0	0.071038	0.105191	0.154372	0.189891
8	0.071038	0.105191	0.154372	0.189891	0.206284
9	0.105191	0.154372	0.189891	0.206284	0.27459
10	0.154372	0.189891	0.206284	0.27459	0.558743
11	0.189891	0.206284	0.27459	0.558743	0.588798
12	0.206284	0.27459	0.558743	0.588798	0.586066
13	0.27459	0.558743	0.588798	0.586066	0.669399
14	0.558743	0.588798	0.586066	0.669399	0.79235
15	0.588798	0.586066	0.669399	0.79235	0.897541

Proses di atas bisa ditangani oleh Matlab dengan menggunakan *source code* di bawah ini :

```
trnData = zeros(15,5);
trnData(:,1) = volume(2:16);
trnData(:,2) = volume(3:17);
trnData(:,3) = volume(4:18);
trnData(:,4) = volume(5:19);
trnData(:,5) = volume(6:20);
```

Untuk pemetaan *Training* ke-3 dimulai dari periode ke-3 sampai periode ke-21, hasilnya sebagai berikut :

Tabel 4.5 Training ke-3 (Periode ke 3 – 21)

Data Ke	Input				Output
	x1	x2	x3	x4	
1	0.173497	0.110656	0.09153	0.071038	0.050546
2	0.110656	0.09153	0.071038	0.050546	0
3	0.09153	0.071038	0.050546	0	0.071038
4	0.071038	0.050546	0	0.071038	0.105191
5	0.050546	0	0.071038	0.105191	0.154372
6	0	0.071038	0.105191	0.154372	0.189891
7	0.071038	0.105191	0.154372	0.189891	0.206284
8	0.105191	0.154372	0.189891	0.206284	0.27459
9	0.154372	0.189891	0.206284	0.27459	0.558743
10	0.189891	0.206284	0.27459	0.558743	0.588798
11	0.206284	0.27459	0.558743	0.588798	0.586066
12	0.27459	0.558743	0.588798	0.586066	0.669399
13	0.558743	0.588798	0.586066	0.669399	0.79235
14	0.588798	0.586066	0.669399	0.79235	0.897541
15	0.586066	0.669399	0.79235	0.897541	1

Proses di atas bisa ditangani oleh Matlab dengan menggunakan *source code* di bawah ini :

```
trnData = zeros(15,5);
trnData(:,1) = volume(3:17);
trnData(:,2) = volume(4:18);
trnData(:,3) = volume(5:19);
```

```
trnData(:,4) = volume(6:20);
trnData(:,5) = volume(7:21);
```

Setelah data terkelompokkan dan membentuk matriks, maka data penelitian tersebut siap untuk dilakukan proses ANFIS.

d. *Processing Generate FIS (Genfis)*

Proses ini berfungsi untuk membangkitkan *Fuzzy Inference System (FIS)* dengan sebelumnya harus ditetapkan terlebih dahulu tipe Fungsi Keanggotaan dan Jumlah Fungsi Keanggotaan. Untuk melakukan hal itu, Matlab sudah memberikan suatu fungsi yang mampu mengendalikan proses tersebut. Untuk *source code*-nya bisa dilihat di bawah ini :

```
numMFs =
str2double(get(handles.edit2,'String'));
mfType = get(handles.popupmenu1,'Value');
switch mfType
case 1
mfType = 'trimf';
case 2
mfType = 'trapmf';
case 3
mfType = 'gaussmf';
case 4
mfType = 'gbellmf';
end

fismat = genfis1(trnData,numMFs,mfType);
```

Dari diatas terlihat bahwa FIS telah dibangkitkan dengan *input* bermatriks 1x4, *Output* bermatriks 1x1, dan *rule* bermatriks 1x16.

e. *Processing ANFIS*

Pada tahap inilah metode ANFIS dapat digunakan dan siap dijalankan untuk men-*training* data yang sudah disiapkan sebelumnya. Untuk menjalankan proses ANFIS ini perlu diketahui lebih dahulu data yang kita siapkan sebelumnya dan juga penentuan, antara lain :

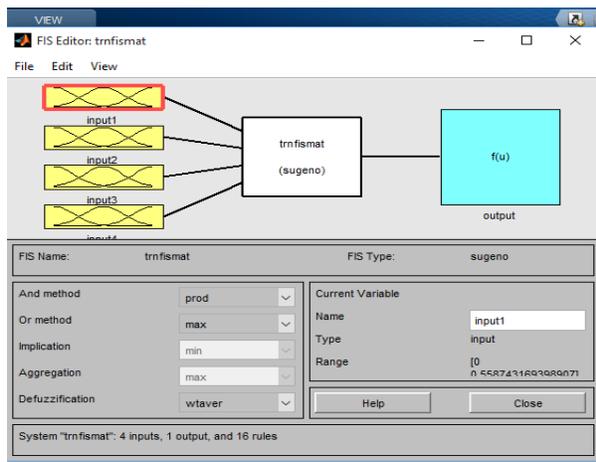
- Pilihan metode MF : *hybrid* atau *backpropagation*
- *Error Tolerance* : di penelitian ini nilai *error* yang digunakan adalah 0
- Iterasi Epochs : maksimal 100
- Setelah ditentukan nilai metode, error tolerance dan Epochs yang di inginkan baru ANFIS bisa dijalankan.

Untuk memproses tahapan ANFIS ini bisa menggunakan *source code* matlab sebagai berikut :

```
trnOpt(1) = epoch;
trnOpt(2) = error_goal;
metode = value12;
[trnfismat,rmse] = anfis(trnData, fismat,
trnOpt,1,[],metode);
```

ANFIS yang terbentuk menghasilkan struktur lengkap dengan *input*, *rule*, dan *output*.

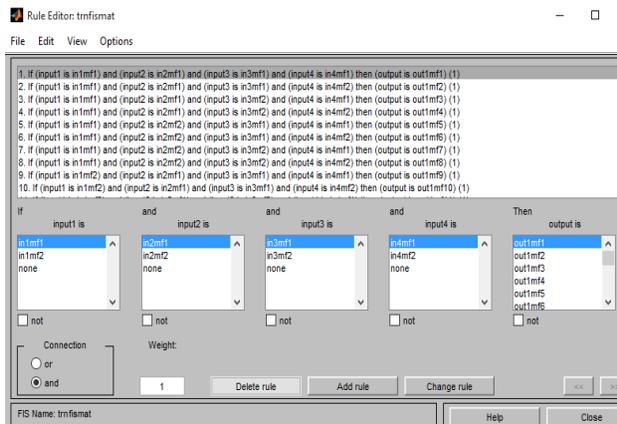
Model ANFIS inilah yang akan diuji pada penelitian ini. Sebagai berikut ANFIS yang terbentuk :



Gambar 4.2 Model ANFIS

Rule-rule yang terbentuk adalah inti dari proses penelitian ini, karena *rule* inilah yang akan mengatur nilai-nilai dan formulasi-formulasi proses prediksi nanti.

Rule yang terbentuk pada *training* yang dilakukan adalah sebagai berikut berikut :



Gambar 4.3 Rules ANFIS

f. Pemetaan Data *Testing*

Selanjutnya adalah memetakan data *Testing*

yang digunakan dengan mengambil data *Training* tanpa mengikut sertakan *output* (kolom 5), jadi hanya menggunakan data *input* dengan jumlah 60 data. Karena *ouput* nanti akan dibandingkan dengan hasil dari *Testing*.

Data *Testing* yang terbentuk seperti pada tabel dibawah ini:

Tabel 4.6 *Testing* ke-1 (Periode ke 1 – 19)

Data Ke	Input			
	x1	x2	x3	x4
1	0.489071	0.275956	0.173497	0.110656
2	0.275956	0.173497	0.110656	0.09153
3	0.173497	0.110656	0.09153	0.071038
4	0.110656	0.09153	0.071038	0.050546
5	0.09153	0.071038	0.050546	0
6	0.071038	0.050546	0	0.071038
7	0.050546	0	0.071038	0.105191
8	0	0.071038	0.105191	0.154372
9	0.071038	0.105191	0.154372	0.189891
10	0.105191	0.154372	0.189891	0.206284
11	0.154372	0.189891	0.206284	0.27459
12	0.189891	0.206284	0.27459	0.558743
13	0.206284	0.27459	0.558743	0.588798
14	0.27459	0.558743	0.588798	0.586066
15	0.558743	0.588798	0.586066	0.669399

Proses di atas dapat ditangani oleh Matlab dengan menggunakan *source code* di bawah ini :

```
testData = trnData1(:,1:4);
```

Perintah di atas mengacu pada variabel *trnData* dalam proses sebelumnya.

Untuk pemetaan *Testing* ke-2, hasilnya sebagai berikut :

Tabel 4.7 *Testing* ke-2 (Periode ke 2 – 20)

Data Ke	Input			
	x1	x2	x3	x4
1	0.275956	0.173497	0.110656	0.09153
2	0.173497	0.110656	0.09153	0.071038
3	0.110656	0.09153	0.071038	0.050546
4	0.09153	0.071038	0.050546	0
5	0.071038	0.050546	0	0.071038
6	0.050546	0	0.071038	0.105191
7	0	0.071038	0.105191	0.154372
8	0.071038	0.105191	0.154372	0.189891
9	0.105191	0.154372	0.189891	0.206284
10	0.154372	0.189891	0.206284	0.27459
11	0.189891	0.206284	0.27459	0.558743

12	0.206284	0.27459	0.558743	0.588798
13	0.27459	0.558743	0.588798	0.586066
14	0.558743	0.588798	0.586066	0.669399
15	0.588798	0.586066	0.669399	0.79235

Proses di atas dapat ditangani oleh Matlab dengan menggunakan *source code* di bawah ini :

testData = trnData2(:,1:4);

Perintah di atas mengacu pada variabel *trnData* dalam proses sebelumnya.

Untuk pemetaan *Testing* ke-3, hasilnya sebagai berikut :

Tabel 4.8 Testing ke-3 (Periode ke 3 – 21)

Data Ke	Input			
	x1	x2	x3	x4
1	0.173497	0.110656	0.09153	0.071038
2	0.110656	0.09153	0.071038	0.050546
3	0.09153	0.071038	0.050546	0
4	0.071038	0.050546	0	0.071038
5	0.050546	0	0.071038	0.105191
6	0	0.071038	0.105191	0.154372
7	0.071038	0.105191	0.154372	0.189891
8	0.105191	0.154372	0.189891	0.206284
9	0.154372	0.189891	0.206284	0.27459
10	0.189891	0.206284	0.27459	0.558743
11	0.206284	0.27459	0.558743	0.588798
12	0.27459	0.558743	0.588798	0.586066
13	0.558743	0.588798	0.586066	0.669399
14	0.588798	0.586066	0.669399	0.79235
15	0.586066	0.669399	0.79235	0.897541

Proses di atas dapat ditangani oleh Matlab dengan menggunakan *source code* di bawah ini :

testData = trnData3(:,1:4);

Perintah di atas mengacu pada variabel *trnData* dalam proses sebelumnya.

g. *Evaluate FIS (Evalfis)*

Setelah data dikelompokkan dan membentuk matriks, maka data penelitian tersebut siap untuk dilakukan proses *Testing* dan proses *Training* dengan ditangani oleh Matlab menggunakan *source code* di bawah ini :

output1 = evalfis(testData, trnfismat);

Proses di atas akan menghasilkan nilai *output* sebagai berikut :

Tabel 4.9 Hasil Testing

Periode	Data Aktual	Output ANFIS
Periode ke-5	0,0915300546448088	0,0916247931649646
Periode ke-6	0,0710382513661202	0,0712318413984601
Periode ke-7	0,0505464480874317	0,0491298236051109
Periode ke-8	0	0,00271587849914104
Periode ke-9	0,0710382513661202	0,0694803712436715
Periode ke-10	0,105191256830601	0,105474693831906
Periode ke-11	0,154371584699454	0,154768274727389
Periode ke-12	0,189890710382514	0,189248337666145
Periode ke-13	0,206284153005465	0,204778896534877
Periode ke-14	0,274590163934426	0,278298202261326
Periode ke-15	0,558743169398907	0,556069526933018
Periode ke-16	0,588797814207650	0,589250228071886
Periode ke-17	0,586065573770492	0,585995155838316
Periode ke-18	0,669398907103825	0,669413240859091
Periode ke-19	0,792349726775956	0,792347924848764

h. *Unnormalisasi Distribusi Output*

Setelah dihasilkannya nilai prediksi ANFIS dengan tipe normalisasi, maka untuk merubah bentuk datanya menjadi sesuai aslinya harus dilakukan proses unnormalisasi dengan cara membalikkan rumus normalisasi tadi menjadi :

$$DataReal = (DataAnfis * (DataMin - DataMax) + DataMin)$$

Keterangan :

DataReal = Data sebenarnya

DataAnfis = Data hasil ANFIS

DataMin = Data minimal dari data sebenarnya

DataMax = Data maksimal dari data sebenarnya

Rumus di atas adalah hasil dari pembalikan parameter data *real* dari rumus *Min-Max* Normalisasi.

Dengan rumus di atas, data akan kembali ke aslinya dengan nilai hasil prediksi untuk hasil Unnormalisasi dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel 4.10 Data Hasil Unnormalisasi

Periode	Data Normalisasi Train	Data Normalisasi Output ANFIS	Data Aktual	Data Predict
Periode ke-5	0.091530055	0.091624793	29225	29226.73371
Periode ke-6	0.071038251	0.071231841	28850	28853.5427
Periode ke-7	0.050546448	0.049129824	28475	28449.07577
Periode ke-8	0	0.002715878	27550	27599.70058
Periode ke-9	0.071038251	0.069480371	28850	28821.49079
Periode ke-10	0.105191257	0.105474694	29475	29480.1869
Periode ke-11	0.154371585	0.154768275	30375	30382.25943
Periode ke-12	0.18989071	0.189248338	31025	31013.24458
Periode ke-13	0.206284153	0.204778897	31325	31297.45381

Periode ke-14	0.274590164	0.278298202	32575	32642.8571	Tabel 4.12 Hasil Testing ANFIS Metode Optimasi Perbandingan Metode Optimasi RMSE MAPE Hybrid Backpropagation
Periode ke-15	0.558743169	0.556069527	37775	37726.07234	
Periode ke-16	0.588797814	0.589250228	38325	38333.27917	
Periode ke-17	0.586065574	0.585995156	38275	38273.71135	
Periode ke-18	0.669398907	0.669413241	39800	39800.26231	
Periode ke-19	0.792349727	0.792347925	42050	42049.96702	

Dengan data yang sudah diunnormalisasi, maka model prediksi sudah dapat diuji coba untuk menemukan formulasi model ANFIS yang terbaik untuk memprediksi harga lampu gedung.

4.2.2 Simulasi Model ANFIS Menggunakan Matlab

Secara umum, pemodelan ANFIS ini adalah perancangan sistem ANFIS yang disesuaikan dengan kebutuhan simulasi Prediksi Harga Lampu menggunakan metode ANFIS berbasis pemrograman Matlab. Dalam perancangan simulator ini mencakup pilihan parameter-parameter yang dibutuhkan dalam proses *Training* dan *Testing* ANFIS yaitu meliputi Jumlah Fungsi Keanggotaan, Tipe Fungsi Keanggotaan, Metode *Training*, *Error Tolerance*, *Epochs*, dan *Training Option*.

Hasil *Training* ANFIS bisa dijadikan acuan untuk menyimpulkan seberapa konsistensi *Training* ANFIS terhadap data-data tersebut. Tabel berikut memperlihatkan nilai konsistensi hasil-hasil *Training* ANFIS.

Tabel 4.11 Konsistensi Hasil Training ANFIS

		Downlight	PLC	Essensial	Kon.
Training ke-1	RMSE :	0.0000468	0.0000467	0.0000467	100%
	MAPE :	0.0037%	0.0037%	0.0037%	100%
	Iterasi :	95	95	95	100%
Training ke-2	RMSE :	0.0000540	0.0000540	0.0000540	100%
	MAPE :	0.0039%	0.0039%	0.0039%	100%
	Iterasi :	100	100	100	100%
Training ke-3	RMSE :	0.0000270	0.0000270	0.0000271	100%
	MAPE :	0.0019%	0.0019%	0.0019%	100%
	Iterasi :	100	100	100	100%

Dari tabel diatas menunjukkan bahwa hasil *Training* ANFIS mempunyai konsistensi maksimal dan dari hasil tersebut juga menunjukkan bahwa ANFIS mampu menginterpretasikan prediksi harga lampu secara konsisten.

4.2.3 Hasil Pengujian/Testing Simulasi ANFIS

Setelah dilakukan *Training*, langkah selanjutnya adalah *Testing* atau pengujian. Pengujian dilakukan terhadap beberapa parameter untuk menguji kehandalan dari metode ANFIS, yaitu dengan membandingkan antar metode optimasi, tipe MF, dan jumlah MF.

- Perbandingan Metode Optimasi
Untuk *Testing* ini terlebih dahulu menggunakan metode *Hybrid* dengan hasil kesimpulan sebagai berikut :

Seperti yang terlihat pada tabel di atas, nilai RMSE dan MAPE antara Metode *Hybrid* dengan *Backpropagation* mempunyai perbedaan yang signifikan. Metode *Hybrid* mempunyai nilai RMSE dan MAPE lebih kecil daripada Metode *Backpropagation*. Jadi, Metode *Hybrid* akan digunakan untuk *Testing* selanjutnya.

- Perbandingan Tipe *Membership Function* (MF)
Testing selanjutnya dengan membandingkan tipe-tipe MF. Hasil dari masing-masing *Testing* dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

Tabel 4.13 Perbandingan Tipe MF

	Trimf	Trapmf	Gbellmf	Gaussmf
RMSE	0,057	0,050	0,132	0,10
MAPE	6,39	5,626	14,74	11,6

Dari tabel di atas didapatkan Tipe MF yang terbaik untuk penelitian ini yaitu *Trapmf*, maka *Trapmf* akan menjadi acuan dalam *Testing* selanjutnya.

- Perbandingan Jumlah *Membership Function* (MF)

Di dalam penelitian ini, jumlah MF yang dibandingkan adalah 2, 3, dan 4. Masing-masing *Testing*-nya

Tabel 4.14 Hasil Testing Jumlah MF

	Jum MF = 2	Jum MF = 3	Jum MF = 4
RMSE	0,05	0,057	0,057
MAPE	5,62	6,44	6,44

Jumlah MF = 2 adalah yang terkecil dari yang lain. Dengan demikian, jumlah MF yang sesuai dengan penelitian ini adalah 2. Dari hasil *Testing* tersebut, diketahui nilai parameter-parameter yang menentukan kehandalan model ANFIS adalah sebagai berikut :

Metode Optimasi : *Hybrid*
Tipe MF : *Trapmf*
Jumlah MF : 2

4.3 Interpretasi Model

Dari hasil *Testing* di atas, diketahui teknik ANFIS yang paling tepat dalam memprediksi data harga

lampu gedung ini, antara lain metode Optimasi menggunakan *Hybrid*, tipe MF menggunakan *Trapmf*, dan jumlah MF = 2. Selanjutnya dengan formula tersebut akan diprediksi harga dari periode ke-5 sampai periode ke-21 dengan melibatkan ketiga varian lampu yang ada. Hasil prediksi tersebut dapat disimpulkan bahwa Model ANFIS dengan menggunakan metode Optimasi *Hybrid*, jumlah MF 2, dan tipe MF Trapesium (*Trapmf*) berhasil memprediksi harga lampu gedung, dengan rata-rata selisih terhadap harga nyatanya sebagai berikut :

Tabel 4.15 Persentasi Selisih Harga Prediksi Terhadap Harga Nyata

Persentasi Selisih	Lampu Downlight	Lampu PLC	Lampu Essential
Training 1	0.00025%	0.00000%	0.00009%
Training 2	0.01397%	0.00000%	0.00004%
Training 3	0.00044%	0.00000%	0.00005%
Rata-rata Selisih			0.00165%

Jadi dengan 3 hasil percobaan dan pengujian dari 3 *item* lampu dengan menggunakan metode ANFIS pada penelitian ini didapatkan rata-rata selisih harga prediksi terhadap harga nyata sebesar $1,65 \times 10^{-3}\%$.

5. KESIMPULAN

Pada penelitian pemodelan prediksi harga lampu gedung dengan menerapkan metode *Adaptive Neuro Fuzzy Inference System*, dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut :

- Konsistensi hasil prediksi model *Training* ANFIS terhadap harga lampu yang telah disimulasikan menghasilkan nilai RMSE dan MAPE yang terbaik dengan nilai konsistensi 100%.
- Hasil penelitian Model ANFIS menggunakan parameter *input* jumlah *membership function* sebanyak 2, tipe *membership function* Trapesium (*Trapmf*), *error goal* 0, dan *epoch* Maksimal 100 mampu memberikan nilai hasil pengujian *Root Mean Square Error* (RMSE) dan *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE) paling terbaik dan berhasil menciptakan hasil prediksi yang sesuai terhadap data aktual dengan nilai rata-rata selisih harga sebesar $1,65 \times 10^{-3}\%$.

DAFTAR PUSTAKA

[1] Ata dan Kocyigit,2010. *An Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System Approach For Prediction of Tip Speed Ratio in Wind Turbine*. Celal Bayar University Turkey

[2] Erdman, Denise., *Fuzzy Logic more than a play on words*, Chemical Engineering, McGraw-Hill Pub, 1993

[3] [Fithri Dkk., 2012] Faisal Dkk.,2012. *Analisa Flustuasi dan Prediksi Harga Beras Menggunakan Fuzzy Cognitive Maps Untuk Meningkatkan Kesejahteraan Petani Beras*, Instituts Teknologi Sepuluh November.

[4] Gurney, Kevin.2012. *An Introduction to neural networks*. London. Taylor & Francis E-Library.

[5] Jang Dkk., 1997. *Neuro-fuzzy and Soft Computing*. Prentice-Hall

[6] Marimin Dkk., 2013. *Teknik dan Analisa Pengambilan Keputusan Fuzzy Dalam Manajemen Rantai Pasok*. Jakarta : Percetakan IPB.

[7] Marthasari, 2012. *Prediksi Harga Emas Menggunakan Metode Generalized Regression Neural Network Dan Algoritma Genetika*. ITS.

[8] Naderloo Dkk.,2012.*Aplication of ANFIS to Predict Crop Yield Based on Different energy Inputs*.Razi University Iran.

[9] Normalisa, 2012.*Sistem Prediksi Harga Mobil Avanza (Bekas) Menggunakan Fuzzy Inference System Dengan Metode Mamdani*. University Pematang.

[10] Pradana ,2012. *Forecasting / Peramalan*. <https://fariedpradhana.wordpress.com/2012/06/28/forecasting-peramalan/>. Di Akses pada:26/06/2015 13:14.

[11] Vanajakshi dan Rilett,2004. *A Comparasion of The performance of artificial neural networks and support vector machines for the prediction of traffic speed*. In : IEEE intelegent vehicles symposium.pp 194-199

[12] Wu Dkk.,2008. *Investing Risk Prediction By Using of Multistage Combination Techniques ANFIS and Dematel*. Islamic Azad University