

Peramalan Nilai Kontrak Konstruksi PT 'X' dengan Menggunakan Pendekatan Regresi Time Series dan ANFIS

Arif Nur Wijiyanto, Dwi Endah Kusriani, dan Irhamah

Jurusan Statistika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)

Jl. Arief Rahman Hakim, Surabaya 60111

E-mail: irhamahn@statistika.its.ac.id

Abstrak—Pengelolaan nilai kontrak konstruksi merupakan hal yang sangat penting bagi suatu perusahaan konstruksi, karena kerugian proyek dapat disebabkan oleh kesalahan pengelolaan nilai kontrak konstruksi. Nilai kontrak konstruksi dipengaruhi oleh faktor ekonomi, khususnya PDB Konstruksi. Dalam penelitian ini dilakukan peramalan nilai kontrak konstruksi dalam keterkaitannya dengan PDB Konstruksi menggunakan regresi time series dan ANFIS sehingga dapat digunakan sebagai informasi agar pengelolaan nilai kontrak menjadi lebih baik dan meminimalisir kemungkinan terjadinya kerugian akibat kesalahan pengelolaan kontrak konstruksi. Penerapan metode regresi time series menghasilkan hasil yang baik dengan R-Sq 97,07% dan MAPE 7,09%, dengan menggunakan ANFIS dengan membership function generalized bell dan jumlah keanggotaan 4, MAPE dari regresi time series mampu direduksi menjadi 4,07% sehingga model ANFIS merupakan model terbaik dalam peramalan nilai kontrak konstruksi terkait PDB konstruksi nasional dengan ramalan nilai kontrak konstruksi sebesar 14,009 triliun rupiah untuk tahun 2012 dan 19,917 triliun rupiah untuk tahun 2013.

Kata Kunci—ANFIS, Regresi Time Series, Nilai Kontrak Konstruksi, PDB Konstruksi

I. PENDAHULUAN

SEKTOR konstruksi di Indonesia terus mengalami peningkatan dari tahun ke tahun, bersamaan dengan Produk Domestik Bruto Konstruksi (PDB Konstruksi) nasional yang menunjukkan perkembangan. Sektor konstruksi Indonesia telah tumbuh sejak awal tahun 1970an. Perkembangan sektor konstruksi dipengaruhi oleh iklim ekonomi, dan sebaliknya kondisi ekonomi nasional juga sedikit banyak ditentukan oleh seberapa besar kontribusi sektor konstruksi terhadap pertumbuhan sektor-sektor lainnya [1], dimana kekuatan ekonomi dapat tergambarkan oleh besar PDB. Menurut Laporan Manajerial Perusahaan (LMP) PT. 'X', nilai kontrak konstruksi yang didapat terkait dengan keadaan internal dan eksternal perusahaan, keadaan internal adalah sumber daya manusia, alat konstruksi, kepemilikan ISO 9002, mitra usaha yang memadai, dll. Sedangkan keadaan eksternal perusahaan meliputi keadaan ekonomi, khususnya Produk Domestik Bruto.

Produk Domestik Bruto Konstruksi (PDB Konstruksi) juga menjadi salah satu faktor yang mempengaruhi nilai kontrak

yang didapatkan perusahaan jasa konstruksi. Pertumbuhan ekonomi, terutama pertumbuhan sektor konstruksi dapat dikaitkan dengan PDB konstruksi. Perlu dilakukan suatu pemodelan untuk melihat keterkaitan antara PDB Konstruksi terhadap nilai kontrak konstruksi yang didapatkan oleh suatu perusahaan jasa konstruksi.

Penelitian tentang nilai kontrak konstruksi pernah dilakukan oleh Muzayanah pada tahun 2008 [2], dalam penelitian tersebut dilakukan identifikasi pengaruh nilai kontrak proyek, beserta durasi pengerjaan proyek, jumlah lantai dan luas bangunan terhadap sumber daya, baik sumber daya material, sumber daya manusia, dan sumber daya peralatan, namun proyek yang diteliti hanya sebatas proyek gedung, baik gedung sederhana maupun gedung non-sederhana. Metode yang digunakan adalah metode regresi linier berganda.

Disisi lain pemodelan dengan menggunakan analisis time series mengenai nilai kontrak konstruksi suatu perusahaan masih sangat terbatas dilakukan, padahal hal ini sangat penting dalam penentuan target besaran nilai proyek kedepannya sehingga dapat disesuaikan dengan usaha usaha yang akan dilakukan perusahaan. Kerugian proyek terbesar disebabkan oleh kegagalan dalam pengelolaan kontrak konstruksi [3]. Beberapa faktor yang turut menopang peningkatan kinerja perusahaan jasa konstruksi antara lain pertumbuhan infrastruktur dan pertumbuhan produk domestik bruto (PDB) konstruksi [4].

Model Regresi time series merupakan fungsi antara satu variabel respon (Y) dengan satu atau lebih variabel prediktor (X) dimana kedua variabel tersebut bersyarat pada waktu, sedangkan *Adaptive Neuro Fuzzy Inference System* (ANFIS) merupakan gabungan dari *Artificial Neural Network* (ANN) dan *Fuzzy Inference Systems* (FIS). Logika Fuzzy mempunyai kelebihan dalam memodelkan aspek kualitatif dari pengetahuan manusia dan proses pengambilan keputusan dengan menerapkan basis aturan (*rules*), sedangkan ANN memiliki kelebihan dalam mengenai pola, belajar dan berlatih dalam menyelesaikan suatu permasalahan tanpa pemodelan matematik, ANN juga bisa bekerja berdasarkan data historis yang diinputkan kepadanya dan dapat memprediksi kejadian yang akan datang berdasarkan data tersebut. ANFIS merupakan metode permodelan terbaik untuk menganalisis

data numerik, karena dalam proses training didasarkan minimalisasi nilai kesalahan atau *root mean square error* (RMSE) dari *output*-nya [5].

PT 'X' sebagai salah satu perusahaan jasa konstruksi terbesar di Indonesia menunjukkan *progress* yang baik, dengan menyelesaikan proyek proyek infrastruktur besar, baik dari pemerintah maupun swasta. Sebelum menentukan target pencapaian nilai kontrak per tahunnya, PT 'X' menerbitkan RKAP (Rancangan Kerja dan Anggaran Perusahaan) yang disusun berdasarkan kondisi internal dan eksternal perusahaan, kondisi internal meliputi pemasaran, perencanaan dan pengendalian produksi, serta sumber daya. Kondisi eksternal, misalnya politik, ekonomi, sosial budaya, keamanan, regulasi pemerintah, dan teknologi. Untuk memodelkan proyeksi jasa konstruksi dari PT 'X', metode yang digunakan adalah metode regresi time series. Metode ANFIS dengan input regresi time series diharapkan dapat menjelaskan pengaruh PDB Konstruksi nasional terhadap nilai kontrak di PT. 'X', sehingga dapat dipertimbangkan dalam perencanaan pada masa yang akan datang mengenai target nilai kontrak yang tertuang dalam Rancangan Kerja dan Anggaran Perusahaan (RKAP) terhadap PDB Konstruksi.

II. URAIAN PENELITIAN

A. Metodologi Penelitian

Sebelum memodelkan regresi *time series*, dilakukan pendugaan variabel variabel prediktor. Untuk mendapatkan model terbaik digunakan metode *stepwise regression forward selection* sebelum selanjutnya di uji apakah tidak ada pelanggaran terhadap asumsi klasik model regresi, seperti autokorelasi, heteroskedastisitas, multikolinieritas, dan residual berdistribusi normal. Model regresi *time series* dijadikan informasi untuk input dalam penerapan metode ANFIS, untuk mendapatkan hasil terbaik dilakukan kombinasi jenis *membership function* dan jumlah keanggotaan agar didapat MAPE yang terkecil. Model yang terbaik adalah model dengan nilai MAPE terkecil.

B. Regresi Time Series

Regresi time series merupakan fungsi antara satu variabel respon (Y) dengan satu atau lebih variabel prediktor (X) dimana kedua variabel tersebut bersyarat pada waktu. Secara umum model regresi time series dapat dikatakan sebagai berikut [6].

$$Y_t = \beta_1 X_{1,t} + \beta_2 X_{2,t} + \dots + \beta_n X_{n,t} + \epsilon_t \quad (1)$$

Asumsi klasik model regresi *time series* yang harus dihindari diantaranya terdapat kasus multikolinieritas, heteroskedastisitas, dan autokorelasi. Selain itu, agar model regresi baik maka residual harus mengikuti distribusi normal.

Multikolinieritas adalah suatu keadaan dimana terdapat korelasi antar variabel prediktor itu sendiri, selain korelasi dengan variabel respon. Apabila varians dari tiap *error* u_i , nilainya sama dengan σ^2 , ini merupakan asumsi dari homoskedastisitas. Hal ini dapat ditunjukkan dengan [7].

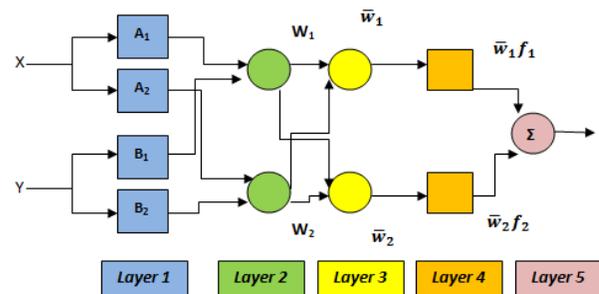
$$E(u_i^2) = \sigma^2 \quad i = 1, 2, \dots, n \quad (2)$$

Jika terjadi pelanggaran asumsi homoskedastisitas dalam data, yaitu varians dari *error* tidak sama, maka telah terjadi kasus heteroskedastisitas. Istilah autokorelasi didefinisikan sebagai korelasi dari data observasi dalam urutan waktu (untuk data time series) atau ruang (untuk data cross-section). Asumsi klasik lainnya adalah bahwa residual harus berdistribusi normal, dalam regresi linier sederhana mebgasumsikan bahwa tiap *error* u_i didistribusikan secara normal dengan rata-rata $E(u_i) = 0$, dan varians $E(u_i^2) = \sigma^2$, serta $E(u_i u_j) = 0$, dimana $i \neq j$ [7]. Hal ini dapat ditulis dengan $u_i \sim N(0, \sigma^2)$ (3)

C. Model ANFIS

ANFIS merupakan sistem inferensi *fuzzy* berbasis jaringan saraf tiruan. ANFIS adalah sistem inferensi *fuzzy* yang diimplementasikan dalam jaringan saraf tiruan. Pembelajaran ANFIS adalah perubahan parameter fungsi keanggotaan input dan output. Pembelajaran ANFIS dapat menggunakan algoritma perambatan balik atau algoritma *hybrid*.

Model inferensi *fuzzy* yang umum digunakan adalah model *fuzzy* Mamdani dan model *fuzzy* Sugeno. Pada penelitian ini digunakan model *fuzzy* Sugeno, model *fuzzy* Sugeno merupakan pendekatan sistematis pembangkitan aturan *fuzzy* dari himpunan data input-output yang diberikan. Misal aturan yang digunakan adalah dua aturan *fuzzy* IF-THEN



Gambar. 1. Struktur ANFIS.

Gambar 1 menjelaskan bahwa struktur jaringan ANFIS terdiri atas lima *layer*, penjelasan dari kelima *layer* tersebut adalah sebagai berikut [8].

Layer 1 : Tiap-tiap neuron i pada *layer 1* adaptif terhadap parameter suatu fungsi aktivasi. Output dari tiap neuron berupa derajat keanggotaan yang diberikan oleh *membership function* atau fungsi keanggotaan input

Layer 2 : Tiap-tiap neuron i pada *layer 2* berupa neuron tetap yang outputnya adalah hasil dari masukan. Biasanya digunakan operator AND.

Layer 3 : Tiap-tiap neuron i pada *layer 3* berupa *node* tetap yang merupakan hasil perhitungan rasio dari a predikat dari aturan ke- i terhadap jumlah dari keseluruhan a predikat.

Layer 4 : Tiap-tiap neuron i pada *layer 4* merupakan *node* adaptif terhadap suatu output.

$$\bar{w}_i \mu_i^{(O)} = \bar{w}_i (a_{i1} z_{t-1} + a_{i2} z_{t-2} + a_{i0}); \quad i = 1, 2 \quad (4)$$

dengan \bar{w}_i adalah *normalized firing strength* pada lapisan ketiga dan (a_{i1}, a_{i2}, a_{i0}) adalah parameter-parameter pada

neuron tersebut. Parameter-parameter tersebut dinamakan *consequent parameter*.

Layer 5: Neuron pada layer 5 adalah node tetap yang merupakan jumlahan dari semua masukan.

$$Z_t = w_{3,t} Z_t^{(3)} + w_{4,t} Z_t^{(4)} \tag{5}$$

Pada saat *premise parameters* ditemukan, output yang terjadi akan merupakan kombinasi linear dari *consequent parameter*.

Algoritma *hybrid* akan mengatur parameter-parameter $c_{i,j}$ secara maju (*forward*) dan akan mengatur parameterparameter (a_p, b_p, c_p) secara mundur (*backward*).

Pada langkah maju, input jaringan akan berjalan maju sampai pada lapisan keempat, dimana parameter $c_{i,j}$ akan diidentifikasi menggunakan metode *least-square*. Sedangkan pada langkah mundur, error sinyal akan merambat mundur dan parameter-parameter (a_p, b_p, c_p) akan diperbaiki menggunakan metode *gradient-descent*.

D. PDB Konstruksi dan Nilai Kontrak Konstruksi

Nilai kontrak konstruksi adalah nilai pekerjaan yang telah diselesaikan oleh pihak pemborong berdasarkan surat perjanjian atau surat perintah kerja antara pemilik dengan kontraktor. Nilai kontrak konstruksi adalah suatu kontrak yang dinegosiasikan secara khusus untuk konstruksi suatu aset atau suatu kombinasi aset yang berhubungan erat satu sama lain atau saling tergantung dalam hal rancangan, teknologi, dan fungsi atau tujuan pokok penggunaan [8]. Dalam bidang ekonomi, produk domestik bruto (PDB) adalah nilai pasar semua barang dan jasa yang diproduksi oleh suatu negara pada periode tertentu. PDB merupakan salah satu metode untuk menghitung pendapatan nasional. PDB dapat juga diartikan sebagai nilai keseluruhan semua barang dan jasa yang diproduksi di dalam wilayah tersebut dalam jangka waktu tertentu. PDB Konstruksi Nasional merupakan nilai keseluruhan semua barang konstruksi dan jasa konstruksi yang diproduksi di dalam lingkup nasional dalam jangka waktu tertentu.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Pemodelan dengan Regresi Time Series

Dugaan awal bahwa nilai kontrak konstruksi PT. 'X' pada tahun t dipengaruhi oleh PDB konstruksi tahun ini dan dua serta tiga tahun sebelumnya, selain itu juga dipengaruhi nilai kontrak itu sendiri pada dua dan tiga tahun sebelumnya, sehingga model dugaan awal dapat ditulis dengan

$$Y_t = \beta_0 + \beta_1 Y_{t-1} + \beta_2 Y_{t-2} + \beta_3 Y_{t-3} + \beta_4 X_t + \beta_5 X_{t-1} + \beta_6 X_{t-2} + \beta_7 X_{t-3} + \epsilon_t \tag{Dugaan I}$$

Model dugaan lain dengan tanpa mengikutsertakan variabel prediktor Y_{t-3} dan X_{t-3} sehingga model regresi yang terbentuk adalah

$$Y_t = \beta_0 + \beta_1 Y_{t-1} + \beta_2 Y_{t-2} + \beta_3 X_t + \beta_4 X_{t-1} + \beta_5 X_{t-2} + \epsilon_t \tag{Dugaan II}$$

Model regresi yang baik adalah model dengan semua parameternya yang signifikan. Metode yang digunakan untuk mencari model dengan parameter yang signifikan adalah *Stepwise Regression* dengan prosedur *forward selection*.

Tabel 1. Pemilihan Model Terbaik Dugaan I

| Variabel | Par | Step 1 | Step 2 | Step 3 | Step 4 |
|-----------|-----------|--------|---------|---------|---------|
| Konstant | β_0 | 527212 | 1254565 | 2139948 | 2335940 |
| X_{t-3} | β_1 | 20,4 | 33,1 | 39,1 | 24,8 |
| | P-value | 0,001 | 0,001 | 0,000 | 0,012 |
| Y_{t-2} | β_2 | - | -1,030 | -1,005 | -1,152 |
| | P-value | - | 0,030 | 0,001 | 0,001 |
| Y_{t-1} | β_3 | - | - | -0,567 | -0,505 |
| | P-value | - | - | 0,004 | 0,003 |
| X_{t-2} | β_4 | - | - | - | 11,3 |
| | P-value | - | - | - | 0,033 |
| R-Sq | | 89,19% | 97,11% | 99,86% | 99,99% |

Tabel 1 merupakan pemilihan model regresi dari model dugaan I, dengan metode *stepwise regression* langkah pertama yang dilakukan adalah memasukkan variabel X_{t-3} dengan R-sq sebesar 8919%. Dengan menambahkan Y_{t-2} ke dalam model didapatkan R-Sq yang lebih tinggi, yaitu 97,11%. Pada langkah ke-4 dimana variabel X_{t-2} ditambahkan, nilai R-Sq menjadi 99,99%, artinya model regresi time series dengan variabel prediktor X_{t-3} , Y_{t-2} , Y_{t-1} , dan X_{t-2} merupakan model terbaik, secara matematis model ditulis dengan (Model A)

$$Y_t = 2335940 + 24,8X_{t-3} - 1,152Y_{t-2} - 0,505Y_{t-1} + 11,3X_{t-2} + \epsilon_t$$

Model Dugaan II yaitu tanpa mengikutsertakan variabel prediktor Y_{t-3} dan X_{t-3} dicari model terbaik dengan metode yang sama, yaitu *Stepwise Regression Forward Selection*

Tabel 2. Pemilihan Model Terbaik Dugaan II

| Variabel | Par | Step 1 | Step 2 |
|-----------|-----------|--------|---------|
| Konstant | β_0 | 930102 | 1693320 |
| X_{t-2} | β_1 | 14,5 | 27,0 |
| | P-value | 0,000 | 0,000 |
| Y_{t-2} | β_2 | - | -1,28 |
| | P-value | - | 0,005 |
| R-Sq | | 88,50% | 97,94% |

Tabel 2 menjelaskan bahwa variabel yang masuk dalam model melalui prosedur *Forward Selection* adalah X_{t-2} dan Y_{t-2} dengan R-Sq cukup besar, yaitu 97,94%. Secara matematis model yang berasal dari dugaan II, ditulis dengan (Model B)

$$Y_t = 1693320 + 27,0X_{t-2} - 1,28Y_{t-2} + \epsilon_t$$

Salah satu asumsi model regresi yang harus dipenuhi adalah residual berdistribusi normal. Pengujian ini dilakukan dengan metode *Kolmogorov Smirnov Normality Test* dimana didapatkan residual untuk model A dan model B sudah berdistribusi normal karena nilai p-value >0,150 (lebih dari $\alpha=0,05$). Asumsi lain yang harus dipenuhi adalah ada tidaknya kasus multikolinieritas. Apabila multikolinieritas terjadi, hal ini mengindikasikan terdapat korelasi antar variabel prediktor itu sendiri. Pendeteksian kasus multikolinieritas dilakukan dengan melihat nilai *Variance Inflation Factor* (VIF).

Tabel 3.
Pemeriksaan Kasus Multikolinieritas Model

| Model A | |
|-----------|---------|
| Variabel | VIF |
| X_{t-2} | 343,567 |
| Y_{t-2} | 12,003 |
| Y_{t-1} | 5,015 |
| X_{t-2} | 393,321 |
| Model B | |
| X_{t-2} | 7,966 |
| Y_{t-2} | 7,966 |

Suatu model dikatakan terdeteksi memiliki kasus multikolinieritas yang sangat tinggi apabila nilai VIF > 10. Tabel 4.5 menunjukkan bahwa model A memiliki nilai VIF > 10 untuk semua variabel kecuali Y_{t-1} , bahkan untuk variabel X_{t-2} dan X_{t-2} memiliki nilai VIF yang sangat tinggi sehingga dapat dikatakan sangat mempengaruhi hasil regresi, maka model A tidak dianjurkan untuk dianalisis ke tahap berikutnya.

Dengan VIF untuk variabel prediktor sebesar 7,966 maka dapat dikatakan tidak terdapat kasus multikolinieritas antara variabel prediktor.

Asumsi klasik lainnya yang harus dipenuhi adalah autokorelasi dan heteroskedastisitas. Pemeriksaan kasus autokorelasi dilakukan dengan uji statistik Durbin Watson, sedangkan untuk memeriksa kasus heteroskedastisitas dengan cara melihat plot ACF dan PACF dari kuadrat residual.

Uji autokorelasi dilakukan terhadap residual dengan hipotesis sebagai berikut

$$H_0 : \rho = 0 \text{ (residual independen)}$$

$$H_1 : \rho \neq 0 \text{ (residual tidak independen)}$$

Dengan uji statistik Durbin-Watson didapatkan nilai 1,62274 dimana nilai d_{tabel} dengan $\alpha=0,05$ dan jumlah prediktor 2, didapatkan d_L sebesar 0,340, maka $d_{hitung} > d_{tabel}$ ($1,62274 > 0,34$) yang berarti terima H_0 , sehingga dapat dikatakan bahwa residual tidak memiliki efek autokorelasi.

Plot ACF dan PACF kuadrat residual menunjukkan bahwa tidak terdapat lag yang signifikan sehingga dapat dikatakan bahwa tidak terdapat heteroskedastisitas.

Model $\hat{Y}_t = 1693320 + 27,0X_{t-2} - 1,284Y_{t-2}$ memenuhi asumsi residual berdistribusi normal, dan tidak menunjukkan kasus autokorelasi, multikolinieritas dan heteroskedastisitas sehingga model tersebut layak dianalisis lebih lanjut ketahap selanjutnya.

Setelah didapat model regresi *time series* yang terbaik dengan parameter yang signifikan dan semua asumsi klasik regresi terpenuhi, langkah selanjutnya adalah melakukan peramalan nilai kontrak konstruksi untuk satu tahun kedepan yaitu tahun 2012.

Model regresi *time series* yang didapat adalah :

$$\hat{Y}_t = 1693320 + 27,0X_{t-2} - 1,284Y_{t-2}$$

Sehingga nilai kontrak untuk $t+1$ adalah

$$\hat{Y}_{t+1} = 1693320 + 27,0X_{t-1} - 1,284Y_{t-1}$$

$$\begin{aligned} \hat{Y}_{2012} &= 1693320 + 27,0X_{2010} - 1,284Y_{2010} \\ &= 1693320 + 27,0(660967,5) - 1,284(9910780) \\ &= 12489194 \text{ juta rupiah} \end{aligned}$$

untuk peramalan nilai kontrak untuk $t+2$ adalah

$$\begin{aligned} \hat{Y}_t &= 1693320 + 27,0X_t - 1,284Y_t \\ \hat{Y}_{2012} &= 1693320 + 27,0X_{2011} - 1,284Y_{2011} \\ &= 1693320 + 27,0(796048,8) - 1,284(9769140) \\ &= 9534446 \text{ juta rupiah} \end{aligned}$$

Ramalan nilai kontrak PT 'X' untuk tahun 2012 dengan metode regresi *time series* ditaksir sebesar 12,439 triliun rupiah sedangkan 9,5 trilion rupiah untuk tahun 2013.

B. Peramalan menggunakan ANFIS

Berdasarkan model regresi *time series* yang didapatkan, yaitu $\hat{Y}_t = f(X_{t-2}, Y_{t-2}) + \epsilon$, maka input untuk peramalan dengan ANFIS adalah (X_{t-2}, Y_{t-2}) , X_{t-2} , dan Y_{t-2} . Kombinasi penggunaan input yang digunakan dimaksudkan untuk mendapatkan kemungkinan model yang terbaik. Peramalan menggunakan ANFIS ditentukan dari jumlah dan jenis *membership function* yang digunakan. Untuk mendapatkan ramalan yang terbaik, maka dilakukan kombinasi jenis *membership function*.

Tabel 4.
Nilai MAPE (%) Kombinasi Jenis dan Jumlah *Membership Function* Pada ANFIS dengan input X_{t-2} dan Y_{t-2}

| Input | Jenis Membership Function | Jumlah Keanggotaan | | | |
|---------------------------|---------------------------|--------------------|----------|-------------|----------|
| | | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Input X_{t-2} Y_{t-2} | Gaussian | - | - | - | - |
| | G. Bell | - | - | - | - |
| | Trapezoidal | 66,92 | 66,92 | 66,92 | 66,92 |
| | Pi | 66,92 | 66,92 | 66,92 | 66,92 |
| | Triangular | 66,92 | 66,92 | 66,92 | 66,92 |
| Input X_{t-2} | Gaussian | 15,60 | 6,86 | 4,11 | 9,012 |
| | G. Bell | 14,45 | 5,28 | 4,07 | 10,37 |
| | Trapezoidal | 13,86 | 10,49 | 19,70 | 103,79 |
| | Pi | 12,97 | 9,30 | 19,97 | 103,99 |
| Input Y_{t-2} | Triangular | 14,56 | 12,39 | 7,58 | 77,96 |
| | Gaussian | 29,15 | 87,85 | 997,22 | - |
| | G. Bell | 54,54 | 790,17 | 5610,27 | - |
| | Trapezoidal | 714,59 | 21744,81 | 66,92 | 12576,71 |
| | Pi | 57,78 | 7135,80 | 66,92 | 12576,71 |
| Triangular | 108,01 | 3164,93 | 66,92 | 66,92 | |

Tabel 4. menunjukkan bahwa model terbaik adalah model ANFIS dengan input X_{t-2} dengan jenis *membership function Generalized Bell* dengan jumlah keanggotaan 4 yang ditunjukkan dengan MAPE sebesar 4,07%. Sehingga model ANFIS dengan kriteria tersebut akan dianalisis ke tahap selanjutnya.

dengan 1 variabel *input*, yaitu X_{t-2} , terbagi menjadi 4 kelompok dengan *rule*:

Rule 1 : Jika X_{t-2} kelompok A1 maka $Y_1 = c_{1,1} X_{t-2} + c_{1,0}$

Rule 2 : Jika X_{t-2} kelompok A2 maka $Y_2 = c_{2,1} X_{t-2} + c_{2,0}$

Rule 3 : Jika X_{t-2} kelompok A3 maka $Y_3 = c_{3,1} X_{t-2} + c_{3,0}$

Rule 4 : Jika X_{t-2} kelompok A4 maka $Y_4 = c_{4,1} X_{t-2} + c_{4,0}$

Struktur ANFIS menjelaskan bahwa terdapat lima layer. Pada layer 1, data input diubah menjadi derajat keanggotaan sehingga derajat keanggotaan sebagai output layer 1 menjadi input untuk layer 2. Operator yang digunakan dalam layer 2 adalah operator *and*. Berbeda dengan operator *or*, operator *and* menggunakan operasi perkalian untuk semua input pada layer 2. Output pada layer 2 yang dinotasikan dengan w selanjutnya menjadi input pada layer 3 yang selanjutnya akan mengalami proses normalisasi untuk mendapatkan nilai *normalized firing strength* yang dinotasikan dengan \bar{w} . Selanjutnya, pada layer 4 dihitung nilai *consequent parameter*. Terdapat dua alur yang digunakan, yaitu alur maju dan alur mundur. Untuk alur maju, input jaringan berjalan maju sampai dengan layer 4, dalam hal ini *consequent parameter* diestimasi menggunakan metode *least square*. Sedangkan alur mundur, error akan merambat mundur dan *premise parameter* akan diperbaiki dengan menggunakan metode *backpropagation* sehingga akan diperoleh *premise parameter* dan *consequent parameter* akhir hasil pembelajaran.

Tabel 5.

Premise Parameter Model ANFIS

| Kelompok | Input (X_{t-2}) |
|----------|---------------------|
| 1 | $a_{1,1} = 75600$ |
| | $b_{1,1} = 1,957$ |
| | $c_{1,1} = 101000$ |
| 2 | $a_{2,1} = 75600$ |
| | $b_{2,1} = 2,101$ |
| | $c_{2,1} = 252800$ |
| 3 | $a_{3,1} = 75600$ |
| | $b_{3,1} = 2,086$ |
| | $c_{3,1} = 404000$ |
| 4 | $a_{4,1} = 75600$ |
| | $b_{4,1} = 2,055$ |
| | $c_{4,1} = 555200$ |

Terdapat 4 fungsi dengan consequent parameter akhir

$$F_c^{(1)} = 14,03X_{t-2} + 1393000$$

$$F_c^{(2)} = 03,19X_{t-2} - 9298000$$

$$F_c^{(3)} = 124,2X_{t-2} - 46900000$$

$$F_c^{(4)} = 36,96X_{t-2} - 13110000$$

Secara matematis, model ANFIS dapat ditulis dengan :

$$\hat{Y}_t = \bar{w}_{1,c}Y_c^{(1)} + \bar{w}_{2,c}Y_c^{(2)} + \bar{w}_{3,c}Y_c^{(3)} + \bar{w}_{4,c}Y_c^{(4)}$$

Dengan :

$$Y_c^{(i)} = a_{i,1}X_{t-2} + a_{i,0}$$

$$\bar{w}_{j,c} = \frac{w_{j,c}}{w_{1,c} + w_{2,c} + w_{3,c} + w_{4,c}}$$

$$w_{j,c} = \mu_j(X_{t-2})$$

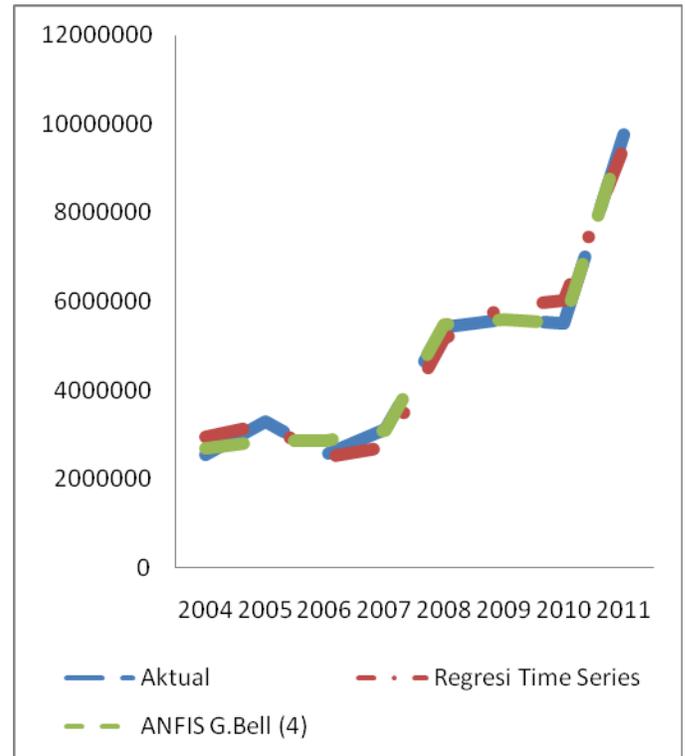
$$\mu_j(X_{t-2}) = f(X_{t-2}; a, b, c) = \frac{1}{1 + \left| \frac{a(X_{t-2} - b)}{c} \right|^{2g}}$$

Dengan menggunakan model ANFIS *Generalized Bell membership function* dengan jumlah keanggotaan 4, nilai ramalan untuk 2 tahun kedepan adalah 14,009 triliun rupiah untuk tahun 2012 dan 19,917 triliun rupiah untuk tahun 2013

C. Perbandingan Regresi Time Series dan ANFIS

Nilai MAPE digunakan untuk membandingkan kebaikan model dalam meramalkan nilai kontrak PT. 'X' keterkaitannya dengan PDB Konstruksi Nasional, sehingga didapatkan model terbaik yang akan digunakan untuk peramalan nilai kontrak konstruksi dua tahun kedepan.

Penerapan metode ANFIS dengan input X_{t-2} menghasilkan nilai MAPE yang terkecil dibandingkan dengan menggunakan Y_{t-2} atau gabungan X_{t-2} dan Y_{t-2} .



Gambar. 3. Perbandingan Nilai Aktual dengan Taksiran Regresi Time Series dan Metode ANFIS.

Model ANFIS terbaik adalah model dengan jenis keanggotaan *Generalized Bell* dengan jumlah keanggotaan 4 dengan MAPE 4,07%. Secara visual, nilai taksiran dari penerapan metode ANFIS dengan jenis keanggotaan *Generalized Bell membership function* dengan jumlah keanggotaan 4 mempunyai hasil yang lebih mendekati nilai aktual dibandingkan dengan penerapan regresi *time series*.

Tabel 6.

Perbandingan MAPE Regresi Time Series dan ANFIS

| Metode | MAPE |
|----------------------------|-------|
| Regresi Time Series | 7,09% |
| ANFIS Gaussian (3) | 6,86% |
| ANFIS Gaussian (4) | 4,11% |
| ANFIS Generalized Bell (3) | 5,28% |
| ANFIS Generalized Bell (4) | 4,07% |

Jika dibandingkan dengan metode regresi time series berdasarkan nilai MAPE yang diperoleh, penerapan ANFIS dengan *Gaussian* maupun *Generalized Bell* dengan jumlah keanggotaan 3 dan 4 lebih baik dibandingkan dengan penerapan regresi time series untuk kasus peramalan nilai kontrak konstruksi terkait dengan PDB Konstruksi Nasional.

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil dan pembahasan yang telah dilakukan, maka dari penelitian Tugas Akhir ini dapat disimpulkan sebagai berikut.

1. Model regresi time series untuk pemodelan keterkaitan PDB Konstruksi Nasional untuk meramalkan nilai kontrak konstruksi adalah $Y_t = 1688098 + 26,8X_{t-1} - 12847_{t-2}$, artinya nilai kontrak saat ini dipengaruhi oleh PDB Konstruksi dan nilai kontrak dua tahun yang lalu. Nilai ramalan 2 tahun ke depan melalui model tersebut adalah 12,439 triliun rupiah untuk tahun 2012 sedangkan 9,5 trilun rupiah tahun 2013.
2. Model terbaik untuk ANFIS adalah dengan menggunakan jenis keanggotaan *generalized bell membership function* dan jumlah keanggotaan 4 dengan MAPE 4,07%. Nilai ramalan untuk tahun 2012 adalah 14,009 triliun dan 19,917 triliun untuk tahun 2013.
3. Model terbaik yang didapatkan adalah model ANFIS dengan jenis *membership function generalized bell* dan dengan jumlah keanggotaan 4 karena nilai MAPE yang lebih kecil dibandingkan regresi *time series* dan ANFIS dengan jenis fungsi keanggotaan lainnya.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] B. W. Soemardi, "Peningkatan Daya Saing Industri Konstruksi Nasional Melalui Inovasi Konstruksi," Konfransi Nasional Teknik Sipil 2 (KoNTekS 2) Universitas Atma Jaya., Yogyakarta (2008).
- [2] Y. Muzzayanah, "Pemodelan Proporsi Sumber Daya Proyek Konstruksi, Laporan Tesis Jurusan Teknik Sipil Universitas Diponegoro, Semarang, (2008).
- [3] B. Suanda, Koran Jakarta, available http://www.totalbp.com/total-website/tbk_file/KoranJakarta-161208.pdf
- [4] R. Suryobroto, "Emiten Konstruksi Prospektif," Koran Jakarta, Jakarta (2012)
- [5] Rumanti "Model Temporal Curah Hujan dan Debit Sungai Citarum Berbasis ANFIS," Jurnal Sains Dirgantara vol 6 no 1 Desember 2008:22-38 (2008).
- [6] W.W.S. Wei, "Time Series Analysis: Univariate and Multivariate Methods," United State of America, Addison Wesley Publishing Company Inc (2006).
- [7] N. D. Gujarati "Basic Econometrics Fourth Edition," The McGraw-Hill Companies (2004).
- [8] S. Kusumadewi & S. Hartati, S, "Neuro-Fuzzy : Integrasi Sistem Fuzzy dan Jaringan Syaraf," Yogyakarta, Graha Ilmu, (2006).