

ANALISIS PERBANDINGAN *FUZZY* REGRESI BERGANDA DENGAN REGRESI BERGANDA KONVENSIONAL SEBAGAI ALAT PERAMALAN

Sutrisno

*Jurusan Teknik Industri, UPN "Veteran" Yogyakarta
E-mail: sutrisno7610@yahoo.co.id*

ABSTRAK

Regresi berganda merupakan suatu model yang terdapat variabel dependent dan variabel independent. Regresi berganda juga diartikan sebagai persamaan matematik yang memungkinkan peramalan nilai suatu peubah takbebas (dependent variable) dari nilai peubah bebas (independent variable). Suatu nilai tegas \hat{Y} diperoleh sebagai fungsi dari x , $\hat{Y} = f(x)$. Tentu saja nilai \hat{Y} bukanlah nilai eksak, dengan kata lain terdapat toleransi error antara nilai \hat{Y} sebagai fungsi dari x , dengan nilai aktual yang diharapkan. Tentu saja toleransi error diharapkan cukup kecil sehingga akurasi \hat{Y} sebagai hasil regresi juga cukup tinggi. Oleh karena itu, variabel output \hat{Y} bisa saja tidak presisi. Untuk mengatasi ketidak presisian tersebut dapat digunakan metode statistik. Metode statistik didasari oleh teori probabilitas yang merepresentasikan ketidakpastian. Selama ini hanya teori statistik yang digunakan dalam menyelesaikan masalah regresi berganda. Padahal teori Fuzzy juga dapat digunakan dalam mempresentasikan ketidak presisian. Teori Fuzzy membuat suatu interval 'kebolehan' yang mana keberadaan data hasil regresi dalam interval tersebut masih diperbolehkan (mendapatkan toleransi). Interval ini sebenarnya dapat direpresentasikan dengan memberikan nilai koefisien regresi sebagai bilangan Fuzzy, (Tanaka 1992). Oleh karena itu, dalam penelitian ini mencoba untuk membandingkan kinerja metode konvensional dalam hal ini analisis regresi berganda dengan metode logika Fuzzy. Dari hasil pengolahan data, metode Fuzzy regresi mempunyai nilai koefisien determinasi (R^2) sebesar 0.84 dan metode regresi berganda konvensional koefisien determinasi (R^2) sebesar 0.167. Kesalahan standar ($S_{y,xk}$) Fuzzy regresi sebesar 11.78 dan nilai $S_{y,xk}$ dari regresi berganda konvensional sebesar 9.93. Nilai Average Error (AE) dari metode Fuzzy regresi sebesar 0.57467 dan AE dari metode regresi berganda konvensional sebesar 0.00067. Pemilihan metode peramalan didasarkan nilai koefisien determinasi terbesar (R^2), nilai standar baku estimasi yang terkecil dan kesalahan prakiraan atau error terkecil, (Arsyad, 2001). Sehingga metode regresi berganda konvensional lebih tepat. Hal ini disebabkan karena penggunaan interval pada metode Fuzzy regresi untuk mendapatkan nilai \hat{Y} tergantung dari batas bawah, batas atas dan jumlah data yang akan diamati.

Kata kunci: Regresi Berganda, Teori Fuzzy, Keakuratan peramalan

1. PENDAHULUAN

Regresi berganda merupakan metode statistik. Seperti yang diketahui di dalam statistik sifat dasar dari modalitas suatu variabel dikalsifikasikan sebagai kualitatif atau kuantitatif. Secara spesifik, adalah kuantitatif jika modalitas yang berhubungan adalah nilai numerik. Dengan berfokus pada variabel-variabel kuantitatif, adalah sangat lazim untuk mengukur variabel-variabel kuantitatif terkait dengan nilai tunggal, yaitu modalitas mereka adalah nilai yang tepat. Akan tetapi, untuk mendapatkan ukuran-ukuran yang tepat sangat sulit didapatkan. Metode statistik didasari oleh teori probabilitas yang merepresentasikan ketidakpastian. Sumber yang relevan dari ketidak tepatan dapat ditemukan di dalam fase pemrosesan data yang terdiri dari penghitungan suatu estimasi dari kuantitas. Hasil dari setiap pemrosesan data tidak pernah akurat 100% (Kreinovich, Lakejev, Rohn & Kahl 1997). Faktanya, dengan nilai aktual dari kuantitas yang diukur, ini berbeda dari hasil pengukurannya. Jika ada informasi tentang kesalahan hasil dari pemrosesan data, maka diketahui bahwa nilai aktual (yang tidak diketahui) dari kuantitas yang diukur berada pada suatu interval nilai tertentu.

Untuk mengakomodasi hal ini, dapat dibuat suatu interval 'kebolehan' yang mana keberadaan data hasil regresi dalam interval tersebut masih diperbolehkan (mendapatkan toleransi). Interval ini sebenarnya dapat direpresentasikan dengan memberikan nilai koefisien regresi sebagai bilangan fuzzy, (Tanaka 1992). Teori fuzzy merupakan teori yang dikembangkan untuk memecahkan masalah yang kabur, tidak pasti dan tidak jelas. Teori ini dapat digunakan dalam mengukur kesamaran dari pemikiran, persepsi dan intuisi manusia.

Teori *fuzzy* digunakan untuk meningkatkan modeling untuk mengatasi permasalahan di dalam variabel keluaran yang tidak presisi. Dalam teori *fuzzy* mendefinisikan kumpulan dengan menggunakan fungsi indikator yang dinilai yang disebut fungsi keanggotaan. Fungsi ini mengukur magnitudo dari partisipasi masing-masing elemen terhadap kumpulan *fuzzy* dengan cara sebuah skala. Pendekatan yang dinilai ini koheren dengan prinsip umum dari fikiran manusia, yang secara alami menggunakan skala-skala di dalam mengurangkan konsep yang tidak jelas seperti sangat tinggi, cukup muda, terlalu panas dan lain-lain. Dengan cara ini, kumpulan *fuzzy* memberikan representasi yang kuat atas ketidakjelasan, yang berarti suatu representasi yang berarti dari konsep yang tidak jelas yang diekspresikan di dalam bahasa yang natural.

Dalam penelitian ini, variabel bebas x_1 diasumsikan dengan fungsi keanggotaan Rendah, Standar dan Tinggi sedangkan variabel bebas x_2 diasumsikan dengan fungsi keanggotaan Kecil, Rata-rata dan Besar. Untuk variabel tak bebas y diasumsikan fungsi keanggotaan adalah Minimum, Normal dan Maksimum. Aturan *fuzzy* yang digunakan ada 9 aturan. Dalam logika fuzzy ini, penalaran yang digunakan adalah penalaran *fuzzy* metode Mamdani, sedangkan peramalan dengan metode statistik yang digunakan adalah regresi berganda.

Selama ini, metode peramalan secara konvensional yang digunakan adalah analisis regresi berganda. Oleh karena itu, dalam penelitian ini mencoba untuk membandingkan kinerja metode konvensional dalam hal ini analisis regresi berganda dengan metode logika *fuzzy*. Dengan dapat dianalisisnya kinerja kedua sistem peramalan tersebut, maka pengguna dapat memilih metode yang mana yang sebaiknya digunakan jika melakukan suatu proses peramalan. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa masing-masing metode peramalan tersebut mempunyai kekurangan dan kelebihan. Dengan dapat diketahuinya kekurangan dan kelebihan masing-masing metode tersebut, maka kita dapat menentukan metode mana yang lebih akurat dalam melakukan peramalan khususnya regresi berganda.

Berdasarkan latar belakang masalah, maka dirumuskan permasalahan yang ada yaitu bagaimana metode *fuzzy* regresi dalam melakukan peramalan regresi berganda.

2. METODE PENELITIAN

2.1 Pengidentifikasian Variabel dan Semesta Pembicaraan

Variabel-variabel yang digunakan dalam penelitian terdiri dari variabel input dan variabel output. Variabel input terdiri dari variabel bebas X_1 yaitu statistik dan variabel bebas X_2 yaitu bahasa. Sedangkan variabel output adalah variabel tak bebas Y yaitu metodologi.

Tabel 1 Variabel dan Semesta Pembicaraan

| Fungsi | Variabel | Semesta Pembicaraan |
|--------|------------|---------------------|
| Input | Statistik | [50,85] |
| | Bahasa | [50,58] |
| Output | Metodologi | [50,85] |

Dari semesta pembicaraan dibentuk himpunan *fuzzy* untuk mendapatkan domain. Adapun himpunan-himpunan *fuzzy* yang digunakan setiap variabel seperti terlihat pada Tabel 4.2

Tabel .2 Himpunan fuzzy

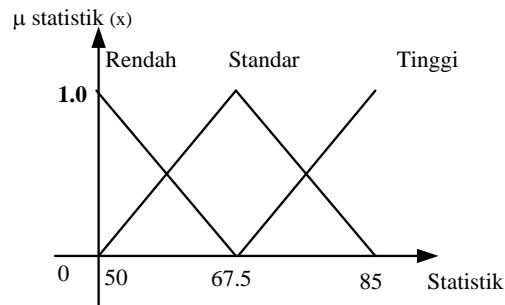
| Fungsi | Variabel | Nama Himpunan Fuzzy | Domain |
|--------|------------|---------------------|-------------|
| Input | Statistik | Rendah | [50 ; 67.5] |
| | | Standar | [50 ; 85] |
| | | Tinggi | [67.5 ; 85] |
| | Bahasa | Kecil | [50 ; 67.5] |
| | | Rata-rata | [50 ; 85] |
| | | Besar | [67.5 ; 85] |
| Output | Metodologi | Minimum | [50 ; 67.5] |
| | | Normal | [50 ; 85] |
| | | Maksimum | [67.5 ; 85] |

2.2 Pembentukan Fungsi Keanggotaan Variabel

1. Fungsi keanggotaan variabel input

a. Fungsi keanggotaan variabel *statistik*

Untuk menentukan variabel statistik dengan himpunan *fuzzy* rendah (R), standar (S), tinggi (T) digunakan Kurva Bentuk Segita.



Gambar 1. Representasi Variabel Statistik

Fungsi keanggotaan pada kurva rendah adalah:

$$\mu_R(x) = \begin{cases} \frac{67.5-x}{17.5} & ; 50 \leq x \leq 67.5 \\ 0 & ; x \geq 67.5 \end{cases}$$

Fungsi keanggotaan pada kurva standar adalah:

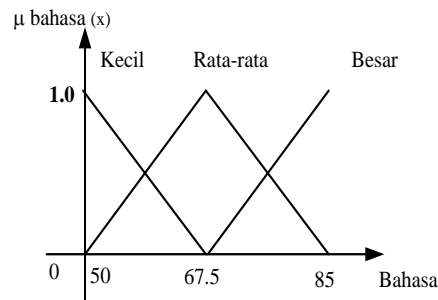
$$\mu_S(x) = \begin{cases} 0 & ; x \leq 50 \text{ atau } x \geq 85 \\ \frac{x-50}{17.5} & ; 50 \leq x \leq 67.5 \\ \frac{85-x}{17.5} & ; 67.5 \leq x \leq 85 \end{cases}$$

Fungsi keanggotaan pada kurva tinggi adalah:

$$\mu_T(x) = \begin{cases} 0 & ; x \leq 67.5 \\ \frac{x-67.5}{17.5} & ; 67.5 \leq x \leq 85 \\ 1 & ; x \geq 85 \end{cases}$$

b. Fungsi keanggotaan variabel *bahasa*

Untuk menentukan variabel *occurrence* dengan himpunan *fuzzy* kecil (K), rata-rata (R), besar (B) digunakan Kurva Bentuk Segitiga.



Gambar 2. Representasi Variabel Bahasa

Fungsi keanggotaan pada kurva kecil adalah:

$$\mu_K(x) = \begin{cases} \frac{67.5-x}{17.5} & ; 50 \leq x \leq 67.5 \\ 0 & ; x \geq 67.5 \end{cases}$$

Fungsi keanggotaan pada kurva rata-rata adalah:

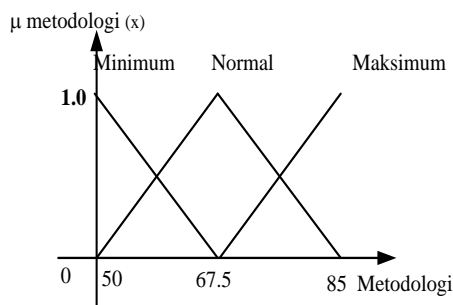
$$\mu_R(x) = \begin{cases} 0 & ; x \leq 50 \text{ atau } x \geq 85 \\ \frac{x-50}{17.5} & ; 50 \leq x \leq 67.5 \\ \frac{85-x}{17.5} & ; 67.5 \leq x \leq 85 \end{cases}$$

Fungsi keanggotaan pada kurva besar adalah:

$$\mu_B(x) = \begin{cases} 0 & ; x \leq 67.5 \\ \frac{x-67.5}{17.5} & ; 67.5 \leq x \leq 85 \\ 1 & ; x \geq 85 \end{cases}$$

; $x \geq 85$

- c. Fungsi keanggotaan variabel *metodologi*
 Untuk menentukan variabel metodologi dengan himpunan *fuzzy* minimum (Mn), normal (N), maksimum (Mk) digunakan Kurva Bentuk Segitiga.



Gambar 3. Representasi Variabel Metodologi

Fungsi keanggotaan pada kurva minimum adalah:

$$\mu_{Mn}(x) = \begin{cases} \frac{67.5-x}{17.5} & ; 50 \leq x \leq 67.5 \\ 0 & ; x \geq 67.5 \end{cases}$$

Fungsi keanggotaan pada kurva normal adalah:

$$\mu_N(x) = \begin{cases} 0 & ; x \leq 50 \text{ atau } x \geq 85 \\ \frac{x-50}{17.5} & ; 50 \leq x \leq 67.5 \\ \frac{85-x}{17.5} & ; 67.5 \leq x \leq 85 \end{cases}$$

Fungsi keanggotaan pada kurva maksimum adalah:

$$\mu_{Mk}(x) = \begin{cases} 0 & ; x \leq 67.5 \\ \frac{x-67.5}{17.5} & ; 67.5 \leq x \leq 85 \\ 1 & ; x \geq 85 \end{cases}$$

2.3 Aplikasi Operator Fuzzy

Operator yang digunakan dalam penelitian ini adalah AND, diperoleh dengan mengambil nilai keanggotaan terkecil antar elemen pada himpunan-himpunan yang bersangkutan, sehingga $\alpha\text{-predikat} = \min(\mu_{\text{statistik}}, \mu_{\text{bahasa}})$.

Tabel .3 Aplikasi Operator Fuzzy

| No. | Rule | IF | | Then Y |
|-----|------|----------------|----------------|----------|
| | | X ₁ | X ₂ | |
| 1 | R1 | Rendah | Kecil | Minimum |
| 2 | R2 | Rendah | Rata-rata | Minimum |
| 3 | R3 | Rendah | Besar | Normal |
| 4 | R4 | Standar | Kecil | Minimum |
| 5 | R5 | Standar | Rata-rata | Normal |
| 6 | R6 | Standar | Besar | Maksimum |
| 7 | R7 | Tinggi | Kecil | Normal |
| 8 | R8 | Tinggi | Rata-rata | Maksimum |
| 9 | R9 | Tinggi | Besar | Maksimum |

2.4 Aplikasi Fungsi Implikasi

Semua operator menggunakan fungsi MIN $\mu_{A \cap B} = \min(\mu_A(x), \mu_B(y))$ sehingga diperlukan juga fungsi implikasi untuk memperoleh nilai z tunggal dari semesta pembicaraan pada variabel.

2.5 Pembentukan Defuzzifikasi

Dalam penelitian ini menggunakan *Centroid* untuk melakukan defuzzifikasi terhadap hasil perhitungan nilai dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$Z = \frac{\int_a^b \mu_A(x) x dx}{\int_a^b \mu_A(x) dx}$$

Dengan:

- Z = nilai tunggal dalam semesta pembicaraan pada variabel.
 $\mu_A(x)$ = derajat/ fungsi keanggotaan.
 x = elemen/ nilai.

2.6 Contoh Perhitungan

Dari data-data yang diperoleh pada tabel 4.1 data-data tersebut kemudian dibuat himpunan keanggotaan untuk setiap variabel bebas (X_1, X_2) dan tak bebas (Y). Sebagai contoh pada data pertama dalam Tabel 1 didapatkan nilai X_1 statistik = 60, X_2 bahasa = 50. Pembentukan *Fuzzy* Regresi sebagai berikut:

2.6.1 Pembentukan Fungsi Keanggotaan Variabel

a. Himpunan keanggotaan statistik

$$\mu_{\text{statistik Rendah}}(60) = \frac{67.5 - 60}{17.5} = 0.43$$

$$\mu_{\text{statistik Standar}}(60) = \frac{60 - 50}{17.5} = 0.57$$

b. Himpunan keanggotaan bahasa

$$\mu_{\text{bahasa Kecil}}(50) = \frac{67.5 - 50}{17.5} = 1$$

$$\mu_{\text{bahasa Rata-rata}}(50) = \frac{50 - 50}{17.5} = 0$$

2.6.2 Aplikasi Operator *Fuzzy*

Nilai α -predikat antara lain adalah:

$$\alpha_1 = \min(\mu_{\text{statistik Rendah}}, \mu_{\text{bahasa Kecil}}) \\ = \min(0.43; 1) = 0.43$$

Sesuai dengan *rule fuzzy* (R1) jika statistik Rendah, bahasa Kecil maka Y_{Minimum}

$$\alpha_2 = \min(\mu_{\text{statistik Standar}}, \mu_{\text{bahasa Rata-rata}}) \\ = \min(0.57; 0) \\ = 0$$

Sesuai dengan *rule fuzzy* (R5) jika $\mu_{\text{statistik Standar}}$, $\mu_{\text{bahasa Rata-rata}}$ maka Y_{Normal}

2.6.3 Pembentukan Defuzzifikasi

$$Z = \frac{\int_a^b \mu_A(x) x dx}{\int_a^b \mu_A(x) dx}$$

$$Z = \frac{60.4350}{0.430} = 60$$

Perhitungan *Fuzzy* Regresi untuk semua mode kegagalan dapat dilihat dalam lampiran 1. Hasil perhitungan *Fuzzy* Regresi dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4 Hasil Fuzzy Regresi

| No. | Input Data | | | \hat{Y} Fuzzy |
|-----|------------|-------|-----|--------------------|
| | X_1 | X_2 | Y | |
| 1 | 60 | 50 | 70 | 60 |
| 2 | 70 | 60 | 65 | 67.54 |
| 3 | 55 | 70 | 75 | 57.47 |
| 4 | 75 | 85 | 85 | 85 |
| 5 | 65 | 60 | 60 | 61.04 |
| 6 | 80 | 65 | 65 | 67.47 |
| 7 | 50 | 75 | 60 | 50 |
| 8 | 75 | 70 | 75 | 74.01 |
| 9 | 65 | 70 | 70 | 67.5 |
| 10 | 55 | 80 | 55 | 65.17 |
| 11 | 65 | 85 | 80 | 85 |
| 12 | 75 | 60 | 50 | 67.62 |
| 13 | 85 | 65 | 65 | 65 |
| 14 | 55 | 75 | 85 | 61.59 |
| 15 | 80 | 75 | 60 | 76.97 |

2.7 Perhitungan Regresi Berganda Konvensional

Dalam penelitian ini perhitungan regresi berganda konvensional dilakukan dengan bantuan *software* SPSS 11.5. persamaan regresi berganda konvensional dengan bantuan *software* SPSS 11.5 dapat dilihat pada tabel 5:

Tabel 5 Persamaan Regresi Berganda Konvensional

| Coefficients ^a | | | | | | |
|---------------------------|------------|-----------------------------|------------|---------------------------|-------|------|
| Model | | Unstandardized Coefficients | | Standardized Coefficients | t | Sig. |
| | | B | Std. Error | Beta | | |
| 1 | (Constant) | 42.359 | 28.103 | | 1.507 | .158 |
| | STATISTI | -.055 | .258 | -.057 | -.213 | .835 |
| | BAHASA | .421 | .282 | .398 | 1.495 | .161 |

a. Dependent Variable: METODOLO

Sehingga persamaan regresi berganda konvensionalnya adalah $\hat{Y} = 42.36 - 0.055 + 0.42$. Hasil dari pengolahan dengan bantuan SPSS selengkapnya dapat dilihat di lampiran 2. Perhitungan manual persamaan regresi berganda konvensional dapat dilihat dalam lampiran 3. Hasil perhitungan regresi berganda konvensional dapat dilihat pada tabel 5.

Tabel 6. Hasil Regresi Berganda Konvensional

| No | Input Data | | | \hat{Y} Regresi |
|----|------------|-------|-----|----------------------|
| | X_1 | X_2 | Y | |
| 1 | 60 | 50 | 70 | 60.14 |
| 2 | 70 | 60 | 65 | 63.79 |
| 3 | 55 | 70 | 75 | 68.82 |
| 4 | 75 | 85 | 85 | 74.02 |
| 5 | 65 | 60 | 60 | 64.07 |
| 6 | 80 | 65 | 65 | 65.34 |
| 7 | 50 | 75 | 60 | 71.19 |
| 8 | 75 | 70 | 75 | 67.72 |
| 9 | 65 | 70 | 70 | 68.27 |
| 10 | 55 | 80 | 55 | 73.02 |
| 11 | 65 | 85 | 80 | 74.57 |
| 12 | 75 | 60 | 50 | 63.52 |
| 13 | 85 | 65 | 65 | 65.07 |
| 14 | 55 | 75 | 85 | 70.92 |
| 15 | 80 | 75 | 60 | 69.54 |

2.7.1 Pemilihan Persamaan Regresi

Untuk mendapatkan persamaan regresi berganda yang baik maka pemilihan berdasarkan persamaan regresi yang dihasilkan untuk setiap variabel bebas yang ada, pemilihan tersebut didasarkan pada Nilai koefisien determinasi terbesar (R^2), nilai standar baku estimasi yang terkecil dan kesalahan rata-rata (*error*) terkecil. (Arsyad,2001).

2.7.2 Perhitungan Koefisien Determinasi (R^2)

Koefisien determinasi adalah suatu ukuran yang biasa digunakan untuk mengetahui ketepatan suatu model persamaan regresi linier berganda dalam artian mengukur keeratan hubungan variabel bebas dengan variabel tak bebasnya. Perhitungan koefisien determinasi terbesar (R^2) fuzzy regresi dapat dilihat pada tabel 6.

Tabel 7. Nilai koefisien determinasi terbesar (R^2)

| No. | Input Data | | | \hat{Y} Fuzzy | $(\hat{y}_i - \bar{y})^2$ | $(y_i - \bar{y})^2$ |
|-----|------------|-------|----------|--------------------|---------------------------|---------------------|
| | X_1 | X_2 | Y | | | |
| 1 | 60 | 50 | 70 | 60 | 64.0 | 4 |
| 2 | 70 | 60 | 65 | 67.54 | 0.2 | 9 |
| 3 | 55 | 70 | 75 | 57.47 | 110.9 | 49 |
| 4 | 75 | 85 | 85 | 85 | 289.0 | 289 |
| 5 | 65 | 60 | 60 | 61.04 | 48.4 | 64 |
| 6 | 80 | 65 | 65 | 67.47 | 0.3 | 9 |
| 7 | 50 | 75 | 60 | 50 | 324.0 | 64 |
| 8 | 75 | 70 | 75 | 74.01 | 36.1 | 49 |
| 9 | 65 | 70 | 70 | 67.5 | 0.3 | 4 |
| 10 | 55 | 80 | 55 | 65.17 | 8.0 | 169 |
| 11 | 65 | 85 | 80 | 85 | 289.0 | 144 |
| 12 | 75 | 60 | 50 | 67.62 | 0.1 | 324 |
| 13 | 85 | 65 | 65 | 65 | 9.0 | 9 |
| 14 | 55 | 75 | 85 | 61.59 | 41.1 | 289 |
| 15 | 80 | 75 | 60 | 76.97 | 80.5 | 64 |
| | | | Σ | | 1300.9 | 1540 |

Dengan $\bar{y} = 68$ menggunakan persamaan koefisien determinasi terbesar (R^2), maka koefisien determinasi terbesar (R^2) fuzzy regresi adalah:

$$R^2 = \frac{\sum (\hat{y}_i - \bar{y})^2}{\sum (y_i - \bar{y})^2} = \frac{1300.9}{1540} = 0.84$$

Perhitungan koefisien determinasi terbesar (R^2) regresi berganda konvensional dapat dilihat pada tabel 8.

Tabel 8. Nilai koefisien determinasi terbesar (R^2)

| No. | Input Data | | | \hat{Y} Regresi | $(\hat{y}_i - \bar{y})^2$ | $(y_i - \bar{y})^2$ |
|-----|------------|-------|----------|----------------------|---------------------------|---------------------|
| | X_1 | X_2 | Y | | | |
| 1 | 60 | 50 | 70 | 60.14 | 61.78 | 4 |
| 2 | 70 | 60 | 65 | 63.79 | 17.72 | 9 |
| 3 | 55 | 70 | 75 | 68.82 | 0.66 | 49 |
| 4 | 75 | 85 | 85 | 74.02 | 36.18 | 289 |
| 5 | 65 | 60 | 60 | 64.07 | 15.48 | 64 |
| 6 | 80 | 65 | 65 | 65.34 | 7.08 | 9 |
| 7 | 50 | 75 | 60 | 71.19 | 10.18 | 64 |
| 8 | 75 | 70 | 75 | 67.72 | 0.08 | 49 |
| 9 | 65 | 70 | 70 | 68.27 | 0.07 | 4 |
| 10 | 55 | 80 | 55 | 73.02 | 25.15 | 169 |
| 11 | 65 | 85 | 80 | 74.57 | 43.10 | 144 |
| 12 | 75 | 60 | 50 | 63.52 | 20.12 | 324 |
| 13 | 85 | 65 | 65 | 65.07 | 8.61 | 9 |
| 14 | 55 | 75 | 85 | 70.92 | 8.50 | 289 |
| 15 | 80 | 75 | 60 | 69.54 | 2.37 | 64 |
| | | | Σ | | 257.08 | 1540 |

Dengan $\bar{y} = 68$ menggunakan persamaan koefisien determinasi terbesar (R^2), maka koefisien determinasi terbesar (R^2) regresi adalah:

$$R = \frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2}{\sum_{i=1}^n y_i^2} = \frac{257.08}{1540} = 0.167$$

2.7.3 Perhitungan Kesalahan Baku Estimasi

Kesalahan baku estimasi atau kesalahan standar ini mengukur besarnya penyimpangan nilai y (data sebenarnya) terhadap nilai trend. (Arsyad,2001). Perhitungan kesalahan baku estimasi adalah sebagai berikut:

Tabel 9. Perhitungan Kesalahan Baku Estimasi *Fuzzy* Regresi

| No. | Input Data | | | \hat{Y} <i>Fuzzy</i> | $(y-\hat{y})^2$ |
|-----|------------|-------|----------|---------------------------|-----------------|
| | X_1 | X_2 | Y | | |
| 1 | 60 | 50 | 70 | 60 | 100.0 |
| 2 | 70 | 60 | 65 | 67.54 | 6.5 |
| 3 | 55 | 70 | 75 | 57.47 | 307.3 |
| 4 | 75 | 85 | 85 | 85 | 0.0 |
| 5 | 65 | 60 | 60 | 61.04 | 1.1 |
| 6 | 80 | 65 | 65 | 67.47 | 6.1 |
| 7 | 50 | 75 | 60 | 50 | 100.0 |
| 8 | 75 | 70 | 75 | 74.01 | 1.0 |
| 9 | 65 | 70 | 70 | 67.5 | 6.3 |
| 10 | 55 | 80 | 55 | 65.17 | 103.4 |
| 11 | 65 | 85 | 80 | 85 | 25.0 |
| 12 | 75 | 60 | 50 | 67.62 | 310.5 |
| 13 | 85 | 65 | 65 | 65 | 0.0 |
| 14 | 55 | 75 | 85 | 61.59 | 548.0 |
| 15 | 80 | 75 | 60 | 76.97 | 288.0 |
| | | | Σ | | 1803.1 |

Kesalahan Baku Estimasi *Fuzzy* Regresi $S_{y.k} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2}{n-k}} = \sqrt{\frac{1803.1}{15-2}} = 11.78$

Tabel 10. Perhitungan Kesalahan Baku Estimasi Regresi Konvensional

| No. | Input Data | | | \hat{Y} Regresi | $(y-\hat{y})^2$ |
|-----|------------|-------|----------|----------------------|-----------------|
| | X_1 | X_2 | Y | | |
| 1 | 60 | 50 | 70 | 60.14 | 97.22 |
| 2 | 70 | 60 | 65 | 63.79 | 1.46 |
| 3 | 55 | 70 | 75 | 68.82 | 38.19 |
| 4 | 75 | 85 | 85 | 74.02 | 120.56 |
| 5 | 65 | 60 | 60 | 64.07 | 16.56 |
| 6 | 80 | 65 | 65 | 65.34 | 0.12 |
| 7 | 50 | 75 | 60 | 71.19 | 125.22 |
| 8 | 75 | 70 | 75 | 67.72 | 53.00 |
| 9 | 65 | 70 | 70 | 68.27 | 2.99 |
| 10 | 55 | 80 | 55 | 73.02 | 324.72 |
| 11 | 65 | 85 | 80 | 74.57 | 29.48 |
| 12 | 75 | 60 | 50 | 63.52 | 182.79 |
| 13 | 85 | 65 | 65 | 65.07 | 0.00 |
| 14 | 55 | 75 | 85 | 70.92 | 198.25 |
| 15 | 80 | 75 | 60 | 69.54 | 91.01 |
| | | | Σ | | 1281.58 |

Kesalahan Baku Estimasi Regresi Berganda Konvensional $S_{y.k} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2}{n-k}} = \sqrt{\frac{1281.58}{15-2}} = .93$

2.7.4 Perhitungan Ketelitian Peramalan/ Kesalahan Rata-rata

Kesalahan rata-rata (AE, Average Error atau bias) merupakan rata-rata selisih antara nilai sebenarnya dan nilai prakiraan. Kesalahan rata-rata suatu prakiraan seharusnya mendekati nol. Apabila tidak, berarti model

yang digunakan mempunyai kecenderungan bias yaitu prakiraan yang cenderung diatas rata-rata atau bisa berada dibawah rata-rata. Perhitungan kesalahan rata-rata dapat digunakan persamaan (2-10). Kesalahan rata-rata *fuzzy* regresi dapat dilihat pada tabel 8. Hasil perhitungan kesalahan rata-rata regresi konvensional dapat dilihat pada tabel 10.

Tabel 11. Perhitungan kesalahan rata-rata *fuzzy* regresi

| No. | Input Data | | | \hat{Y} | $e = (y - \hat{y})$ |
|-----|------------|-------|-----|--------------|---------------------|
| | X_1 | X_2 | Y | <i>Fuzzy</i> | |
| 1 | 60 | 50 | 70 | 60 | 10 |
| 2 | 70 | 60 | 65 | 67.54 | -2.54 |
| 3 | 55 | 70 | 75 | 57.47 | 17.53 |
| 4 | 75 | 85 | 85 | 85 | 0 |
| 5 | 65 | 60 | 60 | 61.04 | -1.04 |
| 6 | 80 | 65 | 65 | 67.47 | -2.47 |
| 7 | 50 | 75 | 60 | 50 | 10 |
| 8 | 75 | 70 | 75 | 74.01 | 0.99 |
| 9 | 65 | 70 | 70 | 67.5 | 2.5 |
| 10 | 55 | 80 | 55 | 65.17 | -10.17 |
| 11 | 65 | 85 | 80 | 85 | -5 |
| 12 | 75 | 60 | 50 | 67.62 | -17.62 |
| 13 | 85 | 65 | 65 | 65 | 0 |
| 14 | 55 | 75 | 85 | 61.59 | 23.41 |
| 15 | 80 | 75 | 60 | 76.97 | -16.97 |
| | | | | Σ | 8.62 |
| | | | | AE | 0.57467 |

Tabel 12 Perhitungan kesalahan rata-rata regresi konvensional

| No. | Input Data | | | \hat{Y} | $e = (y - \hat{y})$ |
|-----|------------|-------|-----|-----------|---------------------|
| | X_1 | X_2 | Y | Regresi | |
| 1 | 60 | 50 | 70 | 60.14 | 9.86 |
| 2 | 70 | 60 | 65 | 63.79 | 1.21 |
| 3 | 55 | 70 | 75 | 68.82 | 6.18 |
| 4 | 75 | 85 | 85 | 74.02 | 10.98 |
| 5 | 65 | 60 | 60 | 64.07 | -4.07 |
| 6 | 80 | 65 | 65 | 65.34 | -0.34 |
| 7 | 50 | 75 | 60 | 71.19 | -11.19 |
| 8 | 75 | 70 | 75 | 67.72 | 7.28 |
| 9 | 65 | 70 | 70 | 68.27 | 1.73 |
| 10 | 55 | 80 | 55 | 73.02 | -18.02 |
| 11 | 65 | 85 | 80 | 74.57 | 5.43 |
| 12 | 75 | 60 | 50 | 63.52 | -13.52 |
| 13 | 85 | 65 | 65 | 65.07 | -0.07 |
| 14 | 55 | 75 | 85 | 70.92 | 14.08 |
| 15 | 80 | 75 | 60 | 69.54 | -9.54 |
| | | | | Σ | 0.01 |
| | | | | AE | 0.00067 |

3. Analisis Hasil

Dari hasil perhitungan *Fuzzy* regresi, maka didapatkan perbedaan nilai tren (\hat{Y}) hasil peramalan regresi berganda tradisional dengan *Fuzzy* regresi yang signifikan. Perbedaan hasil peramalan dapat dilihat pada Tabel 13.

Tabel 13. Hasil Perhitungan Fuzzy Regresi dan Regresi Berganda Konvensional

| No. | Input Data | | | \hat{Y} | \hat{Y} |
|-----|------------|-------|-----|-----------|-----------|
| | X_1 | X_2 | Y | Fuzzy | Regresi |
| 1 | 60 | 50 | 70 | 60 | 60.14 |
| 2 | 70 | 60 | 65 | 67.54 | 63.79 |
| 3 | 55 | 70 | 75 | 57.47 | 68.82 |
| 4 | 75 | 85 | 85 | 85 | 74.02 |
| 5 | 65 | 60 | 60 | 61.04 | 64.07 |
| 6 | 80 | 65 | 65 | 67.47 | 65.34 |
| 7 | 50 | 75 | 60 | 50 | 71.19 |
| 8 | 75 | 70 | 75 | 74.01 | 67.72 |
| 9 | 65 | 70 | 70 | 67.5 | 68.27 |
| 10 | 55 | 80 | 55 | 65.17 | 73.02 |
| 11 | 65 | 85 | 80 | 85 | 74.57 |
| 12 | 75 | 60 | 50 | 67.62 | 63.52 |
| 13 | 85 | 65 | 65 | 65 | 65.07 |
| 14 | 55 | 75 | 85 | 61.59 | 70.92 |
| 15 | 80 | 75 | 60 | 76.97 | 69.54 |

Perbedaan nilai peramalan (\hat{Y}) yang signifikan antara *fuzzy* regresi dengan regresi berganda konvensional disebabkan karena dalam *fuzzy regresi* nilai \hat{Y} diperoleh dari suatu interval 'kebolehan' yang mana keberadaan data hasil regresi dalam interval tersebut masih diperbolehkan (mendapatkan toleransi). Sedangkan nilai \hat{Y} dari regresi berganda konvensional diperoleh sebagai fungsi dari x , $\hat{Y} = f(x)$.

Untuk mendapatkan persamaan regresi berganda yang baik maka pemilihan berdasarkan persamaan regresi yang dihasilkan untuk setiap variabel bebas yang ada, pemilihan tersebut didasarkan pada Nilai koefisien determinasi terbesar (R^2), nilai standar baku estimasi yang terkecil dan kesalahan prakiraan atau *error* terkecil, (Arsyad,2001).

Berdasarkan perhitungan pada tabel 4.8 dan 4.9 maka didapatkan koefisien determinasi (R^2) dari kedua metode regresi yaitu ukuran yang biasa digunakan untuk mengetahui ketepatan suatu model persamaan regresi linier berganda dalam artian mengukur keeratan hubungan variabel bebas dengan variabel tak bebasnya. Metode *fuzzy* regresi mempunyai nilai koefisien determinasi (R^2) sebesar 0.84 dan metode regresi berganda konvensional koefisien determinasi (R^2) sebesar 0.167. Sesuai dengan teori koefisien determinasi (R^2) maka yang dipilih koefisien determinasi (R^2) terbesar yaitu 0.84 dari metode *fuzzy* regresi.

Berdasarkan perhitungan pada tabel 4.10 dan 4.11 maka didapatkan kesalahan baku estimasi atau kesalahan standar ($S_{y..xk}$) dari kedua metode regresi yaitu mengukur besarnya penyimpangan nilai y (data sebenarnya) terhadap nilai trend. Dari perhitungan tersebut didapatkan nilai $S_{y..xk}$ *fuzzy* regresi sebesar 11.78 dan nilai $S_{y..xk}$ dari regresi berganda konvensional sebesar 9.93. Sesuai dengan teori kesalahan standar ($S_{y..xk}$) maka yang dipilih kesalahan standar ($S_{y..xk}$) terkecil yaitu 9.93 dari metode regresi berganda konvensional.

Berdasarkan perhitungan pada tabel 4.11 dan 4.12 maka didapatkan kesalahan rata-rata (*AE*, Average Error atau bias) merupakan rata-rata selisih antara nilai sebenarnya dan nilai prakiraan. Nilai *AE* dari metode *fuzzy* regresi sebesar 0.57467 dan *AE* dari metode regresi berganda konvensional sebesar 0.00067, sehingga sesuai dengan teori kesalahan rata-rata maka dipilih *AE* yang paling kecil yaitu 0.00067 dari metode regresi berganda konvensional.

Dari analisa tersebut maka dapat dipilih metode peramalan regresi berganda yang lebih tepat yaitu dengan metode regresi berganda konvensional. Hal ini disebabkan karena penggunaan interval pada metode *fuzzy* regresi untuk mendapatkan nilai \hat{Y} tergantung dari batas bawah, batas atas dan jumlah data yang akan diamati.

4. PENUTUP

4.1 Kesimpulan

Dari analisis yang telah dilakukan dapat ditarik kesimpulan bahwa:

1. Dalam *fuzzy regresi* nilai \hat{Y} diperoleh dari suatu interval 'kebolehan' yang mana keberadaan data hasil regresi dalam interval tersebut masih diperbolehkan (mendapatkan toleransi). Sedangkan nilai \hat{Y} dari regresi berganda konvensional diperoleh sebagai fungsi dari x , $y = f(x)$.
2. Regresi interval mampu mengakomodasi rentang nilai hasil peramalan meskipun hasilnya lebih baik menggunakan regresi berganda konvensional.
3. Jika data-data input dan output sudah tetap maka untuk melakukan peramalan, lebih baik menggunakan analisis regresi.
4. Dengan menggunakan data pasti yang sama ternyata regresi berganda konvensional lebih baik dalam melakukan peramalan karena mempunyai kesalahan standar ($S_{y..xk}$) terkecil yaitu 9.93 dan *AE* yang paling kecil yaitu 0.00067.

4.2 Saran

Saran yang dapat diberikan dalam penelitian ini adalah:

1. Jika melakukan peramalan dengan menggunakan logika fuzzy, maka data-data input dan output harus merupakan data interval yang nilainya bukan nilai tetap
2. Dalam penelitian ini menggunakan 3 bentuk linguistik dalam interval seperti rendah, standar dan tinggi. Hal ini dapat dikembangkan dengan menambah atau mengurangi jumlah bentuk linguistik sehingga jumlah *fuzzy rule* berbeda dan juga memberikan hasil yang berbeda.
3. Hasil dari penelitian ini dengan menggunakan metode *fuzzy regresi* dapat digunakan sebagai masukan pengguna *fuzzy* sebelum menggunakan *fuzzy*.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Fuller, R, 1995, *Neural Fuzzy System*, Abo Akademi University.
- [2] Kakiy., T., J, 2004, *Penggunaan Data Primer Karyawan Pendidik Untuk Regresi Berganda*, Universitas Gunadarma.
- [3] Kusumadewi, S, 2004, *Neuro Fuzzy*, Graha Ilmu, Yogyakarta.
- [4] Kusumadewi, S, *Aplikasi Neural-Fuzzy pada Regresi Interval untuk Data Time Series*, Jurusan Teknik Informatika, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.
- [5] Kusumadewi, S; Hartati, S; Harjoko, A dan Wardoyo, A, 2006, *Fzzy Multi-Attribute Decision Making (FUZZY MADM)*, Graha Ilmu, Yogyakarta.
- [6] Spiegel, M.R., 1994, *Statistika*, Erlangga, Jakarta.
- [7] Supriyono, 2007, *Analisis Perbandingan Logika Fuzzy Dengan Regresi Berganda Sebagai Alat Peramalan*, Seminar Nasional III SDM TEKNOLOGI NUKLIR, 21-22 November 2007, ISSN. 1987-0176.
- [8] Ngakan, P, S, U., 2007, *Prakiraan Kebutuhan Tenaga Listrik Propinsi Bali Sampai Tahun 2018 dengan Metode Regresi Berganda Deret Waktu*, Program Studi Teknik Elektro, Universitas Udayana, Bali
- [9] Walpole R. E., Myers R.H., 1995, *Ilmu Peluang Dan Statistia Untuk Insinyur Dan Ilmuwan*, ITB, Bandung.