

hasil cek-JURNAL RISTA edit

by Sugiyarto Sugiyarto

Submission date: 08-Nov-2021 10:02AM (UTC+0700)

Submission ID: 1696093463

File name: JURNAL_RISTA_edit.docx (708.87K)

Word count: 2629

Character count: 18046



IMPLEMENTASI BILANGAN FUZZY TRAPESIUM UNTUK MENYELESAIKAN MODEL FUZZY REGRESI LOGISTIK

¹⁾Sugiyarto³⁵, ²⁾Rista Purnama Dewi

Universitas Ahmad Dahlan

¹⁾ sugiyarto@math.uad.ac.id, ²⁾ rista1700015078@webmail.uad.ac.id

Received :
XX/XX/XXXX

Accepted :
XX/XX/XXXX

Published :
XX/XX/XXXX

Abstract

The application of classical logistic regression is very widespread in the field of clinical studies, causing unclear observations in a discrete. Obscurity in the observations on the classical logistic regression variable is due to the fact that in the binary response there is no probability distribution that can be considered. Therefore, fuzzy logistic regression is used to model binary observations using fuzzy numbers. The researcher tries to build a trapezoidal fuzzy number model based on the probability of success. Then, using the extension principle, the response variable is a fuzzy number modeled based on observations on the predictor variables. To estimate these parameters, the Fuzzy Least Square method is used. After the logistic fuzzy regression model is formed, a performance evaluation is carried out to measure the model's performance on data observations. Researchers used data on heart failure with cases of death modeled based on several risk factors that can detect the disease. Based on the observations obtained, the fuzzy logistic regression model with trapezoidal fuzzy numbers has performance model accuracy is 83.28%.

Keywords: Fuzzy Logistic Regression, Trapezoidal Fuzzy Numbers, Fuzzy Least Square

Abstrak

Penerapan regresi logistik klasik sangat meluas pada bidang studi klinis, sehingga menyebabkan pengamatan bersifat tidak jelas dalam mendiagnosis suatu penyakit. Ketidakjelasan pengamatan pada regresi logistik klasik disebabkan karena pada variabel respon biner tidak ada distribusi probabilitas yang dapat dipertimbangkan. Oleh karena itu, fuzzy regresi logistik digunakan untuk memodelkan pengamatan biner dengan menggunakan bilangan fuzzy. Peneliti mencoba untuk membangun model bilangan fuzzy trapesium berbasis pada peluang keberhasilan. Kemudian, dengan menggunakan *extention principle*, variabel respon berupa bilangan fuzzy dimodelkan berdasarkan serangkaian pengamatan pada variabel prediktor. Untuk memperkirakan parameter, maka digunakan metode *Fuzzy Least Square*. Setelah model fuzzy regresi logistik terbentuk, dilakukan evaluasi performansi untuk mengukur kinerja model pada data pengamatan. Peneliti menggunakan data berupa penyakit gagal jantung dengan kasus kematian dimodelkan berdasarkan beberapa faktor risiko yang dapat mendeteksi penyakit tersebut. Berdasarkan hasil pengamatan diperoleh, model fuzzy regresi logistik dengan bilangan fuzzy trapesium mempunyai kinerja model akurasi yaitu 83.28%.

Kata Kunci: Fuzzy Regresi Logistik, Bilangan Fuzzy Trapesium, Fuzzy Least Square

1. Pendahuluan

Regresi logistik memiliki kelebihan dalam bidang penerapannya yang luas sehingga dapat diterapkan hampir pada semua bidang kehidupan (Gao & Lu, 2018). Akan tetapi, berbagai masalah terjadi ketika misalnya asumsi distribusi tidak terpenuhi. Oleh sebab itu, banyak peneliti yang melakukan modifikasi dan memperluas konsep tentang

analisis regresi logistik dengan menggunakan logika *fuzzy* (Kelkinnama & Taheri, 2012; Pourahmad et al., 2011; Ramli et al., 2011; Tseng & Lin, 2005).

Logika *fuzzy* telah digabungkan dengan banyak metode modern lainnya, salah satunya ialah regresi *fuzzy*. Regresi *fuzzy* diperkenalkan oleh Tanaka (Tanaka et al., 1989) pada tahun 1982. Regresi *fuzzy* merupakan perluasan dari analisis regresi klasik yang mana beberapa elemen diwakili oleh semua jenis bilangan *fuzzy*. Berbeda dengan regresi klasik yang didasarkan hanya pada teori probabilitas, regresi *fuzzy* dapat didasarkan pada teori probabilitas dan teori himpunan *fuzzy*.

Terdapat metode yang secara umum digunakan dalam analisis regresi *fuzzy* yaitu metode *Fuzzy Least Square* untuk meminimalkan nilai error antara nilai output yang diberikan dengan output yang diestimasi, metode ini disarankan oleh Diamond dan Celmins (Celmiņš, 1987; Diamond, 1988; Ming et al., 1997). *Fuzzy* regresi logistik merupakan metode regresi yang peneliti banyak menerapkan *Fuzzy Least Square*. Salah satu penelitian yang menerapkan metode *fuzzy* regresi logistik yaitu dilakukan oleh Wiwik Anggraeni dkk (2020). Hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa akurasi prediksi untuk validasi data menggunakan regresi logistik memiliki rata-rata kinerja terbaik 79,93%. (Anggraeni et al., 2020).

Selanjutnya, metode estimasi yang peneliti gunakan yaitu pendekatan *Least Square Estimation (LSE)* dengan landasan bahwa metode *LSE* dapat dengan mudah diterapkan di berbagai kasus. Kemudian bilangan *fuzzy* trapesium diterapkan karena memenuhi syarat bilangan *fuzzy*. Selain itu, kesederhanaan dalam operasi aritmatika membuat bilangan *fuzzy* trapesium banyak digunakan dalam berbagai jenis literatur.

2. Model Teori yang diusulkan

2.1 Model Persamaan Regresi Logistik

21
Regresi logistik adalah pendekatan model matematika yang digunakan untuk menjelaskan hubungan antara variabel respon yang bersifat kategorik sehingga tidak ada asumsi yang dibuat mengenai distribusi dari variabel prediktor. Akan tetapi, variabel prediktor dapat memenuhi distribusi Bernoulli, yang mana probabilitas sukses π dapat dinyatakan dengan nilai 1 sedangkan probabilitas gagal π dinyatakan dengan nilai 0.

Model regresi logistik dengan persamaan binomial dapat dinyatakan sebagai berikut (Hosmer Jr et al., 2013):

$$\mu(x) = \frac{\exp(\beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \dots + \beta_i x_i)}{1 + \exp(\beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \dots + \beta_i x_i)}$$

Pada peluang sukses variabel $\mu(x)$, nilai x dan $\mu(x)$ tidak memiliki hubungan secara linear sehingga perlu dilakukan transformasi logit untuk menjadi linear sehingga model persamaan regresi logistik biner menjadi:

$$g(x) = \ln \left| \frac{\pi(x)}{1 - \pi(x)} \right| = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \dots + \beta_i x_i$$

yang mana $\left(\frac{\pi(x)}{1 - \pi(x)} \right) = e^{\beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \dots + \beta_i x_i}$ adalah peluang kemungkinan dan $b_j, j = 0, 1, \dots, n$ adalah parameter dari model.

2.2 Teori dasar Himpunan Fuzzy

46 Dasar Himpunan *fuzzy* bagian ini memberikan definisi dan konsep dasar dari himpunan *fuzzy*.

Definisi 2.1. Himpunan *fuzzy* \tilde{A} yang didefinisikan di ruang X adalah himpunan pasangan teurut yang dinotasikan sebagai berikut (Ross, 2004):

$$\tilde{A} = \{(x, \mu(x)), x \in X\}$$

di mana nilai keanggotaan untuk himpunan *fuzzy* \tilde{A} yaitu $\mu_{\tilde{A}}(x): X \rightarrow [0,1]$.

Definisi 2.2. α - cut pada \tilde{A} adalah himpunan tegas dari himpunan *fuzzy* \tilde{A} atau dapat dinotasikan dengan A^α yang didefinisikan dengan (Klir & Yuan, 1995):

$$A^\alpha = \begin{cases} \{x | \mu_{\tilde{A}}(x) \geq \alpha\}, \alpha \in [0,1] \\ \{x | \mu_{\tilde{A}}(x) > 0, \alpha = 0\} \end{cases}$$

5 **Definisi 2.3.** Misalkan \tilde{A} adalah himpunan *fuzzy* pada R . \tilde{A} disebut bilangan *fuzzy* jika memenuhi syarat-syarat berikut:

1. \tilde{A} merupakan himpunan *fuzzy* normal
2. \tilde{A}_α merupakan interval tertutup untuk semua $\alpha \in [0,1]$
3. $S(\tilde{A})$ merupakan himpunan terbatas

Syarat himpunan konvek sama dengan nilai A_α yang merupakan interval tertutup untuk setiap $\alpha \in (0,1]$, sehingga bilangan fuzzy dapat didefinisikan sebagai himpunan fuzzy normal, konvek, dengan setiap \tilde{A}_α adalah interval tertutup. (Klir & Yuan, 1995).

Definsi 2.4. Asumsikan X adalah cartesian product dari semesta (X_1, X_2, \dots, X_n) dan $(\tilde{A}_1, \tilde{A}_2, \dots, \tilde{A}_n)$ adalah masing-masing himpunan fuzzy di dalam (X_1, X_2, \dots, X_n) . Misalkan f memetakan fungsi yang memetakan dari X terhadap semesta $y = f(x_1, x_2, \dots, x_n) \in Y$. Suatu himpunan fuzzy \tilde{B} di dalam Y didefinisikan sebagai *extention principle* yaitu (Pehlivan, 2018):

$$\tilde{B} = \begin{cases} \sup \min \{ \mu_1(x), \mu_2(x), \dots, \mu_n(x) \} & f(y) \neq \emptyset \\ (x_1, x_2, \dots, x_n) \in f^{-1} & \\ 0 & \text{lainnya} \end{cases}$$

3. Fuzzy Regresi Logistik

Pada penelitian ini, penulis menggunakan istilah linguistik $\tilde{\mu}_i \in \{Aproksimasi\ 1, Aproksimasi\ 0\}$. Model yang diusulkan adalah:

$$W_i = \ln \left(\frac{\tilde{\mu}_i}{1 - \tilde{\mu}_i} \right) = A_0 + A_1 x_{i1} + A_2 x_{i2} + \dots + A_n x_{ij} \tag{3.1}$$

yang mana x_{ij} berupa bilangan tegas pada R dengan $i = 1, 2, \dots, m$ dan $j = 0, 1, \dots, n$. Sedangkan outputnya yaitu W_i menunjukkan pengamatan fuzzy yang mendeteksi status setiap kasus ke $-i$. Nilai W_i berupa kategori respon biner yaitu aproksimasi 1 atau aproksimasi 0. Sedangkan A_0, A_1, \dots, A_n dianggap sebagai hasil output yang diamati dengan masing-masing notasi melambangkan nilai output bilangan fuzzy trapesium bagian kiri, kiri tengah, kanan tengah dan kanan. Fungsi keanggotaan dari output yang diamati dihitung dari fungsi keanggotaan yang ditentukan dari *extention principle* yaitu $\tilde{w}_i(y) = \sup_{x: \ln \frac{x}{1-x} = y} \tilde{\mu}_i(x)$ di mana $f(x) = \ln \left(\frac{x}{1-x} \right), 0 < x < 1$ adalah fungsi satu-satu, sehingga hanya satu-satunya $x \in (0,1)$ yaitu $\ln \left(\frac{\tilde{\mu}_i}{1 - \tilde{\mu}_i} \right) = y$. Oleh karena itu, $\tilde{w}_i \left(y = \ln \frac{x}{1-x} \right) = \tilde{\mu}_i \left(\frac{\exp(x)}{1 + \exp(x)} \right)$.

Definisi 3.1 (Perbandingan Peluang). Misalkan μ_i adalah peluang sukses dengan $i = 1, 2, \dots, m$ dan $\mu_i = poss(Y_i \approx i)$ yang dapat didefinisikan dalam dua cara yaitu nilai bilangan tegas, $\tilde{\mu}_i = \{ \dots, low, medium, high, \dots \}$. Perbandingan $\left(\frac{\tilde{\mu}_i}{1 - \tilde{\mu}_i} \right)$ dengan $i =$

1,2, ..., m disebut sebagai “perbandingan peluang” untuk kasus ke- i yang menentukan peluang sukses dan peluang gagal.

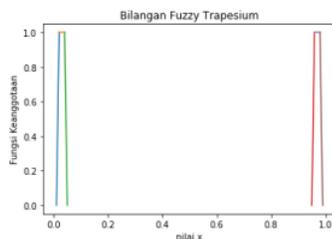
Definisi 3.2. Misalkan $\tilde{A}, \tilde{B} \in E$ adalah dua bilangan fuzzy. $\tilde{A}_\alpha = [a_1, a_2]$ dan $\tilde{B}_\alpha = [b_1, b_2]$ masing-masing merupakan α -cuts. Jarak antara dua bilangan fuzzy didefinisikan sebagai berikut (Xu & Li, 2001):

$$D = (\tilde{A}, \tilde{B}) = \left[\int_0^1 f(\alpha) d^2(\tilde{A}_\alpha, \tilde{B}_\alpha) d\alpha \right]^{1/2}$$

dengan $f(\alpha) = \alpha$. Fungsi $f(\alpha)$ adalah fungsi naik dari $[0,1]$ dengan $f(0) = 0$ dan $\int_0^1 f(\alpha) d\alpha = \frac{1}{2}$. Kemudian $d^2(\tilde{A}_\alpha, \tilde{B}_\alpha)$ merupakan jarak antara dua bilangan fuzzy α -cuts dari bilangan fuzzy \tilde{A} dan \tilde{B} , yaitu: $d^2(\tilde{A}_\alpha, \tilde{B}_\alpha) = [a_1 - a_2]^2 - [b_1 - b_2]^2$

3.6 Model Fuzzy Reresi Logistik Bilangan Fuzzy Trapesium

Pada penelitian ini, penulis menggunakan istilah linguistik $\tilde{\mu}_i \in \{\text{Aproksimasi 1}, \text{Aproksimasi 0}\}$ sebagai parameter bilangan fuzzy trapesium yaitu $\text{Aproksimasi 0} = \{0.01, 0.03, 0.04, 0.05\}$ dan $\text{Aproksimasi 1} = \{0.95, 0.96, 0.98, 0.99\}$. Nilai aproksimasi dapat direpresentasikan ke dalam gambar sebagai berikut:



Gambar 2.1: Istilah linguistik bilangan fuzzy trapesium

Dari persamaan (3.1) estimasi output bilangan fuzzy trapesium dinotasikan dengan $\tilde{W}_i = (f_i(al), f_i(au), f_i(am), f_i(ar))$ yang mana $i = 1, 2, \dots, m$.

$$f_i(al) = al_0x_{i0} + al_1x_{i1} + \dots + al_nx_{in}$$

$$f_i(au) = au_0x_{i0} + au_1x_{i1} + \dots + au_nx_{in}$$

$$f_i(am) = am_0x_{i0} + am_1x_{i1} + \dots + am_nx_{in}$$

$$f_i(ar) = ar_0x_{i0} + ar_1x_{i1} + \dots + ar_nx_{in}$$

Berdasarkan penjelasan pada persamaan (3.1), bilangan fuzzy trapesium dinotasikan dengan $(f_i(al), f_i(au), f_i(am), f_i(ar))$. α -cuts dari \tilde{W}_i dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$(\tilde{W}_i)_\alpha = [f_i(al) + (f_i(au) - f_i(al))\alpha, f_i(ar) - (f_i(am) - f_i(ar))\alpha] \quad (3.2)$$

Peneliti menetapkan istilah linguistik $\tilde{\mu}_i$ sebagai peluang sukses. Peluang sukses yang dianggap sebagai variabel respon yang diamati sebagai berikut:

$$w_i = \ln\left(\frac{x}{1-x}\right), i = 1, 2, \dots, m$$

Fungsi keanggotaan \tilde{w}_i dapat dihitung dari fungsi keanggotaan yang telah didefinisikan yaitu: $\tilde{\mu} = (l_{\tilde{\mu}_i}(\alpha), u_{\tilde{\mu}_i}(\alpha), m_{\tilde{\mu}_i}(\alpha), r_{\tilde{\mu}_i}(\alpha))$, dengan menggunakan *extension principle*, sehingga untuk $(\tilde{w}_i)_\alpha$ dapat dinotasikan sebagai berikut:

$$(\tilde{w}_i)_\alpha = \left[\ln\left(\frac{l_{\tilde{\mu}_i}(\alpha)}{1-l_{\tilde{\mu}_i}(\alpha)}\right), \ln\left(\frac{r_{\tilde{\mu}_i}(\alpha)}{1-r_{\tilde{\mu}_i}(\alpha)}\right) \right] \quad (3.3)$$

yang mana:

$$(\tilde{\mu}_i)_\alpha = [l_{\tilde{\mu}_i}(\alpha), r_{\tilde{\mu}_i}(\alpha)]$$

$$l_{\tilde{\mu}_i}(\alpha) = l_{\tilde{\mu}_i} + (u_{\tilde{\mu}_i} - l_{\tilde{\mu}_i})\alpha, \quad r_{\tilde{\mu}_i}(\alpha) = r_{\tilde{\mu}_i} - (r_{\tilde{\mu}_i} - m_{\tilde{\mu}_i})\alpha$$

dengan menggunakan persamaan (3.2)-(3.3) jarak antara dua bilangan *fuzzy α -cuts* $(\tilde{w}_i)_\alpha$ dengan $(\tilde{W}_i)_\alpha$ dapat diformulasikan sebagai berikut:

$$d^2((\tilde{w}_i)_\alpha, (\tilde{W}_i)_\alpha) = \left[\ln\left(\frac{l_{\tilde{\mu}_i}(\alpha)}{1-l_{\tilde{\mu}_i}(\alpha)}\right) - f_i(al) - (f_i(au) - f_i(al))\alpha \right]^2 + \left[\ln\left(\frac{r_{\tilde{\mu}_i}(\alpha)}{1-r_{\tilde{\mu}_i}(\alpha)}\right) - f_i(ar) + (f_i(am) - f_i(ar))\alpha \right]^2 \quad (3.4)$$

Dari persamaan (3.4), *SSE* antara nilai \tilde{w}_i dengan \tilde{W}_i dapat diminimalkan menggunakan persamaan *fuzzy least square* yaitu:

$$SSE = \sum_{i=1}^m (d(\tilde{w}_i, \tilde{W}_i))^2 = \sum_{i=1}^m \int_0^1 f(\alpha) (d^2((\tilde{w}_i)_\alpha, (\tilde{W}_i)_\alpha)) d\alpha \quad (3.5)$$

Mensubsitusi persamaan (3.4) ke persamaan (3.5), sehingga persamaan *SSE* dapat ditulis sebagai berikut:

$$SSE = \sum_{i=1}^m \int_0^1 f(\alpha) \left[\left[\ln\left(\frac{l_{\tilde{\mu}_i}(\alpha)}{1-l_{\tilde{\mu}_i}(\alpha)}\right) - f_i(al) - (f_i(au) - f_i(al))\alpha \right]^2 + \left[\ln\left(\frac{r_{\tilde{\mu}_i}(\alpha)}{1-r_{\tilde{\mu}_i}(\alpha)}\right) - f_i(ar) + (f_i(am) - f_i(ar))\alpha \right]^2 \right] d\alpha \quad (3.6)$$

Persamaan *SSE* diminimalkan dengan menghitung turunan parsial terhadap al_j, au, am_j dan ar_j dengan $j = 0, 1, \dots, n$. Untuk mencapai minimum maka turunan $SSE=0$. Persamaan *SSE* dapat dituliskan sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \frac{\partial SSE}{\partial al_j} &= 0 \Leftrightarrow \sum_{i=1}^m \left(\int_0^1 2\alpha(\alpha-1)x_{ij} \left[\ln \left(\frac{l_{\bar{\mu}_i}(\alpha)}{1-l_{\bar{\mu}_i}(\alpha)} \right) - f_i(al) - (f_i(au) - f_i(al))\alpha \right] d\alpha \right) = 0 \\ \frac{\partial SSE}{\partial au_j} &= 0 \Leftrightarrow \sum_{i=1}^m \left(\int_0^1 -2\alpha^2 x_{ij} \left[\ln \left(\frac{l_{\bar{\mu}_i}(\alpha)}{1-l_{\bar{\mu}_i}(\alpha)} \right) - f_i(al) - (f_i(au) - f_i(al))\alpha \right] d\alpha \right) = 0 \\ \frac{\partial SSE}{\partial am_j} &= 0 \Leftrightarrow \sum_{i=1}^m \left(\int_0^1 -2\alpha^2 x_{ij} \left[\ln \left(\frac{l_{\bar{\mu}_i}(\alpha)}{1-l_{\bar{\mu}_i}(\alpha)} \right) - f_i(ar) + (f_i(am) - f_i(ar))\alpha \right] d\alpha \right) = 0 \\ \frac{\partial SSE}{\partial ar_j} &= 0 \Leftrightarrow \sum_{i=1}^m \left(\int_0^1 2\alpha(\alpha-1)x_{ij} \left[\ln \left(\frac{l_{\bar{\mu}_i}(\alpha)}{1-l_{\bar{\mu}_i}(\alpha)} \right) - f_i(ar) + (f_i(am) - f_i(ar))\alpha \right] d\alpha \right) = 0 \end{aligned}$$

yang mana nilai $j = 0, 1, \dots, n$ dengan menghitung nilai integral dari persamaan SSE, diperoleh persamaan sebagai berikut:

$$\begin{aligned} al_0 \sum_{i=1}^m x_{i0}x_{ij} + al_1 \sum_{i=1}^m x_{i1}x_{ij} + \dots + al_n \sum_{i=1}^m x_{in}x_{ij} &= \sum_{i=1}^m p_i x_{ij} \\ au_0 \sum_{i=1}^m x_{i0}x_{ij} + au_1 \sum_{i=1}^m x_{i1}x_{ij} + \dots + au_n \sum_{i=1}^m x_{in}x_{ij} &= \sum_{i=1}^m q_i x_{ij} \\ am_0 \sum_{i=1}^m x_{i0}x_{ij} + am_1 \sum_{i=1}^m x_{i1}x_{ij} + \dots + am_n \sum_{i=1}^m x_{in}x_{ij} &= \sum_{i=1}^m s_i x_{ij} \\ ar_0 \sum_{i=1}^m x_{i0}x_{ij} + ar_1 \sum_{i=1}^m x_{i1}x_{ij} + \dots + ar_n \sum_{i=1}^m x_{in}x_{ij} &= \sum_{i=1}^m t_i x_{ij} \end{aligned}$$

di mana nilai $i = 1, \dots, m$ dan $j = 0, 1, \dots, n$. Sedangkan nilai $x_{i0} = 1$. Nilai $p_i, q_i, s_i,$ dan t_i adalah hasil integral dari perhitungan turunan parsial. Hasil yang diperoleh dapat dibentuk ke dalam suatu matriks yaitu:

$$Aal = P, \quad Aau = Q, \quad Aam = S, \quad Aar = T$$

yang mana

$$\begin{aligned} A = X^T X, \quad X_{m \times (n+1)} &= \begin{bmatrix} 1 & x_{11} & \dots & x_{1n} \\ 1 & x_{21} & \dots & x_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 1 & x_{m1} & \dots & x_{mn} \end{bmatrix} \\ P_{1 \times (n+1)}^T &= \left[\sum_{i=1}^m p_i x_{i0}, \sum_{i=1}^m p_i x_{i1}, \dots, \sum_{i=1}^m p_i x_{in} \right]^T \\ Q_{1 \times (n+1)}^T &= \left[\sum_{i=1}^m q_i x_{i0}, \sum_{i=1}^m q_i x_{i1}, \dots, \sum_{i=1}^m q_i x_{in} \right]^T \\ S_{1 \times (n+1)}^T &= \left[\sum_{i=1}^m s_i x_{i0}, \sum_{i=1}^m s_i x_{i1}, \dots, \sum_{i=1}^m s_i x_{in} \right]^T \\ T_{1 \times (n+1)}^T &= \left[\sum_{i=1}^m t_i x_{i0}, \sum_{i=1}^m t_i x_{i1}, \dots, \sum_{i=1}^m t_i x_{in} \right]^T \end{aligned}$$

Nilai estimasi al, au, am dan ar dalam bentuk matriks disimbolkan dengan AL, AU, AM , dan AR . Estimasi tersebut dapat dihitung dengan persamaan:

$$\begin{aligned} AL &= A^{-1}P^T & AL_{(n+1) \times 1} &= [al_0, al_1, \dots, al_n]^T \\ AU &= A^{-1}Q^T & AU_{(n+1) \times 1} &= [au_0, au_1, \dots, au_n]^T \\ AM &= A^{-1}S^T & AU_{(n+1) \times 1} &= [am_0, am_1, \dots, am_n]^T \\ AR &= A^{-1}T^T & AU_{(n+1) \times 1} &= [ar_0, ar_1, \dots, ar_n]^T \end{aligned}$$

Model optimal fuzzy regresi logistik dengan bilangan fuzzy trapesium dapat ditulis ke dalam bentuk persamaan sebagai berikut:

$$W_i = (al_0, au_0, am_0, ar_0) + (al_1, au_1, am_1, ar_1)x_{i1} + \dots + (al_n, au_n, am_n, ar_n)x_{in}$$

3.2 Evaluasi Performansi

Sensitivitas, spesifisitas, dan akurasi merupakan istilah yang berkaitan dengan uji klasifikasi biner dan secara statistik digunakan untuk mengukur kemampuan kinerja suatu model. Ketiga uji digunakan untuk mengukur kemampuan suatu uji diagnostik dalam mendiagnosa suatu penyakit. (Mithat Gönen, 2001)

Tabell. Evaluasi Performansi

Estimated	Observed		
	Positive	Negative	Total
Positive	True Positive (TP)	False Positive (FP)	TP+FP
Negative	False Negative (FN)	True Negative (TN)	FN+TN
Total	TP+FN	FP+TN	TP+FN+FP+TN

$$\text{Spesifisitas} = 1 - \{FP / (FP + TN)\}$$

$$\text{Sensitivitas} = 1 - \{FN / (FN + TP)\}$$

$$\text{Akurasi} = (TP + TN) / (TP + FN + FP + TN)$$

48

4. Hasil dan Pembahasan

Penelitian ini menggunakan data berupa catatan klinis data penyakit gagal jantung di Pakistan pada Juli 2017 yang diperoleh dari *UCI Machine Learning* (Ahmad Tanvir et al., 2017). Variabel respon dalam kumpulan data ini terdiri dari dua kategori yaitu kategori "1" dan kategori "0". Kategori "1" menunjukkan bahwa pasien meninggal selama masa tindak lanjut dan kategori "0" yaitu pasien tidak meninggal selama masa tindak lanjut. Pada penelitian ini, akan ditentukan istilah linguistik untuk nilai i sebagai peluang sukses ke- i pada variabel respon \tilde{Y}_i nilai $\tilde{\mu}_i \in \{\text{Aproksimasi 1, Aproksimasi 0}\}$.

4.1 Estimasi Model Fuzzy Regresi Logistik Trapesium

Istilah linguistik $\tilde{\mu}_i$ dalam bentuk bilangan fuzzy trapesium dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 4.1 Definisi Bilangan fuzzy trapesium $\tilde{\mu}_i$ pada variabel respon Y_i

Y_i	Istilah linguistik	Bilangan fuzzy trapesium				$Y_i = \ln\left(\frac{\tilde{\mu}_i}{1 - \tilde{\mu}_i}\right)$			
		l	u	m	r	l	u	m	r
0	Aproksimasi 1	0.01	0.03	0.04	0.05	-4.5951	-3.8918	-3.1780	-2.9444
1	Aproksimasi 0	0.95	0.97	0.98	0.99	2.9444	2.9549	2.9755	4.5951

Dari definisi bilangan fuzzy segitiga yang telah ditentukan, untuk nilai kasus aproksimasi 0 terdapat pada data pertama atau $i = 1$ dengan $\tilde{\mu}_i \in \{\text{Aproksimasi 1}\}$. Kemudian untuk aproksimasi 1 terdapat pada data ke-15 atau $i = 15$ dengan $\tilde{\mu}_i \in \{\text{Aproksimasi 15}\}$. diperoleh nilai p_i, q_i, s_i dan t_i yang merupakan hasil perhitungan integral dari turunan parsial, berikut nilai masing-masing p_i, q_i, s_i dan t_i yang diperoleh:

Tabel 4.2. Perbandingan nilai p_i, q_i, s_i dan t_i

Aproksimasi 0 ($i = 1$)				Aproksimasi 1 ($i = 15$)			
p_i	q_i	s_i	t_i	p_i	q_i	s_i	t_i
-4.5188	-3.8731	-3.1754	-2.9372	2.9372	3.1754	-3.1754	-2.9372

Setelah menghitung turunan parsial dari persamaan SSE, kemudian diperoleh nilai:

Tabel 4.3. Perbandingan nilai P, Q, S dan T

	P^T	Q^T	S^T	T^T
X0	-630.8301	-477.5360	-304.8369	-875.28087
X1	-35288.7142	-26127.6364	-19401.6010	-53278.56346
X2	-239.9508	-175.4024	-139.7169	-378.89675
X3	-305540.5415	-219555.2935	-171997.8920	-510406.22384
X4	-266.6115	-202.2009	-133.3662	-367.14802
X5	-27296.2390	-21282.1894	-11193.2313	-33313.54312
X6	-183.6913	-131.7868	-136.5415	-308.40433
X7	-170533252.0285	-129974105.7939	-80055331.4814	-230125589.89052
X8	-562.0301	-365.7780	-486.0244	-1219.43068
X9	-87085.2659	-66092.0846	-41508.6298	-119587.45229
X10	-409.8588	-310.5066	-206.4000	-566.87654

X11	-205.6072	-156.4921	-104.7877	-279.03249
X12	-123972.7338	-101781.7791	-13320.7392	-113560.35857

Untuk matriks A yaitu:

$$A = X^T X, \quad X_{m \times (n+1)} = \begin{bmatrix} 1 & 75 & \dots & 4 \\ 1 & 55 & \dots & 6 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 1 & 65 & \dots & 87 \end{bmatrix}$$

Nilai estimasi parameter AL, AU, AM dan AR diperoleh sebagai berikut:

Tabel 4.4. Perbandingan nilai estimasi parameter AL, AU, AM dan AR

	$AL_{(n+1) \times 1}$	$AU_{(n+1) \times 1}$	$AM_{(n+1) \times 1}$	$AR_{(n+1) \times 1}$
X1	8.0196	7.9681	-2.1771	-2.8495
X2	0.0421	0.0399	0.0005	-0.0006
X3	-0.0348	-0.0316	0.2313	-0.0092
X4	0.0002	0.0002	0.0001	0.0000
X5	0.1160	0.1121	-0.1764	-0.0180
X6	-0.0725	-0.0686	0.0057	0.0005
X7	-0.1162	-0.1090	0.0291	-0.0062
X8	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
X9	0.6441	0.6081	-0.0391	0.0054
X10	-0.0582	-0.0549	-0.0072	-0.0010
X11	-0.4630	-0.4388	-0.0813	0.0077
X12	-0.0049	-0.0080	-0.0047	0.0246
X12	-0.0200	-0.0190	0.0149	0.0002

Model optimal fuzzy regresi logistik dengan bilangan fuzzy trapesium dapat ditulis ke dalam bentuk persamaan sebagai berikut:

$$W_i = (8.0196, 7.9681, -2.1771, -2.8495) + (0.0421, 0.0399, 0.0005, -0.0006)x_{i1} + \dots + (-0.0200, -0.0190, 0.0149, -0.0002)x_{in}$$

4.2 Perbandingan Evaluasi performansi

Peneliti mengevaluasi model yang diusulkan dalam hal akurasi, sensitivitas, dan spesifisitas. Estimasi probabilitas dari 299 data dihitung dari setiap parameter fuzzy regresi logistik trapesium yaitu al, au, am , dan ar . Dari ke empat hasil evaluasi performansi tersebut dipilih salah satu yang memiliki kinerja model terbaik. Pada penelitian ini, parameter au merupakan model terbaik pada fuzzy regresi logistik

trapesium. Berikut tabel klasifikasi model *fuzzy* regresi logistik trapesium dengan parameter *au*, yaitu:

Tabel 4.5 Klasifikasi perbandingan regresi logistik klasik, *fuzzy* regresi logistik segitiga dan *fuzzy* regresi logistik trapesium

Prediksi	Observasi		
	1	0	Total
1	15	4	19
0	12	44	56
Total	27	48	75

Tabel 4.5 merupakan hasil perhitungan yang diperoleh menggunakan tabel 4.1. Berdasarkan tabel 4.5, nilai akurasi, spesifisitas dan sensitivitas diperoleh nilai untuk *fuzzy* regresi logistik menggunakan bilangan *fuzzy* trapesium yaitu 83.28%, 93.60% dan 61.46%.

5. Kesimpulan

Dalam penelitian ini, peneliti memperkenalkan model *fuzzy* regresi logistik dengan variabel respon berupa bilangan *fuzzy* dan variabel prediktor berupa bilangan tegas. Untuk mencari nilai estimasi parameter yang digunakan peneliti menggunakan menggunakan *Fuzzy Least Square*. Setelah dilakukan perhitungan didapatkan model *fuzzy* regresi logistik dengan bilangan *fuzzy* trapesium memiliki nilai akurasi 83.28%.

Pustaka

- Ahmad Tanvir, Munir, A., Bhatti, S. H., Aftab, M., & Raza, M. A. (2017). *Heart failure clinical records Data Set*. UCI Machine Learning Repository. <https://archive.ics.uci.edu/ml/datasets/Heart+failure+clinical+records>
- Anggraeni, W., Sumpeno, S., Yuniarno, E. M., Rachmadi, R. F., Gumelar, A. B., & Purnomo, M. H. (2020). Prediction of Dengue Fever Outbreak Based on Climate Factors Using Fuzzy-Logistic Regression. *Proceedings - 2020 International Seminar on Intelligent Technology and Its Application: Humanification of Reliable Intelligent Systems, ISITIA 2020*, 199–204. <https://doi.org/10.1109/ISITIA49792.2020.9163708>
- Celmiņš, A. (1987). Least squares model fitting to fuzzy vector data. *Fuzzy Sets and Systems*, 22(3), 245–269.
- Diamond, P. (1988). Fuzzy least squares. *Information Sciences*, 46(3), 141–157.
- Gao, Y., & Lu, Q. (2018). A fuzzy logistic regression model based on the least squares

- estimation. *Computational and Applied Mathematics*, 37(3), 3562–3579. <https://doi.org/10.1007/s40314-017-0531-0>
- Hosmer Jr, D. W., Lemeshow, S., & Sturdivant, R. X. (2013). *Applied logistic regression* (Vol. 398). John Wiley & Sons.
- Kelkinnama, M., & Taheri, S. M. (2012). Fuzzy least-absolute regression using shape preserving operations. *Information Sciences*, 214, 105–120.
- Klir, G., & Yuan, B. (1995). *Fuzzy sets and fuzzy logic* (Vol. 4). Prentice hall New Jersey.
- Ming, M., Friedman, M., & Kandel, A. (1997). General fuzzy least squares. *Fuzzy Sets and Systems*, 88(1), 107–118.
- Mithat Gönen. (2001). SUGI 31 Statistics and Data Analysis Receiver Operating Characteristic (ROC) Curves Mithat Gönen , Memorial Sloan-Kettering Cancer Center SUGI 31 Statistics and Data Analysis FN + FP. *Analysis*, 1–18.
- Pehlivan, N. Y. (2018). An Integrated approach for fuzzy logistic regression. *İstatistikçiler Dergisi: İstatistik ve Aktüerya*, 11(1), 42–54.
- Pourahmad, S., Taghi Ayatollahi, S. M., & Taheri, S. M. (2011). Fuzzy logistic regression: a new possibilistic model and its application in clinical vague status. *Iranian Journal of Fuzzy Systems*, 8(1), 1–17.
- Ramli, A. A., Watada, J., & Pedrycz, W. (2011). Possibilistic regression analysis of influential factors for occupational health and safety management systems. *Safety Science*, 49(8–9), 1110–1117.
- Ross, T. J. (2004). *Fuzzy logic with engineering applications* (Vol. 2). Wiley Online Library.
- Tanaka, H., Hayashi, I., & Watada, J. (1989). Possibilistic linear regression analysis for fuzzy data. *European Journal of Operational Research*, 40(3), 389–396. [https://doi.org/10.1016/0377-2217\(89\)90431-1](https://doi.org/10.1016/0377-2217(89)90431-1)
- Tseng, F.-M., & Lin, L. (2005). A quadratic interval logit model for forecasting bankruptcy. *Omega*, 33(1), 85–91.
- Xu, R., & Li, C. (2001). Multidimensional least-squares fitting with a fuzzy model. *Fuzzy Sets and Systems*, 119(2), 215–223. [https://doi.org/10.1016/S0165-0114\(98\)00350-9](https://doi.org/10.1016/S0165-0114(98)00350-9)

hasil cek-JURNAL RISTA edit

ORIGINALITY REPORT

22%

SIMILARITY INDEX

19%

INTERNET SOURCES

15%

PUBLICATIONS

11%

STUDENT PAPERS

PRIMARY SOURCES

1	koreascience.or.kr Internet Source	2%
2	Sohn, So Young, Dong Ha Kim, and Jin Hee Yoon. "Technology credit scoring model with fuzzy logistic regression", Applied Soft Computing, 2016. Publication	1%
3	etds.lib.ncku.edu.tw Internet Source	1%
4	dergipark.org.tr Internet Source	1%
5	etheses.uin-malang.ac.id Internet Source	1%
6	fuzzyss2017.etu.edu.tr Internet Source	1%
7	Submitted to Liverpool John Moores University Student Paper	1%
8	Submitted to Coventry University Student Paper	1%

9	Fuzzy Logic, 1993. Publication	1 %
10	Ridha Rokhani, Murdjito Murdjito, Basuki Rachmad. "EFEKTIVITAS MODEL PEMECAHAN MASALAH MENGGUNAKAN MEDIA CATMAT (PMC) DAN TEAMS GAMES TOURNAMENT (TGT) TERHADAP PRESTASI BELAJAR MATEMATIKA DITINJAU DARI GAYA KOGNITIF SISWA KELAS VIII MTSN CARUBAN", JIPM (Jurnal Ilmiah Pendidikan Matematika), 2014 Publication	1 %
11	earsiv.anadolu.edu.tr Internet Source	1 %
12	dias.library.tuc.gr Internet Source	1 %
13	Submitted to University of Huddersfield Student Paper	<1 %
14	authors.library.caltech.edu Internet Source	<1 %
15	www.koreascience.or.kr Internet Source	<1 %
16	ejournal.undip.ac.id Internet Source	<1 %
17	idoc.pub Internet Source	<1 %

18	hudamiftah27.wordpress.com Internet Source	<1 %
19	manualzz.com Internet Source	<1 %
20	tel.archives-ouvertes.fr Internet Source	<1 %
21	Rita Diana. "ANALISIS AKSESIBILITAS PERMODALAN USAHA MIKRO KECIL DI PROVINSI SUMATERA BARAT", Jurnal Ekonomi Pembangunan, 2019 Publication	<1 %
22	eprints.uad.ac.id Internet Source	<1 %
23	Fatemeh Salmani, Seyed Mahmoud Taheri, Alireza Abadi. "A Forward Variable Selection Method for Fuzzy Logistic Regression", International Journal of Fuzzy Systems, 2019 Publication	<1 %
24	Submitted to Darwin High School Student Paper	<1 %
25	Submitted to Morningside College Student Paper	<1 %
26	Submitted to University of Sydney Student Paper	<1 %
27	igscb.jpl.nasa.gov Internet Source	<1 %

<1 %

28

Kobra Rabiei, Yadollah Ordokhani, Esmaeil Babolian. "Fractional-order Boubaker functions and their applications in solving delay fractional optimal control problems", *Journal of Vibration and Control*, 2017

Publication

<1 %

29

ca.wikipedia.org

Internet Source

<1 %

30

www.ncbi.nlm.nih.gov

Internet Source

<1 %

31

link.springer.com

Internet Source

<1 %

32

www.scirp.org

Internet Source

<1 %

33

Submitted to Academic Library Consortium

Student Paper

<1 %

34

Tien-Ke Huang. "Upper bounds on exponentiated expected length of optimal one-to-one codes", *Proceeding of the 2006 international conference on Communications and mobile computing - IWCMC 06 IWCMC 06, 2006*

Publication

<1 %

35

Unik Hanifah Salsabila, Rio Saputra, Imam Nur Qoyyum. "PERKEMBANGAN TEKNOLOGI INFORMASI TERHADAP PEMBENTUKAN KARAKTER DAN RELEVANSINYA TERHADAP PENDIDIKAN ISLAM", Jurnal Review Pendidikan dan Pengajaran, 2020

Publication

<1 %

36

recordersoffice.hamilton-co.org

Internet Source

<1 %

37

repository.ipb.ac.id

Internet Source

<1 %

38

repository.its.ac.id

Internet Source

<1 %

39

Pourahmad, S.. "Fuzzy logistic regression based on the least squares approach with application in clinical studies", Computers and Mathematics with Applications, 201111

Publication

<1 %

40

Yudi Ari Adi, Fajar Adi-Kusumo, Lina Aryati, Mardiah S. Hardianti. "A Dynamic Model of PI3K/AKT Pathways in Acute Myeloid Leukemia", Journal of Applied Mathematics, 2018

Publication

<1 %

41

kontaku.wordpress.com

Internet Source

<1 %

42	vacc.com.au Internet Source	<1 %
43	www.scribd.com Internet Source	<1 %
44	earsiv.etu.edu.tr Internet Source	<1 %
45	fastwel.ru Internet Source	<1 %
46	jurnalmahasiswa.unesa.ac.id Internet Source	<1 %
47	konsultasiskripsi.com Internet Source	<1 %
48	www.coursehero.com Internet Source	<1 %
49	Ashadi Setiawan, Alfian Ma'arif. "Stirring System Design for Automatic Coffee Maker Using OMRON PLC and PID Control", International Journal of Robotics and Control Systems, 2021 Publication	<1 %
50	scholar.ui.ac.id Internet Source	<1 %

Exclude quotes On

Exclude matches Off

Exclude bibliography On