MODEL PERAMALAN JUMLAH PENYAKIT DEMAM BERDARAH DENGAN PENDEKATAN METODE FUZZY LINEAR REGRESSION (FLR)

Bain Khusnul Khotimah¹⁾, Eka Mala Sari Rochman²⁾

^{1), 2)} Program Studi Teknik Informatika, Fakultas Teknik, Universitas Trunojoyo
Jl Raya Telang, PO. BOX 2, Kamal, Bangkalan
Email : bain@trunojoyo.ac.id¹⁾, ekamalasari3@gmail.com²⁾
Corresponding author phone : +62 82230587175

Abstrak

Peramalan sangat penting pada data time series, yang diperlukan dalam proses pengambilan keputusan. Penelitian ini memprediksi jumlah demam berdarah sebagai output variabel terikat (Y) dan faktor keterangan kondisi pasien parah (X_1) dan kondisi ringan X_2 sebagai variabel bebas. Peramalan time series menggunakan fuzzy untuk menjelaskan data dalam bentuk nilai-nilai linguistik. Regresi fuzzy digunakan untuk memperbaiki adanya error dalam permodelan klasik. Hasil peramalan konvensional terdapat perbedaan antara nilai yang diamati dan nilai yang diestimasi yang dikenal error, tetapi dalam regresi fuzzy dikenal sebagai kerancuan (ambiguity) sistem. Penelitian ini menggunakan metode Fuzzy Linear Regression (FLR) untuk memodelkan peramalan jumlah penyakit demam berdarah. Penelitian ini bertujuan untuk menghasilkan parameter berupa interval (upper bound dan lower bound) pada hasil ramalan, yang dapat digunakan dalam pengambilan keputusan pada segala kemungkinan terbaik maupun terburuk. Hasil penelitian berdasarkan interval dengan mengubah-ubah nilai (h) = 0; 0,25; dan 0,5; 0,75 dihasilkan dengan metode Fuzzy linier regression Time Series pada koefisien determinasi terkecil senilai 0,238 pada $h=0,25$ dengan kesalahan simpangan baku terkecil 3,94.

Kata kunci: Metode Peramalan, Fuzzy Linear Regression, MAPE, demam berdarah, interval

Abstract

Forecasting is very important in time series data, which is needed in the decision making process. This study predicts the number of dengue fever as the dependent variable output (Y) and the information factor for severe patient condition (X_1) and mild condition X_2 as independent variables. Time series forecasting uses fuzzy data to describe the data in the form of linguistic values. Fuzzy regression is used to correct errors in classical modeling. The result of conventional forecasting is that there is a difference between the observed value and the estimated value which is known as error, but in fuzzy regression it is known as system ambiguity. This study uses the Fuzzy Linear Regression (FLR) method to model the prediction of the number of dengue fever. This study aims to produce parameters in the form of intervals (upper bound and lower bound) in the forecast results, which can be used in decision making in all the best and worst possible outcomes. The results of the study are based on the interval by varying the value (h) = 0; 0.25; and 0.5; 0.75 was generated using the Time Series Fuzzy Linear Regression method with the smallest coefficient of determination equal to 0.238 at $h = 0.25$ with the smallest standard deviation error of 3.94.

Keywords : Forecasting Methods, Fuzzy Linear Regression, MAPE, dengue fever, intervals

1. PENDAHULUAN

Demam berdarah menjadi permasalahan kesehatan yang harus diperhatikan, dengan semakin meningkatnya mobilitas dan kepadatan penduduk. Pemerintah sering kali tidak dapat mengetahui perkembangan penyakit secara dini, melalui konsep peramalan diharapkan Jumlah penyakit demam berdarah dapat terprediksi [2]. Untuk memprediksi jumlah penderita, maka dilakukan peramalan penyakit Demam Berdarah perlu dilakukan peramalan yang bertujuan untuk memperkirakan apa yang akan terjadi pada masa yang akan datang melalui pengujian keadaan di masa lalu [3-4]. Misalnya peramalan jumlah penderita DBD, peramalan penderita diabetes militus, perencanaan produksi obat-obatan dan lain-lain. Peramalan dengan menggunakan data masa lalu dalam bentuk nilai-nilai linguistik, metode time series klasik kurang akurat sehingga muncul suatu metode untuk mengatasi peramalan time series. Metode peramalan dengan

mnggunakan tipe exponential smoothing memiliki kelebihan yang dipengaruhi oleh pemilihan parameter pada factor pemulusan sesuai persamaan matematikanya [5].

Fuzzy Time Series (FTM) yang terkenal adalah metode Cheng yang menerapkan peramalan adaptif dengan menghasilkan kesalahan peramalan yang lebih kecil dengan menggunakan data historis [3-5]. FTM menggunakan himpunan *fuzzy* dengan batasan tertentu yaitu berupa nilai linguistik bukan nilai rill dan dapat diterapkan pada data dimensi rendah. Sedangkan, metode time series umumnya membutuhkan lebih banyak data historis dengan syarat distribusi normal. Metode *Fuzzy Linear Regression (FLR)* adalah metode yang dapat memodelkan peramalan dengan pendekatan *fuzzy* yang menghasilkan akurasi tinggi dengan prediksi sesuai jumlah kasus yang sebenarnya [6-9].

Regresi *fuzzy* menggunakan fungsi keanggotaan individu yang menggambarkan ketidakpastian nilai dari suatu variabel tersebut. Selain itu, regresi *fuzzy* dapat memberikan informasi dengan kumpulan data yang kecil [10][11][16]. Manfaat lain dari regresi *fuzzy* adalah dapat memberikan generalisasi tren atau pola data yang lebih baik dibandingkan dengan data yang segar [11]. Fungsi keanggotaan terkait dengan bilangan *fuzzy* memiliki informasi yang signifikan, sehingga dapat dimanfaatkan untuk masalah peramalan data jangka panjang [12-13].

Penelitian ini menggunakan metode *Fuzzy Linear Regression (FLR)* dapat digunakan untuk menyesuaikan data *fuzzy* dan data crisp ke dalam model regresi, sedangkan analisis regresi hanya bisa dipakai untuk data crisp [10]. Dalam penelitian ini akan diaplikasikan metode *Fuzzy Linear Regression (FLR)* untuk memodelkan peramalan penyakit demam berdarah berdasarkan jumlah penderita kategori ringan (X_1) dan jumlah kategori berat (X_2). Berisi latametodologi (jika ada) serta tinjauan pustaka yang memuat kajian pustaka dan landasan teori yang relevan.

2. DASAR TEORI

Fuzzy Linear Regression (FLR) untuk peramalan Penyakit Demam Berdarah menggunakan variabel tertinggal dalam persamaan regresi, dan data historis [6]. Model matematika diperkenalkan untuk meningkatkan akurasi peramalan data jangka panjang. Jarak tempuh penerbangan terjadwal rute diprediksi dengan metode analisis regresi dan metode nilai rata-rata digunakan untuk memprediksi dan tentukan metode [7]. Selanjutnya, model regresi *fuzzy* digunakan untuk memprediksi dan menganalisis masa depan data, termasuk pengujian pengambilan sampel model dalam data asli, dan kemudian pengujian diterapkan ke memperkirakan data untuk membuat model lebih akurat. Regresi *fuzzy* mengestimasi batasan yang mungkin, dikenal sebagai fungsi keanggotaan (*membership function*) [9-11]. Tanaka mengasumsikan fungsi dasar *fuzzy linier* dengan dua pendekatan yaitu dengan konstanta dan tanpa konstanta seperti persamaan berikut:

$$\begin{aligned}\tilde{Y} &= \tilde{A}_0 + \tilde{A}_1 X_{i1} + \dots + \tilde{A}_N X_{iN} = \tilde{A}X \text{ (dengan konstanta)} \\ \tilde{Y} &= \tilde{A}_1 X_{i1} + \dots + \tilde{A}_N X_{iN} = \tilde{A}X \text{ (tanpa konstanta)} \\ \tilde{Y}_i &= (\alpha_0, c_0) + (\alpha_1, c_1)X_{i1} + (\alpha_i, c_i)X_{i2} + \dots + (\alpha_N, c_N)X_{iN} \text{ (dengan konstanta)} \\ \tilde{Y}_i &= (\alpha_1, c_1)X_{i1} + (\alpha_i, c_i)X_{i2} + \dots + (\alpha_N, c_N)X_{iN} \text{ (tanpa konstanta)}\end{aligned}\quad (2.1)$$

Fungsi keanggotaan merupakan nilai koefisien dari variabel bebas, faktor prediksi rata-rata sampel X , N sebagai fungsi keanggotaan *fuzzy*, $\tilde{Y}$ adalah variabel dependen, X adalah variabel independen, $\tilde{A}$ adalah koefisien *fuzzy* dengan $\tilde{A} = (\alpha_j; c_j), j = 1, 2, \dots, m$, α_j merupakan nilai tengah dan c_j merupakan nilai sebaran. sedangkan variabel dependen dapat diestimasi sebagai *fuzzy number* $\tilde{Y}_i = Y_i^L, Y_i^h, Y_i^U, i = 1, 2, \dots, n$ merupakan fungsi output batas bawah interval, nilai tengah, dan batas atas interval [12].

Fungsi output dengan konstanta:

$$\begin{aligned}Y_i^L &= \sum_{j=0}^m (\alpha_j - c_j) X_{ij} \text{ (batas bawah)} \\ Y_i^h &= \sum_{j=0}^m \alpha_j X_{ij} \text{ (batas tengah)} \\ Y_i^U &= \sum_{j=0}^m (\alpha_j + c_j) X_{ij} \text{ (batas atas)}\end{aligned}$$

Fungsi output tanpa konstanta:

$$\begin{aligned} Y_i^L &= \sum_{j=1}^L (\alpha_j - c_j) X_{ij} \text{ (batas bawah)} \\ Y_i^h &= \sum_{j=1}^m \alpha_j X_{ij} \text{ (batas tengah)} \\ Y_i^U &= \sum_{j=1}^m (\alpha_j + c_j) X_{ij} \text{ (batas tengah)} \end{aligned} \quad (2.2)$$

Penaksiran parameter *fuzzy* dilakukan dengan meminimumkan penyebaran (*spread*), c_j , dari nilai tengah α_j bilangan *fuzzy* terhadap fungsi-fungsi batasan (*constrain*) tertentu. Sehingga terbentuk permasalahan program *linier*, maka perlu dilakukan optimasi. Untuk mendapatkan nilai p_j dan c_j . Untuk data *nonfuzzy*, objektif dari model regresi digunakan untuk mendapatkan parameter $\tilde{A}$ dengan nilai keanggotaan lebih besar dari h . Fungsi keanggotaan dengan koefisien *fuzzy* ke- j ditunjukkan oleh Gambar 1. Dalam regresi, koefisien *fuzzy* didapatkan dengan meminimalisasi sebaran dari output *fuzzy* dari semua data set [16-18].

Gambar 1. Fungsi keanggotaan bentuk segitiga dan Fungsi keanggotaan bilangan *fuzzy* triangular

$$\mu_{\tilde{\beta}_i}(\beta_t) = \begin{cases} 1 - \frac{|\beta_t - \alpha_i|}{c_i} & \text{if } \alpha_i - c_i \leq \beta_t \leq \alpha_i + c_i \\ 0 & \text{jika lain} \end{cases} \quad (2.3)$$

dengan $\alpha' = (\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_n)$ dan $c' = (c_1, c_2, \dots, c_n)$ vektor dari variabel yang belum diketahui dan S menunjukkan tingkat kesamaran (*vagueness*). Hasil luaran FLR $y_t = x'_t \beta$, dengan fungsi keanggotaan segitiga parameter β_i diubah ke dalam bentuk triangulernya sebagai berikut [16]:

$$\mu_Y(y_t) = \begin{cases} 1 - \frac{|1 - x'_t \alpha|}{c' |x_t|} & \text{for } x_t \neq 0 \\ 1 & \text{for } x_t = 0, y_t = 0 \\ 0 & \text{for } x_t = 0, y_t \neq 0 \end{cases} \quad (2.4)$$

Fungsi objektif dari model Chang dan Ayyub dengan meminimalisasi terhadap dua batasan yang ditunjukkan oleh persamaan berikut [17]:

$$\text{Minimize } S = \sum_{t=1}^k c' |x_t| \quad (2.5)$$

$$\mu_y(y_t) \geq h \text{ untuk } t = 1, 2, \dots, k. \quad (2.6)$$

Hasil akhir fungsi objektif turunan dari fungsi keanggotaan terhadap dua batasan yang diminimalisasi ditunjukkan oleh persamaan berikut [18]:

Dengan konstanta

$$\sum_{j=0}^m \alpha_j x_{ij} + (1-h) \sum_{j=0}^m c_j x_{ij} \geq y_t, \quad (2.7)$$

dan

$$\sum_{j=0}^m \alpha_j x_{ij} - (1-h) \sum_{j=0}^m c_j x_{ij} \leq y_t,$$

$$t = 0, 1, \dots, k ; c > 0; \quad (2.8)$$

3. METODOLOGI PENELITIAN

Dalam menentukan persamaan model maka membutuhkan representasi fungsi keanggotaan variabel bebas X_1 dan X_2 sebagai input variabel bebas dan variabel Y tak bebas sebagai output. Dimana variabel X_1 tersebut didefinisikan sebagai jumlah penderita demam berdarah berdasarkan trombosit dan variabel X_2 didefinisikan sebagai jumlah penderita demam berdarah berdasarkan kondisi panas tubuh. Selanjutnya menentukan Fungsi keanggotaan variabel output Y , menghitung konstanta b_1 , b_2 dan melakukan peramalan Y . Adapun langkah-langkah proses kinerja *Fuzzy Linier Regression Multivariate* ditunjukkan pada Gambar 2.

Gambar 2. Alur proses kinerja *Fuzzy Linier Regression Multivariate*

Variabel-variabel yang digunakan dalam penelitian terdiri dari variabel input dan variabel output. Variabel input terdiri dari dua variabel bebas (X_i) sebagai jumlah penderita demam berdarah berdasarkan trombosit dan variabel X_2 didefinisikan sebagai jumlah penderita demam berdarah berdasarkan kondisi panas tubuh. Sedangkan variabel output adalah variabel tak bebas Y yaitu jumlah penderita Demam Berdarah. Berikut ini adalah Tabel data hasil tabulasi jumlah penderita demam berdarah yang ada di kabupaten Bangkalan. Data diasumsikan dengan mengabaikan beberapa data yang hilang.

Tabel 1. Data jumlah penderita demam berdarah tahun 2020 Kabupaten Bangkalan

Bulan ke-t	Panas tinggi	Trombosit tinggi	Jumlah Kasus
1	6	8	34
2	4	3	86
3	8	10	67
4	10	12	102
5	12	8	86
6	20	12	45
7	6	5	32
8	17	8	47
9	4	12	20
10	12	8	27
11	14	16	41
12	19	13	54
Jumlah	132	115	641

Penggunaan beberapa data digunakan untuk mencari nilai parameter α_1 dan α_2 sebagai nilai tengah dan nilai parameter c_1 dan c_2 sebagai lebar daerah sebaran pada *fuzzy number*, maka dengan menggunakan persamaan matematis eliminasi Gauss Jordan pada persamaan dibawah ini akan digunakan untuk melakukan estimasi parameter.

$$\sum_{j=1}^m \alpha_j x_{ij} - (1-h) \sum_{j=1}^m c_j x_{ij} \geq y_t, \text{ dengan } t = 1, 2, \dots, k \quad (3.1)$$

Selanjutnya dengan menggunakan persamaan model *Fuzzy Linier Regression* untuk data *Time Series* untuk mendapatkan batas bawah interval dan batas atas interval pada masing-masing data training. Penggunaan nilai h trial dan $error$ dari 0,0 sampai 0,75, untuk menentukan nilai $\alpha = (\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_n)$ dan $c = (c_1, c_2, \dots, c_n)$ dengan hasil perhitungan dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil Estimasi Parameter Model Fuzzy Linier Regression (FLR) Time Series

Parameter (h)	Dengan konstanta			Tanpa konstanta	
	(α_0, c_0)	(α_1, c_1)	(α_2, c_2)	(α_1, c_1)	(α_2, c_2)
0	(1,634;0,473)	(1,876;0,846)	(2,341;1,001)	(1,976;0,756)	(2,341;1,001)
0,25	(2,430;0,782)	(2,824;0,983)	(3,133;1,203)	(2,622;0,803)	(2,832;1,1035)
0.5	(3,634;0,473)	(4,876;0,856)	(5,341;1,237)	(4,876;0,856)	(4,941;0,9701)
0.75	(4,634;0,473)	(6,876;0,856)	(7,341;2,016)	(5,596;2,155)	(6,361;2,201)

4. PENGUJIAN DAN PEMBAHASAN

Pada saat pemilihan model menghasilkan *error* yang lebar intervalnya masih terpenuhi, dan berdasarkan data *error* akan semakin kecil maka akan terbetuk interval yang lebih lebar, atau sebaliknya jika proporsi *error* semakin besar maka akan didapatkan interval model yang semakin sempit. Hasil peramalan berupa fungsi luaran $\hat{Y}$ sebagai fungsi dari x , $\hat{Y} = f(x)$. Toleransi *error* antara nilai $\hat{Y}$ dengan nilai actual, yang diharapkan cukup kecil sehingga akurasi hasil regresi cukup tinggi. sehingga, hasil peramalan variabel output $\hat{Y}$ kadang tidak bisa dipresisi.

Hasil peramalan tergantung penggunaan interval pada metode *FLR* untuk mendapatkan nilai $\hat{Y}$ tergantung dari batas bawah, batas atas dan jumlah data yang akan diamati. Adapun model *Fuzzy Linier Regression (FLR) Time Series* yang terbentuk pada masing-masing fungsi keanggotaannya (h) yang terletak antara 0 dan 0,75 sesuai dengan Tabel 3.

Tabel 3. Hasil Model Peramalan Fuzzy Linier Regression (FLR) Time Series

Parameter h	Model Peramalan FLR
0	Model Ramalan (dengan konstanta)
	$\tilde{Y}_i = (1,634; 0,473) + (1,876; 0,846)X_{i1} + (2,341; 1,001)X_{i2}$
	Model Ramalan (tanpa konstanta)
	$\tilde{Y}_i = (1,976; 0,756)X_{i1} + (2,341; 1,001)X_{i2}$
0,25	Model Ramalan (dengan konstanta)
	$\tilde{Y}_i = (2,430; 0,782) + (2,824; 0,983)X_{i1} + (3,133; 1,2034)X_{i2}$
	Model Ramalan (tanpa konstanta)
	$\tilde{Y}_i = (2,622; 0,803)X_{i1} + (2,832; 1,1035)X_{i2}$
0,5	Model Ramalan (dengan konstanta)
	$\tilde{Y}_i = (3,634; 0,473) + (4,876; 0,856)X_{i1} + (5,341; 1,237)X_{i2}$
	Model Ramalan (tanpa konstanta)
	$\tilde{Y}_i = (4,876; 0,856)X_{i1} + (4,941; 0,9701)X_{i2}$
0.75	Model Ramalan (dengan konstanta)
	$\tilde{Y}_i = (4,634; 0,473) + (6,876; 0,856)X_{i1} + (7,341; 2,016)X_{i2}$
	Model Ramalan (tanpa konstanta)
	$\tilde{Y}_i = (5,596; 2,155)X_{i1} + (6,361; 2,201)X_{i2}$

4.1. Perhitungan Koefisien Determinasi (R^2)

Pada hasil peramalan dengan menggunakan fungsi regresi dengan konstanta maka diperoleh hasil model peramalan demam berdarah koefisien determinasi untuk mengetahui ketepatan suatu model FLR dengan mengukur keeratan hubungan variabel bebas dengan variabel tak bebasnya. Nilai koefisien determinasi hasil ramal ditunjukkan pada Tabel 4.

Tabel 4. Nilai koefisien determinasi terbesar (R^2)

Bulan ke-t	Panas tinggi (X_1)	Trombosit tinggi (X_2)	Jumlah Kasus (Y)	Hasil Ramal ($\hat{y}$)	$(\hat{y}_i - \bar{y})^2$	$(y_i - \bar{y})^2$
1	6	8	34	40	413.3089	693.2689
2	4	3	86	87	711.2889	658.9489
3	8	10	67	71	113.8489	44.4889
4	10	12	102	112	2669.789	1736.389
5	12	8	86	84	560.2689	658.9489
6	20	12	45	47	177.6889	235.0089
7	6	5	32	47	177.6889	802.5889
8	17	8	47	57	11.0889	177.6889
9	4	12	20	35	641.6089	1626.509
10	12	8	27	45	235.0089	1110.889
11	14	16	41	43	300.3289	373.6489
12	19	13	54	56	18.7489	40.0689
Jumlah	132	115	641	724	6030.667	8158.447
Rata-rata			53.33	60.33		

Dengan $\bar{y} = 53.33$ dan menggunakan persamaan koefisien determinasi terbesar (R^2), maka koefisien determinasi terbesar (R^2) fuzzy regresi adalah:

$$R^2 = \frac{(\hat{y}_i - \bar{y})^2}{(y_i - \bar{y})^2} = \frac{6030.667}{8158.447} = 0.734$$

FLR yang baik memilih berdasarkan nilai koefisien determinasi terbesar (R^2), nilai standar baku estimasi yang terkecil dan prakiraan *error* terkecil. Metode ini digunakan untuk mengetahui ketepatan suatu model persamaan FLR, yang mengukur keeratan hubungan variabel bebas dengan variabel tak bebasnya. Selanjutnya, nilai koefisien determinasi (R^2) sebesar 0.734 artinya masih memenuhi syarat kelayakan model, karena masih dalam kisaran ≤ 1 .

4.2. Perhitungan Kesalahan Baku Estimasi

Perhitungan kesalahan baku estimasi pada data dengan menggunakan nilai $h=0$ dan pada penggunaan hasil ramal adalah sebagai berikut:

Tabel 5. Perhitungan Kesalahan Baku Estimasi FLR

Bulan ke-t	Panas tinggi (X_1)	Trombosit tinggi (X_2)	Jumlah Kasus (y)	Hasil Ramal dengan konstanta $\hat{y}$	$(y_i - \hat{y})^2$
1	6	8	34	40	36
2	4	3	86	87	1
3	8	10	67	71	16
4	10	12	102	112	100
5	12	8	86	84	4
6	20	12	45	47	4
7	6	5	32	47	225
8	17	8	47	57	100
9	4	12	20	35	225
10	12	8	27	45	324
11	14	16	41	43	4
12	19	13	54	56	4
Jumlah	132	115	641	724	1043

Kesalahan baku estimasi atau kesalahan standar ini mengukur besarnya penyimpangan nilai y (data sebenarnya) terhadap nilai *trend*. Model persamaan FLR berganda dalam artian mengukur keeratan hubungan variabel bebas dengan variabel tak bebasnya.

Metode FLR mempunyai nilai koefisien determinasi (R^2) sebesar 0.734, selanjutnya digunakan untuk mengukur besarnya penyimpangan nilai y terhadap nilai trend yaitu dengan $S_{y/x}$. Sebagai kesalahan Baku Estimasi Regresi Berganda Konvensional:

$$S_{YXK} = \sqrt{\frac{(y_i - \hat{y})^2}{n-k}} = \sqrt{\frac{1043}{12-2}} = \sqrt{104,3} = 10,00$$

4.3. Perhitungan Ketelitian Peramalan/ Kesalahan Rata-rata

Perhitungan pengujian model berdasarkan FLR dengan menggunakan sampel 12 data training untuk demam berdarah di Kabupaten Bangkalan. Sehingga, hasil perhitungan manual membandingkan selisih error antara data sebelumnya dengan data prediksi untuk menghasilkan kesalahan relatif sesuai Tabel 6.

Tabel 6. Perhitungan kesalahan rata-rata relatif perbandingan metode

Bulan ke-t	Kesalahan relatif		
	Fuzzy	FLR	Eksponensial berganda
1	4,90	3,67	2,09
2	2,76	2,10	3,07
3	1,98	2,06	3,78
4	2,65	1,74	3,56
5	4,87	3,65	3,56
6	3,09	2,85	2,90
7	3,76	3,00	1,89
8	4,79	3,34	3,98
9	5,70	3,08	4,59
10	4,80	3,01	4,76
11	3,36	2,85	3,98
12	3,20	1,89	3,65
Jumlah	45,86	33,24	41,81

Nilai hasil FLR diperoleh hasil regresi masih berada pada interval yang diperbolehkan. Tabel 6. Menunjukkan hasil nilai yang berada pada kisaran interval pada metode fuzzy regresi

dengan nilai $\hat{Y}$ tergantung dari batas bawah, batas atas dan jumlah data yang akan diamati. Selanjutnya nilai rata-rata kesalahan relatif *fuzzy* = $45,86/12 = 3,82$. Rata-rata kesalahan relatif FLR = $33,24/12 = 2,77$. Nilai rata-rata kesalahan relatif eksponensial berganda yaitu $41,81/12 = 3,48$. *Fuzzy linier regresi* lebih kecil dari rata-rata kesalahan relatif *fuzzy* dan eksponensial berganda. Perbedaan hasil peramalan antara hasil dengan metode *fuzzy*, eksponensial berganda menunjukkan hasil dengan *fuzzy linier regresi* berganda memiliki kinerja yang lebih baik.

Selanjutnya FLR digunakan untuk mengukur kinerja pada data jumlah penderita demam berdarah di kabupaten Bangkalan tahun 2020 berjumlah 641. Perhitungan penerapan kesalahan suatu prakiraan kesalahan dengan menggunakan MAPE dihasilkan mendekati nol, sesuai dengan perhitungan Tabel 7.

Tabel 7. Perhitungan Koefisien determinasi, Kesalahan Baku dan MAPE pada model FLR

h	Koefisien determinasi	Kesalahan Baku	MAPE
0	0,734	10,00	3,67%
0,25	0,238	8,92	2,87%
0,50	0,871	5,78	10,32%
0,75	1,012	3,94	11,56%

Regresi interval mampu mengakomodasi rentang nilai hasil peramalan meskipun hasilnya cukup bagus. Meskipun data-data input dan output sudah tetap, maka untuk melakukan peramalan sangat cocok dengan menggunakan *fuzzy* berbasis regresi.

5. KESIMPULAN

Hasil peramalan model *fuzzy regresi linier* menggunakan data input dan output berupa nilai interval yang masih dalam kisaran interval yang diperbolehkan. FLR dapat digunakan untuk data set kecil maupun data set dalam jumlah yang besar, serta mampu mengatasi ketidaknormalan hasil dari linearisasi regresi statistik. Hasil perbandingan dengan menggunakan Fuzzy dan eksponensial berganda, dengan menghitung kesalahan relatif menghasilkan tingkasalahan terendah dengan menggunakan FLR pada 2,77%. Secara keseluruhan hasil ini menunjukkan keefektifan ridge regresi dalam data fuzzy. Hasil perhitungan dengan menggunakan MAPE maka didapatkan ukuran kesalahan pada penerapan peramalan kasus demam berdarah senilai 2,87%.

Daftar Pustaka

- [1]. WHO, "Dengue: Guidelines for diagnosis, treatment, prevention and control," France, WHO and TDR Publication 2009.
- [2]. E. M. S. Rochman, Penerapan Metode Certainty Factor Untuk Diagnosis Penyakit Pada Anak, Jurnal Ilmiah NERO Vol. 5, no. 12, 2020, pp.36-43.
- [3]. Arrowiyah, "Spatial Pattern Analysis Kejadian Penyakit Demam Berdarah Dengue untuk Informasi Early Warning Bencana di Kota Surabaya," Surabaya: ITS digital library, 2010.
- [4]. C. H. Cheng, T. L. Chen, H. J. Teoh, C. H. Chiang, "Fuzzy time series based on adaptive expectation model for TAIEX forecasting," Expert Systems with Applications, vol. 34, pp. 1126-1132, 2008.
- [5]. M. Hakimah, W. M. Rahmawati, A. Y. Afandi, Pengukuran Kinerja Metode Peramalan Tipe Exponential Smoothing Dalam Parameter Terbaiknya, Jurnal Ilmiah Nero, vol 5, no 1, pp.44-50, 2020.
- [6]. S. M. Chen, "Forecasting enrollments based on high order fuzzy time series," Cybernetics and Systems, vol. 33, pp. 1-16, 2002.
- [7]. Halim, Siana, Intan, Rolly, Dewi, L.Puspa (2019) *Fuzzy Linear Regression for Tuberculosis Case Notification Rate Prediction in Surabaya*. In: International Conference on Advanced Information Science and System (AISS19), 17-11-2019 - 17-11-2019, Singapore - Singapore.
- [8]. H. Kim, H. Y. Jung, "Ridge Fuzzy Regression Modelling for Solving Multicollinearity," Mathematics, 2020, vol. 8, pp.1-15.

- [9]. J. Barrios, A. Pietrus, A. Marrero, H. De Arazoza, G. Joya, "Dengue model described by differential inclusions in Advances in computational intelligence," Springer, 2011, pp. 540–547.
- [10]. W. Anggraeni, S. Sumpeno, E. M. Yuniarno, R. F. Rachmadi, A. B. Gumelar, M. H. Purnomo, "Prediction of Dengue Fever Outbreak Based on Climate Factors Using Fuzzy-Logistic Regression," *2020 International Seminar on Intelligent Technology and Its Applications (ISITIA)*, Surabaya, Indonesia, 2020, pp. 199-204, doi: 10.1109/ISITIA49792.2020.9163708.
- [11]. P. T. T. Nga, M. R. B. P. Cortel, "Time-series modelling of dengue incidence in the Mekong Delta region of Viet Nam using remote sensing data," *Western Pac Surveill*, vol. 11, no.1, Januari 2020.
- [12]. R. Coppi, P. Urso, P. Giordani, "Least squares estimation of a linear regression model with LR *fuzzy* response," *Computational Statistics and Data Analysis*, vol.51, no.1, pp:267-286, 2006.
- [13]. A. Earnest, S. B. Tan, A. W. Smith, D. Machin, "Comparing Statistical Models to Predict Dengue Fever Notifications," *Computational and Mathematical Methods in Medicine*, 2012, <https://doi.org/10.1155/2012/758674>.
- [14]. B. Gladysz, D. Kuchta, "Outliers detection in selected *fuzzy* regression models : 7th International Workshop on Fuzzy Logic and Applications," WILF, Camogli, Italy, July 2007, Proceedings. Berlin Heidelberg: Springer, pp:211 -228, 2007.
- [15]. T. Chakraborty, S. Chattopadhyay, I Ghosh, "Forecasting dengue epidemics using a hybrid methodology Physica A: Statistical Mechanics and its Applications," vol. 527, 1 August 2019.
- [16]. W. L. Hung, M. S. Yang, "An omission approach for detecting outliers in *fuzzy* regression models. *Fuzzy Sets and Systems*, vol. 157, no.23, pp.3109-3122, 2006.
- [17]. W. W. S. Wei (1990), *Time Series Analysis*, Addison-Wesley Publishing Company, Inc, California
- [18]. H. Tanaka, (1987), "*Fuzzy* data analysis by possibility linear models, *Fuzzy Sets and Systems*," vol. 24, pp. 363 – 375, 1987.