

Classification Of Factors Influencing Diabetes Mellitus Type II By Using Multivariate Adaptive Regression Spline At Rantau Prapat Regional Hospital

Klasifikasi Faktor-Faktor Yang Mempengaruhi Diabetes Melitus Tipe II Dengan Menerapkan *Multivariate Adaptive Regression Spline* Pada RSUD Rantau Prapat

Widya Panjaitan¹⁾, Hendra Cipta²⁾

**Department of Mathmatics, Faculty of Science and Technology, Universitas Islam Negeri Sumatera Utara Medan*

Email: widya0703203016@uinsu.ac.id¹⁾, hendracipta@uinsu.ac.id²⁾

Received: 26 March 2024, revised: 28 April 2024, accepted: 29 April 2024

Abstract

Diabetes Mellitus is a metabolic disease caused by increased levels of glucose or blood sugar. Diabetes Mellitus is divided into three different types: type I diabetes, type II diabetes, and gestational diabetes or diabetes during pregnancy. Type 2 diabetes mellitus affects 90–95% of diabetics. The aim of this research is to identify related factors that influence Type II Diabetes Mellitus by applying the Multivariate Adaptive Regression Spline (MARS) Method. The model with the lowest Generalized Cross-Validation (GCV) score among the models constructed is considered the best model. The research findings show that $BF=10$, $MI=3$, and $MO=0$ are the optimal parameter combinations for the MARS model with a GCV value of 0,09582998 . According to research using MARS, the predictor variables with an 89.33% classification accuracy that affect the blood glucose levels of Type II Diabetes Mellitus patients include Age (X_1), Gender (X_2), Blood Pressure (X_3), and Comorbidities (X_5).

Keywords: Diabetes Melitus Type II, GCV, MARS

Abstrak

Diabetes Melitus adalah suatu penyakit metabolik yang diakibatkan oleh meningkatnya kadar glukosa atau gula darah. Diabetes Melitus terbagi dalam tiga tipe berbeda: diabetes tipe I, diabetes tipe II, dan diabetes gestasional atau diabetes selama kehamilan. Diabetes Melitus tipe II mempengaruhi 90–95% penderita diabetes. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengidentifikasi faktor-faktor terkait yang mempengaruhi Diabetes Melitus Tipe II dengan menerapkan Metode Multivariate Adaptive Regression Spline (MARS). Model dengan nilai GCV terendah atau terkecil diantara model yang dibangun merupakan model terbaik. Temuan



JURNAL MATEMATIKA, STATISTIKA DAN KOMPUTASI

Widya Panjaitan, Hendra Cipta

penelitian menunjukkan bahwa $BF=10$, $MI=3$, dan $MO=0$ merupakan kombinasi parameter yang optimal untuk model MARS dengan nilai GCV sebesar 0,09582998. Berdasarkan penelitian menggunakan MARS, variabel prediktor dengan akurasi klasifikasi 89,33% yang mempengaruhi kadar glukosa darah pasien Diabetes Melitus Tipe II antara lain Usia (X_1), Jenis Kelamin (X_2), Tekanan Darah (X_3), dan Penyakit Penyerta (X_5).

Kata kunci: Diabetes Melitus Tipe II, GCV, MARS

1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Diabetes Melitus adalah suatu penyakit metabolik yang diakibatkan oleh meningkatnya kadar glukosa atau gula darah. Gula darah sangat penting untuk kesehatan secara keseluruhan karena berfungsi sebagai sumber energi utama sel dan jaringan [2]. Ada tiga jenis diabetes yaitu Diabetes Tipe I, Diabetes Tipe II dan Diabetes Gestasional (Diabetes saat hamil), sekitar 90-95% penderita diabetes menderita Diabetes Tipe II. Organisasi Kesehatan Dunia melaporkan bahwa diabetes melitus tipe II adalah jenis diabetes yang paling sering terjadi dan prevalensinya meningkat tajam di negara-negara berpenghasilan rendah [3].

Diabetes Melitus tipe II adalah keadaan darurat kesehatan global yang menimbulkan bahaya bagi kesehatan masyarakat. Sekitar 1 dari 11 orang dewasa di seluruh dunia menderita diabetes tipe II, dan 75% penderita diabetes berada di negara berkembang. Resistensi insulin pada organ dan kekurangan insulin relatif yang disebabkan oleh kegagalan sel beta pankreas menentukan diabetes melitus tipe II [5]. Menghindari faktor risiko yang dapat dimodifikasi akan membantu mencegah kasus diabetes tipe II, seperti fokus menjaga keseimbangan energi dengan aktivitas fisik teratur, mengonsumsi makanan seimbang, dan menjaga berat badan sehat [16].

Klasifikasi terhadap faktor-faktor yang dapat mempengaruhi Diabetes Melitus Tipe II menjadi objek yang perlu untuk diteliti dengan menggunakan metode klasifikasi. Dalam perkembangan ilmu statistik, salah satu metode klasifikasi yang cukup dikenal adalah metode *Multivariate Adaptive Regression Spline* (MARS). MARS merupakan sebuah teknik pemodelan regresi multivariat non-parametrik, yang ditemukan pada tahun 1988 dan pertama kali dipresentasikan pada tahun 1991. Metode MARS adalah teknik pemodelan yang menggunakan perpaduan antara spline dan *Partisi Rekursif Regresi* (RPR) untuk mengatasi masalah regresi dan klasifikasi [12]. Beberapa keunggulan metode MARS antara lain dapat mengestimasi permasalahan data berdimensi tinggi dan mempunyai tingkat keakuratan klasifikasi yang tinggi karena menghasilkan prediksi variabel respon yang akurat [13].

Berdasarkan uraian diatas, maka peneliti melakukan penelitian untuk melihat faktor-faktor yang berpengaruh terhadap Diabetes Melitus Tipe II di Rumah Sakit Umum Daerah Rantau Prapat. Penggunaan Metode *Multivariate Adaptive Regression Spline* (MARS) akan mendapatkan faktor yang paling signifikan berpengaruh terhadap penderita Diabetes Melitus tipe II.

1.2 Multivariate Adaptive Regression Spline

Suatu metode yang dapat mengotomatiskan pembangunan model-model prediktif akurat untuk variabel-variabel dependen yang kontinu dan biner diperkenalkan pada tahun 1991 oleh ahli statistik terkemuka yang merupakan salah satu pengembang CART yaitu Jerome H. Friedman, metode ini dikenal dengan *Multivariate Adaptive Regression Spline* (MARS) [8]. Pada saat menerapkan model MARS ada beberapa faktor yang perlu dipertimbangkan diantaranya:

JURNAL MATEMATIKA, STATISTIKA DAN KOMPUTASI
Widya Panjaitan, Hendra Cipta

- a. Knot, Banyaknya minimum observasi (MO) yang memisahkan simpul adalah 1, 2, dan 3 pengamatan.
- b. Friedman merekomendasikan fungsi basis (BF) maksimum dua hingga empat kali jumlah variabel independen.
- c. Interaksi (MI), 1, 2 dan 3 interaksi adalah jumlah maksimum yang diperbolehkan.

Model MARS merupakan hasil modifikasi model *Regresi Partisi Rekursif* (RPR) dengan menggunakan kombinasi spline Friedman (1991) [9]. Model MARS dapat ditunjukkan pada persamaan berikut:

$$\hat{f}(x) = a_0 + \sum_{m=1}^M a_m \prod_{k=1}^{K_m} \left[S_{km}(x_{v(k,m)}) - t_{km} \right]_+ + \varepsilon \quad (1.1)$$

Keterangan:

- $\hat{f}(x)$: variabel respon
 a_0 : fungsi basis balik
 a_m : koefisien dari fungsi basis ke-m
 M : maksimum fungsi basis
 K_m : derajat interaksi
 S_{km} : nilainya ± 1
 $x_{v(k,m)}$: peubah independen
 t_{km} : nilai knot dari peubah independen $x_{v(k,m)}$

Berikut ini adalah cara lain untuk menyatakan persamaan MARS dalam bentuk matriks:

$$y = B\alpha + \varepsilon \quad (1.2)$$

Pada persamaan (1.2) di atas, y merupakan vektor variable respon yang berukuran $(n \times 1)$, B merupakan matrik basis fungsi yang berukuran $(n \times (M+1))$, α merupakan vektor koefisien regresi yang berukuran $((M+1) \times 1)$, dan ε merupakan vektor error yang berukuran $(n \times 1)$ yang diasumsikan saling bebas.

Keterangan:

$$y = (y_1, y_2, \dots, y_n)^T$$

$$\alpha = (a_0, a_1, \dots, a_n)^T$$

$$\varepsilon = (\varepsilon_1, \varepsilon_2, \dots, \varepsilon_n)^T \text{ dan}$$

$$B = \begin{bmatrix} 1 & \prod_{k=1}^{K_1} [S_{1m} \times (x_{1(1,m)} - t_{1m})] & \cdots & \prod_{k=1}^{K_m} [S_{km} \times (x_{1(1,m)} - t_{km})] \\ 1 & \prod_{k=1}^{K_1} [S_{2m} \times (x_{1(1,m)} - t_{1m})] & \cdots & \prod_{k=1}^{K_1} [S_{km} \times (x_{2(1,m)} - t_{km})] \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 1 & \prod_{k=1}^{K_1} [S_{nm} \times (x_{1(1,m)} - t_{1m})] & \cdots & \prod_{k=1}^{K_1} [S_{km} \times (x_{n(1,m)} - t_{km})] \end{bmatrix}$$

Model dengan nilai *Generalized Cross Validation* (GCV) terendah atau terkecil diantara model yang dibangun merupakan model terbaik. Friedman dan Silverman (1989) mendefinisikan nilai GCV pada persamaan (1.3).

$$GCV(M) = \frac{ASR}{\left[1 - \frac{C(\hat{M})}{n}\right]^2} = \frac{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n [y_i - \hat{f}_M(x_i, \alpha)]^2}{\left[1 - \frac{C - (\hat{M})}{n}\right]^2} \quad (1.3)$$

Keterangan:

y_i : variabel respon

$\hat{f}_M(x_i, \alpha)$: Nilai taksiran variabel respon M fungsi basis

n : Banyaknya pengamatan

$C(\hat{M})$: $C(M) + dM$

$C(M)$: banyaknya parameter pada model

d : Nilai terbaik ketika fungsi basis mencapai optimal

M : Jumlah basis fungsi yang ditentukan pada tahap *forward*

1.3 Uji Signifikansi Model MARS

Secara parsial atau simultan, parameter model diuji signifikansinya. Uji simultan didasarkan pada hipotesis sebagai berikut:

$H_0: \alpha_1 = \alpha_2 = \cdots = \alpha_M = 0$ (model tidak signifikan)

$H_1: \text{Minimal ada satu } \alpha_m \neq 0, \text{ dimana } m = 1, 2, \dots, M$ (model signifikan)

Dengan taraf signifikansi $\alpha = 5\%$ dan Uji F statistik yang digunakan ialah sebagai berikut:

$$F_{hitung} = \frac{\sum_{i=1}^n (\hat{y}_i - \bar{y})^2 / M}{\sum_{i=1}^n (\hat{y}_i - \bar{y})^2 / (n - M - 1)} \square F_{\alpha(v_1, v_2)} \quad (1.4)$$

Yang mana n adalah banyak amatan $v_1 = M$ dan $v_2 = n - M - 1$ dan α merupakan derajat bebas. H_0 ditolak jika nilai statistik uji-F (F_{hitung}) $\geq F_{\alpha(v_1, v_2)}$.

Uji parsial didasarkan pada hipotesis sebagai berikut:

$H_0: \alpha_m = 0$ (koefisien α_m tidak berpengaruh terhadap model)

$H_1 : \alpha_m \neq 0$, dimana $m=1,2,\dots,M$ (koefisien α_m berpengaruh terhadap model)

Dengan taraf signifikansi $\alpha = 5\%$ dan uji statistik yang digunakan ialah uji-t:

$$t_{hitung} = \frac{\hat{\alpha}_m}{s_{error}(\hat{\alpha}_m)} \quad (1.5)$$

Tolak H_0 jika nilai statistik uji-t ($|t_{hitung}|$) $\geq t_{\alpha/2(n-M)}$, fungsi basis secara signifikan memengaruhi peubah respon.

1.4 Ketepatan Klasifikasi MARS

Evaluasi prosedur klasifikasi adalah suatu evaluasi yang melihat peluang kesalahan klasifikasi yang dilakukan oleh suatu fungsi klasifikasi. Ukuran yang dipakai adalah *Apparent Error Rate* (APER). Nilai APER dapat dihitung berdasarkan persamaan berikut.

$$APER = \frac{n_{12} + n_{21}}{n_{11} + n_{12} + n_{21} + n_{22}} \times 100\% \quad (1.6)$$

Keterangan:

n_{11} : jumlah subjek dari tepat diklasifikasikan sebagai kelompok 1

n_{12} : jumlah subjek dari salah diklasifikasikan sebagai kelompok 2

n_{21} : jumlah subjek dari salah diklasifikasikan sebagai kelompok 1

n_{22} : jumlah subjek dari tepat diklasifikasikan sebagai kelompok 2

Statistik uji *Press's Q* digunakan untuk menilai konsistensi dan stabilitas klasifikasi. Untuk mengevaluasi tingkat akurasi klasifikasi dengan jumlah observasi dan kelompok, digunakan statistik uji *Press's Q*. Hipotesis berikut menjadi dasar statistik uji *Q Press*:

H_0 : Klasifikasi ini belum diyakini stabil dan konsisten secara statistik.

H_1 : Klasifikasi dianggap dapat diandalkan dan stabil secara statistik.

$$Press'Q = \frac{(N - (nK))^2}{N(K-1)} \quad (1.7)$$

Keterangan:

N = jumlah total sampel

n = jumlah individu yang tepat diklasifikasikan

K = jumlah kelompok

2. METODE PENELITIAN

Rumah Sakit Umum Daerah Rantau Prapat yang terletak di Jalan Ki Hajar Dewantara No. 129 merupakan lokasi penelitian. Data yang digunakan dalam penelitian ini ialah data sekunder yaitu berupa rekam medis dari 150 penderita diabetes melitus tipe II yang dirawat di RSUD Rantau Prapat antara Januari 2023 hingga Desember 2023. Kadar glukosa darah penderita diabetes tipe II menjadi variabel respon (Y) dalam penelitian ini, kadar glukosa ≤ 139 mg/dL dianggap normal dan diberi kode 0, sedangkan kadar glukosa > 139 mg/dL dianggap tinggi dan diberi kode 1. Variabel prediktor yang akan digunakan dalam penelitian ini dapat dilihat pada tabel 3.1.

JURNAL MATEMATIKA, STATISTIKA DAN KOMPUTASI
Widya Panjaitan, Hendra Cipta

Tabel 3.1. Variabel Prediktor (X)

Variabel	Nama variabel	Keterangan
X_1	Usia	0: \leq 40 tahun
		1: 41-55 tahun
		2: 56-70 tahun
		4: \geq 71 tahun
X_2	Jenis kelamin	0: laki-laki
		1: perempuan
X_3	Tekanan darah	0: \leq 130 mmHg
		1: $>$ 130 mmHg
X_4	Golongan darah	0:A
		1:B
		2:AB
		3:O
X_5	Penyakit penyerta	0: tidak ada
		1: ada

Tahapan yang dilakukan dalam penelitian ini ialah:

- a. Melakukan pengambilan data rekam medis penderita DM Tipe II di RSUD Rantau Prapat.
- b. Melakukan deskriptif statistik terhadap data yang diperoleh.
- c. Menggabungkan besaran Observasi Minimum (MO), Interaksi Maksimum (MI), dan Fungsi Basis (BF).
- d. Berdasarkan nilai *Generalized Cross Validation* (GCV) terendah yang dapat dihasilkan dengan menggabungkan MO, MI, dan BF maka akan diperoleh model terbaik.
- e. Analisis variabel-variabel yang mempengaruhi Diabetes Tipe II pada model MARS optimal.
- f. Melakukan uji signifikansi parsial dan simultan untuk model MARS.
- g. APER digunakan untuk melihat akurasi model MARS, dan statistik uji Press'Q digunakan untuk menentukan stabilitas klasifikasi.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Statistik Deskriptif

Statistik deskriptif terhadap variabel respon (Y) yaitu kadar glukosa darah penderita Diabetes Melitus Tipe II dan variabel prediktor (X) yaitu Usia, Jenis Kelamin, Tekanan Darah, Golongan Darah dan Penyakit penyerta. Analisis deskriptif dilakukan guna mengetahui karakteristik penderita pada setiap variabel prediktor. Pada data variabel kontinu, analisis statistik yang dilakukan ialah dengan melihat nilai minimum, nilai maksimum, rata-rata dan standar deviasi. Sedangkan diagram batang digunakan untuk melakukan statistik deskriptif pada data yang bersifat kategorik.

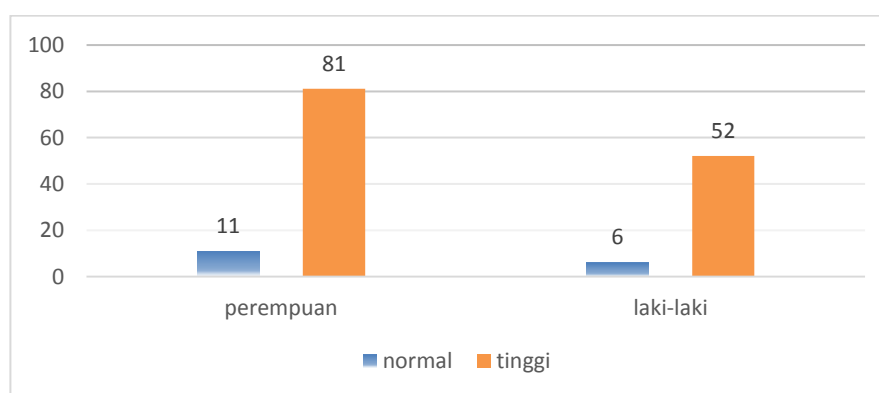
3.1.1 Karakteristik Usia (X_1)

Tabel 3.2. Usia Penderita DM Tipe II

Variabel	Rata-rata	Varians	Minimum	Maximum
usia	56,740	73,536	36,000	78,000

Tabel 3.2 menunjukkan karakteristik pada variabel usia penderita (X_1) dimana rata-rata usia penderita DM Tipe II di RSUD Rantau Utara adalah 56,74 tahun, dengan usia minimal 36 tahun dan usia maksimal 78 tahun. Sehingga, nilai variansnya sebesar 73,536 menunjukkan angka yang sangat tinggi.

3.1.2 Karakteristik Jenis Kelamin (X_2)

**Gambar 3.1.** Diagram Jenis Kelamin (X_2) terhadap Kadar Glukosa Darah (Y)

Gambar 3.1 menunjukkan statistik deskriptif mengenai variabel prediktor Jenis Kelamin (X_2) Penderita Mellitus Tipe II di RSUD Rantau Prapat. Untuk lebih jelas dapat dilihat pada tabulasi antara Jenis kelamin dan Kadar glukosa penderita Diabetes Mellitus Tipe II pada Tabel 3.3 berikut:

Tabel 3.3. Tabulasi Jenis Kelamin (X_2) dan kadar glukosa darah (Y)

DM II	Perempuan	Laki-Laki	Jumlah
Normal	11	6	17
Tinggi	81	52	133
Jumlah	92	58	150

Tabel 3.3 menunjukkan hubungan antara jenis kelamin (X_2) dan kadar glukosa darah (Y). Dari 92 pasien dengan jenis kelamin perempuan, 81 diantaranya memiliki kadar glukosa tinggi dan 11 lainnya memiliki kadar glukosa normal. Sedangkan 58 penderita lainnya dengan jenis kelamin laki-laki, 6 diantaranya memiliki kadar glukosa normal dan 52 lainnya dengan kadar glukosa tinggi.

3.1.3 Karakteristik Tekanan Darah (X_3)

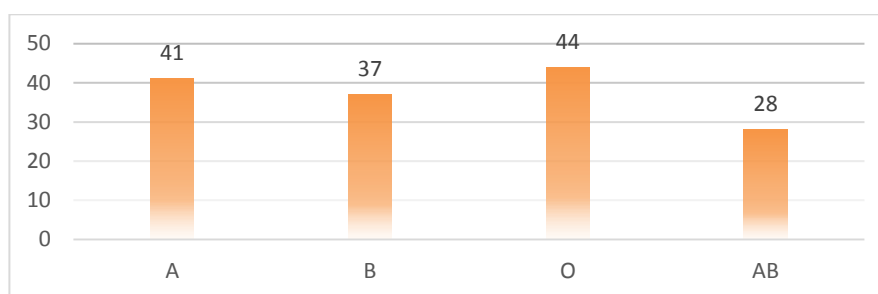
Tabel 3.4. Tekanan Darah Penderita DM Tipe II

JURNAL MATEMATIKA, STATISTIKA DAN KOMPUTASI
Widya Panjaitan, Hendra Cipta

Variabel	Rata-rata	Varians	Minimum	Maximum
t.darah_1	139,99	611,33	90,00	209,00

Tabel 3.4 menunjukkan karakteristik pada variabel Tekanan Darah (X_3) penderita Diabetets Melitus Tipe II pada RSUD Rantau Prapat. Diperoleh bahwa rata-rata tekanan darah penderita Diabetes Melitus Tipe II ialah sebesar 139,99, dengan tekanan darah minimum sebesar 90 dan tekanan darah maksimum sebesar 209, sehingga nilai varians pada tekanan darah yaitu sebesar 611,33.

3.1.4 Karakteristik Golongan Darah (X_4)



Gambar 3.2. Golongan Darah Penderita DM Tipe II

Pada gambar 3.2. menunjukkan bahwa variabel prediktor golongan darah (X_4) penderita Melitus Tipe II pada RSUD Rantau Prapat, dengan golongan darah A sebanyak 41 penderita atau sebesar 27,33%, golongan darah B sebanyak 37 penderita atau sebesar 24,66%, golongan darah O sebanyak 44 penderita atau sebesar 29,33% dan untuk golongan darah AB sebanyak 28 penderita atau sebesar 23,33%. Tabulasi antara golongan darah penderita Diabetes Melitus Tipe II dengan kadar glukosa penderita dapat dilihat pada tabel 3.5 berikut:

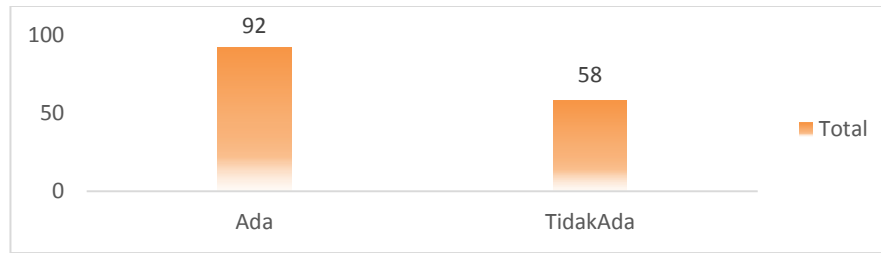
Tabel 3.5. Tabulasi Golongan (X_4) Darah dan Kadar Glukosa Darah (Y)

DM II	A	B	O	AB	Jumlah
Normal	5	4	6	2	17
Tinggi	36	33	38	26	133
Jumlah	41	37	44	28	150

Hubungan yang ditabulasikan antara golongan darah (X_4) dan kadar glukosa darah (Y) ditampilkan pada Tabel 3.5. Dari 150 penderita 133 diantaranya memiliki gula darah tinggi, sedangkan 17 penderita lainnya memiliki gula darah normal. Di antara pasien dengan kadar glukosa normal, 5 bergolongan darah A, 4 bergolongan darah B, 6 bergolongan darah O, dan 2 lagi bergolongan darah AB. Sedangkan dengan kadar glukosa tinggi diantaranya, 36 orang bergolongan darah A, 33 orang bergolongan darah B, 38 orang bergolongan darah O, dan 26 orang bergolongan darah.

3.1.5 Karakteristik Penyakit penyerta (X_5)

JURNAL MATEMATIKA, STATISTIKA DAN KOMPUTASI
Widya Panjaitan, Hendra Cipta



Gambar 3.3. Penyakit Penyerta Penderita DM Tipe II

Pada gambar 3.3. menunjukkan statistik deskriptif mengenai variabel prediktor penyakit penyerta (X_5) penderita Diabetes Melitus Tipe II pada RSUD Rantau Prapat. Penderita dengan adanya penyakit penyerta terdapat sebanyak 92 penderita atau sebesar 61,33%, sedangkan penderita tidak ada penyakit penyerta sebanyak 58 penderita atau sebesar 38,66%. Berikut tabel hubungan antara kadar glukosa penderita dan penyakit penyerta.

Tabel 3.6. Tabulasi Penyakit Penyerta (X_5) dan Kadar Glukosa Darah (Y)

DM II	Ada	Tidak ada	Jumlah
Normal	9	8	17
Tinggi	83	50	133
Jumlah	92	58	150

Berdasarkan tabel 3.6 dapat diketahui bahwa dari 17 penderita Diabetes Melitus Tipe II dengan kadar glukosa normal, 9 diantaranya memiliki penyakit penyerta dan 8 penderita lainnya tidak memiliki penyakit penyerta. Sedangkan 133 penderita Diabetes Melitus Tipe II dengan kadar glukosa tinggi, 83 diantaranya memiliki penyakit penyerta dan 50 lainnya tidak memiliki penyakit penyerta.

3.2 Pemodelan MARS

Sampel rekam medis RSUD Rantau Prapat sebanyak 150 pasien Diabetes Melitus Tipe II akan digunakan untuk menerapkan model *Multivariate Adaptive Regression Spline* (MARS) terhadap faktor-faktor yang mempengaruhi kadar glukosa pada pasien penyakit tersebut. Dengan menggunakan model MARS, peneliti ingin memastikan bagaimana hubungan kadar glukosa pasien Diabetes Mellitus Tipe II dengan variabel yang mempengaruhinya. Variabel prediktor yang akan digunakan yaitu Usia (X_1), Jenis Kelamin (X_2), Tekanan Darah (X_3), Golongan Darah (X_4) dan Penyakit penyerta (X_5).

Pada penelitian ini, model terbaik ialah ketika menghasilkan nilai *Generalized Cross Validation* (GCV terkecil). Nilai GCV dapat diperoleh dengan menggabungkan *Basis Function* (BF), Minimum Interaction (MI), dan *Maximum Observation* (MO) dengan menggunakan *trial and error* untuk membentuk model MARS. Fungsi Basis yang akan digunakan ialah dua sampai empat kali dari variabel prediktor, yaitu 10, 15 dan 20. Minimum Interaksi yang akan digunakan dalam penelitian ialah 1, 2 dan 3 sedangkan untuk Maksimum observasi ialah 0, 1, 2, dan 3. Model optimal yang digunakan pada model MARS adalah model yang memiliki nilai GCV terendah. Tabel 3.7 di bawah ini menampilkan hasil gabungan nilai BF, MI, dan MO beserta nilai GCV.

JURNAL MATEMATIKA, STATISTIKA DAN KOMPUTASI
Widya Panjaitan, Hendra Cipta

Tabel 3.7. Kombinasi nilai BF, MI dan MO

No	BF	MI	MO	GCV	RS
1	10	1	0	0.09633995	0.07925256
2	10	1	1	0.09633995	0.07925256
3	10	1	2	0.09633995	0.07925256
4	10	1	3	0.09633995	0.07925256
5	10	2	0	0.09622093	0.11754215
6	10	2	1	0.09622093	0.11754215
7	10	2	2	0.09622093	0.11754215
8	10	2	3	0.09622093	0.11754215
9	10	3	0	0.09458021	0.13258947
10	10	3	1	0.09458021	0.13258947
11	10	3	2	0.09458021	0.13258947
12	10	3	3	0.09458021	0.13258947
13	15	1	0	0.09633995	0.07925256
14	15	1	1	0.09633995	0.07925256
15	15	1	2	0.09633995	0.07925256
16	15	1	3	0.09633995	0.07925256
17	15	2	0	0.09622093	0.11754215
18	15	2	1	0.09622093	0.11754215
19	15	2	2	0.09622093	0.11754215
20	15	2	3	0.09622093	0.11754215
21	15	3	0	0.09458021	0.13258947
22	15	3	1	0.09458021	0.13258947
23	15	3	2	0.09458021	0.13258947
24	15	3	3	0.09458021	0.13258947
25	20	1	0	0.09633995	0.07925256
26	20	1	1	0.09633995	0.07925256
27	20	1	2	0.09633995	0.07925256
28	20	1	3	0.09633995	0.07925256
29	20	2	0	0.09622093	0.11754215
30	20	2	1	0.09622093	0.11754215
31	20	2	2	0.09622093	0.11754215
32	20	2	3	0.09622093	0.11754215
33	20	3	0	0.09458021	0.13258947
34	20	3	1	0.09458021	0.13258947
35	20	3	2	0.09458021	0.13258947
36	20	3	3	0.09458021	0.13258947

Nilai GCV terkecil dapat digunakan untuk menentukan model MARS yang optimal, jika bernilai sama maka nilai RS terbesar yang harus diperhitungkan. Kombinasi BF, MI, dan MO terkecil menjadi faktor pertimbangan selanjutnya dalam pemilihan pada model. Oleh karena itu, berdasarkan tabel 3.7 kombinasi pada nomor 11 yang menggabungkan BF=10, MI=3, dan MO=0 merupakan pemodelan MARS terbaik untuk diterapkan dengan nilai GCV sebesar 0,09582998 dan RS sebesar 0,1211276. Sehingga model persamaan yang diperoleh ialah sebagai berikut:

$$\hat{Y} = 0,8007421 + 0,1701299 BF_1 - 0,5241187 BF_2$$

JURNAL MATEMATIKA, STATISTIKA DAN KOMPUTASI
Widya Panjaitan, Hendra Cipta

Dengan:

$$BF_1 = X_3$$

$$BF_2 = \max(0, X_1 - 2) \times X_2 \times X_5$$

Berdasarkan model yang diperoleh pada persamaan diatas, selanjutnya dapat digunakan rumus berikut untuk mendapatkan nilai peluang pasien mempunyai kadar glukosa tinggi ($\pi(x)$) dan peluang pasien mempunyai kadar glukosa normal ($1 - \pi(x)$):

$$\hat{\pi}(x) = \frac{e^{\hat{f}(x)}}{1 + e^{\hat{f}(x)}}$$

$$(1 - \hat{\pi}(x)) = 1 - \frac{e^{\hat{f}(x)}}{1 + e^{\hat{f}(x)}}$$

Dengan:

$$\begin{aligned} e^{\hat{f}(x)} &= \exp 0,8007421 + 0,1701299 - 0,5241187 \\ &= e^{0,4467533} \\ &= 1,5632 \end{aligned}$$

Sehingga:

$$\hat{\pi}(x) = \frac{e^{\hat{f}(x)}}{1 + e^{\hat{f}(x)}} = \frac{1,5632}{1 + 1,5632} = 0,6099$$

$$(1 - \hat{\pi}(x)) = 1 - 0,6099 = 0,3901$$

Dengan demikian, peluang penderita Diabetes Melitus Tipe II di RSUD Rantau Prapat memiliki kadar glukosa darah tinggi adalah 0,6099 sedangkan peluang pasien DM tipe II memiliki kadar glukosa darah normal adalah 0,3901.

Interpretasi dari koefisien model persamaan MARS ialah:

a. $-0,1701299 BF_1 = X_3$

$$\hat{\pi}(x) = \frac{e^{(0,8007421+0,1701299)}}{1 + e^{(0,8007421+0,1701299)}} = \frac{2,6402}{1 + 2,6402} = 0,7252$$

$$(1 - \hat{\pi}(x)) = 1 - 0,7252 = 0,2748$$

Peluang penderita DM tipe II di RSUD Rantau Prapat dengan tekanan darah diatas dari 130 ($X_3=1$) memiliki kadar glukosa tinggi sebesar 0,7252 dan peluang untuk kadar glukosa darah normal sebesar 0,2748. Koefisien BF_1 bermakna akan mempengaruhi kadar glukosa darah sebesar 0,1701299 jika memiliki tekanan darah >130, sedangkan jika memiliki tekanan darah <130 maka koefisien BF_1 tidak bermakna sehingga nilainya adalah 0. sedangkan jika memiliki usia dibawah dari 56 tahaun, dengan jenis kelamin laki-laki dan tidak memiliki penyakit penyerta maka koefisien BF_1 tidak bermakna sehingga nilainya adalah 0.

b. $-0,5241187 BF_2 = \max(0, X_1 - 2) \times X_2 \times X_5$

$$\hat{\pi}(x) = \frac{e^{(0,8007421-0,5241187)}}{1 + e^{(0,8007421-0,5241187)}} = \frac{1,3187}{1 + 1,3187} = 0,5688$$

$$(1 - \hat{\pi}(x)) = 1 - 0,5688 = 0,4321$$

Peluang penderita DM tipe II di RSUD Rantau Prapat dengan usia 56-70 atau ($X_1 > 2$), jenis kelamin perempuan ($X_2 = 1$) dan dengan ada penyakit penyerta ($X_5 = 1$) memiliki kadar glukosa tinggi sebesar 0,5688 dan peluang untuk kadar glukosa darah normal sebesar 0,4321. Koefisien BF_2 bermakna akan mempengaruhi kadar glukosa darah sebesar 0,5241187 jika memiliki usia 56-70 dengan jenis kelamin perempuan dan memiliki penyakit penyerta. Sedangkan jika memiliki usia dibawah dari 56 tahun dengan jenis kelamin laki-laki dan tidak memiliki penyakit penyerta maka koefisien BF_2 tidak bermakna sehingga nilainya adalah 0.

3.3 Uji Signifikansi Model MARS

Untuk mengetahui model yang dikembangkan sudah sesuai maka dilakukan uji signifikansi model MARS. Uji simultan dan uji parsial dapat digunakan untuk melakukan uji signifikansi parameter model MARS.

Uji simultan parameter model MARS didasarkan pada hipotesis berikut:

$$H_0: \alpha_1 = \alpha_2 = 0 \quad (\text{model tidak signifikan})$$

$$H_1: \alpha_m \neq 0; m = 1, 2 \quad (\text{model signifikan})$$

Statistik uji F sebesar 3,537 dari hasil pengolahan MARS dan statistik $Uji - F \geq F_{(2,147)}^{0,05} = 3,057$

, maka tolak H_0 yang berarti bahwa minimal ada satu $\alpha_m \neq 0$. Dengan demikian, model tersebut dapat digunakan untuk memprediksi kadar glukosa darah pada pasien Diabetes Mellitus Tipe II di RSUD Rantau Prapat dan signifikan pada tingkat signifikansi 0,05.

Uji Parsial parameter model MARS didasarkan pada hipotesis berikut:

$$H_0: \alpha_m = 0$$

$$H_1: \alpha_m \neq 0; m = 1, 2$$

Berdasarkan hasil Pengolahan MARS, diperoleh bahwa nilai dari t_{hit} pada BF_1 ialah 20,567 dan pada BF_2 ialah sebesar 10,978. Statistik uji-t yang diperoleh pada seluruh parameter BF memiliki nilai $(|t_{hitung}|) \geq t_{148}^{0,025} = 2,264435$, Sehingga tolak H_0 menunjukkan bahwa model tersebut signifikan pada tingkat signifikansi 0,05 sehingga memungkinkan RSUD Rantau Prapat memanfaatkan model tersebut untuk mensimulasikan kadar glukosa darah pada pasien Diabetes Mellitus Tipe II.

3.4 Ketepatan Model MARS

Tingkat kesalahan klasifikasi yang rendah menunjukkan metode klasifikasi yang baik. Jika nilai prediksi model MARS kurang dari 0,6099, maka diprediksi penderita dengan kadar glukosa normal (0). Sebaliknya, prediksi penderita dengan kadar glukosa darah tinggi (1) adalah bila nilai prediksinya melebihi 0,6099.

Tabel 3.8. Hasil prediksi klasifikasian dengan model MARS

No	Hasil Prediksi	Data Prediksi	Data Aktual	No	Hasil Prediksi	Data Prediksi	Data Aktual
1	0.9708720	1	1	76	0.8007421	1	1

JURNAL MATEMATIKA, STATISTIKA DAN KOMPUTASI**Widya Panjaitan, Hendra Cipta**

2	0.8007421	1	1	77	0.8007421	1	1
3	0.4467532	0	0	78	0.9708720	1	1
4	0.8007421	1	1	79	0.9708720	1	1
5	0.9708720	1	1	80	0.8007421	1	1
6	0.9708720	1	1	81	0.8007421	1	1
7	0.8007421	1	1	82	0.9708720	1	1
8	0.8007421	1	0	83	0.9708720	1	1
9	0.9708720	1	1	84	0.8007421	1	1
10	0.8007421	1	1	85	0.8007421	1	1
11	0.9708720	1	1	86	0.9708720	1	1
12	0.2766234	0	0	87	0.9708720	1	1
13	0.8007421	1	1	88	0.9708720	1	1
14	0.2766234	0	1	89	0.9708720	1	1
15	0.9708720	1	1	90	0.9708720	1	1
16	0.8007421	1	1	91	0.8007421	1	1
17	0.9708720	1	1	92	0.9708720	1	1
18	0.9708720	1	1	93	0.8007421	1	1
19	0.9708720	1	1	94	0.8007421	1	0
20	0.8007421	1	1	95	0.9708720	1	1
21	0.8007421	1	1	96	0.8007421	1	0
22	0.8007421	1	1	97	0.9708720	1	1
23	0.9708720	1	1	98	0.8007421	1	0
24	0.9708720	1	1	99	0.9708720	1	1
25	0.8007421	1	1	100	0.8007421	1	0
26	0.9708720	1	1	101	0.9708720	1	1
27	0.9708720	1	1	102	0.8007421	1	0
28	0.9708720	1	1	103	0.9708720	1	1
29	0.9708720	1	1	104	0.8007421	1	1
30	0.8007421	1	1	105	0.9708720	1	1
31	0.8007421	1	1	106	0.9708720	1	1
32	0.9708720	1	1	107	0.9708720	1	1
33	0.8007421	1	1	108	0.8007421	1	1
34	0.8007421	1	1	109	0.8007421	1	0
35	0.9708720	1	1	110	0.8007421	1	0
36	0.9708720	1	1	111	0.9708720	1	1
37	0.9708720	1	1	112	0.9708720	1	1
38	0.8007421	1	1	113	0.9708720	1	1
39	0.8007421	1	1	114	0.9708720	1	1

JURNAL MATEMATIKA, STATISTIKA DAN KOMPUTASI
Widya Panjaitan, Hendra Cipta

40	0.9708720	1	1	115	0.9708720	1	1
41	0.9708720	1	1	116	0.9708720	1	1
42	0.8007421	1	1	117	0.8007421	1	0
43	0.8007421	1	1	118	0.9708720	1	1
44	0.8007421	1	1	119	0.9708720	1	1
45	0.9708720	1	0	120	0.9708720	1	1
46	0.9708720	1	1	121	0.8007421	1	1
47	0.9708720	1	0	122	0.9708720	1	1
48	0.9708720	1	1	123	0.8007421	1	0
49	0.9708720	1	1	124	0.9708720	1	1
50	0.8007421	1	1	125	0.9708720	1	1
51	0.9708720	1	1	126	0.9708720	1	1
52	0.8007421	1	1	127	0.9708720	1	1
53	0.8007421	1	1	128	0.9708720	1	1
54	0.8007421	1	1	129	0.9708720	1	1
55	0.8007421	1	1	130	0.8007421	1	0
56	0.8007421	1	1	131	0.8007421	1	1
57	0.9708720	1	1	132	0.9708720	1	1
58	0.9708720	1	1	133	0.9708720	1	1
59	0.8007421	1	1	134	0.9708720	1	1
60	0.8007421	1	1	135	0.9708720	1	1
61	0.8007421	1	1	136	0.8007421	1	1
62	0.9708720	1	1	137	0.9708720	1	1
63	0.8007421	1	1	138	0.8007421	1	1
64	0.9708720	1	1	139	0.8007421	1	1
65	0.9708720	1	1	140	0.9708720	1	1
66	0.8007421	1	1	141	0.8007421	1	1
67	0.9708720	1	1	142	0.8007421	1	1
68	0.8007421	1	1	143	0.9708720	1	1
69	0.8007421	1	1	144	0.8007421	1	0
70	0.9708720	1	1	145	0.9708720	1	1
71	0.9708720	1	1	146	0.8007421	1	0
72	0.9708720	1	1	147	0.9708720	1	1
73	0.9708720	1	1	148	0.9708720	1	1
74	0.9708720	1	1	149	0.9708720	1	1
75	0.9708720	1	1	150	0.8007421	1	1

Tabel 3.8 menunjukkan bahwa terdapat beberapa data yang tidak tepat diklasifikasikan oleh model MARS yang dibentuk. Seperti data ke-8 terlihat bahwa kadar glukosa penderita Diabetes

Melitus Tipe II pada data aktual adalah normal (0) tetapi pada data prediksi model MARS mengklasifikasikannya sebagai kadar glukosa tinggi (1). Uji hasil klasifikasi berdasarkan nilai 1-APER dan uji Press'Q akan dilakukan dengan menggunakan hasil model MARS terbaik yang diperoleh untuk mengetahui kualitas model. Tabel 3.9 di bawah ini menunjukkan keakuratan klasifikasi menggunakan pemodelan MARS antara data aktual dan hasil prediksi:

Tabel 3.9. Tabulasi data aktual dan prediksi

Data Aktual	Data Prediksi		Total
	Glukosa Normal (0)	Glukosa Tinggi (1)	
Glukosa Normal (0)	2	15	17
Glukosa Tinggi (1)	1	132	133
total	3	147	150

Dapat dilihat dari tabel 3.9 diatas diperoleh bahwa dari 150 penderita DM Tipe II pada RSUD Rantau Utara terdapat 17 penderita dengan kadar glukosa darah normal dan 15 diantaranya tidak tepat diklasifikasikan pada kelompoknya. Sedangkan 133 penderita DM Tipe II yang memiliki kadar glukosa tinggi, 1 penderita tidak tepat diklasifikasikan pada kelompoknya. Sehingga besarnya ketepatan klasifikasi dapat dihitung sebagai berikut:

$$\begin{aligned} APER(\%) &= \frac{15 + 1}{150} \times 100\% \\ &= 10,67\% \end{aligned}$$

Nilai APER sebesar 10,67% menunjukkan nilai kesalahan dari klasifikasi. Dengan demikian, tingkat akurasi dalam mengklasifikasikan kadar glukosa darah pada pasien diabetes tipe II ialah sebesar 89,33%. Selanjutnya, dengan membandingkan jumlah klasifikasi yang akurat dengan jumlah observasi dan kelompok, maka stabilitas dan konsistensi klasifikasi diuji. Hipotesis yang digunakan adalah sebagai berikut:

H_0 : klasifikasi kadar glukosa darah penderita DM Tipe II di RSUD Rantau Prapat dianggap tidak stabil dan belum dapat diandalkan secara statistik.

H_1 : klasifikasi kadar glukosa darah penderita DM Tipe II di RSUD Rantau Prapat dianggap stabil dan dapat diandalkan secara statistik.

Tolak H_0 jika nilai statistik uji $Press's Q > (2 db=1,)$

$$\begin{aligned} Press'Q &= \frac{[N - (nK)]^2}{N(K-1)} \\ &= \frac{[150 - (134 \times 2)]^2}{150(2-1)} \\ &= 92,83 \end{aligned}$$

Statistik uji Press'Q $(92,827) > X^2_{(1;0,05)}(3,841)$, sehingga dapat disimpulkan bahwa H_0 ditolak. Maka dari itu klasifikasi kadar glukosa darah penderita DM Tipe II di RSUD Rantau Prapat dianggap stabil dan dapat diandalkan secara statistik.

4. KESIMPULAN

Berikut ini dapat diambil kesimpulan dari hasil pengolahan data yang telah dipaparkan:

1. Model MARS terbaik yang diperoleh berdasarkan faktor-faktor yang mempengaruhi Diabetes Mellitus Tipe II di RSUD Rantau Prapat ialah sebagai berikut:

$$\hat{Y} = 0,8007421 + 0,1701299 BF_1 - 0,5241187 BF_2$$

Dengan:

$$BF_1 = X_3$$

$$BF_2 = \max(0, X_1 - 2) \times X_2 \times X_5$$

Kombinasi BF=10, MI=3, dan MO=0 menghasilkan model MARS terbaik yang memiliki nilai R-square sebesar 0.1211276 dan nilai GCV sebesar 0.09582998.

2. Berdasarkan model terbaik yang diperoleh dengan menggunakan MARS, faktor-faktor yang mempengaruhi kadar glukosa darah penderita DM Tipe II (Y) yaitu Usia (X_1) Jenis Kelamin (X_2), Tekanan Darah (X_3) dan Penyakit penyerta (X_5) dengan nilai APER sebesar 10,67% yang mana menunjukkan bahwa 89,33% data tepat diklasifikasikan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1]. Anggraini, R. F, 2021. Klasifikasi Kabupaten tertinggal di Jawa Timur dengan metode multivariate adaptive regression spline (MARS). Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Sunan Ampel, Surabaya.
- [2]. Argina, A. M, 2020. Penerapan Metode Klasifikasi K-Nearest Neighbor pada Dataset Penderita Penyakit Diabetes. *Indonesian Journal of Data and Science*, Vol. 1, No. 2, 29–33.
- [3]. Budianto, R. E., Linawati, N. M., Arijana, I. G. K. N., Wahyuniari, I. A. I., & Wiryawan, I. G. N. S, 2022. Potensi Senyawa Fitokimia pada Tumbuhan dalam Menurunkan Kadar Glukosa Darah pada Diabetes Melitus. *Jurnal Sains Dan Kesehatan*, Vol. 4, No. 5, 548–556.
- [4]. Darwin, & Safarin Zurimi, 2019. Analisis Model Aplikatif Multivariate Adaptive Regression Spline (MARS) Terhadap Klasifikasi Faktor yang Mempengaruhi Masa Studi Mahasiswa FKIP Universitas Darussalam Ambon. *Jurnal Simetrik*, Vol. 9, No. 2, 250-255.
- [5]. Helmi, H., Aryati, F., & Anggraini, R, 2022. Evaluasi Pengobatan Pasien Diabetes Mellitus Dengan Hipertensi Di RSUD Abdul Wahab Sjahranie Samarinda. *Jurnal Sains Dan Kesehatan*, Vol. 4, No. 1, 9-12
- [6]. Mattalunru, M. R., Annas, S., & Aidid, M. K, 2022. Aplikasi Multivariate Adaptive Regression Splines (MARS) Untuk Mengetahui Faktor yang Mempengaruhi Curah Hujan di Kota Makassar. *VARIANSI: Journal of Statistics and Its Application on Teaching and Research*, Vol. 4, No. 1, 9-19
- [7]. Nariswari, R., & Rafikasari, E. F, 2019. Perbandingan Metode Analisis Diskriminan, Neural Network, Diskriminan Kernel, Regresi Logistic, Mars Untuk Data Bangkitan (Kombinasi Varians, Overlap Dan Korelasi). *Media Bina Ilmiah*, Vol. 13, No. 11, 1763-

1774.

- [8]. Panggabean, G. F., & Mansyur, A, 2023. Penerapan Multivariate Adaptive Regression Splines pada Laju Produk Domestik Regional Bruto Menurut Lapangan Usaha di Provinsi Sumatera Utara. *Jurnal Sains Dan Teknologi*, Vol. 2, No. 1, 159-171.
- [9]. Prihastuti Yasmirullah, S. D., Otok, B. W., Trijoyo Purnomo, J. D., & Prastyo, D. D, 2021. Modification of Multivariate Adaptive Regression Spline (MARS). *Journal of Physics: Conference Series*, Vol. 1863, No. 1, 1-10.
- [10]. Putra, R. Y., Roza, A., & Putri, H. M, 2021. Pendekatan Multivariate Adaptive Regression Splines Untuk Memodelkan Tingkat Kemiskinan Di Provinsi Sumatera Barat. *MAP (Mathematics and Applications) Journal*, Vol. 3, No. 2, 92-98
- [11]. Qi, X., Wang, H., Pan, X., Chu, J., & Chiam, K, 2021. Prediction of interfaces of geological formations using the multivariate adaptive regression spline method. *Underground Space (China)*, Vol. 6, No. 3, 252-266.
- [12]. Ramadhani, N. F., Siregar, K. N., Adrian, V., Sari, I. R., & Hikmahrachim, H. G, 2022. Hubungan Aktivitas Fisik dengan Diabetes Melitus pada Wanita Usia 20-25 di DKI Jakarta (Analisis Data Posbindu PTM 2019). *Jurnal Biostatistik, Kependudukan, Dan Informatika Kesehatan*, Vol. 2, No. 2, 72-78
- [13]. Risambessy, S., Aulele, S. N., & Lembang, F. K, 2022. Misclassification Analysis of Elementary School Accreditation Data in Ambon City Using Multivariate Adaptive Regression Spline. *Jurnal Matematika, Statistika Dan Komputasi*, Vol. 18, No. 3, 394-406.
- [14]. Shafana, N. R., & Gunawan, G, 2022. Analisis Faktor yang Mempengaruhi Kesadaran Penduduk dalam Vaksin Covid-19 Menggunakan Metode Multivariate Adaptive Regression Spline. *Jurnal Riset Matematika*, Vol. 1, No. 2, 154-162.
- [15]. Tamonob, O, 2020. Analisis Multivariate Adaptive Regression Splines (MARS) Untuk Mengklasifikasikan Status Desa di Provinsi Nusa Tenggara Timur. Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Institut Pertanian Bogor, Bogor.
- [16]. Widiyari, K. R., Wijaya, I. M. K., & Suputra, P. A, 2021. Diabetes Melitus Tipe 2: Faktor Risiko, Diagnosis, Dan Tatalaksana. *Ganesha Medicine*, Vol. 1, No. 2, 114-120.