



# Klasifikasi Kegagalan Pengobatan Penyakit Tuberkulosis (TB) di Kota Mataram Menggunakan Metode *Multivariate Adaptive Regression Splines* (MARS)

Lisa Harsyiah\*, Zulhan Widya Baskara, Jihadil Qudsi, Helmina Andriani, Dina Eka Putri

*Program Studi Statistika, FMIPA, Universitas Mataram, Mataram*

[lisa\\_harsyiah@unram.ac.id](mailto:lisa_harsyiah@unram.ac.id)

## Abstract

Tuberculosis (TB) is an infectious disease that affects the lungs and can spread through the air. Indonesia ranks second globally, contributing approximately 10% of the total TB cases worldwide. The Province of Nusa Tenggara Barat (NTB) has been recorded as having a high number of TB cases, with the City of Mataram being one of the areas with the highest incidence. Although TB can be cured through anti-tuberculosis drug (OAT) treatment for six months, the success rate of this treatment has declined since 2016. Several factors such as age, gender, education level, and other health conditions may influence treatment success. Therefore, evaluating treatment outcomes is very important, including monitoring the results of treatment to determine whether the treatment is successful or unsuccessful. In order to classify TB treatment failure, an effective statistical method that can be used is Multivariate Adaptive Regression Splines (MARS). MARS is a flexible nonparametric regression method capable of handling high-dimensional data, making it very useful for classifying data with many predictor variables. This study aims to classify TB treatment failure in the City of Mataram using the MARS method, with the expectation of improving treatment success in the region. Based on the analysis using the MARS method, the type of TB ( $X_5$ ) was found to be the main determining variable of treatment outcomes, with a fairly good overall classification accuracy of 80%.

**Keywords:** classification; MARS; treatment; tuberculosis

## Abstrak

Tuberkulosis (TB) merupakan penyakit infeksi yang menyerang paru-paru dan dapat menyebar melalui udara. Indonesia menempati peringkat kedua dengan kontribusi penderita TB sekitar 10% dari jumlah kasus global. Provinsi Nusa Tenggara Barat (NTB) tercatat memiliki jumlah penderita TB yang tinggi, dan Kota Mataram merupakan salah satu wilayah dengan kasus terbanyak. Meski TB dapat disembuhkan melalui pengobatan OAT selama enam bulan, tingkat keberhasilan pengobatan ini menurun sejak tahun 2016. Beberapa faktor seperti usia, jenis kelamin, tingkat pendidikan, serta kondisi kesehatan lainnya dapat mempengaruhi kesuksesan pengobatan. Oleh karena itu, evaluasi pengobatan sangat penting, termasuk dengan melakukan pemantauan hasil pengobatan untuk menentukan apakah pengobatan tersebut berhasil atau gagal. Dalam rangka mengklasifikasikan kegagalan pengobatan TB, metode statistika yang efektif untuk digunakan adalah *Multivariate Adaptive Regression Spline* (MARS). MARS merupakan metode regresi nonparametrik yang fleksibel dan mampu menangani data berdimensi

tinggi, sangat berguna untuk klasifikasi data dengan banyak variabel prediktor. Penelitian ini bertujuan untuk mengklasifikasikan kegagalan pengobatan TB di Kota Mataram menggunakan metode MARS, dengan harapan dapat meningkatkan keberhasilan pengobatan di wilayah tersebut. Berdasarkan hasil analisis menggunakan metode MARS pada 47 orang pasien TB menunjukkan bahwa jenis TB adalah variabel penentu utama hasil pengobatan TB di Kota Mataram dengan ketepatan klasifikasi keseluruhan yang cukup baik yaitu 80%.

**Kata Kunci:** klasifikasi; MARS; pengobatan; tuberkulosis

## 1. PENDAHULUAN

Tuberkulosis (TB) adalah penyakit infeksi yang disebabkan oleh bakteri *Mycobacterium tuberculosis* yang menyerang berbagai organ tubuh terutama paru-paru dan dapat menular antar manusia melalui udara, terutama saat seseorang yang terinfeksi batuk, bersin, atau berbicara (Yasmirullah et al, 2021). Menurut WHO, TB merupakan penyakit menular nomor dua penyebab kematian tertinggi di dunia setelah Covid 19. Berdasarkan data dari WHO, Indonesia berada di peringkat kedua setelah India dengan jumlah kasus TB terbanyak di dunia dengan persentase sekitar 10% (Pramesty et al, 2024).

Nusa Tenggara Barat (NTB) merupakan salah satu Provinsi di Indonesia yang memiliki tingkat penderita TB cukup tinggi. Pada tahun 2021, NTB menduduki peringkat ke-15 dari 34 Provinsi jumlah penderita TB terbanyak. Menurut NTB Satu Data tahun 2023 rata-rata penderita TB dalam tiga tahun terakhir adalah 8.602,33 kasus. Dari sepuluh kota/kabupaten yang ada di Provinsi NTB, Kota Mataram memiliki penderita TB terbanyak peringkat kedua setelah kabupaten Lombok Timur (NTB Satu Data, 2023). Hal ini menunjukkan bahwa kota Mataram adalah daerah yang rentan terhadap penyakit TB.

Walaupun TB adalah penyakit yang dapat dicegah dan disembuhkan dengan pengobatan OAT (Obat Anti-Tuberkulosis) selama enam bulan, akan tetapi tingkat keberhasilan pengobatan TB di Indonesia telah mengalami penurunan sejak tahun 2016. Pada populasi yang lebih rentan, ada resiko melewatkan dosis obat atau tidak dapat menyerap obat dengan baik, sehingga dapat meningkatkan resiko terjadinya kejadian yang tidak diharapkan dari pengobatan. Salah satu cara yang terpenting untuk mengevaluasi suatu program adalah dengan melakukan monitoring hasil pengobatan TB sehingga dapat diklasifikasikan apakah pengobatan dapat dinyatakan sukses atau gagal. Faktor-faktor yang mempengaruhi kesuksesan ataupun kegagalan hasil pengobatan pada pasien TB mencakup usia, jenis kelamin, tingkat pendidikan, status pekerjaan, jenis TB, hasil pemeriksaan laboratorium dan radiologi, sejarah pengobatan sebelumnya, kondisi penyakit penyerta, dan akses ke layanan Kesehatan (Wulandari and Ronoatmodjo, 2024).

Klasifikasi kegagalan pengobatan TB berdasarkan faktor-faktor yang mempengaruhinya dapat menggunakan Metode Statistika. Salah satu metode statistika untuk klasifikasi data adalah *Multivariate Adaptive Regression Spline* (MARS) (Ananda, et al, 2023).

MARS merupakan salah satu jenis pendekatan regresi nonparametrik yang diperkenalkan oleh Friedman pada tahun 1991. Model MARS tidak mengasumsikan hubungan fungsional antara variabel respon dan variabel prediktor dan mempunyai struktur fungsional yang fleksibel (Pramesty et al, 2024). MARS merupakan kombinasi metode *spline truncated* dengan *recursive partitioning regression*. Model MARS mengatasi kelemahan kedua metode tersebut sehingga menghasilkan model yang kontinu pada knot dan mampu mengidentifikasi adanya fungsi linear dan aditif. MARS dapat menghasilkan estimasi variabel respon yang lebih akurat dengan permasalahan data berdimensi tinggi yakni cukup banyaknya jumlah amatan dan variabel prediktor sebesar  $3 \leq n \leq 20$  (Sihombing, 2020).

Penelitian tentang TB sebelumnya pernah diteliti oleh Yasmirullah et al, (2021). dimana membahas tentang analisis faktor-faktor yang mempengaruhi kasus TB-MDR (*Tuberculosis Multi Drug Resistant*) di Kabupaten Lamongan sekaligus memprediksi kejadian TB-MDR di setiap kecamatan. Penelitian berikutnya dilakukan oleh Wulandari and Ronoatmodjo (2024) yang membahas determinan kegagalan pengobatan pada pasien Tuberkulosis sensitif obat dewasa di Provinsi Jawa Tengah menggunakan metode cox-regression. Selanjutnya Penelitian yang dilakukan oleh Abidin et al, (2023) tentang Klasifikasi penyakit TB menggunakan Metode Naive Bayes dimana yang diklasifikasikan adalah status positif/negatifnya diagnosis penyakit TB.

Berdasarkan beberapa penelitian terdahulu maka kebaharuan dari penelitian ini adalah dilakukan analisis kegagalan pengobatan penyakit TB di Kota Mataram menggunakan metode MARS dimana belum ada penelitian yang mengangkat topik ini untuk kasus TB di Kota Mataram. Oleh karena itu dilakukan penelitian untuk mengklasifikasikan kegagalan pengobatan penyakit TB di kota Mataram menggunakan metode MARS dengan variabel yang mempengaruhi yaitu usia, jenis kelamin, status pekerjaan, riwayat TB, jenis TB, tipe diagnose TB, status Diabetes Melitus dan jarak ke Fasyankes. Hasil penelitian diharapkan akan diperoleh faktor apa saja yang sekiranya mempengaruhi kegagalan pengobatan.

## 2. METODE PENELITIAN

Adapun metode penelitian yang dilakukan merupakan penelitian kuantitatif menggunakan MARS dengan langkah – langkah sebagai berikut:

1. Tahap pertama melakukan studi literatur dengan cara mempelajari serta mengumpulkan informasi yang berkaitan dengan penelitian, dengan tujuan untuk mendapatkan konsep serta metode yang berhubungan dengan masalah.
2. Pengumpulan data  
Data yang digunakan adalah data pasien TB di Kota Mataram dengan sampel yang digunakan adalah pasien TB di Puskesmas Cakranegara. Adapun data yang dikumpulkan berupa jumlah pasien TB pada tahun 2025 yaitu sebanyak 47 orang

serta faktor yang mempengaruhi yaitu usia, jenis kelamin, status pekerjaan, riwayat TB, jenis TB, tipe diagnose TB, status Diabetes Melitus dan jarak ke Fasyankes.

### 3. Pemeriksaan Multikolinearitas

Pemeriksaan multikolinearitas dilakukan untuk mengetahui ada atau tidaknya hubungan yang kuat antar variabel prediktor dalam suatu model regresi. Apabila antar variabel predictor memiliki korelasi yang tinggi, maka hubungan antara variabel prediktor dengan variabel respon dapat menjadi tidak stabil atau terganggu. Indikasi adanya multikolinearitas dapat dilihat melalui nilai *Tolerance* dan VIF (Variance Inflation Factor). Suatu model regresi dianggap tidak mengalami masalah multikolinearitas apabila nilai VIF  $VIF < 10$ . Nilai VIF sendiri dapat dihitung menggunakan persamaan berikut (Ananda et al, 2023):

$$VIF = \frac{1}{(1-R_i^2)} \quad (1)$$

Keterangan:

$R_i^2$  = Koefisien determinasi

### 4. Mengkombinasikan nilai BF, MI, MO

Selanjutnya menganalisis data menggunakan *Multivariate Adaptive Regression Spline* dengan langkah awal mengkombinasikan besarnya fungsi basis (BF), maksimum interaksi (MI) dan minimum observasi (MO).

### 5. Mengestimasi model MARS dan memilih model terbaik

Adapun persamaan umum MARS seperti persamaan berikut (Arizal et al, 2022):

$$f(x) = a_0 + \sum_{m=1}^M a_m \prod_{k=1}^{K_m} [S_{km} \cdot (x_{v(k,m)} - t_{km})] \quad (2)$$

Keterangan:

$a_0$  = basis fungsi induk

$a_m$  = koefisien dari fungsi basis ke- $m$

$M$  = banyaknya maksimum fungsi basis

$K_m$  = derajat interaksi pada fungsi basis ke- $m$

$S_{km}$  = bernilai 1 jika  $x$  terletak di kanan titik knot dan bernilai -1 jika  $x$  terletak di kiri titik knot

$x_{v(k,m)}$  = variabel predictor ke- $v$

$t_{km}$  = nilai knot dari variabel prediktor  $x_{v(k,m)}$

Penetapan model terbaik berdasarkan pada nilai nilai GCV minimum dari kombinasi fungsi basis (BF), maksimum interaksi (MI) dan minimum observasi (MO).

Adapun persamaan GCV adalah sebagai berikut:

$$GCV(M) = \frac{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n [y_i - \hat{f}_M(x_i)]^2}{[n^{-1} \text{tr}(\mathbf{I} - \mathbf{H})]^2} \quad (3)$$

dengan,

$I$  = Matriks identitas

$M$  = jumlah fungsi basis

$x_i$  = variabel predictor

$y_i$  = variabel respon

$n$  = banyaknya pengamatan

$H = [B(B^tB)^{-1}B^t]$

6. Menguji signifikansi model MARS menggunakan uji F untuk uji simultan dan uji t untuk uji parsial (Parida, 2023).

a. Pengujian secara simultan

- Rumusan Hipotesis:

$H_0: a_1 = 0$  (model tidak signifikan)

$H_1: \text{minimal terdapat satu } a_m \neq 0$  (model tidak signifikan)

- Taraf signifikansi:  $\alpha$
- Statistika Uji

$$F_{hitung} = \frac{\sum_{i=1}^n (\hat{y}_i - \bar{y})^2 / M - 1}{\sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2 / (N - M - 1)} \tag{4}$$

- Daerah kritis:

Tolak  $H_0$  jika nilai  $F > F_{\frac{\alpha}{2}(M-1; N-M-1)}$  atau  $p_{value} < \alpha$

b. Pengujian secara parsial (Parida, 2023):

- Rumusan Hipotesis:

$H_0: a_m = 0$  (koefisien  $a_m$  tidak berpengaruh terhadap model)

$H_1: a_m \neq 0$  (koefisien  $a_m$  berpengaruh terhadap model)

- Taraf signifikansi:  $\alpha$
- Statistika Uji

$$t_{hitung} = \frac{\hat{a}_m}{SE(\hat{a}_m)} \tag{5}$$

- Daerah kritis:

Tolak  $H_0$  jika  $|t_{hitung}| > t_{(\frac{\alpha}{2}, n-M)}$  atau  $p_{value} < \alpha$

7. Menghitung ketepatan klasifikasi menggunakan *Apparent Error Rate* (APER).

**Tabel 1.** *Confusion Matrix* Klasifikasi MARS

Aktual	Prediksi		Total
	$\pi_1$	$\pi_2$	
$\pi_1$	$n_{11}$	$n_{12}$	$n_{11} + n_{12}$
$\pi_2$	$n_{21}$	$n_{22}$	$n_{21} + n_{22}$
Total	$n_{11} + n_{21}$	$n_{12} + n_{22}$	$N = n_{11} + n_{12} + n_{21} + n_{22}$

### 8. Interpretasi hasil

Setelah model klasifikasi diperoleh maka dilakukan interpretasi sehingga diperoleh faktor apa saja yang mempengaruhi kegagalan pengobatan penyakit TB.

## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada penelitian ini dilakukan analisis terkait kegagalan pengobatan pasien TB di Kota Mataram dengan variabel yang mempengaruhi disajikan dalam tabel berikut:

**Tabel 2.** Variabel Penelitian

No.	Variabel	Keterangan	Kategori
1.	$Y$	Hasil akhir pengobatan	1 = Negatif bulan ke-5 2 = Negatif bulan ke-2
2.	$X_1$	Usia	1 = 10 – 30 tahun 2 = 31 -51 tahun 3 = 52 – 72 tahun 4 = 73 – 93 tahun
3.	$X_2$	Jenis kelamin	1 = Laki-laki 2 = Perempuan
4.	$X_3$	Status Pekerjaan	1 = Belum bekerja 2 = Bekerja
5.	$X_4$	Riwayat TB	1 = Baru (New Case) 2 = Lama (Lost to follow up)
6.	$X_5$	Jenis TB	1 = Ekstra paru 2 = TB paru
7.	$X_6$	Tipe diagnosa TB	1 = Terkonfirmasi bakteriologi 2 = Terdiagnosis klinis
8.	$X_7$	Status DM	1 = Tidak DM 2 = DM
9.	$X_8$	Jarak ke Fasyankes	1 = Dalam kecamatan 2 = Luar kecamatan

### 3.1 Pemeriksaan Multikolinearitas

Selanjutnya dari data yang diperoleh, dilakukan pengecekan multikolinearitas menggunakan persamaan 1. Adapun perhitungan nilai VIF untuk variabel pertama adalah sebagai berikut:

$$\hat{\beta} = (X^T X)^{-1} X^T Y$$

dimana,

$$X = \begin{bmatrix} 1 & X_{1,2} & \dots & X_{1,8} \\ 1 & X_{2,2} & \dots & X_{2,8} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 1 & X_{47,2} & \dots & X_{47,8} \end{bmatrix} \text{ dan } Y = \begin{bmatrix} Y_1 \\ Y_2 \\ \vdots \\ Y_{47} \end{bmatrix}$$

Sehingga estimator  $\hat{\beta}$  sebagai berikut:

$$\hat{\beta} = \left( \begin{bmatrix} 1 & 1 & \dots & 1 \\ 1 & 2 & \dots & 2 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 1 & 1 & \dots & 1 \end{bmatrix}^T \begin{bmatrix} 1 & 1 & \dots & 1 \\ 1 & 2 & \dots & 2 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 1 & 1 & \dots & 1 \end{bmatrix} \right)^{-1} \begin{bmatrix} 1 & 1 & \dots & 1 \\ 1 & 2 & \dots & 2 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 1 & 1 & \dots & 1 \end{bmatrix}^T \begin{bmatrix} 1 \\ 2 \\ \vdots \\ 2 \end{bmatrix}$$

$$\hat{\beta} = \begin{bmatrix} 2.557 \\ -0.669 \\ -0.620 \\ -0.267 \\ 0.993 \\ -0.167 \\ 0.174 \\ -0.108 \end{bmatrix}$$

Kemudian diperoleh nilai estimasi parameter dan persamaan model regresinya yaitu:

$$y(x_1) = 2.557 - 0.669x_2 - 0.620x_3 - 0.267x_4 + 0.993x_5 - 0.167x_6 + 0.174x_7 - 0.108x_8$$

Berdasarkan model regresi di atas, selanjutnya dihitung nilai  $R_j^2$  sebagai berikut:

$$R_j^2 = \frac{\sum_{i=1}^{47} (\hat{y}_i - \bar{y})^2}{\sum_{i=1}^{47} (y_i - \bar{y})^2}$$

$$R_1^2 = \frac{(\hat{y}_1 - \bar{y})^2 + \dots + (\hat{y}_{47} - \bar{y})^2}{(y_1 - \bar{y})^2 + \dots + (y_{47} - \bar{y})^2}$$

$$R_1^2 = \frac{(2.88666 - 2.319149)^2 + \dots + (2.26686 - 2.319149)^2}{(1 - 2.319149)^2 + \dots + (2 - 2.319149)^2}$$

$$R_1^2 = \frac{(0.567511)^2 + \dots + (-0.052289)^2}{(-1.319149)^2 + \dots + (-0.319149)^2}$$

$$R_1^2 = \frac{0.322069 + \dots + 0.002734}{1.740153 + \dots + 0.101856}$$

$$R_1^2 = 0.220$$

Selanjutnya didapatkan nilai koefisien determinasi, yaitu sebesar 0,220 yang kemudian digunakan untuk memperoleh nilai VIF sebagai berikut:

$$VIF = \frac{1}{(1 - R_j^2)}$$

$$= \frac{1}{(1 - R_1^2)}$$

$$= \frac{1}{(1 - 0.220)}$$

$$= \frac{1}{0.78}$$

$$= 1.282$$

Perhitungan dengan cara yang sama dilakukan untuk semua variabel prediktor hingga ditemukan nilai VIF dari masing-masing variabel prediktor. Berikut nilai VIF lengkap dapat dilihat pada Tabel 3 berikut.

**Tabel 3. Hasil Uji Multikolinieritas**

Variabel	VIF
$X_1$	1.282
$X_2$	1.117
$X_3$	1.179
$X_4$	1.031
$X_5$	1.455
$X_6$	1.420
$X_7$	1.134
$X_8$	1.060

Berdasarkan hasil uji multikolinieritas pada Tabel 3, dapat dilihat bahwa tidak terjadi multikolinieritas pada semua variabel prediktor yang digunakan. Sehingga semua variabel dapat digunakan untuk analisis tahap selanjutnya.

### 3.2 Pemodelan Menggunakan *Multivariate Adaptive Regression Spline* (MARS)

Pemodelan MARS dilakukan dengan cara *trial and error* menggunakan metode stepwise (forward dan backward) dengan mengkombinasikan nilai BF, MI, dan MO sehingga didapatkan nilai terbaik berdasarkan nilai GCV minimum. Pemilihan maksimal jumlah basis fungsi adalah sebesar dua sampai empat kali banyaknya jumlah variabel prediktor yaitu 16, 24, dan 32. Selanjutnya melalui estimasi menggunakan metode OLS dengan persamaan:

$$\hat{\alpha} = (B^T B)^{-1} B^T Y$$

atau dapat ditulis dalam bentuk berikut:

$$\hat{\alpha} = \begin{bmatrix} \alpha_1 \\ \alpha_2 \\ \vdots \\ \alpha_m \end{bmatrix}$$

Setelah dilakukan perhitungan manual diperoleh estimator  $\hat{\alpha}$  sebagai berikut:

$$\hat{\alpha} = \left( \begin{bmatrix} 1 & 3 & \dots & 1 \\ 1 & 1 & \dots & 2 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 1 & 2 & \dots & 1 \end{bmatrix}^T \begin{bmatrix} 1 & 3 & \dots & 1 \\ 1 & 1 & \dots & 2 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 1 & 2 & \dots & 1 \end{bmatrix} \right)^{-1} \begin{bmatrix} 1 & 3 & \dots & 1 \\ 1 & 1 & \dots & 2 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 1 & 2 & \dots & 1 \end{bmatrix}^T \begin{bmatrix} 1 \\ 2 \\ \vdots \\ 2 \end{bmatrix}$$

$$\hat{\alpha} = \begin{bmatrix} 0.2 \\ 0.8 \end{bmatrix}$$

Nilai dugaan variabel respon dapat ditulis dalam bentuk:

$$\widehat{f}_M(x_i) = \hat{f}(x) = \sum_{m=1}^M \alpha_m(x) BF_m(x)$$

Adapun perhitungan nilai GCV pada pemodelan menggunakan metode MARS adalah dapat menggunakan persamaan (2) sebagai berikut:

$$GCV = \frac{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n [y_i - \hat{f}_M(x_i)]^2}{[n^{-1} \text{tr}(\mathbf{I} - \mathbf{H})]^2}$$

$$GGCV = \frac{0.187234}{0.617021}$$

$$GCV = 0.491795$$

Perhitungan dengan cara yang sama dilakukan untuk semua kombinasi nilai BF, MI, dan MO hingga ditemukan nilai GCV paling minimum. Hasil Pemodelan MARS dapat dilihat pada Tabel 4 berikut.

**Tabel 4.** Hasil Pemodelan MARS

No	BF	MI	MO	GCV	MSE
1	16	1	0	0.1747934	0.1531915
2	16	1	1	0.1747934	0.1531915
3	16	1	2	0.1747934	0.1531915
4	16	1	3	0.1747934	0.1531915
5	16	2	0	0.1788347	0.1531915
6	16	2	1	0.1788347	0.1531915
7	16	2	2	0.1788347	0.1531915
8	16	2	3	0.1788347	0.1531915
9	16	3	0	0.1788347	0.1531915
10	16	3	1	0.1788347	0.1531915
11	16	3	2	0.1788347	0.1531915
12	16	3	3	0.1788347	0.1531915
13	24	1	0	0.1747934	0.1531915
14	24	1	1	0.1747934	0.1531915
15	24	1	2	0.1747934	0.1531915
16	24	1	3	0.1747934	0.1531915
17	24	2	0	0.1788347	0.1531915
18	24	2	1	0.1788347	0.1531915
19	24	2	2	0.1788347	0.1531915
20	24	2	3	0.1788347	0.1531915
21	24	3	0	0.1788347	0.1531915
22	24	3	1	0.1788347	0.1531915
23	24	3	2	0.1788347	0.1531915
24	24	3	3	0.1788347	0.1531915
25	32	1	0	0.1747934	0.1531915
26	32	1	1	0.1747934	0.1531915
27	32	1	2	0.1747934	0.1531915
28	32	1	3	0.1747934	0.1531915
29	32	2	0	0.1788347	0.1531915
30	32	2	1	0.1788347	0.1531915

31	32	2	2	0.1788347	0.1531915
32	32	2	3	0.1788347	0.1531915
33	32	3	0	0.1788347	0.1531915
34	32	3	1	0.1788347	0.1531915
35	32	3	2	0.1788347	0.1531915
36	32	3	3	0.1788347	0.1531915

Berdasarkan kriteria pemilihan model MARS, maka model terbaik dengan nilai GCV minimum sebesar 0.1747934 dan nilai MSE sebesar 0.1531915 dengan kombinasi BF = 16, MI = 1, MO = 0 sebagai berikut:

$$\hat{f}(x) = 0.2 + 0.8BF_1$$

$$BF_1 = X_5$$

### 3.3 Tingkat Kepentingan Variabel

Pemodelan yang didapat dengan metode MARS, dapat diketahui variabel-variabel yang berpengaruh secara signifikan terhadap model MARS. Kriteria yang digunakan untuk mengetahui tingkat kepentingan variabel pada model MARS, yaitu menggunakan nilai *Residual Sum of Squares* (RSS). Adapun RSS yang akan diturunkan apabila variabel terkait tidak dimasukkan ke dalam model dan perhitungan manual untuk tingkat kepentingan variabel sebagai berikut:

$$RSS_{X_5} = \sum_{i=1}^{47} (y_i - f(x_i))^2$$

$$RSS_{X_5} = (3 - 2,6)^2 + \dots + (1 - 1)^2$$

$$RSS_{X_5} = 100$$

Kemudian tingkat kepentingan dari masing-masing variabel prediktor dapat dilihat pada tabel berikut:

**Tabel 5.** Tingkat Kepentingan Variabel

Variabel	GCV	RSS
$X_5$	100.0	100.0
$X_1$	0.0	0.0
$X_2$	0.0	0.0
$X_3$	0.0	0.0
$X_4$	0.0	0.0
$X_6$	0.0	0.0
$X_7$	0.0	0.0
$X_8$	0.0	0.0

Berdasarkan Tabel 5 ditunjukkan bahwa variabel yang memberikan pengaruh dominan dengan kriteria GCV adalah jenis TB dengan skor 100. Sedangkan variabel lainnya tidak memberikan pengaruh apapun karena skornya 0.

### 3.3 Pengujian Signifikansi Model MARS

#### 1. Pengujian Koefisien Regresi Simultan (Serentak)

Pengujian ini dilakukan untuk mengevaluasi kecocokan model. Hipotesis pada pengujian ini yaitu:

$H_0 : \alpha_1 = \alpha_2 = \dots = \alpha_m = 0$  (model tidak signifikan)

$H_1 : \text{minimal terdapat satu } \alpha_m \neq 0; m = 1, 2, \dots, M$  (model signifikan)

Pengambilan keputusan pada uji simultan berdasarkan nilai  $F_{hitung}$  sebagai berikut:

$$F_{hitung} = \frac{\sum_{i=1}^n (|\hat{y}_i| - |\bar{y}|)^2 / M - 1}{\sum_{i=1}^n (|y_i| - |\hat{y}_i|)^2 / N - M - 1}$$

$$F_{hitung} = \frac{\frac{(|\hat{y}_1| - |\bar{y}|)^2 + \dots + (|\hat{y}_{47}| - |\bar{y}|)^2}{2 - 1}}{\frac{(|y_1| - |\hat{y}_1|)^2 + \dots + (|y_{47}| - |\hat{y}_{47}|)^2}{47 - 2 - 1}}$$

$$F_{hitung} = \frac{\frac{(1.8 - 1.7659574)^2 + \dots + (1.8 - 1.7659574)^2}{1}}{\frac{(1 - 1.8)^2 + \dots + (2 - 1.8)^2}{44}}$$

$$F_{hitung} = \frac{\frac{0.001159 + 0.001159 + \dots + 0.001159}{2}}{\frac{0.64 + 0.04 + \dots + 0.04}{44}}$$

$$F_{hitung} = \frac{1.225532}{0.163636}$$

$$F_{hitung} = 7.48936$$

Kemudian nilai  $F_{tabel}$  adalah  $F_{\alpha(M-1;N-M-1)} = F_{0.05(1;44)} = 4.06$ . Karena nilai  $F_{hitung} > F_{tabel}$  maka berpengaruh signifikan terhadap model.

#### 2. Pengujian Koefisien Regresi Parsial

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh variabel prediktor terhadap variabel respon. Hipotesis pada pengujian ini yaitu:

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

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

Pengambilan keputusan pada uji parsial berdasarkan nilai  $t_{hitung}$  sebagai berikut:

$$t_{hitung} = \frac{\hat{\alpha}_m}{SE(\hat{\alpha}_m)} = \frac{\hat{\alpha}_m}{\sqrt{Var(\hat{\alpha}_m)}} = \frac{\hat{\alpha}_m}{\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (|y_i| - |\hat{y}_i|)^2}{N - M - 1} \times c_m}}$$

dengan,

$c_m$  adalah elemen atau unsur dari matriks  $C$

Matriks  $C$  adalah matriks yang berisi nilai elemen-elemen pada diagonal utama matriks basis fungsi  $(B^T B)^{-1}$ , yaitu:

$$(B^T B)^{-1} = \left( \begin{bmatrix} 1 & 3 & \dots & 1 \\ 1 & 1 & \dots & 2 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 1 & 2 & \dots & 1 \end{bmatrix}^T \begin{bmatrix} 1 & 3 & \dots & 1 \\ 1 & 1 & \dots & 2 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 1 & 2 & \dots & 1 \end{bmatrix} \right)^{-1}$$

$$(B^T B)^{-1} = \begin{bmatrix} 2.022222 & -1.022222 \\ -1.022222 & 0.522222 \end{bmatrix}$$

Sehingga diperoleh matriks  $C$  sebagai berikut:

$$C = \begin{bmatrix} 2.022222 \\ 0.522222 \end{bmatrix}$$

Perhitungan nilai  $t_{hitung}$  pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

$$t_{(intercept)} = \frac{0.2}{\sqrt{0.163636 \times 2.022222}} = 0.34768$$

$$t_{(BF1)} = \frac{0.8}{\sqrt{0.163636 \times 0.0522222}} = 2.73667$$

Kemudian nilai  $t_{tabel}$  adalah sebagai berikut:

$$t_{\frac{\alpha}{2}(n-M)} = t_{0.025(45)} = 2.014$$

Sehingga diperoleh nilai  $|t_{hitung}| > t_{tabel}$  maka berpengaruh secara signifikan terhadap model.

### 3.4 Pengujian Signifikansi Model MARS

Klasifikasi berisi tentang jumlah kelompok aktual dan prediksi untuk setiap kategori variabel independen. Kelompok aktual adalah kelompok data asli sebelum dibagi ke dalam data training dan data testing pada proses menemukan model MARS. Kelompok prediksi adalah data yang berasal dari data testing yang digunakan untuk menentukan jumlah klasifikasi benar dan salah pada model. Pembagian data training sebesar 90% (42 data) dan data testing sebesar 10% (20 data) untuk melakukan pengklasifikasian MARS. Berikut hasil *confusion matrix* klasifikasi MARS ditunjukkan pada tabel berikut:

**Tabel 6. Confusion Matrix Klasifikasi MARS**

Prediksi	Aktual		Total
	Negatif Bulan ke-5	Negatif Bulan ke-2	
Negatif Bulan ke-5	1	4	5
Negatif Bulan ke-2	0	15	15
<b>Total</b>	1	19	20

Berdasarkan Tabel 6, diperoleh beberapa keterangan sebagai berikut:

- Nilai **True Positive (TP) = 1**, yaitu kasus ketika model memprediksi “Negatif Bulan ke-5” dan hasil aktualnya juga benar “Negatif Bulan ke-5”.
- Nilai **False Positive (FP) = 4**, yaitu kasus ketika model salah memprediksi sebagai “Negatif Bulan ke-5” padahal sebenarnya termasuk “Negatif Bulan ke-2”.
- Nilai **False Negative (FN) = 0**, artinya tidak ada kasus aktual “Negatif Bulan ke-5” yang salah diklasifikasikan menjadi “Negatif Bulan ke-2”.
- Nilai **True Negative (TN) = 15**, yaitu kasus ketika model memprediksi “Negatif Bulan ke-2” dan hasil aktualnya memang sesuai.

Kemudian dapat diketahui evaluasi model MARS, dengan menghitung nilai kesalahan dan ketepatan klasifikasi sebagai berikut:

$$APER (\%) = \frac{4 + 0}{1 + 4 + 0 + 15} \times 100 = 20\%$$

### 3.4 Interpretasi Model MARS

Berdasarkan model MARS yang diperoleh dari hasil analisis, maka dapat dilakukan interpretasi sebagai berikut:

$$\begin{aligned}\hat{f}(x) &= 0.2 + 0.8BF_1 \\ BF_1 &= X_5\end{aligned}$$

Model MARS menunjukkan bahwa jenis TB ( $X_5$ ) adalah variabel penentu utama hasil pengobatan. Nilai koefisien 0.8 memberi bobot besar pada perbedaan antara jenis TB, sementara konstanta 0.2 hanya sedikit menggeser hasil prediksi. Misalnya pasien dengan ekstra paru ( $X_5 = 1$ ) diprediksi akan mencapai hasil negatif lebih lambat, yaitu bulan ke-5. Sedangkan, pasien dengan TB paru ( $X_5 = 2$ ) diprediksi akan lebih cepat mencapai hasil negatif, yaitu bulan ke-2.”

## 4. SIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis menggunakan 47 pasien penderita TB di Puskesmas Cakranegara, diperoleh bahwa yang mempengaruhi kegagalan pengobatan penyakit TB di Kota Mataram adalah faktor jenis TB dengan ketepatan klasifikasi menggunakan model MARS yaitu 80% yang berarti kinerja metode MARS dalam mengklasifikasikan kasus TB cukup baik.

## 5. UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kepada Universitas Mataram yang telah memberikan kesempatan dan memfasilitasi sehingga kegiatan penelitian yang berjudul terkait Analisis Survival

Pasien TB di Provinsi NTB Menggunakan Pendekatan *Multivariate Adaptive Regression Spline* (MARS). ini dapat dilaksanakan

## 6. REKOMENDASI

Rencana penelitian selanjutnya akan dilakukan penelitian terkait analisis survival pasien TB di Provinsi NTB menggunakan pendekatan *Multivariate Adaptive Regression Spline* (MARS). Sampel yang digunakan untuk penelitian selanjutnya akan diperluas sehingga diharapkan akan mendapatkan model survival yang lebih bagus.

## 7. REFERENSI

- Abidin, A. A., Goejantoro, R., & Fathurahman, M. (2023). Klasifikasi penyakit tuberkulosis menggunakan metode Naive Bayes (Studi kasus: Data pasien di Puskesmas Petung Kabupaten Penajam Paser Utara). *Eksponensial*, 14(1), 11. <https://doi.org/10.30872/eksponensial.v14i1.1031>
- Ananda, R. F., Harsyiah, L., & Alfian, M. R. (2023). Classification of perceptions of the COVID-19 vaccine using multivariate adaptive regression spline. *Jurnal Varian*, 6(2), 137–148. <https://doi.org/10.30812/varian.v6i2.2639>
- Angka cakupan penemuan dan pengobatan kasus tuberkulosis (treatment coverage TBC) di Nusa Tenggara Barat. (n.d.). Satu Data NTB. <https://share.google/MLrhO4lpiSOHGjogh>
- Arizal, M., Fitriyani, N., & Syechah, B. N. (2024). Modeling factors affecting poverty in Nusa Tenggara using the multivariate adaptive regression spline (MARS) method. *MIMS*, 24(2), 161–173.
- Parida, W. (2023). *Penerapan metode multivariate adaptive regression splines dalam pendugaan lama studi mahasiswa matematika FMIPA Universitas Mataram* (Skripsi). Universitas Mataram.
- Pramesty, A., & Nofrika, V. (2024). Pengetahuan masyarakat tentang penyakit TBC di RW 001 Pulogebang Jakarta Timur periode Maret–April 2024. [*Nama Jurnal Tidak Tersedia*], 2(2), 31–38.
- Rofiq, A., Wuryandari, T., & Rahmawati, R. (2016). Perbandingan analisis diskriminan Fisher dan Naïve Bayes untuk klasifikasi risiko kredit (Studi kasus debitur di Koperasi Jateng Amanah Mandiri Cabang Sukorejo Kendal). *Jurnal Gaussian*, 5(1), 1–10.
- Sihombing, E. D., Sriliana, I., Rini, D. S., & Statistika, P. S. (2024). Klasifikasi status rumah tangga di Provinsi Bengkulu menggunakan multivariate adaptive regression spline (MARS). *Jurnal Gaussian*, 13(1), 145–155. <https://doi.org/10.14710/j.gauss.13.1.145-155>
- Wulandari, E., & Ronoatmodjo, S. (n.d.). Determinan kegagalan pengobatan pada pasien TBC. <https://doi.org/10.7454/epidkes.v8i1.1100>
- Yasmirullah, S. D. P., Otok, B. W., Purnomo, J. D. T., & Prastyo, D. D. (2021). Parameter estimation of multivariate adaptive regression spline (MARS) with stepwise approach to

multi drug-resistant tuberculosis (MDR-TB) modeling in Lamongan Regency. *Journal of Physics: Conference Series*, 1752(1), 012017. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1752/1/012017>