

PENDEKATAN *MULTIVARIATE ADAPTIVE REGRESSION SPLINES* UNTUK MEMODELKAN TINGKAT KEMISKINAN DI PROVINSI SUMATERA BARAT

MULTIVARIATE ADAPTIVE REGRESSION SPLINES APPROACH FOR MODELLING THE POVERTY RATE IN WEST SUMATERA

Romy Yunika Putra^{1§}, Afnita Roza², Hesti Maria Putri³

¹Universitas Islam Negeri Imam Bonjol Padang [Email: romy.yunikaputra@uinib.ac.id]

²Badan Pusat Statistik Kota Padang [Email: afnita@bps.go.id]

³Universitas Islam Negeri Imam Bonjol Padang [Email: hestimariaputri@uinib.ac.id]

[§]Corresponding Author

Received August 08th 2021; Accepted Nov 18th 2021; Published Dec 01st 2021;

Abstrak

Multivariate Adaptive Regression Splines (MARS) merupakan salah satu metode statistik yang menggunakan pendekatan regresi nonparametrik. Regresi nonparametrik digunakan apabila tidak terdapat informasi tentang bentuk fungsi dan tidak ada pola hubungan antara variabel dependen dengan variabel independen. Pada penelitian ini metode MARS diaplikasikan pada data tingkat kemiskinan di Provinsi Sumatera Barat. Unit observasi pada penelitian ini adalah 19 Kabupaten/Kota di Provinsi Sumatera Barat. Hasil penelitian menunjukkan bahwa model MARS terbaik adalah dengan menggunakan Basis Fungsi (BF) = 18, Maksimum Interaksi (MI) = 2, dan Minimum Observasi (MO) = 3 dengan GCV yang dihasilkan sebesar 0,001 dan nilai R^2 sebesar 99,99%. Variabel independen yang memberikan kontribusi terhadap tingkat kemiskinan pada model terbaik secara berturut-turut adalah Tingkat Partisipasi Angkatan Kerja (X_3) sebesar 100%, Jumlah Puskesmas (X_5) sebesar 55,5%, Angka Harapan Hidup (X_4) sebesar 45%, Rumah Tangga yang Menempati Rumah dengan Status Tidak Milik Sendiri (X_6) sebesar 28,6%, dan Angka Partisipasi Sekolah (X_1) sebesar 19,5%.

Kata Kunci: Kemiskinan, MARS, Regresi Nonparametrik

Abstract

Multivariate Adaptive Regression Splines (MARS) is a statistical method that use a nonparametric regression approach. Nonparametric regression is used if there is no information about the form of the function and there is no pattern of correlation between the dependent variable and the independent variable. In this study, the MARS method was applied to poverty rate data in the West Sumatera Province. Observation unit in this study were 19 districts/cities in West Sumatera Province. The result shows that the best MARS model is the Basis Function (BF) = 18, the Maximum Interaction (MI) = 2, and the Minimum Observation (MO) = 3, with GCV result is 0.001 and the value of R^2 is 99.99%. The independent variables that contribute to the poverty rate from highest to the lowest model are the labor force participation rate (X_3) is 100%, the number of health centers (X_5) is 55.5%, the life expectancy is 45%, the households whom occupying a house without owning it (X_6) is 28.6%, and the school participation rate (X_1) of 19.5%.

Keywords: Poverty, MARS, Nonparametric Regression

1. Pendahuluan

Analisis regresi adalah salah satu metode statistika yang digunakan untuk melihat hubungan dan pengaruh antara variabel dependen dengan variabel independen. Terdapat tiga pendekatan dalam analisis regresi yaitu regresi parametrik, regresi nonparametrik dan regresi semiparametrik. *Multivariate Adaptive Regression Spline (MARS)* adalah salah satu bentuk pendekatan dari regresi nonparametrik. Pendekatan regresi nonparametrik digunakan apabila tidak terdapat informasi tentang bentuk fungsi dan ada pola hubungan antara variabel dependen dengan variabel independen [1].

Multivariate Adaptive Regression Spline (MARS) adalah salah satu bentuk pendekatan dari regresi nonparametrik. Pendekatan regresi nonparametrik digunakan apabila tidak terdapat informasi tentang bentuk fungsi dan tidak ada pola hubungan antara variabel dependen dengan variabel independen [2]. Metode MARS mengutamakan fleksibilitas pada data yang berdimensi tinggi dan memiliki fleksibilitas dalam memodelkan hubungan yang hampir adaptif atau melibatkan interaksi paling banyak pada beberapa variabel [3].

Penelitian tentang MARS pernah dilakukan oleh [4] yang mengaplikasikan pada kasus *Tuberculosis* di Kabupaten Lamongan. [5] mengaplikasikan metode MARS pada jumlah kasus demam berdarah di Provinsi Sumatera Barat. [6] [7] menggabungkan metode *Bootstrap Aggregating* dengan MARS untuk meningkatkan akurasi pada metode MARS. [8] [9] menggunakan metode MARS dengan dua

variabel respon. [10] menggunakan *Smooth Support Vector Machine* dan *Multivariate Adaptive Regression Spline* untuk mendiagnosis kanker payudara. [11] melakukan modifikasi terhadap MARS. [12] menggabungkan metode MARS dengan *Generalized Poisson* pada kasus jumlah kematian ibu.

Selain itu, [13] melakukan penelitian tentang asimtotik model MARS. [14] melakukan estimasi Spline dan MARS dengan menggunakan kuadrat terkecil. [15] melakukan penelitian untuk melihat ketepatan klasifikasi status diabetes menggunakan metode MARS. Sedangkan, penelitian ini menggunakan metode MARS untuk memodelkan tingkat kemiskinan di Provinsi Sumatera Barat.

Saat sekarang ini dunia masih dilanda wabah virus Covid-19. Salah satu negara yang terdampak virus covid-19 adalah Indonesia. Hal ini tidak hanya berdampak pada sektor kesehatan, akan tetapi juga berdampak hampir pada semua sektor, termasuk sektor ekonomi. Adanya pembatasan aktivitas masyarakat berpengaruh terhadap aktivitas bisnis sehingga berdampak pada perekonomian.

Menurut data Badan Pusat Statistik (BPS) jumlah penduduk miskin di Indonesia pada tahun 2020 mengalami kenaikan sebesar 5,09% dibandingkan tahun sebelumnya yakni 25,14 juta.. Tercatat pada tahun 2020 jumlah penduduk miskin di Indonesia berjumlah 26,42 juta.

Sumatera Barat merupakan salah satu Provinsi di Indonesia dimana jumlah kemiskinannya mengalami peningkatan. Menurut

data BPS Provinsi Sumatera Barat, jumlah penduduk miskin di Sumatera Barat mengalami kenaikan sebesar 20 ribu jiwa pada rentang maret sampai september 2020. Jumlah penduduk miskin pada maret 2020 sebesar 344 ribu jiwa, menjadi 364 ribu jiwa pada September 2020.

2. *Multivariate Adaptive Regression Splines*

MARS merupakan kombinasi kompleks antara *truncated spline* dengan *Recursive Partitioning Regression* (RPR) [3]. Melalui kombinasi tersebut menjadikan menjadikan metode MARS mempunyai kelebihan jika dibandingkan dengan metode *truncated spline* dan RPR yaitu :

- Mampu mengakomodir pengaruh aditif dan pengaruh interaksi antara variabel independen dalam melakukan pemodelan.
- Dapat digunakan pada data variabel respon kontinu dan kategorik.
- Pemilihan knot dilakukan dengan prosedur adaptif yaitu dengan forward dan backward stepwise.
- Menghasilkan model yang kontinu pada knot.

Pembentukan model pada MARS diawali dengan penentuan Basis Fungsi (BF), Maksimum Interaksi (MI), dan Minimum Observasi (MO). Jumlah maksimum basis fungsi adalah dua sampai empat kali jumlah variabel prediktor [3]. Jumlah interaksi maksimum pada MARS yaitu 1, 2, dan 3, sedangkan jumlah minimum observasi adalah 0, 1, 2, 3, 4, dan 5.

Persamaan MARS yang menyatakan

hubungan p variabel independen (prediktor) dengan satu variabel dependen (respon) sebagai berikut :

$$y_i = \gamma_0 + \sum_{m=1}^M \gamma_m \prod_{d=1}^{D_m} \left[s_{dm} (x_{v(d,m)i} - r_{dm}) \right] + \varepsilon_i,$$

Pada [3] estimator MARS dinyatakan dalam persamaan berikut :

$$\hat{f}(\mathbf{x}_i) = \hat{\gamma}_0 + \sum_{m=1}^M \hat{\gamma}_m \prod_{d=1}^{D_m} \left[s_{dm} (x_{v(d,m)i} - r_{dm}) \right] +$$

dengan : $x_{v(d,m)} \in \{x_j\}_{j=1}^l$ dan $r_{(d,m)} \in \{x_{v(d,m)i}\}_{i=1}^n$.

Jika $s_{dm} = +1$, maka

$$\left[+ (x_{v(d,m)i} - r_{dm}) \right]_+ = \begin{cases} x_{v(d,m)} - r_{dm}, & \text{jika } x_{v(d,m)i} > r_{dm} \\ 0, & \text{sebaliknya} \end{cases}$$

jika $s_{dm} = -1$, maka

$$\left[- (x_{v(d,m)i} - r_{dm}) \right]_+ = \begin{cases} r_{dm} - x_{v(d,m)i}, & \text{jika } r_{dm} > x_{v(d,m)i} \\ 0, & \text{sebaliknya} \end{cases}$$

keterangan :

$\hat{\gamma}_0$: parameter dugaan basis fungsi konstan

$\hat{\gamma}_m$: parameter dugaan basis fungsi *nonconstant* ke- m

M : banyaknya basis fungsi *nonconstant*

D_m : maksimum interaksi pada fungsi basis ke- m

S_{dm} : tanda/sign fungsi basis, bernilai ± 1 ,

bernilai +1 jika knot terletak disebelah kanan atau -1 jika knot terletak disebelah kiri subwilayah, merupakan fungsi basis interaksi ke- d dan fungsi basis ke- m .

$x_{v(d,m)i}$: variabel x ke- v , dimana v adalah indeks salah satu variabel x yang berkaitan dengan interaksi ke- d dan fungsi basis ke- m dalam fungsi MARS.

r_{dm} : nilai knot pada interaksi ke- d dan fungsi basis ke- m

3. Hasil Dan Pembahasan

3.1 Statistik Deskriptif

Data yang digunakan pada penelitian ini adalah data tahun 2020 yang diperoleh dari Badan Pusat Statistik. Variabel pada penelitian ini terdiri dari satu variabel dependen dan enam variabel independen. Variabel dependen pada penelitian ini adalah tingkat kemiskinan (Y), sedangkan variabel independen adalah Angka Partisipasi Sekolah (X_1), Tingkat Pengangguran (X_2), Tingkat Partisipasi Angkatan Kerja (X_3), Angka Harapan Hidup (X_4), Jumlah Puskesmas (X_5), dan Persentase Rumah Tangga yang Menempati Rumah dengan Status Tidak Milik Sendiri (X_6). Karakteristik variabel penelitian dapat dilihat dari statistika deskriptif.

Tabel 1. Statistik Deskriptif Variabel Penelitian

Variabel	Minimum	Maksimum	Mean	Variansi
Y	2.16	14.35	6.21	6.56
X_1	98.10	99.96	99.54	.18
X_2	3.03	13.64	6.29	5.49
X_3	64.16	81.65	70.08	17.06
X_4	64.73	74.38	70.22	7.60
X_5	4.00	25.00	14.63	52.58
X_6	11.69	65.60	30.24	192.72

Tabel 1 menunjukkan bahwa Tingkat Kemiskinan (Y) terendah di Provinsi Sumatera Barat pada tahun 2020 sebesar 2,16% yaitu kabupaten Sawahlunto, sedangkan tingkat kemiskinan tertinggi sebesar 14,35% yaitu kabupaten Kepulauan Mentawai. Rata-rata tingkat kemiskinan di Provinsi Sumatera Barat

adalah 6,28 dan variansi sebesar 6,56.

Angka Partisipasi Sekolah (X_1) terendah di Provinsi Sumatera Barat pada tahun 2020 adalah sebesar 98,10% yaitu Kabupaten Kepulauan Mentawai, sedangkan Angka Partisipasi Sekolah tertinggi sebesar 99,96% yaitu Kota Bukittinggi. Rata-rata Angka Partisipasi Sekolah di Provinsi Sumatera Barat adalah 99,54 dan variansi sebesar 0,18.

Tingkat Pengangguran (X_2) terendah di Provinsi Sumatera Barat pada tahun 2020 adalah sebesar 3,03% yaitu Kabupaten Lima Puluh Kota, sedangkan Tingkat Pengangguran tertinggi sebesar 13,64% yaitu Kota Padang. Rata-rata Tingkat Pengangguran di Provinsi Sumatera Barat adalah 6,29 dan variansi sebesar 5,49.

Tingkat Partisipasi Angkatan Kerja (X_3) terendah di Provinsi Sumatera Barat pada tahun 2020 adalah sebesar 64,16% yaitu Kota Pariaman, sedangkan Tingkat Partisipasi Angkatan Kerja tertinggi sebesar 81,65% yaitu Kabupaten Kepulauan Mentawai. Rata-rata Tingkat Partisipasi Angkatan Kerja di Provinsi Sumatera Barat adalah 70,08% dan variansi sebesar 17,06.

Angka Harapan Hidup (X_4) terendah di Provinsi Sumatera Barat pada tahun 2020 adalah sebesar 64,73% yaitu Kabupaten Kepulauan Mentawai, sedangkan Angka Harapan Hidup tertinggi sebesar 74,38% yaitu Kota Bukittinggi. Rata-rata Angka Harapan Hidup di Provinsi Sumatera Barat adalah 70,22% dan variansi sebesar 7,60.

Jumlah Puskesmas (X_5) terendah di Provinsi Sumatera Barat pada tahun 2020 adalah sebanyak

4 puskesmas yaitu Kota Solok, sedangkan Jumlah Puskesmas tertinggi sebanyak 25 puskesmas yaitu Kabupaten Padang Pariaman. Rata-rata Jumlah Puskesmas di Provinsi Sumatera Barat adalah 15 puskesmas dan variansi sebesar 52,58.

Rumah Tangga yang Menempati Rumah dengan Status Tidak Milik Sendiri (X_6) terendah di Provinsi Sumatera Barat pada tahun 2020 adalah sebesar 11,69% yaitu Kabupaten Kepulauan Mentawai, sedangkan Rumah Tangga yang Menempati Rumah dengan Status Tidak Milik Sendiri tertinggi sebesar 65,60% yaitu Kota Bukittinggi. Rata-rata Rumah Tangga yang Menempati Rumah dengan Status Tidak Milik Sendiri di Provinsi Sumatera Barat adalah 30,24% dan variansi sebesar 192,72.

3.2 Multivariate Adaptive Regression Spline

Banyaknya Basis Fungsi (BF) yang digunakan pada metode MARS umumnya dua sampai empat kali dari jumlah variabel prediktor yang digunakan [3]. Pada penelitian ini, jumlah variabel independen yang digunakan adalah sebanyak enam variabel, sehingga banyaknya BF yang digunakan adalah 12, 18, dan 24 Basis Fungsi. Maksimum Interaksi (MI) yang digunakan adalah 1, 2, dan 3, karena jika MI lebih dari 3 maka nilai GCV akan Semakin Meningkat dan model yang dihasilkan akan semakin kompleks [3]. Minimum Observasi yang digunakan adalah 0, 1, 2, 3, 5, dan 10.

Pembentukan model MARS adalah dengan mengkombinasikan Basis Fungsi (BF=12, 18, 24), Maksimum Interaksi (MI=1, 2, 3), dan Minimum Observasi (MO=0, 1, 2, 3, 5, 10). Hasil kombinasi antara BF, MI, dan MO adalah sebagai

berikut :

Tabel 2. Kombinasi BF, MI dan MO

No	BF	MI	MO	GCV	No	BF	MI	MO	GCV
1	12	1	0	0.472	28	18	2	3	0.001*
2	12	1	1	0.308	29	18	2	5	0.054
3	12	1	2	0.365	30	18	2	10	0.023
4	12	1	3	0.372	31	18	3	0	0.257
5	12	1	5	0.413	32	18	3	1	0.006
6	12	1	10	0.472	33	18	3	2	0.002
7	12	2	0	0.313	34	18	3	3	0.001*
8	12	2	1	0.234	35	18	3	5	0.054
9	12	2	2	0.238	36	18	3	10	0.023
10	12	2	3	0.237	37	24	1	0	0.257
11	12	2	5	0.414	38	24	1	1	0.001*
12	12	2	10	0.313	39	24	1	2	0.006
13	12	3	0	0.313	40	24	1	3	0.007
14	12	3	1	0.234	41	24	1	5	0.297
15	12	3	2	0.238	42	24	1	10	0.257
16	12	3	3	0.237	43	24	2	0	0.008
17	12	3	5	0.414	44	24	2	1	0.004
18	12	3	10	0.313	45	24	2	2	0.002
19	18	1	0	0.257	46	24	2	3	0.001*
20	18	1	1	0.039	47	24	2	5	0.005
21	18	1	2	0.040	48	24	2	10	0.008
22	18	1	3	0.080	49	24	3	0	0.008
23	18	1	5	0.353	50	24	3	1	0.006
24	18	1	10	0.257	51	24	3	2	0.002
25	18	2	0	0.023	52	24	3	3	0.001*
26	18	2	1	0.004	53	24	3	5	0.005
27	18	2	2	0.002	54	24	3	10	0.008

*) Kombinasi yang menghasilkan GCV terkecil

Berdasarkan Tabel 2, kombinasi BF, MI, dan MO yang menghasilkan GCV terkecil yaitu sebesar 0,001 adalah pada urutan ke-28, 34, 38, 46, dan 52. Dari kelima kombinasi yang menghasilkan nilai GCV terkecil tersebut, peneliti memilih menggunakan kombinasi dengan BF=18, MI=2, dan MO=3 dengan alasan *principle of parsimony*.

Model dengan kombinasi tersebut menghasilkan nilai GCV sebesar 0,001 dan R-Square sebesar 99,99%. Jumlah variabel prediktor

yang memberikan kontribusi dalam model sebanyak 5 variabel, artinya dari 6 variabel independen yang digunakan hanya ada satu variabel yang tidak masuk kedalam model.

Tabel 3. Tingkat Keterpentingan Variabel Independen

Variabel	Tingkat Keterpentingan
X ₃	100,00
X ₅	55,50
X ₄	45,00
X ₆	28,60
X ₁	19,50

Berdasarkan Tabel 3 terlihat besar kontribusi variabel independen terhadap model tingkat kemiskinan. Besar kontribusi variabel independen secara berturut-turut adalah Tingkat Partisipasi Angkatan Kerja (X₃) sebesar 100%, Jumlah Puskesmas (X₅) sebesar 55,5%, Angka Harapan Hidup (X₄) sebesar 45%, Rumah Tangga yang Menempati Rumah dengan Status Tidak Milik Sendiri (X₆) sebesar 28,6%, dan Angka Partisipasi Sekolah (X₁) sebesar 19,5%.

Adapun model MARS terbaik adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 y = & 1,93 - 0,82h(99,86 - x_1) + 63,18h(x_1 - 99,86) \\
 & + 0,50h(70,7 - x_3) + 0,64h(x_3 - 70,7) \\
 & + 0,93h(70 - x_4) + 1,94h(x_4 - 70) \\
 & - 0,178h(15 - x_5) - 0,11h(x_5 - 15) \\
 & + 0,05h(40,79 - x_6) - 0,39h(x_6 - 40,79) \\
 & + 0,01h(70,7 - x_3)x_5 - 0,43h(70,7 - x_3)h(x_4 - 69,94) \\
 & - 0,19h(70,7 - x_3)h(69,94 - x_4) \\
 & + 0,02h(14 - x_5)h(40,79 - x_6) \\
 & + 0,02h(x_5 - 14)h(40,79 - x_6) + \varepsilon
 \end{aligned}$$

Interpretasi salah satu koefisien basis fungsi dari model di atas adalah :

$$+0,50h(70,7 - x_3) = +0,50BF_3$$

Setiap kenaikan BF₃ sebesar satu satuan akan menyebabkan meningkatnya tingkat kemiskinan

sebesar 0,50 persen. Lebih lanjut dapat dikatakan bahwa Tingkat Kemiskinan akan meningkat apabila Tingkat Partisipasi Angkatan Kerja kurang dari 70,7 persen.

4. Kesimpulan Dan Saran

Berdasarkan hasil analisis data diperoleh kesimpulan bahwa model MARS terbaik adalah kombinasi BF=18, MI=2, dan MO=3 dengan nilai GCV yang dihasilkan sebesar 0,001 dan R-Square sebesar 99,9%. Model MARS tersebut adalah :

$$\begin{aligned}
 y = & 1,93 - 0,82h(99,86 - x_1) + 63,18h(x_1 - 99,86) \\
 & + 0,50h(70,7 - x_3) + 0,64h(x_3 - 70,7) \\
 & + 0,93h(70 - x_4) + 1,94h(x_4 - 70) \\
 & - 0,178h(15 - x_5) - 0,11h(x_5 - 15) \\
 & + 0,05h(40,79 - x_6) - 0,39h(x_6 - 40,79) \\
 & + 0,01h(70,7 - x_3)x_5 - 0,43h(70,7 - x_3)h(x_4 - 69,94) \\
 & - 0,19h(70,7 - x_3)h(69,94 - x_4) \\
 & + 0,02h(14 - x_5)h(40,79 - x_6) \\
 & + 0,02h(x_5 - 14)h(40,79 - x_6) + \varepsilon
 \end{aligned}$$

Untuk penelitian selanjutnya, agar menambahkan variabel lain yang mempengaruhi tingkat kemiskinan, dan juga dapat menggunakan metode lain untuk memodelkan tingkat kemiskinan di Provinsi Sumatera Barat.

5. Ucapan Terima Kasih

Terimakasih kepada Badan Pusat Statistik Kota Padang dan rekan-rekan di Fakultas Ekonomi dan Bisnis Islam UIN Imam Bonjol Padang yang sudah membantu, sehingga tulisan ini dapat terselesaikan.

Daftar Pustaka

- [1] Friedman, J. 1991. Multivariate Adaptive Regression Splines. *The Annals of Statistics* 19, 1-141.
- [2] Putra, R.Y. 2017. *Pemodelan Tingkat Pengangguran Terdidik di Indonesia Menggunakan Pendekatan Regresi Nonparametrik Spline*. Skripsi. Departemen Statistika FMIPA Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Surabaya.
- [3] Hastie, T., Tibshirani, R. 1990. *Generalized Additive Models*. London: Chapman & Hall.
- [4] Yasmirullah, S.D.P., Otok, B.W., Purnomo, J.D.T., Prastyo, D.D. 2021. Multivariate Adaptive Regression Spline (MARS) methods with application to multi drug-resistant tuberculosis (MDR-TB) prevalence. *AIP Conference Proceedings* 2329 (1), 060019.
- [5] Sriningsih, R., Otok, B.W. 2021. Factors Affecting The Number of Dengue Fever Cases in West Sumatra Province using The Multivariate Adaptive Regression Splines (MARS) approach. *Journal of Physics: Conference Series* 1722 (1), 012094.
- [6] Otok, B.W., Putra, R.Y. 2020. Bootstrap Aggregating Multivariate Adaptive Regression Spline for Observational Studies in Diabetes Cases. *Systematic Reviews in Pharmacy* 11 (8), 406-413.
- [7] Arleina, O.D., Otok, B.W. 2014. Bootstrap Aggregating Multivariate Adaptive Regression Spline (Bagging MARS) untuk Mengklasifikasikan Rumah Tangga Miskin di Kabupaten Jombang. *Jurnal Sains dan Seni ITS* 3 (2), D91-D96.
- [8] Ampulembang, A.P., Otok, B.W., Rumiati, A.T. 2015. Biresponses Nonparametric Regression Model Using MARS and its Properties. *Applied Mathematical Sciences* 9 (29), 1417-1427.
- [9] Otok, B.W. 2009. Konsistensi dan Asimtotik Normalitas Model Multivariate Adaptive Regression Spline (MARS) Respon Biner. *Jurnal Ilmu Dasar* 10 (2), 133-140.
- [10] Andari, S., Purnami, S.W., Otok, B.W. 2013. Smooth Support Vector Machine dan Multivariate Adaptive Regression Spline untuk Mendiagnosis Kanker Payudara. *Statistika* 1 (2), 37-47.
- [11] Yasmirullah, S.D.P., Otok, B.W., Purnomo, J.D.T., Prastyo, D.D. 2021. Modification of Multivariate Adaptive Regression Spline (MARS). *Journal of Physics: Conference Series* 1863 (1), 012078.
- [12] Prastika, E.P., Otok, B.W., Purhadi, P. 2021. Pemodelan Multivariate Adaptive Generalized Poisson Regression Spline pada Kasus Jumlah Kematian Ibu di Provinsi Jawa Timur. *Inferensi* 4 (1), 1-12.
- [13] Otok, B.W., Guritno, S., Subanar, S. 2012. Asimtotik Model Multivariate Adaptive Regression Spline. *Jurnal Natur Indonesia* 10 (2), 112-119.
- [14] Otok, B.W., Akbar, M.S., Raupong, R. 2007. Estimasi Spline dan MARS Menggunakan Kuadrat Terkecil. *Jurnal Matematika, Statistika dan Komputasi* 4 (1), 1-11.
- [15] Jusuf, H., Otok, B.W., Ningrum, A.R. 2016. Ketepatan Klasifikasi Status Diabetes Melitus dengan Pendekatan Multivariate Adaptive Regression Spline. *J Statistika* 9 (1), 19-22.