

**IMPLEMENTASI METODE *MULTIVARIATE ADAPTIVE  
REGRESSION SPLINES* (MARS) DALAM PEMODELAN  
*TAKE HOME PAY* (THP) ANGGOTA KOPERASI AGRO  
NIAGA JABUNG**

**SKRIPSI**

**OLEH  
LUTFA RAHMA ZAKIYA  
NIM. 200601110066**



**PROGRAM STUDI MATEMATIKA  
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI  
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM  
MALANG  
2024**

**IMPLEMENTASI METODE MULTIVARIATE ADAPTIVE  
REGRESSION SPLINES (MARS) DALAM PEMODELAN  
TAKE HOME PAY (THP) ANGGOTA KOPERASI AGRO  
NIAGA JABUNG**

**SKRIPSI**

**Diajukan Kepada  
Fakultas Sains dan Teknologi  
Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang  
untuk Memenuhi Salah Satu Persyaratan dalam  
Memperoleh Gelar Sarjana Matematika (S.Mat)**

**OLEH  
LUTFA RAHMA ZAKIYA  
NIM. 200601110066**

**PROGRAM STUDI MATEMATIKA  
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI  
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM  
MALANG  
2024**

**IMPLEMENTASI METODE *MULTIVARIATE ADAPTIVE  
REGRESSION SPLINES (MARS)* DALAM PEMODELAN  
*TAKE HOME PAY (THP)* ANGGOTA KOPERASI AGRO  
NIAGA JABUNG**

**SKRIPSI**

**OLEH  
LUTFA RAHMA ZAKIYA  
NIM. 200601110066**

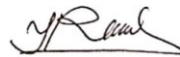
Telah Diperiksa dan Disetujui Untuk Diuji  
Malang, 25 Juni 2024

Dosen Pembimbing I



Ria Dhea Layla Nur Karisma, M.Si.  
NIPPPK. 19900709 202321 2 037

Dosen Pembimbing II



Erna Herawati, M.Pd.  
NIPPPK. 19760723 202321 2 006

Mengetahui,  
Ketua Program Studi Matematika



Dr. Elly Susanti, S.Pd., M.Sc.  
NIP. 19741129 200012 2 005

iii

**IMPLEMENTASI METODE *MULTIVARIATE ADAPTIVE  
REGRESSION SPLINES (MARS)* DALAM PEMODELAN  
*TAKE HOME PAY (THP)* ANGGOTA KOPERASI AGRO  
NIAGA JABUNG**

**SKRIPSI**

**OLEH  
LUTFA RAHMA ZAKIYA  
NIM. 200601110066**

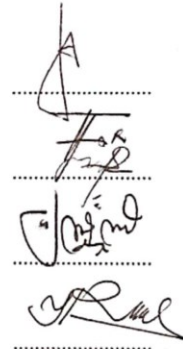
Telah Dipertahankan di Depan Dewan Penguji Skripsi  
dan Dinyatakan Diterima Sebagai Salah Satu Persyaratan  
untuk Memperoleh Gelar Sarjana Matematika (S.Mat)  
Tanggal 26 Juni 2024

Ketua Penguji : Prof. Dr. Sri Harini, M.Si

Anggota Penguji I : Dr. Fachrur Rozi, M.Si

Anggota Penguji II : Ria Dhea Layla Nur Karisma, M.Si

Anggota Penguji III : Erna Herawati, M.Pd.



Mengetahui,  
Ketua Program Studi Matematika

  
Dr. Ety Susanti, S.Pd., M.Sc.  
NIP. 19741129 200012 2 005

iv

## PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Lutfa Rahma Zakiya

NIM : 200601110066

Program Studi : Matematika

Fakultas : Sains dan Teknologi

Judul Skripsi : Implementasi Metode *Multivariate Adaptive Regression Spline*  
(MARS) Dalam Pemodelan *Take Home Pay* (THP) Anggota  
Koperasi Agro Niaga Jabung

Menyatakan dengan sebenarnya bahwa skripsi yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya sendiri, bukan merupakan pengambilan data, tulisan, atau pikiran orang lain yang saya akui sebagai hasil tulisan dan pikiran saya sendiri, kecuali dengan mencantumkan sumber cuplikan pada daftar pustaka. Apabila di kemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan skripsi ini hasil jiplakan, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Malang, 26 Juni 2024  
Yang membuat pernyataan,



Lutfa Rahma Zakiya  
NIM. 200601110066

**MOTO**

*“Learning and Growing Everyday”*

## **PERSEMBAHAN**

Skripsi ini penulis persembahkan kepada:

Bapak dan Ibu tercinta Bapak Rochmat dan Ibu Choir yang senantiasa memberikan doa, dukungan, nasihat, dan motivasi terbaik untuk kesuksesan penulis. Kakak-kakak penulis Putri yang selalu memberikan doa dan semangat kepada penulis. Keponakan tersayang Mahira yang senantiasa menemani proses pengerjaan skripsi. Serta sahabat-sahabat penulis yang selalu memberikan bantuan dan semangat dalam menyelesaikan skripsi ini.

## KATA PENGANTAR

*Assalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh*

Segala puji bagi Allah SWT atas segala rahmat, taufik, serta hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan proposal skripsi yang berjudul “Implementasi Metode *Multivariate Adaptive Regression Splines* (MARS) dalam Pemodelan *Take Home Pay* (THP) Anggota Koperasi Agro Niaga Jabung” Shalawat dan salam semoga selalu tercurahkan kepada Nabi Muhammad *shallahu 'alaihi wa sallam* yang telah membawa manusia dari zaman jahiliah menuju ke zaman islamiah.

Ucapan syukur dan terima kasih kepada berbagai pihak yang telah memberikan bantuan, bimbingan dan arahan kepada penulis. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Prof. Dr. H. M. Zainuddin, M.A., selaku rektor Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
2. Prof. Dr. Sri Harini, M.Si, selaku dekan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
3. Dr. Elly Susanti, S.Pd., M.Sc, selaku ketua Program Studi Matematika, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
4. Ria Dhea Layla Nur Karisma, M.Si., selaku dosen pembimbing I yang telah memberikan berbagai pengetahuan, nasihat, motivasi dan arahan kepada penulis.
5. Erna Herawati, M.Pd., selaku selaku dosen pembimbing II yang telah memberikan bimbingan, nasihat, ilmu dan arahan kepada penulis.
6. Seluruh dosen Program Studi Matematika, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
7. Bapak Rochmat Mulyono dan Ibu Siti Choiriyah selaku orang tua penulis serta seluruh keluarga yang senantiasa mendoakan, memberikan semangat dan dukungan sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir.
8. Seluruh mahasiswa Matematika angkatan 2020 yang telah memberikan semangat, bantuan dan motivasi terbaik.



Penulis berharap adanya skripsi ini dapat memberikan manfaat dan menambah wawasan bagi penulis maupun pembaca.

*Wassalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh*

Malang, 26 Juni 2024

Penulis

## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL .....	i
HALAMAN PENGAJUAN .....	ii
HALAMAN PERSETUJUAN .....	iii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iv
PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN .....	v
MOTO .....	vi
PERSEMBAHAN.....	vii
KATA PENGANTAR.....	viii
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR TABEL .....	xii
DAFTAR GAMBAR.....	xiii
DAFTAR SIMBOL .....	xiv
DAFTAR LAMPIRAN .....	xv
ABSTRAK .....	xvi
ABSTRACT .....	xvii
مستخلص البحث.....	xviii
<b>BAB I PENDAHULUAN.....</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	5
1.3 Tujuan Penelitian.....	5
1.4 Manfaat Penelitian.....	5
1.5 Batasan Masalah.....	6
<b>BAB II KAJIAN TEORI .....</b>	<b>7</b>
2.1 <i>Outlier</i> .....	7
2.2 <i>Z-Score Normalization</i> .....	8
2.3 <i>Multivariate Adaptive Regression Splines (MARS)</i> .....	8
2.4 <i>Algoritma Forward Backward Stepwise</i> .....	14
2.5 Penentuan Model MARS Terbaik .....	15
2.6 Evaluasi Model MARS.....	16
2.7 Menentukan <i>Variable Importance</i> .....	17
2.8 <i>Take Home Pay (THP)</i> .....	17
2.9 Integrasi Al-Qur'an.....	18
2.10 Kajian <i>Take Home Pay (THP)</i> dengan Teori Pendukung .....	19
<b>BAB III METODE PENELITIAN .....</b>	<b>21</b>
3.1 Jenis Penelitian .....	21
3.2 Data dan Sumber Data .....	21
3.3 Tahapan Penelitian .....	22
3.4 Diagram Alur Penelitian.....	26
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>27</b>
4.1 Analisis Deskriptif.....	27
4.2 Pengecekan Pencilan Data.....	30
4.3 Normalisasi Data .....	36
4.4 Pemodelan THP Metode MARS .....	37
4.5 Model MARS .....	38
4.6 <i>Variable Importance</i> .....	42

4.7 Kajian Penelitian dalam Perspektif Islam.....	43
<b>BAB V PENUTUP.....</b>	<b>46</b>
5.1 Kesimpulan.....	46
5.2 Saran.....	47
<b>DAFTAR PUSTAKA.....</b>	<b>48</b>
<b>LAMPIRAN.....</b>	<b>50</b>
<b>RIWAYAT HIDUP.....</b>	<b>58</b>
<b>RIWAYAT HIDUP</b>	

## DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Variabel Penelitian.....	21
Tabel 3.2 Contoh Data .....	23
Tabel 4.1 Statistika Deskriptif Data.....	27
Tabel 4.2 Nilai MSE dari Beberapa Kombinasi.....	37
Tabel 4.3 Nilai GCV dari Kombinasi BF, MI, dan MO .....	39

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Basis fungsi atau <i>hinge function</i> .....	9
Gambar 2.2	Regresi Spline dengan Beberapa Knot.....	12
Gambar 3.1	<i>Scatter Plot</i> THP vs Produksi .....	23
Gambar 3.2	Diagram Alur Pemodelan MARS .....	26
Gambar 4.1	Matriks Plot Variabel Penelitian .....	29
Gambar 4.2	Pengecekan <i>Outlier</i> untuk Variabel Produksi ( $X_1$ ) .....	30
Gambar 4.3	Pengecekan <i>Outlier</i> untuk Variabel Populasi ( $X_2$ ).....	31
Gambar 4.4	Pengecekan <i>Outlier</i> untuk Variabel Induk Sapi ( $X_3$ ) .....	32
Gambar 4.5	Pengecekan <i>Outlier</i> untuk Variabel IF Grade ( $X_4$ ) .....	32
Gambar 4.6	Pengecekan <i>Outlier</i> untuk Variabel THP (Y) .....	33
Gambar 4.7	<i>Outlier Test</i> Setelah Data <i>Outlier</i> Produksi Susu Dihapus .....	34
Gambar 4.8	<i>Outlier Test</i> Setelah Data <i>Outlier</i> Populasi Sapi dihapus .....	34
Gambar 4.9	<i>Outlier Test</i> Setelah Data <i>Outlier</i> Jumlah Induk Sapi dihapus ..	34
Gambar 4.10	<i>Outlier Test</i> Setelah Data <i>Outlier</i> IF Grade dihapus .....	35
Gambar 4.11	<i>Outlier Test</i> Setelah Data <i>Outlier</i> Populasi Sapi dihapus .....	35

## DAFTAR SIMBOL

$Y$	: Data <i>Take Home Pay</i> (THP) peternak
$X_1$	: Data Wilayah PSDMA peternak
$X_2$	: Data Produksi Susu
$X_3$	: Data Populasi Sapi
$X_4$	: Data Jumlah Induk
$X_5$	: Data Produksi per Induk
$X_6$	: Data <i>IF Grade</i>
$Z_{ij}$	: Hasil normalisasi dari data ke- $i$ pada variabel ke- $j$
$x_{ij}$	: Nilai data ke- $i$ pada variabel ke- $j$
$\mu_j$	: Rata-rata semua nilai pada variabel ke- $j$
$\sigma_j$	: Standar deviasi dari semua nilai pada variabel ke- $j$
VIF	: Angka <i>Variance Inflation Factor</i>
$R_j^2$	: Koefisien determinasi variabel bebas ke- $j$ dengan variabel lain
$B_m$	: Basis fungsi ke- $m$
$K_m$	: Derajat interaksi pada basis fungsi ke- $m$
$S_{km}$	: Tanda pada titik knot, nilainya $\pm 1$ (Nilai +1 menunjukkan bahwa titik knot berada di bagian kanan dari pemisahan. Nilai -1 menunjukkan bahwa titik knot berada di bagian kiri dari pemisahan (Friedman, 1991).)
$x_{v(k,m)}$	: Variabel independen
$t_{km}$	: Nilai knot dari variabel independen
$v$	: Banyaknya variabel independen
$m$	: Banyaknya fungsi basis
$M$	: Maksimum basis fungsi
$k$	: Banyaknya interaksi
$\alpha_0$	: Konstanta
$\alpha_m$	: Koefisien fungsi basis ke- $m$
$\varepsilon$	: Error
$\hat{f}(x)$	: Variabel respon
MSE	: <i>Mean Squared Error</i>
$y_i$	: Variabel respon ke- $i$
$\hat{f}_M(x_i)$	: Nilai taksiran variabel respon pada $M$ fungsi basis
$n$	: Banyaknya data
$C(M)$	: Banyaknya parameter yang di estimasi
$d$	: Nilai ketika setiap fungsi basis mencapai nilai optimasi ( $2 \leq d \leq 4$ )
$B$	: Matriks basis fungsi ( $n \times (M + 1)$ )
$\alpha$	: Vektor koefisien regresi ( $(M + 1) \times 1$ )
$\varepsilon$	: vektor galat error ( $n \times 1$ )

## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Data Asli.....	50
Lampiran 2 Data Asli Tanpa Outlier.....	51
Lampiran 3 Data Training.....	52
Lampiran 4 Data Testing.....	53
Lampiran 5 Data Normalisasi .....	54
Lampiran 6 Script MARS Menggunakan RStudio .....	55

## ABSTRAK

Zakiya, Lutfu Rahma. 2024. **Implementasi Metode Multivariate Adaptive Regression Spline (MARS) Dalam Pemodelan Take Home Pay (THP) Anggota Koperasi Agro Niaga Jabung**. Skripsi. Program Studi Matematika, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang. Pembimbing: (I) Ria Dhea Layla Nur Karisma, M.Si. (II) Erna Herawati, M.Pd.

**Kata Kunci:** *Multivariate Adaptive Regression Splines*, THP, Susu Sapi, Basis Fungsi, GCV

Efisiensi bisnis sapi perah di Indonesia masih rendah karena dominasi bisnis berskala kecil yang mencapai 80% dari total bisnis sapi perah di Indonesia, Tujuan dari pengembangan industri sapi perah di sektor peternakan adalah untuk meningkatkan produksi susu sekaligus untuk menciptakan lebih banyak lapangan pekerjaan serta meningkatkan pendapatan peternak. Akan digunakan metode penelitian *Multivariate Adaptive Regression Splines* (MARS) untuk mengetahui faktor-faktor yang mempengaruhi *Take Home Pay* (THP) yang diterima peternak. Batasan penelitian ini adalah data penelitian yang menggunakan data periode ke-21 tahun 2023 Koperasi Agro Niaga Jabung. Hasilnya, diperoleh model MARS  $Y=1,315931-0,06289807 \times BF1-1,679118 \times BF2+1,610502 \times BF3-1,206935 \times BF4+0,1681256 \times BF5+0,262262 \times BF1 \times BF5+0,03668043 \times BF1 \times BF4+0,458219 \times BF6 \times BF4-0,5201708 \times BF7 \times BF4$ , dengan nilai GCV 0,0001977 dan nilai akurasi atau  $R^2$  yaitu 0,999809



## ABSTRACT

Zakiya, Lutfi Rahma. 2024. **Implementation of Multivariate Adaptive Regression Spline (MARS) Method in Take Home Pay (THP) Modeling of Agro Niaga Jabung Cooperative Members.** Thesis. Mathematics Study Program, Faculty of Science and Technology, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang. Advisors: (I) Ria Dhea Layla Nur Karisma, M.Si. (II) Erna Herawati, M.Pd.

**Key word:** *Multivariate Adaptive Regression Splines*, THP, Dairy Milk, Basis Function, GCV

The efficiency of the dairy cattle business in Indonesia is still low due to the dominance of small-scale businesses that reach 80% of the total dairy cattle business in Indonesia, the purpose of developing the dairy cattle industry in the livestock sector is to increase milk production as well as to create more jobs and increase farmers income. The Multivariate Adaptive Regression Splines (MARS) research method will be used to determine the factors that affect the Take Home Pay (THP) received by farmers. The limitation of this research is that the research data uses data for the 21st period of 2023 Jabung Agro Commerce Cooperative. As a result, the MARS model  $Y=1,315931-0,06289807 \times BF1+1,679118 \times BF2+1,610502 \times BF3+1,206935 \times BF4+0,1681256 \times BF5+0,262262 \times BF1 \times BF5+0,03668043 \times BF1 \times BF4+0,4582119 \times BF6 \times BF4-0,5201708 \times BF7 \times BF4$ , with a GCV value of 0,0001977 and an accuracy or  $R^2$  value 0,999809

## مستخلص البحث

ركي، لطف رحمة ٢٠٢٤. تطبيق طريقة الانحداري التكيفي متعدد المتغيرات في نمذجة أعضاء تعاونية أجر المتحصلات المنزلية في تعاونية أغرو نياغا جابونغ. بحث جامعي. قسم الرياضيات، كلية العلوم والتكنولوجيا، جامعة مولانا مالك إبراهيم الإسلامية الحكومية مالانج. المشرفة: (١) ريا ديا ليلي نور كرسما، الماجستير. (٢) إيرنا هيراواتي، الماجستير.

الكلمة المفتاحية: خطوط الانحدار التكيفي متعدد المتغيرات، خطوط الانحدار التكيفية متعددة المتغيرات، حليب الألبان، الدالة الأساسية، القيمة السوقية الإجمالية المتوقعة

يواجه قطاع الأبقار الحلوب في إندونيسيا تحديات من حيث الكفاءة وذلك بسبب سيطرة المنشآت الصغيرة التي تشكل نسبة 80% من إجمالي أعمال الألبان. يهدف تطوير صناعة الألبان ضمن قطاع الثروة الحيوانية إلى زيادة إنتاج الحليب وخلق المزيد من فرص العمل ورفع دخل المزارعين. سيتم استخدام طريقة البحث الاحصائي متعدد تقتصر (THP) لتحديد العوامل التي تؤثر على صافي دخل المزارعين (MARS) المتغيرات الانحدارية التكيفية هذه الدراسة على بيانات تعاونية جابونغ أجرو كوميرس للفترة الواحد والعشرين من عام ٢٠٢٣ ، مما يجد من قابلية النتائج MARS تعميم نموذج

$$Y=1,315931-0,06289807 \times BF1-1,679118 \times BF2+1,610502 \times BF3-1,206935 \times BF4+0,1681256 \times BF5+0,262262 \times BF1 \times BF5+0,03668043 \times BF1 \times BF4+0,4582119 \times BF6 \times BF4-0,5201708 \times BF7 \times BF4,$$

بقيمة التحقق من الصحة العامة ٠,٠٠٢٦١٣٩٤ وقيمة الدقة ٠,٠٠٠١٩٩٧٧١٦١

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Jawa Timur merupakan provinsi dengan jumlah produksi susu terbesar di Indonesia berdasarkan data Badan Pusat Statistik (BPS) tahun 2020-2022. Selama tiga tahun berturut-turut produksi susu sapi segar di Jawa Timur sebanyak 542860-ton pada tahun 2020, sebanyak 530.426-ton pada tahun 2021, dan sebanyak 543.687-ton pada tahun 2022. Hal tersebut didukung oleh karakteristik Jawa Timur yang cocok untuk usaha sapi perah. Beberapa karakteristik tersebut adalah ketersediaan sumber bahan pakan, ketersediaan air yang melimpah, dan iklim sejuk yang cocok bagi sapi perah untuk melakukan produksi susu.

Industri peternakan sapi perah di Indonesia, koperasi susu memegang peran kunci. Koperasi berfungsi sebagai penghubung dan mediator antara peternak dan industri pengolahan susu. Peran koperasi mencakup pengaturan jumlah penjualan susu, menentukan waktu penjualan susu, serta penetapan harga susu yang akan diterima oleh peternak. Upaya meningkatkan kesejahteraan peternak dan daya saing sektor ini, perlu ditekankan pada peningkatan kualitas pelayanan yang diberikan oleh koperasi, peningkatan kualitas Sumber Daya Manusia (SDM) yang terlibat dalam manajemen koperasi, serta perluasan jaringan kerjasama dengan industri pengolahan susu (Ali Nugroho, 2010).

Koperasi Agro Niaga Jabung (KAN Jabung) merupakan salah satu koperasi produsen susu yang terletak di Kecamatan Jabung dan berperan sebagai pengumpul setoran susu segar dari peternak sapi perah anggota KAN Jabung. KAN Jabung bertugas mengolah Sebagian susu segar tersebut dan menyalurkannya sebagian

besar susu sapi segar lainnya kepada industri pengolahan susu yang bekerja sama dengan KAN Jabung. Keanggotaan aktif di KAN Jabung mencapai 3000 orang, KAN Jabung memiliki peran penting untuk menjaga keseimbangan antara peternak dan industri pengolahan susu, serta berkontribusi dalam perekonomian anggotanya. Biaya produksi juga merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi perekonomian peternak sapi perah. Bidang sapi perah memiliki dua biaya produksi, yaitu biaya tetap yang merupakan biaya untuk pengadaan bangunan tanah, kandang dan lain-lain. Serta biaya variabel yaitu biaya yang dikeluarkan untuk pakan, tenaga kerja, obat, dan simpanan koperasi (Anindyasar dkk., 2019).

Allah SWT telah menjanjikan rizki untuk makhluknya yang ada di muka bumi, untuk mendapatkan rezeki tersebut kita harus berusaha dengan cara bekerja dan berusaha. Manusia dalam kehidupannya dituntut untuk melakukan sebuah usaha yang mendatangkan hasil maksimal dalam pemenuhan kebutuhan hidupnya. Seperti yang disebutkan dalam Al-Qur'an Surat At-Taubah ayat 105, ayat tersebut merupakan anjuran kepada setiap muslim untuk bekerja keras memenuhi kebutuhan sehari-harinya sebagai berikut (Kemenag, 2023).

وَقُلْ اَعْمَلُوا فَسَيَرَى اللّٰهُ عَمَلَكُمْ وَرَسُولُهُ وَالْمُؤْمِنُونَ صَلَّى وَسُرُّدُونَ اِلَىٰ عِلْمِ الْغَيْبِ وَالشَّهَادَةِ فَيُنَبِّئُكُمْ بِمَا

كُنْتُمْ تَعْمَلُونَ { ١٠٥ }

Artinya:

*“Dan katakanlah: "Bekerjalah kamu, maka Allah dan Rasul-Nya serta orang-orang mukmin akan melihat pekerjaanmu itu, dan kamu akan dikembalikan kepada (Allah) Yang Mengetahui akan yang ghaib dan yang nyata, lalu diberitakan-Nya kepada kamu apa yang telah kamu kerjakan.”*

Salah satu cara yang dapat dilakukan untuk mengoptimalkan pendapatan peternak sapi perah adalah dengan mencari faktor utama yang mempengaruhi

pendapatan peternak (Zhafeera, 2016). Dalam hal ini faktor pendorongnya bisa berupa harga susu, kualitas susu, dan jumlah induk sapi penghasil susu serta faktor-faktor penunjang lainnya. Salah satu cara yang dapat digunakan untuk memprediksi faktor yang paling berpengaruh adalah dengan melakukan analisis regresi.

Analisis regresi adalah salah satu alat statistika yang digunakan untuk menganalisa hubungan antara satu variabel independen terhadap satu variabel dependen (Kleinbaum dkk., 2013). Metode analisis regresi memiliki beberapa pendekatan, yaitu regresi parametrik dan regresi nonparametrik. Analisis regresi parametrik melibatkan asumsi tentang bentuk fungsional hubungan antar variabel, dan hubungan ini dijelaskan oleh parameter-parameter tertentu, sedangkan analisis regresi nonparametrik tidak membuat asumsi tentang bentuk fungsional hubungan antar variabel, sehingga tidak ada parameter yang dijelaskan secara eksplisit dan lebih berfokus pada menangkap pola atau hubungan tanpa harus mendefinisikan secara matematis bentuk hubungan.

Multivariate Adaptive Regression Spline (MARS) adalah salah satu metode regresi nonparametrik yang tidak mengasumsikan bentuk hubungan fungsional antara variabel dependen dan variabel independen. MARS pertama kali dikenalkan oleh Friedman pada tahun 1991. MARS merupakan pengembangan dari metode *Recursive Partitioning Regression* (RPR) (Karisma & Harini, 2019). MARS memperkenalkan asumsi tentang hubungan antara variabel bebas dan variabel terikat untuk membentuk model umum dari suatu data yang berdimensi tinggi (Karisma dkk., 2021). MARS memiliki beberapa kelebihan yaitu penentuan knot dilakukan secara otomatis dengan menggunakan algoritma *stepwise forward* dan *backward* yang didasarkan pada nilai *Generalized Cross Validation* (GCV) terkecil.

MARS juga dapat mengatasi kasus multikolinearitas atau terjadinya korelasi antara variabel bebas.

Beberapa penelitian terdahulu yang mengimplementasikan metode MARS pernah dilakukan oleh Roy dkk (2018), penelitian dilakukan untuk memprediksi konsentrasi lapisan ozon menggunakan tiga metode berbeda. Hasil dari penelitian tersebut diperoleh bahwa metode MARS menggambarkan data dengan lebih baik dan memiliki nilai akurasi lebih baik di bandingkan dua metode lainnya yaitu *Random Forest*, dan *Classification and Regression tree*. Penelitian lain menggunakan metode MARS dilakukan oleh Karisma & Harini (2019) dengan judul *Multivariate Adaptive Regression Spline in Ischemic and Hemorrhagic patient (case study)*. Penelitian tersebut menghasilkan model MARS dengan akurasi sebesar 93,65% dan nilai misclassification sebesar 6,35%. Penerapan metode MARS juga pernah dilakukan oleh Ananda dkk (2023) untuk memprediksi faktor-faktor yang mempengaruhi opini publik tentang vaksinasi Covid-19. Model MARS yang optimal dihasilkan dari kombinasi BF=24, MI=3, MO=1, dan GCV= 0,07340546 dengan akurasi model sebesar 91,5%.

Berdasarkan beberapa uraian diatas, hal tersebutlah yang melatar belakangi penulis untuk melakukan penelitian dengan judul “*Implementasi Metode Multivariate Adaptive Regression Splines (MARS) dalam Pemodelan Take Home Pay (THP) Peternak Sapi Perah*”. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pemodelan THP peternak sapi perah dengan model MARS. Hasil dari penelitian ini diharapkan mampu digunakan pemerintah sebagai petunjuk pengambilan kebijakan di bidang peternakan sapi perah sekaligus sebagai standar evaluasi permasalahan kelayakan THP peternak sapi perah.

## 1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian pada latar belakang, maka dapat diputuskan beberapa rumusan masalah sebagai berikut:

1. Bagaimana model MARS yang terbentuk pada data *Take Home Pay* (THP) di KAN Jabung Syariah Jawa Timur?
2. Variabel apa yang memiliki pengaruh paling besar terhadap *Take Home Pay* (THP)?

## 1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah, maka tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mengetahui model MARS yang terbentuk pada data *Take Home Pay* (THP) di KAN Jabung Syariah Jawa Timur.
2. Mengetahui variabel apa yang memiliki pengaruh paling besar terhadap *Take Home Pay* (THP).

## 1.4 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Membantu pemerintah dalam membuat kebijakan dan standar evaluasi dalam peningkatan THP peternak sapi perah.
2. Mengetahui penerapan dan program yang digunakan untuk mengetahui dan meningkatkan THP peternak sapi perah menggunakan model MARS.

## 1.5 Batasan Masalah

Penelitian dalam skripsi ini dibatasi oleh beberapa hal diantaranya:

1. Metode yang digunakan untuk menentukan model MARS terbaik pada penelitian ini menggunakan nilai *Generalized Cross Validation* (GCV) terkecil.
2. Data yang digunakan dalam penelitian ini terbatas pada data *Take Home Pay* (THP) anggota Koperasi Agro Niaga Jabung Syariah Jawa Timur periode 21 tahun 2023.



## BAB II

### KAJIAN TEORI

#### 2.1 *Outlier*

*Outlier* merupakan data yang memiliki nilai yang sangat berbeda dari mayoritas data lainnya dalam sebuah dataset. Deteksi pencilan data atau *outlier* penting dilakukan karena keberadaan pencilan data dapat memberikan pengaruh signifikan terhadap hasil analisis dan model yang dibentuk. Oleh karena itu, dalam penelitian ini dilakukan pengujian untuk mendeteksi *outlier* pada dataset dengan tujuan untuk mengetahui jika terdapat data yang menyimpang secara signifikan. Pengujian outlier dilakukan kepada setiap variabel penelitian yang digunakan. Data produksi susu sapi 0-liter atau sapi kering tidak diikut sertakan dalam proses pembentukan model.

Salah satu metode untuk mengatasi *outlier* adalah *interquartile range* (IQR). IQR merupakan teknik untuk mengatasi *outlier* pada data dengan distribusi kontinu. Teknik ini memanfaatkan boxplot yang menampilkan grafis sederhana dari rentang interkuartil. Masing-masing variabel dalam penelitian akan ditampilkan boxplot untuk mengetahui rentang kuartil pertama ( $Q_1$ ), kuartil kedua ( $Q_2$ ), dan kuartil ketiga ( $Q_3$ ). Menurut Vinutha dkk. (2018) perhitungan IQR dapat dilakukan sebagai berikut.

$$IQR = Q_3 - Q_1 \quad (2.1)$$

Setelah dilakukan perhitungan terhadap nilai IQR, selanjutnya adalah melakukan perhitungan terhadap batas bawah dan batas atas untuk mendefinisikan

perhitungan pencilan. Berikut merupakan formula untuk menghitung batas bawah dan batas atas pada pencilan.

$$\text{Batas Bawah} = Q_1 - (1,5 * IQR) \quad (2.2)$$

$$\text{Batas Atas} = Q_3 - (1,5 * IQR) \quad (2.3)$$

## 2.2 *Z-Score Normalization*

Normalisasi data adalah proses penting yang bertujuan untuk menghilangkan bias atau *error* yang mungkin muncul dalam data. Tujuan dari normalisasi data adalah untuk membawa data ke skala yang seragam, sehingga hasil analisis yang dihasilkan menjadi lebih akurat dan lebih konsisten. Salah satu metode normalisasi yang umum digunakan adalah *Z-Score Normalization*. Metode ini mengubah data ke dalam skala umum di mana nilai rata-rata data menjadi nol dan standar deviasi menjadi satu. (Imron, 2020):

$$Z_{ij} = \frac{x_{ij} - \mu_j}{\sigma_j} \quad (2.4)$$

dengan:

$Z_{ij}$  : Hasil normalisasi dari data ke- $i$  pada variabel ke- $j$

$x_{ij}$  : Nilai data ke- $i$  pada variabel ke- $j$

$\mu_j$  : Rata-rata semua nilai pada variabel ke- $j$

$\sigma_j$  : Standar deviasi dari semua nilai pada variabel ke- $j$

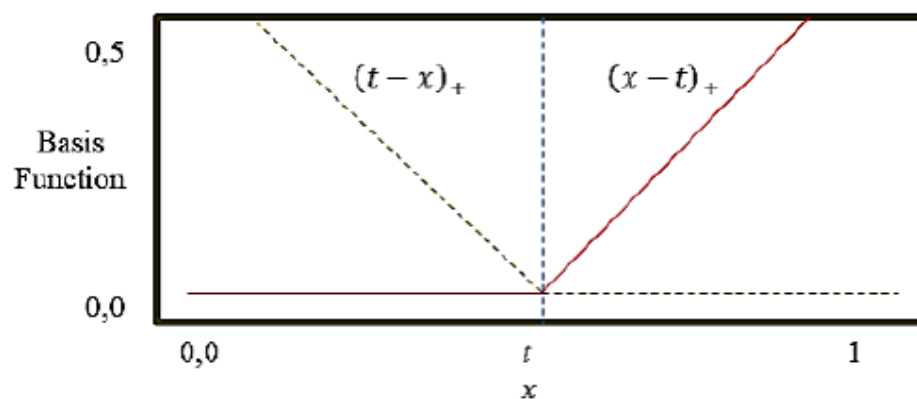
## 2.3 *Multivariate Adaptive Regression Splines (MARS)*

*Multivariate Adaptive Regression Splines* (MARS) merupakan salah satu metode regresi non-parametrik yang pertama kali dipopulerkan oleh Friedman pada

tahun 1991. Metode regresi non-parametrik merupakan metode statistik yang digunakan untuk memprediksi hubungan antara variabel independen dan variabel dependen tanpa harus memenuhi asumsi-asumsi pada regresi parametrik. Regresi non-parametrik memiliki tingkat fleksibilitas yang tinggi dimana bentuk kurva regresinya ditentukan oleh peneliti secara subjektif berdasarkan data yang tersedia sehingga memungkinkan untuk menangkap hubungan yang lebih kompleks antara variabel (Eubank, 1999). *Spline* dihubungkan dengan kurva *piecewise* (polinomial) yang dikenal dengan *Basis Function*. Dengan demikian, model ini menghasilkan model yang fleksibel baik dalam model linier maupun model non linier. Gambar 2.1 menunjukkan basis fungsi atau bisa juga disebut *hinge function* yang memuat variabel prediktor ( $x$ ) dengan  $t$  merupakan titik-titik knot (Karisma & Harini, 2019).

$$(x - t)_+ = h(x - t) = \max(0, x - t) = \begin{cases} (x - t) & \text{jika } x \geq t \\ 0, & \text{lainnya} \end{cases}$$

$$(t - x)_+ = h(t - x) = \max(0, t - x) = \begin{cases} (t - x) & \text{jika } t \geq x \\ 0, & \text{lainnya} \end{cases}$$



**Gambar 2.1** Basis fungsi atau *hinge function*.

MARS dikembangkan untuk mengatasi kekurangan dari metode *Recursive Partitioning Regression* (RPR) yang kemudian di kombinasikan dengan metode *Splines* sehingga membentuk model kontinu di knot (Friedman, 1991). Metode

RPR merupakan metode regresi nonparametrik yang bekerja dengan cara membagi data menjadi beberapa bagian dengan fungsi basisnya masing-masing. Basis fungsi merupakan kumpulan fungsi parametrik yang terdiri atas beberapa variabel, fungsi basis  $B_m$  pada metode RPR didefinisikan:

$$B_m(x) = \prod_{k=1}^{K_m} H[S_{km} \cdot (x_{v(k,m)} - t_{km})] \quad (2.5)$$

dengan:

- $B_m$  : Basis fungsi ke- $m$
- $K_m$  : Derajat interkasi pada basis fungsi ke- $m$
- $S_{km}$  : Tanda pada titik knot, nilainya  $\pm 1$  (Nilai +1 menunjukkan bahwa titik knot berada di bagian kanan dari pemisahan. Nilai -1 menunjukkan bahwa titik knot berada di bagian kiri dari pemisahan (Friedman, 1991).
- $x_{v(k,m)}$  : Variabel independen
- $t_{km}$  : Nilai knot dari variabel independen
- $v$  : Banyaknya variabel independen
- $m$  : Banyaknya fungsi basis
- $k$  : Banyaknya interaksi

*Spline* merupakan fungsi *piecewise* polinomial yang kontinu dan halus. *Splines* digunakan untuk memodelkan kurva yang kompleks dengan cara menggabungkan beberapa fungsi polinomial. *Spline* merupakan salah satu pendekatan yang digunakan untuk mengatasi permasalahan yang timbul dari pola data yang naik dan turun secara ekstrim serta dapat mengatasi permasalahan diskontinuitas.

Terdapat beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam membentuk model MARS menurut Friedman (Wicaksono dkk., 2014) sebagai berikut:

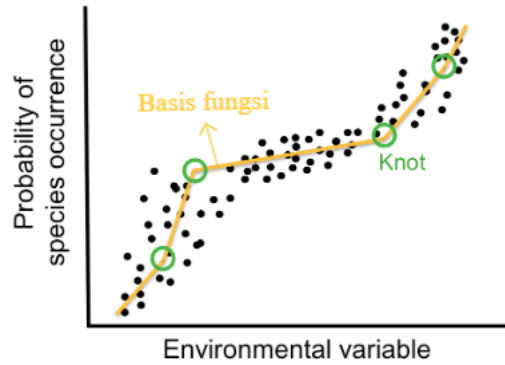
1. Knot, knot berperan penting dalam pembentukan model, setiap garis regresi yang dibentuk menentukan suatu wilayah tertentu. Knot dapat disebut sebagai batas yang memisahkan bagian-bagian tertentu dalam dataset, knot menjadi akhir dari suatu bagian dan menjadi awal dari bagian lain dataset tersebut. Penentuan knot menjadi sangat penting dalam menentukan bagaimana suatu model akan menyesuaikan data. Minimum Observasi (MO) yang merujuk pada jarak minimum antar knot berperan signifikan dalam menentukan kompleksitas model penentuan nilai MO menggunakan teori yang diperkenalkan Friedman (1991) dengan rumus sebagai berikut:

$$MO = 3 - \log_2 \left( \frac{\alpha}{n} \right)$$

Gambar 2.1 menunjukkan titik-titik knot yang membagi data menjadi beberapa segmen.

2. *Basis Function* (BF), fungsi basis didefinisikan secara parametrik berdasarkan bagian-bagian atau sebaran data dalam data set yang digunakan. Fungsi basis yang dipilih pada umumnya berbentuk polinomial yang kontinu pada setiap knot. Penentuan nilai basis fungsi maksimum yang diperbolehkan adalah dua sampai empat kali dari banyaknya variabel independen yang digunakan (Wicaksono dkk., 2014). BF dalam Gambar 2.1 digambarkan sebagai garis kuning yang terhubung di titik-titik knot.
3. Interaksi dalam konteks analisis statistik adalah representasi dari hubungan saling berpengaruh antara dua atau lebih variabel yang berkorelasi. Interaksi merupakan perkalian silang antar variabel yang saling berkorelasi. Jumlah

maksimum interaksi (MI) yang diperbolehkan adalah 1,2, dan 3 jika lebih dari tiga interaksi maka model yang dihasilkan akan sangat kompleks dan sulit untuk di interpretasikan (Friedman, 1991).



**Gambar 2.2** Regresi Spline dengan Beberapa Knot

Model MARS menyempurnakan metode RPR yang dikombinasikan dengan metode *spline* dengan memperbaiki basis fungsinya menjadi:

$$B_m(x) = \prod_{k=1}^{K_m} [S_{km} \cdot (x_{v(k,m)} - t_{km})]_+ \quad (2.6)$$

Hasil dari modifikasi model RPR dengan kombinasi *spline* yang dilakukan oleh (Friedman, 1991) menghasilkan model MARS sebagai berikut

$$\hat{f}(x) = \alpha_0 + \sum_{m=1}^M \alpha_m \prod_{k=1}^{K_m} [S_{km} (x_{v(k,m)} - t_{km})]_+$$

$$\hat{f}(x) = \alpha_0 + \sum_{m=1}^M \alpha_m B_m(x) \quad (2.7)$$

Dapat ditulis dalam bentuk matriks menjadi:

$$Y = B\alpha + \varepsilon \quad (2.8)$$

dimana,

$$Y = [y_1, y_2, \dots, y_n]', \alpha = [\alpha_0, \alpha_1, \dots, \alpha_M]', \varepsilon = [\varepsilon_1, \varepsilon_2, \dots, \varepsilon_{mp}]'$$

$$B = \begin{bmatrix} 1 & \prod_{k=1}^{K_1} S_{1m}(x_{1(1,m)} - t_{1m}) & \cdots & \prod_{k=1}^{K_M} S_{1m}(x_{1(M,m)} - t_{Mm}) \\ 1 & \prod_{k=1}^{K_1} S_{1m}(x_{2(1,m)} - t_{1m}) & \cdots & \prod_{k=1}^{K_M} S_{Mm}(x_{2(M,m)} - t_{Mm}) \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 1 & \prod_{k=1}^{K_1} S_{1m}(x_{n(1,m)} - t_{1m}) & \cdots & \prod_{k=1}^{K_M} S_{Mm}(x_{n(M,m)} - t_{Mm}) \end{bmatrix}$$

dimana,

- $Y$  : Vektor variabel respon ( $n \times 1$ )  
 $B$  : Matriks basis fungsi ( $n \times (M + 1)$ )  
 $\alpha$  : Vektor koefisien regresi ( $(M + 1) \times 1$ )  
 $\varepsilon$  : Vektor galat error ( $n \times 1$ )  
 $M$  : Maksimum basis fungsi

untuk mendapatkan estimator  $\alpha$  digunakan metode OLS dengan meminimumkan kuadrat *error*:

$$\begin{aligned} \sum_{i=1}^n \varepsilon_i^2 &= \varepsilon' \varepsilon \\ &= (Y - B\alpha)'(Y - B\alpha) \\ &= (Y' - B'\alpha')(Y - B\alpha) \\ &= (Y'Y - Y'B\alpha - \alpha'B'Y + \alpha'B'B\alpha) \\ &= Y'Y - 2\alpha'B'Y + \alpha'B'B\alpha \end{aligned} \quad (2.9)$$

Untuk mendapatkan nilai  $\alpha$  yang minimum ( $\varepsilon' \varepsilon$ ), dilakukan turunan parsial ( $\varepsilon' \varepsilon$ ) terhadap  $\alpha$  sehingga diperoleh:

$$\frac{\partial(\varepsilon' \varepsilon)}{\partial \alpha} = 0$$

Maka,

$$\begin{aligned}
 -2B'Y + 2B'B\alpha &= 0 \\
 B\alpha &= 2B'Y \\
 \hat{\alpha} &= (B'B)^{-1}B'Y
 \end{aligned}
 \tag{2.10}$$

Atau model MARS dapat di definisikan secara sederhana menjadi

$$\hat{f}(x) = \alpha_0 + \alpha_1 B_1 + \alpha_2 B_2 + \dots + \alpha_m B_m \tag{2.11}$$

dimana:

- $\hat{f}(x)$  : Variabel respon
- $\alpha_0$  : Konstanta
- $\alpha_m$  : Koefisien fungsi basis ke-m
- $B_m$  : Fungsi basis ke-m

#### 2.4 Algoritma *Forward Backward Stepwise*

Algoritma *Stepwise* digunakan dalam konteks penentuan model MARS terbaik dengan memaksimalkan fungsi basis. *Forward stepwise* digunakan untuk mendapatkan jumlah fungsi basis yang maksimum, kriteria penentuan fungsi basis pada forward stepwise adalah dengan meminimumkan *Average Sum of Error* (ASR). Titik knot yang tepat dan efisien sangat penting agar diperoleh model MARS terbaik. Langkah yang dilakukan untuk algoritma Forward Stepwise adalah sebagai berikut:

1. Menentukan nilai basis awal yang merupakan fungsi basis konstan.
2. Membentuk BF hingga BF ke M berdasarkan kombinasi Variabel Bebas dan titik knot.
3. Membentuk interaksi antar BF sehingga menghasilkan GCV minimum.



4. Mengulangi kembali langkah ketiga hingga diperoleh model MARS sebanyak maksimum BF.

*Backward stepwise* dilakukan untuk memenuhi konsep model sederhana atau parsimony, Langkah yang dilakukan adalah memilih fungsi basis yang diperoleh dari *forward stepwise* dengan meminimumkan nilai GCV atau dengan mengeliminasi fungsi basis yang berkontribusi kecil terhadap nilai dugaan respon (Friedman, 1991). Langkah *backward stepwise* sebagai berikut:

1. Hapus variabel yang memiliki pengaruh paling kecil terhadap nilai GCV.
2. Ulangi Langkah satu hingga tidak ada lagi variabel yang dapat dihapus.

## 2.5 Penentuan Model MARS Terbaik

Menentukan model MARS terbaik dapat dinilai berdasarkan nilai GCV terkecil, semakin kecil nilai GCV maka semakin baik model tersebut (Mattalunru dkk., 2022). Penentuan nilai GCV dilakukan dengan mengkombinasikan jumlah BF, MI dan MO (Kilinc dkk., 2017). Langkah tersebut dilakukan terus hingga memperoleh model dengan nilai GCV minimum (*smaller-better-criteria*) (Karisma & Harini, 2019). Perhitungan nilai GCV dapat dilakukan menggunakan rumus sebagai berikut (Friedman, 1991):

$$GCV = \frac{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n [y_i - \hat{f}_M(x_i)]^2}{\left[1 - \frac{c(M)}{n}\right]^2} \quad (2.12)$$

dengan:

$y_i$  : Variabel respon ke- $i$

$M$  : Jumlah Fungsi basis

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

- $n$  : Banyaknya data  
 $C(\hat{M})$  :  $C(M) + dM$   
 $C(M)$  : Trace  $[B(B^T B)^{-1} B^T] + 1$  adalah banyaknya parameter yang di estimasi  
 $d$  : Nilai ketika setiap fungsi basis mencapai nilai optimasi ( $2 \leq d \leq 4$ )

## 2.6 Evaluasi Model MARS

Setelah model MARS dengan nilai Generalized Cross-Validation (GCV) terkecil diperoleh, langkah selanjutnya adalah menghitung nilai Root Mean Squared Error (RMSE) dan koefisien determinasi ( $R^2$ ). Nilai RMSE digunakan untuk mengukur tingkat ketepatan prediksi, dengan fokus pada seberapa dekat prediksi model terhadap nilai aktual. RMSE yang lebih rendah menunjukkan bahwa model memiliki tingkat kesalahan yang kecil dalam prediksinya, yang berarti prediksi tersebut sangat akurat. Sebaliknya, nilai  $R^2$  mengukur seberapa baik model dapat menjelaskan variabilitas dalam data. Model dengan nilai  $R^2$  yang tinggi menunjukkan bahwa proporsi besar dari variasi data dapat dijelaskan oleh model, menandakan kecocokan yang baik antara model dan data. Oleh karena itu, model MARS dikatakan baik jika memiliki nilai RMSE yang rendah dan nilai  $R^2$  yang tinggi, karena ini menunjukkan prediksi yang akurat dan kemampuan model untuk menangkap pola dalam data (Safitri Pratiwi dkk., 2022).

Nilai MSE dan RMSE diperoleh dari rumus.

$$MSE = \frac{\sum(\text{actual value} - \text{predicted value})^2}{n} \quad (2.13)$$

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum(\text{actual value} - \text{predicted value})^2}{n}} \quad (2.14)$$

Nilai  $R^2$  diperoleh dari rumus.

$$R^2 = 1 - \frac{\sum(\text{actual value} - \text{predicted value})^2}{\sum(\text{actual value} - \text{mean value})^2} \quad (2.15)$$

## 2.7 Menentukan *Variable Importance*

*Variable importance* merupakan urutan variabel-variabel yang memiliki pengaruh paling besar terhadap model. Kriteria yang digunakan untuk mengestimasi tingkat kepentingan variabel pada model MARS adalah *Mean Square Error* (MSE). Kriteria MSE digunakan dengan menghitung nilai rata-rata kuadrat kesalahan antara nilai yang dilakukan prediksi menggunakan model dengan nilai aktual. Pada model MARS, MSE digunakan untuk melakukan evaluasi setiap variabel pada model dengan melakukan perhitungan jumlah variabel yang masuk ke dalam subset model. Variabel yang terlibat dalam jumlah subset lebih banyak akan dianggap memiliki tingkat kepentingan yang tinggi.

## 2.8 *Take Home Pay* (THP)

Setiap pekerjaan memiliki *Take Home Pay* (THP) yang berbeda-beda, belum ada studi yang secara khusus membahas (THP) peternak sapi perah. THP merupakan istilah yang merujuk pada penghasilan bersih yang diterima pekerja dalam hal ini adalah peternak setelah ditambahkan dengan hak-hak yang seharusnya di terima serta dikurangi kewajiban yang menjadi tanggung jawab yang harus di bayarkan (Agustin dkk., 2023). Sehingga THP adalah jumlah uang yang benar-benar diterima oleh seornag individu setelah berbagai potongan yang dibayarkan dari total penghasilan. THP adalah jumlah uang yang tersedia bagi individu untuk keperluan pribadi.

THP yang diterima oleh peternak sapi anggota KAN Jabung merupakan jumlah uang yang sebenarnya diterima oleh peternak setelah di potong simpanan wajib, simpanan pokok, simpanan sukarela, dan simpanan hari raya. Pemotongan tersebut pada akhirnya akan memberikan manfaat kepada peternak itu sendiri. Salah satu manfaat pemotongan berbagai simpanan tersebut adalah kunjungan dokter hewan untuk memantau kesehatan hewan, selain itu simpanan tersebut pada akhirnya bisa di ambil oleh peternak jika dirasa membutuhkan dana darurat. Sebagian besar peternak anggota KAN Jabung menjadikan beternak sabagai pekerjaan utama mereka. THP berpengaruh signifikan dalam menjaga keseimbangan perekonomian keluarga peternak serta untuk memenuhi kebutuhan pokok mereka.

## 2.9 Integrasi Al-Qur'an

Yakin bahwa Allah SWT menjamin rezeki bagi setiap hamba-Nya adalah dasar yang kokoh dalam kehidupan umat muslim. Allah SWT telah menegaskan dalam Al-Qur'an bahwa Allah SWT adalah Dzat yang Maha pemberi rezeki yang disebut dengan Ar-Razzaq yang menyediakan dan menjamin rezeki bagi setiap makhluk-Nya. Sebagaimana di sebutkan dalam Qur'an surat Hud ayat 6 yang berbunyi (Kemenag, 2023)

وَمَا مِنْ دَابَّةٍ فِي الْأَرْضِ إِلَّا عَلَى اللَّهِ رِزْقُهَا وَيَعْلَمُ مُسْتَقَرَّهَا وَمُسْتَوْدَعَهَا ۗ كُلٌّ فِي كِتَابٍ مُبِينٍ (٦)

Artinya:

*“Dan tidak satupun makhluk bergerak (bernyawa) di bumi melainkan semuanya dijamin Allah rezekinya. Dia mengetahui tempat kediamannya dan tempat penyimpanannya. Semua (tertulis) dalam Kitab yang nyata (Lauh Mahfuzh).”*

Jalan turunnya rezeki pun bermacam-macam. Salah satunya didasarkan pada usaha makhluk-Nya untuk mewujudkan rezeki itu, sebagaimana yang di sebutkan dalam Surat An-Najm ayat 39 (Kemenag, 2023):

(٣٩) وَأَنْ لَّيْسَ لِلْإِنْسَانِ إِلَّا مَا سَعَىٰ

Artinya:

*“Dan bahwa manusia hanya memperoleh apa yang telah diusahakannya”*

Allah SWT tidak akan menutup mata bagi hambanya yang telah bersungguh-sungguh berusaha serta berdoa untuk mendapatkan rezeki dari-Nya, Allah SWT pun akan memberikan rezekinya yang sesuai dengan apa yang telah di usahakan hambanya. Allah SWT mengetahui batas kemampuan hambanya sehingga Allah SWT tidak akan memberikan rezeki melebihi kemampuan hambanya.

## **2.10 Kajian *Take Home Pay* (THP) dengan Teori Pendukung**

Penelitian ini melibatkan beberapa tahapan yang merupakan bagian penting dari metodologi penelitian. Tahap awal adalah pengumpulan data yang diperlukan. Kemudian, data dilakukan pengujian terhadap *outlier* lalu dilakukan normalisasi data menggunakan teknik Z-score normalization dalam tahap kedua. Dilanjutkan dengan analisis deskriptif pada tahap ketiga, yang bertujuan untuk memberikan gambaran menyeluruh mengenai karakteristik data dalam penelitian ini, serta visualisasi data menggunakan scatter plot. Tahap selanjutnya melibatkan uji multikolinearitas untuk memastikan tidak adanya korelasi tinggi antara variabel

independen. Data kemudian dibagi menjadi dua bagian, yakni data training dan data testing dalam tahap kelima. Selanjutnya, model MARS dibangun menggunakan data training, dengan penggunaan kombinasi dari faktor BF, MI, dan MO. Model MARS yang terbentuk dicari kombinasinya dengan nilai GCV terkecil. Langkah terakhir melibatkan uji signifikansi terhadap model MARS yang telah diperoleh.

### BAB III

#### METODE PENELITIAN

#### 3.1 Jenis Penelitian

Jenis penelitian yang digunakan ini adalah deskriptif kuantitatif. Penelitian ini menggunakan data kuantitatif yaitu berupa data *Take Home Pay* (THP) Anggota KAN Jabung Syariah Jawa Timur periode 21 tahun 2023 yang selanjutnya akan dianalisis menggunakan metode *Multivariate Adaptive Regression Splines* (MARS).

#### 3.2 Data dan Sumber Data

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data sekunder atau data yang diperoleh dari sumber yang telah tersedia. Data yang digunakan pada penelitian kali ini adalah data keanggotaan dan simpanan anggota KAN Jabung. Data diakses pada tanggal 29 juli 2023. Data yang digunakan terdiri dari variabel dependen ( $Y$ ) dan variabel independen ( $X$ ). Variabel yang akan digunakan pada penelitian sebagai berikut:

**Tabel 3.1** Variabel Penelitian

No.	Variabel	Keterangan	Satuan
1.	<i>Take Home Pay</i> (THP)( $Y$ )	Jumlah <i>Take Home Pay</i> (THP) yang diterima peternak setelah di potong simpanan wajib, simpanan pokok, simpanan sukarela, simpanan hari raya	Rupiah
2.	Produksi susu ( $X_1$ )	Jumlah susu yang disetor peternak kepada KAN Jabung dalam satu periode	Liter
3.	Populasi sapi ( $X_2$ )	Jumlah sapi yang dimiliki peternak	Ekor
4.	Jumlah induk ( $X_3$ )	Jumlah induk sapi yang dimiliki peternak	Ekor
6.	<i>IF Grade</i> ( $X_4$ )	Tingkat kualitas susu sapi	Persen

### 3.3 Tahapan Penelitian

Adapun Langkah-langkah yang dilakukan dalam penelitian adalah sebagai berikut:

1. Pengumpulan data *Take Home Pay* (THP) yang terdiri dari variabel dependen dan variabel independen.
2. Analisis Deskriptif
  - a. Melakukan analisis deskriptif untuk mengetahui gambaran umum mengenai data *Take Home Pay* (THP) Anggota KAN Jabung pada periode 21 Tahun 2023.
  - b. Menggambarkan dalam plot perbandingan tiap variabel independent dengan variabel dependen.
3. Melakukan pengujian terhadap *outlier* kemudian normalisasi data dengan menggunakan persamaan (2.1) agar setiap variabel yang terlibat memiliki rentang dan arah yang sama, sehingga memiliki hasil yang lebih akurat.
4. Memisahkan data penelitian menjadi data *testing* dan data *training*. Kemudian, dipilih kombinasi pembagian yang menghasilkan nilai *Generalized Cross-Validation* (GCV) terkecil.
5. Melakukan pemodelan MARS.
  - a. Menentukan kombinasi terbaik dari Basis Fungsi (BF), Maksimum Interaksi (MI), dan Minimum Observasi (MO) dengan mempertimbangkan nilai *Generalized Cross-Validation* (GCV) terkecil pada setiap kombinasi pada *data training*.
  - b. Memodelkan kombinasi yang diperoleh kedalam data yang belum dinormalisasikan.



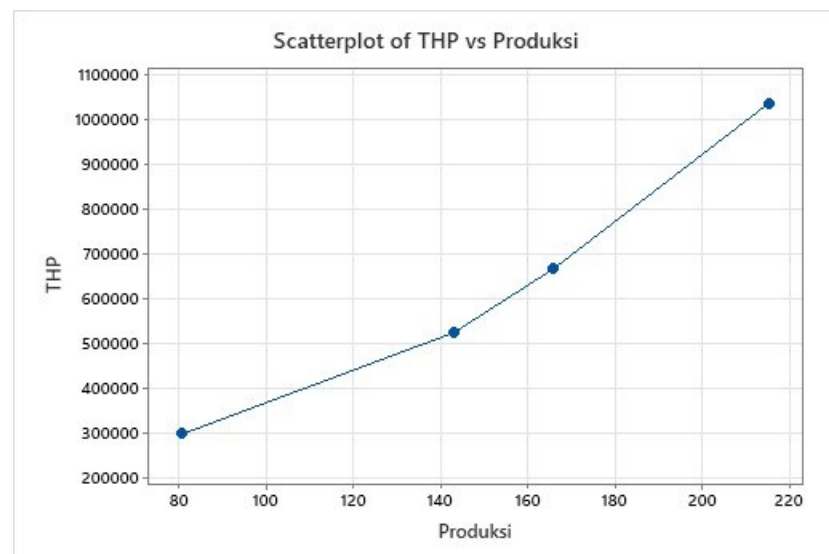
- c. Melakukan interpretasi model MARS yang diperoleh.
6. Mengevaluasi kinerja model dengan melihat nilai *Mean Square Error* (MSE), *Root Mean Squared Error* (RMSE), dan *R-squared* ( $R^2$ ) pada *data testing*.
  7. Menentukan variabel yang memiliki pengaruh paling besar terhadap model MARS.

Berikut merupakan contoh perhitungan manual untuk memperoleh persamaan model MARS. Digunakan contoh dua variabel yaitu  $X_1$  dan  $Y$  dengan masing-masing 4 data.

**Tabel 3.2** Contoh Data

$X_1$	$Y$
215	1034574
143	522282
81	296238
165,9	665406

Tabel 3. merupakan contoh data yang akan dilakukan perhitungan manual untuk menentukan model MARS. Data pada Tabel 3. kemudian dilakukan *plotting* untuk menggunakan *scatter plot* untuk menentukan nilai knot.



**Gambar 3.1** Scatter Plot THP vs Produksi

Pada Gambar 3.1, terlihat bahwa terdapat dua titik knot ( $t$ ), sehingga dapat diketahui bahwa nilai titik knot sebesar  $t = 2$ . Setelah diketahui titik knot, kemudian melakukan pencarian terhadap basis fungsi untuk variabel  $X_1$ . Proses perhitungan secara manual untuk menemukan basis fungsi variabel  $X_1$  adalah sebagai berikut.

$$BF1 = h(X_1 - 2) = \begin{pmatrix} h(215 - 2) \\ h(143 - 2) \\ h(81 - 2) \\ h(165,9 - 2) \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 212 \\ 141 \\ 79 \\ 163,9 \end{pmatrix}$$

Dengan demikian, diperoleh matriks basis fungsi sebagai berikut:

$$B = \begin{pmatrix} 1 & 212 \\ 1 & 141 \\ 1 & 79 \\ 1 & 163,9 \end{pmatrix}$$

Setelah dilakukan perhitungan terhadap basis fungsi satu, kemudian menghitung  $B'B$ .

$$B'B = \begin{pmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 \\ 212 & 141 & 79 & 163,9 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 1 & 212 \\ 1 & 141 \\ 1 & 79 \\ 1 & 163,9 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 4 & 595,9 \\ 595,9 & 97929,216 \end{pmatrix}$$

Setelah itu dilakukan perhitungan untuk menemukan nilai  $B'Y$  dan nilai  $(B'B)^{-1}$ .

$$B'Y = \begin{pmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 \\ 212 & 141 & 79 & 163,9 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 1034574 \\ 522282 \\ 296238 \\ 665406 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 2518500 \\ 425434295,4 \end{pmatrix}$$

$$\begin{aligned} (B'B)^{-1} &= \frac{1}{(4 \times 97929,216) - (595,9 \times 595,9)} \begin{pmatrix} 97929,216 & -595,9 \\ -595,9 & 4 \end{pmatrix} \\ &= \frac{1}{37096,614} \begin{pmatrix} 97929,216 & -595,9 \\ -595,9 & 4 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 2,640 & -0,016 \\ -0,016 & 0,0001 \end{pmatrix} \end{aligned}$$

Ketika nilai  $B'Y$  dan nilai  $(B'B)^{-1}$  ditemukan, kemudian dapat dicari nilai koefisien  $\alpha$  sebagai berikut.

$$\begin{aligned} \begin{pmatrix} \alpha_0 \\ \alpha_1 \end{pmatrix} &= (B'B)^{-1} \cdot B'Y = \begin{pmatrix} 2,640 & -0,016 \\ -0,016 & 0.0001 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 2518500 \\ 425434295,4 \end{pmatrix} \\ &= \begin{pmatrix} -158108,7264 \\ 2247,42954 \end{pmatrix} \end{aligned}$$

Sehingga didapatkan nilai koefisien  $\alpha$  masing-masing yaitu:

$$\alpha_0 = -158108,7264$$

$$\alpha_1 = 2247,42954$$

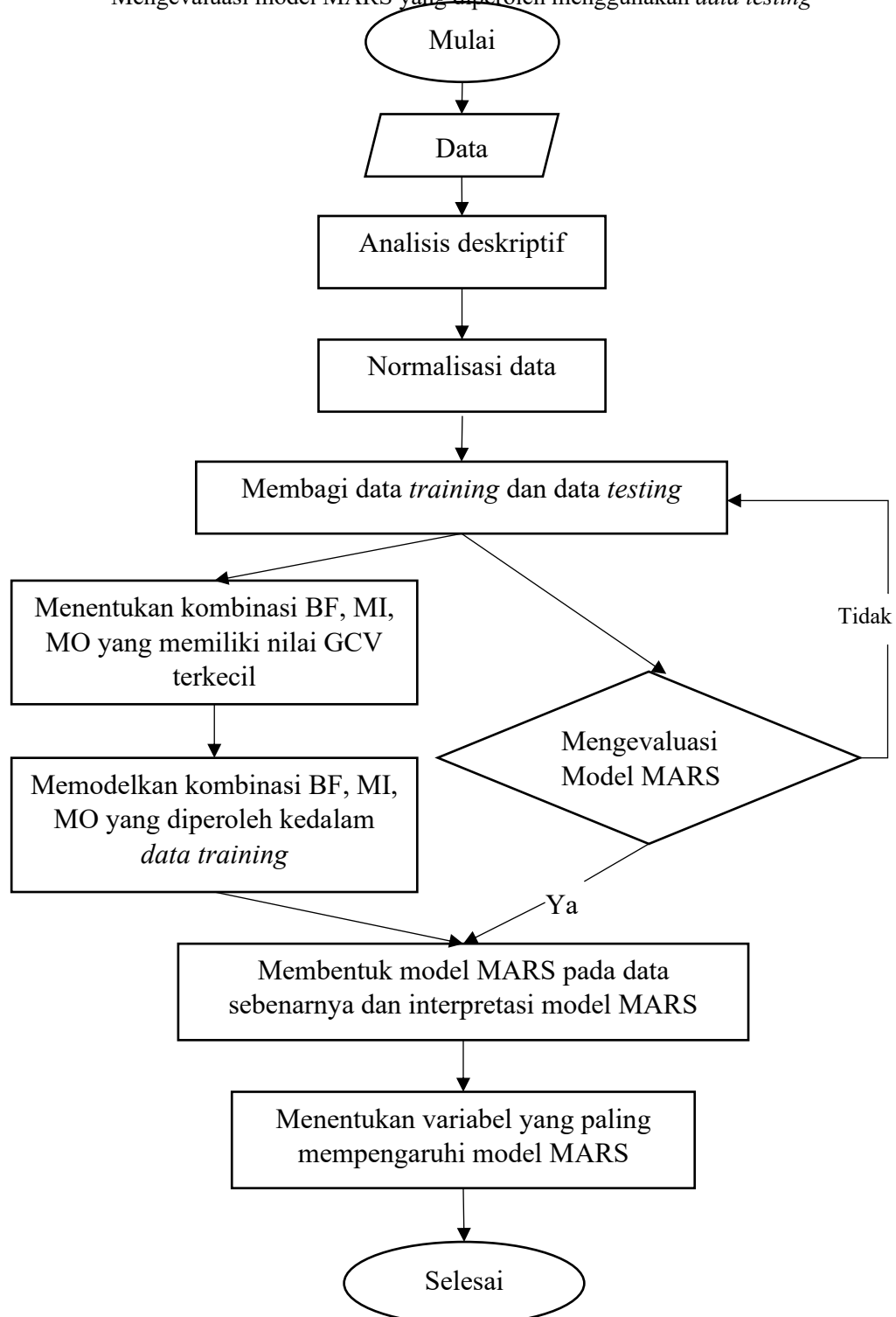
Dengan menggunakan nilai nilai koefisien  $\alpha$ , dapat dibentuk model MARS untuk contoh data dengan basis fungsi dari variabel  $X_1$  adalah sebagai berikut

$$Y = -158108,7264 + 2247,42954 \cdot BF1, \text{ dengan } BF1 = h(X_1 - 2)$$

Dari model di atas, dapat diinterpretasikan jika jumlah produksi susu melebihi dari 2 liter, maka produksi susu ( $X_1$ ) berpengaruh untuk meningkatkan THP (Take Home Pay) yang diterima peternak sebesar sekitar Rp2.247,43.

### 3.4 Diagram Alur Penelitian

Mengevaluasi model MARS yang diperoleh menggunakan *data testing*



**Gambar 3.2** Diagram Alur Pemodelan MARS

**BAB IV**  
**HASIL DAN PEMBAHASAN**

**4.1 Analisis Deskriptif**

Analisis deskriptif dilakukan untuk mendapatkan gambaran umum dari data yang digunakan dalam penelitian. Analisis deskriptif dilakukan untuk mengetahui karakteristik pendapatan anggota KAN Jabung Syariah Jawa Timur periode 21 pada tahun 2023 dengan satu periode berisi 10 hari. Banyak faktor yang dapat mempengaruhi besar kecilnya THP yang diterima peternak yaitu produksi susu ( $X_1$ ), populasi sapi ( $X_2$ ), jumlah induk ( $X_3$ ), dan IF grade ( $X_4$ ). Banyak data pada masing-masing variabel adalah

**Tabel 4.1** Statistika Deskriptif Data

<b>Variabel</b>	<b>Minimum</b>	<b>Maximum</b>	<b>Mean</b>	<b>Q1</b>	<b>Q3</b>	<b>Std. Deviasi</b>
$Y$	70194	9030786	846305	296238	1034574	863142
$X_1$	3	3822,10	198,36	86,90	250,60	202,13
$X_2$	1	73	5	3	6	3
$X_3$	1	62	3	2	4	3
$X_4$	7	21	8,37	7	9	2,82

Tabel 4.1 menunjukkan statistika deskriptif dari data variabel-variabel yang mempengaruhi THP peternak sapi perah anggota KAN Jabung periode 21, tahun 2023. Variabel dependen atau variabel  $Y$  yaitu THP yang diterima peternak paling sedikit adalah Rp70.194 dengan THP yang paling banyak diterima peternak adalah sekitar Rp9.030.786. Rata-rata nilai THP yang diterima peternak anggota KAN Jabung adalah sebesar Rp846.305 dan standar deviasi Rp863.142.

Dalam data keanggotaan KAN Jabung tersebut tercatat dari total 1103 anggota, rata-rata jumlah produksi susu sapi atau variabel  $X_1$  yang disetorkan ke

koperasi pada periode tersebut adalah sebanyak 198,36-liter susu. Setoran susu terbanyak periode 21 pada tahun 2023 adalah sebanyak 3822,10 liter, sedangkan setoran susu paling sedikit adalah 3-liter susu sapi. Pada penelitian kali ini keanggotaan dengan status sapi kering tidak di ikut sertakan agar hasil analisis yang diperoleh menjadi lebih akurat.

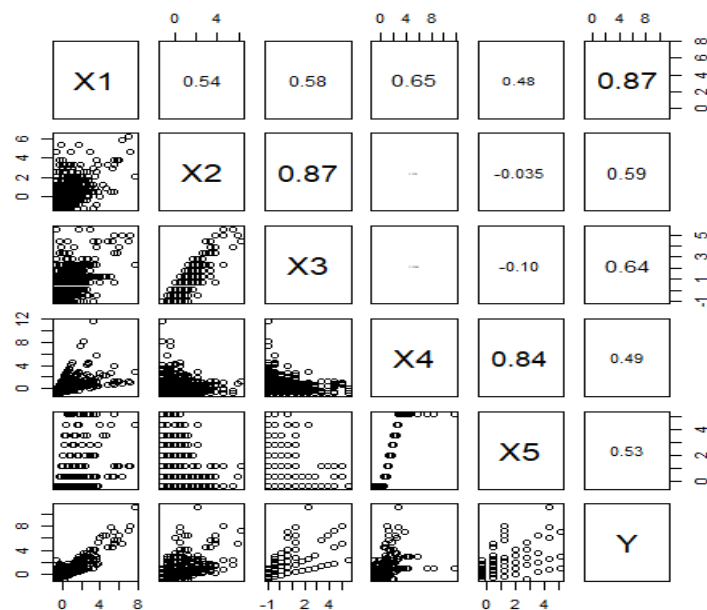
Populasi sapi perah ( $X_2$ ) yang dimiliki anggota koperasi paling banyak adalah sebanyak 73 ekor, dimana pada penelitian kali ini data yang digunakan hanya data peternak sapi perah yang status keanggotaannya bukan mitra. Mitra sendiri merupakan jenis keanggotaan di KAN Jabung yang juga menaungi beberapa peternak yang tidak bergabung secara langsung ke koperasi sehingga biasanya jumlah sapi yang terdata sangat banyak jauh dari rata-rata kepemilikan sapi oleh anggota biasa. Populasi sapi perah yang dimiliki anggota koperasi sendiri paling sedikit berjumlah satu ekor dengan rata-rata kepemilikan sapi 4 sampai 5 ekor.

Variabel  $X_3$  merupakan variabel jumlah induk sapi, dimana yang dihitung adalah sapi yang telah memiliki anakan sehingga sudah bisa menghasilkan susu. Variabel jumlah induk sapi berbeda dengan variabel populasi sapi, variabel populasi sapi menghitung semua sapi yang dimiliki peternak dari yang baru lahir hingga sapi-sapi jantan. Jumlah indukan sapi yang dimiliki peternak paling banyak adalah 62 ekor sapi. Jumlah minimum sapi yang dimiliki peternak adalah satu ekor sapi dan rata-rata induk sapi yang dimiliki anggota koperasi adalah 3 sampai 4 ekor sapi.

IF Grade merupakan label untuk kualitas susu, di KAN Jabung sendiri terdapat beberapa tingkatan IF Grade yaitu 7, 9, 11, 13, 15, 17, 19, dan 21. Angka-angka tersebut menunjukkan berapa persen kandungan yang ada pada susunya. Semakin besar presentasi kandungan yang terdapat pada susu semakin baik pula

kualitas susunya karna kadar airnya lebih sedikit. Kebanyakan susu yang disetorkan oleh anggota memiliki nilai IF Grade 7, rata rata kuliatas susu sapi yang disetorkan peternak berada pada rentang kualitas bawah dengan nilai IG Grade 7 dan 9.

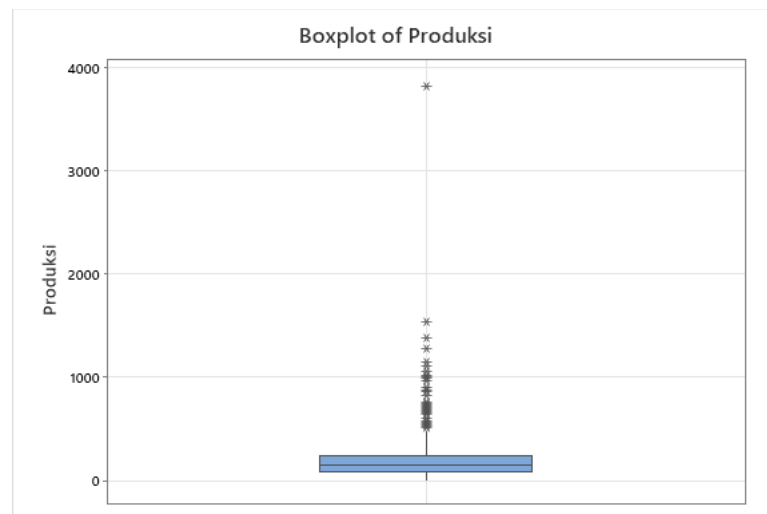
Berdasarkan plot hubungan antara variabel independen dengan variabel dependen, diketahui bahwa data tidak memiliki pola khusus. Hal ini menunjukkan bahwa pendekatan semi-parametrik dalam metode regresi dapat digunakan untuk analisis lebih lanjut. Selain itu, terlihat juga bahwa nilai korelasi antar variabel bervariasi. Beberapa nilai korelasi bahkan bernilai negatif. Keberagaman nilai korelasi ini menunjukkan bahwa hubungan antara variabel independen dan dependen tidak konsisten dan dapat berubah arah. Oleh karena itu, pendekatan semi-parametrik yang menggabungkan kelebihan pendekatan parametrik dan nonparametrik dapat memberikan hasil yang lebih akurat dan fleksibel dalam menangani berbagai jenis hubungan. Kesimpulannya, data ini cocok untuk dianalisis menggunakan metode regresi semi-parametrik karena pola dan korelasi yang tidak teratur.



Gambar 4.1 Matriks Plot Variabel Penelitian

## 4.2 Pengecekan Pencilan Data

*Outlier* atau pencilan data merupakan data yang memiliki nilai yang sangat berbeda dari mayoritas data lainnya dalam sebuah dataset. Deteksi pencilan data atau *outlier* penting dilakukan karena keberadaan pencilan data dapat memberikan pengaruh signifikan terhadap hasil analisis dan model yang dibangun. Oleh karena itu, dalam penelitian ini dilakukan pengujian untuk mendeteksi outlier guna menentukan apakah terdapat data yang menyimpang secara signifikan. Pengecekan dilakukan kepada setiap variabel penelitian yang digunakan. Sebelum dilakukan pengecekan *outlier* data dengan produksi susu sapi 0-liter atau sapi kering tidak diikuti sertakan pada penelitian kali ini.



**Gambar 4.2** Pengecekan *Outlier* untuk Variabel Produksi ( $X_1$ )

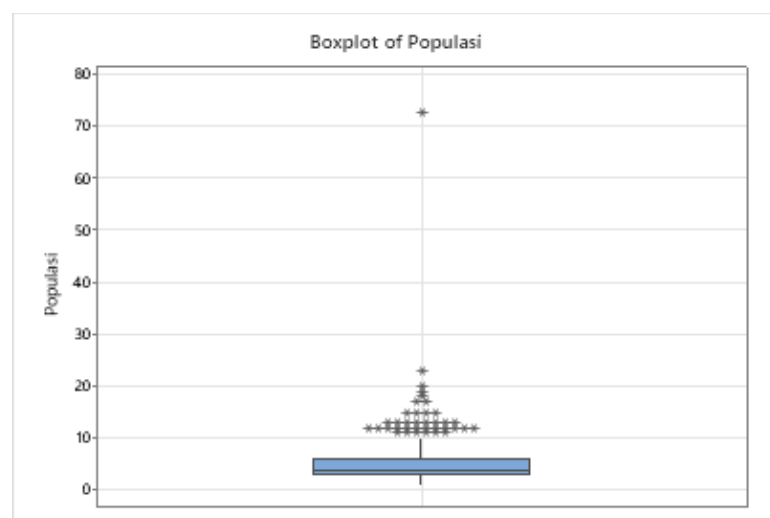
Variabel produksi atau  $X_1$  memiliki nilai Q1 sebesar 86,90 dan Q3 sebesar 250,60. Nilai IQR untuk variabel produksi adalah sebesar  $IQR = 250,60 - 86,90$  diperoleh nilai IQR sebesar 163,7 liter sehingga diperoleh batas atas dan batas bawah *outlier* sebagai berikut.



$$\begin{aligned}\text{Batas bawah} &= 86,90 - 1,5(163,7) \\ &= -158,65\end{aligned}$$

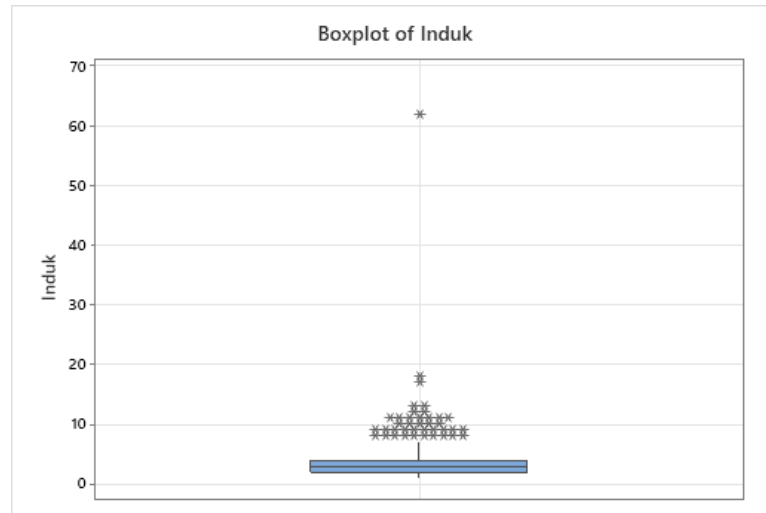
$$\begin{aligned}\text{Batas atas} &= 250,60 + 1,5(163,7) \\ &= 496,15\end{aligned}$$

Variabel produksi memiliki beberapa data yang merupakan *outlier* sehingga data data yang berada diluar batas atas dan batas bawah akan dihilangkan karena metode MARS sensitif terhadap *outlier*.



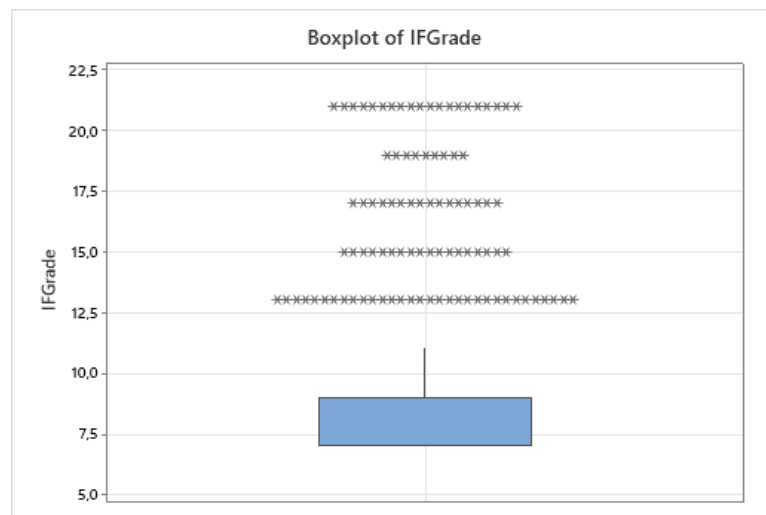
**Gambar 4.3** Pengecekan *Outlier* untuk Variabel Populasi ( $X_2$ )

Nilai IQR untuk variabel populasi ( $X_2$ ) adalah 3 dengan batas bawah -1,5 dan batas atas 10,5. Setelah di cek, terdapat beberapa data yang nilainya lebih dari 10,5 sehingga data-data tersebut merupakan *outlier* dan perlu untuk dihilangkan agar model yang dihasilkan lebih akurat.



**Gambar 4.4** Pengecekan *Outlier* untuk Variabel Induk Sapi ( $X_3$ )

Gambar 4.3 menunjukkan bahwa variabel induk sapi memiliki beberapa *outlier*, nilai IQR untuk variabel induk sapi adalah 2 ekor sapi dengan batas bawah -1 dan batas atas 7. Beberapa data pada variabel jumlah induk sapi berada pada diluar batas atas dan batas bawah sehingga atas tersebut kemudian akan dihilangkan agar hasil penelitian yang diperoleh lebih akurat pada model yang dihasilkan.

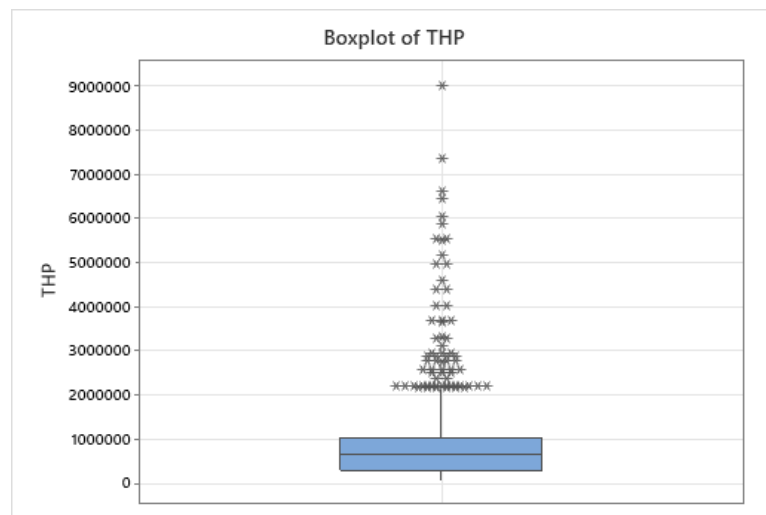


**Gambar 4.5** Pengecekan *Outlier* untuk Variabel IF Grade ( $X_4$ )

Pengecekan *outlier* pada variabel IF Grade dilakukan, terlihat pada box-plot terdapat beberapa data yang merupakan outlier. Dilakukan perhitungan dan diperoleh nilai IQR sebesar 2. Batas bawah dan batas atas masing-masing bernilai

4 dan 12. Ditemukan beberapa data bernilai lebih dari 12 sehingga merupakan *outlier*, data-data tersebut akhirnya dihilangkan agar model yang dihasilkan nantinya lebih akurat.

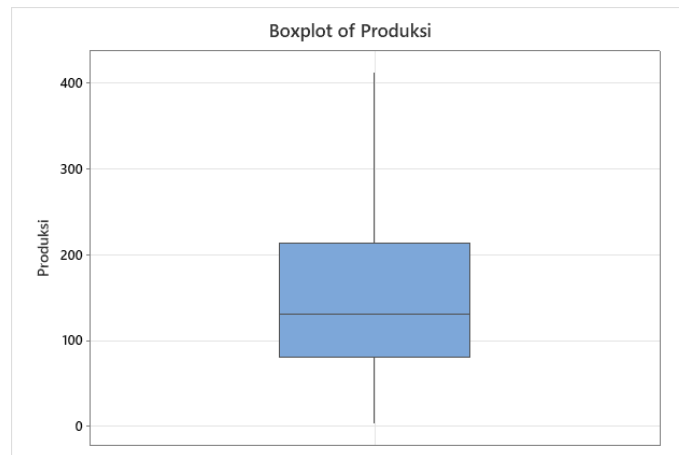
Pengecekan *outlier* pada variabel THP dilakukan, dari *box-plot* terlihat bahwa variabel THP memiliki beberapa *outlier*. Dilakukan perhitungan sehingga diperoleh nilai IQR sebesar Rp738.336. kemudian dilakukan perhitungan untuk memperoleh batas bawah dan batas atas yang masing-masing bernilai -Rp811.266 dan Rp2.142.078. sehingga data-data yang berada di luar rentang batas atas dan batas bawah akan dihilangkan.



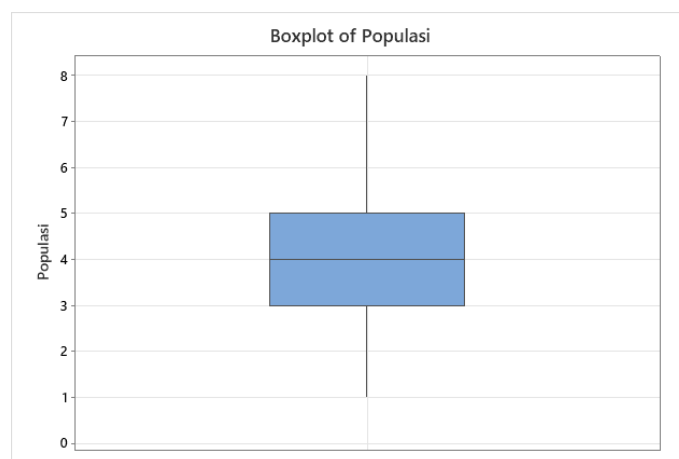
**Gambar 4.6** Pengecekan *Outlier* untuk Variabel THP (Y)

Setelah semua data outlier dihilangkan dari dataset, langkah berikutnya adalah melakukan pengecekan kembali untuk memastikan bahwa tidak ada outlier yang tertinggal. Proses ini penting untuk menjamin integritas dan akurasi analisis data selanjutnya. Setiap data point diperiksa menggunakan perangkat lunak Minitab. Hasil dari pengecekan ini menunjukkan bahwa data yang tersisa sudah bebas dari outlier dan siap untuk dianalisis lebih lanjut. Data yang telah bersih dari outlier ini akan memberikan hasil yang lebih akurat dan dapat diandalkan dalam proses analisis

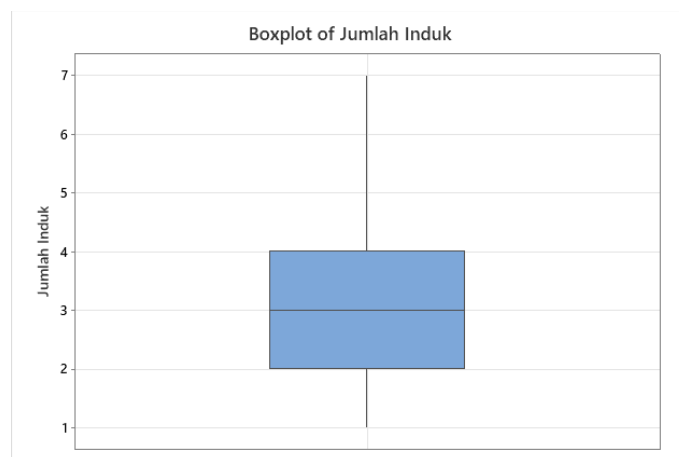
selanjutnya. Berikut adalah data yang diperoleh setelah pengecekan ulang dilakukan.



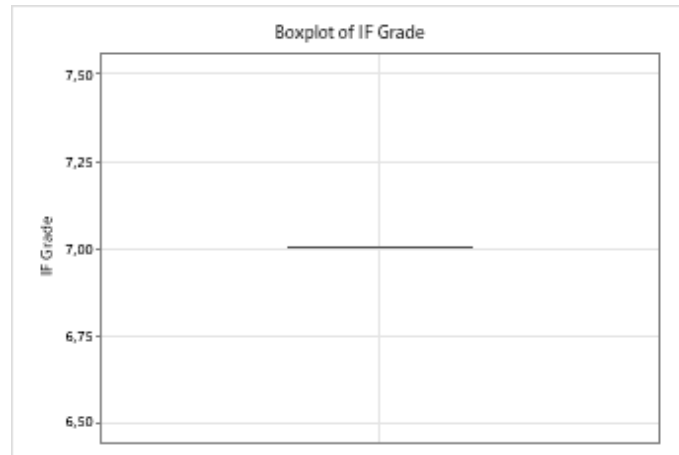
**Gambar 4.7** *Boxplot* Variabel Produksi Susu Tanpa *Outlier*



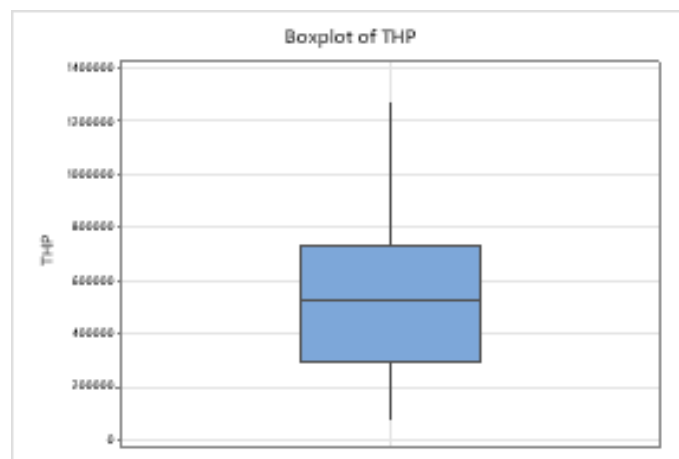
**Gambar 4.8** *Boxplot* Variabel Populasi Sapi Tanpa *Outlier*



**Gambar 4.9** *Boxplot* Variabel Induk Sapi Tanpa *Outlier*



**Gambar 4.10** *Boxplot* Variabel IF Grade Tanpa *Outlier*



**Gambar 4.11** *Boxplot* Variabel THP Tanpa *Outlier*

Setelah dilakukan pengujian terhadap pencilan pada masing-masing variabel data asli, didapatkan hasil data yang tidak terdapat pencilan di dalamnya. Diketahui bahwa data yang pada mulanya berjumlah 1103 data setelah di hilangkan data outliernya menjadi 688 data. Kemudian melakukan analisis deskriptif terhadap data tanpa *outlier* untuk mengetahui karakteristik nilai pada masing-masing variabel.

Tabel 4.2 Analisis Deskriptif Data Tanpa Outlier

Variabel	Minimum	Maximum	Mean	Q1	Q3	Std. Deviasi
Y	70194	1278258	509206	296238	733326	287363,6
X <sub>1</sub>	3	322,3	126,9	71,1	167,2	73,9
X <sub>2</sub>	1	8	4	3	5	2
X <sub>3</sub>	1	7	3	2	4	1
X <sub>4</sub>	7	7	7	7	7	7

### 4.3 Normalisasi Data

Normalisasi data dilakukan untuk menghilangkan bias atau error yang mungkin muncul dalam data. Tujuan dari normalisasi data adalah untuk membawa data ke skala yang seragam, sehingga hasil analisis yang dihasilkan menjadi lebih akurat dan lebih konsisten. Akan dilakukan normalisasi data menggunakan metode *Z-Score Normalization*. Metode ini mengubah data ke dalam skala umum di mana nilai rata-rata data menjadi nol dan standar deviasi menjadi satu. Adapun data keanggotaan dan simpanan anggota KAN Jabung periode 21 tahun 2023 ditunjukkan pada Lampiran 1. Langkah pertama dalam proses normalisasi data menggunakan *Z-Score Normalization* yaitu menentukan nilai rata-rata dan standar deviasi yang tercantum dalam tabel 4.1. Kemudian dilakukan normalisasi data menggunakan persamaan (2.1). Berikut contoh perhitungan normalisasi data dengan  $x_{16}$  merupakan nilai data ke-1 pada variabel ke-6 atau variabel THP Y yaitu Rp1.034.574,  $\mu_6$  merupakan rata-rata semua nilai pada variabel Y atau THP yaitu Rp846.305, dan  $\sigma_6$  merupakan standar deviasi dari semua nilai pada variabel Y atau THP yaitu Rp863.142. hasil dari normalisasi seluruh data dapat dilihat pada lampiran 2.

$$Z_{1Y} = \frac{x_{1Y} - \mu_Y}{\sigma_Y}$$

$$Z_{1Y} = \frac{821053 - 509206}{287363,6} = 1,0852$$

Proses normalisasi untuk semua data variabel dilakukan dengan bantuan software RStudio sehingga diperoleh hasil normalisasi yang ditunjukkan pada Lampiran 2.

#### 4.4 Pemodelan THP Metode MARS

Proses pertama yang dilakukan dalam analisis model MARS adalah dengan melakukan *splitting* data menjadi data *training* dan data *testing*. Data *training* digunakan untuk membangun model sedangkan data *testing* digunakan untuk menguji model yang telah terbentuk. Percobaan untuk memperoleh model terbaik dilakukan dengan lima kombinasi pembagian data *training* dan data *testing*, yaitu (75%:25%), (80%:20%), (85%:15%), (90%:10%), dan (95%:5%). *Output* dari percobaan kombinasi data adalah sebagai berikut.

**Tabel 4.3** Nilai MSE dari Beberapa Kombinasi

	<b>Kombinasi Perbandingan Data</b>	<b>MSE</b>
<b>Data Training dan Data Testing</b>	<i>Train 75%</i> <i>Test 25%</i>	0,0670716
	<i>Train 80%</i> <i>Test 20%</i>	0,0890609
	<b><i>Train 85%</i></b> <b><i>Test 15%</i></b>	<b>0,0400438</b>
	<i>Train 90%</i> <i>Test 10%</i>	0,0403772
	<i>Train 95%</i> <i>Test 5%</i>	0,0815207

Pada tabel 4.2 merupakan *output* nilai MSE dari masing-masing perbandingan data *testing* dan data *trainig*. Penentuan kombinasi terbaik dilihat berdasarkan nilai MSE terkecil. Tabel menunjukkan bahwa nilai MSE terkecil dimiliki oleh perbandingan data *training* 85% dan data *testing* 15%.

#### 4.5 Model MARS

Gambar 4.1 menampilkan matriks plot dari variabel yang dianalisis dalam penelitian ini. Dari gambar tersebut, terlihat bahwa pola yang muncul tidak mengikuti pola tertentu yang dapat diidentifikasi secara langsung. Oleh karena itu, untuk menganalisis data ini, digunakan metode regresi nonparametrik yang dikenal sebagai *Metode Multivariate Adaptive Regression Splines* (MARS). Metode MARS dipilih karena kemampuannya dalam menangani data berdimensi tinggi, yang dalam konteks ini memiliki lebih dari tiga variabel, dan juga mampu menangani data yang tidak memiliki pola khusus atau pola yang tidak terstruktur dengan baik. Metode MARS merupakan pilihan yang sesuai untuk memahami hubungan antara variabel dalam penelitian ini.

Model MARS diperoleh melalui *trial and error* setiap kombinasi BF, MO, dan MI yang sudah ditentukan. Nilai BF yang digunakan adalah 10, 15, dan 20. Sedangkan nilai dari MI adalah sebesar 1, 2, dan 3. Nilai MO sebesar 17 yang diperoleh

$$MO = 3 - \log_2 \left( \frac{\alpha}{n} \right)$$

$$MO = 3 - \log_2 \left( \frac{0,05}{934} \right)$$

$$MO = 17,18921 \approx 17$$



**Tabel 4.4** Nilai GCV dari Kombinasi BF, MI, dan MO

<b>Kombinasi</b>	<b>BF</b>	<b>MI</b>	<b>MO</b>	<b>GCV</b>
1	10	1	17	0,0468079
2	10	2	17	0,0048062
3	10	3	17	0,0002407
4	15	1	17	0,0761837
5	15	2	17	0,0067375
6	15	3	17	0,0003469
7	20	1	17	0,0750035
8	20	2	17	0,0046815
<b>9</b>	<b>20</b>	<b>3</b>	<b>17</b>	<b>0,0001977</b>

Berdasarkan kriteria model terbaik dalam MARS, maka model yang terpilih adalah model ke-9 dengan kombinasi BF=20, MI=3, dan MO=17. Model ini menghasilkan nilai GCV sebesar 0,0001977, Berdasarkan persamaan umum model MARS pada persamaan 2.4, diperoleh persamaan dengan jumlah variabel yang berpengaruh adalah sebanyak tiga variabel prediktor yang digunakan yaitu produksi susu ( $X_1$ ), jumlah induk ( $X_3$ ), dan IF grade ( $X_4$ ). Persamaan 4.1 merupakan fungsi prediksi yang dihasilkan untuk pemodelan variabel Produksi susu ( $X_1$ ), Jumlah induk ( $X_3$ ), dan IF Grade ( $X_4$ ) terhadap THP ( $Y$ ) pada data *training*.

$$\begin{aligned}
Z = & 1,315931 - 0,06289807 \times BF1 - 1,679118 \times BF2 + \\
& 1,610502 \times BF3 - 1,206935 \times BF4 + 0,1681256 \times \\
& BF5 + 0,262262 \times BF1 \times BF5 + 0,03668043 \times BF1 \times \\
& BF4 + 0,4582119 \times BF6 \times BF4 - 0,5201708 \times BF7 \times \\
& BF4
\end{aligned} \tag{4.1}$$

Dengan:

$$BF1 = h(X_1 - (-0,907906))$$

$$BF2 = h(0,000715183 - X_3)$$

$$BF3 = h(X_3 - 0,000715183)$$

$$BF4 = h(1,25414 - X_4)$$

$$BF5 = h(X_4 - 1,25414)$$

$$BF6 = h(0,668696 - X_3)$$

$$BF7 = h(X_3 - 0,668696)$$

Setelah diperoleh kombinasi BF, MI, dan MO yang optimal pada data *training*, dilakukan evaluasi terhadap model tersebut dengan melihat nilai MSE, RMSE, dan  $R^2$  pada data *testing*. Diketahui nilai MSE dari model tersebut sebesar 0,0001726522, nilai RMSE sebesar 0,01313972, dan akurasi model atau nilai  $R^2$  sebesar 0,999809. Setelah model MARS dibangun menggunakan data training dan parameter seperti BF, MI, dan MO dioptimalkan, langkah selanjutnya adalah menerapkan kombinasi BF, MI, dan MO optimal dari parameter-parameter ini pada data aktual, diperoleh model MARS sebagai berikut:

$$\begin{aligned} Y = & 1123828 - 252,1693 \times BF1 - 431166,4 \times BF2 + \\ & 413276,3 \times BF3 - 402080 \times BF4 + 57895,84 \times BF5 + \\ & 880,9954 \times BF1 \times BF5 + 127,3316 \times BF1 \times BF4 + \\ & 101941,8 \times BF6 \times BF4 - 115624,8 \times BF7 \times BF4 \end{aligned} \quad (4.2)$$

dengan

$$BF1 = h(X_1 - 67,6)$$

$$BF2 = h(3 - X_3)$$

$$BF3 = h(X_3 - 3)$$

$$BF4 = h(9 - X_4)$$

$$BF5 = h(X_4 - 9)$$

$$BF6 = h(4 - X_3)$$

$$BF7 = h(X_3 - 4)$$

Berikut merupakan interpretasi model MARS pada persamaan (4.2):

1. Nilai  $BF1$  pada  $-252,1693 \times BF1$  dengan  $BF1 = h(X_1 - 67,6)$  berarti bahwa variabel produksi susu sapi ( $X_1$ ) memiliki pengaruh untuk menurunkan jumlah THP yang diterima oleh peternak sebanyak  $Rp252,1693 \times BF1$  jika jumlah produksi susu ( $X_1$ ) lebih besar dari 67,6 liter.
2. Nilai  $BF2$  pada  $-431166,4 \times BF2$  dengan  $BF2 = h(3 - X_3)$  berarti bahwa variabel jumlah induk ( $X_3$ ) memiliki pengaruh untuk menurunkan jumlah THP yang diterima oleh peternak sebanyak  $Rp431166,4 \times BF2$  jika jumlah induk ( $X_3$ ) kurang dari tiga ekor induk sapi.
3. Nilai  $BF3$  pada  $+413276,3 \times BF3$  dengan  $BF3 = h(X_3 - 3)$  berarti bahwa variabel jumlah induk ( $X_3$ ) memiliki pengaruh untuk menambah jumlah THP yang diterima oleh peternak sebanyak  $Rp413.276,3 \times BF3$  jika jumlah induk ( $X_3$ ) kurang dari tiga ekor induk sapi.
4. Nilai  $BF4$  pada  $-402080 \times BF4$  dengan  $BF4 = h(9 - X_4)$  berarti bahwa variabel IF grade ( $X_4$ ) memiliki pengaruh untuk menurunkan jumlah THP yang diterima oleh peternak sebanyak  $Rp402.080 \times BF4$  jika IF grade ( $X_4$ ) kurang dari 9.
5. Nilai  $BF5$  pada  $+57895,84 \times BF5$  dengan  $BF5 = h(X_4 - 9)$  berarti bahwa variabel IF grade ( $X_4$ ) memiliki pengaruh untuk menambahkan jumlah THP yang diterima oleh peternak sebanyak  $Rp57.895,84 \times BF5$  jika IF grade ( $X_4$ ) lebih dari 9.
6. Jumlah THP yang diterima peternak akan meningkat sebanyak  $Rp880,9954 \times BF1 \times BF5$  pada  $+ 880,9954 \times BF1 \times BF5$  jika jumlah produksi susu ( $X_1$ )

lebih besar dari 67,6-liter pada  $BF1$  dan nilai IF grade ( $X_4$ ) pada  $BF5$  lebih dari 9.

7. Jumlah THP yang diterima peternak akan meningkat sebanyak  $Rp127,3316 \times BF1 \times BF4$  jika jika jumlah produksi susu ( $X_1$ ) lebih besar dari 67,6-liter pada  $BF1$  dan nilai IF grade ( $X_4$ ) pada  $BF4$  kurang dari 9.
8. Jumlah THP yang diterima peternak akan meningkat sebanyak  $Rp101.941,8 \times BF6 \times BF4$  jika  $BF6$  dan  $BF4$  tidak bernilai 0, jika salah satu diantara  $BF6$  dan  $BF4$  bernilai 0 maka tidak akan berpengaruh terhadap THP yang diterima peternak.
9. Jumlah THP yang diterima peternak akan turun sebanyak  $Rp115.624,8 \times BF7 \times BF4$  jika  $BF7$  dan  $BF4$  tidak bernilai 0, jika salah satu diantara  $BF6$  dan  $BF4$  bernilai 0 maka tidak akan berpengaruh terhadap THP yang diterima peternak.

#### 4.6 Variable Importance

Setelah diperoleh model prediksi dengan menggunakan metode MARS, kemudian dapat dilakukan perhitungan untuk menemukan *variabel importance* pada saat pembentukan model. Variabel-variabel tersebut dapat diurutkan berdasarkan tingkat kepentingan variabel tersebut di dalam model. Kriteria yang digunakan untuk mengestimasi tingkat kepentingan variabel pada model MARS adalah menggunakan nilai *Mean Square Error* (MSE).

Variable	MSE
$X_3$	0,1571344155
$X_4$	0,0636393810
$X_1$	0,0001413562
$X_2$	0,0000000000

Berdasarkan hasil perhitungan terhadap nilai MSE untuk masing-masing variabel pada Tabel 4. menunjukkan bahwa variabel dengan tingkat kepentingan tertinggi adalah jumlah induk sapi ( $X_3$ ) yang memiliki nilai MSE sebesar 0,1571344155. Hal ini berarti bahwa ketika  $X_3$  dihapus dari model, maka nilai MSE meningkat sebesar 0,1571344155. Hal ini menunjukkan bahwa  $X_3$  memiliki peran yang sangat penting dalam pembentukan model, karena jika  $X_3$  tidak ada dapat menyebabkan penurunan signifikan terhadap akurasi prediksi. Berbeda dengan variabel populasi sapi ( $X_2$ ) yang tidak berpengaruh terhadap pembentukan model. Hal ini dibuktikan dengan model MARS yang tidak memiliki variabel populasi sapi ( $X_2$ ) di dalamnya.

#### 4.7 Kajian Penelitian dalam Perspektif Islam

Jalan turunnya rezeki bermacam-macam. Salah satunya didasarkan pada usaha makhluk-Nya untuk mewujudkan rezeki itu, sebagaimana yang di sebutkan dalam Surat An-Najm ayat 39-41(Kemenag, 2023):

وَأَنْ لَّيْسَ لِلْإِنْسَانِ إِلَّا مَا سَعَى ﴿٣٩﴾

*Artinya:*

*“Dan bahwa manusia hanya memperoleh apa yang telah diusahakannya”*

وَأَنَّ سَعْيَهُ سَوْفَ يُرَى ﴿٤٠﴾

*Artinya:*

*“Dan sesungguhnya usahanya itu kelak akan diperlihatkan (kepadanya)”*

ثُمَّ يُجْزَاهُ الْجَزَاءَ الْأَوْفَى ﴿٤١﴾

Artinya:

*“kemudian akan diberi balasan kepadanya dengan balasan yang paling sempurna.”*

Allah SWT tidak akan menutup mata bagi hambanya yang telah bersungguh-sungguh berusaha serta berdoa untuk mendapatkan rezeki dari-Nya, Allah SWT pun akan memberikan rezekinya yang sesuai dengan apa yang telah di usahakan hambanya. Allah SWT mengetahui batas kemampuan hambanya sehingga Allah SWT tidak akan memberikan rezeki melebihi kemampuan hambanya sebagaimana kisah Qarun.

Awalnya, Qarun adalah seorang hamba yang saleh, taat beribadah, dan hidup dalam keterbatasan. Meskipun kehidupannya sederhana, ia menjalani hari-harinya dengan penuh keikhlasan dan ketulusan dalam beribadah kepada Allah SWT. Suatu hari, Qarun dengan rendah hati meminta doa kepada Nabi Musa agar Allah memberinya kekayaan yang lebih besar. Merasa simpati terhadap Qarun, Nabi Musa mendoakan agar permohonannya dikabulkan oleh Allah. Doa tersebut pun dikabulkan, dan Allah memberi Qarun kekayaan yang melimpah, memberkatinya dengan harta yang berlimpah ruah. Kekayaan Qarun mulai berkembang pesat. Ternaknya berkembang biak dengan cepat, harta benda serta kekayaan materi mulai bertambah secara signifikan. Kekayaan ini tidak hanya mengubah kehidupan Qarun tetapi juga statusnya di masyarakat. Karena kekayaannya yang melimpah, ia menjadi sosok yang dipandang tinggi oleh banyak orang, dan kekuasaan serta kekayaannya membuatnya berbangga diri. Qarun tidak lagi menjalani hidupnya dengan penuh keikhlasan, melainkan terlena dalam kemewahannya.

Namun, ketika kesombongannya semakin memuncak, Allah SWT menegur Qarun. Kekayaannya yang melimpah tidak membuatnya menjadi lebih rendah hati, malah sebaliknya. Dalam kekayaannya yang melimpah, Qarun tidak bersyukur dan lupa bahwa semua itu adalah karunia dari Allah SWT. Kegagahan serta kekuasaan yang diperolehnya membuatnya semakin sombong. Akhirnya, sebagai pelajaran bagi umat manusia, Allah SWT menurunkan azab-Nya kepada Qarun. Tanah tempat Qarun tinggal tiba-tiba terbelah, menelan seluruh harta dan kekayaannya, dan akhirnya menenggelamkan Qarun beserta kekayaannya ke dalam bumi. Begitu cepatnya, kekayaan yang pernah dimilikinya menjadi saksi bisu atas ketidaksyukuran dan kesombongan Qarun. Kesombongannya pun lenyap, bersama dengan akhir hidupnya yang tragis.

## BAB V

### PENUTUP

#### 5.1 Kesimpulan

Berdasarkan rumusan masalah dan pembahasan yang telah dipaparkan pada bab sebelumnya, maka diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Persamaan model yang diperoleh dengan metode *Multivariate Adaptive Regression Splines* (MARS) pada perhitungan THP peternak sapi perah anggota Koperasi Agro Niaga Jabung (KAN Jabung) adalah sebagai berikut:

$$Y = 1123828 - 252,1693 \times BF1 - 431166,4 \times BF2 + 413276,3 \times BF3 - 402080 \times BF4 + 57895,84 \times BF5 + 880,9954 \times BF1 \times BF5 + 127,3316 \times BF1 \times BF4 + 101941,8 \times BF6 \times BF4 - 115624,8 \times BF7 \times BF4$$

dengan

$$BF1 = h(X_1 - 67,6)$$

$$BF2 = h(3 - X_3)$$

$$BF3 = h(X_3 - 3)$$

$$BF4 = h(9 - X_4)$$

$$BF5 = h(X_4 - 9)$$

$$BF6 = h(4 - X_3)$$

$$BF7 = h(X_3 - 4)$$

Dengan nilai GCV 0,0001977 dan nilai akurasi atau  $R^2$  yaitu 0,999809

2. variabel dengan tingkat kepentingan tertinggi adalah jumlah induk sapi ( $X_3$ ) yang memiliki nilai MSE sebesar 0,1571344155. Hal ini berarti bahwa ketika



$X_3$  dihapus dari model, maka nilai MSE meningkat sebesar 0,1571344155. Hal ini menunjukkan bahwa  $X_3$  memiliki peran yang sangat penting dalam pembentukan model, karena jika  $X_3$  tidak ada dapat menyebabkan penurunan signifikan terhadap akurasi prediksi. Berbeda dengan variabel populasi sapi ( $X_2$ ) yang tidak berpengaruh terhadap pembentukan model. Hal ini dibuktikan dengan model MARS yang tidak memiliki variabel populasi sapi ( $X_2$ ) di dalamnya.

## 5.2 Saran

Dalam upaya pengembangan dan penyempurnaan penelitian lebih lanjut, oleh karena itu penulis memberikan saran pada penelitian selanjutnya disarankan untuk mempertimbangkan penggunaan metode yang berbeda, sehingga memungkinkan perbandingan tingkat akurasi dengan metode lain yang relevan.

## DAFTAR PUSTAKA

- Agustin, L. N., Kusuma, M., Niam, M. A., & Yani, A. (2023). Analisis Perhitungan Pemotongan Pajak Penghasilan (PPH 21) Atas Penambahan Upah Lembur Dan Penentuan Bonus Menggunakan Metode Topsis Guna Menentukan Take Home Pay Karyawan. *Jurnal Rimba : Riset Ilmu manajemen*, 1(4).
- Ali Nugroho, B. (2010). *Pasar Susu Dunia dan Posisi Indonesia*. 65–76. <https://jiip.ub.ac.id/index.php/jiip/article/view/163>
- 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>
- Dani, A. T. R., & Ni'matuzzahroh, L. (2022). Penerapan Keluarga Model Spline Truncated Polinomial pada Regresi Nonparametrik. *Inferensi*, 5(1), 37. <https://doi.org/10.12962/j27213862.v5i1.12537>
- Eubank, R. L. (1999). *Nonparametric Regression and Spline Smoothing* (2 ed., Vol. 157). Marcel Dekker, Inc.
- Friedman, J. H. (1991). Multivariate Adaptive Regression Splines . *The Annals of Statistics* , 19(1).
- Imron, M. A. (2020). *Peningkatan Akurasi Algoritma K-Nearest Neighbor Menggunakan Normalisasi Z-Score dan Particle Swarm Optimization untuk Prediksi Customer Churn* [Ilmu Komputer]. Universitas Negeri Semarang.
- Karisma, R. D. L. N., & Harini, S. (2019). *Multivariate adaptive regression spline in Ischemic and Hemorrhagic patient (case study)*. 020003. <https://doi.org/10.1063/1.5094267>
- Karisma, R. D. L. N., Juhari, & Rosa, R. A. (2021). Multivariate adaptive regression splines and bootstrap aggregating multivariate adaptive regression splines of poverty in Central Java. *CAUCHY - Jurnal Matematika Murni dan Aplikasi* , 6(4), 238–245. <http://repository.uin-malang.ac.id/8375/>
- Kemenag. (2023). *Qur'an Kemenag*. <https://quran.kemenag.go.id/>
- Kilinc, B. K., Malkoc, S., Koparal, A. S., & Yazici, B. (2017). Using multivariate adaptive regression splines to estimate pollution in soil. *International Journal of ADVANCED AND APPLIED SCIENCES*, 4(2), 10–16. <https://doi.org/10.21833/ijaas.2017.02.002>
- Kleinbaum, D. G., Kupper, Lawrence L., Nizam, A., & Rosenberg, E. S. (2013). *Applied Regression Analysis and Other Multivariable Methods* (5 ed.). Cengage Learning.
- 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*, 4(1), 9–19.  
<http://jurnalvariansi.fmipa.unm.ac.id/index.php/variansi/article/view/2>

- Roy, S. S., Pratyush, C., & Barna, C. (2018). *Predicting Ozone Layer Concentration Using Multivariate Adaptive Regression Splines, Random Forest and Classification and Regression Tree* (hlm. 140–152).  
[https://doi.org/10.1007/978-3-319-62524-9\\_11](https://doi.org/10.1007/978-3-319-62524-9_11)
- Safitri Pratiwi, L. P., Ayuningsih, N. P. M., & Wijaya, I. M. P. P. (2022). Perbandingan Metode CV dan GCV pada Pemodelan MARS (Aplikasi Rata-Rata Lama Sekolah di Kabupaten Gianyar). *SAINTIFIK*, 8(2), 114–122.  
<https://doi.org/10.31605/saintifik.v8i2.371>
- Siskarossa Ika Oktara. (2016). ANALISIS MULTIVARIATE ADAPTIVE REGRESSION SPLINES (MARS) PADA PREDIKSI KETERTINGGALAN KABUPATEN TAHUN 2014. *Jurnal Aplikasi Statistika & Komputasi Statistik*, 7, 115–128.
- Wicaksono, W., Wilandari, Y., & Suparti, S. (2014). Pemodelan Multivariate Adaptive Regression Splines (MARS) pada Faktor-Faktor Resiko Angka Kesakitan Diare (Studi Kasus : Angka Kesakitan Diare Di Jawa Tengah, Jawa Timur Dan Daerah Istimewa Yogyakarta Tahun 2011). *Jurnal Gaussian*, 3(2).

## LAMPIRAN

### Lampiran 1 Data Asli

X1	X2	X3	X4	Y
215,00	3	2	11,00	1.034.574
143,00	6	3	7,00	522.282
81,00	4	2	7,00	296.238
109,80	5	4	7,00	733.326
165,90	3	2	9,00	665.406
390,00	4	4	9,00	1.471.662
190,60	5	2	9,00	665.406
157,20	2	2	7,00	296.238
303,10	7	6	7,00	1.094.814
16,90	3	3	7,00	522.282
270,50	6	4	7,00	733.326
183,90	3	3	7,00	522.282
71,30	3	2	7,00	296.238
432,20	7	5	9,00	1.841.790
125,60	5	4	7,00	733.326
181,20	3	2	9,00	665.406
218,40	9	4	7,00	733.326
87,60	1	1	9,00	254.778
437,20	9	7	7,00	1.278.258
75,40	3	2	7,00	296.238
109,80	6	4	7,00	733.326
111,10	1	1	11,00	439.362
321,60	5	4	9,00	1.471.662
254,90	4	3	9,00	1.076.034
149,90	10	4	7,00	733.326
269,60	4	4	7,00	733.326
228,60	6	6	7,00	1.094.814
164,50	5	4	7,00	733.326
81,50	3	2	7,00	296.238
28,90	1	1	7,00	70.194
76,20	2	2	7,00	296.238
144,70	4	2	7,00	296.238
417,20	7	5	9,00	1.841.790
195,10	2	2	9,00	665.406
175,50	5	3	7,00	522.282
139,70	5	4	7,00	733.326
52,50	2	2	7,00	296.238

**Lampiran 2** Data Asli Tanpa Outlier

<b>X1</b>	<b>X2</b>	<b>X3</b>	<b>X4</b>	<b>Y</b>
143,00	6	3	7,00	821.053
81,00	4	2	7,00	296.238
109,80	5	4	7,00	733.326
157,20	2	2	7,00	296.238
303,10	7	6	7,00	1.094.814
16,90	3	3	7,00	522.282
270,50	6	4	7,00	733.326
183,90	3	3	7,00	522.282
71,30	3	2	7,00	296.238
125,60	5	4	7,00	733.326
218,40	9	4	7,00	733.326
437,20	9	7	7,00	1.278.258
75,40	3	2	7,00	296.238
109,80	6	4	7,00	733.326
149,90	10	4	7,00	733.326
269,60	4	4	7,00	733.326
228,60	6	6	7,00	1.094.814
164,50	5	4	7,00	733.326
81,50	3	2	7,00	296.238
28,90	1	1	7,00	70.194
76,20	2	2	7,00	296.238
144,70	4	2	7,00	296.238
175,50	5	3	7,00	522.282
139,70	5	4	7,00	733.326
52,50	2	2	7,00	296.238
93,30	4	2	7,00	296.238
197,90	6	6	7,00	1.094.814
163,50	5	3	7,00	522.282
274,90	7	6	7,00	1.094.814
68,50	1	1	7,00	70.194
63,20	3	3	7,00	522.282
126,10	6	4	7,00	733.326
55,20	3	3	7,00	522.282
144,20	4	3	7,00	522.282
49,00	2	2	7,00	296.238
301,30	4	4	7,00	733.326
92,60	4	2	7,00	296.238

**Lampiran 3 Data Training**

<b>X1</b>	<b>X2</b>	<b>X3</b>	<b>X4</b>	<b>Y</b>
0,6051	-0,6045	-0,6673	2,9869	1,0852
-0,1265	0,9755	0,0007	-0,4787	-0,2481
-0,7565	-0,0778	-0,6673	-0,4787	-0,8364
-0,4639	0,4489	0,6687	-0,4787	0,3011
0,1062	-0,6045	-0,6673	1,2541	0,1244
2,3833	-0,0778	0,6687	1,2541	2,2228
0,3572	0,4489	-0,6673	1,2541	0,1244
0,0178	-1,1312	-0,6673	-0,4787	-0,8364
1,5003	1,5022	2,0047	-0,4787	1,2420
-1,4078	-0,6045	0,0007	-0,4787	-0,2481
1,1691	0,9755	0,6687	-0,4787	0,3011
0,2891	-0,6045	0,0007	-0,4787	-0,2481
-0,8551	-0,6045	-0,6673	-0,4787	-0,8364
2,8121	1,5022	1,3367	1,2541	3,1861
-0,3033	0,4489	0,6687	-0,4787	0,3011
0,2617	-0,6045	-0,6673	1,2541	0,1244
0,6397	2,5555	0,6687	-0,4787	0,3011
-0,6894	-1,6578	-1,3352	1,2541	-0,9443
2,8629	2,5555	2,6726	-0,4787	1,7194
-0,8134	-0,6045	-0,6673	-0,4787	-0,8364
-0,4639	0,9755	0,6687	-0,4787	0,3011
-0,4506	-1,6578	-1,3352	2,9869	-0,4639
1,6883	0,4489	0,6687	1,2541	2,2228
1,0105	-0,0778	0,0007	1,2541	1,1931
-0,0564	3,0822	0,6687	-0,4787	0,3011
1,1599	-0,0778	0,6687	-0,4787	0,3011
0,7433	0,9755	2,0047	-0,4787	1,2420
0,0920	0,4489	0,6687	-0,4787	0,3011
-0,7514	-0,6045	-0,6673	-0,4787	-0,8364
-1,2859	-1,6578	-1,3352	-0,4787	-1,4248
-0,8053	-1,1312	-0,6673	-0,4787	-0,8364
-0,1092	-0,0778	-0,6673	-0,4787	-0,8364
2,6597	1,5022	1,3367	1,2541	3,1861
0,4029	-1,1312	-0,6673	1,2541	0,1244
0,2037	0,4489	0,0007	-0,4787	-0,2481
-1,0461	-1,1312	-0,6673	-0,4787	-0,8364
-0,6315	-0,0778	-0,6673	-0,4787	-0,8364
0,4314	0,9755	2,0047	-0,4787	1,2420
0,0818	0,4489	0,0007	-0,4787	-0,2481

**Lampiran 4 Data Testing**

<b>X1</b>	<b>X2</b>	<b>X3</b>	<b>X4</b>	<b>Y</b>
-0,1600	0,4489	0,6687	-0,4787	0,3011
-0,8835	-1,6578	-1,3352	-0,4787	-1,4248
-0,7565	-1,1312	-0,6673	-0,4787	-0,8364
0,8022	0,4489	0,0007	-0,4787	-0,2481
-0,8734	0,4489	0,6687	-0,4787	0,3011
0,5889	-0,6045	-0,6673	2,9869	1,0852
-0,4994	-0,6045	-0,6673	-0,4787	-0,8364
-0,2789	-0,6045	0,0007	-0,4787	-0,2481
0,8571	0,9755	0,6687	-0,4787	0,3011
0,1103	0,4489	0,6687	-0,4787	0,3011
1,9942	0,9755	0,0007	2,9869	2,6343
1,5247	1,5022	1,3367	-0,4787	0,7841
-0,0716	0,4489	0,6687	-0,4787	0,3011
-0,1875	-0,0778	-0,6673	-0,4787	-0,8364
1,8133	2,0289	2,0047	-0,4787	1,2420
-0,1407	1,5022	1,3367	-0,4787	0,7841
-1,5135	0,4489	-0,6673	-0,4787	-0,8364
0,2566	-0,6045	-0,6673	1,2541	0,1244
-0,5675	-1,1312	-1,3352	1,2541	-0,9443
0,0137	0,4489	0,6687	-0,4787	0,3011
0,7281	-0,0778	0,6687	-0,4787	0,3011
-0,6234	0,4489	-0,6673	-0,4787	-0,8364
-0,8043	0,4489	0,6687	-0,4787	0,3011
0,0889	-0,0778	0,6687	-0,4787	0,3011
-0,7372	0,4489	0,0007	-0,4787	-0,2481
-0,7301	-0,0778	-0,6673	-0,4787	-0,8364
-0,3277	-1,1312	-0,6673	-0,4787	-0,8364
-0,6905	-0,6045	0,0007	-0,4787	-0,2481
-0,4852	-1,1312	-0,6673	-0,4787	-0,8364
1,2697	-0,0778	0,0007	1,2541	1,1931
0,7413	-0,6045	-0,6673	2,9869	1,0852
2,6089	0,9755	2,0047	-0,4787	1,2420
-0,6823	-0,0778	0,0007	-0,4787	-0,2481
1,3459	1,5022	2,0047	-0,4787	1,2420
0,6986	-0,6045	-0,6673	2,9869	1,0852
-0,4862	-0,0778	0,6687	-0,4787	0,3011
0,0005	-0,0778	-0,6673	-0,4787	-0,8364
-0,2789	0,4489	0,0007	-0,4787	-0,2481
0,2871	-0,6045	0,0007	-0,4787	-0,2481
1,5704	2,5555	1,3367	-0,4787	0,7841
3,3761	0,4489	1,3367	1,2541	3,1861

**Lampiran 5** Data Normalisasi

<b>X1</b>	<b>X2</b>	<b>X3</b>	<b>X4</b>	<b>Y</b>
0,6051	-0,6045	-0,6673	2,9869	1,0852
-0,1265	0,9755	0,0007	-0,4787	-0,2481
-0,7565	-0,0778	-0,6673	-0,4787	-0,8364
-0,4639	0,4489	0,6687	-0,4787	0,3011
0,1062	-0,6045	-0,6673	1,2541	0,1244
2,3833	-0,0778	0,6687	1,2541	2,2228
0,3572	0,4489	-0,6673	1,2541	0,1244
0,0178	-1,1312	-0,6673	-0,4787	-0,8364
1,5003	1,5022	2,0047	-0,4787	1,2420
-1,4078	-0,6045	0,0007	-0,4787	-0,2481
1,1691	0,9755	0,6687	-0,4787	0,3011
0,2891	-0,6045	0,0007	-0,4787	-0,2481
-0,8551	-0,6045	-0,6673	-0,4787	-0,8364
2,8121	1,5022	1,3367	1,2541	3,1861
-0,3033	0,4489	0,6687	-0,4787	0,3011
0,2617	-0,6045	-0,6673	1,2541	0,1244
0,6397	2,5555	0,6687	-0,4787	0,3011
-0,6894	-1,6578	-1,3352	1,2541	-0,9443
2,8629	2,5555	2,6726	-0,4787	1,7194
-0,8134	-0,6045	-0,6673	-0,4787	-0,8364
-0,4639	0,9755	0,6687	-0,4787	0,3011
-0,4506	-1,6578	-1,3352	2,9869	-0,4639
1,6883	0,4489	0,6687	1,2541	2,2228
1,0105	-0,0778	0,0007	1,2541	1,1931
-0,0564	3,0822	0,6687	-0,4787	0,3011
1,1599	-0,0778	0,6687	-0,4787	0,3011
0,7433	0,9755	2,0047	-0,4787	1,2420
0,0920	0,4489	0,6687	-0,4787	0,3011
-0,7514	-0,6045	-0,6673	-0,4787	-0,8364
-1,2859	-1,6578	-1,3352	-0,4787	-1,4248
-0,8053	-1,1312	-0,6673	-0,4787	-0,8364
-0,1092	-0,0778	-0,6673	-0,4787	-0,8364
2,6597	1,5022	1,3367	1,2541	3,1861
0,4029	-1,1312	-0,6673	1,2541	0,1244
0,2037	0,4489	0,0007	-0,4787	-0,2481
-0,1600	0,4489	0,6687	-0,4787	0,3011
-1,0461	-1,1312	-0,6673	-0,4787	-0,8364
-0,6315	-0,0778	-0,6673	-0,4787	-0,8364
0,4314	0,9755	2,0047	-0,4787	1,2420
0,0818	0,4489	0,0007	-0,4787	-0,2481



### Lampiran 6 Script MARS Menggunakan RStudio

```

#Load Packages
library(MASS)
library(tidyverse)
library(earth)
library(caret)
library(readxl)
library(car)
library(lmtest)
library(dplyr)
library(ggplot2)

#Import Data
DataTHPPeternak <-
read_excel("C:/Users/lutfa/OneDrive/Desktop/Skripsweet wiyu wiyu/draft
skripsi/DataTHP - Revisi Sempro.xlsx",
           col_types = c("numeric", "numeric",
"numeric",
                           "numeric", "numeric", "numeric"))
View(DataTHPPeternak)

#Statistika Deskriptif
summary(DataTHPPeternak)
var(DataTHPPeternak)
sd(DataTHPPeternak$Y)
sd(DataTHPPeternak$X1)
sd(DataTHPPeternak$X2)
sd(DataTHPPeternak$X3)
sd(DataTHPPeternak$X4)
sd(DataTHPPeternak$X5)

#Normalisasi data data agar memiliki rentang dan arah yang sama
scaled_data = as.data.frame(scale(DataTHPPeternak, scale = TRUE, center =
TRUE))
View(scaled_data)

#Uji Multikolinearitas
modelreg <- lm(`Y`~ `X1`+`X2`+`X3`+`X4`+`X5`, data = scaled_data)
vif(modelreg) #jika VIF < 10 maka tidak ada multikolinearitas antara variabel

```

```

#membagi data menjadi data training dan data testing
set.seed(123)

index = `createDataPartition`(scaled_data$Y, p = 0.85, list = FALSE)
training_data <- scaled_data[index, ]
testing_data <- scaled_data[-index, ]
View(training_data)
View(testing_data)

plot(training_data)

cor_matrix <- cor(training_data)
print(cor_matrix)

# Fungsi untuk menambahkan korelasi pada plot
panel.cor <- function(x, y, digits = 2, prefix = "", cex.cor, ...) {
  usr <- par("usr"); on.exit(par(usr))
  par(usr = c(0, 1, 0, 1))
  r <- cor(x, y)
  txt <- format(c(r, 0.123456789), digits = digits)[1]
  txt <- paste0(prefix, txt)
  if(missing(cex.cor)) cex.cor <- 0.8/strwidth(txt)
  text(0.5, 0.5, txt, cex = cex.cor * r)
}

# Menggunakan pairs() untuk membuat plot matriks dengan korelasi
pairs(training_data, upper.panel = panel.cor)

#Model MARS
modelmars<- earth(`Y`~ `X1`+`X2`+`X3`+`X4`+`X5`, data = training_data,
                  degree = 3, nprune = 20, minspan = 17, pmethod =
"backward")
summary(modelmars, style = "bf")

#Melihat variabel yang paling berpengaruh
evimp(modelmars, trim=TRUE)

#mengevaluasi model
predictions <- predict(modelmars, newdata = testing_data)
actuals <- testing_data$Y

```

```
#mengevaluasi model
predictions <- predict(modelmars, newdata = testing_data)
actuals <- testing_data$Y

mse <- mean((predictions - actuals)^2)
mse
rmse <- sqrt(mse)
rmse
r_squared <- 1 - (sum((predictions - actuals)^2) / sum((actuals -
mean(actuals))^2))
r_squared

#Model dalam data asli
modelmarsdatareal<- earth(`Y`~ `X1`+`X2`+`X3`+`X4`+`X5`, data =
DataTHPPeternak,
                        degree = 3, nprune = 20, minspan = 1, pmethod = "backward")
summary(modelmarsdatareal, style = "bf")

#Melihat variabel yang paling berpengaruh
evimp(modelmarsdatareal, trim=TRUE)
```

## RIWAYAT HIDUP



Lutfah Rahma Zakiya, lahir di Malang pada 4 Mei 2002. Penulis merupakan anak kedua dari dua bersaudara dari pasangan Bapak Rochmat dan Ibu Khoiriyah. Penulis telah menempuh pendidikan mulai dari RA Ar-Rohmah yang lulus pada tahun 2008, dilanjutkan menempuh pendidikan sekolah dasar di MI Ar-Rohmah dan lulus pada tahun 2014. Kemudian penulis melanjutkan pendidikan sekolah menengah pertama di MTSN Kota Batu dan lulus pada tahun 2017. Selanjutnya menempuh pendidikan sekolah menengah atas di MAN Kota Batu dan lulus pada tahun 2020. Pada tahun 2020, penulis melanjutkan pendidikan di Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang pada Program Studi Matematika, Fakultas Sains dan Teknologi. Penulis pernah menjadi asisten praktikum Statistika Elementer selama satu semester. Selain itu penulis juga mengikuti kegiatan di luar kampus seperti pelatihan dan seminar.



**KEMENTERIAN AGAMA RI**  
**UNIVERSITAS ISLAM NEGERI**  
**MAULANA MALIK IBRAHIM MALANG**  
**FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI**  
 Jl. Gajayana No.50 Dinoyo Malang Telp. / Fax. (0341)558933

**BUKTI KONSULTASI SKRIPSI**

Nama : Lutfa Rahma Zakiya  
 NIM : 200601110066  
 Fakultas / Jurusan : Sains dan Teknologi / Matematika  
 Judul Skripsi : Implementasi Metode *Multivariate Adaptive Regression Splines* (MARS) dalam Pemodelan *Take Home Pay* (THP) Anggota Koperasi Agro Niaga Jabung  
 Pembimbing I : Ria Dhea Layla Nur Karisma, M.Si.  
 Pembimbing II : Erna Herawati, M.Pd..

No	Tanggal	Hal	Tanda Tangan
1.	20/07/2023	Konsultasi Topik dan Data	1.
2.	18/10/2023	Konsultasi Bab I	2.
3.	01/11/2023	Konsultasi Bab I, II, dan III	3.
4.	01/11/2023	ACC Bab I, II, dan III	4.
5.	29/11/2023	Konsultasi Kajian Agama Bab I dan II	5.
6.	30/11/2023	ACC Kajian Agama Bab I dan II	6.
7.	12/01/2024	ACC Seminar Proposal	7.
8.	15/03/2024	Konsultasi Revisi Seminar Proposal	8.
9.	18/03/2024	Konsultasi Bab IV dan V	9.
10.	22/03/2024	ACC Bab IV dan V	10.
11.	21/03/2024	Konsultasi Kajian Agama Bab IV	11.
12.	25/03/2024	ACC Kajian Agama Bab IV	12.
13.	26/03/2024	ACC Seminar Hasil	13.
14.	19/04/2024	Konsultasi Revisi Seminar Hasil	14.

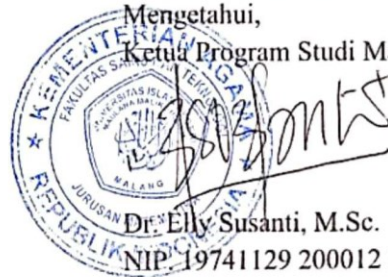


**KEMENTERIAN AGAMA RI**  
**UNIVERSITAS ISLAM NEGERI**  
**MAULANA MALIK IBRAHIM MALANG**  
**FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI**  
Jl. Gajayana No.50 Dinoyo Malang Telp. / Fax. (0341)558933

15.	24/06/2024	ACC Sidang Skripsi	15.
16.	26/06/2024	ACC Revisi Akhir	16.

Malang, 26 Juni 2024

Mengetahui,  
Ketua Program Studi Matematika



Dr. Elly Susanti, M.Sc.

NIP. 19741129 200012 2 005