

**PEMODELAN REGRESI NONPARAMETRIK *SPLINE TRUNCATED*
PADA FAKTOR-FAKTOR YANG MEMPENGARUHI PERSENTASE
PENCURIAN KENDARAAN BERMOTOR DI LAMPUNG**

(Skripsi)

Oleh

Diah Kusuma Ningsih

1717031046



**JURUSAN MATEMATIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2024**

ABSTRACT

NON-PARAMETRIC REGRESSION MODEL USING CUT SPLINE ON FACTORS INFLUENCING VEHICLE THEFT RATE IN LAMPUNG

By

Diah Kusuma Ningsih

Truncated spline is a statistical method used to nonparametric regression which is used when the shape of the regression curve is assumed to be unknown. Therefore, the nonparametric regression approach does not depend on assuming a particular shape of the regression curve so it has high flexibility. The aim of this research is to find out what factors influence theft crimes in Lampung Province and estimate a truncated spline nonparametric regression model on data on factors of the percentage of thefts in Lampung Province. From the results of the model analysis, the lowest GCV value was obtained at 0.000015 and the coefficient of determination based on the truncated spline nonparametric regression model was 99.14%. This means that the model is able to explain 99.14% of the variation in the percentage of theft in Lampung in 2021-2022, while the rest is explained by other variables not included in the model.

Keywords: *Tuncated spline, nonparametric, regression model, motor theft crime.*

ABSTRAK

PEMODELAN REGRESI NONPARAMETRIK *SPLINE TRUNCATED* PADA FAKTOR-FAKTOR YANG MEMPENGARUHI PERSENTASE PENCURIAN KENDARAAN BERMOTOR DI LAMPUNG

Oleh

Diah Kusuma Ningsih

Spline truncated merupakan suatu metode statistika yang digunakan dalam regresi nonparametrik yang penggunaannya dilakukan apabila bentuk kurva regresi diasumsikan tidak diketahui. Dengan demikian, pendekatan regresi nonparametrik tidak tergantung pada asumsi bentuk kurva regresi tertentu sehingga memiliki fleksibilitas yang tinggi. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui faktor-faktor apa saja yang mempengaruhi kejahatan curanmor di Provinsi Lampung dan mengestimasi model regresi nonparametrik *spline truncated* pada data faktor-faktor persentase curanmor di Provinsi Lampung. Dari hasil analisis model diperoleh nilai GCV terendah sebesar 0.000015 dan koefisien determinasi berdasarkan model regresi nonparametrik *spline truncated* sebesar 99.14%. Artinya model tersebut mampu menjelaskan 99.14% keragaman persentase curanmor di Lampung tahun 2021-2022, sedangkan sisanya dijelaskan oleh variabel lain yang tidak dimasukkan dalam model.

Kata Kunci : *Spline truncated*, nonparametrik, model regresi, curanmor.

**PEMODELAN REGRESI NONPARAMETRIK *SPLINE TRUNCATED*
PADA FAKTOR-FAKTOR YANG MEMPENGARUHI PERSENTASE
PENCURIAN KENDARAAN BERMOTOR DI LAMPUNG**

Oleh

Diah Kusuma Ningsih

Skripsi

**Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Mencapai Gelar
SARJANA MATEMATIKA**

Pada

**Jurusan Matematika
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Lampung**



**JURUSAN MATEMATIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2024**

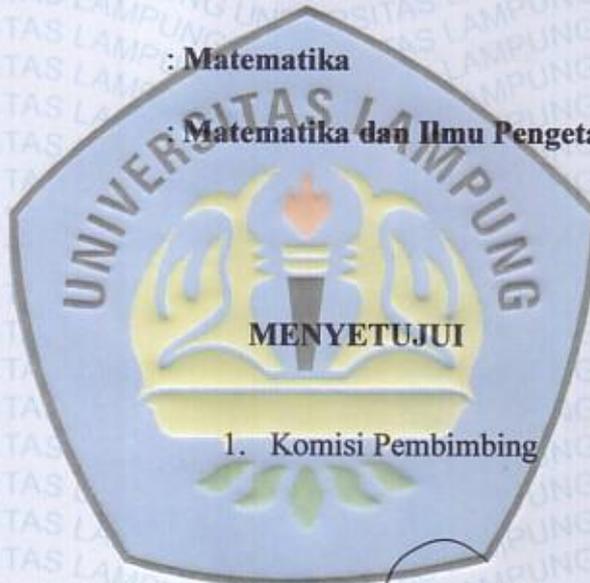
Judul skripsi : **PEMODELAN REGRESI NONPARAMETRIK
SPLINE TRUNCATED PADA FAKTOR-
FAKTOR YANG MEMPENGARUHI
PERSENTASE PENCURIAN KENDARAAN
BERMOTOR DI LAMPUNG**

Nama mahasiswa : **Diah Kusuma Ningsih**

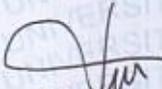
Nomor pokok mahasiswa : **1717031046**

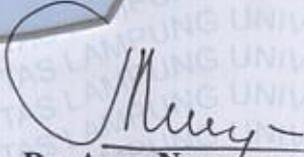
Jurusan : **Matematika**

Fakultas : **Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam**

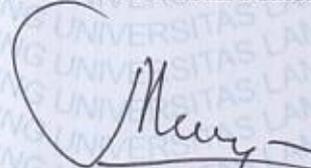


1. Komisi Pembimbing


Drs. Nusyirwan, M.Si.
NIP. 196610101992031028


Dr. Aang Nuryaman, S.Si., M.Si.
NIP. 19750316200501 1 001

2. Ketua Jurusan Matematika

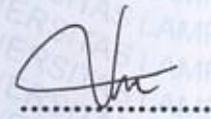

Dr. Aang Nuryaman, S.Si., M.Si.
NIP. 19750316200501 1 001

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

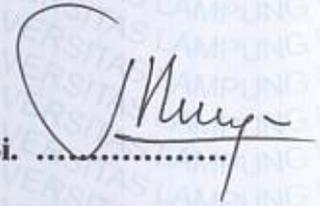
Ketua

: **Drs. Nusyirwan, M.Si.**



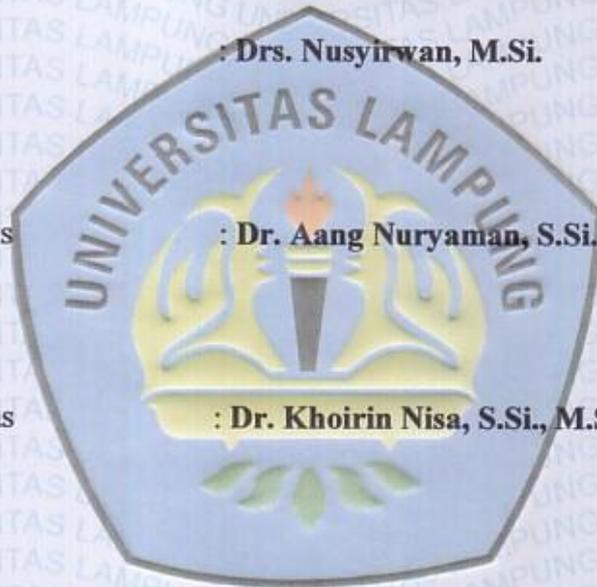
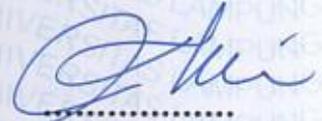
Sekretaris

: **Dr. Aang Nuryaman, S.Si., M.Si.**



Pembahas

: **Dr. Khoirin Nisa, S.Si., M.Si.**



2. Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam



Dr. Eng. Heri Satria, S.Si., M.Si.

NIP. 19711001 200501 1 002



Tanggal Lulus Ujian Skripsi : 14 Juni 2024

PERNYATAAN SKRIPSI MAHASISWA

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama Mahasiswa : **Diah Kusuma Ningsih**
Nomor Pokok Mahasiswa : **1717031046**
Jurusan : **Matematika**
Judul Skripsi : **Pemodelan Regresi Nonparametrik *Spline*
Truncated Pada Faktor-Faktor Yang
Mempengaruhi Persentase Pencurian
Kendaraan Bermotor Di Lampung**

Dengan ini menyatakan bahwa skripsi ini adalah hasil pekerjaan saya sendiri dan apabila kemudian hari terbukti bahwa skripsi ini merupakan Salinan atau dibuat oleh orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi sesuai dengan ketentuan akademik yang berlaku.

Bandar Lampung, 14 Juni 2024
Penulis



Diah Kusuma Ningsih
NPM. 1717031046

RIWAYAT HIDUP

Penulis bernama Diah Kusuma Ningsih, dilahirkan di Sukanegara pada tanggal 12 Oktober 1999 sebagai anak kedua dari empat bersaudara dari pasangan Bapak Sriono dan Ibu Jumiaturun.

Pada tahun 2005, penulis menyelesaikan pendidikan awal di TK Aisyiah Bustanul Athfal Sukanegara dan melanjutkan pendidikan sekolah dasar di SD Muhammadiyah 1 Sukanegara serta lulus pada tahun 2011. Kemudian penulis melanjutkan pendidikan sekolah menengah pertama di SMP Negeri 1 Bangunrejo dan lulus pada tahun 2014. Penulis melanjutkan pendidikan sekolah menengah atas di SMA Negeri 1 Bangunrejo dan lulus pada tahun 2017.

Penulis melanjutkan pendidikan di perguruan tinggi dan terdaftar sebagai Mahasiswa Strata Satu (S1) di Jurusan Matematika FMIPA Universitas Lampung melalui jalur Seleksi Bersama Masuk Perguruan Tinggi Negeri (SBMPTN) pada tahun 2017. Penulis aktif di beberapa organisasi seperti Generasi Muda Himatika (GEMATIKA) 2017, anggota Bidang keilmuan Himpunan Mahasiswa Jurusan Matematika (HIMATIKA) periode 2018, anggota Bidang Akademik Rohani Islam (ROIS) FMIPA Unila periode 2018, sekretaris Bidang keilmuan Himpunan Mahasiswa Jurusan Matematika (HIMATIKA) periode 2019, dan sekretaris Bidang Satu Keorganisasian Ikatan Mahasiswa Muhammadiyah (IMM) Sains dan Teknologi (SAINTEK) Unilla Periode 2020-2021.

Pada bulan Januari tahun 2020, Penulis melaksanakan Kuliah Kerja Nyata (KKN) di Desa Labuhan Makmur, Kecamatan Way Serdang, Kabupaten Mesuji selama 40 hari sebagai bentuk pengabdian kepada masyarakat dan bentuk pelaksanaan tri darma perguruan tinggi negeri. Pada tahun yang sama penulis juga melaksanakan Kuliah Praktik (KP) di Badan Penyelenggara Jaminan Sosial (BPJS) Kesehatan Kantor Cabang Metro, sebagai bentuk aplikasi bidang ilmu di dunia kerja.

KATA INSPIRASI

“Laa Tahzan, Innallaha Ma’ana”

(Jangan bersedih, sesungguhnya Allah bersama kita)

“Allah tidak membebani seseorang melainkan sesuai dengan kesanggupannya”.

(QS. Al-Baqarah: 286)

“Ketetapan Allah pasti datang, maka janganlah kamu meminta agar dipercepat (datang)nya”

(QS. An-Nahl: 1)

“Tidak pernah ucapan orang lain menentukan diri kita, tidak pernah makian orang lain menentukan diri kita, cara kita merespon itu yang menentukan kita emas atau kita sampah, tidak ada satu orang yang bisa untuk menyakiti diri anda kecuali anda mengizinkan”

(Felix Siauw)

“sekalipun kamu tidak percaya diri, kamu tetap orang yang berharga”

(Lee Haechan)

“Kamu akan berhasil, karna itu adalah kamu, percayalah kami selalu mendukungmu, bekerja keraslah dan lakukan yang terbaik, *fighting*”

(Lee Haechan & Jung Sungchan)

PERSEMBAHAN

Alhamdulillahirobbil'alamin, puji dan Syukur atas kehadiran Allah SWT yang maha Pengasih lagi maha penyayang, atas segala rahmat dan hidayah-nya yang telah memberikan petunjuk sehingga dapat menyelesaikan skripsi ini. Dengan segala kerendahan hati penulis persembahkan skripsi ini kepada:

Ayah dan Ibuku Tercinta

Orangtua yang selalu mendukung dan mendoakan keberhasilan putrinya.
Terima kasih untuk semua yang telah kalian berikan.

Kakak dan Adik Tersayang Serta Seluruh Keluarga Besar

Adik dan keluarga besar yang selalu memberikan semangat, serta selalu memotivasi untuk bersikap dan bertindak yang baik.

Dosen Pembimbing dan Pembahas

Atas bimbingan dan motivasi dalam menyelesaikan skripsi.

Teman-Teman Terbaik

Sosok yang selalu menjadi tempat berbagi suka duka selama perkuliahan.
Terima kasih untuk kehangatan yang telah kalian berikan

Rekan Seperjuangan Matematika 2017

Terima kasih telah menjadi keluarga terbaik selama perkuliahan

Almamater tercinta

Universitas Lampung

SANWACANA

Puji dan Syukur penulis panjatkan kepada kehadiran Allah SWT, yang telah memberikan Rahmat dan hidayah-Nya kepada penulis, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Regresi Nonparametrik *Spline Truncated* pada faktor-faktor yang mempengaruhi Pencurian Kendaraan Bermotor di Provinsi Lampung”.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini tidak akan terwujud tanpa adanya bantuan, bimbingan, dan doa dari berbagai pihak sehingga skripsi ini dapat terselesaikan.

Dengan segala keredahan hati penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Drs.Nusyirwan, M.Si. selaku Dosen Pembimbing I yang telah bersedia membimbing, memberi saran dan arahan, serta memberikan waktu, motivasi dalam menyelesaikan skripsi ini.
2. Bapak Dr.Aang Nuryaman, S.Si., M.Si. selaku Dosen Pembimbing II yang telah memberikan bimbingan, saran dan pengarahan, memberikan waktu serta motivasi kepada penulis.
3. Ibu Dr.Khoirin Nisa S.Si., M.Si. selaku Dosen Penguji yang telah memberi kritik dan saran yang membangun serta evaluasi selama proses penyusunan skripsi hingga dapat menjadi lebih baik.
4. Bapak Drs.Tiryono Ruby, M.Sc., Ph.D. selaku Dosen Pembimbing Akademik yang telah memberi bimbingan dan arahan selama masa perkuliahan.
5. Bapak Dr.Aang Nuryaman, S.Si., M.Si. selaku Ketua Jurusan Matematika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung.
6. Bapak Dr.Eng. Heri Satria, S.Si., M.Si. selaku Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung.
7. Seluruh Dosen, Staff, Karyawan Jurusan Matematika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung.

8. Bapak, mamak, mas yoga, Mba Harin, Adya, Arumi, Arkanza serta seluruh keluarga besar yang selalu memberikan doa, dukungan, serta memberikan semangat dan motivasi yang begitu besar kepada penulis.
9. Teman-temanku Reva, Bilkur, Bella, Eka Anisa, Arfi, Kisdi, Desy, Fatma, Farida, Eka wahyu, Diyah Norma, Asih dan Septi yang telah menemani, memberi dukungan, memberikan bantuan kepada penulis.
10. Nopus, Atina, Bella Ibnaty, Inas, Iqbal, dan Mayda yang telah saling memberikan bantuan, dukungan, serta motivasi di akhir-akhir masa perkuliahan ini.
11. Teman-teman Mahasiswa Jurusan Matematika Angkatan 2017 yang telah bersama selama masa perkuliahan.
12. Semua pihak yang telah membantu dalam menyelesaikan skripsi ini.

Akhir kata, semoga Allah SWT senantiasa melimpahkan karunia-Nya dan membalas segala kebaikan pihak-pihak yang telah membantu penulis dalam menyusun skripsi ini. Penulis menyadari bahwa dalam skripsi ini masih banyak kekurangan. Oleh karena itu, kritik dan saran sangat penulis harapkan untuk menjadi bahan perbaikan kedepannya. Semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat bagi pihak yang membutuhkan.

Bandar Lampung, 14 Juni 2024

Penulis,

Diah Kusuma Ningsih

DAFTAR ISI

Halaman

DAFTAR ISI	xiii
DAFTAR TABEL	xv
DAFTAR GAMBAR	xvi
I. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang dan Masalah	1
1.2 Tujuan Penelitian.....	3
1.3 Manfaat Penelitian.....	4
II. TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Analisis Regresi	5
2.2 Regresi Parametrik	6
2.3 Regresi Nonparametrik.....	6
2.4 Regresi Nonparametrik <i>Spline Truncated</i>	7
2.5 Pemilihan Titik Knot Optimum.....	10
2.6 Estimasi Parameter	10
2.7 Pengujian Parameter.....	12
2.7.1 Pengujian Parameter Serentak.....	12
2.7.2 Pengujian Parameter Parsial.....	13
2.8 Pengujian Residual	13
2.8.1 Pengujian Residual Asumsi Identik	14
2.8.2 Pengujian Residual Asumsi Independen	14
2.8.3 Uji Normalitas Kolmogorov-Smirnov	15
2.9 Pencurian Kendaraan Bermotor	16
2.9.1 Pengertian Pencurian.....	16
2.9.2 Pengertian Kendaraan Bermotor	16
2.9.3 Tindak Pidana Pencurian Kendaraan Bermotor.....	17

III. METODOLOGI PENELITIAN	18
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian	18
3.2 Data Penelitian.....	18
3.3 Metode Penelitian.....	21
3.4 Diagram Alir.....	22
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	23
4.1 Karakteristik Persentase Curanmor dan Variabel Prediktor.....	23
4.2 Scatterplot Data Curanmor dengan Variabel Prediktor.....	28
4.3 Pemilihan Titik Knot Optimum.....	32
4.3.1 Pemilihan Titik Knot dengan 1 Titik Knot	33
4.3.2 Pemilihan Titik Knot Dengan Dua Titik Knot.....	34
4.3.3 Pemilihan Titik Knot dengan 3 Titik Knot	36
4.3.4 Pemilihan Titik Knot dengan Kombinasi knot	37
4.4 Pemilihan Model Terbaik.....	39
4.5 Penaksiran Parameter Model Regresi Nonparametrik <i>Spline Truncated</i>	40
4.6 Pengujian Signifikansi Parameter.....	40
4.6.1 Uji Serentak.....	41
4.6.2 Pengujian Parsial.....	42
4.7 Pengujian Asumsi Residual.....	45
4.7.1 Asumsi Identik	45
4.7.2 Pengujian Asumsi Residual Independen.....	46
4.7.3 Asumsi Distribusi Normal.....	46
4.8 Intrepetasi Model Regresi Nonparametrik <i>Spline Truncated</i>	48
V. KESIMPULAN	53
DAFTAR PUSTAKA	54
LAMPIRAN	

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Analisis Ragam	12
2. Aturan Pengambilan Keputusan Uji <i>Durbin Watson</i>	15
3. Variabel Penelitian	18
4. Struktur Data	20
5. Statistika Deskriptif.....	23
6. GCV Dengan Satu Titik Knot.....	33
7. GCV Dengan DuaTitik Knot	35
8. GCV Dengan Tiga Titik Knot.....	36
9. GCV Dengan Kombinasi Titik Knot.....	38
10. Titik Knot Degan GCV Minimum	39
11. Analisis Ragam	41
12. Analisis Parsial.....	42
13. Analisis Parsial Setelah Eliminasi X_1	44
14. Uji <i>Glejser</i>	45
15. Uji <i>Durbin Watson</i>	46
16. Uji <i>Kolmigorov Smirnov</i>	47

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Ilustrasi Pola perubahan data berdasarkan titik knot.....	7
2. Diagram Alir (<i>Flowchart</i>).....	23
3. Diagram Batang Persentase Curanmor	24
4. Diagram Batang Tingkat Pengangguran Terbuka.....	25
5. Diagram Batang Variabel Kepadatan Penduduk.....	25
6. Diagram Batang Variabel Persentase Penduduk Miskin	26
7. Diagram Batang Variabel Rata-Rata Lama Sekolah.....	27
8. Diagram Batang Variabel Luas Geografis	27
9. Diagram Pencar Y dengan X_1	28
10. Diagram Pencar Y dengan X_2	29
11. Diagram Pencar Y dengan X_3	30
12. Diagram Pencar Y dengan X_4	31
13. Diagram Pencar Y dengan X_5	32
14. Plot Normalitas.....	47

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang dan Masalah

Menjadi salah satu negara berkembang dengan jumlah penduduk menempati urutan keempat terpadat di dunia setelah India, China, dan Amerika Serikat. Dari 2018-2023 penduduk Indonesia terus mengalami peningkatan. Pada Agustus 2023 jumlah penduduk Indonesia mencapai 277.817.793 jiwa. Persaingan dalam mencari pekerjaan berkesinambungan dengan pertumbuhan penduduk, sehingga semakin banyak jumlah penduduk semakin sulit mencari lapangan pekerjaan. Hal ini dapat mengakibatkan pengangguran dan kemiskinan yang dapat menjadi faktor meningkatnya angka kriminal di Indonesia. Salah satunya terjadi peningkatan kejahatan terhadap hak milik/barang. Salah satu kejahatan terhadap hak milik/barang adalah pencurian kendaraan bermotor. Pencurian kendaraan bermotor yang selanjutnya disebut curanmor merupakan perbuatan tindak pidana. Dalam Pasal 362 sampai 367 Kitab Undang-Undang Hukum Pidana (KUHP) diatur tentang Curanmor.

Dengan menempati urutan keempat tingkat curanmor di Indonesia, pada tahun 2021 terjadi sebanyak 1095 kasus curanmor di Provinsi Lampung, meningkat pesat dari 3 tahun sebelumnya yaitu pada tahun 2020 sebanyak 772 kasus, tahun 2019 sebanyak 1021 kasus, dan tahun 2018 sebanyak 127 kasus. Faktor ekonomi, lingkungan dan pendidikan merupakan penyebab peningkatan jumlah kejahatan curanmor (Pudjiono dan Suhariyanto, 2012). Pada tiap wilayah faktor-faktor tersebut tidak sama sehingga aspek spasial perlu dipertimbangkan dalam penyusunan sebuah model, sebab karakteristik setiap wilayah berbeda. Dengan menduga 5 variabel prediktor sebagai faktor faktor yang mempengaruhi variabel respon kejahatann curanmor berupa persentase penduduk miskin , rata-rata lama

sekolah, tingkat pengangguran terbuka, luas geografi, dan kepadatan penduduk akan dilihat pola hubungannya menggunakan analisis regresi.

Menurut Armstrong (2012), suatu proses statistik yang digunakan untuk memproyeksikan korelasi antar variabel, yaitu suatu metode yang memodelkan dan menganalisis beberapa variabel berdasarkan hubungan antara suatu variabel terikat (respon) terhadap satu atau lebih variabel bebas (prediktor). Dengan tujuan utama menemukan bentuk pasti dari kurva regresi yang diasumsikan. Ada tiga cara untuk memperkirakan bentuk kurva regresi, yaitu metode parametrik, semiparametrik, dan nonparametrik.

Metode regresi nonparametrik dapat digunakan ketika bentuk kurva regresi yang diasumsikan tidak teridentifikasi. Oleh karena itu, metode regresi nonparametrik sangat sederhana karena tidak bergantung pada asumsi bentuk kurva regresi diskrit (Eubank, 1999). Penduga yang telah diperluas oleh para ahli dan digunakan dalam metode regresi nonparametrik antara lain *spline*, *kernel*, dan deret *fourier*. *Spline* umum digunakan pada pemodel regresi nonparametrik karena memiliki kelebihan dapat menduga pola data berdasarkan gerakannya. *Truncated* merupakan salah satu pendekatan basis fungsi *spline* paling banyak digunakan.

Model regresi *spline truncated* tidak membuat asumsi tentang bentuk kurva regresinya atau dapat diasumsikan mulus (Gujarati, 1978). Knot merupakan keuntungan dari metode ini. Knot merupakan titik-titik terkait untuk memperlihatkan adanya perubahan dalam bentuk perilaku data. Demikian juga, data model regresi *spline truncated* dan pola data berubah berdasarkan subset (Khairani, 2015). Model penduga regresi *spline truncated* dicirikan pada tempat dan jumlah knot (Fitriyani, 2014). *Generalized Cross Validation (GCV)* yang paling kecil merupakan salah satu cara memilih parameter pemulus (Wang, 2003).

Studi yang meneliti faktor-faktor terkait curanmor diantaranya Kevin mengatakan motif kejahatan curanmor yang dilakukan anak di masa COVID-19 ada dua, yaitu

motif internal (motif finansial dan psikologis pelaku) dan motif eksternal (lingkungan sekitar dan hubungan sosial). Selain itu Haris menggunakan model *geographically weighted poisson regression (GWPR)* menemukan bahwa nilai koefisien determinasi 88,81% pada faktor-faktor yang berpengaruh pada jumlah curanmor. Arynta menggunakan regresi *spline truncated* untuk memodelkan faktor apa saja yang berpengaruh pada curanmor di Jawa Timur mendapatkan koefisien determinasi 97.42 %.

Berdasarkan uraian di atas penulis ingin untuk melakukan penelitian tentang pemodelan regresi nonparametrik *spline truncated* dengan studi kasus persentase tingkat curanmor di Provinsi Lampung pada *software R* menggunakan data sekunder Provinsi Lampung dalam angka 2021-2022 Badan Pusat Statitika Provinsi Lampung dan Statistika Kriminal 2021-2022 Badan Pusat Statitika Provinsi Lampung.

1.2 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian adalah mengetahui faktor yang paling berpengaruh pada tindak kriminal curanmor di Provinsi Lampung dan mengestimasi model regresi *spline truncated* pada faktor-faktor yang diduga berpengaruh pada curanmor di Provinsi Lampung.

1.3 Manfaat Penelitian

Manfaat yang dapat diambil dari penelitian ini adalah :

1. Mengidentifikasi apa saja faktor-faktor yang paling mempengaruhi tingkat curanmor di Provinsi Lampung.
2. Menggunakan metode regresi *spline truncated* memperoleh model terbaik dari pola hubungan faktor yang mempengaruhi tingkat curanmor di Provinsi Lampung.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Analisis Regresi

Memprediksi nilai harapan yang bersyarat pada umumnya menggunakan metode regresi (Kutner, dkk., 2004). Pada abad ke-19 analisis regresi dikembangkan oleh Sir Francis Galton. Tujuannya adalah untuk melakukan uji korelasi antara variabel respon (Y) dengan variabel prediktor (X).

Metode parametrik dan nonparametrik adalah dua metode regresi. Pendekatan yang berkaitan dengan asumsi regresi dan grafik regresi diketahui disebut dengan pendekatan parametrik. Multikolinearitas, uji normalitas, homokedastisitas, dan non-autokorelasi adalah asumsi-asumsi yang perlu dipenuhi. Sedangkan pendekatan yang bisa digunakan tanpa memenuhi asumsi regresi dan bentuk kurva regresi tidak perlu diketahui adalah metode nonparametrik. Jika sebagian grafik regresinya tidak diketahui dan sebagian lainnya diketahui metode yang akan digunakan adalah regresi semiparametrik (Wati, 2014).

Korelasi antara variabel prediktor dengan variabel respon dapat disajikan dalam persamaan matematika sebagai berikut:

$$y = \beta_0 + \beta_1x_1 + \beta_2x_2 + \dots + \beta_nx_n + \varepsilon \quad (2.1)$$

Dengan:

β_0 = konstanta (intersep)

$\beta_1 + \dots + \beta_n$ = parameter yang digunakan untuk x_1, \dots, x_n

ε = residual

2.2 Regresi Parametrik

Analisis regresi parametrik merupakan suatu metode untuk melihat korelasi atau ketergantungan antara suatu variabel respons dengan satu atau lebih variabel prediktor. Analisis regresi terdiri dari dua jenis variabel yaitu variabel respon atau variabel terikat dan variabel prediktor atau variabel bebas. Korelasi antara variabel respon (Y_i) dengan variabel prediktor (X_i) dapat dinyatakan dengan persamaan berikut (Kutner, 2004):

$$Y_i = f(x_i) + \varepsilon_i \quad ; i = 1, 2, 3, \dots, n \quad (2.2)$$

dalam hal ini Y_i adalah nilai variabel respons observasi ke- i , X_i adalah variabel prediktor observasi ke- i , $f(x_i)$ adalah regresi, ε_i adalah *error term* atau residual yang diasumsikan independen dan acak dengan *mean* nol dan varians σ^2 observasi ke- i , dan n adalah banyaknya observasi model antara dua atau lebih variabel prediktor ($x_1, x_2, x_3, \dots, x_n$) dengan variabel respon (Y_i).

2.3 Regresi Nonparametrik

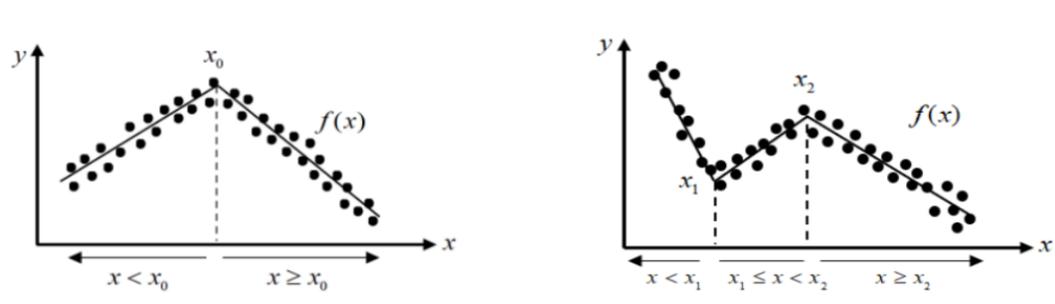
Regresi nonparametrik adalah metode yang digunakan untuk mengetahui hubungan antara variabel respon dan prediktor tanpa harus mengetahui bentuk spesifik dari kurva regresi, metode ini ditandai dengan fleksibilitas tinggi (Eubank, 1999). Karena tidak tergantung pada asumsi bentuk kurva regresi tertentu. Model regresi nonparametrik menggunakan beberapa estimator yang dikembangkan oleh para peneliti, seperti *spline*, *kernel*, dan deret *fourier*. Regresi nonparametrik memiliki model :

$$y_i = f(x_i) + \varepsilon_i, \quad i = 1, 2, 3, \dots, n \quad (2.3)$$

Dimana y_i adalah variabel respon, $f(x_i)$ adalah fungsi regresi yang tidak diketahui pada titik x_1, x_2, \dots, x_n dan ε_i adalah residual dengan asumsi bahwa mereka normal, identik, independen dan memiliki *mean* nol dan varians σ^2 .

2.4 Regresi Nonparametrik *Spline Truncated*

Salah satu model regresi non parametrik yang paling umum digunakan adalah *spline*. Regresi *Spline* adalah polinomial yang tersegmentasi secara fleksibel. Bentuk penduganya sangat terpengaruh pada nilai parameter pemulus, dengan nilai parameter pemulus yang lebih rendah merupakan perkiraan kurva regresi yang paling akurat. *Spline truncated* dapat memanipulasi data dan mengubah perilaku di sub-interval tertentu dan menemukan keputusannya sendiri tentang data ke mana model data dipindahkan. Kelebihan dari *spline truncated* adalah mempunyai titik knot yang merupakan titik integrasi dimana terjadi perubahan perilaku data atau fungsi polanya berubah (Budiantara, 2019). Ada banyak jenis perubahan model pola, misalnya:



Gambar 1. Ilustrasi pola perubahan data berdasarkan titik knot.

Fungsi *spline truncated* diperoleh dari penjumlahan fungsi polinomial dan fungsi *truncated*. Secara umum $f(x_i)$ merupakan fungsi *spline* multivariabel berordo m dengan titik knot K_1, K_2, \dots, K_j , yang dapat diberikan dengan persamaan berikut:

$$f(x_i) = \sum_{j=0}^m \beta_j x_i^j + \sum_{k=1}^q \beta_{k+m} (x_i - K_k)_+^m \quad (2.4)$$

Substitusikan persamaan (2.4) kedalam persamaan (2.3) menghasilkan persamaan regresi berikut:

$$y_i = \sum_{j=0}^m \beta_j x_i^j + \sum_{k=1}^q \beta_{k+m} (x_i - K_k)_+^m + \varepsilon_i, \quad i = 1, 2, 3, \dots, n \quad (2.5)$$

Menurut (Eubank, 1999) fungsi $(x_i - K_k)_+^m$ merupakan fungsi *truncated* yang didefinisikan sebagai berikut:

$$(x_i - K_k)_+^m = \begin{cases} (x_i - K_k)_+^m, & x_i \geq K_k \\ 0 & , x_i < K_k \end{cases} \quad (2.6)$$

Dimana:

- y_i : merupakan variabel respon.
 $f(x_i)$: adalah fungsi regresi nonparametrik *spline truncated*.
 x_i : adalah variabel prediktor.
 ε_i : adalah error random yang diasumsikan identik, independen, berdistribusi normal dengan *mean* nol dan varians σ^2 .
 $\sum_{j=0}^m \beta_j x_i^j$: merupakan komponen polinomial.
 $\sum_{k=1}^q \beta_{k+m} (x_i - K_k)_+^m$: adalah komponen *truncated*.
 β : adalah parameter model.
 m : adalah derajat polinomial.
 K_k : adalah titik knot yang menggambarkan pola perubahan fungsi pada subinterval yang berbeda.

Persamaan regresi *spline truncated* dapat dinyatakan dalam notasi matriks sebagai berikut:

$$\hat{\mathbf{y}} = \mathbf{X}\hat{\boldsymbol{\beta}} + \hat{\boldsymbol{\varepsilon}} \quad (2.7)$$

Dimana dapat dijabarkan:

$$\begin{bmatrix} \hat{y}_1 \\ \hat{y}_2 \\ \vdots \\ \hat{y}_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X_1(K) & 0 & \dots & 0 \\ 0 & X_2(K) & \ddots & 0 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & 0 & \dots & X_n(K) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \hat{\beta}_1 \\ \hat{\beta}_2 \\ \vdots \\ \hat{\beta}_n \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \hat{\varepsilon}_1 \\ \hat{\varepsilon}_2 \\ \vdots \\ \hat{\varepsilon}_n \end{bmatrix}$$

Dengan vektor respon sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \hat{\mathbf{y}}_1 &= (y_{11} \quad y_{12} \quad \dots \quad y_{1t})^T \\ \hat{\mathbf{y}}_2 &= (y_{21} \quad y_{22} \quad \dots \quad y_{2t})^T \\ &\vdots \\ \hat{\mathbf{y}}_n &= (y_{n1} \quad y_{n2} \quad \dots \quad y_{nt})^T \end{aligned}$$

Berikut matriks elemen nonparametrik *spline truncated*:

$$\begin{aligned}
 \mathbf{X}_1(\mathbf{K}) &= \begin{bmatrix} x_{111} & \cdots & x_{111}^M & \cdots & x_{11Q} & \cdots & x_{11Q}^M(x_{111} - K_{111})_+^M & \cdots & (x_{111} - K_{R11})_+^M & \cdots & (x_{11Q} - K_{11Q})_+^M & \cdots & (x_{11Q} - K_{R1Q})_+^M \\ x_{121} & \cdots & x_{121}^M & \cdots & x_{12Q} & \cdots & x_{12Q}^M(x_{121} - K_{111})_+^M & \cdots & (x_{121} - K_{R11})_+^M & \cdots & (x_{12Q} - K_{11Q})_+^M & \cdots & (x_{12Q} - K_{R1Q})_+^M \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ x_{1t1} & \cdots & x_{1t1}^M & \cdots & x_{1tQ} & \cdots & x_{1tQ}^M(x_{1t1} - K_{111})_+^M & \cdots & (x_{1t1} - K_{R11})_+^M & \cdots & (x_{1tQ} - K_{11Q})_+^M & \cdots & (x_{1tQ} - K_{R1Q})_+^M \end{bmatrix} \\
 \mathbf{X}_2(\mathbf{K}) &= \begin{bmatrix} x_{211} & \cdots & x_{211}^M & \cdots & x_{21Q} & \cdots & x_{21Q}^M(x_{211} - K_{211})_+^M & \cdots & (x_{211} - K_{R21})_+^M & \cdots & (x_{21Q} - K_{12Q})_+^M & \cdots & (x_{21Q} - K_{R2Q})_+^M \\ x_{221} & \cdots & x_{221}^M & \cdots & x_{22Q} & \cdots & x_{22Q}^M(x_{221} - K_{211})_+^M & \cdots & (x_{221} - K_{R21})_+^M & \cdots & (x_{22Q} - K_{12Q})_+^M & \cdots & (x_{22Q} - K_{R2Q})_+^M \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ x_{2t1} & \cdots & x_{2t1}^M & \cdots & x_{2tQ} & \cdots & x_{2tQ}^M(x_{2t1} - K_{211})_+^M & \cdots & (x_{2t1} - K_{R21})_+^M & \cdots & (x_{2tQ} - K_{12Q})_+^M & \cdots & (x_{2tQ} - K_{R2Q})_+^M \end{bmatrix} \\
 &\vdots \\
 \mathbf{X}_n(\mathbf{K}) &= \begin{bmatrix} x_{n11} & \cdots & x_{n11}^M & \cdots & x_{n1Q} & \cdots & x_{n1Q}^M(x_{n11} - K_{n11})_+^M & \cdots & (x_{n11} - K_{Rn1})_+^M & \cdots & (x_{n1Q} - K_{1nQ})_+^M & \cdots & (x_{n1Q} - K_{RnQ})_+^M \\ x_{n21} & \cdots & x_{n21}^M & \cdots & x_{n2Q} & \cdots & x_{n2Q}^M(x_{n21} - K_{n11})_+^M & \cdots & (x_{n21} - K_{Rn1})_+^M & \cdots & (x_{n2Q} - K_{1nQ})_+^M & \cdots & (x_{n2Q} - K_{RnQ})_+^M \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ x_{nt1} & \cdots & x_{nt1}^M & \cdots & x_{ntQ} & \cdots & x_{ntQ}^M(x_{nt1} - K_{n11})_+^M & \cdots & (x_{nt1} - K_{Rn1})_+^M & \cdots & (x_{ntQ} - K_{1nQ})_+^M & \cdots & (x_{ntQ} - K_{RnQ})_+^M \end{bmatrix}
 \end{aligned}$$

Dan vektor parameter:

$$\begin{aligned}
 \hat{\boldsymbol{\beta}}_1 &= (\theta_{111} \quad \cdots \quad \theta_{m11} \quad \cdots \quad \theta_{11Q} \quad \cdots \quad \theta_{m1Q} \quad \delta_{111} \quad \cdots \quad \delta_{R11} \quad \cdots \quad \delta_{11Q} \quad \cdots \quad \delta_{R1Q})^T \\
 \hat{\boldsymbol{\beta}}_2 &= (\theta_{121} \quad \cdots \quad \theta_{m21} \quad \cdots \quad \theta_{12Q} \quad \cdots \quad \theta_{m2Q} \quad \delta_{121} \quad \cdots \quad \delta_{R21} \quad \cdots \quad \delta_{12Q} \quad \cdots \quad \delta_{R2Q})^T \\
 &\vdots \\
 \hat{\boldsymbol{\beta}}_n &= (\theta_{1n1} \quad \cdots \quad \theta_{mn1} \quad \cdots \quad \theta_{1nQ} \quad \cdots \quad \theta_{mnQ} \quad \delta_{1n1} \quad \cdots \quad \delta_{Rn1} \quad \cdots \quad \delta_{1nQ} \quad \cdots \quad \delta_{RnQ})^T
 \end{aligned}$$

Serta error nya sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 \hat{\boldsymbol{\varepsilon}}_1 &= (\varepsilon_{11} \quad \varepsilon_{12} \quad \cdots \quad \varepsilon_{1t})^T \\
 \hat{\boldsymbol{\varepsilon}}_2 &= (\varepsilon_{21} \quad \varepsilon_{22} \quad \cdots \quad \varepsilon_{2t})^T \\
 &\vdots \\
 \hat{\boldsymbol{\varepsilon}}_n &= (\varepsilon_{n1} \quad \varepsilon_{n2} \quad \cdots \quad \varepsilon_{nt})^T
 \end{aligned}$$

Dimana:

- $\hat{\mathbf{y}}$:vektor kolom berukuran $nt \times 1$
- \mathbf{X} : matriks berukuran $nt \times (M + R)nQ$
- $\hat{\boldsymbol{\beta}}$: merupakan vektor kolom berukuran $(M + R)nQ \times 1$
- $\hat{\boldsymbol{\varepsilon}}$: vektor kolom berukuran $nt \times 1$.

2.5 Pemilihan Titik Knot Optimum

Knot adalah titik integrasi dimana terjadi perubahan pola perilaku dalam suatu fungsi pada interval yang berbeda (Hardle, 1994). Knot ini menjadi fokus dalam pembentukan kurva spline, membagi kurva menjadi bagian-bagian terdefinisi. Dalam upaya memperoleh model regresi *spline* yang optimal, maka titik ideal yang paling sesuai dengan data. Salah satu metode yang umum digunakan untuk pemilihan titik knot terbaik adalah *generalized cross validation* (GCV). Untuk mendapatkan yang terbaik dapat diketahui dengan nilai GCV terendah. Metode GCV biasanya didefinisikan sebagai:

$$GCV(K) = \frac{MSE(K)}{(n^{-1}trace[\mathbf{I} - \mathbf{A}(K)])^2} \quad (2.8)$$

Dimana

- \mathbf{I} : matriks
 n : jumlah pengamatan
 $K = K_1, K_2, \dots, K_r$: merupakan titik knot

serta

$$\mathbf{A}(K) = \mathbf{X}(\mathbf{X}^T)^{-1}\mathbf{X}^T \quad (2.9)$$

$$MSE(K) = n^{-1} \sum_{i=1}^n (y_i - \hat{f}(x_i))^2 \quad (2.10)$$

2.6 Estimasi Parameter

Salah satu teknik yang dapat diterapkan untuk mengestimasi parameter model regresi nonparametrik spline adalah ordinary least squares (OLS) yang bertujuan untuk memperkirakan parameter model dengan cara meminimalkan kuadrat dari sisa-sisa prediksi.

Berikut adalah representasi matriks yang menggambarkan model regresi spline linear nonparametrik dengan r knot dan prediktor univariat:

$$\hat{\mathbf{y}} = \mathbf{X}\hat{\boldsymbol{\beta}} + \hat{\boldsymbol{\varepsilon}} \quad (2.11)$$

Dimana:

$$\hat{\mathbf{y}} = \begin{bmatrix} \hat{y}_1 \\ \hat{y}_2 \\ \vdots \\ \hat{y}_n \end{bmatrix}, \mathbf{X} = \begin{bmatrix} 1 & x_1 & (x_1 - k_1)_+ & \dots & (x_1 - k_r)_+ \\ 1 & x_2 & (x_2 - k_1)_+ & \dots & (x_2 - k_r)_+ \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 1 & x_n & (x_n - k_1)_+ & \dots & (x_n - k_r)_+ \end{bmatrix}, \hat{\boldsymbol{\beta}} = \begin{bmatrix} \hat{\beta}_1 \\ \hat{\beta}_2 \\ \vdots \\ \hat{\beta}_n \end{bmatrix}, \hat{\boldsymbol{\varepsilon}} = \begin{bmatrix} \hat{\varepsilon}_1 \\ \hat{\varepsilon}_2 \\ \vdots \\ \hat{\varepsilon}_n \end{bmatrix}$$

Berdasarkan persamaan (2.11), persamaan residual dapat dinyatakan sebagai berikut:

$$\hat{\boldsymbol{\varepsilon}} = \hat{\mathbf{y}} - \mathbf{X}\hat{\boldsymbol{\beta}} \quad (2.12)$$

Jumlah kuadrat residual dalam bentuk matriks dapat ditulis sebagai:

$$\begin{aligned} \sum_{i=1}^n \varepsilon_i^2 &= \hat{\boldsymbol{\varepsilon}}' \hat{\boldsymbol{\varepsilon}} \\ &= (\hat{\mathbf{y}} - \mathbf{X}\hat{\boldsymbol{\beta}})' (\hat{\mathbf{y}} - \mathbf{X}\hat{\boldsymbol{\beta}}) \\ &= \hat{\mathbf{y}}' \hat{\mathbf{y}} - \hat{\mathbf{y}}' \mathbf{X}\hat{\boldsymbol{\beta}} - \hat{\boldsymbol{\beta}}' \mathbf{X}' \hat{\mathbf{y}} + \hat{\boldsymbol{\beta}}' \mathbf{X}' \mathbf{X} \hat{\boldsymbol{\beta}} \\ &= \hat{\mathbf{y}}' \hat{\mathbf{y}} - 2\hat{\boldsymbol{\beta}}' \mathbf{X}' \hat{\mathbf{y}} + \hat{\boldsymbol{\beta}}' \mathbf{X}' \mathbf{X} \hat{\boldsymbol{\beta}} \end{aligned} \quad (2.13)$$

Untuk meminimalkan nilai $\hat{\boldsymbol{\varepsilon}}' \hat{\boldsymbol{\varepsilon}}$, turunan pertama terhadap $\hat{\boldsymbol{\beta}}$ harus nol.

$$\frac{\partial \hat{\boldsymbol{\varepsilon}}' \hat{\boldsymbol{\varepsilon}}}{\partial \hat{\boldsymbol{\beta}}} = 0 \quad (2.14)$$

Dari turunan pertama persamaan (2.13) diperoleh nilai $\hat{\boldsymbol{\beta}}$ sebagai berikut:

$$\begin{aligned} -2\mathbf{X}' \hat{\mathbf{y}} + 2\mathbf{X}' \mathbf{X} \hat{\boldsymbol{\beta}} &= \mathbf{0} \\ \mathbf{X}' \mathbf{X} \hat{\boldsymbol{\beta}} &= \mathbf{X}' \hat{\mathbf{y}} \\ (\mathbf{X}' \mathbf{X})^{-1} (\mathbf{X}' \mathbf{X}) \hat{\boldsymbol{\beta}} &= (\mathbf{X}' \mathbf{X})^{-1} \mathbf{X}' \hat{\mathbf{y}} \\ \hat{\boldsymbol{\beta}} &= (\mathbf{X}' \mathbf{X})^{-1} \mathbf{X}' \hat{\mathbf{y}} \end{aligned} \quad (2.15)$$

2.7 Pengujian Parameter

Pengujian signifikansi parameter bertujuan untuk menentukan apakah variabel prediktor memiliki pengaruh signifikan terhadap variabel respon. Pengujian ini dilakukan dalam dua tahap, yaitu pengujian secara keseluruhan dan pengujian secara terpisah untuk setiap variabel.

2.7.1 Pengujian Parameter Serentak

Uji serentak yaitu pengujian seluruh parameter yang terdapat dalam model secara bersama-sama. Berikut merupakan hipotesis uji serentak:

$$H_0: \beta_1 = \beta_2 = \dots = \beta_{p+r} = 0$$

$$H_1: \text{minimal terhadap satu } \beta_j \neq 0, j = 1, 2, \dots, p + r$$

Dimana p adalah banyaknya parameter polinomial tanpa β_0 dan r adalah banyaknya parameter untuk titik knot, dengan statistik uji adalah sebagai berikut:

$$F_{hitung} = \frac{MS_{regresi}}{MS_{residual}} \quad (2.16)$$

Daerah penolakan yaitu H_0 ditolak jika $F_{hitung} > F_{\alpha}$.

MS Regresi dan MS Residual didapatkan dari Analisis Ragam (ANARA) sebagaimana yang ditunjukkan sebagai berikut :

Tabel 1. Analisis ragam

Sumber Varians	Derajat Bebas (df)	Sum of Square (SS)	Mean Square (MS)	F_{total}
Regresi	$p + r$	$\sum_{i=1}^n (\hat{y}_i - \bar{y})^2$	$\frac{SS_{regresi}}{df_{regresi}}$	-

Tabel Lanjutan. Analisis ragam

Sumber Varians	Derajat Bebas (df)	Sum of Square (SS)	Mean Square (MS)	F_{total}
Residual	$n - (p + r) - 1$	$\sum_{j=1}^n (y_i - \bar{y})^2$	$\frac{SS_{residual}}{df_{residual}}$	$\frac{MS_{regresi}}{MS_{residual}}$
Total	$n - 1$	$\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2$	-	-

2.7.2 Pengujian Parameter Parsial

Uji secara parsial dilakukan apabila pada uji secara serentak didapatkan kesimpulan bahwa minimal terdapat satu parameter yang signifikan. Berikut merupakan hipotesis uji parsial.

$$H_0: \beta_0 = 0$$

$$H_1: \beta_j \neq 0, j = 1, 2, \dots, p + r$$

Uji parsial menggunakan uji t . Statistik uji dari uji parsial adalah sebagai berikut:

$$t_{hitung} = \frac{\hat{\beta}_j}{SE(\hat{\beta}_j)} \quad (2.17)$$

Daerah penolakan yaitu H_0 ditolak jika $t_{hit} > t_{\left(\frac{\alpha}{2}, n-(p+r)-1\right)}$ atau

$$t_{hit} < -t_{\left(\frac{\alpha}{2}, n-(p+r)-1\right)}.$$

2.8 Pengujian Residual

Residual dari model regresi spline harus memenuhi asumsi IID $N(0, \sigma^2)$. Untuk mendeteksi residual tersebut telah memenuhi asumsi maka diperlukan adanya pemeriksaan terhadap residual tersebut.

2.8.1 Pengujian Residual Asumsi Identik

Asumsi identik atau biasa juga disebut homoskedastisitas yang berarti bahwa varians pada residual adalah identik. Kebalikanannya adalah kasus heteroskedastisitas, yaitu jika kondisi varians residual tidak identik (Gujarati, 2003).

Berikut merupakan hipotesis uji *Glejser*:

$$H_0: \sigma_1^2 = \sigma_2^2 = \dots = \sigma_n^2 = \sigma^2$$

$$H_1: \text{minimal terhadap satu } \sigma_j^2 \neq \sigma^2, j = 1, 2, \dots, n$$

Statistik uji untuk uji *Glejser* adalah:

$$F_{hitung} = \frac{[\sum_{i=1}^n (|\hat{e}_i| - |e_i|)^2]/(v)}{[\sum_{i=1}^n (|e_i| - |\hat{e}_i|)^2]/(n - v - 1)} \quad (2.18)$$

Daerah penolakan yaitu H_0 ditolak jika $F_{hitung} > F_{\alpha(v, n-v-1)}$.

2.8.2 Pengujian Residual Asumsi Independen

Asumsi independen merupakan asumsi dari model regresi yang mengharuskan tidak terdapat korelasi antar residual. Uji yang digunakan untuk mendeteksi kasus autokorelasi adalah uji *Durbin Watson* (Drapper dan Smith, 1992).

Berikut merupakan hipotesis uji *Durbin Watson*:

$$H_0: \rho = 0 \text{ (tidak terjadi autokorelasi)}$$

$$H_1: \rho \neq 0 \text{ (terjadi autokorelasi)}$$

Statistik uji untuk uji *Durbin Watson* adalah:

$$d = \frac{\sum_{i=1}^n (e_i - e_{i-1})^2}{\sum_{i=1}^n e_i^2} \quad (2.19)$$

Berikut adalah aturan pengambilan keputusan dari uji *Durbin Watson*

Tabel 2. Aturan Pengambilan keputusan Uji *DurbinWatson*

Ketentuan	Keputusan	Penolakan
$0 < d < d_L$	Tolak H_0	Terjadi Autokorelasi
$4 - d_L < d < 4$	Tolak H_0	Terjadi Autokorelasi
$d_L \leq d \leq d_U$	Tidak Ada Keputusan	Tidak dapat disimpulkan
$4 - d_U \leq d \leq 4 - d_L$	Tidak Ada Keputusan	Tidak dapat disimpulkan
$d_u < d < 4 - d_L$	Gagal Tolak H_0	Tidak dapat disimpulkan

2.8.3 Uji Normalitas Kolmogorov-Smirnov

Uji Kolmogorov-Smirnov dilakukan untuk mengetahui apakah suatu data telah mengikuti suatu distribusi tertentu. Berikut merupakan hipotesis uji Kolmogorov-Smirnov.

$$H_0: F_n(\varepsilon) = F_0(\varepsilon) \text{ (Residual berdistribusi normal)}$$

$$H_1: F_n(\varepsilon) \neq F_0(\varepsilon) \text{ (Residual tidak berdistribusi normal)}$$

Statistik Uji;

$$D = \sup_{\varepsilon} |F_n(\varepsilon) - F_0(\varepsilon)| \quad (2.14)$$

Daerah penolakan H_0 ditolak adalah apabila $D > D_{\alpha}$ adalah nilai kritis untuk Uji Kolmogorov-Smirnov satu sampel, diperoleh dari tabel Kolmogorov-Smirnov satu sampel. Sehingga dapat disimpulkan bahwa residual tidak berdistribusi normal (Drapper, 1998).

2.9 Pencurian Kendaraan Bermotor

2.9.2 Pengertian Pencurian

Dalam ilmu hukum pidana mengenai pencurian, peraturannya dijelaskan dalam beberapa pasal, termasuk Pasal 362 KUH Pidana. Pasal 362 KUH Pidana menyatakan bahwa seseorang yang mengambil barang milik orang lain, baik sebagian maupun seluruhnya, dengan niat untuk memiliki secara melawan hukum, dapat dihukum karena pencurian dengan pidana penjara maksimal lima tahun atau pidana denda hingga sembilan ratus rupiah (Lembaga Negara,2007).

2.9.2 Pengertian Kendaraan Bermotor

Kendaraan bermotor adalah alat transportasi darat yang dijalankan oleh teknologi penggerak dan biasanya menggunakan mesin pembakar internal dimana fosil atau gas alam sebagai bahan bakar, dilengkapi dengan roda dan biasanya digunakan di jalan raya.

Menurut undang-undang nomor. 14 tahun 1992, peralatan teknis adalah motor atau perangkat lain yang berfungsi untuk mengubah bahan tertentu menjadi energi mekanik untuk kendaraan yang bersangkutan. Pengertian kendaraan bermotor dalam konteks ini berupa kendaraan gandengan atau kendaraan pelengkap dan kendaraan listrik dan kendaraan bermotor sebagai kendaraan penarik yang ditempatkan pada tempat yang sesuai dengan fungsinya.

2.9.3 Tindak Pidana Pencurian Kendaraan Bermotor

Masalah curanmor merupakan jenis kejahatan yang secara konsisten mengganggu keamanan dan ketertiban masyarakat. Kejahatan curanmor melanggar hukum menurut ketentuan hukum pidana (KUHP) yang objek utama kejahatannya berupa kendaraan bermotor. Kendaraan bermotor, yang didefinisikan sebagai kendaraan yang menggunakan mesin atau motor untuk beroperasi, seringkali menjadi target, baik roda dua ataupun roda empat. Kejahatan curanmor juga terkait dengan tindak pidana penadahan. Dalam KUHP ini mengatur beberapa jenis Curanmor sebagai curanmor:

1. Pencurian biasa dalam buku kedua KUHP mengenai kejahatan, pada bab 22 pasal 362 tentang pencurian.
2. Pencurian dengan pemberatan, akan mendapatkan ancaman hukuman lebih berat daripada pencurian biasa, terdapat dalam buku kedua KUHP mengenai kejahatan, pada bab 22 pasal 363 tentang pencurian.
3. Pencurian dengan kekerasan dalam buku kedua KUHP mengenai kejahatan, pada bab 22 pasal 365 tentang pencurian.

Kejahatan curanmor terbagi menjadi tiga jenis yaitu:

- 1) curanmor biasa.
- 2) curanmor dengan pemberatan.
- 3) curanmor disertai kekerasan.

Ketiganya berbeda dalam pelaksanaannya. Curanmor dilakukan dengan cara mengambil kendaraan bermotor yang ditinggalkan pemiliknya. Saat ini, curanmor dengan kekerasan yang diatur dalam Pasal 365 KUHP berlaku terhadap perkara perampasan kendaraan dirampas dengan cara ancaman dan kekerasan dengan tujuan untuk melakukan pencurian kendaraan sehingga menimbulkan cedera ringan, berat, bahkan kematian. Ketiganya mempunyai mekanisme penegakkan hukum yang berbeda dan hukuman yang berbeda bagi pelanggar berdasarkan sifat kejahatannya.

III. METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian dilaksanakan pada tahun akademik 2023/2024 yang bertempat di Jurusan Matematika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Lampung.

3.2 Data Penelitian

Dalam penelitian digunakan data sekunder yang disediakan oleh Badan Pusat Statistik Provinsi Lampung berupa Statistika Keamanan Provinsi Lampung 2021-2022 dan data yang dipublikasikan oleh Badan Pusat Statistik Provinsi Lampung dalam situs resminya Lampung.BPS.go.id. Pada penelitian ini digunakan 15 kabupaten/kota di Provinsi Lampung dalam rentang tahun 2021-2022 sebagai unit penelitian. Berikut 5 variabel yang akan digunakan dalam penelitian ini:

Tabel 3. Variabel penelitian

Variabel	Keterangan	Sumber
Y	Persentase Pencurian Kendaraan Bermotor (Curanmor) (%)	Publikasi Badan Pusat Statistik Provinsi Lampung berupa Statistika Keamanan Provinsi Lampung 2021 & 2022

Tabel. Lanjutan Variabel penelitian

Variable	Keterangan	Sumber
X_1	Tingkat Pengangguran Terbuka (%)	Publikasi Badan Pusat Statistik Provinsi Lampung Pada Website Resmi Lampung.BPS.go.id
X_2	Kepadatan Penduduk (jiwa/km ²)	
X_3	Persentase penduduk miskin (%)	
X_4	Rata-rata Lama Sekolah (tahun)	
X_5	Luas Geografis(km ²)	

Definisi operasional variabel penelitian adalah sebagai berikut:

a. Variabel curanmor (Y)

Merupakan banyaknya kejahatan curanmor yang terjadi selama periode waktu tertentu dibagi dengan banyaknya penduduk dan dikali 100%, hasil akhir dalam bentuk persen(%).

b. Variabel angka pengangguran terbuka (X_1)

Menunjukkan banyaknya pekerja dewasa yang sedang mempersiapkan, sedang memulai bisnis, atau mereka berpikir tidak akan mendapatkan pekerjaan. Pengangguran yang tinggi bukan hanya merupakan permasalahan ekonomi, namun juga permasalahan politik. Pengangguran tinggi menyebabkan peningkatan kejahatan seperti pencurian, pengrusakan, penggunaan narkoba, dan kegiatan ekonomi ilegal lainnya

c. Variabel kepadatan penduduk (X_2)

Menunjukkan jumlah penduduk setiap kilometer persegi pada setiap wilayah. Semakin tinggi pertumbuhan penduduk maka semakin padat suatu wilayah. Kota besar sangat terkait pada padatnya penduduk, dimana kota besar menjadi daya tarik untuk melakukan tindak pidana.

d. Variabel persentase penduduk miskin (X_3)

Menunjukkan bahwa rata-rata pengeluaran perkapita bulanan penduduk berada di bawah garis kemiskinan. Garis kemiskinan terdiri dari jumlah dari garis kemiskinan untuk kebutuhan makanan dan garis kemiskinan untuk kebutuhan non-makanan.

e. Variabel rata-rata lama sekolah (X_4)

Mewakili rerata jumlah tahun yang dihabiskan penduduk dalam mengenyam pendidikan formal di setiap kabupaten/kota Pendidikan merupakan hal yang penting dalam membentuk karakter seseorang. Sekolah bukan hanya tempat pembelajaran akademis, namun juga tempat pembelajaran moral. Ketika landasan moral seseorang lemah maka semakin berpeluang berperilaku pidana.

f. Variabel luas wilayah (X_5)

Menyatakan luas wilayah berdasarkan susunan bebatuan yang berada di permukaan bumi dengan satuan km^2

Tabel 4. Struktur Data

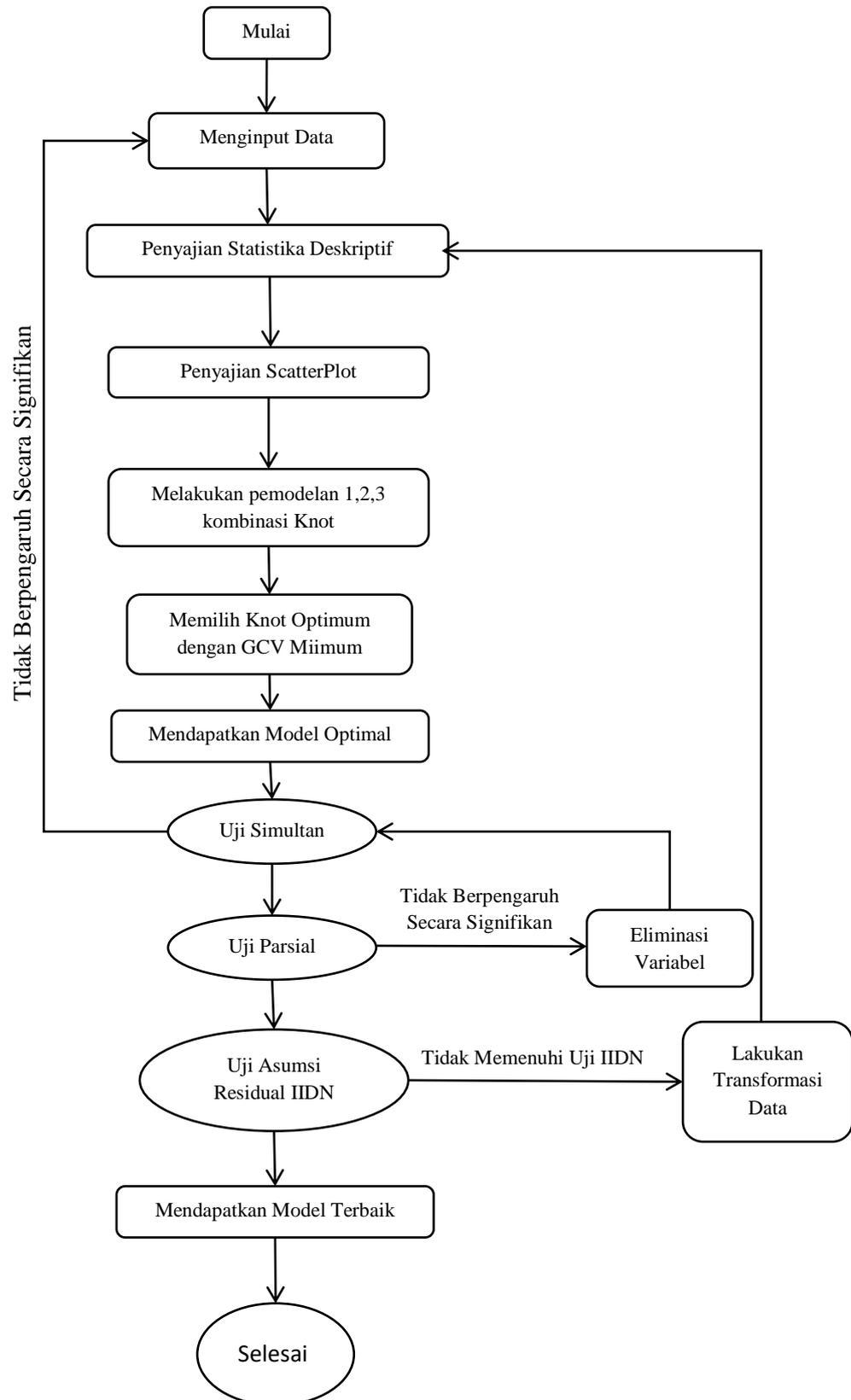
Kab/kota	Y	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5
1	Y_1	$X_{1,1}$	$X_{2,1}$	$X_{3,1}$	$X_{4,1}$	$X_{5,1}$
2	Y_2	$X_{1,2}$	$X_{2,2}$	$X_{3,2}$	$X_{4,2}$	$X_{5,2}$
3	Y_3	$X_{1,3}$	$X_{2,3}$	$X_{3,3}$	$X_{4,3}$	$X_{5,3}$
.
.
.
30	Y_{30}	$X_{1,30}$	$X_{2,15}$	$X_{3,30}$	$X_{4,30}$	$X_{5,30}$

3.3 Metode Penelitian

Metode dalam penelitian ini adalah Regresi Nonparametrik *Spline Truncated*. Dalam melakukan penelitian ini, proses perhitungan dilakukan dengan menggunakan software R 4.1.2 agar lebih efisien dan diperoleh hasil yang akurat. pada penelitian ini dilakukan langkah analisis sebagai berikut.

1. Memilih faktor-faktor yang diduga berpengaruh pada tingkat curanmor kabupaten/kota di Provinsi Lampung.
2. Mengumpulkan data kriminal curanmor serta faktor-faktor yang diduga mempengaruhi curanmor.
3. Melakukan analisis deskriptif terhadap masing-masing variabel.
4. Mencari bentuk pola hubungan antara data kriminal curanmor terhadap setiap variabel yang kemungkinan mempengaruhi menggunakan diagram sebar.
5. Menggunakan satu, dua, tiga, dan kombinasi knot dilakukan pemodelan curanmor di setiap kabupaten/kota di Provinsi Lampung menggunakan Regresi *Spline Truncated*.
6. Dengan nilai GCV terkecil, pilih titik knot optimum.
7. Titik knot optimum digunakan untuk mendapatkan model terbaik.
8. Pengujian signifikansi simultan dan parsial parameter.
9. Uji hipotesis sisa dengan uji distribusi independent dan normal.
10. Menafsirkan model dan membuat kesimpulan.

3.4 Diagram Alir



Gambar 2. Diagram Alir (Flowchart)

V. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis dan pembahasan didapatkan dua kesimpulan dari pemodelan regresi nonparametrik *spline truncated* pada faktor-faktor yang mempengaruhi curanmor di Provinsi Lampung tahun 2021-2022. Berikut merupakan kesimpulan yang didapatkan model regresi nonparametrik *spline truncated* terbaik yang dihasilkan dalam pemodelan curanmor adalah dengan kombinasi titik knot (3 3 1 3), dengan titik knot yang optimum yaitu tiga titik knot untuk variabel kepadatan penduduk, tiga titik knot untuk variabel persentase penduduk miskin, satu titik knot untuk variabel rata-rata lama sekolah dan tiga titik knot untuk variabel luas geografis. Terdapat satu variabel yang tidak berpengaruh secara signifikan terhadap model yaitu variabel tingkat pengangguran terbuka (X_1). Berikut merupakan model terbaik yang dihasilkan.

$$\begin{aligned} y_i = & 0,00091 + 0,00004 x_2 - 0,00005 (x_2 - 279,97)_+ \\ & + 0,00001 (x_2 - 955,59)_+ + 0,00008(x_2 - 5910,15)_+ \\ & + 0,00161x_3 - 0,01025 (x_3 - 7,28)_+ + 0,00742 (x_3 - 8,60)_+ \\ & + 0,00861 (x_3 - 18,31)_+ + 0,01691 x_4 - 0,01619 (x_4 - 8,16)_+ \\ & - 0,00079 x_5 + 0,00089 (x_5 - 227,49)_+ \\ & - 0,00011 (x_5 - 690,49)_+ - 0,00001(x_5 - 4085,91)_+ \end{aligned}$$

Model tersebut memiliki nilai GCV paling minimum yaitu 0,000015. Nilai koefisien determinasi berdasar model regresi nonparametrik *spline truncated* yang didapat adalah sebesar 99,14%. Artinya bahwa model dapat menjelaskan keragaman persentase curanmor di Lampung tahun 2021-2022 sebesar 99,14%, sedangkan sisanya dijelaskan oleh variabel-variabel lain yang tidak masuk dalam model.

DAFTAR PUSTAKA

Arynta, M., Budiantara,I,N., & Ratna,M.,2019. Pemodelan Faktor-faktor Yang Mempengaruhi Persentase Pencurian Kendaraan Bermotor (Curanmor) Di Jawa Timur Menggunakan Regresi Nonparametrik *Spline Truncated*. *Jurnal Sains Dan Seni ITS*. 8(2): D246-D251.

Badan Pusat Statistik, *Statistik Kriminal 2021*. Jakarta, 2021.

Badan Pusat Statistik, *Statistik Kriminal 2022*. Jakarta, 2022.

Eubank.R, *Nonparametric Regression and Spline Smoothing*,. 2nd ed. Texas : Departement of Statitics Southem Methodist Dallas University, 1999.

Eubank.R.I, *Nonparametric Regression and Spline Smoothing*. 2nd ed. New York: Taylor and Francis,1999.

Fitriyani.N, *Metode Cross Validation dan Generalized Cross Validation dalam Regresi Nonparametrik Spline (Studi Kasus: Data Fertilisasi di Jawa Timur)*, Surabaya: Tesis Program Magister, Institut Teknologi Sepuluh November, 2014.

Gujarati, D, 2006, *Dasar-Dasar Ekonometrika*, Erlangga, jakarta,

Hardle.W, *Applied Nonparametric Regresion*. New York: Cambridge University Press, 1994.

Khairani F, *Aplikasi Spline Truncated dalam Regresi Nonparametric*. Medan: Skripsi Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Sumatra Utara, 2015

Lembaga Negara, *Kitab Hukum Undang-Undang Pidana*. Yogyakarta, 2007.

Renky,W,K, 2022 Analisis Kriminologi Terhadap Tindak Pidana Pencurian Kendaraan Bermotor Yang Dilakukan Anaka Pada Masa Covid-19 (Skripsi). Jurusan Matematika FMIPA Unila, Bandar Lampung.,

Wahba.G, *Spline Models for Observation Data. Dalam CMBS-NSF Regional Conference Series in applied Mathematics*. Philadelphia: SIAM , 1990.