PEMODELAN *GEOGRAPHICALLY WEIGHTED REGRESSION* DENGAN PENDEKATAN *SPLINE TRUNCATED* PADA KASUS BALITA GIZI KURANG DI PROVINSI SULAWESI SELATAN

SKRIPSI

MUHAMMAD RAYHAN RIFALDI

H051191038

DEPARTEMEN STATISTIKA PROGRAM STUDI STATISTIKA

FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM

UNIVERSITAS HASANUDDIN

MAKASSAR

JANUARI 2023

PEMODELAN *GEOGRAPHICALLY WEIGHTED REGRESSION* DENGAN PENDEKATAN *SPLINE TRUNCATED* PADA KASUS BALITA GIZI KURANG DI PROVINSI SULAWESI SELATAN

SKRIPSI

Diajukan sebagai salah satu syarat memperoleh gelar Sarjana Sains pada Program Studi Statistika Departemen Statistika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Hasanuddin

MUHAMMAD RAYHAN RIFALDI

H051191038

DEPARTEMEN STATISTIKA PROGRAM STUDI STATISTIKA

FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM

UNIVERSITAS HASANUDDIN

MAKASSAR

JANUARI 2023

LEMBAR PERNYATAAN KEOTENTIKAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini menyatakan dengan sungguh-sungguh bahwa skripsi yang saya buat dengan judul:

Pemodelan *Geographically Weighted Regression* dengan Pendekatan *Spline Truncated* pada Kasus Balita Gizi Kurang di Provinsi Sulawesi Selatan

adalah benar hasil karya saya sendiri, bukan hasil plagiat dan belum pernah dipublikasikan dalam bentuk apapun

Makassar, 27 Januari 2023

Muhammad Rayhan Rifaldi

NIM H051191038

PEMODELAN *GEOGRAPHICALLY WEIGHTED REGRESSION* DENGAN PENDEKATAN *SPLINE TRUNCATED* PADA KASUS BALITA GIZI KURANG DI PROVINSI SULAWESI SELATAN

Disetujui Oleh:

Pembimbing Utama	Pembimbing Pertama
Dr. Anna Islamiyati, S.Si., M.Si.	**Dr. Nirwan, M.Si.**
NIP. 19770808 200501 2 002	**NIP. 19630306 198702 1 002**

Ketua Program Studi

Dr. Nurtiti Sunusi, S.Si., M.Si.

NIP. 19720117 199703 2 002

Pada 27 Januari 2023

HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh :

Nama	: Muhammad Rayhan Rifaldi
NIM	: H051191038
Program Studi	: Statistika
Judul Skripsi	: Pemodelan *Geographically Weighted Regression* dengan Pendekatan *Spline Truncated* pada Kasus Balita Gizi Kurang di Provinsi Sulawesi Selatan

Telah berhasil dipertahankan dihadapan Dewan Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Sains pada Program Studi Statistika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Hasanuddin.

DEWAN PENGUJI

1. Ketua : Dr. Anna Islamiyati, S.Si., M.Si. (.....)
2. Sekretaris : Dr.Nirwan, M.Si. (.....)
3. Anggota : Dr. Erna Tri Herdiani, S.Si., M.Si. (.....)
4. Anggota : Siswanto, S.Si., M.Si. (.....)

Ditetapkan di : Makassar

Tanggal : 27 Januari 2023

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Puji syukur kehadirat Allah *Subhanahu Wa Ta'ala* atas segala limpahan rahmat, nikmat, dan hidayah-Nya yang telah diberikan sampai titik ini sehingga penulis mampu menyelesaikan penyusunan tugas akhir ini. Shalawat serta salam senantiasa tercurahkan kepada baginda Rasulullah *Shallallahu 'Alaihi Wa Sallam* beserta para keluarga, sahabat, dan pengikut beliau hingga akhir zaman kelak. *Alhamdulillahi robbil'alamin*, berkat nikmat kemudahan dan rahmat yang diberikan oleh Allah *Subhanahu Wa Ta'ala*, penulis dapat menyelesaikan tugas akhir yang berjudul "**Pemodelan *Geographically Weighted Regression* dengan Pendekatan *Spline Truncated* pada Kasus Balita Gizi Kurang di Provinsi Sulawesi Selatan**" yang disusun sebagai salah satu syarat akademik memperoleh gelar sarjana pada Program Studi Statistika Departemen Statistika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Hasanuddin.

Penulis menyadari bahwasannya dengan segala keterbatasan pengetahuan dan kemampuan yang dimiliki penyelesaian tugas akhir ini tidak terlepas dari dukungan dan dorongan dari berbagai pihak yang senantiasa turut memberikan bantuan baik secara moril maupun materil sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini. Oleh karena itu, penulis senantiasa mengucapkan terima kasih yang setulus-tulusnya serta penghargaan yang setinggi-tingginya untuk orang tua penulis, Ayahanda **Hasanuddin** dan Ibunda **Suhaeni** yang telah membesarkan dan mendidik penulis, memberikan dukungan penuh, pengorbanan, kesabaran hati, limpahan cinta dan kasih sayang tanpa batas, serta dengan ikhlas telah mengiringi setiap langkah penulis dengan doa dan restu mulianya. Ucapan terima kasih juga penulis haturkan kepada adik-adik tersayang penulis **Muhammad Rayyan Maulana** dan **Ahmad Al-Habsy Hasan** karena telah menjadi adik-adik yang sangat baik dan senantiasa memberikan semangat maupun doa terbaiknya untuk penulis dalam menyelesaikan tugas akhir ini, serta keluarga besar penulis, terima kasih atas dukungan dan doa mulianya selama ini.

Penghargaan yang tulus dan ucapan terima kasih dengan penuh keikhlasan juga penulis ucapkan kepada:

1. **Bapak Prof. Dr. Ir. Jamaluddin Jompa, M.Sc.**, selaku Rektor Universitas Hasanuddin beserta seluruh jajarannya.
2. **Bapak Dr. Eng. Amiruddin**, selaku Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Hasanuddin beserta seluruh jajarannya.
3. **Ibu Dr. Nurtiti Sunusi S.Si., M.Si.**, selaku Ketua Departemen Statistika, segenap Dosen Pengajar dan Staf yang telah membekali ilmu dan kemudahan kepada penulis dalam berbagai hal selama menempuh Pendidikan sarjana di Departemen Statistika.
4. **Ibu Dr. Anna Islamiyati, S.Si., M.Si.**, selaku Pembimbing Utama dan **Bapak Dr. Nirwan, M.Si.**, selaku Pembimbing Pendamping yang dengan penuh kesabaran telah meluangkan waktu dan pemikirannya di tengah berbagai kesibukan dan prioritasnya untuk senantiasa memberikan arahan, dorongan semangat, dan motivasi kepada penulis mulai dari awal hingga selesainya penulisan tugas akhir ini.
5. **Ibu Dr. Erna Tri Herdiani, S.Si., M.Si.** dan **Bapak Siswanto, S.Si., M.Si.**, selaku Tim Penguji yang telah meluangkan waktunya kepada penulis dengan senantiasa memberikan saran dan kritikan yang membangun kepada penulis dalam penyempurnaan tugas akhir ini.
6. **Ibu Dr. Erna Tri Herdiani, S.Si., M.Si.**, selaku Penasehat Akademik Penulis yang senantiasa memberikan bantuan, nasehat, serta motivasi kepada penulis selama menjadi mahasiswa di Departemen Statistika.
7. Sahabat terbaik penulis sejak di bangku SMA, **Aryego Arifin, Fagil Rananda Idris, Inna Anjalina, Kris Adi Nugraha, Maulidia, Muhammad Rafli, Muhammad Rizaldi, Nur Fadillah, Nur Syafika, Rendi Kumar Sahbastian, Rifky Safwan Ramadhan, Riszki Ramadhoni, Windah Putri Wahyuni,** serta keluarga besar **SMA Negeri 1 Tarakan**. Terima kasih atas kebersamaan, kebahagiaan, dan seluruh momen berkesan yang menemani perjuangan penulis.

8. Sahabat seperjuangan di Statistika 2019, **Alya Safira Irtiqa Miolo, A. Ahmad Qeis Tenridapi, Diah Lestari, Fadhila Febriyanti Najamuddin, Muh. Nur Iskandar Zulkarnain, Muhammad Yusran, Muhammad Syamsul Bahri, Nur Aisyah, Nurazizah, Nursyahfika, Rahmah Nigsih Dwika Julia, Rofino Dino Valentino, Ummul Auliyah Syam, Vinaya Rifqi Anandari, Wahyu Dwi Rahmawati,** dan **Yasmin Pratiwi**. Terima kasih atas kebersamaan, kebahagiaan, dan kebaikannya menjadi sahabat sekaligus keluarga bagi penulis, Terima kasih telah membersamai penulis dalam mengukir momen berkesan selama menjalani masa perkuliahan.
9. Seluruh teman-teman **KKN UNHAS GELOMBANG 108 Kab. Maros, Kec. Cenrana**, terkhusus kepada teman-teman seposko **Desa Cenrana Baru: Andi Edli, Annisa Fauzia Lawi, Annisa Salsabila, Besse Rizdky Amalia, Nuraini, Nur Fadhilah, Nurfadila Maulidini, Siti Dwi Novita, Syahruni Widyastuti, Valensia Dwi Pajonga, Vergita Astrid Ana Maria Lakebo,** dan **Yusril Yusuf** yang telah menjadi keluarga selama kurang lebih dua bulan dan semoga tali silaturahmi kita tetap terjalin ke depannya.
10. Sepupu tercinta penulis, **Muhammad Hamdan Aziz, Muhammad Gibran Hamid,** dan **Muhammad Fahriadi**, terima kasih atas semangat dan bantuan yang diberikan kepada penulis.
11. Kepada seluruh pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu, terima kasih setinggi-tingginya atas segala dukungan, bantuan, dan apresiasi yang diberikan kepada penulis.

Penulis menyadari bahwa masih terdapat banyak kekurangan dalam penyusunan skripsi ini, untuk itu dengan segala kerendahan hati penulis memohon maaf. Akhir kata, semoga tulisan ini dapat memberikan manfaat untuk berbagai pihak.

Makassar, 27 Januari 2023

Muhammad Rayhan Rifaldi

PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIK

Sebagai civitas akademik Universitas Hasanuddin, saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama	: Muhammad Rayhan Rifaldi
NIM	: H051191038
Program Studi	: Statistika
Departemen	: Statistika
Fakultas	: Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Jenis Karya	: Skripsi

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Hasanuddin **Hak Bebas Royalti Non-eksklusif** (***Non-exclusive Royalty- Free Right***) atas tugas akhir saya yang berjudul:

"Pemodelan *Geographically Weighted Regression* dengan Pendekatan *Spline Truncated* pada Kasus Balita Gizi Kurang di Provinsi Sulawesi Selatan"

Beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Terkait dengan hal di atas, maka pihak universitas berhak menyimpan, mengalih-media/format-kan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat dan memublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di Makassar tanggal 27 Januari 2023.

Yang menyatakan,

(Muhammad Rayhan Rifaldi)

ABSTRAK

Model *Geographically Weigthed Regression* (GWR) telah banyak dikembangkan pada data yang memiliki bentuk kurva regresi mengikuti pola parametrik. Namun, pada beberapa kondisi terdapat kemungkinan bahwa pola suatu data menyebar secara acak sehingga bentuk kurva regresinya tidak diketahui. Permasalahan analisis pada data spasial yang memiliki bentuk kurva regresi tidak diketahui dapat diselesaikan menggunakan pengembangan kajian regresi nonparametrik yang mempertimbangkan faktor geografis melalui metode GWR dengan pendekatan *spline truncated*. Penelitian ini bertujuan untuk mengaplikasikan metode GWR dengan pendekatan *spline truncated* untuk memodelkan data balita gizi kurang di Provinsi Sulawesi Selatan beserta faktor-faktor yang memengaruhinya. Hasil analisis menunjukkan bahwa model GWR dengan pendekatan *spline truncated* terbaik dengan pembobot *fixed kernel gaussian* dan nilai GCV optimum pada 3 titik knot memiliki nilai koefisien determinasi sebesar 99,51%. Faktor-faktor yang berpengaruh signifikan terhadap balita gizi kurang di Provinsi Sulawesi Selatan adalah persentase penyakit diare pada balita dan persentase penduduk miskin.

Kata Kunci: *Geographically Weighted Regression*, Regresi Nonparametrik, *Spline Truncated*, Balita Gizi Kurang

ABSTRACT

Geographically Weighted Regression (GWR) models have been developed on the data which has the form of regression curve following a parametric pattern. However, in some conditions there is a possibility that the pattern of data randomly spread so that the shape of the regression curve is unknown. The analyzing problem of spatial data that has the unknown regression curve form can be solved by developing a nonparametric regression study that considers the geographical factors through the GWR model with a spline truncated approach. This study aims to apply the GWR method with the spline truncated approach to models the malnourished toddler data in the Province of South Sulawesi and the factors that influences it. The result of study shows that GWR model with the spline truncated approach best with the fixed gaussian kernel weights and the GCV's optimum value at 3 knots points has 99,51% adjusted R-square value. The factors that has significant effect on the malnourished toddlers in the Province of South Sulawesi are the diarrheal diseases percentage in toddlers and the percentage of poor people.

***Keywords**: Geographically Weighted Regression, Nonparametric Regression, Spline Truncated, Malnourished Toddler*

DAFTAR ISI

HALAMAN SAMPUL ..... **i**
HALAMAN JUDUL ..... **ii**
LEMBAR PERNYATAAN KEOTENTIKAN ..... **iii**
HALAMAN PERSETUJUAN PEMBIMBING ..... **iv**
HALAMAN PENGESAHAN ..... **v**
KATA PENGANTAR ..... **vi**
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI ..... **ix**
ABSTRAK ..... **x**
ABSTRACT ..... **xi**
DAFTAR ISI ..... **xii**
DAFTAR GAMBAR ..... **xiv**
DAFTAR TABEL ..... **xv**
DAFTAR LAMPIRAN ..... **xvi**
BAB I PENDAHULUAN **1**
1.1 Latar Belakang 1
1.2 Rumusan Masalah 3
1.3 Batasan Masalah 3
1.4 Tujuan Penelitian 4
1.5 Manfaat Penelitian 4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA **5**
2.1 Analisis Regresi 5
2.2 Regresi Nonparametrik 5
2.3 Pendekatan Regresi Nonparametrik *Spline Truncated* 6
2.4 Pemilihan Titik Knot Optimum 7
2.5 *Geographically Weighted Regression* 7
2.6 Model Regresi Nonparametrik *Spline Truncated* dalam GWR 8
2.7 Fungsi Pembobot Spasial 9
2.8 Pemilihan *Bandwidth* Optimum 10
2.9 Estimasi Parameter Model GWR *Spline Truncated* 11
2.10 Pengujian Hipotesis 11
2.10.1 Uji Kesesuaian Model (*Goodness of Fit*) 11

2.10.2 Uji Signifikansi Parameter 12
2.11 Balita Gizi Kurang 14
BAB III METODOLOGI PENELITIAN 16
3.1 Sumber Data 16
3.2 Variabel Penelitian 16
3.3 Analisis Data 16
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN 19
4.1 Estimasi Parameter Model GWR dengan Pendekatan *Spline Truncated* 19
4.2 Analisis Statistik Deskriptif 23
4.3 Pola Hubungan Antar Variabel 26
4.4 Pendeteksian Multikolinearitas 28
4.5 Pengujian Heterogenitas Spasial 28
4.6 Peta Sebaran Spasial 29
4.7 Pemilihan Titik Knot Optimum 36
4.8 Pemilihan *Bandwidth* Optimum 38
4.9 Pengujian Kesesuaian Model 38
4.10 Pengujian Signifikansi Parameter 39
4.10.1 Pengujian Signifikansi Parameter Simultan 39
4.10.2 Pengujian Signifikansi Parameter Parsial 40
4.11 Interpretasi Model 42
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN 47
5.1 Kesimpulan 47
5.2 Saran 47
DAFTAR PUSTAKA 49
LAMPIRAN 53

DAFTAR GAMBAR

Gambar 4.1 Scatter Plot Hubungan Variabel Prediktor Terhadap Balita Gizi Kurang 27
Gambar 4.2 Pemetaan Variabel Balita Gizi Kurang pada 24 kabupaten/kota..... 30
Gambar 4.3 Pemetaan Variabel Pemberian ASI Eksklusif pada 24 kabupaten/kota di Provinsi Sulawesi Selatan 31
Gambar 4.4 Pemetaan Variabel BBLR pada 24 kabupaten/kota di Provinsi Sulawesi Selatan 32
Gambar 4.5 Pemetaan Variabel Posyandu Aktif pada 24 kabupaten/kota di Provinsi Sulawesi Selatan..... 33
Gambar 4.6 Pemetaan Variabel Penyakit Diare pada Balita pada 24 kabupaten/kota di Provinsi Sulawesi Selatan 34
Gambar 4.7 Pemetaan Variabel Rumah Tangga ber-PHBS pada 24 kabupaten/kota di Provinsi Sulawesi Selatan 35
Gambar 4.8 Pemetaan Variabel Penduduk Miskin pada 24 kabupaten/kota di Provinsi Sulawesi Selatan..... 36
Gambar 4.9 Pengelompokan Balita Gizi Kurang di Provinsi Sulawesi Selatan Berdasarkan Variabel Prediktor Signifikan..... 41

DAFTAR TABEL

Tabel 4.1 Statistik Deskriptif Data 23
Tabel 4.2 Pendeteksian Multikolinearitas 28
Tabel 4.3 Pengujian Heterogenitas Spasial 29
Tabel 4.4 Pemilihan Titik Knot Optimum Berdasarkan Nilai GCV Minimum ... 37
Tabel 4.5 Lokasi Titik Knot Setiap Variabel Prediktor..... 37
Tabel 4.6 Pemilihan Bandwidth Optimum 38
Tabel 4.7 Tabel ANOVA Uji Kesesuaian Model..... 39
Tabel 4.8 Tabel ANOVA Uji Signifikansi Parameter Simultan 40

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Data Balita Gizi Kurang di Provinsi Sulawesi Selatan dan Faktor yang memengaruhinya 54
Lampiran 2. Estimasi Parameter Parameter Model GWR dengan Pendekatan *Spline Truncated* dengan metode WLS 55
Lampiran 3. Nilai GCV Menggunakan Satu Titik Knot 57
Lampiran 4. Nilai GCV Menggunakan Dua Titik Knot..... 58
Lampiran 5. Nilai GCV Menggunakan Tiga Titik Knot 59
Lampiran 6. Jarak *Euclidean* Antar Lokasi Pengamatan 60
Lampiran 7. Matriks Pembobot Spasial Menggunakan Fungsi *Fixed Kernel Gaussian* 61
Lampiran 8. Estimasi Parameter Model GWR dengan Pendekatan *Spline Truncated*..... 62
Lampiran 9. Nilai t_{hitung} Setiap Wilayah Kabupaten/Kota 63

BAB I
PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Analisis regresi merupakan salah satu metode analisis yang telah banyak digunakan untuk mengetahui pola hubungan antar variabel. Dalam analisis regresi terdapat dua jenis variabel, yakni variabel prediktor (X) sebagai variabel yang memengaruhi dan variabel respon (Y) sebagai variabel yang dipengaruhi. Hubungan antar variabel tersebut dapat dideskripsikan melalui persamaan regresi yang terbentuk. Persamaan matematik yang dapat mengestimasi nilai-nilai suatu variabel respon berdasarkan nilai-nilai variabel prediktornya disebut sebagai model regresi (Walpole, 1982).

Salah satu kegunaan lain dari analisis regresi adalah dapat digunakan dalam mengestimasi kurva regresi yang terbagi atas tiga pendekatan, yaitu pendekatan regresi parametrik, regresi semiparametrik, dan regresi nonparametrik. Pendekatan regresi parametrik diasumsikan bahwa pola hubungan antar variabel dan bentuk kurva diketahui (Syam dkk., 2019). Pada regresi semiparametrik, pola hubungan antar variabel maupun bentuk kurvanya sebagian diketahui dan sebagian lainnya tidak diketahui (Pratiwi dkk., 2017). Dalam hal tidak tersedianya informasi mengenai pola hubungan antar variabel dan bentuk kurva diasumsikan tidak diketahui, maka digunakan pendekatan regresi nonparametrik. Pada model regresi nonparametrik, bentuk kurva regresi hanya diasumsikan mulus (*smooth*) yaitu termuat dalam suatu fungsi tertentu (Hidayat dkk., 2017). Melalui pendekatan regresi nonparametrik, data yang digunakan dapat dengan leluasa menyesuaikan sendiri bentuk estimasi kurva regresinya sehingga bersifat sangat fleksibel dan obyektif (Dani & Adrianingsih, 2021).

Estimasi yang dapat dilakukan terhadap suatu kurva regresi melalui pendekatan nonparametrik dapat menggunakan salah satu model regresi yaitu regresi *spline*. *Spline* didefinisikan sebagai model polinomial tersegmen yang memberikan fleksibilitas lebih baik dibandingkan dengan model polinomial biasa. Beberapa penelitian yang telah menggunakan regresi *spline* di antaranya, yaitu Rumlawang (2018) menggunakan regresi *spline* pada data pertumbuhan balita,

Kurniasari (2019) mengestimasi parameter regresi nonparametrik dengan *penalized spline*, dan Arifin (2020) menggunakan estimator *spline* linier dalam analisis komponen utama. Pada data spasial dengan kondisi faktor-faktor yang memengaruhi tidak membentuk suatu pola tertentu dan memiliki pola yang berubah-ubah pada interval tertentu, maka pendekatan yang sesuai adalah pendekatan *spline* dengan basis fungsi *truncated* sebagaimana yang dilakukan oleh Serena (2021).

Pada hakikatnya, model regresi saja belum cukup untuk menjelaskan data yang sebenarnya dikarenakan adanya perbedaan karakteristik geografis wilayah sehingga asumsi variabel antar pengamatan sulit terpenuhi. Hal tersebut dapat mendorong terjadinya keragaman antar wilayah atau yang dikenal dengan istilah heterogenitas spasial. Oleh karena itu, dalam penerapannya perlu dipertimbangkan faktor spasial melalui pendekatan titik dengan menggunakan metode *Geographically Weighted Regression* (GWR). GWR merupakan pengembangan model regresi linier menjadi model regresi terboboti yang dapat digunakan untuk membentuk analisis regresi yang bersifat lokal di setiap titik maupun lokasi pengamatan (Agustianto dkk., 2018). Model yang dihasilkan dengan metode GWR akan menghasilkan interpretasi yang diasumsikan bervariasi secara spasial. Nilai parameter yang dihasilkan menggunakan metode GWR juga berbeda-beda untuk setiap lokasi, sehingga dapat dengan mudah dilakukan pemetaan untuk setiap lokasi pengamatan (Lutfiani dkk., 2017).

Penggunaan metode GWR yang telah banyak dikembangkan masih dalam bentuk linier saja dengan asumsi bahwa pola data diketahui. Pada beberapa kasus, terdapat kemungkinan bahwa hubungan antara variabel prediktor dan variabel respon tidak diketahui. Selain itu, pengaruh variabel prediktor terhadap variabel respon sangat beragam dikarenakan adanya unsur karakteristik lingkungan dan geografis yang berbeda-beda (Ilmi dkk., 2021). Oleh karena itu, dalam mengatasi permasalahan tersebut diperlukan adanya pengembangan kajian di bidang regresi nonparametrik dengan statistika spasial. Permasalahan analisis spasial yang memiliki bentuk kurva regresi tidak diketahui dapat diselesaikan dengan menggunakan pendekatan *spline truncated*. Penggunaan regresi *spline truncated*

dalam model GWR merupakan bagian dari pengembangan regresi nonparametrik yang mempertimbangkan faktor geografis atau spasial (Serena dkk., 2021).

Berdasarkan uraian tersebut, peneliti akan mengkaji pengembangan model GWR dengan pendekatan *spline truncated* diaplikasikan pada kasus balita gizi kurang di Provinsi Sulawesi Selatan pada tahun 2020 dengan judul **"Pemodelan *Geographically Weighted Regression* dengan Pendekatan *Spline Truncated* pada Kasus Balita Gizi Kurang di Provinsi Sulawesi Selatan"**. Pemetaan distribusi pada data gizi balita kurang merupakan permasalahan yang memperhatikan faktor geografis sehingga dapat dianalisis dengan menggunakan salah satu metode analisis spasial yakni model GWR. Model yang diperoleh dapat menjadi landasan dalam mengidentifikasi faktor-faktor yang berpengaruh signifikan pada kasus balita gizi kurang di tiap-tiap kabupaten/kota Provinsi Sulawesi Selatan.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah dalam penelitian ini antara lain sebagai berikut:

1. Bagaimana estimasi parameter model *Geographically Weighted Regression* dengan pendekatan *spline truncated* pada kasus balita gizi kurang di Provinsi Sulawesi Selatan?
2. Bagaimana model pada data balita gizi kurang tiap-tiap kabupaten/kota di Provinsi Sulawesi Selatan melalui GWR dengan pendekatan *spline truncated*?

1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah yang ditetapkan pada penelitian ini antara lain sebagai berikut:

1. Orde polinomial yang digunakan pada pendekatan nonparametrik merupakan orde linear ($m = 1$).
2. Kriteria penentuan titik knot optimum menggunakan nilai *Generalized Cross Validation* (GCV) dengan banyaknya titik knot yang diuji pada setiap variabel prediktor adalah sama yakni dibatasi hingga tiga titik knot.

3. Pemilihan *bandwidth* optimum dilakukan dengan menggunakan metode *Cross Validation* (CV) dengan matriks pembobot fungsi kernel tetap (*fixed kernel*) dan fungsi kernel adaptif (*adaptive kernel*).
4. Metode estimasi parameter model GWR dengan pendekatan *spline truncated* menggunakan metode *Weighted Least Square* (WLS).

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini antara lain sebagai berikut:

1. Untuk mendapatkan estimasi parameter model *Geographically Weighted Regression* dengan pendekatan *spline truncated* pada kasus balita gizi kurang di Provinsi Sulawesi Selatan.
2. Untuk mendapatkan model pada data balita gizi kurang tiap-tiap kabupaten/kota di Provinsi Sulawesi Selatan melalui GWR dengan pendekatan *spline truncated*.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian ini antara lain sebagai berikut:

1. Menambah wawasan penulis dan pembaca mengenai aplikasi model GWR dengan pendekatan *spline truncated*.
2. Memberikan kontribusi di bidang kesehatan sebagai landasan pemerintah untuk memperhatikan faktor-faktor pengaruh balita gizi kurang di tiap-tiap wilayah kabupaten/kota di Provinsi Sulawesi Selatan.

BAB II
TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Analisis Regresi

Analisis regresi merupakan salah satu metode analisis yang digunakan untuk menyelidiki pola hubungan antara variabel prediktor dan variabel respon suatu data. Hubungan antar variabel dapat dinyatakan dalam bentuk model regresi. Model regresi yang paling sering digunakan adalah model regresi linier. Secara matematis, model regresi linier untuk data berpasangan $(x_i, y_i), i = 1,2, \dots, n$ dapat dinyatakan dalam persamaan sebagai berikut (Khotijah, 2020):

$$y_i = \beta_0 + \sum_{p=1}^{l} \beta_p x_{pi} + \varepsilon_i \tag{2.1}$$

dengan:

y_i : variabel respon pada pengamatan ke-i

x_{pi} : variabel prediktor ke-p pada pengamatan ke-$i; p = 1,2, \dots, l$

n : banyaknya pengamatan

l : banyaknya variabel prediktor

β_0 : nilai intersep model regresi

β_p : nilai koefisien parameter variabel prediktor ke-p

ε_i : nilai *error* pengamatan ke-i

Informasi yang memuat bentuk kurva regresi dapat diperkirakan dengan membuat *scatter plot*. Jika pola tersebut mengikuti suatu pola tertentu seperti linier, kuadratik, ataupun kubik maka dilakukan salah satu pendekatan regresi yaitu regresi parametrik (Arifin dkk., 2017). Jika pola hubungan antar variabel hanya diketahui sebagian dengan sebagian lainnya tidak diketahui maka digunakan pendekatan regresi semiparametrik. Akan tetapi, jika tidak tersedia informasi mengenai pola hubungan antar variabel suatu data maka pendekatan yang digunakan adalah pendekatan regresi nonparametrik.

2.2 Regresi Nonparametrik

Regresi nonparametrik merupakan salah satu metode statistika yang digunakan untuk mengetahui pola hubungan antara variabel respon dan prediktor

dengan bentuk kurva dari fungsi regresinya tidak diketahui. Melalui pendekatan regresi nonparametrik, bentuk kurva hanya diasumsikan mulus (*smooth*) dalam arti termuat dalam fungsi tertentu, sehingga memiliki sifat sangat fleksibel dalam memodelkan data (Dewi & Budiantara, 2012). Secara umum, model regresi nonparametrik dapat dituliskan menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$y_i = f(x_i) + \varepsilon_i \tag{2.2}$$

dengan:

$f(x_i)$: fungsi regresi yang tidak diketahui bentuknya

2.3 Pendekatan Regresi Nonparametrik *Spline Truncated*

Regresi nonparametrik sebagai perluasan dari regresi polinomial digunakan untuk mengatasi data dengan pola yang berubah-ubah pada sub interval tertentu. Pendekatan regresi nonparametrik ke arah pencocokan data dengan tetap memperhitungkan kemulusan kurva dikenal dengan regresi *spline* (Zia dkk., 2017). *Spline* dapat didefinisikan sebagai model polinomial yang bersifat tersegmen. Sifat tersegmen tersebut mampu memberikan fleksibilitas yang lebih baik sehingga memungkinkan model regresi *spline* menyesuaikan diri terhadap karakteristik lokal dari data (Christianto, 2019). Pendekatan fungsi *spline* pada kurva regresi nonparametrik f yang berorde m dengan titik-titik knot $K_1, K_2, \dots, K_r$ dapat dituliskan dengan menggunakan persamaan berikut (Purnaraga dkk., 2020).

$$f(x_i) = \sum_{k=0}^{m} \beta_k x_i^k + \sum_{h=1}^{r} \beta_{m+h}(x_i - K_h)_+^m \tag{2.3}$$

dengan:

$\sum_{k=0}^{m} \beta_k x_i^k$: komponen polinomial

$\sum_{h=1}^{r} \beta_{m+h}(x_i - K_h)_+^m$: komponen *truncated* (potongan)

K : titik knot

m : orde *spline*

r : banyaknya titik knot

Adapun persamaan regresi nonparametrik *spline* dapat diperoleh dengan mensubstitusi Persamaan (2.3) ke Persamaan (2.2) sehingga diperoleh persamaan sebagai berikut:

$$y_i = \sum_{k=0}^{m} \beta_k x_i^k + \sum_{h=1}^{r} \beta_{m+h} (x_i - K_h)_+^m + \varepsilon_i \tag{2.4}$$

Selanjutnya, fungsi *truncated* diberikan oleh:

$$(x_i - K_h)_+^m = \begin{cases} (x_i - K_h)_+^m, x_i \geq K_h \\ 0 \qquad\qquad , x_i < K_h \end{cases} \tag{2.5}$$

2.4 Pemilihan Titik Knot Optimum

Estimasi kurva regresi nonparametrik *spline* terbaik bergantung pada pemilihan titik knot optimum (Serena dkk., 2021). Titik knot dapat didefinisikan sebagai suatu titik fokus yang menunjukkan adanya perubahan pola data sehingga terbentuk segmen pada titik yang ditunjukkan oleh kurva data (Khotijah, 2020). Secara umum, pemilihan titik knot optimum dapat dilakukan dengan menggunakan metode *Generalized Cross Validation* (GCV). Adapun kriteria pemilihan titik knot optimum dilakukan dengan memilih nilai GCV terkecil. Kelebihan dari metode tersebut yakni tidak memerlukan pengetahuan terhadap variansi populasi σ^2 (Christianto, 2019). Fungsi GCV dapat dituliskan dalam bentuk persamaan sebagai berikut (Pratiwi, 2020):

$$\mathrm{GCV}(K_1, K_2, \dots, K_r) = \frac{\mathrm{MSE}(K_1, K_2, \dots, K_r)}{\left\{\frac{1}{n} tr[\mathbf{I} - \mathbf{A}(K_1, K_2, \dots, K_r)]\right\}^2} \tag{2.6}$$

dengan:

MSE : rata-rata kuadrat sisaan; $\mathrm{MSE}(K_1, K_2, \dots, K_r) = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}(y_i - \hat{y}_i)^2$

$\mathbf{I}$: matriks identitas

$\mathbf{A}(K_1, K_2, \dots, K_r)$: matriks $\mathbf{X}(\mathbf{X}'\mathbf{X})^{-1}\mathbf{X}'$ yang berukuran $n \times n$

$\mathbf{X}$: matriks berukuran $n \times \big(1 + (l \times m) + (l \times r)\big)$

2.5 *Geographically Weighted Regression*

Geographically Weighted Regression (GWR) dapat diartikan sebagai salah satu analisis regresi yang dapat digunakan dalam memodelkan data spasial. Pada dasarnya, model GWR mempertimbangkan adanya unsur geografi atau lokasi pengamatan sebagai pembobot dalam melakukan penaksiran parameter modelnya (Ilmi dkk., 2021). Variabel respon pada model GWR dapat diprediksi dengan variabel prediktornya yang masing-masing koefisien regresinya bergantung pada

tiap-tiap lokasi pengamatan. Model GWR pada koordinat lokasi (u_i, v_i) dapat dituliskan dalam bentuk persamaan sebagai berikut (Aulele, 2014):

$$y_i = \beta_0(u_i, v_i) + \sum_{p=1}^{l} \beta_p(u_i, v_i)\, x_{pi} + \varepsilon_i \tag{2.7}$$

dengan:

(u_i, v_i) : koordinat letak geografis (*longitude*, *latitude*) lokasi pengamatan ke-i

2.6 Model Regresi Nonparametrik *Spline Truncated* dalam GWR

Permasalahan analisis spasial dengan bentuk kurva regresi yang tidak diketahui dapat diselesaikan menggunakan salah satu metode pengembangan regresi spasial dan regresi nonparametrik yaitu pendekatan *spline truncated* dalam model GWR. Pada model regresi, asumsi yang digunakan adalah nilai residu (*error*) berdistribusi normal dengan rataan nol dan variansi $\sigma^2(u_i, v_i)$ pada setiap lokasi pengamatan (Serena dkk., 2021). Jika fungsi $f(x_i)$ pada Persamaan (2.2) didekati oleh fungsi *spline* multivariabel, maka diperoleh persamaan sebagai berikut:

$$y_i = \sum_{p=1}^{l} f_p(x_{pi}) + \varepsilon_i \tag{2.8}$$

Secara matematis, hubungan antara variabel respon y_i dan variabel prediktor $(x_{1i}, x_{2i}, \dots, x_{li})$ pada lokasi pengamatan ke-i dapat dinyatakan dengan model model GWR nonparametrik melalui pendekatan *spline truncated* sebagai berikut (Sifriyani dkk., 2018b):

$$\begin{aligned} y_i = \beta_0(u_i, v_i) &+ \sum_{p=1}^{l}\sum_{k=1}^{m} \beta_{pk}(u_i, v_i) x_{pi}^k \\ &+ \sum_{p=1}^{l}\sum_{h=1}^{r} \beta_{p,m+h}(u_i, v_i)\left(x_{pi} - K_{ph}\right)_+^m + \varepsilon_i \end{aligned} \tag{2.9}$$

dengan:

$\beta_{pk}(u_i, v_i)$: parameter regresi ke-k pada variabel prediktor ke-p dan lokasi pengamatan ke-i

$\beta_{p,m+h}(u_i, v_i)$: parameter regresi fungsi *truncated* ke-$m + h$ pada titik knot ke-h dan variabel prediktor ke-p pada lokasi pengamatan ke-i

2.7 Fungsi Pembobot Spasial

Suatu analisis spasial memerlukan adanya fungsi pembobot pada setiap lokasi i yang memiliki peranan penting dalam melakukan penaksiran parameter (Ulhaq dkk., 2020). Estimasi parameter di suatu lokasi pengamatan ke-i lebih dipengaruhi oleh titik-titik yang berada dekat dengan lokasi tersebut dibandingkan dengan titik-titik yang terletak lebih jauh. Pembobot spasial ini bertujuan untuk memberikan hasil estimasi parameter yang berbeda bergantung pada jarak antar lokasi pengamatan. Jarak antar lokasi pengamatan dihitung berdasarkan titik koordinat lokasi (Lestari, 2020). Adapun jarak Euclid yang dinotasikan dengan d_{ij} menyatakan jarak antara lokasi i pada koordinat (u_i, v_i) dan lokasi j pada koordinat (u_j, v_j) dapat diperoleh dengan menggunakan persamaan sebagai berikut (Fadli dkk., 2018):

$$d_{ij} = \sqrt{(u_i - u_j)^2 + (v_i - v_j)^2} \tag{2.10}$$

Skema pembobotan spasial dapat dilakukan dengan menggunakan fungsi kernel. Fungsi kernel dapat digunakan untuk mendapatkan estimasi parameter dalam model GWR. Secara umum, pembobot fungsi kernel terbagi atas dua jenis, yaitu fungsi kernel tetap (*fixed kernel*) dan kernel adaptif (*adaptive kernel*). Pada fungsi kernel tetap, nilai *bandwidth* yang digunakan adalah sama untuk setiap lokasi pengamatan. Adapun fungsi kernel tetap yang digunakan dalam penelitian ini terbagi menjadi tiga jenis di antaranya yakni sebagai berikut (Mahabbi, 2019):

1. Fungsi Kernel *Gaussian*

$$w_j(u_i, v_i) = \exp\left(-\frac{1}{2}\left(\frac{d_{ij}}{h}\right)^2\right) \tag{2.11}$$

2. Fungsi Kernel *Bisquare*

$$w_j(u_i, v_i) = \begin{cases} \left(1 - \left(\frac{d_{ij}}{h}\right)^2\right)^2, & \text{untuk } d_{ij} \leq h \\ 0, & \text{untuk } d_{ij} > h \end{cases} \tag{2.12}$$

3. Fungsi Kernel *Tricube*

$$w_j(u_i, v_i) = \begin{cases} \left(1 - \left(\frac{d_{ij}}{h}\right)^3\right)^3, & \text{untuk } d_{ij} \leq h \\ 0, & \text{untuk } d_{ij} > h \end{cases} \tag{2.13}$$

Sedangkan, pada fungsi kernel adaptif memiliki nilai *bandwidth* yang berbeda-beda untuk setiap lokasi pengamatan. Hal tersebut disebabkan oleh kemampuan fungsi kernel adaptif yang mampu menyesuaikan dengan kondisi titik-titik lokasi pengamatan (Mahabbi, 2019). Fungsi kernel adaptif terdiri atas tiga fungsi pembobot sebagai berikut:

1. Fungsi Kernel Adaptif *Gaussian*

$$w_j(u_i, v_i) = \exp\left(-\frac{1}{2}\left(\frac{d_{ij}}{h_{i(q)}}\right)^2\right) \tag{2.14}$$

2. Fungsi Kernel *Bisquare*

$$w_j(u_i, v_i) = \begin{cases} \left(1 - \left(\frac{d_{ij}}{h_{i(q)}}\right)^2\right)^2, & \text{untuk } d_{ij} \leq h_{i(q)} \\ 0, & \text{untuk } d_{ij} > h_{i(q)} \end{cases} \tag{2.15}$$

3. Fungsi Kernel *Tricube*

$$w_j(u_i, v_i) = \begin{cases} \left(1 - \left(\frac{d_{ij}}{h_{i(q)}}\right)^3\right)^3, & \text{untuk } d_{ij} \leq h_{i(q)} \\ 0, & \text{untuk } d_{ij} > h_{i(q)} \end{cases} \tag{2.16}$$

dengan:

$w_j(u_i, v_i)$: bobot lokasi j pada lokasi i

h : parameter *bandwidth* ke-i

q : jarak tetangga terdekat dari lokasi i

2.8 Pemilihan *Bandwidth* Optimum

Pemilihan *bandwidth* optimum dalam model GWR sangat mempengaruhi ketepatan model terhadap suatu data. Secara teoritis, *bandwidth* merupakan lingkaran dengan radius (h) dari titik pusat lokasi yang digunakan sebagai dasar menentukan bobot setiap pengamatan terhadap model regresi pada lokasi tersebut (Muhdor, 2016). Lokasi titik-titik pengamatan yang berada dalam radius lingkaran dianggap masih berpengaruh terhadap pembentukan model di lokasi pengamatan ke-i. Pemilihan *bandwidth* optimum yang tepat dilakukan untuk menghindari varians yang tidak homogen akibat nilai pendugaan koefisien parameter yang meningkat (Farihah, 2017). Salah satu metode yang cukup sering digunakan untuk pemilihan *bandwidth* optimum adalah metode *Cross Validation* (CV).

Penerapan metode CV pada konsep pemilihan *bandwidth* optimum dilakukan dengan memilih nilai CV yang paling minimum (Razak dkk., 2019). Secara matematis, Fotheringham dkk. (2002) memaparkan bahwa pemilihan *bandwidth* optimum menggunakan metode *cross validation* (CV) dapat dituliskan menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$CV(h) = \sum_{i=1}^{n} \left(y_i - \hat{y}_{\neq} i(h)\right)^2 \tag{2.17}$$

dengan:

$\hat{y}_{\neq} i(h)$: nilai penduga lokasi pengamatan ke-i yang diperoleh tanpa melibatkan lokasi pengamatan ke-i.

2.9 Estimasi Parameter Model GWR *Spline Truncated*

Pendugaan parameter pada model GWR dengan pendekatan *spline truncated* dihitung berdasarkan titik setiap lokasi geografis sehingga parameter yang terbentuk akan bervariasi antara suatu lokasi pengamatan terhadap lokasi pengamatan lainnya. Estimasi parameter model GWR dengan pendekatan *spline truncated* dapat dilakukan dengan menggunakan metode *Weighted Least Square* (WLS), yaitu dengan cara meminimumkan jumlah kuadrat *error* yang terboboti. Misalkan pembobot untuk setiap lokasi pengamatan (u_i, v_i) dinyatakan sebagai w_{ij}, dengan $j = 1,2, \dots, n$, maka estimasi parameter model dilakukan dengan menggunakan operasi matriks sebagai berikut (Ariyanto, 2017):

$$\widehat{\boldsymbol{\beta}}(u_i, v_i) = (\mathbf{X}'\mathbf{W}(u_i, v_i)\mathbf{X})^{-1}\mathbf{X}'\mathbf{W}(u_i, v_i)\mathbf{Y} \tag{2.18}$$

dengan:

$\widehat{\boldsymbol{\beta}}(u_i, v_i)$: vektor penduga parameter model

$\mathbf{W}(u_i, v_i)$: matriks pembobot spasial berukuran $n \times n$

$\mathbf{Y}$: matriks variabel respon berukuran $n \times 1$

2.10 Pengujian Hipotesis

Pengujian hipotesis pada model GWR dengan pendekatan *spline truncated* terbagi menjadi dua jenis pengujian, yaitu sebagai berikut:

2.10.1 Uji Kesesuaian Model (*Goodness of Fit*)

Uji kesesuaian model (*Goodness of Fit*) merupakan pengujian hipotesis untuk menentukan satu set frekuensi yang diasumsikan sama dengan frekuensi yang

didapatkan dari suatu distribusi atau disebut juga sebagai uji kebaikan sepadan (Mahabbi, 2019). Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui model yang terbaik antara model GWR dengan pendekatan *spline truncated* dan model regresi global. Pengujian kesesuaian model GWR nonparametrik melalui pendekatan *spline truncated* dapat dilakukan melalui prosedur sebagai berikut (Sifriyani dkk., 2018a):

a) Hipotesis

H_0: $\beta_{pk}(u_i, v_i) = \beta_{pk}$ dan $\beta_{p,m+h}(u_i, v_i) = \beta_{p,m+h}$

(Tidak terdapat perbedaan yang signifikan antara model regresi global dengan model GWR nonparametrik melalui pendekatan *spline truncated*)

H_1: Minimal terdapat satu $\beta_{pk}(u_i, v_i) \neq \beta_{pk}$ atau $\beta_{p,m+h}(u_i, v_i) \neq \beta_{p,m+h}$

(Terdapat perbedaan yang signifikan antara model regresi global dengan model GWR nonparametrik melalui pendekatan *spline truncated*)

b) Statistik Uji

$$V = \frac{\dfrac{\mathbf{y}'\mathbf{S}\mathbf{y}}{n - lm - 1}}{\dfrac{\mathbf{y}'\mathbf{D}(u_i, v_i)\mathbf{y}}{tr\big((\mathbf{I} - \xi)'(\mathbf{I} - \xi)\big)}} \sim F\left((n - lm - 1); \frac{\Big(tr\big((\mathbf{I} - \xi)'(\mathbf{I} - \xi)\big)\Big)^2}{\sum_{i=1}^{n} \lambda_i^2}\right) \tag{2.19}$$

dengan:

$\mathbf{S}$: matriks $(\mathbf{I} - \mathbf{X}(\mathbf{X}'\mathbf{X})^{-1}\mathbf{X}')$ berukuran $n \times n$

$\mathbf{D}(u_i, v_i)$: matriks $(\mathbf{I} - \mathbf{W}(u_i, v_i)\mathbf{X}(\mathbf{X}'\mathbf{W}(u_i, v_i)\mathbf{X})^{-1}\mathbf{X}')$

$\big(\mathbf{I} - \mathbf{X}(\mathbf{X}'\mathbf{W}(u_i, v_i)\mathbf{X})^{-1}\mathbf{X}'\mathbf{W}(u_i, v_i)\big)$ berukuran $n \times n$

$\boldsymbol{\xi}$: matriks $\mathbf{X}(\mathbf{X}'\mathbf{W}(u_i, v_i)\mathbf{X})^{-1}\mathbf{X}'\mathbf{W}(u_i, v_i)$ berukuran $n \times n$

c) Kriteria Uji

Tolak H_0 jika nilai $F_{hitung}(V) > F_{(\alpha;db_1;db_2)}$ atau $p - value < \alpha$.

2.10.2 Uji Signifikansi Parameter

Setelah dilakukan estimasi terhadap parameter, selanjutnya dilakukan pengujian signifikansi parameter. Uji signifikansi parameter digunakan untuk

mengidentifikasi parameter apa saja yang berpengaruh secara signifikan terhadap variabel respon. Dalam hal ini, pengujian signifikansi parameter dapat dilakukan secara bersama-sama (simultan) dan parsial.

1. Uji Simultan

Pengujian parameter secara simultan dilakukan untuk mengetahui apakah parameter variabel prediktor model regresi memiliki pengaruh signifikan secara bersama-sama terhadap variabel responnya. Adapun prosedur pengujian signifikansi parameter model GWR nonparametrik melalui pendekatan *spline truncated* secara simultan adalah sebagai berikut (Sifriyani dkk., 2018a):

a) Hipotesis

H_0: $\beta_{11}(u_i, v_i) = \beta_{12}(u_i, v_i) = \cdots = \beta_{lm}(u_i, v_i) = \beta_{1,m+1}(u_i, v_i)$
$= \beta_{1,m+2}(u_i, v_i) = \cdots = \beta_{l,m+r}(u_i, v_i)$

(Tidak terdapat pengaruh variabel prediktor secara bersamaan terhadap variabel respon)

H_1: Minimal terdapat satu $\beta_{pk}(u_i, v_i) \neq 0$ atau $\beta_{p,m+h}(u_i, v_i) \neq 0$

(Terdapat pengaruh variabel prediktor secara bersamaan terhadap variabel respon)

b) Statistik Uji

$$V^* = \frac{\dfrac{\mathbf{y}'\mathbf{M}(u_i, v_i)\mathbf{y}}{tr\big((\mathbf{I} - \mathbf{B}_\omega)'(\mathbf{I} - \mathbf{B}_\omega)\big)}}{\dfrac{\mathbf{y}'\mathbf{D}(u_i, v_i)\mathbf{y}}{tr\big((\mathbf{I} - \xi)'(\mathbf{I} - \xi)\big)}} \sim F\left(\frac{\Big(tr\big((\mathbf{I} - \mathbf{B}_\omega)'(\mathbf{I} - \mathbf{B}_\omega)\big)\Big)^2}{\sum_{i=1}^{n} \gamma_i^2}; \frac{(tr((\mathbf{I} - \xi)'(\mathbf{I} - \xi)))^2}{\sum_{i=1}^{n} \lambda_i^2}\right) \tag{2.20}$$

dengan matriks $\mathbf{M}(u_i, v_i) = (\mathbf{I} - \mathbf{B}_\omega)'(\mathbf{I} - \mathbf{B}_\omega)$ berukuran $n \times n$.

c) Kriteria Uji

Tolak H_0 jika nilai $F_{hitung}(V^*) > F_{(\alpha;db_1;db_2)}$ atau $p - value < \alpha$.

2. Uji Parsial

Pengujian parameter secara parsial untuk mengetahui variabel prediktor apa saja yang berpengaruh secara signifikan terhadap variabel responnya secara individu. Adapun prosedur pengujian signifikansi parameter model model GWR

nonparametrik melalui pendekatan *spline truncated* secara parsial adalah sebagai berikut (Sifriyani dkk., 2018a):

a) Hipotesis

H_0: $\beta_{pk}(u_i, v_i) = 0$ dan $\beta_{p,m+h}(u_i, v_i) = 0$

(Tidak terdapat pengaruh variabel prediktor secara parsial terhadap variabel respon)

H_1: Minimal terdapat satu $\beta_{pk}(u_i, v_i) \neq 0$ atau $\beta_{p,m+h}(u_i, v_i) \neq 0$

(Terdapat pengaruh variabel prediktor secara parsial terhadap variabel respon)

b) Statistik Uji

$$t = \frac{\hat{\boldsymbol{\eta}}(u_i, v_i)}{SE\left(\hat{\boldsymbol{\eta}}(u_i, v_i)\right)} \sim t_{\left(\frac{\alpha}{2}; n-1\right)} \tag{2.21}$$

dengan matriks $\hat{\boldsymbol{\eta}}(u_i, v_i)$ merupakan estimator dari $\boldsymbol{\eta}(u_i, v_i)$ dan $SE\left(\hat{\boldsymbol{\eta}}(u_i, v_i)\right)$ merupakan elemen diagonal $k+1$ dari matriks $(\mathbf{X}'\mathbf{W}(u_i, v_i)\mathbf{X})^{-1}\hat{\sigma}^2(u_i, v_i)$.

c) Kriteria Uji

Tolak H_0 jika nilai $\left|t_{hitung}\right| \geq t_{\left(\frac{\alpha}{2}; db\right)}$ atau $p - value < \alpha$.

2.11 Balita Gizi Kurang

Salah satu indikator yang menjadi tolak ukur terhadap tingkat kesejahteraan masyarakat adalah status gizi balita. Derajat tingkat kesehatan di Indonesia masih belum dapat tercapai secara optimal karena beberapa faktor penghambat termasuk salah satunya kekurangan gizi. Gizi kurang merupakan suatu kondisi ketika asupan makanan tidak selaras dengan jumlah nutrisi yang dibutuhkan oleh tubuh. Permasalahan tersebut rentan terjadi pada anak-anak usia dini khususnya pada balita yang terkadang sulit diatasi (Sudarman dkk., 2019).

Berdasarkan data yang diperoleh dari publikasi profil kesehatan tahun 2021 oleh Dinas Kesehatan Provinsi Sulawesi Selatan bahwa pada tahun 2020 persentase balita dengan status gizi kurang di Provinsi Sulawesi Selatan tercatat sebesar 6,54%. Persentase prevalensi balita gizi kurang terbesar di Sulawesi Selatan terjadi pada Kota Pare-Pare yakni sebesar 17,81% yang menunjukkan bahwa data tersebut melampaui batas ambang standar angka kekurangan gizi yang ditetapkan oleh

World Health Organization (WHO) yaitu sebesar 10% (Darmayana, 2017). Oleh karena itu, diperlukan kajian lebih lanjut terkait faktor-faktor apa saja yang memengaruhi kasus gizi kurang pada balita di Provinsi Sulawesi Selatan. Mengacu pada kajian penelitian terdahulu, beberapa faktor-faktor yang diduga berpengaruh terhadap kasus balita gizi kurang di Provinsi Sulawesi Selatan antara lain sebagai berikut:

1. Pola asuh orang tua melalui pemberian air susu ibu (ASI) oleh ibu yang merupakan salah satu kunci yang memengaruhi status gizi balita. ASI memiliki kandungan nutrien penting bagi gizi balita (Usada dkk., 2021).
2. Bayi dengan berat badan lahir rendah yang cenderung menghambat tumbuh kembang bayi tersebut sehingga dapat memengaruhi status gizinya (Fradilla, 2019).
3. Fasilitas pelayanan kesehatan balita yang memadai dalam melakukan pemeriksaan kesehatan secara rutin melalui tersedianya posyandu. Posyandu juga berperan dalam mengontrol dan mengevaluasi kecenderungan status gizi balita (Diagama dkk., 2019).
4. Penyakit infeksi seperti penyakit diare yang diderita balita dapat memengaruhi nafsu makannya sehingga kurang terpenuhinya asupan nutrisi yang diperlukan tubuh (Usada dkk., 2021).
5. Kesadaran anggota keluarga dalam menjaga kebersihan lingkungan tempat tinggal dengan senantiasa menerapkan perilaku hidup bersih dan sehat (PHBS) menjadi faktor penunjang kualitas kesehatan rumah tangga (Yuniar dkk., 2020).
6. Faktor ekonomi juga turut memengaruhi status gizi pada balita. Hal tersebut ditandai dengan tingkat pendapatan keluarga yang dapat menentukan kuantitas dari pemenuhan asupan bagi keluarganya. Salah satu indikator yang dapat mengukur tingkat pendapatan keluarga di suatu wilayah adalah tingkat kemiskinan penduduk (Rumende dkk., 2018).