

**PENERAPAN REGRESI NONPARAMETRIK
BIRESPON DENGAN PENAKSIR *B-SPLINE*
PADA DATA LONGITUDINAL**

SKRIPSI



MELINDA SARI WIRYA PUTRI LAODE

H051191053

**PROGRAM STUDI STATISTIKA DEPARTEMEN STATISTIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM**

UNIVERSITAS HASANUDDIN

MAKASSAR

NOVEMBER 2023

**PENERAPAN REGRESI NONPARAMETRIK
BIRESPON DENGAN PENAKSIR *B-SPLINE*
PADA DATA LONGITUDINAL**

SKRIPSI

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

MELINDA SARI WIRYA PUTRI LAODE

H051191053

**PROGRAM STUDI STATISTIKA DEPARTEMEN STATISTIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS HASANUDDIN**

MAKASSAR

NOVEMBER 2023

LEMBAR PERNYATAAN KEOTENTIKAN

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

Penerapan Regresi Nonparametrik Birespon dengan Penaksir B-Spline pada Data Longitudinal

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

Makassar, 29 November 2023



Melinda Sari Wirya Putri Laode

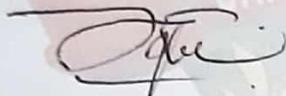
NIM. H051191053

**PENERAPAN REGRESI NONPARAMETRIK
BIRESPON DENGAN PENAKSIR *B-SPLINE*
PADA DATA LONGITUDINAL**

Disetujui Oleh:

Pembimbing Utama

Pembimbing Pertama



Dr. Anna Islamiyati, S.Si., M.Si.

NIP. 19770808 200501 2 002



Anisa, S.Si., M.Si.

NIP. 19730227 199802 2 001

Ketua Program Studi



Dr. Anna Islamiyati, S.Si., M.Si.

NIP. 19770808 200501 2 002

Pada 29 November 2023

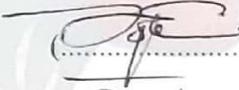
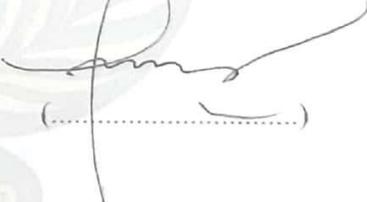
HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh :

Nama : Melinda Sari Wirya Putri Laode
NIM : H051191053
Program Studi : Statistika
Judul Skripsi : Penerapan Regresi Nonparametrik Birespon dengan
Penaksir *B-Spline* pada Data Longitudinal

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 : Anisa, S.Si., M.Si.  (.....)
3. Anggota : Drs. Raupong, M.Si.  (.....)
4. Anggota : Dr. Nirwan, M.Si.  (.....)

Ditetapkan di : Makassar

Tanggal : 29 November 2023

PRAKATA

Assalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Salam Damai Sejahtera / Syalom

Om Swastyastu

Nammo Buddhaya

Salam Kebajikan

Puji syukur senantiasa dipanjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa atas segala limpahan rahmat, hidayah, dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan penuh hikmat. Berlandaskan berkat, nikmat, kemudahan dan pertolongan yang diberikan oleh Tuhan Yang Maha Esa, penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “**Penerapan Regresi Nonparametrik Birespon dengan Penaksir *B-Spline* pada Data Longitudinal**” yang disusun sebagai salah satu syarat akademik untuk memperoleh gelar sarjana pada Program Studi Statistika, Departemen Statistika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Hasanuddin.

Penulis menyadari bahwa dalam penyelesaian skripsi ini tidak lepas dari bantuan dan dorongan dari berbagai pihak yang senantiasa turut membantu dalam bentuk moril maupun materil sehingga dengan segala keterbatasan kemampuan dan pengetahuan, penulis dapat menyelesaikan skripsi ini. Oleh karena itu, dengan segala kerendahan hati, penulis menyampaikan ucapan terima kasih dengan penuh keikhlasan dan setulus-tulusnya kepada Ayahanda **Laode Sumaila** yang senantiasa memberikan semangat tiada henti, memenuhi kebutuhan di perantauan, serta limpahan cinta dan kasih sayang sebagai cinta pertama penulis dan teristimewa Ibunda tercinta **Marwia Mamonto (Alm)** yang telah berpulang pada 8 Juni 2023, penulis sangat menyadari betapa besarnya perjuangan Ibunda dalam memberikan dukungan serta petunjuk dalam perjalanan panjang perjuangan penulis, pengorbanan luar biasa, limpahan cinta dan kasih sayang, kesabaran hati, serta dengan ikhlas telah menemani setiap langkah penulis dengan doa dan restu mulianya.

Penghargaan yang tulus dan ucapan terima kasih dengan penuh keikhlasan dan ketulusan 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. Anna Islamiyati, S.Si., M.Si.**, selaku Ketua Departemen Statistika sekaligus Pembimbing Utama penulis dengan penuh kesabaran meluangkan waktu dan pengertiannya dalam membimbing, memberikan arahan, dorongan semangat dan motivasi, serta memahami kondisi masa sulit penulis dari awal hingga selesainya penulisan skripsi ini.
4. **Ibu Anisa, S.Si., M.Si.**, selaku Sekretaris Departemen Statistika sekaligus Pembimbing Pertama penulis dengan penuh kesabaran meluangkan waktu dan pengertiannya dalam membimbing, memberikan arahan, dorongan semangat dan motivasi, serta memahami kondisi masa sulit penulis dari awal hingga selesainya penulisan skripsi ini.
5. **Bapak Drs. Raupong, M.Si.**, selaku Penguji Pertama penulis dengan penuh kesabaran telah meluangkan waktu dan pemikirannya untuk senantiasa memberikan masukan serta arahan yang membangun kepada penulis sehingga menjadikan skripsi ini lebih baik.
6. **Bapak Dr. Nirwan, M.Si.**, selaku Penguji Kedua sekaligus Penasihat Akademik penulis yang senantiasa memberikan masukan dan arahan perihal akademik. Selain dari itu, beliau dengan penuh kesabaran telah meluangkan waktu dan pemikirannya untuk senantiasa memberikan masukan serta arahan sehingga menjadikan skripsi ini lebih baik.
7. Keluarga, kakak **dr. Mardika Intan Setya Putri Laode** selaku dokter pribadi penulis yang senantiasa menyediakan berbagai stok obat, konsultasi gratis, bahkan merawat penulis disela-sela sibuknya dinas. Adik **Muhammad Ilham Artha Putra Laode** yang senantiasa menjadi tangan kanan dan *mood booster* penulis. Adapun Tante **Napisa Mamonto** yang telah menemani penulis saat menghadapi masa sulit dari OP hingga merawat penulis sampai masa pemulihan.
8. Sahabat seperjuangan di Statistika 2019, **Rahmah Ningsih DJ, Andi Apridhani M., Amalia M. Djalumang, Inda Mutmainnah, Evi Sagita, Muharti Apriana, Nur Aisyah, Andi Muh. Rajab, Muh. Syamsul Bahri,**

- Sapriadi Rasyid dan Eplysius F. Ndarung.** Terima kasih atas kebersamaan dan semua kisah asam-manis yang dilalui bersama selama proses perkuliahan.
9. Berbagai buku *self improvement* yang mampu membuat penulis mendapatkan afirmasi-afirmasi positif, semangat, pemikiran-pemikiran baru yang bersifat positif dan membangun, serta dapat membantu dalam proses penerimaan perihal menjalani garis kehidupan.
 10. Kepada seluruh pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu, terima kasih setinggi-tingginya untuk segala dukungan, partisipasi, dan apresiasi yang diberikan kepada penulis.
 11. Terakhir, terima kasih untuk diri sendiri, karena telah mampu untuk berusaha keras dan berjuang sejauh ini. Mampu mengendalikan diri dan menerima proses pendewasaan yang luar biasa dari Tuhan. Selain dari itu, terima kasih untuk diri sendiri yang tidak pernah memutuskan untuk menyerah sesulit apapun proses penyusunan skripsi ini, dengan menyelesaikan sebaik dan semaksimal mungkin. Hal ini merupakan pencapaian yang patut dibanggakan untuk diri sendiri.

Penulis menyadari bahwa masih 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, 29 November 2023



Melinda Sari Wirya Putri Laode

**PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR
UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIK**

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

Nama : Melinda Sari Wiryia Putri Laode
NIM : H051191053
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:

**“Penerapan Regresi Nonparametrik Birespon dengan Penaksir *B-Spline*
pada Data Longitudinal”**

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 29 November 2023.

Yang menyatakan,



(Melinda Sari Wiryia Putri Laode)

ABSTRAK

Stunting merupakan kondisi gagal tumbuh yang terjadi pada anak atau balita yang bercirikan tinggi badan yang tidak sesuai dengan usia, hal ini disebabkan adanya asupan gizi yang kurang dalam jangka waktu yang lama. Terdapat hubungan antara tinggi badan dan asupan gizi pada balita *stunting*. Oleh karena itu, diperlukan metode statistik untuk mengetahui pengaruh dari faktor-faktor yang diduga terhadap kasus *stunting* yang diukur melalui aspek tinggi badan dan asupan gizi. Penelitian ini menggunakan metode regresi nonparametrik birespon dengan penaksir *B-Spline* yang diaplikasikan pada data longitudinal. Data longitudinal dapat ditunjukkan pada data kasus *stunting* yang diamati pada setiap kabupaten/kota di Provinsi Sulawesi Selatan tahun 2016 hingga 2020. Tujuan dari penelitian ini adalah mendapatkan bentuk estimasi regresi nonparametrik birespon dengan penaksir *B-Spline*, dan diterapkan pada data kasus *stunting*. Hasil analisis yang diperoleh, didapatkan estimasi model *B-Spline* terbaik untuk persentase dari jumlah balita pendek dan balita gizi kurang berdasarkan nilai GCV terkecil adalah dengan menggunakan orde kuadratik dengan kombinasi titik knot (1,2,2,1,2) untuk balita pendek dan (1,1,2,2,2) untuk balita gizi kurang. Selain dari itu, diketahui bahwa bayi dengan bayi dengan berat badan lahir rendah, pemberian ASI eksklusif, riwayat imunisasi dasar lengkap, akses sanitasi yang layak, dan penduduk miskin berpengaruh terhadap persentase dari jumlah balita pendek dan balita gizi kurang.

Kata Kunci: Birespon, B-Spline, Longitudinal, Regresi Nonparametrik, *Stunting*.

ABSTRACT

Stunting is a condition of growth and development failure that occurs in children or toddlers who are characterized by height that is not appropriate for their age, this is due to insufficient nutritional intake over a long period. There is a relationship between height and nutritional intake in stunted toddlers. Therefore, statistical methods are needed to determine the influence of suspected factors on stunting cases which are measured through aspects of body height and nutritional intake. This research uses a nonparametric bi-response regression method using the B-Spline estimator which is applied to longitudinal data. Longitudinal data can be shown in data on stunting cases observed in each district/city in South Sulawesi Province from 2016 to 2020. The purpose of the research is to obtain a nonparametric bi-response regression estimation form with the B-Spline estimator, and then apply it to stunting case data. From the analysis results obtained, it was found that the best B-Spline model estimate for the percentage of the number of stunted toddlers and malnourished toddlers based on the smallest GCV value was by using a quadratic order with a combination of knot points (1,2,2,1,2) for stunted toddlers and (1,1,2,2,2) for malnourished toddlers. Apart from that, it is known that babies with low birth weight, exclusive breastfeeding, a history of complete basic immunization, access to proper sanitation, and poor populations influence the percentage of stunted and malnourished toddlers.

Keywords: *Bi-response, B-Spline, Longitudinal, Nonparametric Regression, Stunting.*

DAFTAR ISI

HALAMAN SAMPUL	i
HALAMAN JUDUL	ii
LEMBAR PERNYATAAN KEOTENTIKAN	iii
HALAMAN PERSETUJUAN PEMBIMBING	iv
HALAMAN PENGESAHAN	v
PRAKATA	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 Balakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Batasan Masalah.....	4
1.4 Tujuan Penelitian.....	4
1.5 Manfaat Penelitian.....	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1 Analisis Korelasi	6
2.2 Regresi Nonparametrik	6
2.3 Regresi Birespon Nonparametrik	7
2.4 Fungsi <i>Spline</i>	7
2.5 Penaksir <i>B-Spline</i>	9
2.6 Metode <i>Weighted Least Square</i>	10
2.7 Pemilihan Titik Knot Optimal.....	10
2.8 Data Longitudinal.....	11
2.9 <i>Stunting</i>	12
BAB III METODE PENELITIAN	14

3.1	Sumber Data	14
3.2	Variabel Penelitian	14
3.3	Langkah Analisis	15
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN		16
4.1	Estimasi Model Regresi Nonparametrik Birespon dengan Penaksir <i>B-Spline</i> pada Data Longitudinal	16
4.2	Memodelkan Data <i>Stunting</i> Menggunakan Regresi Nonparametrik Birespon dengan Penaksir <i>B-Spline</i>	25
4.2.1	Analisis Deskriptif	25
4.2.2	Pola Hubungan antar Variabel	26
4.2.3	Uji Korelasi	29
4.2.4	Titik Knot Optimal pada Data <i>Stunting</i>	30
4.2.4.1	<i>B-Spline</i> Linier	30
4.2.4.2	<i>B-Spline</i> Kuadratik	32
4.2.5	Model Regresi Nonparametrik Birespon dengan Penaksir <i>B-Spline</i> pada Data <i>Stunting</i>	34
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....		50
3.1	Kesimpulan.....	50
3.2	Saran.....	51
DAFTAR PUSTAKA.....		52
LAMPIRAN.....		55

DAFTAR GAMBAR

Gambar 4.1 *Scatter Plot* Hubungan Balita Pendek dan Variabel Prediktor.....27

Gambar 4.2 *Scatter Plot* Hubungan Balita Gizi Kurang dan Variabel Prediktor...28

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Struktur Data Longitudinal	12
Tabel 3.1 Variabel Penelitian	14
Tabel 4.1 Statistik Deskriptif	25
Tabel 4.2 Hasil Korelasi <i>Pearson</i>	29
Tabel 4.3 Nilai GCV untuk <i>B-Spline</i> Linier dengan Satu Titik Knot	30
Tabel 4.4 Nilai GCV untuk <i>B-Spline</i> Linier dengan Dua Titik Knot.....	31
Tabel 4.5 Nilai GCV untuk <i>B-Spline</i> Kuadratik dengan Satu Titik Knot.....	32
Tabel 4.6 Nilai GCV untuk <i>B-Spline</i> Kuadratik dengan Dua Titik Knot.....	33
Tabel 4.7 Nilai GCV Minimum untuk Variabel Respon Status Balita Pendek	35
Tabel 4.8 Nilai GCV Minimum untuk Variabel Respon Status Balita Gizi Kurang.....	42

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Data Kasus <i>Stunting</i> di Sulawesi Selatan Tahun 2016 – 2020	56
Lampiran 2. Hasil Uji Korelasi <i>Pearson</i> untuk Data <i>Stunting</i> di Provinsi Sulawesi Selatan Tahun 2016 – 2020	57
Lampiran 3. Titik Knot Optimal untuk Variabel Respon Balita Pendek	58
Lampiran 4. Titik Knot Optimal Variabel Respon Balita Pendek	60
Lampiran 5. Nilai Parameter $\hat{\beta}$ untuk Variabel Respon Balita Pendek	62
Lampiran 6. Nilai Parameter $\hat{\beta}$ untuk Variabel Respon Balita Gizi Kurang	63
Lampiran 7. Estimasi Model Balita Pendek untuk Setiap Kabupaten/Kota di Provinsi Sulawesi Selatan Tahun 2016 – 2020	64
Lampiran 8. Estimasi Model Balita Gizi Kurang untuk Setiap Kabupaten/Kota di Provinsi Sulawesi Selatan Tahun 2016 – 2020	68

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Balakang

Perkembangan aplikasi statistika pada masa kini berkembang dengan sangat pesat dalam bidang kajian terapan salah satunya pemanfaatan analisis regresi pada bidang kesehatan, ekonomi, pertanian, dan lain sebagainya. Menurut Budiantara, dkk (2015) analisis regresi merupakan analisis statistika yang bertujuan untuk mengetahui pola hubungan dan pengaruh variabel prediktor terhadap variabel respon dengan mengestimasi kurva regresinya. Selain itu, terdapat tiga jenis pendekatan untuk mengestimasi kurva regresi yang telah dikembangkan oleh para peneliti, yakni dengan pendekatan regresi parametrik, regresi nonparametrik, dan regresi semiparametrik. Regresi parametrik merupakan regresi yang memiliki pola kurva yang telah diketahui sedangkan regresi nonparametrik merupakan regresi yang memiliki pola kurva yang tidak diketahui. Adapun regresi semiparametrik, yakni kondisi apabila sebagian bentuk pola kurva yang dimiliki diketahui dan sebagian yang lain tidak diketahui. Menurut Amelia (2014) untuk melakukan pemodelan dengan menggunakan salah satu dari ketiga jenis pendekatan regresi, diutamakan untuk memeriksa *scatter plot* dari masing-masing variabel prediktor terhadap variabel respon. Apabila hasil dari *scatter plot* memiliki kecenderungan data mengikuti pola parametrik, misalnya linear, kuadrat, dan kubik maka dilakukan pemodelan dengan pendekatan regresi parametrik. Akan tetapi apabila data tidak mengikuti pola tertentu maka dapat digunakan pemodelan dengan pendekatan regresi nonparametrik. Terdapat beberapa estimator dalam mengestimasi model regresi nonparametrik yang dapat digunakan dan salah satunya adalah *spline*.

Spline merupakan suatu fungsi potongan polinomial dengan sifat yang tersegmen dan kontinu (Nurdiani dkk., 2017). *Spline* memiliki kemampuan untuk menangani data atau fungsi yang mulus serta kemampuan ini berlaku juga pada data yang perilakunya berubah-ubah. Adapun beberapa penaksir *spline* yang telah dikembangkan oleh peneliti, yakni *spline smoothing* (Lin ddk., 2004; Lestari dkk., 2012), *spline truncated* (Islamiyati, 2017), *penalized spline* (Islamiyati, 2018; Luo, 2020) adapun *B-Spline* (Budiantara dkk., 2006; Raupong, 2009). Biasanya pada

penaksir *spline*, basis fungsi yang sering digunakan adalah *truncated power* basis dan basis *B-Spline*, akan tetapi pada *truncated power* basis terdapat kelemahan seperti pada saat orde *spline* yang tinggi serta titik knot yang banyak dan terlalu berdekatan akan mengakibatkan persamaan normal sulit untuk diselesaikan, hal ini dikarenakan terbentuknya matriks persamaan normal yang hampir singular. Oleh karena itu untuk mengatasi kelemahan tersebut dapat menggunakan basis lain, yakni basis *B-Spline* (Eubank, 1999 dalam Rahmawati dkk., 2017).

B-Spline merupakan salah satu penaksir yang digunakan dalam menaksir kurva regresi nonparametrik. *B-Spline* adalah salah satu tipe *piece-wise* yakni polinomial yang bercirikan sifat tersegmen kontinu yang efektif untuk menjelaskan karakteristik lokal dari fungsi data (Ariesta dkk., 2021). Terdapat beberapa penelitian yang telah dilakukan dengan menggunakan *B-Spline*, diantaranya Rahmawati, dkk (2017) yang memodelkan kasus kemiskinan di Jawa Tengah dengan menggunakan regresi nonparametrik melalui metode *B-Spline*. Rahasia, dkk (2020) yang memodelkan data *time series* dengan regresi nonparametrik *B-Spline*. Wulandary dan Purnama (2020) yang melakukan perbandingan regresi nonparametrik kernel NWE dan *B-Spline* pada pemodelan kasus rata-rata lama sekolah dan pengeluaran perkapita di Indonesia serta Salam, dkk (2022) yang mengestimasi model regresi nonparametrik dengan metode *B-Spline* yang diaplikasikan pada contoh kasus yang ada di wilayah Kalimantan Selatan. Akan tetapi pada penelitian-penelitian tersebut terbatas hanya melibatkan satu variabel respon. Menurut Amelia (2014) dalam beberapa kasus, agar mendapatkan sebuah konklusi yang menyeluruh dan utuh terhadap suatu permasalahan dapat dilakukan dengan menggunakan dua variabel respon atau dikenal dengan birespon. Adapun beberapa penelitian terkait mengenai birespon *spline*, diantaranya Permata (2016), Pratiwi (2017) dan Padutuan, dkk (2021) memodelkan regresi nonparametrik birespon dengan *spline truncated*. Islamiyati, dkk (2022) memodelkan regresi nonparametrik birespon dalam analisis komponen utama menggunakan *spline truncated*. Lestari, dkk (2019) mengestimasi fungsi regresi nonparametrik birespon dengan estimator *smoothing spline* dan kernel. Serta Islamiyati, dkk (2018) dan Affan (2020) yang mengestimasi regresi nonparametrik birespon dengan *penalized spline*.

Berdasarkan latar belakang yang telah dijabarkan, dapat diketahui bahwa sejauh ini, penelitian mengenai penaksir *B-Spline* masih terbatas pada penggunaan satu respon. Oleh karena itu penulis akan meneliti regresi nonparametrik birespon dengan menggunakan penaksir *B-Spline* yang akan diaplikasikan pada data longitudinal. Data longitudinal dapat ditunjukkan pada data kasus *stunting* yang diamati pada setiap kabupaten/kota di Provinsi Sulawesi Selatan tahun 2016 – 2020. *Stunting* merupakan kondisi gagal tumbuh yang dialami anak atau balita yang bercirikan tinggi badan tidak sesuai dengan umur, hal ini dikarenakan adanya asupan gizi yang kurang dalam jangka waktu yang lama (Nasution dan Susilawati, 2022). Terdapat hubungan antara tinggi badan dan asupan gizi pada balita *stunting* sehingga dapat dilakukan dalam bentuk birespon. Selain dari itu, menurut Kementerian Kesehatan, adapun faktor penyebab *stunting* dipengaruhi oleh bayi dengan berat badan lahir rendah, pemberian ASI eksklusif, tinggi badan dari ibu/ayah, pengetahuan seorang ibu mengenai gizi, pola asuh, tingkat kecukupan zink dan zat besi, riwayat penyakit infeksi, akses sanitasi yang layak, dan jumlah pendapatan. Namun, dikarenakan keterbatasan rekaman data dari publikasi buku Profil Kesehatan Sulawesi Selatan dan BPS, maka dapat digunakan faktor-faktor dengan rekaman data yang lengkap seperti bayi dengan BBLR, pemberian ASI eksklusif, riwayat imunisasi dasar lengkap, akses sanitasi yang layak, dan penduduk miskin. Berdasarkan uraian tersebut, maka penulis mengajukan bahan skripsi dengan judul “Penerapan Regresi Nonparametrik Birespon dengan Penaksir *B-Spline* pada Data Longitudinal”.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah yang akan dikaji pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana estimasi model regresi nonparametrik birespon dengan penaksir *B-Spline* pada data longitudinal yang bersesuaian dengan kasus *stunting* yang diukur melalui persentase dari jumlah balita pendek dan jumlah balita gizi kurang di Provinsi Sulawesi Selatan tahun 2016 – 2020?
2. Bagaimana model kasus *stunting* yang diukur melalui persentase dari jumlah balita pendek dan jumlah balita gizi kurang di Provinsi Sulawesi Selatan tahun

2016 – 2020 berdasarkan regresi nonparametrik birespon dengan penaksir *B-Spline*?

1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah diperlukan dengan tujuan untuk pembahasan masalah dalam penelitian tidak terlalu luas. Batasan masalah untuk penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Data yang digunakan adalah data sekunder persentase dari jumlah balita pendek dan jumlah balita gizi kurang di Provinsi Sulawesi Selatan tahun 2016 – 2020 yang dirinci berdasarkan 24 kabupaten/kota.
2. Metode analisis yang digunakan adalah regresi nonparametrik birespon dengan penaksir *B-Spline* dengan menggunakan lima variabel prediktor, yakni bayi berat badan lahir rendah, bayi yang mendapatkan ASI eksklusif, bayi yang mendapatkan imunisasi dasar lengkap, keluarga dengan akses sanitasi yang layak, dan penduduk miskin.
3. Estimasi model regresi nonparametrik birespon dengan penaksir *B-Spline* menggunakan metode *Weighted Least Square* (WLS).
4. Pemilihan titik knot optimal menggunakan metode *Generalized Cross Validation* (GCV).
5. Orde yang digunakan yakni *B-Spline* linier dan *B-Spline* kuadratik, serta untuk titik knot yang digunakan hanya sampai dua titik knot.

1.4 Tujuan Penelitian

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

1. Memperoleh estimasi model regresi nonparametrik birespon dengan penaksir *B-Spline* pada data longitudinal yang bersesuaian dengan kasus *stunting* yang diukur melalui persentase dari jumlah balita pendek dan jumlah balita gizi kurang di Provinsi Sulawesi Selatan tahun 2016 – 2020.
2. Memperoleh model kasus *stunting* yang diukur melalui persentase dari jumlah balita pendek dan jumlah balita gizi kurang di Provinsi Sulawesi Selatan tahun 2016 – 2020 berdasarkan regresi nonparametrik birespon dengan penaksir *B-Spline*.

1.5 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari penelitian ini, yaitu:

1. Menambah wawasan dan pengetahuan tentang penerapan regresi nonparametrik birespon dengan penaksir *B-Spline*.
2. Memberikan gambaran hubungan antara bayi berat badan lahir rendah, bayi yang mendapatkan ASI eksklusif, bayi yang mendapatkan imunisasi dasar lengkap, keluarga dengan akses sanitasi yang layak, dan penduduk miskin terhadap persentase dari jumlah balita pendek dan jumlah balita gizi kurang di Sulawesi Selatan.
3. Memberikan gambaran kepada pemerintah untuk dapat meningkatkan derajat kesehatan anak.
4. Memberikan gambaran kepada masyarakat luas tentang aplikasi dari ilmu statistika dalam kehidupan nyata dalam bidang kesehatan khususnya mengenai kesehatan anak.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Analisis Korelasi

Analisis korelasi merupakan metode analisis statistika yang bertujuan untuk mengukur keeratan hubungan antar dua variabel. Analisis korelasi dapat dilakukan melalui uji korelasi Pearson dengan menghitung nilai koefisien korelasi. Koefisien korelasi ini merupakan suatu nilai yang mengukur keeratan antar satu variabel dengan variabel yang lain. Nilai koefisien korelasi dapat dihitng dengan persamaan berikut ini:

$$r = \frac{n(\sum xy) - (\sum x)(\sum y)}{\sqrt{(n \sum x^2 - (\sum x)^2)(n \sum y^2 - (\sum y)^2)}} \quad (2.1)$$

Nilai r selalu berada pada interval -1 hingga 1 . Jika diperoleh nilai $r = -1$ maknanya terdapat korelasi linier negatif sempurna pada kedua variabel, sebaliknya apabila $r = 1$ maknanya terdapat korelasi linier positif sempurna pada kedua variabel. Sedangkan apabila diperoleh $r = 0$ maknanya tidak terdapat korelasi antar kedua variabel (Siregar, 2019).

Adapun pengujian koefisien korelasi yang dilakukan dengan menggunakan hipotesis, yaitu:

- H_0 : Tidak terdapat hubungan antar kedua variabel.
 H_1 : Terdapat hubungan antar kedua variabel.

Statistik uji:

$$t_{hitung} = r \sqrt{\frac{n-2}{1-r^2}} \quad (2.2)$$

Kriteria:

Tolak H_0 apabila $t_{hitung} > t_{tabel}$ (Siregar, 2019)

2.2 Regresi Nonparametrik

Regresi nonparametrik adalah salah satu alat statistik yang digunakan untuk mengetahui hubungan antara dua variabel acak atau lebih. Misalkan y adalah variabel respon dan x adalah variabel prediktor. Misalkan diperoleh data

$\{(x_i, y_i)\}$, $i = 1, 2, 3, \dots, n$. Maka secara umum hubungan antara x dan y mengikuti model regresi berikut:

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

$f(x_i)$ adalah fungsi regresi yang belum diketahui dan akan ditaksir. ε_i adalah *error* acak yang diasumsikan identik, independen dan berdistribusi $N(0, \sigma^2)$. Jika fungsi $f(x_i)$ tidak diketahui apakah mengikuti bentuk kurva tertentu, maka dilakukan pendekatan regresi nonparametrik. Menurut Eubank (1999) dalam Dzulhijjah (2021) hal ini karena regresi nonparametrik akan mencari sendiri bentuk estimasi dari $f(x)$ dari data yang ada.

2.3 Regresi Nonparametrik Birespon

Regresi birespon merupakan analisis regresi yang menggunakan dua variabel respon dengan syarat kedua variabel tersebut memiliki hubungan yang kuat baik secara logika maupun secara matematis. Ketika bentuk kurva dari regresi birespon tidak diketahui maka solusi yang dapat dilakukan adalah dengan melakukan pendekatan nonparametrik, hal tersebut dinamakan dengan regresi nonparametrik birespon. Berdasarkan Persamaan (2.3), model untuk regresi nonparametrik birespon dapat dituliskan sebagai berikut (Permata, 2016):

$$\begin{aligned} y_{1.i} &= f_1(x_i) + \varepsilon_{1.i} \\ y_{2.i} &= f_2(x_i) + \varepsilon_{2.i} \end{aligned} \quad (2.4)$$

Persamaan (2.4) dapat dinyatakan dalam bentuk vektor sebagai berikut:

$$\mathbf{y} = \mathbf{f} + \boldsymbol{\varepsilon}$$

dengan rincian bahwa $\mathbf{y} = \begin{bmatrix} y_{1.i} \\ y_{2.i} \end{bmatrix}$, $\mathbf{f} = \begin{bmatrix} f_1(x_i) \\ f_2(x_i) \end{bmatrix}$, dan $\boldsymbol{\varepsilon} = \begin{bmatrix} \varepsilon_{1.i} \\ \varepsilon_{2.i} \end{bmatrix}$ untuk f_1 dan f_2 adalah kurva regresi yang tidak diketahui.

2.4 Fungsi Spline

Spline adalah salah satu model regresi nonparametrik yang mempunyai fleksibilitas yang tinggi serta mampu untuk menangani pola hubungan data yang perilakunya berubah-ubah pada sub-sub interval tertentu (Eubank, 1999 dalam Affan, 2020). Secara umum, fungsi $f(x_i)$ pada Persamaan (2.3) apabila didekatkan

dengan menggunakan fungsi polinomial tersegmen yang mengandung fungsi sepotong-sepotong seperti persamaan berikut:

$$f(x_i) = \sum_{m=0}^{d+K} \beta_m \varphi_m(x_i) \quad (2.5)$$

Dengan variabel $\beta_m = (\beta_0, \beta_1, \dots, \beta_{d+K})^T$ menunjukkan vektor parameter dan untuk $\varphi_m = (\varphi_0, \varphi_1, \dots, \varphi_{d+K})$ merupakan suatu fungsi yang didefinisikan sebagai berikut:

$$\varphi_m(x_i) = \begin{cases} x_i^m & , \text{untuk } 0 \leq m \leq d \\ (x_i - u_{m-d})_+^d & , \text{untuk } d + 1 \leq m \leq d + K \end{cases} \quad (2.6)$$

Dengan rincian bahwa

$$(x_i - u_{m-d})_+^d = \begin{cases} (x_i - u)^d & , \text{untuk } x \geq u \\ 0 & , \text{untuk } x < u \end{cases} \quad (2.7)$$

Adapun u merupakan titik knot. Titik knot adalah perpaduan dua kurva yang menunjukkan pola perubahan perilaku kurva pada selang yang berbeda. Pada Persamaan (2.5) dapat dituliskan sebagai berikut:

$$f(x_i) = \beta_0 + \sum_{m=1}^d \beta_m x_i^m + \sum_{l=1}^K \beta_{(d+l)} (x_i - u_l)_+^d \quad (2.8)$$

Keterangan:

$\beta_0, \beta_1, \dots, \beta_d, \beta_{d+1}, \dots, \beta_{d+K}$: parameter regresi

u_l : titik knot ke- l ($l = 1, 2, \dots, K$)

m : orde polinomial ($m = 1, 2, \dots, d$)

Bentuk matriks fungsi $f(x_i)$ pada Persamaan (2.8) untuk n sampel berpasangan dapat dinyatakan sebagai berikut:

$$\mathbf{f} = \mathbf{X}\boldsymbol{\beta} \quad (2.9)$$

Dengan rincian sebagai berikut:

$$\mathbf{f} = \begin{bmatrix} f(x_1) \\ f(x_2) \\ \vdots \\ f(x_n) \end{bmatrix}, \quad \boldsymbol{\beta} = \begin{bmatrix} \beta_0 \\ \beta_1 \\ \vdots \\ \beta_{d+K} \end{bmatrix}$$

$$\mathbf{X} = \begin{bmatrix} 1 & x_1^1 & x_1^2 & \dots & x_1^d & (x_1 - u_1)_+^d & \dots & (x_1 - u_K)_+^d \\ 1 & x_2^1 & x_2^2 & \dots & x_2^d & (x_2 - u_1)_+^d & \dots & (x_2 - u_K)_+^d \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 1 & x_n^1 & x_n^2 & \dots & x_n^d & (x_n - u_1)_+^d & \dots & (x_n - u_K)_+^d \end{bmatrix}$$

2.5 Penaksir *B-Spline*

B-Spline adalah salah satu tipe *piece-wise* yakni polinomial yang bercirikan sifat tersegmen kontinu yang efektif untuk menjelaskan karakteristik lokal dari fungsi data (Ariesta dkk., 2021). Berdasarkan Persamaan (2.3), apabila f didekati dengan penaksir *B-Spline* maka secara umum dapat dituliskan dalam bentuk persamaan sebagai berikut (Budiantara dkk., 2006):

$$f(x_i) = \sum_{l=1}^{m+K} \beta_l B_{l-m,m}(x_i) \quad (2.10)$$

dengan $i = 1, 2, 3, \dots, n$; $l = 1, 2, 3, \dots, m + K$ dan $B_{l-m,m}(x_i)$ merupakan basis *spline*. Solusi untuk membangun fungsi *B-Spline* orde m dengan titik – titik $a < u_1 < u_2 < u_3 < \dots < u_K < b$ yaitu dengan mendefinisikan titik knot yang ditambah sebanyak $2m$, yakni $u_{-(m-1)}, u_{-(m-2)}, u_{-(m-3)}, \dots, u_{-1}, u_0, u_1, u_2, u_3, \dots, u_K, u_{K+1}, \dots, u_{K+m}$ dengan $u_{-(m-1)} = u_{-(m-2)} = u_{-(m-3)} = \dots = u_{-1} = u_0 = a$ dan $u_{K+1} = u_{K+2} = \dots = u_{K+m} = b$, dengan a didapatkan dari nilai minimum x sedangkan b didapatkan dari nilai maksimum x .

Basis fungsi *B-Spline* pada orde m dengan beberpa titik knot pada $u_1, u_2, u_3, \dots, u_K$ dapat didefinisikan secara rekursif seperti berikut (Eubank, 1999):

$$B_{l,m}(x_i) = \frac{x - u_l}{u_{l+m-1} - u_l} B_{l,m-1}(x_i) + \frac{u_{l+m} - x}{u_{l+m} - u_{l+1}} B_{l+1,m-1}(x_i) \quad (2.11)$$

dengan $l = -(m - 1), \dots, K$ serta

$$B_{l,1}(x_i) = \begin{cases} 1, & \text{jika } u_l < x_i \leq u_{l+1} \\ 0, & \text{untuk yang lainnya} \end{cases}$$

Menurut Budiantara (2006), untuk $m = 2$ memberikan fungsi *B-Spline* linier, untuk $m = 3$ fungsi *B-Spline* kuadratik, sedangkan $m = 4$ fungsi *B-Spline* kubik. Solusi untuk mengestimasi β pada Persamaan (2.10) dapat diuraikan, seperti berikut:

$$\begin{aligned} f(x_i) &= \beta_1 B_{1-m,m}(x_i) + \beta_2 B_{2-m,m}(x_i) + \dots + \beta_{m+K} B_{(m+K)-m,m}(x_i) \\ f(x_i) &= \beta_1 B_{-(m-1),m}(x_i) + \beta_2 B_{-(m-2),m}(x_i) + \dots + \beta_{m+K} B_{K,m}(x_i) \end{aligned} \quad (2.12)$$

Apabila Persamaan (2.12) disubstitusikan ke Persamaan (2.3), maka diperoleh:

$$y_i = \beta_1 B_{-(m-1),m}(x_i) + \beta_2 B_{-(m-2),m}(x_i) + \dots + \beta_{m+K} B_{K,m}(x_i) + \varepsilon_i \quad (2.13)$$

Berdasarkan perolehan diatas, Persamaan (2.13) dapat ditulis dalam bentuk matriks sebagai berikut:

$$\begin{bmatrix} y_1 \\ y_2 \\ \vdots \\ y_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} B_{-(m-1),m}(x_1) & B_{-(m-2),m}(x_1) & \dots & B_{K,m}(x_1) \\ B_{-(m-1),m}(x_2) & B_{-(m-2),m}(x_2) & \ddots & B_{K,m}(x_2) \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ B_{-(m-1),m}(x_n) & B_{-(m-2),m}(x_n) & \dots & B_{K,m}(x_n) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \beta_1 \\ \beta_2 \\ \vdots \\ \beta_{m+K} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \varepsilon_1 \\ \varepsilon_2 \\ \vdots \\ \varepsilon_n \end{bmatrix} \quad (2.14)$$

Persamaan (2.14) apabila dituliskan dalam notasi matriks yakni sebagai berikut:

$$\mathbf{y} = \mathbf{B}(\lambda)\boldsymbol{\beta} + \boldsymbol{\varepsilon} \quad (2.15)$$

Menurut Botella dan Shariff (2003) dalam Dzulhijjah (2021) $\mathbf{B}(\lambda)$ merupakan matriks yang berukuran $n \times (m + K)$.

2.6 Metode *Weighted Least Square*

Metode *weighted least square* merupakan perkembangan dari *ordinary least square* yang bertujuan untuk mengatasi adanya heteroskedastisitas. Heteroskedastisitas merupakan peristiwa ketidaksamaan varians dari vektor error, yakni $var(\varepsilon_i)$ tidak sama untuk setiap i . Metode WLS dilakukan dengan meminimumkan jumlah kuadrat error terboboti yang dapat dirumuskan sebagai berikut (Permata, 2016):

$$\boldsymbol{\varepsilon}^T \mathbf{W} \boldsymbol{\varepsilon} = (\mathbf{y} - \mathbf{X}\boldsymbol{\beta})^T \mathbf{W} (\mathbf{y} - \mathbf{X}\boldsymbol{\beta}) \quad (2.16)$$

dengan $\boldsymbol{\beta}$ adalah estimator WLS dan pembobot \mathbf{W} merupakan matriks diagonal $\frac{1}{n}$, n merupakan jumlah data. Matriks \mathbf{W} dapat dinyatakan sebagai berikut:

$$\mathbf{W} = \left(\frac{1}{n}\right) \mathbf{I}$$

Persamaan (2.16) dapat diturunkan terhadap $\boldsymbol{\beta}$ maka sedemikian sehingga dapat diperoleh persamaan sebagai berikut (Permata, 2016):

$$\hat{\boldsymbol{\beta}} = (\mathbf{X}^T \mathbf{W} \mathbf{X})^{-1} \mathbf{X}^T \mathbf{W} \mathbf{y} \quad (2.17)$$

Persamaan (2.17) merupakan estimator dari *weighted least square* (WLS).

2.7 Pemilihan Titik *Knot Optimal*

Membentuk regresi *B-Spline* yang optimal tergantung pada pemilihan titik knot $u_1, u_2, u_3, \dots, u_K$. Titik knot adalah titik dari perpaduan bersama untuk memberikan gambaran terhadap perubahan pola perilaku data. Pada penelitian ini, untuk pemilihan titik knot yang optimal digunakan *Generalized Cross Validation* (GCV). GCV diperkenalkan oleh Craven & Wahba pada tahun 1979. Adapun fungsi GCV dirumuskan sebagai berikut (Eubank, 1988 dalam Dzulhijjah, 2021):

$$GCV(u_1, u_2, u_3, \dots, u_K) = \frac{MSE(u_1, u_2, u_3, \dots, u_K)}{\left[\frac{1}{n} \text{tr}[\mathbf{I} - \mathbf{A}(u_1, u_2, u_3, \dots, u_K)]\right]^2} \quad (2.18)$$

Keterangan:

n : jumlah data

\mathbf{I} : matriks identitas

u_1, \dots, u_K : titik knot

MSE : rata-rata kuadrat sisaan; $n^{-1} \sum_{i=1}^n (y_i - \hat{f}(x_i))^2$

$\mathbf{A}(u_1, \dots, u_K)$: matriks $\mathbf{A}(\mathbf{A}'\mathbf{A})^{-1}\mathbf{A}'$ yang berukuran $n \times n$

dengan

$$\mathbf{A} = \begin{bmatrix} 1 & x_1 & \dots & x_1^{m-1} & (x_1 - u_1)^{m-1} & \dots & (x_1 - u_K)^{m-1} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 1 & x_n & \dots & x_n^{m-1} & (x_n - u_1)^{m-1} & \dots & (x_n - u_K)^{m-1} \end{bmatrix}$$

Penggunaan nilai GCV dikarenakan aspek perhitungannya lebih sederhana dan cukup efisien (Dzulhijjah, 2021).

2.8 Data Longitudinal

Data longitudinal adalah data hasil gabungan antara data *cross section* dan *time series*. Menurut Laome (2009) dalam Dzulhijjah (2021) data longitudinal memiliki beberapa keunggulan apabila dibandingkan dengan data *cross section*, salah satunya adalah data longitudinal mampu untuk menyediakan informasi mengenai perubahan individu, sedangkan pada data *cross section* tidak. Adapun menurut Nurmiati (2011) apabila y_{ij} merupakan variabel respon pada waktu ke- j dari subjek ke- i dan x_{ijp} menyatakan variabel prediktor ke- p yang diamati pada waktu ke- j dari subjek ke- i , maka data longitudinal dapat dituliskan sebagai (y_{ij}, x_{ijp}) untuk $i = 1, 2, 3, \dots, n$, $j = 1, 2, 3, \dots, t_i$, dan $p = 1, 2, 3, \dots, k$ dengan n adalah banyak subjek, t_i adalah banyak waktu pengamatan dari subjek ke- i , dan k adalah banyak variabel prediktor.

Adapun struktur dari data longitudinal yang disajikan pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1 Struktur Data Longitudinal

Subjek (<i>i</i>)	Waktu (<i>j</i>)	y_{ij}	x_{ij1}	x_{ij2}	...	x_{ijk}
1	1	y_{11}	x_{111}	x_{112}	...	x_{11k}
	2	y_{12}	x_{121}	x_{122}	...	x_{12k}

	t_1	y_{1t_1}	x_{1t_11}	x_{1t_12}	...	x_{1t_1k}
2	1	y_{21}	x_{211}	x_{212}	...	x_{21k}
	2	y_{22}	x_{221}	x_{222}	...	x_{22k}

	t_2	y_{2t_2}	x_{2t_21}	x_{2t_22}	...	x_{2t_2k}
3	1	y_{31}	x_{311}	x_{312}	...	x_{31k}
	2	y_{32}	x_{321}	x_{322}	...	x_{32k}

	t_3	y_{3t_3}	x_{3t_31}	x_{3t_32}	...	x_{3t_3k}
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
<i>n</i>	1	y_{n1}	x_{n11}	x_{n12}	...	x_{n1k}
	2	y_{n2}	x_{n21}	x_{n22}	...	x_{n2k}

	t_n	y_{nt_n}	x_{nt_n1}	x_{nt_n2}	...	x_{nt_nk}

2.9 Stunting

Stunting merupakan kondisi gagal tumbuh yang dialami balita yang bercirikan tinggi badan yang bernilai kurang jika dibandingkan dengan umur sebayanya. Hal ini dikarenakan asupan gizi yang kurang dalam jangka waktu yang lama (Nasution dan Susilawati, 2022). Menurut Kementerian Kesehatan, adapun faktor-faktor yang menjadi penyebab *stunting*, yaitu:

1. Berat badan lahir yang rendah menjadi salah satu faktor yang memengaruhi dalam pertumbuhan bayi. Berat badan lahir yang rendah memiliki risiko untuk menjadi gizi kurang 8-10 kali lebih besar dibandingkan dengan bayi yang memiliki berat badan lahir normal (Nugroho dkk., 2021).
2. Pemberian ASI yang tidak tercukupi dan kekurangan gizi mengakibatkan adanya gangguan kronik pada anak sehingga dapat memengaruhi proses pertumbuhan dan perkembangan anak (Supariasa dan Purwaningsih, 2019; Sanjaya dan Ayu, 2022).
3. Imunisasi merupakan salah satu faktor yang dapat meningkatkan daya tahan tubuh pada anak. Apabila tidak dilakukan imunisasi dasar, maka dapat meningkatkan risiko terjadinya penyakit infeksi dan nafsu makan yang menurun. Akibat dari nafsu makan dapat memicu adanya gangguan absorpsi zat gizi (Mashar dkk., 2021).

4. Rendahnya akses terhadap pelayanan kesehatan termasuk akses sanitasi dan air bersih. Apabila tidak tersedia fasilitas sanitasi pada tingkat perumahan dapat menyebabkan anggota keluarga memiliki perilaku tidak mencuci tangan dengan benar setelah buang air besar dan menyiapkan alat makan atau memberikan makanan pada anak sehingga meningkatkan risiko masuknya kotoran atau bakteri ke dalam tubuh anak. Fasilitas air, sanitasi, dan kebiasaan buruk mampu menjadi pemicu terjadinya diare, *stunting*, serta cacangan atau enteropati (Mashar dkk., 2021).
5. Status ekonomi rendah dianggap menjadi pengaruh yang dominan terhadap kejadian status gizi balita pendek dan kurus. Apabila anak pada keluarga dengan status ekonomi rendah cenderung akan mengonsumsi makanan baik dari segi kualitas, kuantitas, dan variasi yang kurang (Supriasa dan Purwaningsih, 2019; Nugroho dkk., 2021)