

**Analisis Pertumbuhan Balita di Sulawesi Selatan
Menggunakan Regresi Nonparametrik Penalized Spline
Kuadrat**

SKRIPSI



MUHAMMAD JAYZUL USRAH

H 121 16 312

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

UNIVERSITAS HASANUDDIN

MAKASSAR

FEBRUARI 2020



**Analisis Pertumbuhan Balita di Sulawesi Selatan
Menggunakan Regresi Nonparametrik Penalized Spline
Kuadrat**

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

MUHAMMAD JAYZUL USRAH

H 121 16 312

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

MAKASSAR

FEBRUARI 2020



LEMBAR PERNYATAAN KEOTENTIKAN

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

Analisis Pertumbuhan Balita di Sulawesi Selatan Menggunakan Regresi Nonparametrik Penalized Spline Kuadratik

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

Makassar, 27 Februari 2020



MUHAMMAD JAYZUL USRAH

NIM. H121 16 312



Analisis Pertumbuhan Balita di Sulawesi Selatan Menggunakan Regresi Nonparametrik Penalized Spline Kuadratik

Disetujui oleh:

Pembimbing Utama



Dr. Anna Islamiyati, M.Si
NIP. 19770808 200501 2 001

Pembimbing Pertama

A handwritten signature in blue ink, appearing to be 'Anisa'.

Anisa, S.Si, M.Si
NIP. 19730227 199802 2 001

Pada Tanggal : 27 Februari 2020



HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh :

Nama : Muhammad Jayzul Usrah
NIM : H12116312
Program Studi : Statistika
Judul Skripsi : Analisis Pertumbuhan Balita di Sulawesi Selatan
Menggunakan Regresi Nonparametrik Penalized
Spline Kuadrat

Telah berhasil dipertahankan di hadapan 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 : Dr. La Podje Talangko, M.Si
4. Anggota : Dr. Nurtiti Sunusi, S.Si., M.Si.



di : Makassar

: 27 Februari 2020

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadirat Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat, taufik dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyusun dan menyelesaikan naskah skripsi ini dengan judul “**Analisis Pertumbuhan Balita di Sulawesi Selatan Menggunakan Regresi Nonparametrik Penalized Spline Kuadratik**”. Naskah skripsi ini disusun guna memenuhi tugas akhir studi S1 Statistika di Universitas Hasanuddin.

Sebelumnya, izinkan penulis mengucapkan banyak terima kasih dan penghargaan setinggi-tingginya terutama kepada kedua orang tua penulis, Ayahanda **Yanwar Saiful** dan Ibunda **Rohmawati** atas doa, kerja keras, nasehat, didikan, motivasi serta cinta dan limpahan kasih sayang yang tiada habisnya dan senantiasa diberikan kepada penulis. Banyak terima kasih juga penulis berikan kepada Adik tersayang **Muhammad Geys Jeihan** atas doa, nasehat dan motivasi yang senantiasa diberikan kepada penulis.

Penghargaan dan ucapan terima kasih dengan penuh ketulusan juga penulis ucapkan kepada :

1. **Ibu Prof. Dr. Dwia Aries Tina Palubuhu, MA**, 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 sekaligus penguji atas segala masukan, bantuan, nasehat serta motivasi yang diberikan kepada penulis selama menjadi Mahasiswa di Departemen Statistika.
4. **Ibu Dr. Anna Islamiyati, S.Si, M.Si**. selaku Pembimbing Utama dan **Ibu Anisa, S.Si., M.Si.** selaku Pembimbing Pertama yang telah meluangkan waktu dan pemikirannya untuk memberikan arahan, dorongan, dan motivasi

da penulis mulai dari awal hingga selesainya penulisan tugas akhir ini.

Bapak Dr. La Podje Talangko, S.Si, M.Si, selaku Penasehat Akademik
igus penguji atas segala nasehat, bantuan, masukan serta motivasi yang

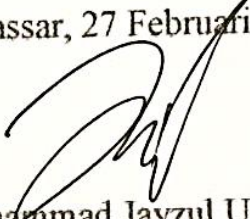


diberikan dari penulis masih berstatus Mahasiswa Baru sampai penulis menyelesaikan studi di Departemen Statistika.

6. Sahabat-Sahabatku di **WKND 4EVER**. Terima kasih telah menjadi keluarga baru bagi penulis.
7. Saudara seperjuangan **STATISTIKA 2016**, terima kasih sudah menemani penulis dalam menjalani hari-hari di dunia kuliah.
8. Keluarga besar **HIMATIKA FMIPA UNHAS** dan **HIMASTAT FMIPA UNHAS** terkhusus saudara seperjuangan **A16ORITMA** yang tidak sempat disebutkan satu persatu, terima kasih telah kebersamai, tetaplah berproses.
9. Teman-Teman **EOC**, terkhusus **Nurul Miftahul Jannah, Nurfadliani Kadir, Yuyu Syafitri Rahayu, dan Helmi Nurainun Arif**.
10. Teman-Teman KKN Posko Desa Bontomanai **Irham, Agung, Adhe, Maisarah, Andi Isma, Bulqis, Gracia , dan Dera**. Terima kasih sudah menjadi tempat berbagi selama 1 Bulan.
- 11.
12. Kakak-kakak yang selalu memberi saran dan masukan **Kak Puji, Kak Gio dan Kak Anto**. Terima kasih atas segala bentuk bantuan yang diberikan kepada penulis dalam penyusunan tugas akhir ini.
13. Semua pihak yang telah membantu secara langsung maupun tidak langsung dalam penyusunan Tugas Akhir ini yang tak sempat penulis sebutkan satu per satu.

Penulis menyadari bahwa masih banyak kekurangan dalam skripsi ini. Oleh karena itu, dengan segala kerendahan hati penulis memohon maaf. Akhir kata semoga tulisan ini memberi manfaat kepada pembaca.

Makassar, 27 Februari 2020


Muhammad Jayzul Usrah



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

Sebagai sivitas akademik Universitas Hasanuddin, saya yang bertandatangan di bawah ini:

Nama : Muhammad Jayzul Usrah
NIM : H12116312
Program Studi : Statistika
Departemen : Statistika
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Jenis karya : Skripsi

demikian pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Hasanuddin **Hak Bebas Royalti Noneksklusif (*Non-exclusive Royalty- Free Right*)** atas karya ilmiah saya yang berjudul:

**“Analisis Pertumbuhan Balita di Sulawesi Selatan Menggunakan Regresi
Nonparametrik Penalized Spline Kuadratik”**

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

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.



Makassar pada tanggal 27 Februari 2020

enyatakan

Mad Jayzul Usrah

ABSTRAK

Deteksi dini pertumbuhan adalah kegiatan pemeriksaan untuk menemukan secara dini adanya penyimpangan tumbuh kembang pada balita. Salah satu pendeteksian pertumbuhan pada balita dilakukan melalui Kartu Menuju Sehat (KMS). Namun, penggunaan KMS yang merupakan standar baku dari WHO 2005 kurang menggambarkan perilaku pertumbuhan balita yang ada di Indonesia. Rancangan KMS dapat dipolakan melalui pendekatan regresi nonparametrik *penalized spline* karena kemampuan estimasi yang lebih akurat. Pada penelitian ini menggunakan berat badan (kg) sebagai variabel respon dan Umur (bulan) sebagai variabel prediktor pada balita di 12 Kabupaten dan Kota di Sulawesi Selatan. Berdasarkan hasil analisis, pemodelan pertumbuhan berat badan balita menurut umur balita dengan pendekatan regresi nonparametrik *penalized spline* optimum pada 2 titik knot yakni 16 ; 55 untuk balita laki-laki dan 5 ; 15 untuk balita perempuan. Rancangan grafik pertumbuhan berdasarkan berat badan terhadap umur balita di Sulawesi Selatan terbagi atas 5 interval status gizi yang ditandai dengan warna yang berbeda.

Kata Kunci: Grafik Pertumbuhan, KMS, Regresi Nonparametrik, *Penalized Spline*, WHO.



ABSTRACT

Early detection of growth is an inspection activity to find the beginning of growth and development irregularities in toddlers. One of the detection of growth in toddlers is done through the *Kartu Menuju Sehat* (KMS). However, the use of KMS which is a standard from WHO 2005 is less related to the growth of children under five in Indonesia. The KMS draft can be thought through the approval of nonparametric penalized spline regression because of the ability to estimate more accurately. In this study using body weight (kg) as a response variable and Age (month) as a predictor variable in infants in 12 districts and cities in South Sulawesi. Based on the results of the analysis, modeling of body weight growth according to the age of toddlers using nonparametric penalized regression optimally at 2 node points namely 16 ; 55 for boys and 5 ; 15 for girls. The graphic design of weight growth for toddlers in South Sulawesi is divided into 5 nutritional status intervals marked with different colors.

Keywords : Growth Graphic, KMS, Nonparametric Regression, Penalized Spline, WHO.



DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	ii
LEMBAR PERNYATAAN KEOTENTIKAN.....	iii
LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING	iv
HALAMAN PENGESAHAN.....	v
KATA PENGANTAR.....	vi
PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH	viii
ABSTRAK	ix
ABSTRACT.....	x
DAFTAR ISI.....	xi
DAFTAR GAMBAR.....	xiii
DAFTAR TABEL	xv
DAFTAR LAMPIRAN	xviii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Batasan Masalah	2
1.4 Tujuan Penelitian	3
1.5 Manfaat Penelitian	3
BAB II LANDASAN TEORI	4
2.1 Status Gizi dan Pertumbuhan Balita	4
2.2 Kartu Menuju Sehat	4
2.3 Persentil.....	8
2.4 Kriteria Goodness of Fit.....	8
2.5 Regresi Nonparametrik	9
2.6 Estimator Penalized Spline	10
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	12
Sumber Data dan Identifikasi Variabel.....	12
Metode Analisis	12
HASIL DAN PEMBAHASAN	14
	xi
	...



4.1	Model Pertumbuhan Balita di Sulawesi Selatan Dengan Pendekatan Penalized Spline Kuadratik.	14
4.2	Rancangan Grafik Standar Pertumbuhan Berat Badan menurut Umur Balita di Sulawesi Selatan	25
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....		37
5.1	Kesimpulan	37
5.2	Saran	38
DAFTAR PUSTAKA.....		39
LAMPIRAN.....		42



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Kartu Menuju Sehat Balita di Indonesia Berdasarkan Jenis Kelamin	5
Gambar 2.2	Grafik Standar Pertumbuhan WHO 2005 Berdasarkan Berat Badan Menurut Umur Balita Laki-laki dengan Sistem Persentil Usia 0-2 Tahun.....	6
Gambar 2.3	Grafik Standar Pertumbuhan WHO 2005 Berdasarkan Berat Badan Menurut Umur Balita Laki-laki dengan Sistem Persentil Usia 2-5 Tahun.....	6
Gambar 2.4	Grafik Standar Pertumbuhan WHO 2005 Berdasarkan Berat Badan Menurut Umur Balita Perempuan dengan Sistem Persentil Usia 0-2 Tahun	7
Gambar 2.5	Grafik Standar Pertumbuhan WHO 2005 Berdasarkan Berat Badan Menurut Umur Balita Perempuan dengan Sistem Persentil Usia 2-5 Tahun.....	7
Gambar 4.1	Grafik Persentase Data Pertumbuhan Balita di Sulawesi Selatan Berdasarkan Jenis Kelamin.....	14
Gambar 4.2	Grafik Nilai Mean BB/Umur Data Pertumbuhan Balita di Sulawesi Selatan Pada Jenis Kelamin Laki-laki.....	15
Gambar 4.3	Grafik Nilai Mean BB/Umur Data Pertumbuhan Balita di Sulawesi Selatan Pada Jenis Kelamin Perempuan.....	15
Gambar 4.4	Grafik Berat Badan Balita Terhadap Umur Balita di Sulawesi Selatan Pada Jenis Kelamin Laki-Laki.....	16
Gambar 4.5	Grafik Berat Badan Balita Terhadap Umur Balita di Sulawesi Selatan Pada Jenis Kelamin Perempuan.....	16
Gambar 4.6	Plot estimasi kurva regresi nonparametrik penalized spline kuadratik pada pertumbuhan berat badan balita laki-laki.....	23
Gambar 4.7	Plot estimasi kurva regresi nonparametrik penalized spline kuadratik pada pertumbuhan berat badan balita Perempuan.....	24



Gambar 4.8 Grafik Persentil Balita Laki-laki di Sulawesi Selatan25

Gambar 4.9 Grafik Persentil Balita Perempuan di Sulawesi Selatan.....25

Gambar 4.10 Plot estimasi kurva pertumbuhan balita laki-laki pada persentil 328

Gambar 4.11 Plot estimasi kurva pertumbuhan balita perempuan pada Persentil 3.....29

Gambar 4.12 Plot estimasi kurva pertumbuhan balita laki-laki pada persentil 15.....30

Gambar 4.13 Plot estimasi kurva pertumbuhan balita perempuan pada persentil 15 31

Gambar 4.14 Plot estimasi kurva pertumbuhan balita laki-laki pada persentil 50.....31

Gambar 4.15 Plot estimasi kurva pertumbuhan balita perempuan pada persentil 50.....32

Gambar 4.16 Plot estimasi kurva pertumbuhan balita laki-laki pada persentil 8533

Gambar 4.17 Plot estimasi kurva pertumbuhan balita perempuan pada persentil 85.....33

Gambar 4.18 Plot estimasi kurva pertumbuhan balita laki-laki pada persentil 9734

Gambar 4.19 Plot estimasi kurva pertumbuhan balita perempuan pada persentil 9735

Gambar 4.20 Rancangan Grafik BB/Umur Balita laki-laki di Sulawesi Selatan35

Gambar 4.21 Rancangan Grafik BB/Umur Balita Perempuan di Sulawesi Selatan36



DAFTAR TABEL

Tabel 4.1	Nilai GCV dari lamda dan titik knot optimal pada balita laki-laki....	17
Tabel 4.2	Nilai GCV dari lamda dan titik knot optimal pada balita perempuan.	19
Tabel 4.3	Nilai GCV minimum dari lamda dan titik knot optimal pada masing-masing persentil untuk data berat badan balita laki-laki.....	26
Tabel 4.4	Nilai GCV minimum dari lamda dan titik knot optimal pada masing-masing persentil untuk data berat badan balita perempuan.....	26



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1	Nilai Persentil Berat Badan Balita Menurut umur.....	42
Lampiran 2	Nilai GCV pada setiap pemilihan titik knot dan lamda.....	45
Lampiran 3	<i>Output</i> Hasil Estimasi Balita	49



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Deteksi dini pertumbuhan adalah kegiatan pemeriksaan untuk menemukan secara dini adanya penyimpangan tumbuh kembang pada balita. Deteksi dini pertumbuhan balita penting untuk dilakukan karena masa balita merupakan periode perkembangan yang rentan dengan gizi. Suparyanto (2010) menyatakan bahwa jika penyimpangan atau masalah tumbuh kembang anak dapat dideteksi secara dini, maka intervensi akan lebih mudah dilakukan. Salah satu pendeteksian pertumbuhan pada balita dilakukan melalui Kartu Menuju Sehat (KMS). KMS adalah suatu alat sederhana yang dapat digunakan untuk mencatat setiap perubahan berat badan balita berdasarkan bentuk dan warna kurva pertumbuhan. Namun, Budiantara (2009) dalam penelitiannya di Kota Surabaya menyimpulkan bahwa penggunaan KMS yang merupakan standar baku dari *World Health Organisation* (WHO) yang dikeluarkan oleh NCHS (*National Center Health Statistics*) kurang menggambarkan perilaku pertumbuhan balita yang ada di Indonesia. Akibatnya, terdapat balita yang semestinya sehat, tetapi dalam KMS terdeteksi tidak sehat, dan begitupula sebaliknya. Oleh sebab itu, untuk wilayah Indonesia yang memiliki kondisi geografis berbeda dengan negara-negara di dunia memerlukan rancangan KMS sendiri yang dapat mewakili pola tumbuh kembang balita.

Rancangan KMS yang melibatkan berat badan dengan usia balita dapat dipolakan melalui pendekatan analisis regresi. Analisis regresi merupakan suatu metode yang dapat menjelaskan pola hubungan antara respon dengan prediktor baik secara parsial maupun simultan. Pola hubungan yang terbentuk digambarkan

kurva regresi yang dapat diduga dengan pendekatan regresi parametrik dan nonparametrik. Hardle (1990) menjelaskan bahwa pendekatan regresi nonparametrik digunakan pada saat pola hubungan antara variabel respon dan



variabel prediktor tidak diketahui bentuknya atau tidak tersedia informasi terkait pola. Regresi nonparametrik juga dapat digunakan untuk data yang berpola parametrik, namun pada data terdapat perubahan pola yang lain untuk interval tertentu yang tidak dapat ditunjukkan dengan pendekatan parametrik.

Tumbuh kembang anak yang bervariasi pada setiap bulan pengamatan menyebabkan pendekatan regresi yang cocok digunakan adalah regresi nonparametrik. Analisis tumbuh kembang balita melalui regresi nonparametrik telah digunakan pada data balita di Provinsi Jawa Timur. Wicaksono (2011) memodelkan kondisi balita di Jawa Timur dengan pendekatan spline terbobot. Chamidah, dkk (2013) menggunakan estimator polynomial lokal dan Chamidah dkk (2012) menggunakan kernel dalam memodelkan balita di Kota Surabaya. Salah satu estimator lain yang dapat digunakan untuk menganalisis tumbuh kembang balita adalah *penalized spline*. Islamiyati dkk (2018, 2019) telah mengembangkan estimator *penalized spline* yang memuat fungsi *goodness of fit* dan fungsi penalti. Keunggulan *penalized spline* ada pada kemampuan estimasi yang lebih akurat karena sudah melibatkan titik knot dan parameter penghalus secara simultan dalam mengontrol kemulusan kurva.

Berdasarkan uraian tersebut, penulis akan memodelkan kondisi balita di Sulawesi Selatan dan membuat satu bentuk KMS standar Provinsi Sulawesi Selatan melalui pendekatan regresi nonparametrik. Pembuatan KMS didasarkan pada berat badan berdasarkan umur setiap balita dengan estimator yang akan digunakan adalah *penalized spline* kuadrat.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang, rumusan masalah dalam penelitian ini adalah:

1. Bagaimana model pertumbuhan balita di Provinsi Sulawesi Selatan dengan pendekatan regresi *penalized spline* kuadrat ?
2. Bagaimana bentuk KMS standar Provinsi Sulawesi Selatan yang dirancang menggunakan pendekatan regresi *penalized spline* kuadrat ?

Rumusan Masalah

Rumusan masalah pada penelitian ini adalah sebagai berikut :



1. Penggunaan titik knot 1-3.
2. Variabel respon yang digunakan adalah berat badan balita sedangkan variabel prediktor adalah umur balita.
3. Pemilihan model terbaik berdasarkan nilai *Generalized Cross Validation* (GCV) minimum.

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian yang ingin dicapai untuk menyelesaikan permasalahan diatas adalah sebagai berikut:

1. Mendapatkan model pertumbuhan balita di Sulawesi Selatan dengan pendekatan *penalized spline* kuadratik.
2. Membuat bentuk KMS standar Provinsi Sulawesi Selatan yang dirancang menggunakan pendekatan regresi *penalized spline* kuadratik.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat yang dapat diperoleh pada proposal penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagi mahasiswa
Menambah wawasan keilmuan mengenai penerapan ilmu statistika terutama penggunaan metode regresi nonparametrik *penalized spline* untuk menduga pola pertumbuhan balita.
2. Bagi masyarakat
Menjadi bahan acuan bagi orang tua dan petugas yang terkait di Provinsi Sulawesi Selatan dalam mengawasi pertumbuhan balita.
3. Bagi pemerintah
Menjadi bahan pertimbangan bagi pemerintah Indonesia untuk beralih menggunakan rancangan grafik standar pertumbuhan nasional.



BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 Status Gizi dan Pertumbuhan Balita

Pertumbuhan merupakan salah satu perubahan secara fisik yang terjadi pada makhluk hidup. Pertumbuhan berkaitan dengan masalah perubahan ukuran, besar, jumlah atau dimensi yang dapat diukur sehingga bersifat kuantitatif (Chamidah, 2009). Pada manusia pertumbuhan terjadi secara signifikan pada usia balita. Balita merupakan fase anak usia 0-60 bulan yang rentan terhadap berbagai penyakit. Usia balita disebut juga dengan *golden age* yang berarti usia emas. Hal ini dikarenakan pertumbuhan kondisi fisik sedang dalam masa pertumbuhan terbaiknya menyebabkan proses pertumbuhan balita bervariasi pada setiap periode usia.

Pertumbuhan balita sangat erat kaitannya dengan gizi yang diterima oleh balita. Ditinjau dari faktor anak, status gizi anak merupakan hal penting yang mempengaruhi pertumbuhan dan perkembangannya (Insani, 2015). Gizi yang terpenuhi akan mengakibatkan proses pertumbuhan balita menjadi terjamin, sedangkan apabila gizi balita tidak terpenuhi akan mengakibatkan proses pertumbuhan balita menjadi terganggu. Maka dari itu perlu sejak dini untuk terus memantau status gizi pada balita untuk mencegah terganggunya proses pertumbuhan pada balita. Apabila gangguan proses pertumbuhan terus terjadi tanpa adanya tindakan pencegahan maka akan terbentuk kecacatan pada anak, namun jika sudah dideteksi sejak dini, orang tua dapat melakukan tindakan intervensi agar tahap tumbuh kembang anak dapat berjalan dengan baik.

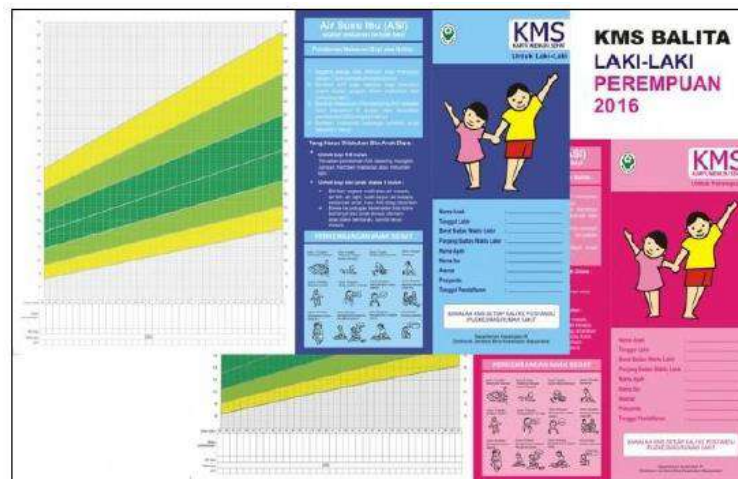
2.2 Kartu Menuju Sehat

David Morley merupakan pelopor yang menggunakan kartu pertumbuhan anak yang disebut *road to health chart* pada tahun 1975 di desa Imesi, Nigeria (Nurhidayah, dkk, 2002). Kartu pertumbuhan anak merupakan kurva berat badan anak 0-5 tahun terhadap umurnya. Karena kelengkapan kartu tersebut untuk balita, maka disebut Kartu Menuju Sehat (KMS). Organisasi UNICEF menggunakan kartu KMS sebagai komponen integral untuk layanan kesehatan



primer yang sangat bermanfaat bagi negara-negara berkembang. Menurut Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia No.155/MenKes/Per/I/2010, KMS adalah kartu yang memuat kurva pertumbuhan normal anak berdasarkan indeks antropometri berat badan berdasarkan usia. Kurva yang tercantum dalam KMS dapat menunjukkan gangguan pertumbuhan atau resiko kelebihan gizi sejak dini, sehingga dapat dilakukan tindakan pencegahan. Bentuk dan konten dari KMS di Indonesia saat ini mengacu pada standar antropometri yang sudah direvisi sebanyak tiga kali dan sekarang menggunakan acuan Standar Antropometri WHO 2005.

Kartu Menuju Sehat di Indonesia memiliki tiga fungsi utama, diantaranya sebagai alat pemantauan gizi balita yang dapat diketahui dari grafik pertumbuhan anak yang diukur tiap bulannya, sebagai catatan pelayanan kesehatan anak yang dapat diketahui dari pemberian nutrisi kepada anak dan fungsi yang terakhir adalah sebagai alat edukasi melalui pesan-pesan kesehatan yang tertera pada KMS. Saat ini, KMS digunakan di Indonesia dibedakan berdasarkan jenis kelamin. Hal ini dikarenakan fisik balita antara laki-laki dan perempuan jelas berbeda. Berikut adalah tampilan dari KMS yang berlaku di Indonesia:

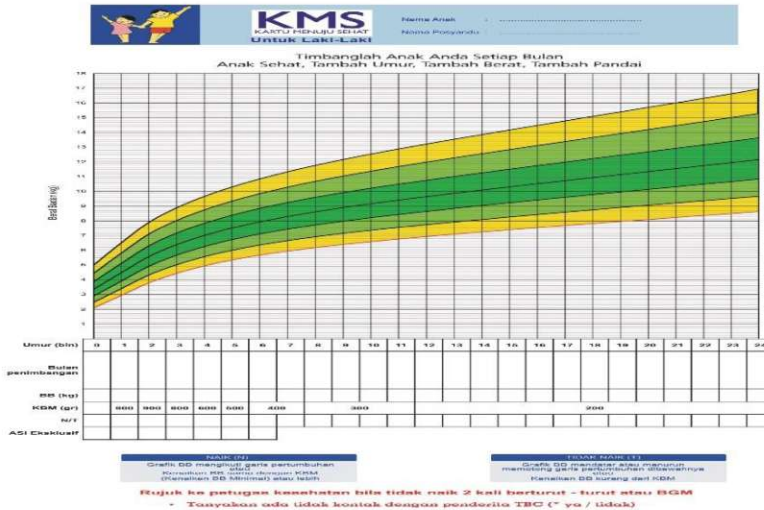


Gambar 2.1 Kartu Menuju Sehat Balita di Indonesia Berdasarkan Jenis Kelamin
(Kemenkes,2019)

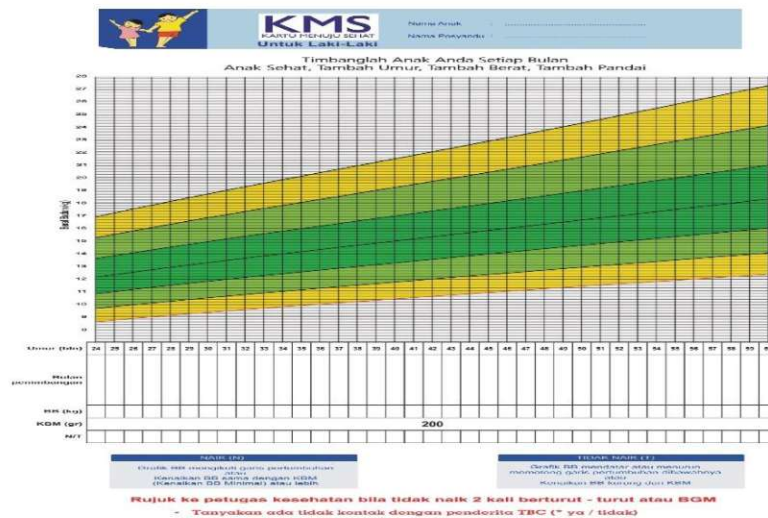


la grafik pertumbuhan balita berat badan menurut umur balita dapat pada Gambar 2.2 dan Gambar 2.3 untuk balita laki-laki dan Gambar 2.4 bar 2.5 untuk balita perempuan. Grafik yang ditampilkan oleh dibedakan

pada usia 0-2 tahun dan usia 2-5 tahun. Berikut adalah tampilan dari grafik standar pertumbuhan WHO :

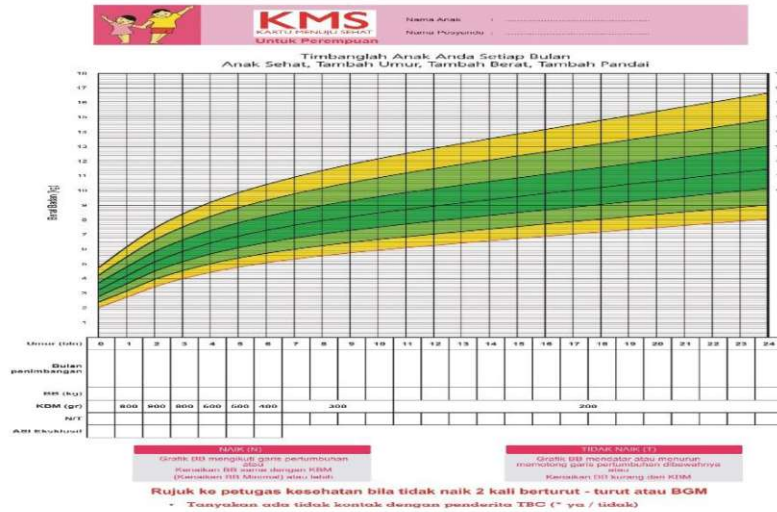


Gambar 2.2 Grafik Standar Pertumbuhan WHO 2005 Berdasarkan Berat Badan Menurut Umur Balita Laki-laki dengan Sistem Persentil Usia 0-2 Tahun (Kemenkes, 2019)

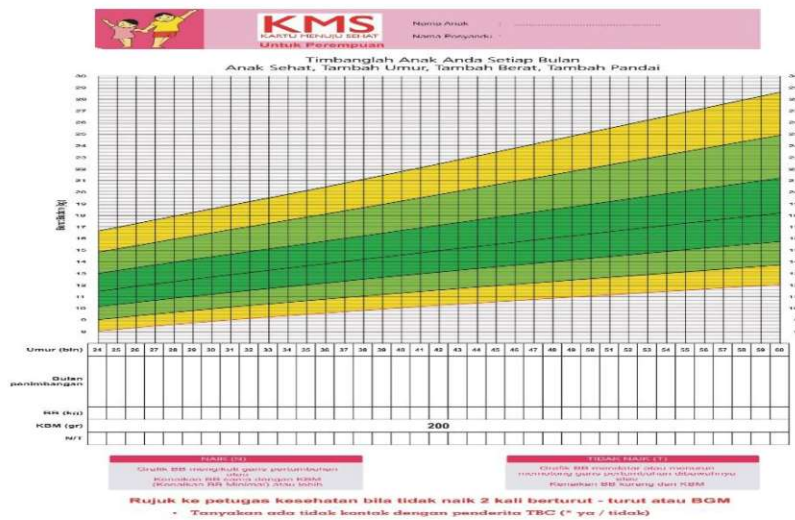


Gambar 2.3 Grafik Standar Pertumbuhan WHO 2005 Berdasarkan Berat Badan Menurut Umur Balita Laki-laki dengan Sistem Persentil Usia 2-5 Tahun (Kemenkes, 2019)





Gambar 2.4 Grafik Standar Pertumbuhan WHO 2005 Berdasarkan Berat Badan Menurut Umur Balita Perempuan dengan Sistem Persentil Usia 0-2 Tahun (Kemenkes, 2019)



Gambar 2.5 Grafik Standar Pertumbuhan WHO 2005 Berdasarkan Berat Badan Menurut Umur Balita Perempuan dengan Sistem Persentil Usia 2-5 Tahun (Kemenkes, 2019)



2.3 Persentil

Kartu Menuju Sehat di Indonesia menerapkan beberapa perhitungan pertumbuhan balita seperti Z-Score (SD), nilai persen terhadap median dan persentil. Persentil merupakan salah satu cara untuk menentukan batas ambang pertumbuhan balita di Indonesia yang menampilkan posisi individu dalam sebaran populasi rujukan (Supriasa, 2002). Persentil merupakan titik atau nilai yang membagi distribusi data menjadi seratus bagian yang sama besar. Nilai tersebut dinotasikan dengan $P_1, P_2, P_3, \dots, P_{99}$ yang menunjukkan bahwa 1% dari keseluruhan data terletak di bawah P_1 , 2% dari keseluruhan data terletak di bawah P_2 , dan seterusnya. Berdasarkan KMS standar WHO, Ukuran persentil dibedakan menjadi $P_3, P_{15}, P_{50}, P_{85}$ serta P_{97} . Balita dikatakan normal apabila letak persentilnya berada pada interval persentil 15 dan 85, dikatakan kurang apabila berada dibawah persentil 3, dan dikatakan lebih apabila berada diatas persentil 97. Letak persentil ke i pada data tunggal diperoleh berdasarkan persamaan berikut :

$$P_i = X_{\left[\frac{i(n+1)}{100}\right]}, i = 1, 2, \dots, 99 \quad (2.1)$$

Penentuan nilai persentil dapat melalui data asalnya atau melalui sebaran frekuensinya.

2.4 Kriteria Goodness of Fit

Pada penentuan kriteria *goodness of fit*, terdapat dua kriteria diantaranya:

- a. *Mean Square Error* / Kuadrat Tengah Galat.

Mean Square Error (MSE) diperoleh dari rata-rata harapan kuadrat perbedaan estimator disekitar nilai parameter populasi sebenarnya (Eubank, 1988). MSE dapat dirumuskan sebagai berikut:

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



$(x_i) = \hat{y}$

b. Koefisien Determinasi

Koefisien determinasi (R^2) digunakan untuk mengukur besarnya variasi nilai variabel respon yang dapat dijelaskan oleh variabel prediktor, dan nilainya berkisar antara $0 \leq R^2 \leq 1$. Koefisien determinasi dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$R^2 = 1 - \frac{SSE}{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}$$

Dengan $SSE = (y_i - \hat{f}(x_i))^2$. Semakin nilai R^2 mendekati nilai 1 maka dapat diartikan bahwa model regresi dapat menjelaskan variasi pada variabel respon (y) dengan baik dan apabila semakin nilai R^2 menjauhi nilai 1 maka dapat diartikan bahwa model regresi tidak dapat menjelaskan variasi pada variabel respon (y) dengan baik.

2.5 Regresi Nonparametrik

Pada analisis regresi, terdapat dua jenis pendekatan yaitu regresi parametrik dan nonparametrik. Regresi nonparametrik merupakan salah satu metode statistika dengan pendekatan regresi yang bentuk kurva dari fungsi regresinya tidak diketahui. Pada regresi nonparametrik kurva regresi hanya diasumsikan mulus (*smooth*) dalam arti termuat dalam suatu ruang fungsi tertentu sehingga mempunyai sifat fleksibilitas yang tinggi (Winarti, 2010). Model umum regresi nonparametrik dapat disajikan sebagai berikut (Eubank, 1998):

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

Dengan $f(x_i)$ adalah fungsi regresi yang belum diketahui, y_i adalah variabel respon pengamatan ke- i , x_i adalah variabel prediktor pengamatan ke- i , dan ε_i adalah *error random* dengan mean 0 dan variansi σ^2 . Regresi nonparametrik memiliki fleksibilitas yang tinggi dan bentuk estimasi kurva regresinya dapat menyesuaikan datanya tanpa dipengaruhi oleh faktor subyektifitas peneliti

1999).



2.6 Estimator Penalized Spline

Estimator *penalized spline* terbentuk dari fungsi *spline truncated* dalam kriteria *Penalized Least Square* (PLS). Estimator *penalized spline* menggunakan titik knot dan parameter penghalus secara simultan dalam mengestimasi fungsi regresi nonparametrik. Ruppert (1997) menjelaskan bahwa fungsi *truncated* dengan orde q yang berdasarkan pada titik knot $a < K_1 < \dots < K_d < b$, dinyatakan oleh $f(x_i)$ seperti pada persamaan (2.1). $f(x_i)$ dapat dinyatakan dalam bentuk matriks yaitu:

$$\underline{f}(x_i) = \underline{X}\underline{\beta}, \tag{2.3}$$

$$\text{dengan } \underline{X} = \begin{bmatrix} 1 & x_1 & \dots & x_1^q & (x_1 - K_1)_+^q & \dots & (x_1 - K_d)_+^q \\ 1 & x_2 & \dots & x_2^q & (x_2 - K_1)_+^q & \dots & (x_2 - K_d)_+^q \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 1 & x_n & \dots & x_n^q & (x_n - K_1)_+^q & \dots & (x_n - K_d)_+^q \end{bmatrix}, \text{ dan } \underline{\beta} = \begin{bmatrix} \beta_0 \\ \beta_1 \\ \vdots \\ \beta_q \\ \beta_{q+1} \\ \vdots \\ \beta_{q+d} \end{bmatrix}$$

dengan q menunjukkan orde spline dan d adalah banyaknya titik knot. Selanjutnya, persamaan (2.3) jika dinyatakan ke dalam bentuk fungsi spline kuadratik, maka matriks \underline{X} dan $\underline{\beta}$ menjadi (Islamiyati dkk, 2017):

$$\underline{X} = \begin{bmatrix} 1 & x_1 & x_1^2 & (x_1 - K_1)_+^2 & \dots & (x_1 - K_d)_+^2 \\ 1 & x_2 & x_2^2 & (x_2 - K_1)_+^2 & \dots & (x_2 - K_d)_+^2 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 1 & x_n & x_n^2 & (x_n - K_1)_+^2 & \dots & (x_n - K_d)_+^2 \end{bmatrix}, \text{ dan } \underline{\beta} = \begin{bmatrix} \beta_0 \\ \beta_1 \\ \beta_2 \\ \beta_3 \\ \vdots \\ \beta_{2+d} \end{bmatrix}$$

Ruppert (1997) dan Montoya, *et al.* (2014) menguraikan estimator *penalized spline* melalui kriteria PLS yang terbentuk dari fungsi *truncated* adalah sebagai berikut:

$$PLS = \left\{ \sum_{i=1}^n (y_i - f(x_i))^2 + \lambda \sum_{j=1}^d \beta_{(q+d)}^2 \right\} \tag{2.4}$$

berdasarkan persamaan (2.3) dan (2.4), estimasi PLS dapat ditulis sebagai berikut:

$$PLS = (\underline{y} - \underline{X}\underline{\beta})^T (\underline{y} - \underline{X}\underline{\beta}) + \lambda \underline{\beta}^T \underline{D} \underline{\beta} \tag{2.5}$$

adalah parameter penghalus, $\underline{\beta}$ adalah vektor parameter regresi *spline*,



dan \mathbf{D} adalah matriks diagonal yang berisi 0 sebanyak $q+1$ dan 1 sebanyak titik knot, atau $\mathbf{D} = \text{diag}(0_{2+1}, 1_d)$

Estimasi parameter $\underline{\beta}$ diperoleh dengan menurunkan PLS dalam persamaan (2.5) terhadap $\underline{\beta}$, yaitu :

$$\frac{\partial PLS}{\partial \underline{\beta}} = \underline{0}$$

Sehingga diperoleh:

$$\frac{\partial \underline{y}^T \underline{y} - 2 \underline{\beta}^T \mathbf{X}^T \underline{y} + \underline{\beta}^T \mathbf{X}^T \mathbf{X} \underline{\beta} + \lambda \underline{\beta}^T \mathbf{D} \underline{\beta}}{\partial \underline{\beta}} = \underline{0}$$

$$- 2 \mathbf{X}^T \underline{y} + 2 \mathbf{X}^T \mathbf{X} \underline{\beta} + 2 \lambda \mathbf{D} \underline{\beta} = \underline{0}$$

$$-2(\mathbf{X}^T \underline{y} - \mathbf{X}^T \mathbf{X} \underline{\beta} - \lambda \mathbf{D} \underline{\beta}) = \underline{0}$$

$$(\mathbf{X}^T \mathbf{X} + \lambda \mathbf{D}) \underline{\beta} = \mathbf{X}^T \underline{y}$$

$$\underline{\hat{\beta}} = (\mathbf{X}^T \mathbf{X} + \lambda \mathbf{D})^{-1} \mathbf{X}^T \underline{y} \quad (2.6)$$

Berdasarkan persamaan (2.6), estimasi fungsi regresi nonparametrik berdasarkan estimator penalized spline diperoleh seperti pada persamaan (2.7).

$$\hat{f}(x) = \mathbf{X}(\mathbf{X}^T \mathbf{X} + \lambda \mathbf{D})^{-1} \mathbf{X}^T \underline{y}$$

$$\hat{f}(x) = \mathbf{H} \underline{y} \quad (2.7)$$

dengan $\mathbf{H} = \mathbf{X}(\mathbf{X}^T \mathbf{X} + \lambda \mathbf{D})^{-1} \mathbf{X}^T$

Salah satu metode yang digunakan untuk memilih parameter *smoothing* dan titik knot optimal adalah *Generalized Cross Validation* (GCV) (Zia, 2017). Nilai GCV yang minimum menghasilkan parameter penghalus dan titik knot optimal dengan rumus sebagai berikut:

$$GCV = \frac{MSE}{(\text{tr}[I-H])^2} \quad (2.8)$$

$$\text{dengan } MSE = n^{-1} \sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2 \quad (2.9)$$

