

- Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
 2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

PENDUGAAN PREVALENSI KEKURANGAN ZAT BESI MENGGUNAKAN METODE INTERPOLASI KRIGING

SITI MUTIAH



**PROGRAM STUDI MAGISTER STATISTIKA DAN SAINS DATA
SEKOLAH SAINS DATA, MATEMATIKA, DAN INFORMATIKA
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2025**

PERNYATAAN MENGENAI TESIS DAN SUMBER INFORMASI SERTA PELIMPAHAN HAK CIPTA

Dengan ini saya menyatakan bahwa tesis dengan judul “Pendugaan Prevalensi Kekurangan Zat Besi Menggunakan Metode Interpolasi Kriging” adalah karya saya dengan arahan dari dosen pembimbing dan belum diajukan dalam bentuk apa pun kepada perguruan tinggi mana pun. Sumber informasi yang berasal atau dikutip dari karya yang diterbitkan maupun tidak diterbitkan dari penulis lain telah disebutkan dalam teks dan dicantumkan dalam Daftar Pustaka di bagian akhir tesis ini.

Dengan ini saya melimpahkan hak cipta dari karya tulis saya kepada Institut Pertanian Bogor.

Bogor, Juni 2025

Siti Mutiah
G1501231027

RINGKASAN

SITI MUTIAH. Pendugaan Prevalensi Kekurangan Zat Besi Menggunakan Metode Interpolasi Kriging. Dibimbing oleh MUHAMMAD NUR AIDI, ASEP SAEFUDDIN, FITRAH ERNAWATI.

Statistika spasial merupakan cabang ilmu statistik yang berfokus pada pemodelan dan analisis data yang memiliki unsur lokasi geografis. Dalam bidang kesehatan masyarakat, statistika spasial memungkinkan analisis dan pendugaan pada lokasi yang tidak memiliki data pengamatan langsung, dengan bantuan teknik interpolasi spasial. Salah satu metode yang banyak digunakan untuk tujuan ini adalah Kriging, yang memanfaatkan autokorelasi spasial antar titik data untuk melakukan pendugaan yang optimal. Penelitian ini memanfaatkan metode Ordinary Kriging dan Cokriging untuk menduga prevalensi kekurangan zat besi di Indonesia berdasarkan data simulasi dan data empiris. Penelitian ini bertujuan untuk: (1) melakukan simulasi metode interpolasi kriging dengan berdasarkan jumlah sampel dan tingkatan korelasi, (2) melakukan pendugaan prevalensi kekurangan zat besi pada wilayah kabupaten/kota tak tersampel di Pulau Sumatra, Jawa, Kalimantan, dan Sulawesi berdasarkan metode terbaik pada tujuan pertama, serta (3) melakukan klasifikasi hasil pendugaan sesuai kategori tingkat keparahan berdasarkan standar WHO.

Data simulasi dibandingkan dengan 12 skenario, dan performa masing-masing metode dievaluasi berdasarkan nilai RMSE dan koefisien determinasi (R^2). Data simulasi menunjukkan bahwa secara umum Cokriging menghasilkan dugaan yang lebih akurat dibandingkan Ordinary Kriging, ditunjukkan oleh nilai RMSE terendah sebesar 1,04 dan koefisien determinasi (R^2) tertinggi sebesar 0,945. Secara statistik, ini mengindikasikan bahwa Cokriging memiliki kesalahan pendugaan yang lebih kecil dan mampu menjelaskan variabilitas data dengan lebih baik.

Metode terbaik dari hasil simulasi kemudian diterapkan pada data empiris yang diperoleh dari Riset Kesehatan Dasar (Riskesdas) 2018. Data tersebut mencakup kadar ferritin dan C-Reactive Protein dari 15.045 individu yang tersebar di 154 kabupaten/kota di Indonesia. Hasil analisis empiris menunjukkan adanya hubungan positif yang kuat antara kadar ferritin dan CRP di Indonesia. Pendugaan dilakukan pada wilayah tak tersampel menggunakan pendekatan spasial, dengan validasi model dilakukan melalui *Leave One Out Cross Validation* (LOOCV). Model terbaik di tiap pulau ditunjukkan oleh nilai ME, MSE, dan RMSE yang rendah: Sumatra (0,074; 0,0087; 0,094), Jawa (0,074; 0,0082; 0,091), Kalimantan (0,059; 0,0062; 0,079), dan Sulawesi (0,104; 0,011; 0,074).

Berdasarkan kategori anemia kekurangan zat besi Kota Pare-Pare masuk kategori keparahan tinggi (40%), namun tingginya prevalensi di wilayah ini perlu dicermati lebih lanjut karena kemungkinan disebabkan oleh jumlah sampel yang sangat sedikit. Sebanyak 132 kabupaten/kota kategori sedang (20–39,9%) seperti Kabupaten Tapanuli Tengah (33,33%), 274 kabupaten/kota masuk kategori ringan (5–19,9%) seperti Kabupaten Muara Enim (19,89%), dan hanya dua wilayah yakni Kabupaten Batang (1,33%) dan Minahasa Selatan (2,5%) masuk kategori tidak bermasalah (<4,9%). Penelitian ini diharapkan dapat menjadi masukan bagi perencanaan kebijakan untuk menetapkan prioritas intervensi di wilayah dengan prevalensi kekurangan zat besi yang lebih tinggi.

Kata kunci: Cokriging, kekurangan zat besi, Ordinary Kriging, pendugaan, interpolasi spasial

SUMMARY

SITI MUTIAH. Estimation of Iron Deficiency Prevalence Using Kriging Interpolation Method. Supervised by MUHAMMAD NUR AIDI, ASEP SAEFUDDIN, and FITRAH ERNAWATI.

Spatial statistics is a branch of statistics that focuses on modeling and analyzing data that has elements of geographic location. In the field of public health, spatial statistics enable the analysis and estimation of parameters at locations where direct observation data are not available, thanks to the use of spatial interpolation techniques. One method that is widely used for this purpose is kriging, which utilizes spatial autocorrelation between data points to make optimal estimates. This study employs the Ordinary Kriging and Cokriging methods to estimate the prevalence of iron deficiency in Indonesia, utilizing both simulation data and empirical data. This study aims to (1) to conduct simulations of the Kriging interpolation method based on sample size and correlation levels, (2) to estimate the prevalence of iron deficiency in unsampled districts/cities on the islands of Sumatra, Java, Kalimantan, and Sulawesi using the best method identified in the first objective, and (3) to classify the estimation results according to severity categories based on WHO standards.

Simulation data was generated with 12 scenarios, and the performance of each method was evaluated based on the Root Mean Squared Error (RMSE) and coefficient of determination (R^2) values. Simulation data shows that, in general, Cokriging produces more accurate estimates than Ordinary Kriging, indicated by the lowest RMSE value of 1.04 and the highest coefficient of determination (R^2) of 0.945. Statistically, this suggests that Cokriging has a more minor prediction error and is better able to explain data variability.

The best performing method from the simulation was subsequently applied to empirical data obtained from the 2018 Basic Health Research Survey (Riskesdas). This dataset includes ferritin and C-Reactive Protein (CRP) levels used as indicators of iron deficiency from 15,045 individuals across 154 districts/cities in Indonesia. The empirical analysis revealed a strong positive correlation between ferritin and CRP levels. Estimation in unsampled areas was conducted using a spatial approach, with model validation performed through Leave One Out Cross Validation (LOOCV). The best performing model for each island was determined based on low ME, MSE, and RMSE values: Sumatra (0,074; 0,0087; 0,094), Java (0,074; 0,0082; 0,091), Kalimantan (0,059; 0,0062; 0,079), and Sulawesi (0,104; 0,011; 0,074).

Based on the categories of iron deficiency anemia severity, Pare-Pare City falls into the high severity category (40%). A total of 132 districts/cities fall into the moderate category (20–39.9%), such as Tapanuli Tengah District (33.33%); 274 districts/cities are categorized as mild (5–19.9%), such as Muara Enim District (19.89%); and only two regions as Batang District (1.33%) and South Minahasa (2.5%) are categorized as not problematic (<4.9%). This study contributes to the application of geostatistical methods in health data analysis, particularly in mapping nutritional prevalence. The results are expected to serve as input for policymakers in setting priorities for interventions in areas with a higher prevalence of iron deficiency.

Keywords: Cokriging, estimation, iron deficiency, Ordinary Kriging, spatial interpolation



- Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
 2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

© Hak Cipta milik IPB, tahun 2025
Hak Cipta dilindungi Undang-Undang

Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan atau menyebutkan sumbernya. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik, atau tinjauan suatu masalah, dan pengutipan tersebut tidak merugikan kepentingan IPB.

Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apa pun tanpa izin IPB.

- Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
 2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

PENDUGAAN PREVALENSI KEKURANGAN ZAT BESI MENGUNAKAN METODE INTERPOLASI KRIGING

SITI MUTIAH

Tesis
sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
Magister pada
Program Studi Statistika dan Sains Data

**PROGRAM STUDI MAGISTER STATISTIKA DAN SAINS DATA
SEKOLAH SAINS DATA, MATEMATIKA, DAN INFORMATIKA
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2025**



@Hak cipta milik IPB University

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

Penguji Luar Komisi Pembimbing pada Ujian Tesis:
Dr. Yenni Angraini, M.Si.



Judul Tesis :Pendugaan Prevalensi Kekurangan Zat Besi Menggunakan Metode Interpolasi Kriging

Nama : Siti Mutiah

NIM : G1501231027

Disetujui oleh

Pembimbing 1:

Prof. Dr. Ir. Muhammad Nur Aidi, M.S.

Pembimbing 2:

Prof. Dr. Ir. Asep Saefuddin, M.Sc.

Pembimbing 3:

Prof. Dr. Fitrah Ernawati, M.Sc., APU.



Digitally signed by:
Muhammad Nur Aidi

Date: 8 Agu 2025 08:18:09 WIB
Verify at disign.ipb.ac.id



digitally signed
Asep Saefuddin
disign.ipb.ac.id

Diketahui oleh

Ketua Program Studi:

Dr. Agus Mohamad Soleh, S.Si., M.T.

NIP 197503151999031000



digitally signed
Agus Mohamad Soleh
disign.ipb.ac.id

Dekan Sekolah Sains Data, Matematika, dan Informatika :

Prof. Dr. Ir. Agus Bueno, M.Si., M.Kom.

NIP 196607021993021001



digitally signed
Agus Bueno
disign.ipb.ac.id

Tanggal Ujian:
1 Agustus 2025

Tanggal Lulus:

PRAKATA

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah subhanaahu wa ta'ala atas segala karunia-Nya sehingga karya ilmiah ini berhasil diselesaikan. Tema yang dipilih dalam penelitian yang dilaksanakan sejak bulan Februari 2024 ialah Proses Pendugaan dengan Metode kriging, dengan judul “Pendugaan Prevalensi Kekurangan Zat Besi menggunakan Metode Interpolasi Kriging”. Penelitian ini disusun sebagai salah satu syarat dalam menyelesaikan studi jenjang magister program studi statistika dan sains data.

Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan penelitian ini dapat diselesaikan atas bantuan dari beberapa pihak. Pada kesempatan ini penulis ingin mengucapkan terimakasih kepada:

1. Para pembimbing yakni Prof. Dr. Ir. Muhammad Nur Aidi, M.S., Prof. Dr. Ir. Asep Saefuddin, M.Sc., dan Ibu Prof. Dr. Fitrah Ernawati, M.Sc., APU. yang telah meluangkan waktu dan pikirannya untuk memberikan arahan, saran, dan motivasi selama penyusunan proposal ini.
2. Dosen Penguji yakni Ibu Dr. Yenni Angraini, M.Si. dan Moderator sidang Ibu Dr. Ir. Indahwati, M.Si. yang telah memberikan saran atau masukan pada penelitian ini.
3. Kedua orang tua dan kedua adik saya, Ibu Munarsih, Bapak Suryadi, Fitriyani Nufus, dan Azka Abdul Hafiz sebagai rasa hormat dan terima kasih atas segala yang diberikan. Tanpa dukungan, doa, kesabaran, motivasi, dan kasih sayang dari keluarga saya tidak akan sampai pada tahap ini.
4. Semua Dosen Statistika dan Sains Data IPB, sebagai tanda terima kasih atas ilmu dan pembelajaran yang telah diberikan.
5. Lembaga Pengelola Dana Pendidikan (LPDP) yang telah memberikan dukungan beasiswa.
6. Himpro Pascasarjana Statistika dan Sains Data, sebagai wadah bagi saya untuk belajar mengatur waktu dan menumbuhkan rasa tanggung jawab dalam setiap kegiatan semasa studi.
7. Teman-teman angkatan STA 2023, yang telah bersama-sama melalui berbagai tantangan, berbagi pengalaman, dan mendukung satu sama lain dalam perjalanan akademik ini.

Semoga karya ilmiah ini bermanfaat bagi pihak yang membutuhkan dan bagi kemajuan ilmu pengetahuan.

Bogor, Juli 2025

Siti Mutiah

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

DAFTAR ISI

DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR LAMPIRAN	xii
I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Manfaat	3
II TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Definisi dan Ruang Lingkup Statistika Spasial	4
2.2 Aplikasi Statistika Spasial dalam Kesehatan Masyarakat	5
2.3 Konsep Dasar dalam Geostatistik	7
2.4 Metode Interpolasi dalam Geostatistika	14
2.5 Validasi Silang	19
III METODE	21
3.1 Data	21
3.2 Tahap Penelitian	22
IV HASIL DAN PEMBAHASAN	26
4.1 Analisis Data Simulasi	26
4.2 Analisis Data Empiris	37
V Kesimpulan dan Saran	56
5.1 Kesimpulan	56
5.2 Saran	56
DAFTAR PUSTAKA	57
LAMPIRAN	60

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Nilai ambang batas kekurangan zat besi berdasarkan serum ferritin	6
Tabel 3. 1 Skenario simulasi	21
Tabel 4. 1 Evaluasi model menggunakan RMSE	33
Tabel 4. 2 Evaluasi model menggunakan R^2	34
Tabel 4. 3 Statistik deskriptif	37
Tabel 4. 4 Uji stasioneritas	39
Tabel 4. 5 Korelasi	39
Tabel 4. 6 Semivariogram eksperimental Pulau Sumatra	41
Tabel 4. 7 Semivariogram eksperimental Pulau Jawa	42
Tabel 4. 8 Semivariogram eksperimental Pulau Kalimantan	43
Tabel 4. 9 Semivariogram eksperimental Pulau Sulawesi	43
Tabel 4. 10 <i>Fitting</i> variogram teoritis	44
Tabel 4. 11 Validasi silang dan hasil evaluasi model	46

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Semivariogram <i>experimental</i> pada jarak tertentu	12
Gambar 2. 2 Ilustrasi pendugaan dengan Ordinary Kriging	14
Gambar 3. 1 Diagram alir pendugaan prevalensi kekurangan zat besi	22
Gambar 4. 1 Korelasi peubah primer dan sekunder	28
Gambar 4. 2 Variogram setiap skenario	29
Gambar 4. 3 Visualisasi pendugaan setiap skenario	31
Gambar 4. 4 <i>Boxplot</i> evaluasi model RMSE	32
Gambar 4. 5 <i>Boxplot</i> evaluasi model R^2	33
Gambar 4. 6 Prevalensi kekurangan zat besi perpulau pada data tersampel	38
Gambar 4. 7 Peta distribusi prevalensi kekurangan zat besi di Indonesia	38
Gambar 4. 8 Pendugaan Cokriging di Pulau Sumatra	47
Gambar 4. 9 <i>Boxplot</i> prevalensi kekurangan zat besi di Pulau Sumatra	48
Gambar 4. 10 Peta Pendugaan prevalensi kekurangan zat besi di Pulau Jawa	49
Gambar 4. 11 <i>Boxplot</i> prevalensi kekurangan zat besi di Pulau Jawa	50
Gambar 4. 12 Peta Pendugaan prevalensi kekurangan zat besi di Kalimantan	51
Gambar 4. 13 <i>Boxplot</i> prevalensi kekurangan zat besi di Kalimantan	52
Gambar 4. 14 Peta Pendugaan prevalensi kekurangan zat besi di Sulawesi	53
Gambar 4. 15 <i>Boxplot</i> prevalensi kekurangan zat besi di Sulawesi	53
Gambar 4. 16 Perbandingan prevalensi kekurangan zat besi	54
Gambar 4. 17 Kategori prevalensi kekurangan zat besi	55

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Jumlah sampel dari masing masing kabupaten/kota	61
Lampiran 2. Nilai dugaan prevalensi kekurangan zat besi di Pulau Sumatra	65
Lampiran 3. Nilai dugaan prevalensi kekurangan zat besi di Pulau Jawa	69
Lampiran 4. Nilai dugaan prevalensi kekurangan zat besi di Pulau Kalimantan	72
Lampiran 5. Nilai dugaan prevalensi kekurangan zat besi di Pulau Sulawesi	74
Lampiran 6. Tingkatan keparahan kekurangan zat besi di Indonesia	76

