



SMALL AREA ESTIMATION FOR LOGNORMAL DATA WITH SPATIAL DEPENDENCE AMONG SMALL AREAS

DIAN HANDAYANI



**STATISTICS AND DATA SCIENCE
FACULTY OF MATHEMATICS AND NATURAL SCIENCES
IPB UNIVERSITY
BOGOR
2022**



@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.



STATEMENT REGARDING THE DISSERTATION AND INFORMATION SOURCES AND COPYRIGHTS

I hereby declare that the dissertation entitled "Small Area Estimation for Lognormal Data with Spatial Dependence among Small Areas" is my work under supervision from the supervisory committee and has not been submitted in any form to any tertiary institution. Sources of information derived or quoted from published and unpublished works by other authors have been mentioned in the text and included in the Bibliography at the end of this dissertation.

I hereby assign the copyright of my writing to the IPB University, Indonesia.

Bogor, December 2022

Dian Handayani
G161150041

@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.

RINGKASAN

DIAN HANDAYANI. Pendugaan Area Kecil untuk Data Lognormal dengan Ketergantungan Spasial antar Area Kecil. Dibimbing oleh KHAIRIL ANWAR NOTODIPUTRO, ASEP SAEFUDDIN, dan I WAYAN MANGKU.

Kebutuhan statistik yang akurat saat ini semakin meningkat, tidak hanya untuk suatu populasi secara menyeluruh, tetapi juga untuk bagian (sub) dari suatu populasi. Data hasil suatu survey dapat digunakan sebagai salah satu sumber untuk menghasilkan statistik. Namun seringkali ketersediaan data contoh (*sample*) hasil survey sangat sedikit (atau bahkan tidak ada) pada beberapa bagian/subpopulasi, terutama pada subpopulasi yang tidak direncanakan pada awal survey. Hal ini disebabkan survey umumnya dirancang untuk menghasilkan statistik bagi suatu populasi secara keseluruhan.

Ukuran contoh yang sangat kecil pada suatu subpopulasi, jika digunakan untuk menghasilkan statistik berdasarkan metode pendugaan langsung (*direct estimation*) akan menghasilkan keragaman yang besar dan mengakibatkan statistik tersebut menjadi tidak reliabel. Terlebih lagi, jika pada suatu subpopulasi tidak tersedia amatan contoh, maka statistik pada subpopulasi tersebut tidak akan dapat dihasilkan.

Subpopulasi dengan karakteristik ukuran contoh yang kecil untuk dihasilkannya penduga langsung yang reliabel dinamakan area kecil (*small area*). Metode statistika yang menitikberatkan perhatiannya pada pendugaan parameter pada area kecil dinamakan *Small Area Estimation* (SAE). Untuk meningkatkan efektifitas kecilnya ukuran contoh pada area kecil, pendugaan parameter dapat dilakukan dengan menggunakan metode pendugaan tidak langsung (*indirect estimation*), melalui “peminjaman kekuatan (*borrowing strength*)” dengan cara memanfaatkan sumber-sumber informasi yang tersedia, misalnya sensus, survey atau catatan administrasi. “Peminjaman kekuatan” juga dapat dilakukan melalui eksploitasi struktur data yang tersedia seperti mempertimbangkan kemungkinan adanya ketergantungan spasial antar area.

SAE merupakan metode pendugaan parameter yang didasarkan pada suatu model statistik (*model-based*). Model statistik standar dalam SAE, yang pada umumnya merupakan model campuran (*mixed model*), digunakan untuk menduga parameter linier area kecil. Model standar SAE mengasumsikan bahwa peubah yang menjadi perhatian menyebar normal dan antar area kecil bersifat saling bebas.

Penelitian ini bertujuan mengembangkan penduga terbaik bagi suatu parameter area kecil, baik parameter linier maupun tak linier dimana peubah yang menjadi perhatian (*variable of interest*) tidak menyebar normal, namun menjulur ke arah kanan (menjulur ke nilai-nilai positif/*positively skewed*), dan antar area kecil saling bergantung spasial.

Parameter linier area kecil adalah parameter yang merupakan fungsi linier dari nilai-nilai peubah yang menjadi perhatian yang diamati pada suatu area kecil, sedangkan parameter tak linier area kecil adalah fungsi nonlinier dari nilai-nilai peubah yang menjadi perhatian pada suatu area kecil. Total atau rata-rata populasi dari suatu peubah yang menjadi perhatian pada suatu area kecil termasuk kategori parameter linier area kecil, sedangkan rasio atau kuantil dari suatu peubah tergolong parameter tak linier.

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.

Penduga dari parameter linier area kecil maupun parameter tak linier area kecil dalam penelitian ini dihasilkan berdasarkan model campuran unit-level spasial lognormal (*unit-level spatial lognormal mixed model*). Model ini merupakan pengembangan dari model standar SAE, yaitu dengan mengasumsikan bahwa peubah yang menjadi perhatian memiliki bentuk sebaran lognormal dan antar area kecil saling bergantung spasial yang mengikuti proses autoregresif simultan (*Simultaneously Autoregressive/SAR*).

Untuk menduga nilai dari peubah yang menjadi perhatian pada unit-unit yang tidak terpilih sebagai contoh, dikembangkan penduga spasial sintetis (*spatial synthetic estimator*) dan penduga terbaik empirik spasial (*Spatial Empirical Best Predictor/SEBP*). Penduga spasial sintetis dibangun berdasarkan nilai harapan tak bersyarat (*unconditional expectation*), sedangkan SEBP dibangun berdasarkan nilai harapan bersyarat (*conditional expectation*). Nilai harapan bersyarat untuk memperoleh SEBP dari parameter linier area kecil diperoleh secara analitik, sedangkan nilai harapan bersyarat untuk SEBP dari parameter tak linier area kecil diperoleh melalui simulasi Monte Carlo. Teknik Monte Carlo digunakan untuk memperoleh SEBP dari parameter tak linier area kecil karena dalam penghitungan nilai harapan bersyarat melibatkan integral berdimensi tinggi dan fungsi nonlinier yang tidak sederhana, sehingga perhitungan secara analitik sulit untuk dilakukan.

Kinerja SEBP untuk menduga parameter linier area kecil maupun parameter tak linier area kecil yang dikembangkan dalam penelitian ini dievaluasi melalui studi simulasi. Kinerja diukur melalui rata-rata bias relatif (*average relative bias/ARB*) dan rata-rata akar kuadrat tengah galat relatif (*average relative root mean square error/ARRMSE*). Hasil simulasi mengindikasikan bahwa SEBP dari parameter linier area kecil, dibandingkan dengan penduga spasial sintetis, penduga langsung, penduga tak bias linier terbaik empirik (*Empirical Best Linear Unbiased Predictor/EBLUP*) dan penduga terbaik empirik (*Empirical Best Predictor/EBP*), memiliki ARB yang cukup kecil bahkan memiliki ARRMSE yang paling kecil pada kondisi korelasi spasial kecil, sedang maupun tinggi. Begitu pula dengan hasil studi simulasi yang dilakukan untuk mengevaluasi kinerja SEBP dari parameter tak linier area kecil, mengindikasikan bahwa pada semua skenario simulasi, SEBP dari parameter tak linier area kecil dibandingkan dengan penduga langsung dan EBP, memiliki ARB dan ARRMSE yang lebih baik.

Dalam penelitian ini SEBP dari parameter linier area kecil diaplikasikan untuk menduga rata-rata pengeluaran per kapita rumah tangga per bulan untuk setiap kecamatan di Kabupaten Bogor serta Kota Bogor. Pendugaan ini didasarkan pada data hasil Survey Sosial Ekonomi Nasional 2018 (SUSENAS 2018) dan Potensi Desa 2018 (PODES 2018). Sementara itu SEBP dari parameter tak linier area kecil diaplikasikan untuk menduga indikator kemiskinan FGT (Foster, Greer dan Thorbecke) untuk setiap kecamatan di Kabupaten Bogor dan Kota Bogor yang didasarkan pada data hasil Survey Sosial Ekonomi Nasional 2007 dan Potensi Desa 2008 (PODES 2008).

Kata kunci: penduga terbaik empirik spasial, penduga spasial sintetis, parameter linier area kecil, parameter tak linier area kecil, model campuran lognormal spasial unit-level.

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 mengumumkannya dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

SUMMARY

DIAN HANDAYANI. Small Area Estimation for Lognormal Data with Spatial Dependence among Small Areas. Supervised by KHAIRIL ANWAR NOTODIPUTRO, ASEP SAEFUDDIN dan I WAYAN MANGKU.

The need for accurate statistics is currently increasing, not only for the whole population, but also for some parts (subs) of population. Data from a survey can be used as information source for producing the statistics. Unfortunately, most of surveys are usually designed to produce some statistics for a whole population. Consequently, the survey data is often too small (or could be zero) for producing some statistics by direct estimation method in some subpopulations, especially for those are not planned in the survey. Statistics which are produced by direct estimation method will have large standard error if they are based on very small sample size. Moreover, if the sample size is zero then the statistics by direct estimation method cannot be obtained.

The subs of population which the selected sample from it is not large enough for producing reliable direct estimates is known by small area. A statistical method that focuses on estimating some parameters in a small area is called by Small Area Estimation (SAE). To increase the effectiveness of small sample size in small areas, it is necessary to consider indirect estimation method which can be implemented by 'borrowing strength', utilizing some information from some resources, such as censuses, surveys or administrative records. Furthermore, 'borrowing strength' also could be implemented by exploiting data structures, such as considering the possibility of spatial dependence among small areas.

SAE is a method for estimating parameter which is model-based. The standard SAE models, which are usually mixed models, are employed for estimating a linear small area parameter. The model assumes that the variable of interest follows normal distribution and there is no correlation among small areas.

This dissertation aims to develop the best predictor of linear small area parameter as well as nonlinear small area parameter whenever the variable of interest follows positively skew distribution and among small areas is spatially correlated.

A linear small area parameter is a linear function of the population values of a variable of interest in a given small area. On the other hand, a nonlinear small area parameter is a nonlinear function of the population values of a variable of interest. A total or mean population of a variable of interest in a given small area is an example of linear small area parameter whereas a ratio or quantile is a nonlinear parameter.

The estimates of linear small area parameter as well as nonlinear small area parameter are derived under our proposed model, namely a unit-level spatial lognormal mixed model. This model assumes that the variable of interest follows log normal distribution and among small areas are spatially correlated by following Simultaneously Autoregressive (SAR) process.

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 mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

To predict the values of variable of interest for non-sampled units, it has been proposed the spatial synthetic estimator (SYNT) and the Spatial Empirical Best Predictor (SEBP). The SYNT predicts the non-sampled values by its unconditional expectation whereas the SEBP predicts them by its conditional expectation. The conditional expectation for obtaining the SEBP of linear small area parameter is calculated analytically. On the other hand, the conditional expectation for obtaining the SEBP of nonlinear small area parameter is approximated by Monte Carlo simulation because the conditional expectation involves high dimensional integral and complexity nonlinear function.

The performance of the SEBP of linear small area parameter as well as the SEBP of nonlinear small area parameter, in terms of average relative bias (ARB) and average relative root mean square error (ARRMSE), are evaluated by simulation studies. The results of simulation studies indicate that the SEBP of linear small area parameter, compared to the spatial synthetic estimates, direct estimates, empirical best linear unbiased predictor (EBLUP) and empirical best predictor (EBP), has not only the small enough ARB but also has the smallest ARRMSE over the small, medium and large spatial correlation. Likewise, the simulation studies which are carried out to evaluate the performance of the SEBP of nonlinear small area parameter, compare to the direct estimates and EBP, indicate that the SEBP has good ARB and ARRMSE for all of simulation scenarios.

The SEBP of linear small area parameter has been applied for estimating the average of monthly household per capita expenditure for each kecamatan (district) in Kabupaten Bogor (Bogor Regency) and Kota Bogor (Bogor Municipality). The estimates are based on data from Survey Sosial Ekonomi Nasional/SUSENAS 2018 (National Socio-Economic Survey 2018) and Potensi Desa/PODES 2018 (Village Potential 2018). On the other hand, the SEBP of nonlinear small area parameter has been applied for estimating the FGT (Foster Greer Thorbecke) poverty indicators for each district in Bogor Regency and Bogor Municipality. The estimates of FGT are calculated by utilizing data from National Socio-Economic Survey 2007 (SUSENAS 2007) and the Village Potential 2008 (PODES 2008).

Keywords: spatial empirical best predictor, spatial synthetic estimator, linear small area parameter, nonlinear small area parameter, unit-level spatial lognormal mixed model.

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 mengumumkannya dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



@Hak cipta milik IPB University

IPB University

© Copyrights Belong to IPB University, 2022
Copyright protected by law

It is forbidden to cite part or all of this manuscript without acknowledging or mentioning the source. Citations are only for the purposes of education, research, writing scientific papers, reports, criticism or reviewing a problem and the citation is not detrimental to IPB University.

It is prohibited to publish and reproduce part or all of this manuscript in any form without permission from 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.



SMALL AREA ESTIMATION FOR LOGNORMAL DATA WITH SPATIAL DEPENDENCE AMONG SMALL AREAS

DIAN HANDAYANI

Dissertation
as one of the requirements for obtaining a doctoral degree
on Statistics and Data Science

**STATISTICS AND DATA SCIENCE
FACULTY OF MATHEMATICS AND NATURAL SCIENCES
IPB UNIVERSITY
BOGOR
2022**



@Hak cipta milik IPB University

IPB University

IPB University
Bogor Indonesia



- 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.

External Examiners on Closed Examination:

1. Dr. Ir. Indahwati, M.Si.
2. Dr. Kusman Sadik, M.Si.



External Promotors on Doctoral Promotion:

1. Prof. Dr. Suyono, M.Si.
2. Prof. Dr. Ir. Hari Wijayanto, M.S.



Title of Dissertation : Small Area Estimation for Lognormal Data with Spatial Dependence among Small Areas

Name : Dian Handayani

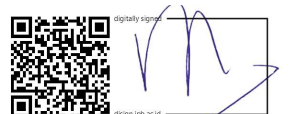
Student ID : G161150041

Approved by

Supervisor:
Prof. Dr. Ir. Khairil Anwar Notodiputro, M.S.

Co-Supervisor:
Prof. Dr. Ir. Asep Saefuddin, M.Sc.

Co-Supervisor:
Prof. Dr. Ir. I Wayan Mangku, M.App.Sc.



Acknowledge by:

Head of Doctoral Study Program:
Prof. Dr. Ir. Khairil Anwar Notodiputro, M.S.
NIP 195604041980111002

Dean of The Faculty of Mathematics and Natural Sciences
Dr. Berry Juliandi, S.Si.,M.Si.
NIP 197807232007011001



Date of Closed Examination: January 27th, 2022

Date of Doctoral Promotion: December 16th, 2022

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 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.

ACKNOWLEDGEMENTS

Alhamdulillahirobbil ‘aalamiin, all praises are to Allah Subhanahu Wa Ta’ala for His blessing so that this dissertation entitled “Small Area Estimation for Lognormal Data with Spatial Dependence among Small Areas” can be finished.

First of all, I would like to express my deepest gratitude to my supervisor, Prof. Dr. Ir. Khairil Anwar Notodiputro, M.S. His support, enthusiasm, and remarkable knowledge have made my doctoral research journey extremely beneficial and instructive.

I would like to express my appreciation to my co-supervisor Prof. Dr. Ir. Asep Saefuddin, M.Sc. and Prof. Dr. Ir. I Wayan Mangku, M.App.Sc for their valuable suggestions and help in my PhD research.

I am also very thankful to Prof. Henk Folmer, Prof. Arno J. van der Vlist and Prof. Marco Andreas Grzegorzczak from University of Groningen, The Netherlands, who always been there giving me encouragement and valuable advice and important suggestions.

To my colleagues at Study Program of Statistics, Study Program of Mathematics, Study Program of Mathematics Education, Study Program of Computer Science and Study Program of Magister of Mathematics Education in Universitas Negeri Jakarta, thank you for being there for me like my family and thank you for providing me to study further.

I also appreciate all lectures and staffs in Department of Statistics IPB University for helpful comments throughout my graduate study. To all my friends in Doctoral Program of Statistics and Data Science IPB University, especially for Yenni Angraini, Triyani Hendrawati, Restu Arisanti and Kutha Ardana, I say thank you for valuing our companionship and bringing so much to my life every day.

I would like to thank my parents, the memory of my father, M. Halil Sugandi, my mother, Yoyoh Rodiah, the memory of my father-in-law, Hadian Supratman, the memory of my mother-in-law, Masnah Suryati, for their prayer, love and encouragement throughout my education.

I would also like to thank my lovely husband, Anang Kurnia, for his constant support. Without his continuous support and advice, this dissertation would not have been possible. Thank my dearest son, M. Irfan Hanifiandi Kurnia, for his beautiful smiles. You make my life more meaningful.

Lastly but not least, I would like to dedicate this work to Ponogoro fams: my brother, Dede Hidayat, my sisters, Ninik Haeruni and Yunita Rahayu, my cousin Irma Rahmawati, my aunty Ipoh Casripah, my aunty Etty Hayati, my uncle Lan Harlan, my cousin Helma, Kiki, Ririn, and Dahlan fams. They have been my cheerleaders and are very supportive of me throughout my dissertation.

Special thanks got to the Ministry of Education, Culture, Research, and Technology which has support this research through Beasiswa Pendidikan Pascasarjana Dalam Negeri/BPPDN, Hibah Penelitian Disertasi Doktor and Beasiswa Peningkatan Karya Ilmiah dan Publikasi Internasional/PKPI.

Bogor, December 2022

Dian Handayani



@Hak cipta milik IPB University

IPB University



IPB University
— Bogor Indonesia —

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.

CONTENTS

LIST OF TABLES	xv
LIST OF FIGURES	xv
LIST OF APPENDICES	xvi
I INTRODUCTION	1
1.1 Background	1
1.2 Contribution of The Research	5
1.3 Dissertation Outline	7
II LITERATURE REVIEW	9
2.1 Small Area Estimation	9
2.2 Basic Small Area Models	10
2.3 Empirical Best Linear Unbiased Predictor (EBLUP)	14
2.4 Spatial Empirical Best Linear Unbiased Predictor (SEBLUP)	20
2.5 Small Area Estimation for Positively Skewed Data	29
III SPATIAL SYNTHETIC PREDICTOR OF LINEAR SMALL AREA PARAMETER BASED ON POSITIVELY SKEWED OUTCOME	41
3.1 Introduction	42
3.2 A Review of Small Area Estimators Based on a Linear Mixed Model	43
3.3 The Spatial Empirical Bayes / Spatial Synthetic Predictor	47
3.4 The performance of the SYNT compared to the EBP, EBLUP and the Direct Estimator: Evidence from Monte Carlo Simulation	49
3.5 Concluding Remarks	52
IV SPATIAL EMPIRICAL BEST PREDICTOR OF LINEAR SMALL AREA PARAMETER BASED ON POSITIVELY SKEWED OUTCOMES	63
4.1 Introduction	64
4.2 A Unit-Level Spatial Lognormal Mixed Model	65
4.3 The Spatial Synthetic Estimator	66
4.4 The Spatial Empirical Best Prediction	67
4.5 Simulation Studies	70
4.6 Application	76
4.7 Concluding Remarks	80
V SPATIAL EMPIRICAL BEST PREDICTOR OF NONLINEAR SMALL AREA PARAMETER BASED ON POSITIVELY SKEWED OUTCOMES	93
5.1 Introduction	93
5.2 The Spatial Empirical Best Prediction	94
5.3 The Parametric Bootstrap Estimator of the MSE of the SEBP	98
5.4 Simulation Studies	99
5.5 Application	103
5.6 Concluding Remarks	107
VI GENERAL DISCUSSION	115

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 mengumumkannya dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

VII CONCLUSION AND RECOMMENDATION	121
7.1 Conclusion	121
7.2 Recommendation	121
REFERENCES	123
CURRICULUM VITAE	131

@Hak cipta milik IPB University

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.

LIST OF TABLES

Table 3.1	\overline{ARB} and \overline{ARRMSE} of Direct, EBP, EBLUP and SYNT for moderately skewed data	51
Table 3.2	\overline{ARB} and \overline{ARRMSE} of Direct, EBP, EBLUP and SYNT for heavily skewed data	51
Table 4.1	The sample size and population size which are specified for each small area	72
Table 4.2	The ARB and ARRMSE of small area mean which is based on moderately skewed data	72
Table 4.3	The ARB and ARRMSE of small area mean which is based on heavily skewed data	73
Table 4.4	The Coverage Rate 95% for SEBP which is based on moderately skewed data	75
Table 4.5	The Coverage Rate 95% for SEBP which is based on heavily skewed data	75
Table 4.6	The Average of Coverage Rate for confidence interval of the SEBP under moderately skewed or heavily skewed and for some coefficients of spatial correlation	76
Table 4.7	The SEBP of average of Monthly Household per Capita Expenditure, the square root of MSE (SqrtMSE) and the relative square error (RSE) for 'kecamatan' (district) in Kabupaten Bogor and Kota Bogor	79
Table 5.1	Mean (Median) of Relative Bias and Mean (Median) of Relative RMSE of P0 over area for ten simulated populations for Direct, EBP and SEBP	102
Table 5.2	Mean (Median) of Relative Bias and Mean (Median) of Relative RMSE of P1 over area for ten simulated populations for DIR, EBP and SEBP	102
Table 5.3	Mean (Median) of Relative Bias and Mean (Median) of Relative RMSE of P2 over area for ten simulated populations for DIR, EBP and SEBP	103
Table 5.4	DIR, EBP and SEBP Estimates of P0, P1 and P2 for 'kecamatan' (district) in Kabupaten Bogor and Kota Bogor	106

LIST OF FIGURES

Figure 1.1	Position of this research, compared to some prior research	6
Figure 1.2	Scope of this research	6

Figure 3.1	The \overline{ARB} (a) and \overline{ARRMSE} (b) of Direct, EBP, EBLUP and SYNT for moderately skewed data	51
Figure 3.2	The \overline{ARB} (a) and \overline{ARRMSE} (b) of Direct, EBP, EBLUP and the SYNT for heavily skewed data	52
Figure 4.1	The average relative bias (ARB) and the average relative RRMSE (ARRMSE) for the SEBP compared to some others which is based on (a) moderately skewed data and (b) heavily skewed data	73
Figure 4.2	The shape of distribution of expenditure before and after taking logarithmi transformation	76
Figure 4.3	SEBP of Average of Monthly Household Per Capita Expenditure in Kabupaten Bogor	77
Figure 4.4	SEBP of Average of Monthly Household Per Capita Expenditure in Kota Bogor	78
Figure 5.1	Histogram of y_{ij} (i) and of $y_{ij}^{\#} = \log(y_{ij})$ (ii)	104
Figure 5.2	Boxplots of Direct Estimator (DIR), EBP and SEBP of P0 (i), P1(ii) and P2(iii) in Kabupaten Bogor and Kota Bogor	105
Figure 5.3	Spatial pattern of the P0_SEBP for Sub-Districts in Kabupaten Bogor and Kota Bogor	107

LIST OF APPENDICES

Appendix 3.1	The bias correction for \hat{y}_{ij}^{SEBP} if the log-transformed variable of interest does not strictly follow a normal distribution	54
Appendix 3.2	The MSE of $\hat{\mu}_i^{SEBP-c}$	58
Appendix 4.1	Derivation for Conditional Distribution of $v y^{\#}$	81
Appendix 4.2	Derivation for obtaining the \hat{y}^{SEBP}	85
Appendix 4.3	Derivation for REML Estimates of Parameter of Unit Level Spatial Lognormal Mixed Model	87
Appendix 4.4	The Results of Hypothesis Testing about Comparing the Mean of Bias and RRMSE of Direct, EBLUP, EBP, SYNT and SEBP for Moderately Skew Data	91
Appendix 4.5	The Results of Hypothesis Testing about Comparing the Mean of Bias and RRMSE of Direct, EBLUP, EBP, SYNT and SEBP for Heavily Skew Data	92
Appendix 5.1	Fitting Spatial Unit Level Model	109
Appendix 5.2	Derivation of Covariance Matrix of $y_{ir}^{\#} y_{is}^{\#}$	111

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.



Appendix 5.3	The Graph of Relative Bias and Relative MSE for FGT Poverty Measures for Skewed Data with Small Variance	112
Appendix 5.4	The Graph of Relative Bias and Relative MSE for FGT Poverty Measures for Skewed Data with Large Variance	113

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 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.