

**MODEL REGRESI PROBIT SPASIAL DENGAN PENDEKATAN
*RECURSIVE IMPORTANCE SAMPLING***

(Studi Kasus: Indeks Pembangunan Manusia di Provinsi Jawa Tengah Tahun
2020)

SKRIPSI

Untuk Memenuhi Sebagian Persyaratan Memperoleh
Derajat Sarjana S1 Program Studi Matematika (S.Mat)



Diajukan Oleh
FAJAR WAHYU NURCHOLIS
17106010030

PROGRAM STUDI MATEMATIKA

FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI

UIN SUNAN KALIJAGA

2022



SURAT PERSETUJUAN SKRIPSI/TUGAS AKHIR

Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga



FM-UINSK-BM-05-03/R0

SURAT PERSETUJUAN SKRIPSI/TUGAS AKHIR

Hal : Persetujuan Skripsi / Tugas Akhir

Lamp :

Kepada

Yth. Dekan Fakultas Sains dan Teknologi

UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta

di Yogyakarta

Assalamu'alaikum wr. wb.

Setelah membaca, meneliti, memberikan petunjuk dan mengoreksi serta mengadakan perbaikan seperlunya, maka kami selaku pembimbing berpendapat bahwa skripsi Saudara:

Nama : Fajar Wahyu Nurcholis

NIM 17106010030

Judul Skripsi : Model Regresi Probit Spasial Dengan Pendekatan Recursive Importance Sampling

sudah dapat diajukan kembali kepada Program Studi Matematika Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Strata Satu dalam Program Studi Matematika.

Dengan ini kami berharap agar skripsi/tugas akhir Saudara tersebut di atas dapat segera dimunaqsyahkan. Atas perhatiannya kami ucapkan terima kasih.

Wassalamu'alaikum wr. wb.

Yogyakarta, 01 Maret 2022

Pembimbing II

Pembimbing I

Mohammad Farhan Oudratullah, S.Si., M.Si.
NIP: 19790922 200801 1 011

Dr. Muhammad Wahid Musthofa, S.Si., M.Si.
NIP: 19800402 200501 1 003

PENGESAHAN TUGAS AKHIR



KEMENTERIAN AGAMA
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUNAN KALIJAGA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI

Jl. Marsda Adisucipto Telp. (0274) 540971 Fax. (0274) 519739 Yogyakarta 55281

PENGESAHAN TUGAS AKHIR

Nomor : B-731/Un.02/DST/PP.00.9/04/2022

Tugas Akhir dengan judul : MODEL REGRESI PROBIT SPASIAL DENGAN PENDEKATAN RECURSIVE IMPORTANCE SAMPLING

yang dipersiapkan dan disusun oleh:

Nama : FAJAR WAHYU NURCHOLIS
Nomor Induk Mahasiswa : 17106010030
Telah diujikan pada : Selasa, 22 Maret 2022
Nilai ujian Tugas Akhir : A-

dinyatakan telah diterima oleh Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta

TIM UJIAN TUGAS AKHIR



Ketua Sidang

Mohammad Farhan Qudratullah, S.Si., M.Si
SIGNED

Valid ID: 62539903e26ce



Penguji I

Sri Utami Zuliana, S.Si., M.Sc., Ph.D.
SIGNED

Valid ID: 6253980e3463f



Penguji II

Dr. Muhammad Wakhid Musthofa, S.Si.,
M.Si.
SIGNED

Valid ID: 623a83a8ced01



Yogyakarta, 22 Maret 2022

UIN Sunan Kalijaga
Dekan Fakultas Sains dan Teknologi

Dr. Dra. Hj. Khurul Wardati, M.Si.
SIGNED

Valid ID: 6253a8735b507

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Fajar Wahyu Nurcholis

NIM : 17106010030

Program Studi : Matematika

Fakultas : Sains dan Teknologi

Dengan ini menyatakan bahwa isi skripsi ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar sarjana di suatu Perguruan Tinggi dan sesungguhnya skripsi ini merupakan hasil pekerjaan penulis sendiri sepanjang pengetahuan penulis, bukan duplikasi atau saduran dari karya orang lain kecuali bagian tertentu yang penulis ambil sebagai bahan acuan. Apabila terbukti pernyataan ini tidak benar, sepenuhnya menjadi tanggung jawab penulis.

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA
Yogyakarta, 10 Maret 2022
Yang Menyatakan



Fajar Wahyu Nurcholis

PERSEMBAHAN

Dengan rasa syukur yang mendalam, dengan telah diselesaikannya Skripsi ini Penulis mempersembahkannya kepada:

1. Keluarga besar Penulis yang telah senantiasa membantu menyelesaikan Skripsi ini.
2. Segenap *civitas* akademika Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga Yogyakarta, staf pengajar, karyawan, dan seluruh mahasiswa semoga tetap semangat dalam beraktivitas mengisi hari-harinya di kampus Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga Yogyakarta.
3. Teman-teman Penulis baik itu teman kuliah seangkatan, adik kelas, kakak kelas pada Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga Yogyakarta, maupun teman-teman dari fakultas dan universitas lain yang telah banyak memberi masukan, semangat, dan arahan akhirnya dapat terselesaikan Skripsi ini.
4. Serta semua yang tidak bisa Penulis sebutkan satu persatu.

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

MOTTO

“Terkadang kita butuh jarak, agar memahami rasa sebenarnya. Seperti kata-kata yang butuh spasi, agar sanggup terbaca dengan baik.”

~Emha Ainun Nadjib~

“Banyak belum tentu cukup, Sedikitpun belum tentu kurang. Matematika Allah tidak sama dengan matematika manusia.”

~Emha Ainun Nadjib~

“Jadilah pribadi yang senantiasa membuat orang lain bersyukur akan adanya anda.”

~Emha Ainun Nadjib~

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

KATA PENGANTAR

Alhamdulillah, segala puji bagi Allah SWT yang telah melimpahkan Rahmat dan Hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “**Model Regresi Probit Spasial Dengan Pendekatan *Recursive Importance Sampling*** (Studi Kasus: Indeks Pembangunan Manusia (IPM) Di Provinsi Jawa Tengah Tahun 2020)” ini dengan baik. Sholawat serta salam semoga tercurahkan kepada Nabi Muhammad SAW, kepada keluarganya, kepada para sahabatnya, dan semoga kita termasuk umatnya yang kelak mendapat syafaatnya di hari akhir.

Keberhasilan skripsi ini tidak lepas dari bimbingan, dukungan dan arahan dari berbagai pihak, baik itu berupa pikiran, gagasan, motivasi dan doa.

Oleh karena itu, dengan kerendahan hati penulis mengucapkan rasa terima kasih kepada:

1. Prof. Dr. Phil. Al Makin S.Ag.,MA., selaku Rektor Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga Yogyakarta.
2. Dr. Hj. Khurul Wardati, M.Si., selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga Yogyakarta.
3. Muchammad Abrori, S.Si., selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga Yogyakarta
4. Mohammad Farhan Qudratullah, S.Si., M.Si., dan Dr. Muhammad Wakhid Musthofa, S.Si., M.Si., selaku pembimbing skripsi yang telah memberikan ilmu pengetahuan, pengalaman yang berharga kepada penulis, sehingga ilmu yang telah didapat mempermudah dalam penyusunan skripsi ini.
5. Bapak/Ibu Dosen dan Staff Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga atas ilmu, bimbingan dan pelayanan selama perkuliahan hingga penyusunan skripsi ini selesai.
6. Bapak Muh. Alkapi dan Ibu Ngatiyem, selaku orang tua penulis yang telah memberikan kasih sayang, doa yang tulus dan memberikan dukungan tiada henti kepada penulis, yang selalu setia menemani dan merestui setiap langkah penulis.

7. Muhammad Alan Firmansyah dan Hendra Prasetya Utama, selaku kedua kakak penulis, serta semua saudara yang telah memberikan kasih sayang, perhatian, motivasi dan mendoakan, yang selalu setia menjadi tempat curahan dan mendukung setiap langkah penulis.
8. Sahabat-sahabat seperjuangan saya, Muhammad Fian Saputra, Aji Bayu Saputro, Dharfan Ihlasul Iman, Aji Ichanul Fiqri, dan Faizal Resky Pamungkas.
9. Teman-teman satu bimbingan yang selalu menjadi teman bercanda, berbagi keluhan, berbagi pikiran dan tentunya saling menyemangati serta memberikan motivasi sehingga penulis lebih bersemangat dalam menyelesaikan skripsi ini.
10. Teman-teman prodi Matematika angkatan 2017 yang selalu menemani dan memberikan banyak pengalaman berharga selama ini.
11. Teman-teman Grup Pecimiring dan Sengkuni v1.7 yang senantiasa berbagi kebahagiaan dan hiburan selama masa sulit.
12. Semua pihak yang memberikan dukungan dan doa kepada penulis dalam menyelesaikan skripsi ini yang tidak bisa penulis sebutkan satu per satu.

Semoga Allah SWT menerima amal kebaikan beliau sekalian dan memberikan balasan yang lebih baik. Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih banyak kekurangan dan jauh dari kata sempurna. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun agar penulis dapat membuat karya dengan lebih baik lagi. Penulis berharap, semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat kepada para pembaca yang budiman.

Yogyakarta, 25 Februari 2022

Penulis

Fajar Wahyu Nurcholis

DAFTAR ISI

SURAT PERSETUJUAN SKRIPSI/TUGAS AKHIR	i
PENGESAHAN TUGAS AKHIR	ii
SURAT PERNYATAAN KEASLIAN	iii
PERSEMBAHAN	iv
MOTTO	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xv
DAFTAR SIMBOL	xvi
ABSTRAK	xviii
ABSTRACT	xix
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	5
1.3 Batasan Masalah.....	6
1.4 Tujuan Penelitian.....	6
1.5 Manfaat Penelitian.....	7
1.6 Tinjauan Pustaka	7
1.7 Sistematika Penulisan.....	9
BAB II LANDASAN TEORI	11
2.1 Data	11
2.1.1 Data Primer	11
2.1.2 Data Sekunder	12
2.2 Skala Pengukuran	12
2.3 Probabilitas	14
2.4 Variabel Random.....	15

2.4.1	Variabel Random Diskrit	15
2.4.2	Variabel Random Kontinu	16
2.4.3	Ekspetasi	17
2.4.4	Variansi	18
2.4.5	Kovariansi	20
2.4.6	Probabilitas Bersyarat	20
2.5	Matriks.....	21
2.5.1	Jenis Matriks	21
2.5.2	Operasi Matriks	23
2.5.3	Transpose Matriks.....	26
2.5.4	Matriks Simetris	27
2.5.5	Determinan Matriks	27
2.5.6	Matriks Singular.....	28
2.5.7	Invers Matriks	28
2.5.8	Aturan Cramer.....	29
2.5.9	Trace Matriks	29
2.6	Distribusi Normal.....	30
2.7	Distribusi Bernoulli	30
2.8	Distribusi Binomial	31
2.9	Estimasi	35
2.9.1	Pendugaan Parameter	35
2.9.2	Sifat-sifat Estimator	36
2.10	Maximum Likelihood Estimation (MLE)	37
2.11	Analisis Korelasi	41
2.12	Analisis Regresi.....	43
2.12.1	Tahapan dalam Analisis Regresi.....	43

2.12.2	Model Regresi Linear.....	44
2.12.3	Estimasi Parameter Regresi Linear Berganda.....	48
2.12.4	Asumsi Model Regresi Linear	55
2.12.5	Pengujian Parameter.....	56
2.13	Uji Multikolinearitas	60
2.14	Model Regresi Probit.....	60
2.15	Model Regresi Spasial.....	65
2.16	Matriks Pembobot Spasial.....	67
2.17	Uji Dependensi Spasial	70
2.18	Model Regresi Probit Spasial.....	71
2.19	<i>Recursive Importance Sampling</i>	74
2.20	Kriteria Kebaikan Model.....	78
2.21	Indeks Pembangunan Manusia.....	80
BAB III METODOLOGI PENELITIAN		82
3.1	Sumber Data	82
3.2	Variabel Penelitian	82
3.3	Tahapan Penelitian	85
3.4	Diagram Alur Penelitian / <i>Flowchart</i>	88
BAB IV PEMBAHASAN		89
4.1	Model Regresi Probit Spasial.....	89
4.2	Estimasi Parameter Regresi Probit Spasial.....	90
4.2.1	Metode MLE.....	90
4.2.2	Pendekatan RIS Simulator	94
4.3	Pengujian Parameter.....	100
4.4	Uji..Kesesuaian Model (<i>Goodness of Fit</i>).....	102
BAB V STUDI KASUS		103
5.1	Pemodelan Indeks.Pembangunan Manusia (IPM) di Provinsi Jawa Tengah Tahun 2020.....	103
5.1.1	Deskripsi IPM di Provinsi Jawa Tengah Tahun 2020.....	103
5.1.2	Identifikasi Multikolinearitas.....	110

5.1.3	Uji Dependensi Spasial Indeks Pembangunan Manusia di Jawa Tengah	111
5.1.4	Pengujian Parameter Simultan dan Parsial Model Regresi Probit Spasial.....	112
5.1.5	Interpretasi Model Regresi Probit Spasial.....	115
5.1.6	Kriteria Keباikan Model Regresi Probit Spasial	128
BAB VI PENUTUP		131
6.1	Kesimpulan.....	131
6.2	Saran	133
DAFTAR PUSTAKA		134
LAMPIRAN		138
CURRICULUM VITAE		168



DAFTAR TABEL

Tabel 1. 1 Tinjauan Pustaka	7
Tabel 2. 1 Struktur tingkatan skala pengukuran.....	14
Tabel 2. 2 Tingkat Hubungan Dua Variabel	42
Tabel 2. 3 Analisis Variansi Model Regresi Linear	57
Tabel 2. 4 Confusion Matrix	79
Tabel 3. 1 Variabel Penelitian	83
Tabel 3. 2 Definisi Operasional Variabel dan Satuan Variabel	84
Tabel 3. 3 Struktur Data Penelitian	85
Tabel 5. 1 Statistik Deskriptif Variabel.....	110
Tabel 5. 2 Nilai VIF dari Enam Variabel Prediktor	111
Tabel 5. 3 Uji Signifikansi Parameter Secara Parsial	114
Tabel 5. 4 Hasil Pengelompokan Data Aktual dan Prediksi Menurut Kabupaten/Kota di Jawa Tengah dengan Model Regresi Probit Spasial	119
Tabel 5. 5 Tabel Confusion Matrix Indeks Pembangunan Manusia	129

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3. 1 Diagram Alur Penelitian / Flowchart	88
Gambar 5. 1 Peta Sebaran IPM Berdasarkan Kabupaten/Kota di Jawa Tengah tahun 2020	104
Gambar 5. 2 Boxplot Dari Data Aktual IPM Berdasarkan Variabel Usia Harapan Hidup (X1).....	105
Gambar 5. 3 Boxplot Dari Data Aktual IPM Berdasarkan Variabel Harapan Lama Sekolah (X2).....	106
Gambar 5. 4 Boxplot Dari Data Aktual IPM Berdasarkan Variabel Pengeluaran Perkapita(X3).....	107
Gambar 5. 5 Boxplot Dari Data Aktual IPM Berdasarkan Variabel Tingkat Pengangguran Terbuka(X4).....	107
Gambar 5. 6 Boxplot Dari Data Aktual IPM Berdasarkan Variabel Persentase Penduduk Miskin(X5).....	108
Gambar 5. 7 Boxplot Dari Data Aktual IPM Berdasarkan Variabel Persentase Keluhan Kesehatan(X6).....	109
Gambar 5. 8 Peta Hasil dari Indeks Pembangunan Manusia Model Regresi Probit Spasial.....	118
Gambar 5. 9 Peta Pengelompokkan Data Aktual dan Prediksi Indeks Pembangunan Manusia.....	120
Gambar 5. 10 Boxplot Data Prediksi IPM Berdasarkan Variabel Usia Harapan Hidup(X1).....	121
Gambar 5. 11 Boxplot Data Prediksi IPM Berdasarkan Variabel Harapan Lama Sekolah(X2).....	122
Gambar 5. 12 Boxplot Data Prediksi IPM Menurut Variabel Pengeluaran Perkapita(X3).....	123
Gambar 5. 13 Boxplot Data Prediksi IPM Berdasarkan Variabel Tingkat Pengangguran Terbuka(X4).....	124
Gambar 5. 14 Boxplot Data Prediksi IPM Berdasarkan Variabel Persentase Penduduk Miskin(X5).....	125

Gambar 5. 15 Boxplot Data Prediksi IPM Berdasarkan Variabel Persentase
Penduduk yang Mengalami Keluhan Kesehatan(X6)..... 126



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Data Variabel Penelitian.....	138
Lampiran 2 Matriks Pembobot (Queen Contiguity)	140
Lampiran 3 R code dan Output Uji Multikolinearitas dan Regresi Probit Spasial dengan RIS Simulator (Dewanto, 2018).....	144
Lampiran 4 R code dan Output Uji Dependensi Spasial dan Uji Parameter Secara Simultan dan Parsial (Dewanto, 2018)	149
Lampiran 5 R code Prediksi Probabilitas, Confusion Matrix dan Efek Marginal (Dewanto, 2018)	152
Lampiran 6 Prediksi Probabilitas Kabupaten/Kota di Provinsi Jawa Tengah dari Model SAR Probit	154
Lampiran 7 Efek Marjinal Variabel Usia Harapan Hidup (X1) Terhadap Indeks Pembangunan Manusia	156
Lampiran 8 Efek Marjinal Variabel Harapan Lama Sekolah (X2) Terhadap Indeks Pembangunan Manusia	158
Lampiran 9 Efek Marjinal Variabel Pengeluaran Perkapita (X3) Terhadap Indeks Pembangunan Manusia	160
Lampiran 10 Efek Marjinal Variabel Tingkat Pengangguran Terbuka (X4) Terhadap Indeks Pembangunan Manusia	162
Lampiran 11 Efek Marjinal Variabel Persentase Penduduk Miskin (X5) Terhadap Indeks Pembangunan Manusia	164
Lampiran 12 Efek Marjinal Variabel Persentase Penduduk yang Mempunyai Keluhan Kesehatan (X6) Terhadap Indeks Pembangunan Manusia	166

DAFTAR SIMBOL

Simbol	Arti
Y	: Variabel respons
y_i	: data variabel respons pada pengamatan ke- i
x_{ik}	: data pengamatan ke- i dari variabel ke- k , dengan $k = 1, 2, \dots, p$
x_k	: Variabel prediktor ke- k , $k = 1, 2, 3, \dots, p$
\bar{x}_k	: Nilai rata-rata variabel respons ke- k
$E(Y)$: Ekspektasi dari variabel acak Y
$Var(Y)$: variansi dari variabel acak Y
σ^2	: Variansi dari variabel respons
μ	: <i>Mean</i> dari variabel respons
β	: Vektor parameter regresi probit biner
x_i	: Vektor data pengamatan ke- i dari variabel prediktor
$f(y, \theta, \phi)$: Fungsi densitas keluarga eksponensial
X	: Matriks variabel prediktor berukuran $n(p+1)$
$f(y, \pi)$: Fungsi densitas distribusi <i>Bernoulli</i>

- $\hat{\beta}$: Vektor penaksir parameter model probit biner
- $L(\beta)$: Fungsi *likelihood* parameter model probit biner
- $\ln L(\beta)$: Fungsi *log-likelihood* parameter model probit biner
- $g(\beta)(ax)$: Vektor *gradien parameter* model probit biner
- Ω : Himpunan parameter di bawah populasi regresi probit biner
- $\hat{\Omega}$: Himpunan parameter di bawah populasi regresi probit biner yang memaksimumkan fungsi *log-likelihood*
- ω : Himpunan parameter di bawah H_0 pada model probit biner
- G : Statistik uji signifikansi parameter model probit serentak
- W : statistik uji parameter model probit secara parsial
- $Var(\hat{\beta})$: Variansi penaksir β_k
- R_k^2 : Koefisien determinasi model probit dengan respons X_k dan prediktor variabel bebas yang lain
- w_{ij} : Bobot spasial yang diberikan pengamatan

ABSTRAK

MODEL REGRESI PROBIT SPASIAL DENGAN PENDEKATAN RECURSIVE IMPORTANCE SAMPLING

(Studi Kasus: Indeks Pembangunan Manusia di Jawa Tengah Tahun 2020)

Oleh:

Fajar Wahyu Nurcholis

17106010030

Model regresi probit adalah model yang berfungsi untuk mengidentifikasi hubungan variabel respon yang sifatnya kategorik terhadap variabel prediktor yang sifatnya numerik, kategorik atau campuran dari keduanya. Dalam kasus ini, data yang diperoleh dari variabel respon pada regresi probit yang sifatnya kategorik juga bisa dipengaruhi dari kebiasaan daerah di sekitarnya karena adanya autokorelasi spasial. Apabila pengaruh dari autokorelasi spasial ini dilewatkan dan tetap memakai model probit standar, sehingga akan menghasilkan pendugaan parameter yang bias serta tidak konsisten. Demi mengatasi kasus ini, telah dikembangkan yaitu metode analisis probit mempertimbangkan faktor spasialnya adalah regresi probit spasial. Pada beberapa metode pendugaan yang memakai regresi probit spasial, kemudian metode *recursive importance sampling* (RIS) memiliki performa yang paling baik bahkan melebihi metode yang lainnya pada tingkat akurasi. Metode itu selanjutnya diterapkan pada kasus indeks pembangunan manusia (IPM) di Jawa Tengah tahun 2020. Faktor yang paling berpengaruh signifikan pada pembentukan model regresi probit spasial pada indeks pembangunan manusia (IPM) di Jawa Tengah tahun 2020 yaitu usia harapan hidup, tingkat pengangguran terbuka, persentase penduduk miskin. Model itu mempunyai nilai akurasi yaitu 74,28 persen.

Kata Kunci: Regresi Probit, Regresi Probit Spasial, RIS, Indeks Pembangunan Manusia

ABSTRACT

SPATIAL PROBIT REGRESSION MODEL WITH RECURSIVE IMPORTANCE SAMPLING APPROACH

(Case Study: Human Development Index in Central Java in 2020)

Oleh:

Fajar Wahyu Nurcholis

17106010030

Probit regression model is a model that functions to identify the relationship between response variables that are categorical in nature to predictor variables that are numeric, categorical or a mixture of both. In this case, the data obtained from the response variables in the categorical probit regression can also be influenced by the habits of the surrounding area because of the spatial autocorrelation. If the influence of this spatial autocorrelation is passed and still uses the standard probit model, it will result in biased and inconsistent parameter estimates. To solve this case, has been developed that is probit analysis method considering the spatial factor is spatial probit regression. In several estimation methods that use spatial probit regression, then the recursive importance sampling (RIS) method has the best performance and even exceeds other methods in terms of accuracy. The method was then applied to the case of the human development index (IPM) in Central Java in 2020. The most significant factors in the formation of the spatial probit regression model on the human development index (IPM) in Central Java in 2020 were life expectancy, open unemployment rate, percentage of poor people. The model has an accuracy value of 74.28 percent.

Keywords: Probit Regression, Spatial Probit Regression, RIS, Human Development Index

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Statistika adalah bidang ilmu matematika terapan, yang telah berkembang menjadi statistika murni. Statistika sendiri berasal dari bahasa latin “*status*” dan “*statista*” yang berarti negara. Dalam arti yang lebih sederhana statistika adalah data, tetapi statistika dalam arti yang lebih luas adalah area dimana kita mempelajari sekumpulan konsep dan mengumpulkan data, menyajikan data, menganalisis data, dan menginterpretasi data, hingga pengambilan keputusan (Qudratullah dkk., 2012).

Statistik terbagi menjadi dua kelompok: statistik deskriptif dan statistik inferensia. Statistik deskriptif adalah statistik yang mengumpulkan, menyajikan, dan mengolah data, seperti membuat tabel, grafik, dan perhitungan yang menentukan nilai statistika. Sementara statistika inferensia adalah statistika yang terkait dengan pengambilan keputusan, statistika tersebut adalah statistika yang terkait dengan penaksiran karakteristik populasi secara komprehensif dan membuat prediksi tentang ada atau tidaknya karakteristik (Abdullah, 2015).

Analisis statistik menentukan karakteristik populasi dengan menganalisis sampel dan meringkas hasilnya. Analisis statistik juga banyak digunakan dalam berbagai bidang seperti kesehatan, pelayanan sosial, pendidikan, dan ekonomi, dan lain-lain. Analisis statistik memiliki beberapa metode observasi untuk pengumpulan data, seperti observasi *cross-sectional*, *time series*, dan longitudinal (Sugiyono, 2015).

Analisis regresi merupakan salah satu cabang matematika yang sering digunakan untuk memecahkan masalah. Analisis regresi merupakan analisis yang digunakan untuk menjelaskan hubungan antara variabel bebas (variabel prediktor) dan variabel terikat (variabel respon) (Krisnawardhani dkk., 2010). Biasanya, analisis regresi difungsikan sebagai analisis data respons dalam

bentuk data kontinu. Namun, variabel respon yang akan dianalisis dalam aplikasi juga dapat berupa data diskrit (data hitung) (Ruliana, 2016). Salah satu metode *Count Regression* adalah regresi probit.

Satu diantara yang ada, teknik statistik yang bisa difungsikan untuk mengkaji hubungan antar variabel yang dinyatakan pada persamaan matematis yaitu analisis regresi. Dalam analisis regresi ini, variabel dibagi jadi dua jenis yaitu variabel respons dan prediktor, dan analisis ini difungsikan untuk mengetahui pengaruh prediktor dengan variabel respons. Secara umum data yang dipergunakan untuk variabel respon dari analisis regresi tersebut adalah data yang sifatnya numerik (*metric*), sedangkan seperti yang sudah kita ketahui bahwa selain data yang numerik, data berdasarkan jenis skala pengukurannya pula termasuk data yang kategorik (*non-metrik*). Gujarati (2004) memaparkan bahwa jika variabel respon yang sifatnya kategorik, model yang dapat menyelesaikannya yaitu regresi probit termasuk salah satunya.

Model regresi probit dikenalkan pertama kali oleh Chester Bliss di tahun 1934. Model probit ini adalah contoh non-linier sebagai analisis terkait hubungan variabel respon yang bersifat kategorik yang nilainya 1 yaitu punya karakteristik dan 0 yaitu tidak punya karakteristik, terhadap variabel prediktor yang sifatnya numerik, kategorik atau campuran dari keduanya itu. Untuk beberapa pada kasus data yang didapatkan dalam variabel respon di dalam regresi probit yang sifatnya kategorik bisa pula ditentukan dengan kebiasaan daerah pada sekitarnya maka terdapat autokorelasi spasial.

Studi yang berfokus pada suatu wilayah atau wilayah sering disebut sebagai studi spasial. Anselin (1988) menyatakan bahwa apapun yang dekat akan saling berpengaruh satu dengan yang lain, dalam artian daerah yang terdekat akan lebih memberi pengaruh yang lebih besar daripada daerah yang jaraknya lebih jauh. Untuk data spasial, observasi suatu daerah seringkali bergantung dengan observasi daerah lain yang paling dekat (tetangga). Ada dua jenis sifat data spasial yaitu *spatial dependence* yang terjadi karena ada dependensi dalam

data *cross-section* dan *spatial heterogeneity* terjadi karena ada perbedaan antara wilayah yang satu dengan wilayah yang lain. Model regresi probit yang ada hubungan spasial paling awal dieksplorasi (McMillen, 1992), dan algoritma EM dikenalkan untuk mendapatkan perkiraan konsisten (maksimum *likelihood*) dari model ini. Kemudian model regresi probit spasial ini adalah kombinasi dari model regresi probit dan juga model regresi spasial. Untuk contohnya, Case (1992) mengerjakan penelitiannya di Pulau Jawa mengenai keputusan yang diambil para petani buat menentukan teknologi pada alat pertaniannya adalah alat pertanian modern atau alat tradisional. Pada hasil paparnya menyebutkan bahwa pada pengambilan keputusan buat menentukan teknologi pada alat pertaniannya itu ternyata dipengaruhi oleh keputusan petani lain yang terletak pada daerah sekitarnya. Contoh yang lain juga dikemukakan dari Beron dan Vijverberg (2004) bahwa hasil keputusan buat meninggikan atau tidaknya pajak di suatu kota itu bergantung pada pengambilan keputusan dari daerah di sekitarnya.

Pada dua contoh diatas, bisa disimpulkan bahwa apabila melewatkan pengaruh dari autokorelasi spasial tersebut dan masih memakai model probit yang standar akan mendapatkan pendugaan parameter yang bias serta tidak konsisten (McMillen, 1992). Demi mengatasi masalah ini, regresi probit spasial yang pertama kali diidentifikasi oleh McMillen (1992), yaitu metode analisis probit dengan mempertimbangkan elemen spasial, kemudian dikembangkan. Empat teknik terkait analisis regresi probit spasial yang sering dipakai saat ini. McMillen (1992) mengusulkan algoritma EM (*Expectation Maximization*) yang merubah variabel laten kontinu untuk nilai harapannya dilanjutkan mengaplikasikannya dengan metode *maximum likelihood*. Seperti McMillen (1992), LeSage (1999) pula mengadopsi pendekatan Bayesian Gibbs sampler, meskipun merubah variabel laten kontinu untuk nilai yang diharapkan. Beron dan Vijverberg (2004) menganjurkan memakai *Recursive Importance Sampling* (RIS) sebagai metode *Maximum Likelihood* karena distribusi dari fungsi *likelihood* kemungkinan multivariat normal. Pinkse dan Slade (1998) juga

mengembangkan model menurut metode *Generalized Method of Moments* (GMM).

Calabrese dan Elkink (2014) juga membandingkan hasil yang didapatkan dengan menggunakan empat metode. Algoritma EM yang dikemukakan dari McMillen (1992) memberikan estimasi yang tidak konsisten serta tidak efisien. Kemudian Metode GMM yang digunakan Pinkse dan Slade (1998) juga kurang efisien dibandingkan dengan estimator dari *maximum likelihood*. Estimator Gibbs Sampler (LeSage, 1999) bekerja paling baik pada autokorelasi spasial yang rendah, namun *recursive importance sampling* dari (Beron dan Vijverberg, 2004) bekerja paling baik pada autokorelasi spasial yang tinggi dan lebih unggul dalam hal akurasi daripada tiga metode lainnya. Beron dan Vijverberg (2004) menganjurkan memakai estimator simulasi RIS untuk memprediksi probabilitas yang susah dihitung analitik dan sebagai evaluasi integral-n dengan angung dalam model untuk spatial lag dan model untuk spatial *error*. Matriks kovarians mendapatkan matriks segitiga atas. Metode ini bisa diimplementasikan berdasarkan fakta bahwa observasi terakhir yang saat ini bebas dari pengamatan lain, pengamatan yang terakhir kedua hanya bergantung dengan pengamatan terakhir, dan begitu seterusnya, sehingga memungkinkan algoritma *recursive sampling*. Simulator RIS ini merupakan evolusi dari simulator *GewekeHajivassilouKeane* (GHK).

Indeks Pembangunan Manusia (IPM) ialah indeks komposit yang meliputi tiga dimensi dasar untuk ukuran kualitas hidup. Dimensi ini mencakup umur panjang dan kesehatan; pengetahuan serta hidup yang baik. Ketiga dimensi ini memiliki arti yang amat luas dikarenakan terkait dengan faktor yang banyak. Sebagai ukuran dimensi kesehatan, kami menggunakan usia harapan hidup. Selain itu, untuk pengukuran dimensi pengetahuan dipakai campuran indikator harapan lama sekolah, angka melek huruf dan rata-rata lama sekolah. Sementara itu, untuk pengukuran aspek standar hidup yang layak, indikator dari daya beli masyarakat digunakan untuk beberapa keperluan dasar yang diwakili oleh pengeluaran rata-rata per kapita untuk akses terhadap pendapatan merupakan

pencapaian pembangunan sebagai hidup layak (BPS, 2015). Menurut data IPM Indonesia pada tahun 2020, Provinsi Jawa Tengah berada dalam kisaran 71,87 yang dapat dikelompokkan sebagai IPM skala yang sedang. Meski mencapai angka yang tinggi, Jawa Tengah hanya menempati urutan ke-13. Jika dibandingkan dengan provinsi lain di Indonesia, dengan pertumbuhan IPM hanya 0,75 dari tahun 2009 hingga 2012. Pertumbuhan ini jauh tertinggal dari pertumbuhan IPM pada periode sebelumnya yang mungkin meningkat sebesar 3,41 dari tahun 2010 hingga 2015. Pada tahun 2020, Jawa Tengah mencatat IPM sebesar 71,87. Dibandingkan provinsi Jawa lainnya, IPM Jawa Tengah hanya lebih baik dari IPM Jawa Timur sebesar 71,71. IPM tertinggi di Pulau Jawa masih ditempati oleh DKI Jakarta dengan nilai IPM 80,77. Sejak tahun 2017, status IPM DKI Jakarta berubah dari “tinggi” menjadi “sangat tinggi”. Posisi berikutnya Yogyakarta dengan IPM 79,97, disusul Banten dengan IPM 72,45, Jawa Barat dengan IPM 72,09, dan Jawa Tengah dengan posisi kelima sebesar 71,87.

Hal ini dapat disebabkan oleh beberapa faktor, salah satunya adalah besarnya variasi distribusi kinerja IPM antar provinsi/kota di Jawa Tengah. Dibandingkan dengan rata-rata kota/wilayah di Jawa Tengah, sebagian besar wilayah tapal kuda memiliki status kesehatan dan standar pendidikan hidup yang relatif rendah, sehingga kategori-kategori tersebut memberikan kontribusi yang signifikan terhadap laju pertumbuhan penduduk wilayah tersebut, tingkat pembangunan manusia yang rendah. Hal ini menunjukkan bahwa infrastruktur pendidikan, kesehatan dan ekonomi di Jawa Tengah kurang merata dan cenderung terkonsentrasi di beberapa daerah. Adanya perbedaan tersebut menjadikan infrastruktur pendidikan, kesehatan dan ekonomi Jawa Tengah menjadi isu spasial, karena faktor geografis mempengaruhi masing-masing aspek tersebut.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian pada latar belakang di atas, maka dapat dirumuskan permasalahan dalam penelitian ini sebagai berikut:

1. Bagaimana langkah-langkah pemodelan Regresi Probit Spasial dengan pendekatan *Recursive Importance Sampling* (RIS)?
2. Bagaimana Model Regresi Probit Spasial dengan pendekatan *Recursive Importance Sampling* (RIS) untuk data Indeks Pembangunan Manusia (IPM) di Provinsi Jawa Tengah tahun 2020?
3. Faktor-faktor apa saja yang berpengaruh secara signifikan terhadap Indeks Pembangunan Manusia di Provinsi Jawa Tengah tahun 2020?

1.3 Batasan Masalah

Ada beberapa batasan dalam penelitian ini, yaitu sebagai berikut:

- a. Penelitian ini menggunakan data sekunder dari Badan Pusat Statistika (BPS).
- b. Kategori pada regresi probit ini hanya menggunakan dua kategori atau biner.
- c. Matriks pembobot memakai metode *queen contiguity*.
- d. Model Spasial yang dipergunakan yaitu *Spatial Autoregressive* (SAR)
- e. Aplikasi pengolahan data yang digunakan adalah Excel 2019, R. Studio 1.4.1717.

1.4 Tujuan Penelitian

Menurut rumusan masalah diatas, sehingga tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Mengkaji cara menaksirkan parameter model Regresi Probit Spasial dengan Pendekatan *Recursive Importance Sampling* (RIS)?
2. Mengkaji model Regresi Probit Spasial dengan pendekatan *Recursive Importance Sampling* (RIS) untuk data Indeks Pembangunan Manusia (IPM) di Jawa Tengah tahun 2020

3. Untuk menganalisis faktor-faktor yang berpengaruh secara signifikan terhadap Indeks Pembangunan Manusia di Provinsi Jawa Tengah tahun 2020

1.5 Manfaat Penelitian

1. Bagi Penulis, Untuk menambah wawasan pengetahuan serta keilmuan terkait metode dalam pemodelan data kualitatif dan khususnya model probit spasial;
2. Bagi Mahasiswa, penelitian ini dapat dijadikan sebagai bahan rujukan pengembangan statistika mengenai pemodelan Regresi Probit Spasial;
3. Bagi pemerintah, semoga penelitian ini bisa menambah manfaat bagi pemerintah di Jawa Tengah yaitu dengan mengidentifikasi faktorapa saja yang signifikan mempengaruhi pada model bisa dijadikan untuk masukan saat pengambilan kebijakan yang bisa memberikan alternatif pemecah masalah terhadap IPM di Provinsi Jawa Tengah;
4. Selain itu, bagi Badan Pusat Statistika (BPS), penelitian menggunakan metode regresi probit spasial ini bisa dijadikan referensi alternatif selanjutnya dalam melakukan analisis untuk indikator-indikator makro bentuk data kategorik dan dihasilkan BPS dengan mempertimbangkan unsur spasialnya.

1.6 Tinjauan Pustaka

Pada penelitian ini, penulis menggunakan beberapa tinjauan pustaka seperti buku, jurnal matematika dan skripsi atau penelitian-penelitian terdahulu yang berkaitan dengan penelitian ini.

Tabel 1. 1 Tinjauan Pustaka

NO	Nama Peneliti	Model Penelitian	Metode	Studi Kasus

1	Ana Sri Suryani	Model Regresi Probit	<i>Maximum Likelihood (MLE)</i>	Pasien Syok Septik PKU Muhammadiyah Bantul periode 2008- 2009
2	Elok Faiz Fatma El Fahmi	Model Regresi Probit dan Regresi Probit Spasial	<i>Maximum Likelihood (MLE)</i>	Indeks Pembangunan Manusia (IPM) di Jawa Timur Tahun 2012
3	Taufik Fajar Dewanto	Model Regresi Probit Spasial	<i>Maximum Likelihood (MLE) Dengan Pendekatan Recursive Importance Sampling</i>	Indeks Kesehatan Tahun 2016 di Pulau Papua
4	Fajar Wahyu Nurcholis	Model Regresi Probit Spasial	<i>Maximum Likelihood (MLE) Dengan Pendekatan Recursive Importance Sampling (RIS)</i>	Indeks Pembangunan Manusia Jawa Tengah Tahun 2020

Adapun persamaan penelitian ini dengan penelitian sebelumnya adalah metode yang digunakan yaitu Model Regresi Probit Spasial menggunakan penaksiran parameter metode MLE dengan pendekatan *Recursive Importance Sampling* (RIS). Perbedaan penelitian ini dengan penelitian sebelumnya yaitu Indeks Pembangunan Manusia (IPM) di Jawa Timur Tahun 2012, Indeks

Kesehatan Tahun 2016 di Pulau Papua, sedangkan studi kasus yang digunakan penulis yaitu Indeks Pembangunan Manusia di Jawa Tengah Tahun 2020.

1.7 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan bertujuan memudahkan pembaca untuk memahami penulisan dalam penelitian ini secara sederhana, runtut, jelas, dan dengan harapan untuk dipahami. Adapun sistematika penulisan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. BAB I: PENDAHULUAN

Pada bab ini, akan membahas tentang hal-hal yang melatar belakangi penulis menyusun penelitian ini, latar belakang masalah, rumusan masalah, batasan masalah, rumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, dan tinjauan pustaka yang merupakan inspirasi sekaligus acuan dalam penyusunan serta sistematika penulisan sebagai gambaran sederhana dari penelitian ini secara garis besar.

2. BAB II: LANDASAN TEORI

Pada bab ini berisi tentang teori-teori yang menunjang dalam penelitian skripsi, hal ini meliputi data, variabel random, matriks, distribusi normal, distribusi Bernoulli, distribusi binomial, estimasi, *maximum likelihood estimation*, analisis korelasi, analisis regresi, uji multikolinearitas, model regresi probit, model regresi probit spasial, uji dependensi spasial, model regresi probit spasial, *recursive importance sampling*, kriteria kebaikan model, indeks pembangunan manusia.

3. BAB III: METODOLOGI PENELITIAN

Pada Bab Metodologi Penelitian membahas berbagai penjelasan proses pelaksanaan penelitian, yaitu sumber data, variabel penelitian, tahapan penelitian, sampai bagian alur penelitian (*flowchart*).

4. BAB IV: PEMBAHASAN

Pada bab ini akan dibahas mengenai metode analisis yang diteliti, dalam hal ini adalah terkait dengan analisis Regresi Probit Spasial.

5. BAB V: STUDI KASUS

Pada bab ini akan dilakukan analisis terhadap studi kasus yang digunakan dalam penelitian dengan menggunakan metode yang telah dibahas pada bab IV sebelumnya.

6. BAB VI: PENUTUP

Pada bab ini, membahas tentang kesimpulan-kesimpulan yang diperoleh berdasarkan hasil dan pembahasan pada bab sebelumnya. Selain kesimpulan, pada bab ini juga terdapat saran-saran untuk penelitian selanjutnya yang sekiranya masih relevan dengan penelitian ini.



BAB VI PENUTUP

6.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis yang telah dilakukan, dapat diperoleh beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Langkah-langkah pemodelan Model Regresi Probit Spasial dengan pendekatan *Recursive Importance Sampling* (RIS) adalah

- a. Identifikasi Model

$$\mathbf{y}^* = \rho \mathbf{W} \mathbf{y}^* + \mathbf{X} \boldsymbol{\beta} + \boldsymbol{\varepsilon}, \quad \boldsymbol{\varepsilon} \sim N(0, \sigma^2 \mathbf{I}_n)$$

dimana \mathbf{y}^* adalah vektor variabel laten berukuran $(n \times 1)$, \mathbf{X} adalah matriks variabel prediktor yang berukuran $n \times (k+1)$, $\boldsymbol{\beta}$ adalah vektor koefisien parameter regresi berukuran $(k+1) \times 1$, \mathbf{W} yaitu matrik pembobot berukuran $(n \times n)$, dan ρ adalah parameter spasial.

- b. Estimasi Parameter

- Metode MLE

$$\frac{\partial \ln [L(\boldsymbol{\beta}, \rho)]}{\partial \boldsymbol{\beta}} = 0$$

$$\sum_{i=1}^n \frac{-[\Gamma \mathbf{X}]_i}{\Omega_{ii}} \Phi \left(\frac{-[\Gamma \mathbf{X} \boldsymbol{\beta}]_i}{\Omega_{ii}} \right) \left[\frac{y_i}{1 - \Phi \left(\frac{-[\Gamma \mathbf{X} \boldsymbol{\beta}]_i}{\Omega_{ii}} \right)} + \frac{1 - y_i}{\Phi \left(\frac{-[\Gamma \mathbf{X} \boldsymbol{\beta}]_i}{\Omega_{ii}} \right)} \right] = 0$$

dan

$$\frac{\partial \ln[L(\boldsymbol{\beta}, \rho)]}{\partial \rho} = 0$$

$$\sum_{i=1}^n \frac{-[(\mathbf{W} + 2\rho\mathbf{W}^2 + 3\rho^2\mathbf{W}^3 + \dots)\mathbf{X}\boldsymbol{\beta}]_i}{\Omega_{ii}} \phi\left(\frac{-[\Gamma\mathbf{X}\boldsymbol{\beta}]_i}{\Omega_{ii}}\right) \left[\frac{y_i}{1 - \Phi\left(\frac{-[\Gamma\mathbf{X}\boldsymbol{\beta}]_i}{\Omega_{ii}}\right)} + \frac{1 - y_i}{\Phi\left(\frac{-[\Gamma\mathbf{X}\boldsymbol{\beta}]_i}{\Omega_{ii}}\right)} \right] = 0$$

karena estimasi parameter dengan metode MLE pada persamaan (4.15) dan persamaan (4.18) menghasilkan bentuk tidak *closed form*, maka penyelesaiannya harus menghasilkan bentuk iterasi numerik untuk untuk mendapatkan nilai penaksir parameter. Untuk mengatasi kesulitan ini, (Beron, K. J., & Vijverberg, 2004) menyarankan penggunaan RIS Simulator yang kemudian hasilnya dioptimasi untuk mendapatkan nilai estimasi parameternya.

- Pendekatan RIS Simulator

Penyelesaian menggunakan pendekatan numerik

c. Pengujian

- Uji Dependensi Spasial
- Uji Parsial
- Uji Serentak

d. Evaluasi Model (Ketepatan Klasifikasi)

- Menggunakan Tabel Ketepatan Klasifikasi (*Confusion Matrix*)

2. Model Regresi Probit Spasial dengan pendekatan *Recursive Importance Sampling* (RIS) terhadap Indeks Pembangunan Manusia di Jawa Tengah tahun 2020, yaitu

$$y = 0,18611 - 0,39454 \left(\sum_{i=1, j \neq i}^{35} w_{ij} y_i^* \right) - 0,25250 X_{1i} + 0,73977 X_{2i} + 0,00160 X_{2i} + 0,00160 X_{3i} - 0,09964 X_{4i} - 0,04552 X_{5i} - 0,17349_{6i}$$

Keterangan:

- Usia Harapan Hidup (X1)
 - Harapan Lama Sekolah (X2)
 - Pengeluaran perKapita (X3)
 - Tingkat Pengangguran Terbuka (X4)
 - Persentase Penduduk Miskin (X5)
 - Persentase Penduduk yang Mengalami Keluhan Kesehatan (X6)
3. Faktor-faktor yang berpengaruh secara signifikan terhadap Indeks Pembangunan Manusia di Jawa Tengah tahun 2020 menunjukkan bahwa Usia Harapan Hidup(X1), Tingkat Pengangguran Terbuka (X4), Persentase Penduduk Miskin (X3) secara signifikan mempengaruhi klasifikasi indeks pembangunan manusia di Jawa Tengah pada Tahun 2020 dan tingkat akurasi yang dihasilkan dari pemodelan ini yaitu sebesar 74, 28 persen.

6.2 Saran

Menurut penelitian yang dilakukan, saran yang dapat diberikan yaitu sebagai berikut:

1. Penelitian selanjutnya diharapkan dapat memperhitungkan model Indeks Pembangunan Manusia di daerah/wilayah mana saja yang nilai IPM lebih jauh tertinggal.
2. Penelitian selanjutnya diharapkan menggunakan lebih dari 2 kategori pada variabel responnya.
3. Penelitian selanjutnya diharapkan menggunakan variabel prediktor yang lebih banyak dengan harapan faktor-faktor yang berpengaruh secara signifikan lebih banyak.
4. Penelitian selanjutnya diharapkan memakai software yang kompatibel dan terbaru

DAFTAR PUSTAKA

- Abdullah, M. (2015). *Metode Penelitian Kuantitatif* (Cetakan 1.). Yogyakarta. Aswaja Pressindo.
- Anselin, L. (1988). *Spatial econometrics: methods and models*. Springer Science & Business Media, 4.
- Arbia, G. (2014). *A Primer for Spatial Econometrics With Application in R*. England. Palgrave Macmillan, Hampshire.
- Awat, N. J. (1995). *Metode Statistika dan Ekonometrika*. Yogyakarta. Liberty.
- Baim, L., dan E. (1992). *Introduction to Probability and Mathematical Statistic*. California. Duxbury Press.
- Beron, K. J., & Vijverberg, W. P. (2004). Probit in a spatial context: a Monte Carlo analysis. *In Advances in Spatial Econometrics*, pp, 169–195.
- Bliss, C. I. (1934). The Method of probits. *Science*, 79(2037), 38–39.
- BPS. (2015). *Indeks Pembangunan Manusia 2015*. Jakarta : Badan Pusat Statistik
- Calabrese, R., & Elkink, J. A. (2014). Estimators of binary spatial autoregressive models: A Monte Carlo study. *Journal of Regional Science*, 54(4), 664–687.
- Case, A. (1992). Neighborhood Influence and Technological Change". *Regional Science and Urban Economics*, Vol. 22, 491–508.
- Diana. (2017). Distribusi Binomial Sebagai Estimasi Probabilitas Kesuksesan Pada Uji Coba Kualitas Layanan Sistem Informasi. *Jurnal Ilmiah Matrik*, 13(No.3, Desember), 227–236.
- Dewanto, T. F. (2018). *Model Regresi Probit Spasial Dengan Pendekatan Recursive Importance Sampling (Studi Kasus: Indeks Kesehatan Tahun 2016 di Pulau Papua)* (Doctoral dissertation, Institut Teknologi Sepuluh Nopember).
- Draper, N. & R., Smith, H. (1992). *Analisis Regresi Terapan Edisi kedua*. Jakarta.

PT. Gramedia Pustaka Utama.

Fawcett, T. (2006). An introduction to ROC analysis. *Pattern Recognition Letters*, 27(8), 861–874.

Franzese, R. J., & Hays, J. C. (2007). Spatial econometric models of cross-sectional interdependence in political science panel and time-series-cross-section data. *Political Analysis*, 15(5), 140–164.

Greene, W. H. (2008). *Econometrics Analysis, Sixth Edition*. New Jersey. Prentice Hall.

Gujarati, D. N. (2004). *Basic Econometrics*. New York. McGraw-Hill.

Hasan, M. I. (2002). *Pokok-pokok Materi Statistika I (Statistika Deskriptif)*. Jakarta

Hosmer, D. W., & Lemeshow, S. (2000). *Applied Logistic Regression*. USA. John Wiley & Sons.

Johannes, H., & B. (1994). *Pengantar Matematika untuk Ekonomi*. Jakarta. LP3ES.

Krisnawardhani, T., Salam, N., & Anggraini, D. (2010). Analisis Regresi Linear Berganda dengan Satu Variabel Boneka (Dummy Variable). *Jurnal Matematika Murni Dan Terapan Epsilon Universitas Lambung Mangkurat*, Vol.4(No.2), 14–20.

Lee, J., & Wong, D. W. S. (2001). (2001). *Statistical Analysis with ArcView GIS*. John Wiley & Sons. United States of America. In *Inc.*

LeSage, J. P. (1999). The theory and practice of spatial econometrics. *University of Toledo*, 28(11).

McMillen, D. P. (1992). Probit with spatial autocorrelation. *Journal of Regional Science*, 32(3), 335–348.

Munawir, A. (2014). *Estimasi Parameter Model Regresi Menggunakan Metode Weighted Least Square (WLS) dengan Fungsi Pembobot Hubber*. Universitas Islam Maulana Malik Ibrahim Malang.

- Pinkse, J. dan Slade, M. . (1998). Contracting in Space: An Application of Spatial Statistics to DiscreteChoice Models. *Journal of Econometrics*, Vol.85, 125–154.
- Pratowo, N. I. (2013). Analisis Faktor-Faktor yang Berpengaruh Terhadap Indeks Pembangunan Manusia. *Jurnal Studi Ekonomi Indonesia*, 15–31.
- Qudratullah, M. F., Zuliana, S.U., & Supandi, E. (2012). *Statistika*. Yogyakarta. Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga.
- Qudratullah, M. F. (2013). *Analisis Regresi Terapan: Teori, Contoh Kasus, dan Aplikasi dengan SPSS*. Yogyakarta. CV Andi Offset.
- Ratnasari, V. (2012). *Estimasi Parameter dan Uji Signifikansi Model Probit Bivariat*. Surabaya. Institut Teknologi Sepuluh November.
- Ruliana, dkk. (2016). *Pemodelan Generalized Poisson Regression (GPR) unyuk Mengatasi Pelanggaran Equidispersi pada Regresi Poisson Kasus Campak di Kota Semarang Tahun 2013*. Semarang. Universitas Negeri Semarang.
- Setiawan, M. B., & Hakim, A. (2013). Indeks pembangunan manusia Indonesia. *Jurnal Economia*, 9(1), 18–26.
- Sugiyono. (2015). *Statistika Untuk Penelitian*. Bandung. AIFABETA.
- Supangat, A. (2007). *Statistika Dalam Kajian Deskriptif, Inferensi, dan Nonparametrik* (Edisi Pert). Jakarta. Kencana Prenada Media Group.
- Supranto. (2001). *Pengukuran Tingkat Kepuasan Pelanggan untuk Menaikkan Pangsa Pasar*. Jakarta. Penerbit Rineka Cipta.
- Verbeek, M. (2004). *Guide to Modern Econometric*, London. John Wiley & Son, Ltd.
- Walpole, R. E. dan Meyers, R. H. (1995). *Ilmu Peluang dan Statistika untuk Ilmuwan dan Insinyur* (Edisi Keem). Bandung. ITB.
- Wibisono, Y. (2009). *Metode Statistika* (Edisi 2). Yogyakarta. UGM Press.

Winarno, D. (2009). *Analisis angka kematian bayi di Jawa Timur dengan pendekatan model regresi spasial*. Surabaya. Institut Teknologi Sepuluh Noveember.

