MOBIUS

GEOGRAPHICALLY WEIGHTED REGRESSION (GWR)

Sebuah Pendekatan Regresi Geografis

Rezzy Eko Caraka
Hasbi Yasin

GEOGRAPHICALLY WEIGHTED REGRESSION (GWR)

Sebuah Pendekatan Regresi Geografis

GEOGRAPHICALLY WEIGHTED REGRESSION (GWR)

Sebuah Pendekatan Regresi Geografis

Rezzy Eko Caraka
Hasbi Yasin

MOBIUS

Geographically Weighted Regression (GWR); Sebuah Pendekatan Regresi Geografis

oleh Rezzy Eko Caraka; Hasbi Yasin

Hak Cipta © 2017 pada penulis

MOBIUS

Ruko Jambusari 7A Yogyakarta 55283
Telp: 0274-889398; 0274-882262; Fax: 0274-889057;

Hak Cipta dilindungi undang-undang. Dilarang memperbanyak atau memindahkan sebagian atau seluruh isi buku ini dalam bentuk apa pun, secara elektronis maupun mekanis, termasuk memfotokopi, merekam, atau dengan teknik perekaman lainnya, tanpa izin tertulis dari penerbit.

Tajuk Entri Utama: Caraka, Rezzy Eko

Geographically Weighted Regression (GWR); Sebuah Pendekatan Regresi Geografis/Rezzy Eko Caraka; Hasbi Yasin

– Edisi Pertama. Cet. Ke-1. – Yogyakarta: Mobius, 2017
xx + 160 hlm.; 25 cm

Bibliografi.: 149 - 153

ISBN : 978-602-19479-7-5
E-ISBN : 978-602-19479-8-2

1. Geografi

I. Yasin, Hasbi II. Judul

910.7

Semua informasi tentang buku ini, silahkan scan QR Code di cover belakang buku ini

ٱلْحَمْدُ لِلَّهِ فَاطِرِ ٱلسَّمَٰوَٰتِ وَٱلْأَرْضِ جَاعِلِ ٱلْمَلَٰٓئِكَةِ رُسُلًا أُو۟لِىٓ أَجْنِحَةٍ
مَّثْنَىٰ وَثُلَٰثَ وَرُبَٰعَ ۚ يَزِيدُ فِى ٱلْخَلْقِ مَا يَشَآءُ ۚ إِنَّ ٱللَّهَ عَلَىٰ كُلِّ شَىْءٍ قَدِيرٌ ﴿١﴾

Segala puji bagi Allah Pencipta langit dan bumi, Yang menjadikan malaikat sebagai utusan-utusan (untuk mengurus berbagai macam urusan) yang mempunyai sayap, masing-masing (ada yang) dua, tiga dan empat. Allah menambahkan pada ciptaan-Nya apa yang dikehendaki-Nya. Sesungguhnya Allah Maha Kuasa atas segala sesuatu (QS: 35:1)

SAMBUTAN

Prof. Dr. Ocky Karna Radjasa, M.Sc.*)

"Untuk beberapa orang menjadi Peneliti masih dianggap perkejaan yang kurang menjanjikan tapi dari apa yang dilakukan oleh Peneliti bisa memberikan impact dan kontribusi untuk Indonesia. Saya percaya kalau kamu mampu"

Seorang Mahasiswa datang kepada saya dengan semangat dan mengatakan keseriusan untuk menjadi peneliti dan akademisi. Buku ini sepantasnya mendapat apresiasi dari kerja keras salah satu alumni dan mahasiswa Departemen Statistika Fakultas Sains dan Matematika (FSM) Universitas Diponegoro (UNDIP). Saya menyambut bahagia terbitnya buku 'Statistika Spatial' yang ditulis oleh Rezzy Eko Caraka. Buku ini merupakan bagian kecil dari apa yang telah Rezzy raih berkat keseriusan dan konsistensi yang dimiliki. Semasa kuliah, Rezzy pernah menjadi asisten saya di Lembaga Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat (LPPM) Universitas Diponegoro (UNDIP). Rezzy menunjukkan keseriusan untuk menjadi peneliti dan saintis khususnya pada bidang statistika. Rezzy berhasil lulus program sarjana di Departemen Statistika Fakultas Sains dan Matematika Universitas Diponegoro dengan masa studi 3 tahun 5 bulan dan merupakan wisudawan termuda yang diwisuda pada periode April 2015.

Memang tidak banyak yang ingin menggunakan hidupnya untuk menjadi peneliti. Oleh karena itu, saya sangat apresiasi atas komitmen yang dimiliki oleh Rezzy. Statistika spatial merupakan salah satu bidang minat keilmuan statistika yang berbasis geografi. Tujuannya adalah untuk mengetahui, menganalisis, dan menyelesaikan permasalahan pada data yang memiliki pola yang khas maupun kedekatan antar lokasi satu dengan lainnya

Buku ini akan memberikan penjelasan khususnya pada bidang statistika spasial atau geostatistika yang dapat digunakan sebagai salah satu metode untuk menyelesaikan permasalahan.

Buku ini juga mencoba menjelaskan secara teoritis, aplikasi dan interpretasi pada metode GWR yang dapat digunakan dalam analisis ekonomi, kesehatan, kependudukan, sosial maupun budaya. Pada buku ini juga diberikan penjelasan tentang turunan rumus dan panduan menggunakan software sehingga diharapkan dapat membantu dan digunakan sebagai bahan referensi oleh mahasiswa D1 sampai dengan S3 sebagai bahan penelitian maupun pendamping buku ajar terutama yang memiliki ketertarikan kepada statistika spatial. Semoga dapat bermanfaat oleh masyarakat dan menjadi amal yang tidak akan pernah putus.

Jakarta, 28 Januari 2017

Prof. Dr. Ocky Karna Radjasa, M.Sc.
Director of Research and Community Services
Ministry of Research, Technology and Higher Education
Ocky.radjasa@ristekdikti.go.id

SAMBUTAN

Dr. Tarno, M.Si.*)

Selama masih ada data selama itu pula Statistika akan selalu esksis"

Departemen Statistika FSM UNDIP merupakan salah satu dari 49 program sarjana oleh Universitas Diponegoro. Departemen Statistika memiliki visi pada tahun 2020 menjadi Program Studi Statistika yang unggul secara nasional dengan kualitas internasional dalam riset dan penyelenggaraan akademik untuk menghasilkan lulusan yang unggul pada bidang pemodelan statistika dan komputasinya dengan implementasi pada bidang: bisnis, industri, keuangan dan aktuaria. Selain itu juga memiliki misi:

1. Menyelenggarakan pendidikan sarjana statistika dengan kualitas internasional.
2. Meningkatkan peran Program Studi Statistika dalam riset di bidang: bisnis, industri, keuangan dan aktuaria untuk lebih mengembangkan ilmu dan terapan statistika.
3. Menyelenggarakan peningkatan kualitas pembelajaran secara berkelanjutan, transparan dan akuntabel.

Buku ini menjelaskan secara teoritis, aplikasi dan interpretasi pada metode *Geographically Weighted Regression* (GWR) dan turunannya. Mata kuliah Statistika Spatial merupakan salah satu matakuliah terapan yang dikembangkan di Departemen Statistika Fakultas Sains dan Matematika

Universitas Diponegoro sehingga sangat menarik untuk dikaji. Semasa kuliah, Rezzy aktif di berbagai organisasi mahasiswa antara lain menjabat sebagai General Manager di biro *Statistics Center* (SC) dan menjadi staff di Departemen Pendidikan dan Penelitian Himpunan Mahasiswa Statistika (HIMASTA). Rezzy berpartisipasi dan memenangkan perlombaan karya tulis yang diselenggarakan oleh Universitas lain dan juga menjadi *best paper* dan *best presenter* pada nasional maupun *International conference*. Rezzy sering terlibat dalam membantu hibah penelitian dan aktif dalam membuat PKM-P (Program Kreativitas Mahasiswa Penelitian) pada tahun 2012 hingga 2015. Selain itu Rezzy pernah menjadi asisten dosen di Departemen Statistika dan juga di Lembaga Pengelola Pengabdian Masyarakat (LPPM) Universitas Diponegoro. Yang lebih membanggakan adalah Rezzy terpilih sebagai salah satu pemuda berprestasi di Provinsi Kepulauan Riau. Semoga buku ini dapat menjadi sumber pustaka untuk mahasiswa dan praktisi yang memiliki ketertarikan kepada statistika spasial.

Jakarta, 28 Januari 2017

Dr. Tarno, M.Si

Ketua Departemen Statistika
Fakultas Sains dan Matematika
tarno@undip.ac.id
www.stat.undip.ac.id

KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Allah SWT kami panjatkan, berkat rahmat dan karunia-Nya penulis dapat menyelesaikan buku ini. Tak lupa semoga shalawat serta salam senantiasa tercurah kepada junjungan kita Nabi Muhammad SAW, kepada keluarganya, sahabatnya, para tabi'in, tabiut tabiahum, kepada kita semua, serta kepada seluruh umatnya hingga akhir zaman yang menjadikan sebagai uswatun hasanah, suri tauladan yang baik. Buku ini merupakan 'catatan pribadi' pada mata kuliah kapita selekta 1 statistika spasial ketika penulis menjalani program strata 1 (S1) di Departemen Statistika, Fakultas Sains dan Matematika Universitas Diponegoro, Semarang. Kapita selekta 1 Statistika Spasial merupakan mata kuliah pilihan yang ditawarkan oleh Departemen Statistika Universitas Diponegoro yang diampu oleh Hasbi Yasin, S.Si., M.Si.

Secara personal penulis merupakan salah satu mahasiswa yang salah jurusan di Departemen Statistika namun menjadi sangat cinta dengan statistika. Buku ini tercipta berkat pecutan, nasihat dari dosen pembimbing agar terus berkomitmen untuk bangkit dari kegagalan, tumbuh dengan konsisten, menikmati proses belajar karena proses tidak akan mengkhianati hasil. Selain itu bahwa rencana Allah lebih indah daripada rencana manusia. Buku ini membahas lengkap mengenai metode statistika spasial dan penerapan dalam permasalahan. Bab pertama membahas definisi

statistika spasial, Bab dua sampai dengan empat membahas *Geographically Weighted Regression* (GWR), *Geograpichally Weighted Logistic Regression* (GWLR), *Geograpichally Weighted Logistic Regression Semiparametric* (GWLRS), *Geographically Weighted Poisson Regression* (GWPR) dan bab lima membahas tentang applikasi *OpenGeoDa ArcView GIS.* Pada buku ini diberikan sejumlah panduan dalam menganalisis dan intepretasi dari metode tersebut khususnya pengoperasian dengan menggunakan software R, ArcView dan OpenGeoDa. R merupakan Bahasa pemrograman untuk komputasi statistik dan grafis. R dikembangkan oleh *Bell Laboratories* (sebelumnya AT&T, sekarang berubah nama menjadi *Lucent Technologies*) oleh John Chambers dan rekan. Banyak hal yang penulis pelajari dari statistika spatial dalam aplikasi keilmuan dan juga filosofi kehidupan. Seperti salah satu *quotes* yang legendaris pada bidang statistika spatial dari Waldo Tobler dalam Anselin (1988): "*Everything is related to everything else, but near things are more related than distant things*" yang artinya: "Segala sesuatu memiliki hubungan dengan yang lainnya, akan tetapi sesuatu yang berdekatan akan memiliki hubungan yang lebih daripada sesuatu yang berjauhan". Filosofi tersebut tersirat bahwa data yang memiliki lokasi yang sama atau berdekatan lebih memiliki hubungan atau pola yang lebih mirip dari pada data yang memiliki lokasi yang berjauhan. Atas terselesainya buku ini berikanlah kesempatan kepada Penulis untuk mengucapkan terima kasih yang tulus kepada mereka yang selalu memberikan *support* dan juga do'a:

1. Ibunda Fauziani dan Ayahanda Rozali yang selalu menyebutkan nama anaknya di setiap sujud agar selamat dunia dan akhirat. Kasih sayang tak akan putus sepanjang hayat dan Adik bungsu Roffi Dwi Putra yang sedang berjuang menamatkan program sarjana.
2. Prof. Dr. Ocky Karna Radjasa, M. Sc., yang telah memberikan banyak ilmu, dari yang tidak paham menjadi sangat paham dari tidak suka membaca menjadi suka membaca. Sumber inspirasi dan memberikan kesempatan untuk menjadi peneliti.
3. Segenap Dosen Departemen Statistika, Fakultas Sains dan Matematika Universitas Diponegoro, Semarang. Terkhusus kepada Hasbi Yasin,

S.Si, M. Si, Dr. DI. Asih I Maruddani, M.Si., dan Dra. Suparti, M. Si., yang telah memberikan kesempatan belajar untuk terlibat ke dalam penelitian, publikasi jurnal, menjadi asisten penelitian dan asisten dosen.

4. Dr. Shakinah Abu Bakar, *School of Mathematical Sciences*, FST, The National University of Malaysia (UKM) dan Dr. Ng Kok Haur University of Malaya (UM)
5. Keluarga Statistika Undip angkatan 2011 (STATELEVEN), Himpunan Mahasiswa Statistika (HIMASTA) Undip, Statistics Center Undip (SC), Ikatan Alumni Statistika (IKALISTA) UNDIP, Ikatan Alumni (IKA) UNDIP. Terkhusus R. Arya Fauzanissa, Candra Silvia, Gustriza Erda, Ronny Gusnadi, Desriwendi, Lina Irawati, Avia Enggar T dan Firda Shintia D.
6. Putra daerah Karimun Provinsi Kepulauan Riau. Sahabat lebih dari 20 tahun (*still counting*) Zulkifli Mahmud, Muhammad Faisal Abduh, dan Mohammad Syafi'i, Semangat mengejar mimpi semoga semesta ramah dengan cita-cita kita.
7. Sahabat seperjuangan Kadi Mey Ismail, Wawan Sugiyarto, Isma D Kurniawan, Rachmad Adi R., Yuliastuti, Resti Sandy T., Aldyth Alem, Rahmawati, Nyityasmono T. N., Luthfilaudri Nadhira, Jamilatuzzahro, Joanna Nadia, Dian Setyawati, Novieta Sinaga, Rizka Tamimi, Moh. Yulianto K., Robbykha Rosalien, Muhamad Iqbal, Syafira Fitri A., Akmad Faqih, Sarah Najmilah, Arina Larasati S., Marsya M. H., M. Arief Wicaksono, Jonathan S., Hendry W., M. Isa Dwijatmoko, M. Ali Husein, Grady Nagara, Endah L., Muhammad Tahmid.
8. Keluarga baru di Malaysia PPI-M (Persatuan Pelajar Indonesia-Malaysia), PPI-UM (Persatuan Pelajar Indonesia – University of Malaya), PPI-UKM (Persatuan Pelajar Indonesia – Universitas Kebangsaan Malaysia). Uswatun Hasanah, Niki Alma F F, M. Fijar, Mukhti Ali, dan Eizra. Kepada Ikha Rizky dan Achmad Choiruddin yang telah memberikan banyak pemahaman secara advanced terhadap statisika spatial. Semoga kita selalu berpijar layaknya matahari dan lelah hanya untuk mereka yang tidak mempunyai tujuan.

9. Pengurus dan anggota Data Science Indonesia (DSI) terkhusus divisi Research Development and Knowledge Management (RDKM). Tetap pertahankan motto '*Di dataku ada kamu*'.
10. Peneliti Bioinformatics & Data Science Research Center (BDSRC) Bina Nusantara University. Terkhusus kepada Dr. Bens Pardamean, Dr. Haryono Soeparno, Arif Budiarto, Hery H. Mulyo, Shinta P dan Anzaludin S. P.
11. Rekan purna tugas Ekspedisi Nusantara Jaya (ENJ), Natuna, Provinsi Kepulauan Riau. Kementerian Koordinator Maritim dan Sumber Daya Republik Indonesia. Terkhusus kepada Aryo Permana P., Solihin, Sri Novita Y., Zulham A., Satya W. Wicaksana, Semoga bisa mempertahankan komitmen untuk berkontribusi secara nyata, berprestasi, berkarya untuk Bumi Pertiwi. Karena kita memiliki cara sendiri yang unik satu sama lain.

Buku ini jauh dari kata sempurna dan banyak kelemahan oleh karena itu penulis terus membuka diri untuk menerima saran dan kritikan untuk perbaikan buku ini. Semua korespondensi dapat dilakukan dengan email rezzyekocaraka@gmail.com/rezzyekocaraka@rocketmail.com. Semua *script syntax* pada program R dapat diunduh pada website www.rezzyekocaraka.com dengan kata kunci (*password*) "kontribusi untuk negeri". Semoga buku ini dapat digunakan sebagai mana mestinya dan referensi dalam menyelesaikan penelitian, skripsi, tesis maupun disertasi khususnya pada bidang statistika spasial dan menjadi ladang ibadah untuk penulis.

Tanjung Balai Karimun, 27 Januari 2017

Rezzy Eko Caraka
www.rezzyekocaraka.com

DAFTAR ISI

SAMBUTAN Prof. Dr. OCKY KARNA RADJASA, M.Sc. **vii**
SAMBUTAN Dr. TARNO, M.Si. **ix**
KATA PENGANTAR **xi**
DAFTAR ISI **xv**
DAFTAR GAMBAR **xvii**
DAFTAR TABEL **xix**

BAB 1 KONSEP DASAR STATISTIKA SPASIAL **1**

BAB 2 *GEOGRAPHICALLY WEIGHTED REGRESSION* - GWR **9**
2.1 Penaksiran Parameter 10
2.2 Sifat-sifat Penaksir Parameter 12
2.3 Koordinat Spasial 12
2.4 Pembobotan Model GWR 13
2.5 Uji Hipotesis Model GWR 15

BAB 3 GWR LOGISTIK **35**
3.1 Pengertian Analisis Regresti Logistik 35
3.2 Regresi Logistik Biner 36
3.3 *Geograpichally Weighted Logistic Regression* (GWLR) 41
3.4 Model *Geograpichally Weighted Logistic Regression Semiparametric* (GWLRS) 43
3.5 Metode Analisis 70

BAB 4 ***GEOGRAPHICALLY WEIGHTED POISSON REGRESSION* (GWPR)** **79**
4.1 Konsep Dasar Regresi Poisson 79
4.2 Model Regresi Poisson 80

BAB 5 APLIKASI OPEN GEODA DAN ARCVIEW GIS **135**
5.1 Mengatur Tabel di GeoDa 136
5.2 Menciptakan Matriks Bobot (*a Weight Matrix*) → *Rook Contiguity* *136*
5.3 Mengukur Autokorelasi 138
5.4 Langkah–langkah Menghitung LISA pada GeoDa 139
5.5 Contoh Penerapan 140

DAFTAR PUSTAKA **149**

LAMPIRAN **155**

-oo0oo-

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1	Hubungan Statistika Spasial	4
Gambar 3.1	Prediksi Status Kesejahteraan Jawa Tengah dengan Menggunakan Model GWLRS	76
Gambar 5.1	Menubar OpenGeoDa	135
Gambar 5.2	Peta Pekalongan	136
Gambar 5.3	*Weight File Creation*	137
Gambar 5.4	*Weight Characteristics*	137
Gambar 5.5	*Variables Settings*	138
Gambar 5.6	Moran Scatter Plot Pekalongan	138
Gambar 5.7	Pengaturan Variabel Univariate LISA	139
Gambar 5.8	Pemilihan Bobot LISA	139
Gambar 5.9	Pemetaan Variabel Signifikan LISA	140
Gambar 5.10	*Local Moran* dan Moran Scatter Plot APR 2010	140
Gambar 5.11	Laman ArcView Gis	141
Gambar 5.12	Penambahan Data	142
Gambar 5.13	Penambahan Tema	142
Gambar 5.14	Peta Jawa Tengah	142
Gambar 5.15	Atribut Jawa Tengah	143
Gambar 5.16	*Field Definition*	144
Gambar 5.17	Legend Editor Arcview GIS	144

Gambar 5.18 Peta Jawa Tengah Setelah Pengaturan Warna 145
Gambar 5.19 Auto Label 145
Gambar 5.20 Penderita Penyakit DBD 2011 146
Gambar 5.21 Identifikasi Kabupaten Jepara 146

-oo0oo-

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Data Colombus	24
Tabel 2.2	Anova Regresi Linear Berganda Colombus	28
Tabel 2.3	Uji Kesesuaian Colombus	31
Tabel 3.1	Penaksir Parameter Model Awal Regresi Logistik	52
Tabel 3.2	Penaksir Parameter Model Akhir Regresi Logistik	52
Tabel 3.3	Jarak Euclidian dan Pembobot *Fixed Gaussian Kernel* di Kabupaten Cilacap	55
Tabel 3.4	Jarak Euclidian dan Pembobot *Adaptive Gaussian Kernel* di Kabupaten Cilacap	56
Tabel 3.5	Uji Kesesuaian Model Regresi Logistik dan Model GWLR	58
Tabel 3.6	Pengujian Parameter Model GWLR Kabupaten Cilacap dengan Pembobot *Fixed Gaussian Kernel*	59
Tabel 3.7	Fungsi Logit GWLR Kabupaten/Kota di Provinsi Jawa Tengah dengan Pembobot *Fixed Gaussian Kernel*	60
Tabel 3.8	Variabel yang Signifikan Model GWLR dengan Pembobot *Fixed Gaussian Kernel*	62
Tabel 3.9	Pengujian Parameter Model GWLR Kabupaten Cilacap dengan Pembobot *Adaptive Gaussian Kernel*	63
Tabel 3.10	Fungsi Logit GWLR Kabupaten/Kota di Provinsi Jawa Tengah dengan Pembobot *Adaptive Gaussian Kernel*	64
Tabel 3.11	Variabel yang Signifikan Model GWLR dengan Pembobot *Adaptive Gaussian Kernel*	66
Tabel 3.12	Perbandingan Kesesuaian Model	67

Tabel 3.13	Klasifikasi Laju Pertumbuhan Penduduk Model Regresi Logistik	68
Tabel 3.14	Klasifikasi Laju Pertumbuhan Penduduk Model GWLR Pembobot *Fixed Gaussian Kernel*	68
Tabel 3.15	Klasifikasi Laju Pertumbuhan Penduduk Model GWLR Pembobot *Adaptive Gaussian Kernel*	68
Tabel 3.16	Jarak Euclid dan Pembobot Kabupaten Cilacap	71
Tabel 3.17	Uji Kesesuaian Model GWLRS dengan Regresi Logistik	72
Tabel 3.18	Pengujian Parameter Model GWLRS di Kabupaten Cilacap	73
Tabel 3.19	Estimasi Parameter Lokal Tiap Kabupaten/Kota di Jawa Tengah	75
Tabel 3.20	Klasifikasi Hasil Status Kesejahteraan Model GWLRS	77
Tabel 3.21	Perbandingan Kesesuaian Model	77
Tabel 4.1	Data Angka Kematian Ibu Provinsi Jawa Timur Tahun 2011	93
Tabel 4.2	Statistika Deskriptif Jumlah Kematian Ibu di Jawa Timur	116
Tabel 4.3	Nilai VIF Variabel Prediktor	117
Tabel 4.4	Koordinat Spasial Tiap Kabupaten/Kota	122
Tabel 4.5	Jarak Euclid untuk Lokasi (u_1, v_1)	124
Tabel 4.6	Pembobot Bisquare di Lokasi	126
Tabel 4.7	Model GWPR Masing-masing Kabupaten/Kota di Provinsi Jawa Timur	128
Tabel 4.8	Analisis Devians	130
Tabel 4.9	Uji Parsial Model GWPR di Kota Surabaya	133
Tabel 4.10	Pengelompokan Kabupaten/Kota Berdasarkan Variabel Signifikan yang Sama pada Model GWPR	133
Tabel 4.11	Perbandingan Nilai AIC Model	134
Tabel L.1	Tabel Normal Standar	155
Tabel L.3	Distribusi Chi-Square (χ^2)	158
Tabel L.4	Nilai Kritis Uji Kolmogorov-Smirnov	159
Tabel L.5	Distribusi *t*	161
Tabel L.6	Tabel Durbin-Watson dengan α = 0.05	162

-oo0oo-

BAB 1

KONSEP DASAR STATISTIKA SPASIAL

Data merupakan hasil dari suatu observasi yang mana dapat disajikan dan diolah sedemikian rupa sehingga dengan sekumpulan data pada akhirnya akan diperoleh suatu kesimpulan. Di era yang semakin berkembang, banyak bidang ilmu seperti ekonomi, sosial, lingkungan, kesehatan, meteorologi, klimatologi, geologi dan sebagainya yang menggunakan data yang berkaitan dengan lokasi atau letak geografis suatu tempat. Data yang memuat informasi mengenai lokasi atau letak geografis suatu daerah dan diperoleh dari hasil pengukuran sering disebut data spasial. Data spasial merupakan data dependen karena berasal dari lokasi yang berbeda yang menunjukkan ketergantungan lokasi yang satu dengan lokasi yang lainnya. Seperti dikatakan oleh Waldo Tobler dalam Anselin (1988): "*Everything is related to everything else, but near things aremore related than distant things*" yang artinya: "Segala sesuatu memiliki hubungan dengan yang lainnya, akan tetapi sesuatu yang berdekatan akan memiliki hubungan yang lebih daripada sesuatu yang berjauhan". Adanya efek spasial merupakan hal yang sering terjadi antara suatu wilayah dengan wilayah lainnya.

Data spasial adalah data yang memuat adanya informasi lokasi atau geografis suatu wilayah, jadi tidak hanya memuat apa yang diukur. Data spasial terdiri atas observasi beberapa fenomena yang memiliki kecenderungan spasial (Fotheringham, A. S *et al*, 2000). Data spasial dapat

berupa data diskret atau data kontinu dan dapat pula memiliki lokasi spasial beraturan (*regular*) maupun tak beraturan (*irregular*). Data spasial mempunyai lokasi spasial yang *regular* jika antar lokasi yang saling berdekatan mempunyai posisi beraturan dengan jarak yang sama besar, sedangkan lokasi spasial *irregular* jika antar lokasi yang saling berdekatan mempunyai posisi yang tidak beraturan dengan jarak yang berbeda (Cressie, 1993). Untuk menganalisis data spasial maka digunakan analisis spasial. Menurut De Mers dalam Budiyanto (2010), analisis spasial mengarah pada banyak macam operasi dan konsep termasuk perhitungan sederhana, klasifikasi, penataan, tumpang-susun geometris, dan pemodelan kartografis.

Data spasial merupakan data dependen, karena berasal dari lokasi spasial yang berbeda yang mengindikasikan ketergantungan antara nilai pengukuran dengan lokasi. Data spasial biasanya dinyatakan dengan {Z(s), s D}, di mana D adalah himpunan dari R^d yang menyatakan populasi objek desain ruang yang diteliti. Nilai pengukuran di suatu lokasi s, dinyatakan dengan Z(si), yang merupakan realisasi dari peubah acak Z(s). Peubah acak Z(S) disebut juga dengan peubah teregional, yaitu peubah yang terdistribusi di dalam ruang dan biasanya menunjukan adanya korelasi spasial. Untuk dapat menganalisis suatu kasus berkaitan dengan data spasial maka harus terlebih dahulu diketahui tipe data spasialnya. Menurut Cressie (1993), terdapat 3 tipe data spasial yaitu:

1. Data Geostatistik (*Geostatistical Data*)

Geostatistik muncul pada awal tahun 1980-an sebagai perpaduan disiplin ilmu teknik pertambangan, geologi, matematika, dan statistika. Geostatistik lebih akurat dibandingkan dengan pendekatan klasik yang biasanya digunakan untuk mengestimasi cadangan mineral di mana mencakup keragaman spasial dengan skala besar maupun kecil, atau pada umumnya geostatistika dapat memodelkan kecenderungan spasial (*spasial trend*) dan korelasi spasial (*spasial correlation*). Salah satu bagian penting dari geostatistika adalah memprediksi kualitas dan kandungan pada blok mineral dari sampel yang diobservasi. Dasar dari geostatistika adalah lokasi yang saling berdekatan akan cenderung memiliki kemiripan bobot nilai,

sedangkan area yang lokasinya berjauhan bobot nilainya cenderung berbeda. Data geostatistik mengarah pada data sampel berupa titik, baik *regular* maupun *irregular*.

2. Data Area (*Lattice Data*)

Data area (*lattice data*) terdiri dari *regular* dan *irregular* area yang didukung oleh informasi lingkungan dan dihubungkan dengan batas-batas tertentu. Data area sendiri berhubungan dengan wilayah spasial, merupakan kumpulan data atribut diskrit yang merupakan hasil pengukuran pada area tertentu. Secara umum, data area merupakan konsep dari persinggungan antar wilayah (*neighbourhood*). Data pada setiap area diberikan nilai bobot berdasarkan persinggungannya dengan area lain.

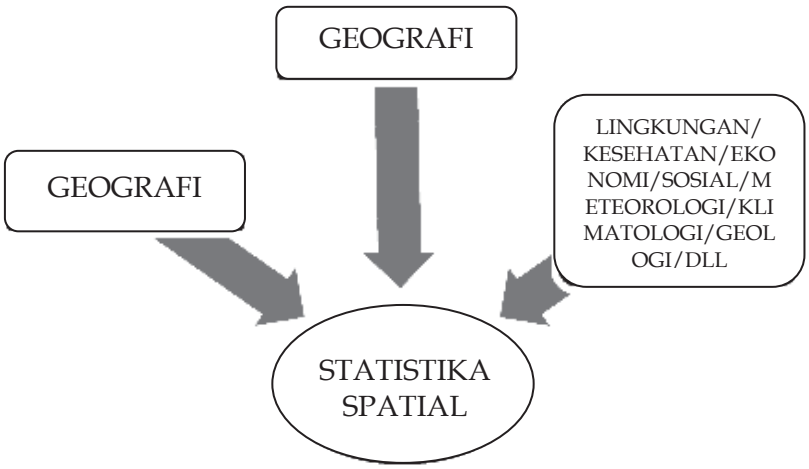
3. Pola Titik (*Point Pattern*)

Lokasi pola titik diperoleh berdasarkan pada posisi koordinat tertentu yang diperoleh berdasarkan informasi lokasi atau wilayah yang bersesuaian. Pola titik muncul ketika variabel yang dianggap penting untuk dianalisis merupakan lokasi dari suatu kejadian. Analisis pada data yang memiliki pola titik bertujuan untuk mengetahui hubungan ketergantungan antar titik. Hubungan ini dapat diketahui berdasarkan segmen yang dibentuk dari lokasi titik-titik yang diamati.

Untuk lebih sederhana dalam memahami tipe data spasial adalah sebagai berikut

1. Kontinu: Elevasi, Curah Hujan, *Ocean salinity*
2. Area:
   a. Tak terbatas: Landuse, area pemasaran, jenis tanah, tipe batuan
   b. Terbatas: Batas kota/negara/provinsi, kepemilikan lahan (*land parcel*), dan wilayah
   c. Perpindahan: Udara, Kumpulan hewan, penangkapan ikan
3. Jaringan: Jalan, Jalur transmisi, sungai
4. Titik:
   a. Tetap: Mata air, lampu jalan, alamat
   b. Berpindah: kendaraan, zebra, burung

Secara tradisional, analisis spasial merupakan domain dari disiplin akademik geografi, terutama geografi kuantitatif, bidang ekologi, transportasi, studi perkotaan dan sejumlah disiplin lain menarik dan berperan penting dalam pengembangan bidang spasial. Analisis spasial jelas tidak sederhana seperti analisis non-spasial namun dapat digunakan untuk menyelesaikan masalah yang berbasis lokasi. Masalah yang sering muncul adalah untuk mengukur asosiasi antara variabel georeferensi dan juga heterogenitas spasial. Aanalisis spasial berkembang selama beberapa dekade terakhir, terdiri dari dua utama bidang penelitian: analisis data spasial dan pemodelan spasial. Pemodelan spasial terletak di jantung ilmu regional dan mencakup berbagai model yang berbeda terutama model Lokasi. interaksi spasial, spasial analisis dinamis. Pada analisis spasial, analisis data meliputi prosedur untuk identifikasi karakteristik data georeferensi, tes pada hipotesis tentang pola dan hubungan, dan konstruksi dari model yang memberi makna pada pola dan hubungan antara georeferensi variabel.



Gambar 1.1 *Hubungan Statistika Spasial*

Luasnya kepentingan dalam analisis data spasial ini terbukti dari buku spasial oleh Ripley (1981), Upton dan Fingleton (1985), Anselin (1988), Griffith (1988), Haining (1990), Cressie (1991), Fischer dan Nijkamp (1993), Fotheringham dan Rogerson (1994), Bailey dan Gatrell (1995).

vitalitas lanjutan dari lapangan selama dekade terakhir ini digambarkan dengan meningkatnya dimensi spasial dalam penelitian ilmu sosial yang kadang-kadang menghasilkan hasil yang berbeda dan lebih bermakna dari analisis yang sebelumnya mengabaikan dimensi itu. Memperluas penggunaan metode analisis spasial mencerminkan pentingnya lokasi dan interaksi spasial dalam kerangka teoritis, terutama dalam geografi ekonomi baru sebagaimana yang terdapat dalam karya Krugman (1991a, 1991b), Fujita dkk (1999) dan lain-lain. Pusat untuk mengkaji ekonomi berbasis geografi merupakan akuntansi eksplisit untuk lokasi dan interaksi spasial dalam teori perdagangan dan pembangunan ekonomi. yang dihasilkan model yang meningkat dan berbagai bentuk hasil persaingan tidak sempurna dari eksternalitas spasial dan spillovers yang manifestasi spasial membutuhkan ruang yang. Pendekatan analitik dalam pekerjaan empiris sebelumnya diperkenalkan oleh (Goodchild *et al.* 2000). Teknologi analisis spasial telah sangat terpengaruh oleh komputer. Bahkan, meningkatnya minat dalam analisis spasial dalam beberapa tahun terakhir secara langsung terkait dengan kemampuan komputer untuk memproses sejumlah besar data spasial dan untuk memetakan data yang sangat cepat dan murah. *Software Specialised* untuk menangkap, manipulasi dan penyajian data spasial, yang dapat disebut sebagai Sistem Informasi Geografis [GIS], telah banyak meningkatkan berbagai kemungkinan pengorganisasian. Data spasial dengan cara-cara baru dan efisien integrasi spasial dan interpolasi spasial. Ditambah dengan perbaikan dalam ketersediaan data dan peningkatan memori komputer dan kecepatan, teknik baru membuka cara-cara baru bekerja dengan informasi geografis. analisis spasial saat memasuki periode perubahan yang cepat ditandai dengan geocomputation, skala besar baru dan komputasi intensif paradigma ilmiah (lihat Longley *et al.* 1999, Openshaw dan Abrahart, 2000, Fischer, 2006).

Kekuatan pendorong utama di balik paradigma perkembangan dari spasial dalam hal komputasi terdiri dari empat faktor: Pertama, meningkatnya kompleksitas sistem tata ruang yang analisis membutuhkan metode baru untuk pemodelan nonlinear, ketidakpastian, diskontinuitas; kedua, kebutuhan untuk menemukan cara baru dalam menangani dan

memanfaatkan semakin besar jumlah informasi spasial dari informasi geografis sistem dan penginderaan jauh, juga revolusi data; ketiga, meningkatnya ketersediaan kecerdasan komputasi teknik yang dapat segera diterapkan ke banyak daerah dalam analisis spasial; dan keempat, perkembangan kinerja tinggi komputasi yang merangsang adopsi paradigma komputasi untuk pemecahan masalah, analisis data dan pemodelan. Tetapi penting untuk dicatat bahwa tidak semua penelitian berdasarkan *geocomputation* membutuhkan penggunaan set data yang sangat besar atau membutuhkan akses ke komputasi kinerja tinggi.

Penerapan statistika spatial dapat dilakukan dalam semua bidang seperti contohnya adalah permasalahan kemiskinan. Kemiskinan merupakan salah satu masalah serius di negara Indonesia. Kemiskinan adalah keadaan di mana terjadi ketidakmampuan untuk memenuhi kebutuhan dasar seperti makanan, pakaian, tempat berlindung, kesehatan dan pendidikan. Kemiskinan juga menjadi salah satu penyebab utama seseorang bunuh diri. Suatu analisis pemodelan regresi untuk mengetahui pengaruh jumlah penduduk bekerja dan jumlah penduduk miskin dengan melibatkan pengaruh aspek spasial sangatlah penting. Hal ini disebabkan aspek aspek kemiskinan tidak hanya dijelaskan oleh peubah-peubah penjelas saja namun juga aspek lokasi. Selain itu pada kesehatan juga perlu dilakukan pemodelan spasial seperti contoh mengkaji faktor eksternal kejadian pneumonia pada balita di suatu provinsi dengan mempertimbangkan aspek spasial. Aspek spasial di sini terkait dengan perbedaan karakteristik lingkungan dan geografis antar daerah sehingga masing-masing daerah ada kemungkinan memiliki variasi yang berbeda. Pendekatan spasial sangat beralasan, karena penyebaran suatu penyakit, terutama penyakit menular sangat dipengaruhi oleh lingkungan sekitar. Jika suatu daerah terjangkit suatu penyakit menular, maka terdapat kemungkinan bahwa daerah sekitarnya akan tertular penyakit ini pula. Oleh karena itu diperlukan suatu metode pemodelan statistik dengan memperhitungkan aspek spasial. Pada kasus lainya adalah pemodelan pertumbuhan ekonomi. Perencanaan pembangunan ekonomi suatu negara atau daerah memerlukan bermacam-macam data untuk dasar penentuan strategi dan kebijakan, agar sasaran pembangunan dapat dicapai dengan

tepat. Strategi dan kebijakan pembangunan ekonomi yang telah diambil pada masa-masa lalu perlu dimonitor dan dilihat hasil-hasilnya. Salah satu alat untuk melihat keberhasilan Pemerintah dalam bidang ekonomi adalah pertumbuhan ekonomi. Untuk memodelkan pertumbuhan ekonomi tersebut dapat digunakan metode regresi linear biasa, namun model ini hanya akan menggambarkan kondisi secara umum. Kenyataannya kondisi semua wilayah yang diamati tidak sama, karena adanya faktor geografis, keadaan sosial budaya, maupun hal lainnya yang melatarbelakangi kondisi yang seharusnya juga diteliti. Perbedaan ini sangat memungkinkan munculnya heterogenitas spasial. Bila kasus ini terjadi, maka regresi linear biasa kurang mampu dalam menjelaskan fenomena data yang sebenarnya. Metode analisis spasial yang akan dibahas pada buku ini antara lain;

1. *Geographically Weighted Regression* (GWR)
2. *Geograpichally Weighted Logistic Regression* (GWLR)
3. *Geograpichally Weighted Logistic Regression Semiparametric* (GWLRS)
4. *Geographically Weighted Poisson Regression* (GWPR)
5. Aplikasi *OpenGeoDa ArcView* GIS

يَٰٓأَيُّهَا ٱلنَّاسُ ٱذۡكُرُواْ نِعۡمَتَ ٱللَّهِ عَلَيۡكُمۡۚ هَلۡ مِنۡ خَٰلِقٍ غَيۡرُ ٱللَّهِ يَرۡزُقُكُم مِّنَ ٱلسَّمَآءِ
وَٱلۡأَرۡضِۚ لَآ إِلَٰهَ إِلَّا هُوَۖ فَأَنَّىٰ تُؤۡفَكُونَ ٣

Hai manusia, ingatlah akan nikmat Allah kepadamu. Adakah pencipta selain Allah yang dapat memberikan rezeki kepada kamu dari langit dan bumi? Tidak ada Tuhan selain Dia; maka mengapakah kamu berpaling (dari ketauhidan)?

(QS: 35: 3)

-oo0oo-

DAFTAR PUSTAKA

A. Colin Cameron and Pravin K. Trivedi. 1998. *Regression Analysis of Count Data*, Econometric Society Monograph No. 30, Cambridge University Press, 1998. ISBN: 0 521 63567 5.

Anselin, L. and Griffith, D. A. 1988. *Do Spatial Effecfs Really Matter in Regression Analysis*?. Papers in Regional Science, 65: 11–34. doi: 10.1111/j.1435-5597.1988.tb01155.x.

Agresti, A. 2013. *Categorical Data Analysis, Third Edition.* John Wiley & Sons: New York.

Agresti, A., Franklin, C. A., Klingenberg., B 2017. *Statistics: The Art and Science of Learning drom Data.* Pearson.

Atkinson, P. M., German, S. E., Sear, D. A. & Clark, M. J. 2003. *Exploring the Relations Between Riverbank Erosion and Geomorphological Controls Using Geographically Weighted* Logistic *Regression*. Geographical Analysis, 35, pp. 58-82.

Bailey, T. C. and Gatrell, A.C. 1995. In*teractive Spatial Data Analysis. Addison Wesley Longman*. Available at Ulrich's, Michigan Union, and Michigan Book and Supply.

Basilevsky, A. 1994. *Statistical Factor Analysis and Related Methods: Theory and Applications*. New York: John Wiley and Sons.

Budianto, Eko. 2010. *Sistem Informasi Geografis dengan Arc View GIS*. Yogyakarta: Andi Offset.

Caraka, R. E. 2016. Sebuah Kajian dan Studi Perhitungan Dana Pensiun di Indonesia. *Journal Badan Pendidikan dan Pelatihan Keuangan Kementerian Keuangan Republik Indonesi*a (BPPK). Vol. 9, No. 2. pp. 160-180.

Caraka, R. E., Sugiyarto, W., Erda, G., and Sadewo. E. 2016. Pengaruh Inflasi Terhadap Impor dan Ekspor di Provinsi Riau dan Kepulauan Riau Menggunakan Generalized Spatio Time Series. *Journal Badan Pendidikan dan Pelatihan Keuangan Kementerian Keuangan Republik Indonesia* (BPPK). Vol. 9, No. 2. pp. 180-198.

Cressie, N. A. C. 1993. *Statistics for Spatial Data.* Wiley Series in Probability and Statistics. ISBN: 9781119115151.

Daniel, W. W. 1989. *Statistika Nonparametrik Terapan.* Alex Tri Kuncoro, penerjemah. Jakarta: PT Gramedia. Terjemahan dari Applied Nonparametric Statistics.

Desriwendi, Hoyyi., Wuryandari, T. 2015. Pemodelan *Geographically Weighted* Logistic *Regression* (GWLR) dengan Fungsi Pembobot Fixed Gaussian Kernel dan Adaptive Gaussian Kernel (Studi Kasus: Laju Pertumbuhan Penduduk Provinsi Jawa Tengah). *Jurnal Gaussian*, Vol. 4, No. 2, pp. 193-204 ISSN: 2339-2541.

Dewi, F.S., Yasin, H., Sugito. 2015. Pemodelan Status Kesejahteraan Daerah Kabupaten atau Kota di Jawa Tengah Menggunakan *Geographically Weighted* Logistic *Regression* Semiparametric. *Jurnal Gaussian.* Vol. 4, No. 1. pp: 43–52. ISSN: 2339-2541.

Fischer, M.M 2006. *Spatial Analysis and GeoComputation.* Berlin: Springer.

Fischer, M. M. & Nijkamp, P. 1993. *Design and Use of Geographic Information System and Spatial Models*. In: Fischer, M. M. & Nijkamp, P. (Eds.) Geographic Information Systems, Spatial Modeling, and Policy Evaluations. Berlin Heidelberg: SpringerVerlag.

Fotheringham, A.S. Brundson, C. dan Charlton, M. 2002. *Geographically Weighted Regression: Analysis of Spatially Varying Relationship.* John Wiley and Sons Ltd: England.

Fotheringham, S., & Rogerson, P. 1994. *Spatial Analysis and GIS*. In Spatial Analysis and GIS Taylor & Francis; Technical Issues in Geography Information Systems.

Griffith, D. A. 1998. *Econometrics Advances in Spatial Modelling and Methodology.* Springer Science. Kluwer Academic Publishers.

Goodchild, M. F., Anselin, L., Appelbaum, R. P. and Harthorn, B. H., 2000. *Toward Spatially Integrated Social Science*. International Regional Science Review, 23 (2), pp. 139-159.

Hair, J. F., Black, W. C., Babin, B. J., and Anderson, R. E. 2010. *Multivariate Data Analysis*. Seventh edition. New Jersey: Prentice Hall.

Haining, R. 1990. *Spatial Data Analysis in the Social and Environmental Sciences*, Cambridge.

Hosmer, D. W. and Lemeshow, S. 2000. *Applied Logistic Regression*. John Wiley & Sons: New York.

Irawati, B. Purhadi. 2012. Perbandingan Analisis *Generalized Poisson Regression* (GPR) dan Regresi Binomial Negatif untuk Mengatasi Overdispersi Studi Kasus: Pemodelan Jumlah Kasus Kanker Serviks di Jawa Timur. *Jurnal Matematika* Vol. 2 No. 2. pp. 13-24 ISSN: 1693-1394.

Isbiyantoro, K., Wiliandari, Y., Sugito. 2014. Perbandingan Model Pertumbuhan Ekonomi di Jawa Tengah dengan Metode Regresi Linier Berganda dan Metode *Geographically Weighted Regression*. *Jurnal Gaussian*. Vol. 3, No. 3 pp. 461–469. ISSN: 2339-2541.

Johnson, R. A. and Wichern, D. W. 2007. *Applied Multivariate Statistical Analysis.* Sixth edition. New Jersey: Pearson Prentice Hall.

Krugman, Paul. 1991a. *Geography and Trade*. Cambridge: MIT Press.

Krugman, P. R. (1991b): "Increasing Returns and Economic Geography," *Journal of Political Economy*, 99, 483-499.

Longley, P. A., Goodchild, M. F., Maguire, D., and Rhind, D.W., 1999, *Geographical Information Systems*, 2 Volume Set., New York: John Wiley & Sons.

Ma'sum. M. A., Suparti., Ispriyanti, D. 2013. Perbandingan Model Regresi Binomial Negatif dengan Model *Geographically Weighted* Poisson *Regression* (GWPR) (Studi Kasus: Angka Kematian Ibu di Provinsi Jawa Timur Tahun 2011). *Jurnal Gaussian*, Vol. 2, No. 3, pp. 259-267. ISSN: 2339-2541.

Mei C.L., He S. Y., Fang K.T. 2004. "A Note on The Mixed *Geographically Weighted Regression Model*", *Journal of Regional Science*, 44, 143-157.

Miller, H. J. 2004. 'Tobler's First Law and Spatial Analysis'. *Annals of the Association of America Geographers*, 94 (2), hal. 284-289.

Montgomery, D. C. 2017. *Introduction to Statistical Quality Control, Seventh Edition*. New York: John and Wiley Sons, Inc.

Mood, A. M., Graybil, F.A dan Boes, D. C. 1974. *Introduction to The Teory of Statistics. Third Edition.* Singapura: McGraw-Hill.

Openshaw, S and R. J. Abrahart. 2000. *Geocomputing*, London: Taylor and Francis.

Peters, G. W., Matsui, T. 2017. *Modern Methodology and Applications in Spatial-Temporal Modeling.*

Prasetyo, E. 2012. *Data Mining Konsep dan Aplikasi Menggunakan MATLAB*. Yogyakarta: ANDI.

Purhadi dan Yasin, H. 2012. *Mixed Geographically Weighted Regression Model Case Study: The Percentage of Poor Households In Mojokerto* 2008. *European Journal of* of Scientific Research.

Ripley, B. D. 1981. *Spatial Statistics*. John Wiley Sons, New York.

Sarwoko. 2005. *Dasar-dasar Ekonometrika*. Yogyakarta: Andi.

Schmidt, V. 2013 *Stochastic Geometry, Spatial Statistics and Random Fields Models and Algorithms.* New York: Springer.

Simamora, B. 2005. *Analisis Multivatiat Pemasaran.* Jakarta: PT Gramedia Pustaka Utama.

Upton, G., Fingleton, B. 1985. *Spatial Data Analysis by Example.* Vol, 1. New York: Wiley

Widarjono, A. 2010. *Analisis Statistika Multivariat Terapan*. Yogyakarta: Unit Penerbit dan Percetakan STIM YKPN.

Yasin,H. 2011. Pemilihan Variabel Pada Model *Geographically Weighted Regression*. Media Statistika, Vol. 4, No. 2, pp. 63-72.

-oo0oo-

GEOGRAPHICALLY WEIGHTED REGRESSION (GWR)

Sebuah Pendekatan Regresi Geografis

Di era yang semakin berkembang, banyak bidang ilmu seperti ekonomi, sosial, lingkungan, kesehatan, meteorologi, klimatologi, geologi dan lain sebagainya menggunakan data yang berkaitan dengan lokasi atau letak geografis suatu tempat. Data yang memuat informasi mengenai lokasi atau letak geografis suatu daerah dan diperoleh dari hasil pengukuran disebut data spasial.

Buku ini membahas lengkap mengenai metode statistika spasial dan penerapannya. Bab pertama membahas definisi statistika spasial, bab dua sampai dengan empat membahas Geographically Weighted Regression (GWR), Geograpichally Weighted Logistic Regression (GWLR), Geograpichally Weighted Logistic Regression Semiparametric (GWLRS), Geographically Weighted Poisson Regression (GWPR) dan bab lima membahas tentang aplikasi Open Geo Da Arc View GIS. Pada buku ini diberikan sejumlah panduan dalam menganalisis dan intepretasi dari metode tersebut khususnya pengoperasian dengan menggunakan software R, Arc View dan Open Geo Da. R merupakan Bahasa pemrograman untuk komputasi statistik dan grafis.

Rezzy Eko Caraka, menyelesaikan program sarjana di Jurusan Statistika Fakultas Sains dan Matematika Universitas Diponegoro (2015). Semasa kuliah S-1, ia menjadi asisten dosen di Jurusan Statistika FSM UNDIP, asisten peneliti di LPPM UNDIP, Adjunct Researcher and Teaching Assistant di The National University of Malaysia (UKM), University of Malaya (UM), The National University of Singapore (NUS). Aktif di Data Science Indonesia (DSI) pada divisi Research and development. Peneliti di Bioinformatics and Data Science Research Center (BDSRC) Bina Nusantara University. Ia pernah mendapat penghargaan best paper danbest presenter pada konferensi dan perlombaan karya tulis yang diselenggarakan tingkat Nasional maupun Internasional. Saat ini, ia sedang menyelesaikan program Master of Science by Research (MSc-RES) in Statistics dengan mengangkat tema tentang machine learning and data science. Pembaca bisa mengunjungi laman pribadi penulis di www.rezzyekocaraka.com.

Hasbi Yasin menyelesaikan program sarjana di Jurusan Matematika Fakultas Sains dan Matematika Universitas Diponegoro (2005), program magister di Jurusan Statistika Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS) Surabaya (2009). Ia merupakan Staff pengajar di Jurusan Statistika Fakultas Sains dan Matematika Universitas Diponegoro dengan bidang keahlian statistika spasial, komputa sistatistika, neural network, dan data mining.

MOBIUS

ISBN: 978-602-19479-7-5

9 786021 947975