

# PEMODELAN SPASIAL PENENTUAN INSTRUMEN STRATEGIS PENATAAN RUANG UNTUK PENGENDALIAN RISIKO BANJIR DI WILAYAH JABODETABEK

(A SPATIAL MODELING APPROACH TO DETERMINE STRATEGIC SPATIAL PLANNING INSTRUMENTS FOR FLOOD-RISK CONTROL IN THE JABODETABEK REGION)

H. R. Sunsun Saefulhakim<sup>1,\*</sup>

## ABSTRACT

Spatial planning must perform protection on socioeconomic and ecological functions of space, and prevent negative impacts of space utilization on the environment. Constraints on such spatial planning increase continuously. In the Jabodetabek Region 2003 to 2006, flood-risky households increased with annual rate more than four times economic growth. This research aimed to determine strategic spatial planning instruments to control flood risks, by using Spatial Durbin Modeling approach. The model specifies explanatory variables into local and external. Local variables give effects as in a conventional regression model, while external variables give effects in a given pattern represented by a spatial contiguity matrix. Principal Components Analysis was employed to reduce multicollinearities among variables. Test and parameter estimation of the model were employed by using Forward Stepwise General Regression Model with ANOVA-like design and Sigma-Restricted Parametrization. Research area was Jabodetabek Region year 2003 excluding Kepulauan Seribu, constituted 12 districts and seven watersheds. Measurement units were administrative regions at village level (1.488 units). The model fit to the data very significantly ( $R^2=0.84$ ;  $p<<0.01$ ). The research concluded that improving effectiveness of inter-locality cooperation, especially between localities of the upper and those of the down streams in a watershed system, is a strategic spatial planning instrument to control flood risks in the area. The cooperation comprises of ordering and control of: built-up-to-green ratio, building density, riverside occupation, land ownership disparity, farmland holding not to farm, poverty level, encroachment to perennial cropland, forest and protected zones, and industrial locations. Land suitability is important principle to be considered.

**Keywords:** Spatial planning, inter-locality cooperation, spatial modeling, flood-risk control.

## ABSTRAK

Penataan ruang semestinya dapat mewujudkan perlindungan terhadap fungsi budidaya dan fungsi lindung dari ruang, serta pencegahan dampak negatif terhadap lingkungan akibat pemanfaatan ruang. Penataan ruang yang demikian semakin menghadapi banyak kendala. Untuk Wilayah Jabodetabek periode 2003 sd. 2006 misalnya, tiap persen pertumbuhan ekonomi disertai peningkatan rumahtangga berisiko banjir lebih dari 4%. Penelitian ini bertujuan menentukan instrumen strategis penataan ruang untuk pengendalian risiko banjir dengan pendekatan Model Durbin Spasial. Model menpesifikasikan variabel penjelas atas lokal dan eksternal. Variabel lokal memberi pengaruh seperti pada model regresi biasa, sedangkan variabel eksternal memberi pengaruh dengan pola tertentu yang direpresentasikan dengan matriks kontiguitas spasial. Analisis Komponen Utama dilakukan untuk mereduksi multikolinearitas antar variabel. Uji dan estimasi parameter model menggunakan pendekatan Model Regresi Umum Bertahap Meningkatkan dengan Perancangan Mirip Sidik Ragam dan Parametrisasi Berkendala Total Nol. Wilayah penelitian adalah Wilayah Jabodetabek tahun 2003 selain Kepulauan Seribu, yang mencakup 12 daerah kabupaten/kota dan tujuh daerah aliran sungai (DAS). Unit pengukuran adalah wilayah administratif desa/kelurahan (1 488 unit). Model sangat nyata fit dengan data ( $R^2=0,84$ ;  $p<<0,01$ ). Perbaikan efektivitas kerjasama antar lokalitas, terutama antara lokalitas hulu dan hilir pada satu sistem DAS, merupakan instrumen strategis penataan ruang bagi pengendalian risiko banjir di wilayah penelitian. Kerjasama tersebut mencakup penataan/pengendalian dalam hal: rasio ruang terbangun atas ruang hijau, kerapatan bangunan, hunian bantaran sungai, disparitas penguasaan hak atas tanah, penguasaan lahan pertanian bukan untuk pertanian, tingkat kemiskinan, perambahan lahan tanaman tahunan, hutan dan kawasan lindung, dan lokasi industri. Kesesuaian lahan adalah prinsip penatataan yang penting mendapat perhatian.

**Kata kunci:** Penatatan ruang, kerjasama antar lokalitas, model spasial, pengendalian risiko banjir.

<sup>1</sup>) Dep. Ilmu Tanah dan Sumberdaya Lahan Fakultas Pertanian, Institut Pertanian Bogor.

\* Penulis korespondensi: 0251-8422322; 0856-2476-1916;  
sn\_hakim@yahoo.com

## PENDAHULUAN

Penataan ruang semestinya dapat mewujudkan perlindungan terhadap fungsi budidaya dan fungsi lindung dari ruang, serta pencegahan efek negatif terhadap lingkungan akibat pemanfaatan ruang (Anonimus, 2007). Ruang hijau yang dapat memelihara berfungsinya sistem jaringan sungai, ditunjukkan Khaldun (1375) sebagai determinan lokasi-lokasi pusat peradaban dunia. Namun penataan ruang yang demikian semakin menghadapi banyak kendala. Dalam perkembangannya, semakin banyak proses pembangunan yang kurang memperhatikan daya dukung lingkungan, yang mendorong percepatan ekspansi ruang terbangun secara tak terkendali. Air bawah tanah semakin dalam dan aliran permukaan semakin tinggi hingga melampaui daya sangga sistem drainase terhadap risiko banjir (Zhang, Ma dan Wang, 2008). Wilayah Jabodetabek (Jakarta, Depok, Bogor, Tangerang, dan Bekasi) merupakan etalase citra bangsa karena mencakup ibukota negara dan wilayah ekonomi-ekologi terkait di sekitarnya. Namun dalam hal penataan ruang, wilayah ini termasuk yang sangat memprihatinkan. Data statistik (BPS 2003a, 2006a dan 2006b) menunjukkan rumahtangga berisiko banjir di wilayah ini meningkat dengan laju rata-rata tahunan 23,9%, lebih dari 4 kali lipat laju pertumbuhan ekonominya (5,6%). Risiko banjir adalah fenomena spasial. Intensitas dan pola pengaruh tiap faktor pengendalinya bisa bervariasi antar DAS (Hashemi, Franchini, dan O'Connel 2000) maupun antar daerah administratif. Variasi ini bisa juga terjadi antar dimensi interaksi spasial, seperti interaksi yang berlangsung: (1) secara lokal, (2) dengan kawasan sekitar, atau (3) antara hulu dan hilir. Fenomena kontradikif dan kontra produktif terhadap pencapaian tujuan, bisa terus terjadi jika penataan ruang menapikan variasi intra dan antar dimensi interaksi spasial, dari intensitas dan pola pengaruh tiap faktor pengendali. Penelitian ini bertujuan menentukan instrumen strategis penataan ruang untuk pengendalian risiko banjir dengan pendekatan spasial tersebut.

## BAHAN DAN METODE

**Model.** Pendekatan regresi dapat digunakan untuk membangun model prediksi, jika syarat Gauss-Markov dipenuhi (Upton dan Fingleton, 1985), yaitu: (1) antar variabel penjelas tak terjadi multikolinearitas, dan (2) antar sampel tak berinteraksi sehingga ragam-peragam galat berbenuk

matriks diagonal. Untuk penelitian percobaan di laboratorium, kedua syarat ini mudah dipenuhi. Namun, untuk penelitian lapangan, seperti fenomena risiko banjir, kedua syarat ini sulit sekali dipenuhi, sehingga pendekatan regresi bisa menghasilkan prediksi yang bias dan kebijakan yang salah arah. Selain itu, dalam banyak hal, efek variabel penjelas tidaklah aditif tapi interaktif seperti Fungsi Cob-Douglas (Gujarati, 2009), sesuai prinsip teori lokasi tentang ketaksempurnaan pemilahan antar faktor (*imperfect factor divisibility*) (Hoover dan Giarratani, 1999). Untuk fenomena terakhir ini, pendekatan regresi masih dapat digunakan, dengan mentransformasi logaritma-natural semua variabelnya. Untuk fenomena multikolinearitas, diselesaikan dengan transformasi variabel penjelas menjadi variabel baru ortogonal (selanjutnya disebut faktor penjelas) dengan Analisis Komponen Utama (StatSoft, 2004; Kaiser, 1960 dalam StatSoft, 2004; Hayashi dan Sen, 1997; Park, 2003). Untuk mengakomodasi fenomena interaksi antar sampel (antar lokalitas), digunakan pendekatan Model Durbin Spasial, yaitu  $Y = WY_{\rho} + Xb + WX\beta + \epsilon$  (LeSage, 1999; Mur dan Angulo, 2005). Dalam hal ini,  $W$  matriks kontiguitas spasial efek antar lokalitas,  $\rho$  koefisien autoregresi spasial,  $b$  vektor parameter efek lokal,  $\beta$  vektor parameter efek lokalitas lain terkait, dan  $\epsilon$  vektor galat yang ragam-peragamnya matriks diagonal. Selanjutnya,  $W$  dispesifikasi atas matriks kontiguitas spasial efek dari lokalitas lain pada kawasan (1) sekitar ( $W_r$ ), dan (2) lebih hulu ( $W_w$ ). Kontiguitas spasial efek dari tiap lokalitas kawasan sekitar diasumsikan mengikuti prinsip gravitasi interaksi spasial (Foot, 1981; Cliff dan Ord, 1981; Upton dan Fingleton, 1985; Nijkamp, 1986), intensitasnya proporsional terhadap magnitud dan kebalikan jarak. Kontiguitas spasial efek dari tiap lokalitas kawasan lebih hulu dibangun atas asumsi bahwa suatu lokalitas dapat berefek terhadap lokalitas lain, jika: (1) berada dalam satu sistem DAS, dan (2) berelevasi sama atau lebih tinggi. Kontiguitas efek yang ini, diasumsikan berlangsung secara kumulatif, sehingga tak melemah dengan jarak. Magnitud direpresentasikan dengan luas poligon tiap lokalitas, dan jarak dengan jarak lurus antar sentroid poligon lokalitas. Dengan notasi  $W_r Y = Y_r$ ,  $W_w Y = Y_w$ ,  $W_r X = X_r$ , dan  $W_w X = X_w$ , spesifikasi ini membuat model menjadi  $Y = Y_r \rho_r + Y_w \rho_w + Xb + X_r \beta_r + X_w \beta_w + \epsilon$ . Parameter model masih bisa berbeda antar daerah administratif maupun antar DAS (Hashemi, Franchini dan O'Connel, 2000), terkait dengan kemungkinan adanya variasi karakteristik regional yang belum terepresentasikan faktor. Untuk mengakomodasi fenomena ini, kemudian diintroduksi rancangan tanpa

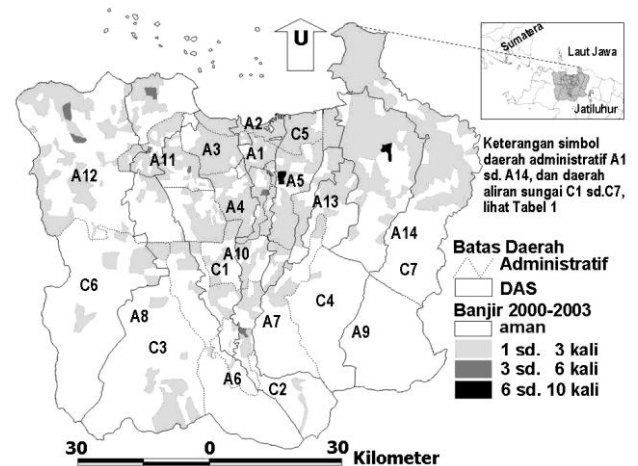
dan dengan mempersilangkan tiap variabel penjelas dengan dua variabel pengelompok, yaitu DAS dan daerah administratif, yang disebut StatSoft (2004) sebagai *ANOVA-Like Design*. Akhirnya, model jadi:  $Y = a + Ca_C + Aa_A + Y_r \rho_r + Y_{r,C} \rho_{r,C} + Y_{r,A} \rho_{r,A} + Y_w \rho_w + Y_{w,C} \rho_{w,C} + Y_{w,A} \rho_{w,A} + Xb + X_C b_C + X_A b_A + X \beta + X_{r,C} \beta_{r,C} + X_{r,A} \beta_{r,A} + X_w \beta_w + X_{w,C} \beta_{w,C} + X_{w,A} \beta_{w,A} + \epsilon$ . Risiko banjir pada suatu lokalitas ( $Y$ ) dimodel sebagai efek dari: (1) karakteristik agregat wilayah, baik secara umum lintas daerah, spesifik DAS ( $C$ ), maupun spesifik daerah administratif ( $A$ ), (2) risiko banjir lokalitas lain pada kawasan sekitar, baik secara umum lintas daerah ( $Y_r$ ), spesifik DAS ( $Y_{r,C}$ ), maupun spesifik daerah administratif ( $Y_{r,A}$ ), (3) risiko banjir lokalitas lain pada kawasan lebih hulu, baik secara umum lintas daerah ( $Y_w$ ), spesifik DAS ( $Y_{w,C}$ ), maupun spesifik daerah administratif ( $Y_{w,A}$ ), (4) berbagai faktor lokal, baik secara umum lintas daerah ( $X$ ), spesifik DAS ( $X_C$ ), maupun spesifik daerah administratif ( $X_A$ ), (5) berbagai faktor kawasan sekitar, baik secara umum lintas daerah ( $X_r$ ), spesifik DAS ( $X_{r,C}$ ), maupun spesifik daerah administratif ( $X_{r,A}$ ), dan (6) berbagai faktor kawasan lebih hulu, baik secara umum lintas daerah ( $X_w$ ), spesifik DAS ( $X_{w,C}$ ), maupun spesifik daerah administratif ( $X_{w,A}$ ). Parameter efek masing-masing ( $a, a_C, a_A, \rho_r, \rho_{r,C}, \rho_{r,A}, \rho_w, \rho_{w,C}, \rho_{w,A}, b, b_C, b_A, \beta, \beta_{r,C}, \beta_{r,A}, \beta_w, \beta_{w,C}, \beta_{w,A}$ ) diestimasi dengan *Sigma-Restricted Parametrization Forward Stepwise General Regression Model* (StatSoft, 2004; Tanaka, Tarumi dan Wakimoto, 1984).

**Wilayah Penelitian dan Data.** Wilayah Jabodetabek selain Kab. Kep. Seribu tahun 2003 dipilih sebagai wilayah penelitian. Unit lokalitas adalah desa/kelurahan (1 488 unit), tersebar di 12 daerah kab./kota dan tujuh DAS. Untuk Kab. Bogor dipilah atas tiga bagian yaitu barat, tengah dan timur. Data dasar terdiri atas format peta dan tabel. Yang berformat peta terdiri atas: (1) wilayah administratif potensi desa sensus pertanian (BPS, 2003b), (2) DAS (BPDAS, 2003), (3) elevasi lahan (LAPAN, 2003a), (4) lereng (LAPAN, 2003b), dan (5) jenis tanah (LAPAN, 2003c). Yang berformat tabel terdiri atas: (1) risiko banjir, (2) kedalaman air tanah, (3) kepemilikan/penguasaan lahan, (4) penggunaan/tutupan lahan, (5) penduduk, (7) permukiman, dan (8) kemiskinan (BPS, 2003a), serta (9) aktivitas industri (BPS, 2002). Tiap peta ditumpang-tindihkan (*union-two-themes overlay*) dengan peta wilayah administratif potensi desa sensus pertanian. Tabel atribut yang dihasilkan kemudian digabung (*join table*) dengan tabel statistik.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Pola Spasial Risiko Banjir

Gambar 1 dan Tabel 1 menunjukkan pola persebaran spasial risiko banjir di wilayah penelitian. Secara umum, yang paling rawan banjir berposisi pada bagian tengah mulai tengah kearah utara. Dari segi daerah administratif, kecuali Kota Bogor, semua daerah kota berlokasi di bagian utara, memiliki tingkat risiko banjir diatas atau setidaknya sama dengan rata-ran. Yang paling rawan banjir adalah Kota Jakarta Timur. Sebaliknya, kecuali Kab. Bekasi, semua daerah kabupaten memiliki tingkat risiko banjir dibawah rata-ran. Yang paling aman banjir adalah Kab. Bogor, terutama bagian timurnya. Dari segi DAS, tiga dari tujuh DAS berlokasi di bagian tengah, memiliki tingkat risiko banjir diatas rata-ran, yaitu DAS Angke-Pesanggara, DAS Ciliwung dan DAS Sunter. Yang paling rawan banjir DAS Sunter. Empat DAS lainnya berisiko banjir dibawah rata-ran. Yang paling aman banjir DAS Cisadane. Belajar dari Hukum Minimum Leibig dalam Ilmu Tanah (Jenny, 2005), penyelesaian masalah bisa semakin efektif dan efisien jika dimulai dari yang paling bermasalah. Dengan demikian, hirarki risiko banjir dapat digunakan sebagai bahan pertimbangan dalam penetapan skala prioritas pengendalian banjir.



Gambar 1. Pola spasial risiko banjir.

### Karakteristik Variabel Penjelas Model.

Sebelum operasi pengalihan dengan matriks kontiguitas spasial, variabel penjelas yang digunakan terdiri atas 21 faktor hasil transformasi dari 51 variabel. Faktor mencakup aspek fisik lahan (12 faktor), tata ruang (7 faktor), dan sosial ekonomi (2 faktor). Deskripsi tiap faktor ditunjukkan pada Tabel 2. Variabel yang nyata terepresentasi pada

suatu faktor, disebut variabel indikator bagi faktor tersebut. Tiap faktor diberi nama singkat berdasarkan variabel indikatornya. Munculnya lebih dari satu variabel indikator untuk suatu faktor, merupakan indikasi bahwa antar variabel tersebut memiliki pola asosiasi (keterkaitan) tertentu yang kuat.

Tabel 1. Rataan risiko banjir tiap daerah.

Kategori Daerah		Jumlah Lokalitas	Rataan Risiko Banjir <sup>1)</sup>
Kode	Keterangan		
<b>Daerah Administratif</b>			
A1	Kota Jakarta Pusat	44	0.77 *
A2	Kota Jakarta Utam	31	1.03 *
A3	Kota Jakarta Barat	56	0.84 *
A4	Kota Jakarta Selatan	65	1.00 *
A5	Kota Jakarta Timur	65	1.42 *
A6	Kota Bogor	68	0.38
A7	Kab. Bogor (Tengah)	211	0.18
A8	Kab. Bogor (Barat)	150	0.22
A9	Kab. Bogor (Timur)	64	0.02
A10	Kota Depok	63	0.57
A11	Kota Tangerang	104	1.01 *
A12	Kab. Tangerang	328	0.53
A13	Kota Bekasi i	52	0.81 *
A14	Kab. Bekasi	187	0.68 *
<b>Daerah Aliran Sungai</b>			
C1	Angke-Pesanggara	256	0.67 *
C2	Ciliwung	209	0.78 *
C3	Cisadane	338	0.30
C4	Kali Bekasi	194	0.43
C5	Sunter	102	1.25 *
C6	Barat Cisadane	266	0.55
C7	Timur Kali Bekasi	123	0.50
Agregat		1488	0.57

Keterangan:

<sup>1)</sup>Rataan adalah rata-rata berbobot jumlah lokalitas. Satuan Risiko Banjir adalah kali dalam 3 tahun. Tanda (\*) menunjukkan posisi rata-rata di atas agregat.

Pola asosiasi kuat antar karakteristik fisik (elevasi, lereng dan tanah) dan penggunaan/tutupan lahan, dapat dijelaskan dengan teori pembentukan tanah (*pedogenesis*). Tanah merupakan resultante dari berbagai faktor, seperti bahan induk/litologi/geologi, relief/geomorfologi, iklim, organisme/vegetasi/tutupan/penggunaan lahan, dan lamanya proses berlangsung (Jenny, 2005). Dalam skala mikro, variasi iklim bisa tercermin dalam variabel elevasi. Kuatnya pola asosiasi antara kedalaman air bawah tanah dengan asosiasi podzolik

kuning dan hidromorf kelabu, mengindikasikan kuatnya kaitan antara fluktuasi kedalaman air bawah tanah dengan deplesi redoks tanah pada lahan basah (Vepraskas *et al.*, dalam Lin, 2006).

Kuatnya pola asosiasi antara lahan basah dan lahan kering tanaman semusim, dengan kepemilikan lahan pertanian oleh bukan petani, mengindikasikan kuatnya konsentrasi kepemilikan lahan pertanian pada segelintir orang yang bukan pembudidaya lahan secara langsung (petani). Para petani hanya menjadi buruh yang harus bekerja untuk segelintir penguasa lahan skala besar. Pasar kerja tani yang semakin monopsonistik ini dapat menekan tingkat upah petani (Hoff, 2003) dan mendorong perluasan rumahtangga miskin. Di sisi lain fenomena ini mengindikasikan spekulasi lahan, yaitu kepemilikan yang tak berkaitan langsung dengan pengelolaan lahan tersebut (OAS, 1986). Kalau demikian, lahan tanaman semusim di wilayah ini terancam degradasi, penelantaran dan konversi.

Kuatnya pola asosiasi antara lahan tanaman tahunan/hutan dengan densitas rumahtangga tinggal di kawasan lindung, dan antara densitas rumahtangga tinggal di bantaran sungai dengan tanah milik perorangan bersertifikat, terkait dengan beberapa hal. Pola penggunaan/tutupan lahan berupa tanaman tahunan atau hutan, merupakan fenomena umum yang dapat diamati pada dan di sekitar kawasan lindung, terutama yang relatif masih terjaga dengan baik. Sertifikasi tanah tanpa subsidi, umumnya hanya mampu dilakukan oleh yang berdaya-beli memadai. Karena terkendala daya beli, rumahtangga miskin bisa terpaksa tinggal pada lokasi dengan biaya finansial rendah, atau tak berbiaya finansial sama sekali (Straszheim, 1987; CIESIN, 2006), seperti pada kawasan lindung atau bantaran sungai.

Kuatnya pola asosiasi antara lahan terbangun dengan densitas penduduk, densitas bangunan rumah semua tipe, dan densitas bangunan rumah tipe permanen, bisa secara langsung dipahami. Setiap penduduk membutuhkan tempat tinggal. Tanpa pengendalian yang efektif dan penerapan teknologi hemat lahan, pertumbuhan penduduk mendorong peningkatan permintaan atas tempat tinggal, yang selanjutnya mendorong ekspansi lahan terbangun (Saefulhakim, 1994; Saefulhakim dan Otsubo, 1999).

Kuatnya pola asosiasi antara densitas rumahtangga miskin (Pra-sejahtera dan Sejahtera I) dengan densitas penduduk menganggur, dan densitas penduduk usia sekolah dasar yang putus sekolah, menunjukkan keeratan kaitan antara pengangguran, kemiskinan dan ketidakmampuan

menyekolahkan anak (*human investment*) walau hanya untuk menamatkan sekolah dasar. Dengan demikian, pengangguran dan kemiskinan potensial memutus rantai generasi penerus berpendidikan (*loss of generation*) dan mengancam pembangunan berkelanjutan.

Kuatnya pola asosiasi antar ukuran aktivitas industri (output, penggunaan listrik dan tenaga kerja), menunjukkan pentingnya peran sumberdaya manusia (SDM) dan energi dalam mendorong industri dan pertumbuhan ekonomi. Selain itu, fenomena ini juga menjadi indikasi kuat ketaksempurnaan pemilahan antar faktor produksi (*imperfect factor divisibility*), salahsatu pilar penting penentu konfigurasi spasial (Hoover and Giarratani, 1999). Pengembangan SDM dan energi sesuai dengan variasi

potensi lokal, secara bersama-sama menjadi faktor penting bagi penyelesaian masalah penelantaran sumberdaya, pengangguran dan kemiskinan.

**Keragaan Umum Model.**

Hasil uji menunjukkan  $R^2=0,84$  dengan tarap nyata  $p < 0,01$ . Dengan demikian model secara sangat nyata mampu menjelaskan sekitar 84% dari variasi risiko banjir aktual antar unit dari 1 488 unit desa/kelurahan sewilayah Jabodetabek. Masih adanya sekitar 16% dari variasi risiko banjir aktual yang belum terjelaskan, bisa terkait dengan beberapa hal. Konstruksi matriks kontiguitas spasial belum memasukkan pola dan kapasitas sistem jaringan drainase antar lokalitas, karena kendala ketersediaan data. Selain itu model yang dirancang belum

Tabel 2. Deskripsi faktor penjelas model.

Faktor <sup>1)</sup>	Variabel Indikator dan Pembobot Faktor <sup>2)</sup>
Fisik Lahan	L01 jarak dari pantai utara (Jpt)
	L02 kedalaman air bawah tanah (Atn): 0,76; pangsa areal tanah asosiasi podzolik kuning dan hidromorf kelabu (T17): 0,76
	L03 elevasi 0 sd. 12,5 m dpl (Tt1): 0,78; aluvial kelabu tua (T08): 0,75; tanah asosiasi aluvial kelabu tua dan aluvial coklat kekelabuan (T10): 0,77
	L04 elevasi 12,5 sd. 50 m dpl (Tt2): 0,90; tanah asosiasi latosol merah, latosol coklat kemerahan dan laterit (T12): 0,90
	L05 elevasi 50 sd. 125 m dpl (Tt3): 0,91; tanah asosiasi latosol merah dan latosol coklat kemerahan (T02): 0,91
	L06 elevasi 125 sd. 250 m dpl (Tt4): 0,76; elevasi 250 sd. 400 m dpl (Tt5): 0,79; lereng 2 sd. 15% (U-2): 0,84
	L07 elevasi 400 sd. 575 m dpl (Tt6): 0,81; lereng 15 sd. 40% (1-6): 0,86; lereng >40% (Lr4): 0,88; tanah andosol (T09): 0,61
	L08 elevasi 575 sd. 800 m dpl (Tt7): 0,90; elevasi >800 m dpl (Tt8): 0,89; tanah kompleks latosol merah kekuningan, latosol coklat dan podzolik (T13): 0,73; tanah renzina (T14): 0,68
	L09 lereng 0 scl. 2% (Li•1): 1,00
	L10 tanah podzolik merah (T01): 0,78; tanah asosiasi latosol coklat dan regosol (T16): 0,78
	L11 tanah kompleks podzolik merah kekuningan, podzolik kuning dan regosol (T03): 0,81; tanah grumusol (T05): 0,81
	L12 tanah asosiasi aluvial kelabu tua, dan gley humus rendah (T15): 1,00
Tata Ruang	Tr1 lahan basah tanaman semusim (Lu 1): 0,88; lahan kering tanaman semusim (Lu2): 0,83; lahan pertanian dikuasai bukan petani (U2): 0,87
	Tr2 lahan tanaman tahunan atau hutan (Lu3): 0,74; rumah tangga tinggal di kawasan lindung (Km2): 0,74
	Tr3 lahan terbangun (Lu4): 0,65; penduduk (Pop): 0,95; bangunan rumah semua tipe (Km3): 0,96; bangunan rumah tipe permanen (Km4): 0,94
	Tr4 lahan tanaman semusim terlantar (Lu5): 0,74; tanah asosiasi hidromorf kelabu dan planosol (T11): 0,74
	Tr5 rumah tangga tinggal di tepi sungai (Km1): 0,74; tanah milik perorangan bersertifikat (Lh1): 0,74
	Tr6 bangunan rumah permukiman kumuh (Kmh): 0,81; tanah latosol merah (T07): 0,81
	Tr7 lahan kritis (Lkr): 0,60; tanah asosiasi andosol dan regosol (T04): 0,73; tanah podzolik kuning (T06): 0,80
Sosialisasi Ekonomi	Se1 rumahtangga pra-sejahtera dan sejahtera I (Msk): 0,66; penduduk menganggur (Une): 0,67; penduduk usia sekolah dasar putus sekolah (Dsd): 0,70
	Set Aktivitas industri dalam ukuran nilai output (Ino): 1,00; penggunaan listrik (Ine): 0,99; tenaga kerja (Inl): 1,00

Keterangan:

<sup>1)</sup>Faktor bervariasi indikator tunggal sama dengan variabel baku dan yang ganda adalah hasil PCA.

<sup>2)</sup>Kecuali jarak dan kedalaman air bawah tanah, variable indikator diukur sebagai rasio terhadap luas areal lokalitas. Variabel indikator telah dilogaritma-naturalkan. Angka menunjukkan *factor loadings*.

memasukkan dimensi variasi dan struktur dampak antar waktu. Data pola spasial intensitas dan waktu kejadian hujan belum tersedia. Informasi keragaan umum model ini dapat dijadikan bahan pertimbangan dalam penerapan model sampai hasil tahapan ini, dan perancangan penelitian lanjutan bagi pengembangan model selanjutnya. Perencanaan tanpa basis model berkekehandalan tinggi, hanya akan menambah masalah dan pengurusan sumberdaya tanpa hasil nyata sesuai tujuan.

### Perilaku Model.

Perilaku model dapat ditafsirkan dari nilai duga parameter model yang nyata (Tabel 3 dan Tabel 4). Perilaku model yang berkaitan dengan faktor fisik

lahan, secara umum sejalan dengan kerangka klasifikasi kesesuaian lahan untuk lokasi permukiman (Mu, 2006). Kriteria ini antara lain mensyaratkan jarak dari bantaran sungai >90m, jarak dari areal perairan (misalnya pantai) >2km dan lereng <5°, agar suatu lokasi dapat diklasifikasikan sebagai sangat sesuai untuk permukiman. Risiko banjir dapat ditekan dengan melakukan penataan ruang permukiman yang lebih memperhatikan prinsip-prinsip kesesuaian lahan.

Parameter autokorelasi risiko banjir dengan kawasan sekitar, nyata bertanda positif. Risiko banjir pada suatu lokalitas meningkat ketika banjir pada lokalitas lain di sekitarnya gagal tertanggulangi. Fenomena ini menunjukkan pentingnya kerjasama

Tabel 3. Nilai duga parameter model yang berlaku umum dan spesifik daerah aliran sungai.

Faktor Penjelas <sup>1)</sup>		Nilai Duga Parameter Model <sup>2)</sup>						
		Umum Lintas Daerah	Spesifik DAS					
			Angke-Pesanggara	Ciliwung	Cisadane	Kali Bekasi	Sunter	Barat Cisadane
Simbol	Nama Ringkas	C1	C2	C3	C4	C5	C6	
C	Konstanta		53.04 *	25.34 ***				
<u>Faktor Lokal</u>								
L03	Elevasi 0 sd. 12.5m dpl	0,26 *						
L04	Elevasi 12,5 sd. 50m dpl		0.21 ***	0.25 **				
L06	Elevasi 125 sd. 400m dpl	-0,09 **						
Tr3	Lahan Padat Bangunan	0,13 *						
Tr5	Hunian Tepi Sungai /Disparitas Kepemilikan Hak atas Tanah	0,16 *						
<u>Faktor Kawasan Sekitar</u>								
W <sub>w</sub> Bjr	Risiko Banjir	0,38 **						
W <sub>r</sub> L11	Kompleks Podzolik Merah Kekuningan, Podzolik Kuning dan Regosol, atau Grumusol		-0.89 ***		-2.29 *			
W <sub>r</sub> Tr6	Kawasan Permukiman Kumuh		1.82 **					
<u>Faktor Kawasan Lebih Hulu</u>								
CW <sub>w</sub> Bjr	Risiko Banjir	-164,74 *	43.63 *	39.23 *	-78.05 *	-25.81 *	101.56 *	-80.99 *
W <sub>w</sub> L01	Jarak dari Pantai	-65,90 *						
W <sub>w</sub> L03	Elevasi 0 sd. 12,5mdpl			-37.24 ***	54.83 ***		-63.45 **	78.95 **
W <sub>w</sub> L04	Elevasi 12,5 sd. 50m dpl		8.97 ***	28.07 *	13.55 ***		-8.06 ***	
W <sub>w</sub> L06	Elevasi 125 sd. 400mdpl		15,08 *	19,27*	-8,26*		-34.71 *	
W <sub>w</sub> L09	Lereng 0 sd. 2%				-11.60 ***		22.03 **	-9.09 **
W <sub>w</sub> Tr1	Lahan Tanaman Semusim dikuasai Bukan Petani	3,31 **						
W <sub>w</sub> Tr2	Lahan Tanaman Tahunan/Hutan atau Kawasan Lindung Berpenghuni				3.09 *	-2.74 *	-7,18**	2.95 *
W <sub>w</sub> Tr3	Lahan Padat Bangunan	44,77 *						
W <sub>w</sub> Tr5	Hunian Tepi Sungai/Disparitas Kepemilikan Hak atas Tanah	19,37 *			8.86 *	-5.40 ***		15.97 *
W <sub>w</sub> Se1	Penduduk Miskin	1,93 **						
W <sub>w</sub> Se2	Pusat Aktivitas Industri			5.94 **		3.17 ***	-3.37 ***	-10.81 *

Ket. :

<sup>1)</sup> Tarap nyata nilai duga parameter dikelaskan atas:  $p \leq 0.01$  sangat tinggi (a),  $p \leq 0.05$  tinggi (b),  $p \leq 0.20$  sedang (c), dan rendah/tak nyata.

pengendalian banjir antar lokalitas bertetangga. Adapun dengan kawasan hulu, parameter autokorelasi ini nyata bertanda negatif. Semakin ke hilir risiko banjir semakin tinggi. Semakin ke hulu semakin aman banjir. Hal ini terkait dengan aliran permukaan yang mutlak mengarah ke hilir, dan pola drainase pada kawasan lebih hilir umumnya memiliki kapasitas pendrainasean lebih rendah. Fenomena autokorelasi dengan kawasan hulu yang demikian ini, terutama terjadi untuk lokalitas di DAS Cisadane, DAS Kali Bekasi, dan DAS Barat Cisadane. Untuk lokalitas di DAS lainnya terutama DAS Angke-Pesanggara, DAS Ciliwung dan DAS Sunter, autokorelasi dengan kawasan hulu nyata bertanda positif. Baik hulu maupun hilir sama-sama berisiko banjir, sebagai indikasi kawasan hulu di ketiga DAS ini yang telah mengalami degradasi berat. Hirarki degradasi dapat dijadikan sebagai skala prioritas penataan dan pengendalian.

Ada beberapa faktor tata ruang dan sosial ekonomi yang nyata terkait dengan peningkatan risiko banjir. Faktor lokal yang nyata secara lintas daerah adalah: (1) lahan padat bangunan, dan

(2) hunian bantaran sungai/disparitas kepemilikan tanah. Kedua faktor ini, juga ditunjukkan sebagai faktor kawasan lebih hulu yang nyata secara lintas daerah. Munculnya fenomena ini bisa terkait dengan beberapa hal. Sertifikasi tanah tanpa subsidi umumnya hanya mampu dilakukan oleh yang berdaya-beli memadai. Rumahtangga miskin akhirnya terpaksa tinggal pada lokasi dengan biaya finansial rendah, atau tak berbiaya finansial sama sekali (Straszheim, 1987; CIESIN, 2006), seperti bantaran sungai. Faktor risiko banjir meningkat sejalan dengan perluasan areal terbangun yang tak tembus air (*impermeable*) dan kapasitas drainase sistem hidrologi yang lemah. Dengan demikian, pengendalian risiko banjir berimplikasi pada pentingnya penataan terhadap: (1) rasio ruang terbangun terhadap ruang hijau, (2) densitas bangunan, (3) permukiman bantaran sungai, dan (4) disparitas kepemilikan tanah, pada setiap lokalitas, lebih-lebih pada kawasan hulunya. Kerjasama dengan kawasan hulu dalam penataan aspek-aspek ini adalah sangat penting.

Faktor kawasan sekitar yang nyata adalah

Tabel 4. Nilai duga parameter model yang berlaku spesifik daerah administrative.

Faktor Penejalas <sup>1)</sup>		Kota Jakarta					Bogor			Tangerang			Kota Bekasi	
		Pusat	Utara	Barat	Selatan	Timur	Kota	Kabupaten		Kota	Kota	Kota		
Symbol	Nama Ringkas	A1	A2	A3	A4	A5	A6	Tengah	Barat	Timur	A10	A11	A12	A13
A	Konstanta (10 kali)			-61,9 *		71,5 ***		16,9 **					-7,7 <sup>c</sup>	
<b>Faktor Lokal</b>														
A T,6	Kawasan Permukiman Kumuh		-0,5 ***				-0,2 ***				0,5 **	0,3 *	0,2 **	
<b>Faktor Kawasan Sekitar</b>														
A W,L05	Elevasi 50 sd.125m dpl			-6,1 ***	-1,4 <sup>c</sup>		2,4 **					3,0 ***		-0,8 ***
A W,Tr6	Kawasan Permukiman Kumuh				-1,9 <sup>c</sup>			-2,9 *				-1,6 ***	-1,4 ***	
<b>Faktor Kawasan Lebih Hulu</b>														
A W,Bjr	Risiko Banjir	-23,0 *		-12,9 *	-3,5 <sup>b</sup>		8,5 *	10,3 *	20,3 *	5,8 *	4,7 *	-15,5 *		1,9 **
A W,L01	Jarak dari Pantai	-45,0 **	7,1 *				-10,9 **	-6,2 **	4,0 ***	6,0 ***			6,2 *	10,2 *
A W,L02	Kedalaman Air Bawah Tanah	-2,6 ***		-7,8 ***		2,7 *		-0,8 *				8,7 **	2,0 *	
A W,L03	Elevasi 0 sd. 12.5m dpl		6,8 ***	-34,2 *		5,8 ***		25,5 *	-7,0 **	13,5 **		9,0 **		11,2 *
A W,L04	Elevasi 12.5 sd. 50m dpl		-11,6 ***				-21,0 ***	-2,0 **		3,6 *		11,2 ***	1,6 **	
A W,L06	Elevasi 125 sd. 400m dpl					161,8 ***								167,0 ***
A W,L08	Elevasi >575m dpl			-250,4 *		-74,1 ***	-3,8 *	-1,3 *	0,4 *	-0,6 **		42,6 ***	7,7 *	
A W,L10	Podzolik Merah atau Asosiasi Latosol Coklat dan Regosol			73,5 *	-2,6 **			0,6 *	0,3 *		-1,0 ***		-25,7 ***	
A W,Tr3	Lahan padat Bangunan			164,1 *			3,1 *	1,3 *	-0,2 ***					-604,9 ***
A W,Tr5	Hunian Tepi			17,0 **	6,5 **	-3,7 *	-2,8 **	-4,0 *	-3,9 *	-4,4 *	-2,5 ***	7,8 **		
A W,Tr6	Syngai/Disparitas Kepemilikan Haka Atas Tanah						-1,5 **	-2,1 *	-2,1 *				1,4 ***	
A W,Tr6	Kawasan Permukiman Kumuh		-5,3 ***			-2,2 **	-1,3 ***	0,7 **				15,8 *	4,7 **	

Keterangan:

<sup>1)</sup> Tarap nyata nilai duga parameter dikelaskan atas: p<0.01 sangat tinggi (\*), p<0.05 tinggi (\*\*), p<0.20 sedang (\*\*\*), dan rendah/tak nyata.

kawasan permukiman kumuh. Spesifik untuk DAS Angke-Pesanggara, faktor ini nyata meningkatkan risiko banjir. Hal ini diduga terkait dengan sistem drainase kawasan permukiman kumuh yang umumnya buruk, dan hukum bejana berhubungan dalam Fisika Fluida (Britannica, 2005) berlaku antar lokalitas bertetangga. Adapun secara administratif, spesifik untuk Kota Jakarta Selatan, Kab. Bogor (bagian tengah), serta Kota dan Kab. Tangerang, faktor ini menunjukkan fenomena substitusi spasial. Suatu daerah yang terkelola bersih sehingga relatif aman banjir, menjadikan daerah sekitar sebagai tempat pembuangan akhir sampahnya, yang kemudian berkembang menjadi kawasan permukiman kumuh. Untuk pengendalian risiko banjir secara komprehensif, kerjasama antar daerah bertetangga penting dibangun, termasuk dalam manajemen sampah dan penataan kawasan permukiman kumuh.

Faktor lainnya dari kawasan hulu yang nyata secara lintas daerah adalah: (1) lahan tanaman semusim dikuasai bukan petani, dan (2) penduduk miskin. Faktor kawasan hulu yang nyata tapi hanya berlaku spesifik DAS adalah: (1) lahan tanaman tahunan/hutan atau kawasan lindung berpenghuni (spesifik untuk DAS Cisadane), dan (2) pusat aktivitas industri (spesifik untuk DAS Ciliwung dan Kali Bekasi). Konsentrasi penguasaan lahan pertanian oleh bukan petani, berimplikasi pada pengelolaan lahan tak optimal, pemiskinan dan degradasi lahan (OAS, 1986; Hoff, 2003). Karena terkendala daya beli, rumahtangga miskin banyak yang terpaksa tinggal pada lokasi dengan biaya finansial rendah, atau tak berbiaya finansial sama sekali (Straszheim, 1987; CIESIN, 2006), seperti bantaran sungai dan kawasan lindung. Faktor risiko banjir kemudian meningkat sejalan dengan perluasan areal tak tembus air (*impermeable*), dan gangguan terhadap kapasitas drainase sistem hidrologi. Khusus untuk kawasan hulu DAS Cisadane atau DAS Barat Cisadane, perambahan permukiman diindikasikan telah memasuki tahap menurunkan secara nyata efektifitas fungsi hidrologis lahan tanaman tahunan, hutan, dan kawasan lindung. Untuk DAS lainnya, tahap ini sudah terlewati sehingga variasi spasialnya tak nyata berbeda. Untuk kawasan hulu DAS Ciliwung dan DAS Kali Bekasi, penurunan efektifitas fungsi hidrologis ini terkait dengan aktivitas industri. Semua fenomena ini mengindikasikan bahwa efektifitas pengendalian banjir erat kaitannya dengan efektifitas kerjasama dengan kawasan lebih hulu, antara lain dalam hal: (1) pengendalian penguasaan lahan pertanian oleh bukan petani, (2) pengentasan kemiskinan, (3) pengendalian perambahan permukiman terhadap

hutan dan kawasan lindung, dan (4) penataan lokasi pusat aktivitas industri.

Faktor kawasan hulu ditunjukkan jauh lebih strategis dalam mengendalikan risiko banjir, seperti terlihat pada intensitas dampaknya yang selain nyata, juga berangka mutlak jauh lebih besar. Untuk perumusan kebijakan dan perencanaan, yang paling mungkin disimulasikan adalah aspek tata ruang dan sosial ekonomi. Dengan demikian, instrumen strategis pengendali risiko banjir dapat diturunkan dari faktor-faktor tata ruang dan sosial ekonomi kawasan hulu yang intensitas dampaknya nyata. Model menspesifikasikan perilaku pengaruh atas yang bersifat lintas daerah, dan yang bersifat spesifik daerah. Dalam pengaplikasiannya, spesifikasi model ini dapat merinci instrumen strategis atas: (1) instrumen strategis kebijakan lintas daerah, dan (2) instrumen strategis kebijakan spesifik daerah. Berdasarkan pembahasan di atas, instrumen strategis kebijakan lintas daerah adalah kerjasama dengan kawasan lebih hulu dalam: (1) penataan rasio ruang terbangun terhadap ruang hijau, (2) penataan densitas bangunan, (3) penataan permukiman bantaran sungai, (4) pengendalian disparitas kepemilikan/penguasaan hak atas tanah, (5) pengendalian penguasaan lahan pertanian oleh bukan petani, dan (6) pengentasan kemiskinan. Kerjasama dengan kawasan lebih hulu dalam pengendalian perambahan permukiman terhadap hutan dan kawasan lindung, adalah instrumen strategis spesifik untuk lokalitas yang tercakup dalam DAS Cisadane atau DAS Barat Cisadane. Kerjasama dengan kawasan lebih hulu dalam penataan lokasi pusat aktivitas industri, adalah instrumen strategis spesifik untuk lokalitas yang tercakup dalam DAS Ciliwung atau DAS Kali Bekasi.

## KESIMPULAN

Model secara sangat nyata mampu menjelaskan sekitar 84% dari variasi risiko banjir aktual antar unit dari 1 488 unit desa/kelurahan sewilayah Jabodetabek. Model menspesifikasikan faktor penjelas atas lokal, kawasan sekitar dan kawasan hulu, dan perilaku dampak faktor atas yang berlaku lintas dan spesifik daerah. Faktor kawasan hulu memiliki intensitas dampak yang selain nyata, juga berangka-mutlak jauh lebih besar dari faktor lokal maupun kawasan sekitar. Atas dasar ini disimpulkan bahwa peningkatan efektifitas kerjasama antar daerah terutama dengan kawasan lebih hulu adalah instrumen strategis untuk pengendalian risiko banjir. Kerjasama ini mencakup penataan/



pengendalian dalam hal: (1) rasio ruang terbangun terhadap ruang hijau, (2) densitas bangunan, (3) permukiman bantaran sungai, (4) disparitas kepemilikan hak atas tanah, (5) penguasaan lahan pertanian bukan untuk pertanian, (6) tingkat kemiskinan, (7) perambahan lahan tanaman tahunan, hutan dan kawasan lindung (khususnya untuk DAS Cisadane atau DAS Barat Cisadane), dan (8) lokasi aktivitas industri (khususnya untuk DAS Ciliwung atau DAS Kali Bekasi). Dalam upaya penataan, kesesuaian lahan adalah prinsip yang penting diperhatikan.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terimakasih kepada: (1) jaringan alumni Sekolah Pascasarjana Institut Pertanian Bogor (SPs-IPB) di Badan Pusat Statistik (BPS), dan Lembaga Penerbangan dan Antariksa Nasional (LAPAN), (2) Balai Pengelolaan Daerah Aliran Sungai (BPDAS) Citarum-Ciliwung, Kementerian Kehutanan, (3) Ditjen Bina Pembangunan Daerah (BANGDA), Kementerian Dalam Negeri, yang melibatkan penulis dalam Pengembangan Model Pemetaan Potensi Ekonomi Daerah (sejak 2007), dan (4) Kedeputusan Regional dan Sumberdaya Alam, Badan Perencanaan Pembangunan Nasional (BAPPENAS), yang melibatkan penulis dalam Penyusunan *Strategic Development Regions* (2004 sd. 2006), sehingga data terkait penelitian ini dapat penulis akses dengan mudah.

## DAFTAR PUSTAKA

- Anonimus. 2007. Undang-Undang RI No. 26 Tahun 2007 tentang Penataan Ruang. Lembaran Negara RI Tahun 2007 No. 68. Set. Neg. Jakarta.
- BPDAS. 2003. Peta Daerah Aliran Sungai Bagian Wilayah Jabodetabek. Balai Pengelolaan Daerah Aliran Sungai Citarum-Ciliwung, Bogor.
- BPS. 2002. Data Sensus Industri 2002. Badan Pusat Statistik (BPS), Jakarta.
- BPS. 2003a. Data Potensi Desa (PODES) Sensus Pertanian (ST) 2003. BPS, Jakarta.
- BPS. 2003b. Peta Wilayah Administratif PODES ST 2003. BPS, Jakarta.
- BPS. 2006a. PODES Survey Sosial Ekonomi Nasional 2006. BPS, Jakarta.
- BPS. 2006b. Produk Domestik Regional Bruto Kab./Kota 2000-2006. BPS, Jakarta.
- Britannica. 2005. Encyclopedia Britannica 2005 Deluxe Ed. CD ROM. Encyc. Britannica, Inc.
- CIESIN. 2006. Poverty and Hazard Linkages. Global Risk Identification Programme Proposal Development Coordination Meeting, 19 May 2006. Center for International Earth Science Information Network (CIESIN), Earth Inst., Columbia Univ. New York. Tersedia pada situs [http://www.ldeo.columbia.edu/chrr/news/2006/documents/GRIP\\_19May06\\_PovertyHazardLinks\\_Muniz.pdf](http://www.ldeo.columbia.edu/chrr/news/2006/documents/GRIP_19May06_PovertyHazardLinks_Muniz.pdf), diakses 3 Mar. 2009.
- Cliff, AD and JK Ord. 1981. Spatial Processes: Models and Applications. Pion, London.
- Foot, D. 1981. Operational Urban Models: An Introd., Methuen Co. London. 231p.
- Gujarati, DN. 2009. Basic Econometrics. 5th Ed. McGraw-Hill Educ. New York. 800p.
- Hashemi, AM, M Franchini, and PE O'Connel. 2000. Climatic and Basin Factors Affecting the Flood Frequency Curve, I: A Simple Sensivity Analysis Based on the Continuous Simul. Approach., Hyd. and Earth Sys. Sci. 2000, 4(3): 463-482.
- Hayashi, K and PK Sen. 1997. The Asymptotic Covariance Matrix of Estimates of Factor Loadings with Normalized Varimax Rotation. Mimeo Series No. 2176, July 1997. Institute of Statistics, University of North Carolina.
- Hoff, K. 2003. Path of Development and Institutional Barriers to Economic Opportunities. Background Papers for the World Dev. Report 2003: Dyn. Dev. in a Sustainable World. Tersedia pada situs <http://econ.worldbank.org/>, diakses 19 Feb 2005.
- Hoover, EM and F Giarratani. 1999. An Introduction to Regional Economics. 3rd Ed. Reg. Res. Inst., West Virginia Univ. The Web Book of Regional Science. Tersedia pada situs <http://www.wvu.edu/>, diakses 26 Jul 2006.
- Jenny, H. 2005. Factors of Soil Formation: A System of Quantitative Pedology. Dover Pub., Inc. New York. 191 p.
- Khaldun, Ibn. 1375. Kitāb al-'Ibar wa Diwān al-Mubtada' wa al-Khabar. In: Maktabah at-Tārikh wal-Hadlarah al-Islāmiyyah, CD Ver. 3. Turath Co. Amman. (dalam Bahasa Arab)

- LAPAN. 2003a. Peta Elevasi Bagian Wilayah Jabodetabek. Lembaga Penerbangan dan Antariksa Nasional (LAPAN), Jakarta.
- LAPAN. 2003b. Peta Lereng Bagian Wilayah Jabodetabek. LAPAN, Jakarta.
- LAPAN. 2003c. Peta Tanah Bagian Wilayah Jabodetabek. LAPAN, Jakarta.
- LeSage, JP. 1999. The Theory and Practice of Spatial Econometrics. Web Book. Regional Research Institute, Tersedia pada situs <http://www.rri.wvu.edu/>, diakses 25 Jul 2006.
- Lin, H. 2006. Revitalizing Pedology through Hydrology and Connecting Hydrology to Pedology. *Geoderma* 131 (2006) 255-256.
- Mu, Y. 2006. Developing Suitability Index for Residential Land Use: A Case Study in Dianchi Drainage Area. A Thesis of Master of Environmental Studies in Geography, University of Waterloo, Canada. Ontario. 125p.
- Mur, J, and A Angulo. 2005. A Closer Look at The Spatial Durbin Model. Paper presented at 45th Congress, Euro. Reg. Sci. Assoc., Amsterdam, Aug. 23-27, 2005.
- Nijkamp, P. 1986. Handbook of Regional and Urban Economics, Vol. I: Regional Economics. Elsevier Sci. Pub., Amsterdam.
- OAS. 1986. Saint Lucia Natural Resources and Agricultural Development Project – Studies and Proposals for the Implementation of a Land Registration Programme. Organization of American States (OAS), Dep. of Reg. Dev., USA. Washington. Tersedia pada situs <http://www.oas.org/>, diakses 3 Mar 2009.
- Park, T. 2003. A Note on Terse Coding of Kaiser's Varimax Rotation Using Complex Number Representation. Tersedia pada situs [http://www.stat.ufl.edu/~tpark/Research/vnot\\_e.pdf](http://www.stat.ufl.edu/~tpark/Research/vnot_e.pdf), diakses 12 Nov. 2010.
- Saefulhakim, RS and K Otsubo. 1999. Development of a Land Use/Cover Change Model for Indonesia. In: Kuninori Otsubo (Ed.), Land Use For Global Environmental Conservation (LU/GEC), Final Reprot of The LU/GEC First Phase (1995-1997). Center for Global Environmental Research, National Institute for Environmental Studies, Tsukuba. pp. 72-88.
- Saefulhakim, RS. 1994. A Land Availability Mapping Model for Sustainable Land Use Planning. Doctor Dissertation, Reg. Plan. Lab., Grad. School of Agric., Kyoto Univ.. Kyoto. 200p.
- StatSoft, 2004. Statistica Electronic Manual. StatSoft, Inc. Tersedia pada situs <http://www.statsoft.com/>, diakses 28 Jul 2008.
- Straszheim, M. 1987. The Theory of Urban Residential Location. In: E Mills (Ed.), Handbook of Reg. and Urban Econ. Elsevier Sci. & Tech. Amsterdam. pp.717-757.
- Tanaka, Y, T Tarumi, and K Wakimoto. 1984. Pasokon Toukei Kaiseki Handobukku, II: Tahenryo Kaiseki Hen. Kyouritsu Shuppan. Tokyo. 403p. (dalam Bahasa Jepang)
- Upton, GJG and B Fingleton. 1985. Spatial Data Analysis by Example. Vol. I: Point Pattern and Quantitative Data. John Wiley & Sons, New York.
- Zhang, H, W Ma, and X Wang. 2008. Rapid Urbanization and Implications for Flood Risk Management in Hinterland of the Pearl River Delta, China: The Foshan Study. *Sensors* 2008, 8: 2223-2239.