

**LAPORAN KEMAJUAN PENELITIAN
BANTUAN UNPAD LEMBAGA PENELITIAN UNIVERSITAS PADJADJARAN**

Tahun: 2006

Universitas : Padjadjaran
Fakultas : MIPA

1. Judul Penelitian : STUDI PENGEMBANGAN MODEL SPATIO
TEMPORAL DAN APLIKASINYA DALAM
LINGKUNGAN HIDUP

2. Dibiayai oleh : Universitas Padjadjaran

Nomor : 840/J06/Kep/KU/2006
Kontrak : 6 Mei 2006
Nomor Kontrak : 389.D2/J06.14/LP/PL/2006
Tanggal : 16 Mei 2006

3. Jumlah biaya penelitian : Rp 20.000.000,00
(dua puluh juta rupiah)

4. Jangka waktu penelitian : 2 (dua) tahun

5. Pelaksana Penelitian :

| No. | Nama | Fakultas/Tugas Penelitian | Uraian Tugas |
|-----|-----------------------------------|---------------------------|--------------------------------------------------------------|
| 1 | Dr. Budi Nurani R., MS | MIPA/Ketua Peneliti | - Koordinasi penelitian secara total - Identifikasi model |
| 2 | Dr. Asep K. Supriatna, MS | MIPA/Anggota Peneliti | - Pengumpulan data - Analisis model - Uji lapangan |
| 3 | Drs. Atje Setiawan A., MS, M.Kom. | MIPA/Anggota Peneliti | - Pengolahan data - Uji lapangan |
| 4 | Akmal, MT | MIPA/Anggota Peneliti | - Pembuatan perangkat lunak - Uji Lapangan |
| 5 | Alit Kartiwa, S.Si. | MIPA/Teknisi | - Membuat program - Pengolahan data |
| 6 | Erick Paulus, S.Si. | MIPA/Teknisi | - Pengolahan data - Uji lapangan |

6. Lokasi Penelitian :

| Lokasi/Laboratorium | Alamat | Pemilik/Pengelola |
|---------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------|--------------------------------|
| Lab. Penelitian dan Kerja sama Jurusan Matematika FMIPA Unpad | Jl. Raya Bandung-Sumedang Km. 21 Jatinangor-Sumedang | Jurusan Matematika FMIPA Unpad |
| Pertamina DOH JBB Jatibarang | Jl. Patra Raya Klayan-Cirebon | PT Pertamina |

7. Kegiatan penelitian yang telah/sedang dilaksanakan

a. Kegiatan penelitian yang telah dilaksanakan

Kegiatan penelitian tahap I, periode waktu 1 Maret -30 Juni 2006, diuraikan sebagai berikut:

(1) Studi literatur

Kajian model spatio temporal, model GS-TAR(1;1)

Pada studi literatur ini dipelajari model spatio-temporal, khususnya model Generalisasi Space Time Autoregresi (GSTAR). GSTAR adalah pengembangan model Space Time Autoregresi (STAR) dari Pfeifer (1980) yang dipelajari Ruchjana (2002). Model GSTAR merupakan pengembangan kajian model time series univariat dari Box-Jenkins (1976) dan model vektor time series dari Hannan (1970) dengan asumsi parameter di setiap lokasi pengamatan mempunyai nilai taksiran yang berbeda satu sama lain.

Pfeifer (1979) memberikan asumsi parameter model STAR, yaitu parameter autoregresi dan parameter space time bersifat *sama* untuk semua lokasi. Dengan asumsi tersebut model hanya berlaku untuk lokasi-lokasi dengan karakteristik homogen. Padahal dalam praktek, khususnya untuk fenomena produksi minyak bumi di lapisan vulkanik maupun kadar polutan di setiap stasiun pengamatan di Waduk Saguling memiliki sifat heterogeneitas yang tinggi. Fenomena tersebut memberikan motivasi bagi Ruchjana (2002) untuk melakukan kajian **perluasan model STAR menjadi model Generalisasi Space Time Autoregresi (GS-TAR)**.

Ruchjana (2002) mengembangkan model GS-TAR dengan asumsi bahwa parameter autoregresi dan parameter space-time berubah untuk setiap lokasi. Asumsi ini sesuai dengan karakteristik lokasi yang heterogen, seperti karakteristik sumur-sumur di reservoir rekah alam Lapangan Jatibarang atau stasiun pengamatan di Waduk Saguling.

Ruchjana (2002) juga mempelajari kajian bobot antara dua lokasi melalui model spasial dinamakan semivariogram yang mengkuantifikasi korelasi spasial dari pengamatan di lokasi-lokasi dalam suatu jarak dan arah tertentu. Bobot spasial ini diusulkan sebagai alternatif dari bobot seragam berdasarkan metode koding (Besag, 1974). Sedangkan untuk mempelajari keheterogenan karakteristik lokasi, seperti ketebalan reservoir di lapangan minyak bumi, Ruchjana (2002) menggunakan indeks Gini yang diperkenalkan Zitikis (2000).

Untuk model dengan orde 1, baik dalam space maupun time, GSTAR(1;1) dinyatakan oleh:

$$\begin{aligned} \mathbf{z}_{(N \times 1)}(t) &= \Phi_{10(N \times N)} \mathbf{z}_{(N \times 1)}(t-1) + \Phi_{11(N \times N)} \mathbf{W}^{(1)}_{(N \times N)} \mathbf{z}_{(N \times 1)}(t-1) + \mathbf{e}_{(N \times 1)}(t) \\ &= \text{diag}(\phi_{10}^{(1)}, \dots, \phi_{10}^{(N)}) \mathbf{z}(t-1) + \text{diag}(\phi_{11}^{(1)}, \dots, \phi_{11}^{(N)}) \mathbf{W}^{(1)} \mathbf{z}(t-1) + \mathbf{e}(t) \end{aligned} \quad (1)$$

dengan:

$\text{diag}(\phi_{10}^{(1)}, \dots, \phi_{10}^{(N)})$: matriks diagonal parameter autoregresi lag time 1

$\text{diag}(\phi_{11}^{(1)}, \dots, \phi_{11}^{(N)})$: matriks diagonal parameter space-time lag spasial 1 dan lag time 1

\mathbf{W} : matriks bobot spasial ($N \times N$)

$\mathbf{z}(t)$: vektor acak waktu t

$\mathbf{e}(t) \stackrel{iid}{\sim} \mathbf{N}(\mathbf{0}, \sigma^2 \mathbf{I}_N)$

Karena model GSTAR(1;1) merupakan kasus khusus dari model vektor time series VAR (vektor autoregresi), maka model GSTAR(1;1) juga dapat dinyatakan sebagai model linier,

sehingga penaksiran parameter model tersebut dapat dilakukan menggunakan metode kuadrat terkecil. Representasi model linier GSTAR(1;1) dituliskan:

$$\mathbf{y} = \mathbf{X}\vec{\beta} + \mathbf{e} \quad (2)$$

Untuk lokasi $i \in \{1,2,\dots,N\}$, pengamatan GSTAR (1;1) pada waktu t dinyatakan:

$$z_i(t) = \phi_{10}^{(i)} z_i(t-1) + \phi_{11}^{(i)} \sum_{j \neq i} w_{ij} z_j(t-1) + e_i(t) \quad (3)$$

Persamaan (3) untuk $t=2,3,\dots,T$ memberikan model linier lokasi i :

$$\mathbf{y}^{(i)} = \mathbf{X}^{(i)} \vec{\beta}^{(i)} + \mathbf{e}^{(i)} \quad (4)$$

Dalam (4) N model linier dihubungkan melalui variabel penjelas ($\tilde{\mathbf{z}}_i(t-1)$). Regresi simultan untuk semua lokasi dinyatakan dengan:

$$\begin{bmatrix} \mathbf{z}(2) \\ \mathbf{z}(3) \\ \vdots \\ \mathbf{z}(T) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \text{diag}[\mathbf{z}(1)] & \text{diag}[\tilde{\mathbf{z}}(1)] \\ \text{diag}[\mathbf{z}(2)] & \text{diag}[\tilde{\mathbf{z}}(2)] \\ \vdots & \vdots \\ \text{diag}[\mathbf{z}(T-1)] & \text{diag}[\tilde{\mathbf{z}}(T-1)] \end{bmatrix} \times \vec{\beta} + \begin{bmatrix} \mathbf{e}(2) \\ \mathbf{e}(3) \\ \vdots \\ \mathbf{e}(T) \end{bmatrix} \quad (5)$$

Pada (5), $\text{diag}[\mathbf{z}]$ menyatakan matriks dengan elemen-elemen diagonal berupa vektor \mathbf{z} dan vektor parameter adalah:

$$\vec{\beta} = (\phi_{10}^{(1)}, \phi_{10}^{(2)}, \dots, \phi_{10}^{(N)}; \phi_{11}^{(1)}, \phi_{11}^{(2)}, \dots, \phi_{11}^{(N)})'$$

Kuadrat terkecil parameter $\vec{\beta}$ diberikan oleh persamaan:

$$\hat{\vec{\beta}} = (\mathbf{X}' \mathbf{X})^{-1} \mathbf{X}' \mathbf{y} \quad (6)$$

dengan \mathbf{y} adalah $\mathbf{z}(t)$ dan $\mathbf{X} = [\text{diag}[\mathbf{z}(t-1)] \quad \text{diag}[\tilde{\mathbf{z}}(t-1)]]$.

Kajian indeks Gini untuk mengkaji keheterogenan

Indeks Gini diperkenalkan oleh seorang statistikawan Italia, *Corrado Gini* (1884-1965) untuk menunjukkan tingkat ketidakmerataan suatu distribusi, dihitung sebagai perbandingan perubahan relatif yang dinyatakan dalam bentuk persentase terhadap yang lain. Indeks ini digunakan untuk membandingkan suatu perubahan dari periode ke periode

atau dari lokasi ke lokasi, sehingga data yang digunakan dapat berupa data time series atau data spasial (lokasi).

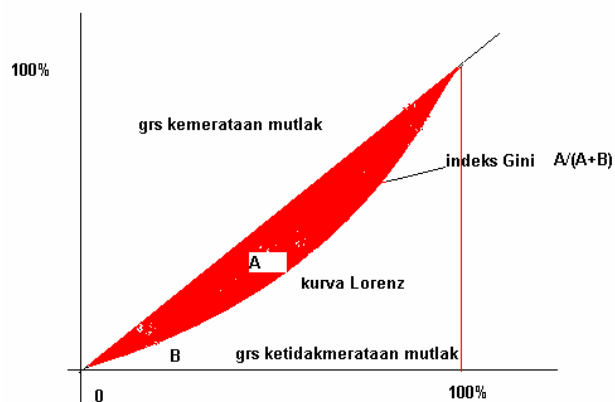
Indeks Gini adalah suatu koefisien yang menunjukkan tingkat ketidakmerataan suatu distribusi. Untuk mengkuantifikasi ketidakmerataan suatu pengamatan, digunakan indeks Gini yang dirumuskan (Zitikis, 2002):

$$G_n = -1 + \frac{1}{\bar{y}n^2} \sum_{i=1}^n (2i-1)y_{i:n} \tag{7}$$

dengan:

- y : nilai variabel yang diamati, misal ketebalan reservoir dalam suatu reservoir minyak bumi,
- n : ukuran sampel
- i : indeks sampel
- G_n : indeks Gini

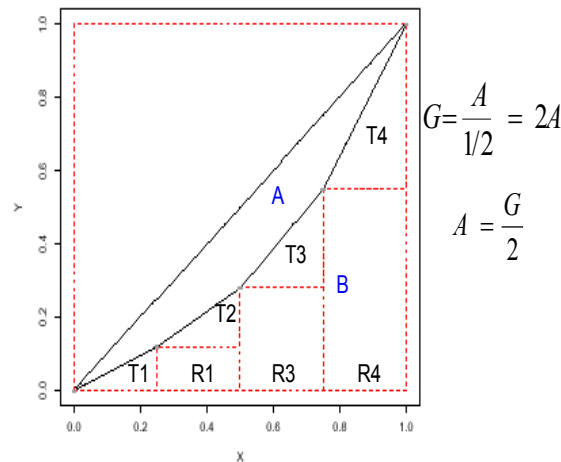
Dengan menggunakan indeks Gini, dikuantifikasi persentase ketidakmerataan atau keheterogenan suatu pengamatan. Nilai indeks Gini untuk indikator di lokasi-lokasi yang berdekatan memiliki derajat kemiripan yang lebih tinggi dibanding dengan lokasi yang berjauhan. Indeks Gini digambarkan secara grafik menggunakan kurva Lorenz. Kurva Lorenz diberikan oleh Max O. Lorenz untuk menyajikan keheterogenan distribusi pendapatan. Dengan menggunakan kurva Lorenz, indeks Gini digambarkan sebagai daerah antara garis pemerataan mutlak dan kurva Lorenz itu sendiri (Gambar 1).



Gambar 1. Indeks Gini dan Kurva Lorenz

Berdasarkan Gambar 1, secara geometrik indeks Gini adalah daerah tertutup antara kurva Lorenz dengan garis pemerataan mutlak (kehomogenan sempurna) atau garis diagonal. Apabila daerah antara garis pemerataan mutlak dan kurva Lorenz adalah A, dan daerah di hadapan kurva Lorenz adalah B, maka indeks Gini dirumuskan sebagai $A/(A+B)$. Indeks Gini ditunjukkan sebagai persentase atau persamaan kuantitatif dari persentase yang nilainya selalu di antara 0 dan 1. Untuk pembuktian rumus indeks Gini pada persamaan (7) dapat digunakan pendekatan sederhana menggunakan luas daerah. Karena daerah $(A+B)$ menyatakan setengah bujur sangkar satuan, maka $(A+B) = 1/2$, sehingga indeks Gini dapat dinyatakan:

$$G_n = \frac{A}{A+B} = 2A = 1 - 2B$$



Gambar 2. Pendekatan Geometri untuk Indeks Gini

Indeks Gini mempunyai nilai 0 (nol) sebagai ukuran pemerataan sempurna dan 1 (satu) sebagai ukuran ketidakmerataan sempurna. Ini berarti bahwa diantara nilai 0 dan 1, terdapat nilai-nilai yang menggambarkan, misalnya bagaimana distribusi ketebalan reservoir di lapangan minyak bumi.

(2) Persiapan pengumpulan data

Untuk penerapan model pada data lingkungan hidup, direncanakan studi kasus pada dua permasalahan, yaitu pada data produksi minyak bumi di lapisan vulkanik jatibarang dan data polutan kadar selenium di beberapa stasiun pengamatan Waduk Saguling. Oleh karena itu, pada awal penelitian telah dilakukan kontak dengan peneliti di dua instansi tersebut sebagai langkah

persiapan pengumpulan data. Hasil awal yang diperoleh adalah tersedianya data sekunder, baik dari PT Pertamina maupun data kadar selenium di Waduk Saguling yang didapat melalui Lembaga Ekologi Unpad. Kedua data yang diperoleh masih terbatas pada data time series dari beberapa lokasi pengamatan. Ketersediaan data ini merupakan langkah untuk penerapan model spatio temporal GSTAR(1;1).

(3) Membangun perangkat lunak penaksiran parameter model GSTAR(1;1)

Pada tahap awal dibangun algoritma penaksiran parameter model GSTAR(1;1) menggunakan metode kuadrat terkecil. Program aplikasi dibangun menggunakan macro excel, agar mudah digunakan oleh user. Tim peneliti dan teknisi secara bersama-sama membangun algoritma dan pemrograman excel untuk penaksiran parameter model GSTAR (1;1) ini.

Dari ketiga kegiatan penelitian yang dilakukan, terdapat beberapa kendala antara lain:

- Kajian literatur memerlukan referensi yang memadai. Sampai saat ini referensi untuk model spatio temporal masih terbatas, walaupun ada dalam beberapa jurnal internasional, namun di antaranya ada yang tidak dapat didownload.
- Kontak dengan pihak industri atau instansi lain dalam persiapan pengumpulan data memerlukan waktu yang cukup panjang, selain keterbatasan waktu untuk bertemu, seringkali data sekunder yang tersedia belum sesuai dengan rencana penerapan model di lapangan. Oleh karena itu, untuk studi kasus akan digunakan data sekunder yang diperoleh pada penelitian terdahulu yang pernah dilakukan sebelumnya, sebagai pendukung pengolahan data dari data yang *diupdate* pada akhir penelitian.
- Software untuk penaksiran parameter model spatio temporal belum ada di lapangan, hal ini merupakan suatu tantangan bagi tim peneliti agar dapat dibangun suatu program aplikasi yang *user friendly*.

b. Hasil penelitian yang telah dihasilkan

- Kajian model spatio temporal, berupa model GSTAR(1;1) mengacu pada Ruchjana (2002)

- Kajian indeks Gini dari Zitikis (2002), yang diterapkan pada data ketebalan reservoir minyak bumi dan telah diseminarkan pada International Conference on Applied Mathematics (ICAM) tahun 2005
- Software penaksiran parameter model GSTAR(1;1) menggunakan macro excel

8. Kegiatan yang akan dilaksanakan

a. Kegiatan penelitian yang akan dilaksanakan

- Kajian lanjutan model GSTAR(1;1), untuk kestasioneran model
- Penyempurnaan software penaksiran parameter model GSTAR(1;1)
- Pengumpulan data lanjutan untuk penerapan model spatio temporal
- Pengolahan data

b. Hasil penelitian yang diperoleh

- Kajian kestasioneran model GSTAR(1;1)
- Software penaksiran parameter model GSTAR(1;)
- Penerapan model GSTAR(1;1) pada data lingkungan yang diharapkan dapat memberikan masukan atau rekomendasi bagi instansi terkait

Mengetahui:
Dekan FMIPA Unpad

Bandung, 3 Agustus 2006

Ketua Peneliti,

Prof. Dr. Husein H. Bahti
NIP. 130367261

Dr. Budi Nurani Ruchjana, MS
NIP. 131760491

Menyetujui :
Ketua Lembaga Penelitian
Universitas Padjadjaran

Prof. Dr. Johan S. Masjhur, dr., SpPD-KE, SpKN
NIP. 130256894