



# HASIL PENELITIAN UPN "VETERAN" YOGYAKARTA

## DARI REDAKSI

### KEBUMIHAN

- Pemetaan Pola Distribusi Curah Hujan Di Daerah Istimewa Yogyakarta Dengan Metode Kriging  
(Peter Eka Rusadi, Nurkhamim) ..... 1

### INDUSTRI

- Pengembangan Model Ongkos Kontrak Jasa Perawatan Alat Berat  
(Studi Kasus di PT Trakindo Utama Jakarta)  
(Aapriani Soepardi) .....24

- Studi Performansi Algoritma Genetika Dalam Pencapaian Nilai Solusi Pada Persoalan *Multi Objective Goal Programming*  
(Miftahol Arifin) .....42

- Analisa Rata-Rata Tingkat Pelayanan dan Kesibukan Operator Menggunakan Menggunakan Antrian  
(Studi Kasus Pada SPBU di Wilayah Sleman - DIY)  
(Trismi Ristyowati) .....60

### PERTANIAN

- Tanggapan Sepuluh Varietas Padi Gogo Terhadap Penyakit Blas Leher Malai *Pyricularia oryzae* Cav.  
(Lagiman, Euis Maria Nirmala) .....79

- Induksi Pembungaan Melati Putih (*Jasminum sambac*) Pada Berbagai Konsentrasi Paclobutrazol dan Diameter Pohon  
(Tuti Setyaningrum, Endah Wahyurini) .....89

Diterbitkan oleh :  
Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat  
UPN "Veteran" Yogyakarta  
2004

**SUSUNAN DEWAN REDAKSI PUBLIKASI  
HASIL PENELITIAN  
UPN "VETERAN" YOGYAKARTA**

---

Pelindung	: Rektor
Penanggung Jawab	: Ketua Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat
Ketua Dewan Redaksi	: Sunindyo
Redaksi Pelaksana	: Supono Budi Sutoto Gunawan Nusanto Zubaidi Achmad Ellen Rosyelina Sasmita C. Gunarto Susilastuti DN Agus Surata Karyono Istiana Rahatmawati
Bendahara	: Muswarno
Sekretaris	: Taufik Wahyu Hidayat
Wakil Sekretaris	: Eko Nursubiyantoro
Pelaksana Sekretariat	: Tut Wuri Handayani, Sugeng Lasdiyana, Asrofi, Suparmadi

**Hak Cipta 1999, pada Penerbit :**

*Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruhnya isi buku ini dalam bentuk apapun tanpa izin dari penerbit.*

**Penerbit :**

*UPN "Veteran" Yogyakarta Press  
Jl. Lingkar Utara Condongcatur, Yogyakarta 55283  
Telp (0274) 486733, Fax (0274) 486400*

**ISSN 1410-9557**

ISSN : 1410-9557

*Volume V, Nomor 8, 2004*

HASIL PENELITIAN  
UPN “VETERAN” YOGYAKARTA

Diterbitkan oleh :  
Lembaga Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat  
UPN “Veteran” Yogyakarta  
2004

# PEMETAAN POLA DISTRIBUSI CURAH HUJAN DI DAERAH ISTIMEWA YOGYAKARTA DENGAN METODA KRIGING

*Ir. Peter Eka Rosadi, MT*

*Nurkhamim, ST, MT*

## ABSTRAK

Kriging merupakan suatu teknik estimasi untuk fenomena kondisi spasial yang menggunakan pendekatan probabilitas *stochastik* yang didasarkan oleh studi variabel spasial, yang bisa disebut semivariogram.

Kriging merupakan teknik baru yang mempunyai kapasitas :

- Interpolasi spasial dari daerah yang bervariasi.
- Tingkat keakurasiannya tinggi untuk menginterpolasi.

Secara teori, Kriging merupakan metode yang baik bila dibandingkan dengan metode estimasi konvensional. Pada kasus dituliskan ini akan diberikan contoh aplikasi Kriging, seperti :

- Pengkonturan otomatis (*Isoyet*)
- Estimasi hujan rata-rata.
- Estimasi jarak natar pos pengamatan curah hujan.

## A. PENDAHULUAN

Salah satu teknik dalam pemetaan curah hujan sebagai peubah regional adalah menggunakan metode Kriging yang merupakan teknik estimasi atau interpolasi spasial telah diterapkan pada berbagai masalah di bidang pertambangan, hidrogeologi dan hidrologi. Metode Kriging dapat digunakan untuk masalah-masalah :

- a. Pemetaan/penggambaran kontur secara otomatis.
- b. Persiapan data input untuk Model Numerik, dengan menyajikan nilai rata-rata estimasi optimal per blok.
- c. Estimasi optimal nilai rata-rata per wilayah atau daerah pengaliran sungai.

---

*\*) Staf Pengajar Jur. Teknik Pertambangan - FTM*

- d. Estimasi optimal nilai rata-rata variansi estimasi.
- e. Estimasi spasial nilai peubah regional di suatu titik tertentu.
- f. Optimal letak titik pengamat, dengan mengevaluasi variansi kesalahan estimasi.

Adapun keunggulan Metode Kriging dibandingkan dengan metode-metode intepolasi dan perataan lainnya adalah :

- a. Memperhitungkan penyebaran nilai peubah regional dan konfigurasi data.
- b. Mengandung proses estimasi optimal.
- c. Memberikan gambaran atau indikasi tentang efisiensi atau ketelitian estimasi dengan menyajikan nilai kesalahan estimasi.
- d. Tidak membutuhkan subjektifitas yang tinggi dalam analisis dan pengambilan keputusan.

Sedangkan kekurangannya adalah :

- a. Teori dasar yang dipakai agak sulit dicernakan.
- b. Latar belakang fisik yang mendasari formulasi *stokhastik* secara intuisi tidak banyak didukung.
- c. Mutlak diperlukan program komputer dalam melaksanakan perhitungan.

Tujuan penelitian ini untuk mengetahui distribusi curah hujan dan jarak minimal serta jarak ideal antar alat penakar hujan.

## **B. METODOLOGI**

Konsep dasar Metode Kriging yang disajikan sebagai metode interpolasi linier berbobot dikembangkan berdasarkan konsep-konsep sebagai berikut :

1. Teknik interpolasi phenomena spasial untuk peubah regional yang dimodelkan sebagai fungsi acak spasial dengan tingkatan stationeritas tertentu ini, mengikuti rumus :

$$Z^* = \sum \lambda_i Z_i \quad (1)$$

Keterangan :

$Z^*$  : nilai estimasi

$\lambda$  : faktor bobot

$Z_i$  : data pengamatan

2. Untuk mendapatkan hubungan keterkaitan satu titik terhadap titik lainnya, digunakan pendekatan probabilitik, yaitu dengan menggunakan 2 momen gabungan pertama dari fungsi acak.

Momen 1 :  $E\{Z(x)\} = m(x)$  sebagai nilai normal

Momen 2 :  $VAR\{Z(x)\} = \sigma^2(x) = C(x_i, x_i + h)$

$= E\{[Z(x_i) - m(x)]^2\}$  sebagai variansi suatu prior

$Cov\{Z(x), Z(x+h)\} = C(x_i, x_i+h) = E\{[Z(x_i) - m(x_i)][Z(x_i+h) - m(x_i+h)]\}$

sebagai nilai variansi bersama antara satu titik dengan lainnya yang menggambarkan sifat keterkaitannya.

3. Struktur spasial adalah cara atau pola suatu distribusi besaran apasial bervariasi dari titik ke titik yang menggambarkan penyimpangan (*drift*) dan korelasi residual, terrefleksi dalam bentuk koefisien korelasi, semivariogram atau kovariansi, masing-masing mempunyai hubungan sebagai berikut, yang secara grafis dapat dijelaskan sesuai gambar 1.

Telah terbukti bahwa fungsi korelasi mengandung banyak informasi tentang struktur khusus dari suatu fenomena hasil pengamatan.

Untuk mempelajari kesamaan himpunan atau asosiasi antara pola-pola peubah spasial atau untuk menentukan hubungan spasial antara peubah di titik  $x$  dan  $x + h$  yang dicurigai terdapat saling keterkaitan, dapat digunakan Kovarian dan Koefisien Korelasi.

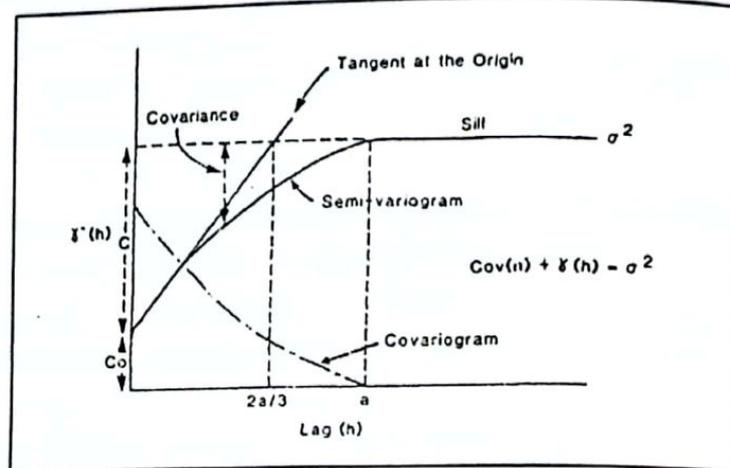
- a. Kovarian (simpangan dari dua peubah) adalah variansi bersama (*joint variation*) antara dua peubah dengan selang nilai kovarian tidak terbatas. Kovarian dalam suatu himpunan disebut varian spasial.

Kovarian :  $\sigma_{z_1, z_2} = Cov(Z_1, Z_2)$

$= E[(Z_1 - m(x_1))(Z_2 - m(x_2))]$

(Auto) Kovarian spasial :

$\sigma_h = C(x, x+h) = E[(Z(x) - m(x))(Z(x+h) - m(x+h))]$



Gambar 1. Hubungan Kovariogram, Semivariogram dan Koefisien Korelasi

b. Beberapa terminologi sebanding dengan kovariansi, yang menggambarkan keterkaitan antar peubah adalah :

- Fungsi (Auto) Kovariogram adalah fungsi  $\rho_{0h}$  (auto) kovariansi dari  $n$  peubah regional  $Z$  didalam wilayah tinjau.

$$\text{Untuk } n = 2 - \sigma(h) = 2 (z_1 - z_2)^2 \\ = (z_1 - z_2)^2$$

$$\text{Atau } \sigma(h) = [Z(x) - Z(x+h)]^2$$

Untuk  $n = n(h)$  pasangan data

$$\sigma(h) = \frac{1}{2n(h)} \sum_{i=1}^{n(h)} [Z(x) - Z(x+h)]^2$$

- Variogram atau semivariogram adalah auto kovariogram (kovariansi atau variansi spasial) rata-rata untuk  $n$  pasangan data, dapat didefinisikan sebagai variansi selisih derajat satu (first order differences),  $(\gamma(h))$ .

Fungsi variogram didapat dari evaluasi empiris terhadap kovariogram untuk  $n(h)$  pasangan data dari titik-titik pengamatan berjarah  $h$ , yang diperoleh dengan rumus :

$$\gamma(h) = \frac{1}{2n(h)} \sum_{i=1}^{n(h)} [Z(x) - Z(x+h)]^2$$

Variansi dari selisih atau pertambahan  $\{Z(x_i) - Z(x_i+h)\} = \text{Var} \{[Z(x_i) - Z(x_i+h)]^2\}$

atau :

$$2\gamma(h) = \frac{1}{n(h)} \sum_{i=1}^{n(h)} [Z(x) - Z(x+h)]^2$$

$2\gamma(h)$  dinyatakan sebagai Fungsi Variogram dan  $\gamma(h)$  sebagai Fungsi Semivariogram.

Bila dinyatakan dalam istilah kovariansi :

$$\gamma(x_1, x_2) = [\sigma^2(x_1) + \sigma^2(x_2) - C(x_1, x_2)]$$

- c. Korelasi, mempunyai arti berelasi atau hubungan bersama,  $(\rho(h))$

Bila diambil  $\sigma_1$  sebagai variansi  $Z(x_i)$

$$\sigma_1^2 = E \{[Z(x_i) - E[Z(x_i)]]^2\}$$

dan  $\sigma_2$  sebagai variansi  $Z(x_i+h)$

$$\sigma_2^2 = E \{[Z(x_i+h) - E[Z(x_i+h)]]^2\}, \text{ maka}$$

Koefisien korelasi antara  $Z(x_i)$  dan  $Z(x_i+h)$  atau antara peubah  $Z_1$  dan  $Z_2$  yang berjarak  $h$  adalah :

$$\rho(h) = \frac{\sigma(h)}{\sigma_1 \sigma_2} \text{ atau } \rho_{z_1 z_2} = \frac{\text{Cov}[Z_1 Z_2]}{\sigma_{Z_1} \sigma_{Z_2}}$$

Kovarian dan variogram merupakan dua alat yang sebanding untuk mencirikan autokorelasi antara dua peubah  $Z(x+h)$  dan  $Z(x)$  yang terpisah oleh jarak  $h$ , disamping korrelogram.

$$\rho(h) = \frac{C(h)}{C(0)} = \frac{\sigma^2 - \gamma(h)}{\sigma^2} = 1 - \frac{\gamma(h)}{\sigma^2}$$

Untuk peubah dengan distribusi normal atau dinormalkan,  $\sigma^2 = 1$ , sehingga  $\rho(h) = C(h)$  atau  $\rho(h) = 1 - \gamma(h)$ .

Fungsi  $\rho(h)$  adalah (auto) korrelogram dari peubah regional  $Z$  di dalam wilayah (domain). Umumnya sifat homogen peubah hujan tidak stasioner, maka dalam penyelesaian kasus dengan penyimpangan, kedua peubah perlu dinormalkan terlebih dahulu  $[Z/\sigma]$ , atau peubah tersebut dipersentasikan terhadap nilai rata-rata dalam satu kurun waktu, sehingga nilai kovariansi ini sama dengan korelasi.

Pada semua aplikasi di bidang pertambangan hampir selalu menggunakan fungsi semivariogram sebagai model autokorelasi spasial.

4. Model autokorelasi spasial (semivariogram/kovarian) ini merupakan rangkuman seluruh informasi struktural yang ada, digunakan dalam memperhitungkan ciri-ciri struktur dengan sifat-sifat :
  - Model statistik yang terbentuk dari pertambahan atau selisih nilai-nilai sampel ini, dipakai untuk mengevaluasi nilai lokal yang belum diketahui dalam metoda estimasi Kriging dalam menentukan pembobot dari setiap titik data terhadap suatu bagian yang akan diestimasi.
  - Melibatkan berbagai tingkatan asumsi homogenitas spasial (diungkapkan dalam kasus hipotesa stasioner).
  - Inferensi statistik demikian hanya berlaku, jika model memiliki kondisi stasioneritas.
  
5. Dapat dikategorikan sebagai proses estimasi optimal karena bobot yang dipergunakan dalam proses estimasi untuk masing-masing informasi ditentukan dengan cara :
  - Dibuat sesuai dengan variabilitas dari fenomena data yang direfleksikan dalam model struktur spasial.
  - Diperoleh dengan memenuhi persyaratan kondisi estimator optimal tidak berubah (doyong), yaitu dengan memenuhi persyaratan :
    - a. Ekspektasi kesalahan estimasi
$$E [Z^* - Z] = 0$$
    - b. Variansi estimasi
$$\text{Var} [(Z^* - Z)^2] = \sigma^2 \epsilon = \text{Minimum}$$

6. Menghasilkan nilai variansi estimasi  $\sigma^2 \in$ , yang dapat dipakai untuk mengkuantifikasi atau mengindikasikan keandalan metode estimasi ini atau adanya ketidakpastian data, dimana besarnya variansi kesalahan estimasi diturunkan berdasarkan fungsi struktur spasial yang dipakai dan tergantung pada jenis atau keadaan sampel dari peubah terukur.
7. Selain dihasilkan nilai estimasi dan variansi estimasi yang optimal, metode ini dapat juga dipakai untuk memilihkan tata letak titik pengamatan yang tepat lokasi, sehingga dapat ditentukan jumlah titik pengamatan yang optimal ditinjau terhadap tingkat keandalan atau ketelitian yang diharapkan.

#### ASUMSI YANG DIGUNAKAN

Asumsi yang digunakan, yaitu asumsi stasioner yang diberlakukan dalam penurunan persamaan Kriging ini, yaitu asumsi sifat stasioneritas tidak untuk  $Z(x)$  itu sendiri, tetapi hanya untuk pertambahannya sebagai model statistik, yang diperoleh melalui proses transformasi "differencing" tingkat  $k$ .

Penurunan persamaan Kriging membutuhkan hipotesa metoda Kriging, bahwa fungsi pertambahan tingkat  $k$  dianggap mempunyai beberapa sifat stasioneritas (*stasionerity*) pada daerah sekitarnya pada jarak terbatas, sehingga untuk sebarang vektor  $h$  berlaku hipotesa :

- Nilai pertambahan mempunyai ekspektasi = 0  
 $E [Z(x+h) - Z(x)] = 0$
- Variansi tidak berikat pada titik  $x$   
 $Var [Z(x+h) - Z(x)] = 2\gamma(h)$  atau
- Kovariansi tidak terikat pada titik  $x$   
 $Cov [Z(x+h) - Z(x)] = K(h)$

## LANGKAH PENERAPAN ANALISIS METODA KRIGING

Langkah-langkah penerapan metoda Kriging adalah sebagai berikut :

1. Pemilihan peubah yang akan dievaluasi, agar memenuhi syarat sebagai berikut :
  - Peubah dapat dinyatakan sebagai peubah regional dan harus memiliki sifat *additive*, sehingga semua kombinasi linier dari nilai-nilainya tetap mempunyai arti yang sama.
  - Pemilihan peubah harus sesuai dengan tujuan studi, berarti peubah acak tersebut harus dapat menggambarkan sifat utama dari permasalahan yang dihadapi dan dapat menuntun pada solusi yang operasional, serta tidak memerlukan ketelitian atau perhitungan yang berlebihan.
  - Homogentias dari peubah dalam wilayah studi menentukan tingkat kesulitan tahap analisis berikutnya. Definisi homogenitas yang mengijinkan variabilitas pengamatan dua data  $Z(x)$  dan  $Z(x+h)$  mempunyai keterbatasan, yang dianggap disebabkan oleh regionalisasi tunggal dari  $Z(x)$ .
2. Pemilihan Model Kriging dilakukan berdasarkan pertimbangan pada bentuk distribusi spasial data dan tingkat stasioneritas peubah terukur, seperti tercantum pada skema pemilihan model pada gambar 2. Sehingga program komputer yang digunakan sebagai alat dalam melaksanakan perhitungan dapat mencerminkan model tersebut :
  - Model Kriging yang dipilih dapat menggambarkan distribusi spasial yang diharapkan dari data, dimana bentuk distribusi spasial data ditentukan dengan mencocokkan distribusi data (*disbution fitting*) terhadap distribusi teoritis dalam analisis statistik inferensi.
  - Tingkatan stasioneritas peubah terukur yang ditentukan berdasarkan pengujian, pengalaman atau dengan cara coba-coba.

- Bila bentuk distribusi spasial dari data mendekati Log Normal, maka sebelum dibuat struktur spasial, disarankan untuk melakukan transformasi logaritmik terhadap data. Teknik Kriging selanjutnya dilakukan seperti prosedur normal dengan catatan bahwa nilai estimasi akhir perlu ditransformasikan sebagai anti logaritmik.
- Program komputer yang tersedia seyogyanya mengandung pelaksanaan rumus-rumus sesuai dengan ketentuan dalam model Kriging yang di pilih.

Distribusi Spasial	Rumit	Kriging Disjunctive	?	?	?	
	Sederhana diketahui (log normal)	Kriging Log Normal	?	?	?	
	Normal	Kriging Kov Tradisional	Sederhana Semi Variogram	Kriging umum (Kovariansi umum) Polinomial F. Pertambahan umum		?
		Stasioner		Drif Sederhana	Trend Lokal	Sangat Anisotropi

Gambar 2. Skema Batasan Pemilihan Model Kriging

Pemilihan model Kriging ini akan berpengaruh pada :

- Tingkat kemudahan dalam melakukan proses kalibrasi modelnya.
  - Tingkat kehandalan model dalam melakukan estimasi.
3. Persiapan atau pengumpulan dan pengolahan data
    - Mengumpulkan informasi atau data tentang daerah studi yang berkaitan dengan peubah yang dipelajari.
    - Mengumpulkan data yang dipelajari.
    - Penyaringan atau pemilihan dan pengolahan data sesuai kebutuhan dan teori yang umum dipergunakan pada bidangnya, misalkan dengan analisis statistik.
  4. Penentuan fungsi struktur spasial, melalui proses pemodelan :
    - Pengecekan berbagai kemungkinan bentuk struktur spasial

data dengan melakukan perhitungan differencing data dan atau melakukan perhitungan coba-coba struktur spasial data (eksperimen) dalam bentuk semivariogram atau kovariansi tingkat k.

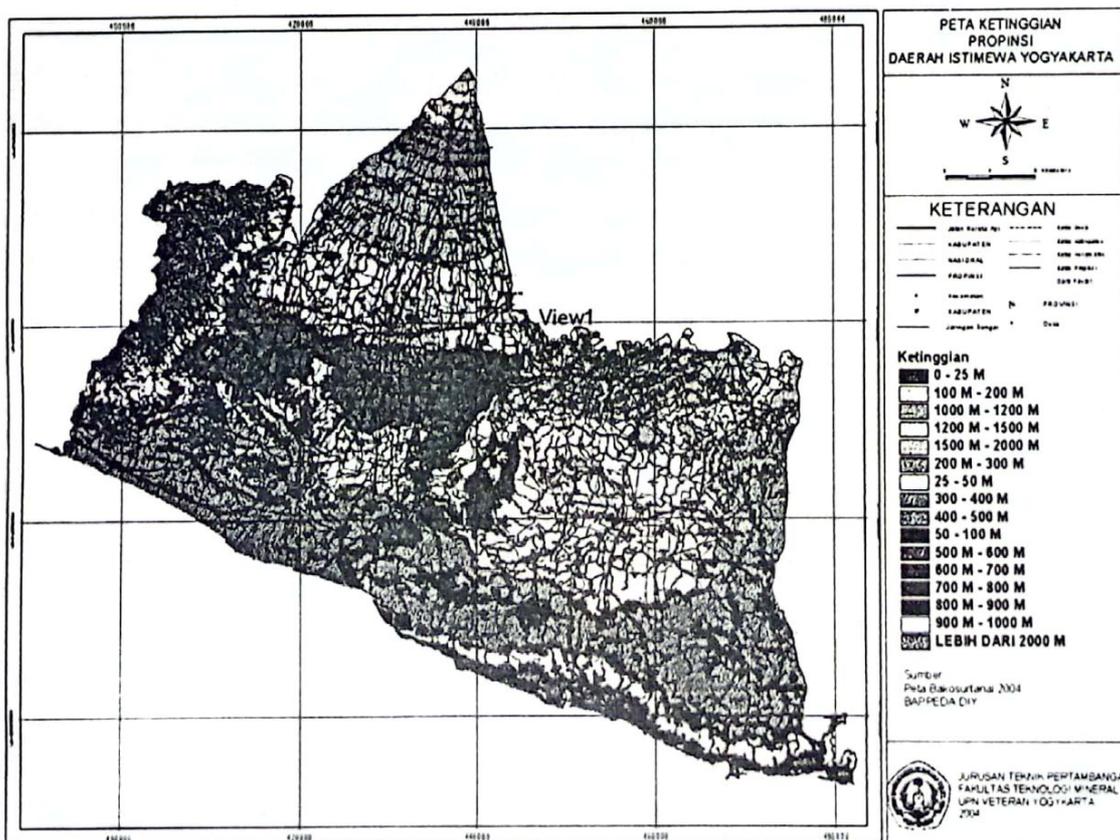
- Penentuan model struktur spasial yang akan digunakan .
  - Uji sensitifitas model terhadap parameter model.
  - Kalibrasi model struktur spasial terhadap struktur spasial data untuk mendapatkan model yang dapat mewakili keadaan sebenarnya.
5. Proses perhitungan atau estimasi metoda Kriging :
- Pemeriksaan keabsahan model yang dipakai (verifikasi) terhadap :
    - Faktor-faktor penunjang yang berpengaruh pada proses estimasi.
    - Berbagai kemungkinan estimasi, misalkan dengan melaksanakan teknik *leave one out*.
6. Evaluasi hasil akhir sesuai dengan tujuan analisis, misalkan untuk mencari solusi terhadap masalah yang ada.

### STUDI KASUS PENERAPAN METODA KRIGING DALAM MENGEVALUASI DATA CURAH HUJAN

Sehubungan dengan permasalahan pengembangan sumber daya air di suatu daerah pengairan sungai, maka metode Kriging ini diterapkan dalam rangka persiapan data untuk analisis Hidrologi, seperti yang dilakukan sebagai kasus studi ini. Adapun hal-hal yang dipersiapkan dalam penelitian ini adalah :

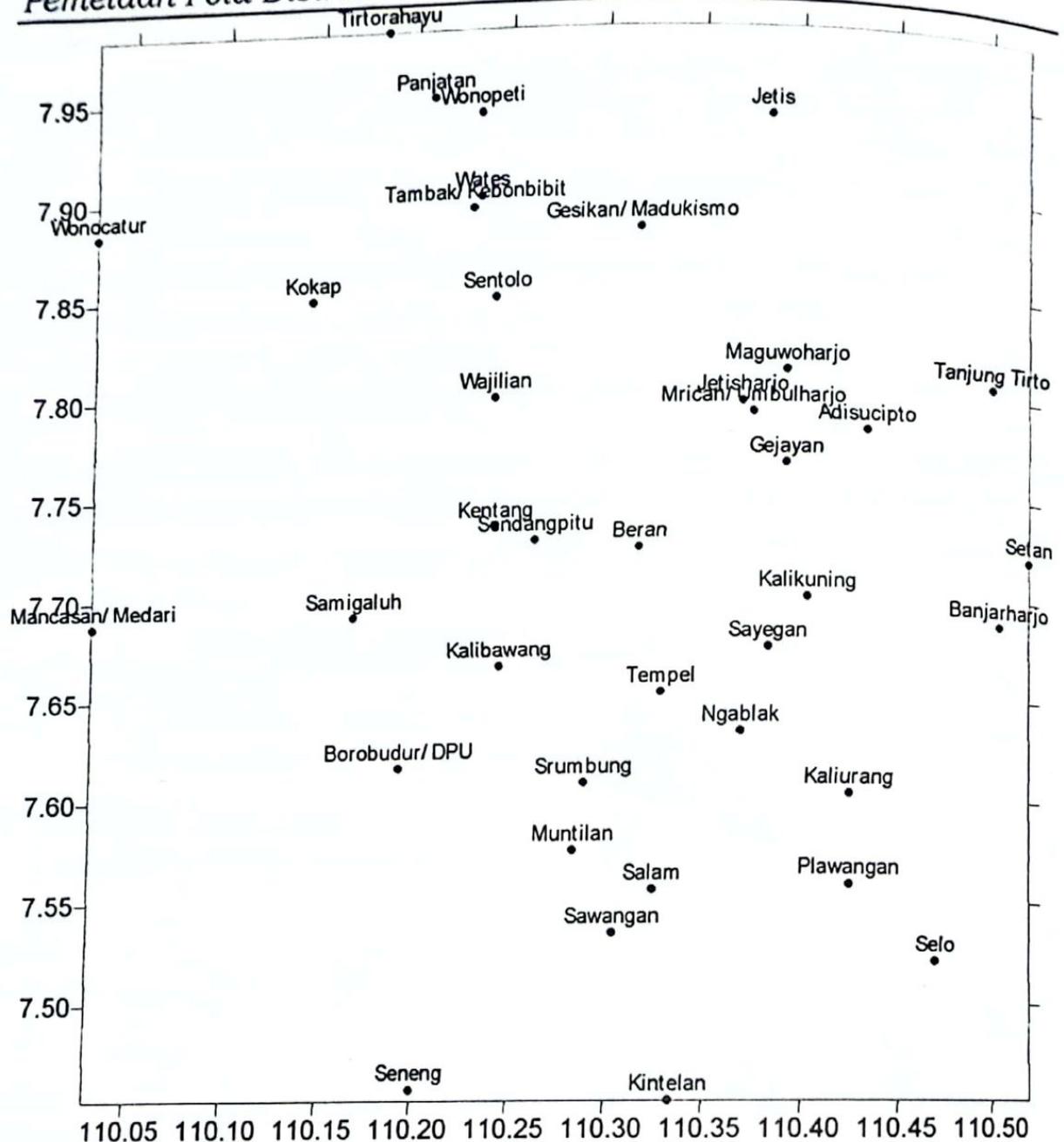
1. Jenis data yang akan dievaluasi adalah :
  - a. Data hujan rata-rata tahunan.
  - b. Data hujan harian maksimum dalam satu tahun pengamatan.
  - c. Data hujan harian absolut maksimum yang pernah terjadi.
2. Jumlah pos Pengamatan Hujan yang terdapat di Daerah Istimewa Jogjakarta dan terdapat data curah hujannya (masih digunakan) berikut koordinat lokasi pos pengamat tersebut.

3. Program-program yang akan dipergunakan dalam penelitian ini :
  - a. Program Microsoft Excel, untuk analisis data secara statistik umum.
  - b. Program Geostatistik, untuk perhitungan Kriging sederhana
  - c. Program Surfer versi 6.01, untuk menganalisis dan menggambarkan kontur peubah regional (curah hujan) dan titik-titik pos pengamat.
  - d. Program-program pembantu lainnya yang berfungsi untuk memperlancar dan mempermudah pelaksanaan perhitungan.
  
4. Peralatan untuk pelaksanaan di lapangan GPS (*Global Positioning System*) tipe GPS 76, untuk mengetahui koordinat pos pengamat curah hujan (lihat Gambar 3 dan 4).



Gambar 3. Peta Lokasi Studi Kasus Di DIY

## Pemetaan Pola Distribusi Air Hujan.....



Gambar 4. Lokasi Alat Penakar Hujan di DIY

### KESULITAN YANG TIMBUL SELAMA PENELITIAN DAN CARA PEMECAHANNYA

Kesulitan yang ditemui selama penelitian dengan metode Kriging :

1. Pemilihan model struktur spasial yang cocok atau representif terhadap data pengamatan.

Sumber kesulitan :

- Kualitas data yang meragukan dapat diatasi dengan teknik pencabutan data.
  - Sifat penyebaran spasial dari peubah yang dipelajari. Model struktur yang sesuai terhadap struktur data pengamatan dapat dicari dengan coba-coba, dengan mempertimbangkan tingkat stasionaritas yang dicapai oleh penambahan dari peubah teratur.
2. Proses iterasi ditemui pada perhitungan Kriging, sehingga mutlak diperlukan :
- Program komputer.
  - Keuletan tenaga pelaksana.

### C. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan inferensi statistik yang dilakukan terhadap sekelompok data curah hujan tahunan di daerah penelitian dapat diketahui bahwa distribusi spasial hujan pada umumnya cenderung mendekati log normal, sekalipun data tersebut diekstrak sebagai nilai ekstrim. Sehingga dalam melakukan evaluasi data curah hujan dengan metode Kriging disarankan menggunakan Kriging Log Normal.

#### Distribusi Data

Pada Tabel 1. terlihat bahwa untuk daerah Kabupaten Gunung Kidul tidak terdapat data curah hujan yang lengkap, sehingga dalam proses kriging diperlukan interpolasi data dari data-data yang sudah ada.

Setiap distribusi spasial hujan mempunyai struktur tersendiri, karenanya model spasial hujan dapat dikategorikan sebagai Time Invariant Model, sehingga dalam proses Kriging, daerah yang tidak mempunyai data tidak tergambar, hal ini dapat dilihat pada gambar 4, lokasi alat penakar curah hujan di DIY terkumpul di bagian barat serta utara.

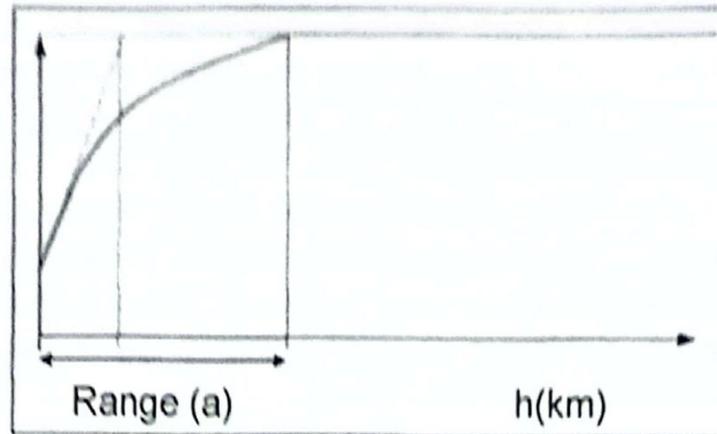
## **Input Data dan Pembuatan Variogram**

Kesulitan dalam input data untuk pembuatan semivariogram adalah pola stasiun curah hujan yang tidak reguler, baik letak maupun jarak antar masing-masing stasiun. Untuk mengatasi hal ini dibutuhkan perangkat *window* (jendela), dan digerakkan searah semivariogram yang akan dibuat ( $0^\circ$ ,  $45^\circ$ ,  $90^\circ$  dan  $135^\circ$ ) lihat Tabel 2 Toleransi jarak dan arah jendela menggunakan kaidah *distance classes* ( $h \pm \Delta h$ ) dan *angle classes* ( $\theta \pm \alpha/2$ ). Jadi semua titik conto (stasiun curah hujan) yang berada pada *search area window* yang dibatasi oleh *distance classes* ( $h \pm \Delta h$ ) dan *angle classes* ( $\theta \pm \alpha/2$ ) akan dianggap sebagai titik-titik conto yang berjarak  $h$  dari titik  $x_0$  pada arah yang dimaksud.

Jarak antar contoh dalam perhitungan semivariogram menggunakan jarak minimum antar stasiun curah hujan, yaitu 2 km, sehingga nilai  $h$  semivariogram ditentukan  $1d$ ,  $2d$ ,  $3d$  dst. ( $d$  = jarak antar conto). Algoritma perhitungan variogram adalah sebagai berikut :

1. Setiap stasiun mempunyai kesempatan menjadi titik origin ( $x_i$ ). Stasiun lainnya dihitung dengan perbedaan kuadratnya  $[Z(x_i) - Z(x_{i+h})]^2$ . Jarak antara titik origin ( $x_i$ ) dan stasiun lainnya ( $x_{i+h}$ ) harus berada pada daerah *distance classes* dan *angle classes*. Bila berada di luar daerah tersebut, maka perbedaan kuadrat tidak dihitung. Demikian perhitungan ini berulang-ulang ke setiap stasiun ( $x_{i+h}$ ).
2. Selanjutnya a prosedur nomor satu stasiun-stasiun lainpun diberi kesempatan menjadi stasiun origin  $x_i$ .
3. Untuk prosedur 1 dan 2, hitung jumlah pasangannya  $N(h)$  yang memenuhi syarat di atas dan juga jumlahkan secara kumulatif semua perbedaan kuadratnya  $\sum [Z(x_i) - Z(x_{i+h})]^2$ . Dengan rumus di atas, maka dapat dihitung (semi) variogram untuk jarak pasangan data  $h = 1d$ .
4. Variogram untuk jarak pasangan  $h$  selanjutnya ( $1d$ ,  $2d$ ,  $3d$ ,  $4d$ , ... dst.) dilakukan kembali prosedur 1 sampai dengan 3. Dengan demikian akan didapat hasil perhitungan variogram untuk setiap jarak  $h$ .
5. Plot grafik variogram dengan sumbu X adalah  $h$ , sedangkan sumbu Y-nya adalah harga variogram untuk jarak  $h$  yang bersangkutan.





Gambar 5. Grafik Variogram

### Pengolahan Data

Hambatan yang ditemui dalam pembuatan variogram dan penentuan daerah pengaruh ( $a$ ) antara lain adalah :

1. Letak dan jarak titik stasiun curah hujan yang tidak reguler, dengan konfigurasi yang sangat acak, sangat menyulitkan dalam pergerakan jendela (*window*) untuk mendapatkan pasangan data yang cocok.
2. Bahwa titik-titik stasiun pengamatan yang masuk dalam pasangan data  $Z(x_i)-Z(x_{i+h})$ , tidak semuanya memberikan informasi data curah hujan (data kosong/tidak ada pencatatan curah hujan), sehingga nilai yang muncul dari  $Z(x_i)-Z(x_{i+h})$  hanya merupakan harga dari salah satu titik stasiun. Hal ini akan memunculkan harga  $\gamma(h)$  semu.

Untuk mengatasi hambatan-hambatan tersebut di atas, digunakan jendela (*window*) yang dibatasi oleh *distance classes* ( $h \pm \Delta h$ ) dan *angle classes* ( $\theta \pm \alpha/2$ ). Dengan pertimbangan bahwa konfigurasi letak dan jarak titik-titik stasiun pengamatan yang sangat acak, perapian data (*smoothing*) dalam bentuk matrik tidak dilakukan, karena akan lebih menyulitkan dalam perhitungan, sehingga dipilih pergeseran jendela (*window*) langsung.

Berdasarkan pertimbangan kelemahan data pada point ke-2 tersebut di atas, maka tidak semua variogram layak untuk digunakan. Dari hasil perhitungan, data variogram yang layak untuk dipertimbangkan adalah variogram tahun 1970 – 1980, 1985, dan 1988 –1997 dan 2000 (Lihat Gambar 7 dan 8). Lag dibuat sampai batas lag-8d (16 km) dengan pertimbangan bahwa pergerakan nilai  $\gamma(h)$  menunjukkan kenaikan yang signifikan hanya pada 3 hingga 4 titik pertama (lag-4d), sehingga dengan perkiraan lag-8d, daerah pengaruh *terregional variabel* sudah terlampaui.

Sebagian besar variogram arah  $0^\circ$ ,  $45^\circ$ ,  $90^\circ$  dan  $135^\circ$  menghasilkan lonjakan harga atau *nugget effect* ( $C_0$ ). Hal ini menunjukkan ketidakteraturan data yang tinggi. Efek ini dapat diartikan bahwa perubahan variabel *terregional* terjadi pada jarak yang lebih kecil dibandingkan dengan jarak  $h$  yang digunakan untuk perhitungan variogram.

Pada Tabel 3. menunjukkan anisotropi daerah pengaruh ( $a$ ) dari perhitungan variogram arah  $0^\circ$ ,  $45^\circ$ ,  $90^\circ$  dan  $135^\circ$ . Berdasarkan perhitungan variogram dan anisotropi daerah pengaruh stasiun curah hujan tahun 1970 hingga tahun 2000, maka daerah pengaruh ( $a$ ) berkisar antara 3,4 km hingga 17,2 Km. Memperhatikan konfigurasi dan jumlah titik stasiun pengamatan curah hujan saat ini, maka jarak ideal antar stasiun pengamatan adalah 10 km.

### **Peta Kontur Curah Hujan Daerah Istimewah Yogyakarta**

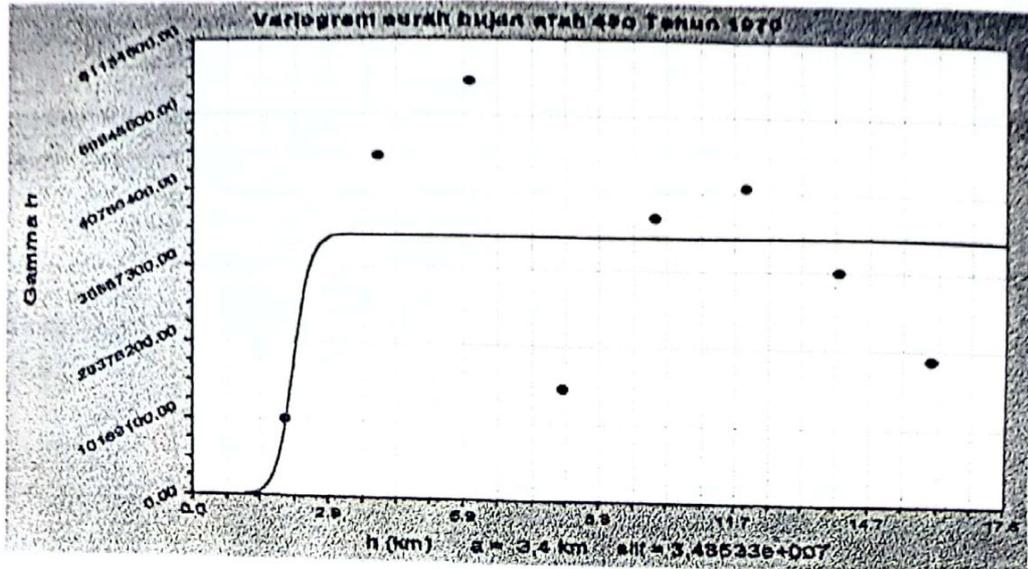
Pemetaan ini menggunakan Program Surfer 6.1 dengan metode Kriging, dimana pembuatan kontur ini tergantung dari jumlah data yang diinputkan. Bila jumlah data pada Pos Pengamatan Curah Hujan kurang, maka peta kontur akan lebih ramping dibanding dengan jumlah data yang lengkap, walaupun Lokasi Pos Pengamatan telah diplotkan terlebih dahulu. Sehingga terlihat dari data dan peta kontur tersebut dari tahun 1970 – 2001 semakin baik. Karena data curah hujan pada tahun 1998-2001 semakin lengkap (lampiran A dan Lampiran B).

Tabel 3. Daerah Pengaruh

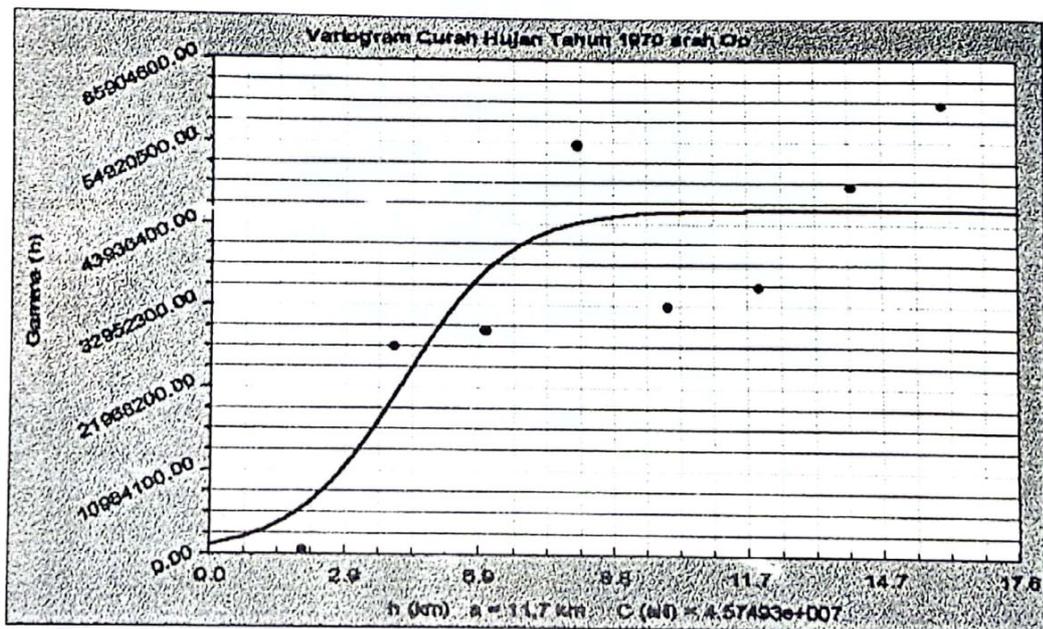
Tahun	Arah	$\gamma(h)$	$\omega$ (km)	r	Tahun	Arah	$\gamma(h)$	$\omega$ (km)	r
1970	0°	3.295E+07	5.7	0.84	1988	0°	5.305E+07	6.9	0.87
	45°	3.484E+07	3.4	0.56		45°	4.230E+07	11.7	0.92
	90°	4.302E+07	6.3	0.75		90°	4.056E+07	7.6	0.88
	135°	4.307E+07	16.1	0.83		135°	5.020E+07	8.3	0.93
1971	0°	4.183E+07	4.5	0.63	1989	0°	7.387E+07	16.7	0.51
	45°	3.472E+07	7.5	0.86		45°	5.159E+07	6.2	0.57
	90°	3.869E+07	5.5	0.81		90°	4.871E+07	8.0	0.93
	135°	4.217E+00	13.2	0.91		135°	3.784E+07	5.9	0.97
1972	0°	1.518E+07	5.2	0.82	1990	0°	4.269E+07	7.2	0.96
	45°	1.855E+07	3.4	0.40		45°	3.090E+07	9.0	0.91
	90°	2.361E+07	6.2	0.78		90°	2.674E+07	6.9	0.82
	135°	2.472E+07	10.3	0.84		135°	2.109E+07	6.2	0.93
1973	0°	6.089E+07	9.3	0.65	1991	0°	3.627E+07	6.8	0.72
	45°	5.498E+07	7.2	0.86		45°	2.009E+07	7.0	0.77
	90°	5.491E+07	6.2	0.79		90°	3.037E+07	6.7	0.72
	135°	5.096E+07	11.8	0.83		135°	2.875E+07	6.1	0.68
1974	0°	3.272E+07	6.5	0.79	1992	0°	9.500E+07	11.0	0.89
	45°	3.551E+07	5.7	0.87		45°	5.648E+07	6.0	0.80
	90°	4.229E+07	5.5	0.79		90°	5.847E+07	5.9	0.84
	135°	4.341E+07	11.0	0.85		135°	4.464E+07	6.0	0.78
1975	0°	6.575E+07	6.7	0.79	1993	0°	3.258E+07	7.0	0.77
	45°	5.815E+07	6.6	0.40		45°	3.008E+07	6.0	0.61
	90°	5.727E+07	6.2	0.72		90°	2.307E+07	7.2	0.94
	135°	7.994E+07	17.4	0.82		135°	4.603E+07	17.0	0.91
1976	0°	3.267E+07	6.9	0.87	1994	0°	2.558E+07	6.9	0.68
	45°	2.213E+07	4.1	0.42		45°	1.706E+07	6.5	0.72
	90°	2.972E+07	6.2	0.72		90°	2.832E+07	15.3	0.56
	135°	5.296E+07	18.3	0.97		135°	1.670E+07	9.0	0.90
1977	0°	2.323E+07	7.2	0.85	1995	0°	7.405E+07	12.5	0.81
	45°	1.717E+07	6.2	0.40		45°	2.919E+07	6.2	0.72
	90°	2.115E+07	8.0	0.80		90°	4.799E+07	17.0	0.51
	135°	2.004E+07	9.0	0.86		135°	1.060E+07	10.0	0.87
1978	0°	5.489E+07	7.3	0.92	1996	0°	4.946E+07	14.6	0.62
	45°	5.037E+07	4.9	0.46		45°	#	#	#
	90°	5.925E+07	6.0	0.86		90°	#	#	#
	135°	7.100E+05	14.6	0.85		135°	1.305E+07	5.1	0.74
1979	0°	5.099E+07	7.6	0.89	1997	0°	7.326E+07	6.2	0.87
	45°	3.350E+07	2.9	0.62		45°	#	#	#
	90°	5.333E+07	5.9	0.70		90°	#	#	#
	135°	5.404E+07	14.7	0.84		135°	2.155E+07	17.0	0.90
1980	0°	3.225E+07	7.2	0.87	2000	0°	3.195E+07	13.6	0.86
	45°	2.440E+07	3.4	0.49		45°	#	#	#
	90°	3.205E+07	5.4	0.79		90°	9.784E+07	6.3	0.87
	135°	5.933E+07	17.0	0.91		135°	2.746E+07	17.2	0.84
1985	0	9.141E+07	6.0	0.86	2001	0°	4.945E+07	14.2	0.65
	45	#	#	#		45°	#	#	#
	90°	4.256E+07	9.0	0.51		90°	#	#	#
	135	6.649E+00	3.4	0.45		135°	1.305E+07	5.3	0.54

keterangan :

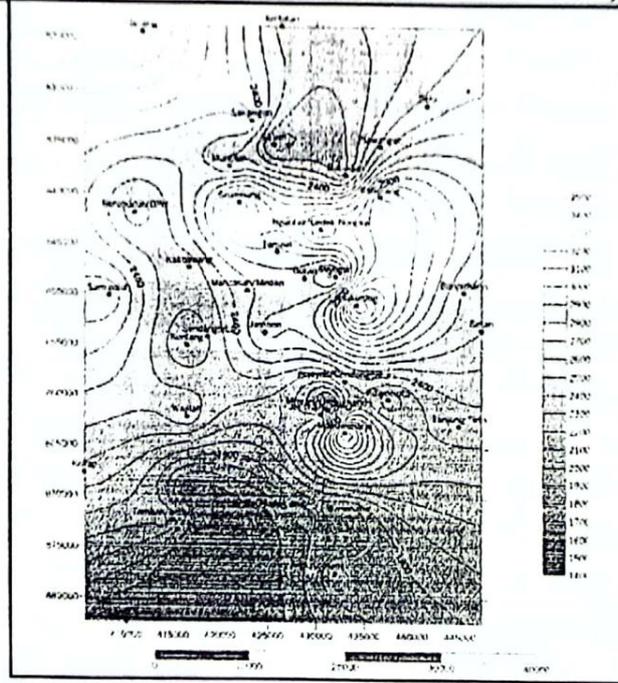
TAHUN            135°        45°  
 Tahun 1970-1980 =    13 95    5 03  
 Tahun 1985-1989    susah diprediksi  
 Tahun 1990-1994    anisotropi berubah-ubah arah  
 Tahun 1995-2001 =    14 3     6 2



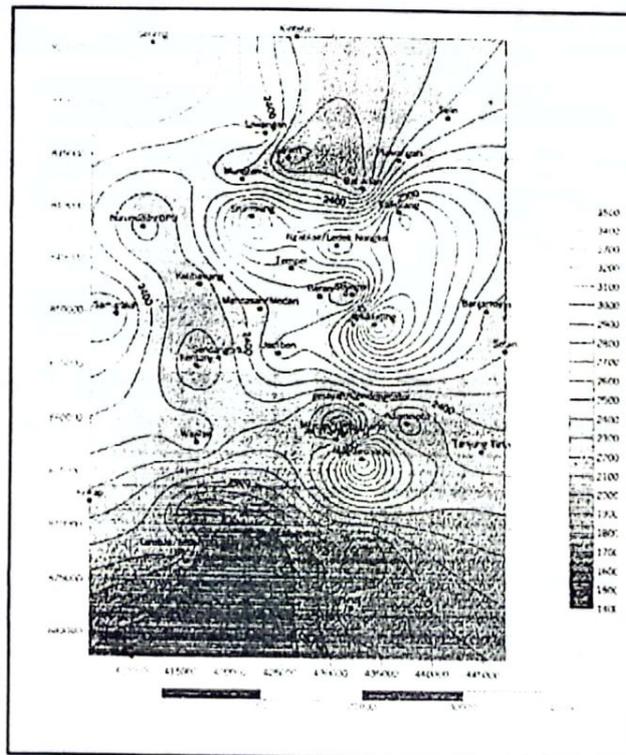
Gambar 6. Variogram Curah Hujan Tahun 1970 Pada Arah 0° dan 45°



Berdasarkan peta kontur curah hujan tahun 1970–2001, arah dan besarnya curah hujan dan pola distribusinya mempunyai kecenderungan arah dan besaran yang sama. Pada daerah pegunungan (Kabupaten Sleman) curah hujannya relatif lebih tinggi dibanding dengan curah hujan di kabupaten lainnya (lihat Gambar 6 dan 7).



Gambar 7. Pola Distribusi Curah Hujan di Daerah Istimewa Yogyakarta pada Tahun 1970



Gambar 8. Pola Distribusi Curah Hujan di Daerah Istimewa Yogyakarta pada Tahun 2001

#### D. KESIMPULAN

1. Pos pengamatan curah hujan terkumpul dibagian barat dan utara daerah penelitian.
2. Perubahan  $\gamma(h)$  sesuai arah vektor  $0^\circ$ ,  $45^\circ$ ,  $90^\circ$  dan  $135^\circ$  dengan harapan munculnya anisotropi terlihat dengan jelas dan dapat dilihat kecenderungan arah dan jarak daerah pengaruh peubah terregionalnya.
3. Jarak antar contoh dalam perhitungan semivariogram menggunakan jarak minimum antar stasiun curah hujan, yaitu 2 km.
4. Daerah pengaruh stasiun curah hujan tahun 1970 hingga tahun 2000, maka daerah pengaruh (a) berkisar antara 3,4 km hingga 17,2 Km. Memperhatikan konfigurasi dan jumlah titik stasiun pengamatan curah hujan saat ini, maka jarak ideal antar stasiun pengamatan adalah 10 km.

#### E. DAFTAR PUSTAKA

1. Bastiin, G., Loernt, B., Duque, C., and Ge-ver, M., 1984, *Optimal Estimation of The Average AREAL Rainfall and Optimal Selection of Raingauge Locations*, Journal of Water Resources Research, Vol. 20, no. 4, 463 – 470.
2. Clark, I., 1984, *Practical Geostatistics*, Elsevier Applied Science Publisher, London.
3. David, M., 1977, *Geostatistical Ore Reserve Estimation*, Elsevier Applied Science Publishing Company, Amsterdam Ox-ford, New York.
4. Delhomme, J.P., 1976, *Kriging in Hidrosiences*, Advances in Water Resources, Vol. 1 No.5, 251-266.
5. Delhomme, J.P., 1984, *On The Problem of Permissible Covariance and Variogram Models*, Journal of Water Resources Research, Vol. 20, no. 2.
6. Henley, S., Ph.D., M.I.M.M., F.G.S., 1981, *Nonparametric Geostatistics*, Elsevier Applied Science Publisher, London, 25-32.

7. Journeal, A.G. and Huijbregts, Ch.J., 1978, *Mining Geostatistics*, Academic Press, London New York San Fransisco.
8. Kitanidis, P.K., 1984, *Linier Estimation of Spasial Hydrologic Processes*, Kumpulan Bahan Kursus Singkat Hidrologi Pada daerah Tropika Basah, Pusat Antar Universitas Ilmu Rekayasa, UGM, Yogyakarta.
9. Rendu, 1981, *An Introduction of Geostatistical Methods of Mineral Evaluation*, South Africa institute of Mining and Metallurgy, Johannesburg.
10. Sri Harto Br, Dr. Ir dan Suyono, J, Ir., *Semivariogram Hujan Bulanan Di Pulau Jawa*, 1 Penelitian Awal, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, UGM, Yogyakarta.
11. Sri Harto Br, Dr. Ir, 1986, *Pengaruh Jumlah Setasiun Pengamat Hujan dalam Perkiraan Hujan Rata-Rata*, Forum Teknik, No. Gabungan, Jilid 16, Fakultas Teknik, UGM, Yogyakarta, 1-8.
12. Sri Harto Br, Dr. Ir, 1986, *Pengaruh Lokasi Setasiun Hujan pada Ketelitian Perkiraan Hujan*, Seminar Geografi Menjelang Tahun 2000, UGM, Yogyakarta.
13. Shih, S.F., 1982, *Rainfall Variation Analysis and Optimization of Gaging Systems*, Water Resources Research, Vol 18 No. 4, 1269-1277.
14. Suyono, S., Ir dan Kensaku Takeda, 1993, *Hidrologi Untuk Pengairan*, PT. Pradnya Paramita, Jakarta.
15. Ersin Seyhan, 1993, *Dasar-Dasar Hidrologi*, Gajah Mada University Press, Yogyakarta.