

**INTERPOLASI SPASIAL DENGAN METODE *POLYNOMIAL*
*TREND SURFACE ANALYSIS***

SKRIPSI

Oleh :

LIA FADHILAH

0710950031



**PROGRAM STUDI STATISTIKA
JURUSAN MATEMATIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS BRAWIJAYA
MALANG
2011**

**INTERPOLASI SPASIAL DENGAN METODE *POLYNOMIAL*
*TREND SURFACE ANALYSIS***

SKRIPSI

Sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
Sarjana Sains dalam bidang Statistika

Oleh :

LIA FADHILAH

0710950031



**PROGRAM STUDI STATISTIKA
JURUSAN MATEMATIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS BRAWIJAYA
MALANG
2011**

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI

**INTERPOLASI SPASIAL DENGAN METODE *POLYNOMIAL
TREND SURFACE ANALYSIS***

Oleh :

LIA FADHILAH

0710950031

**Setelah dipertahankan di depan Majelis Penguji
pada tanggal 25 Juli 2011
dan dinyatakan memenuhi syarat untuk memperoleh gelar
Sarjana Sains dalam Bidang Statistika**

Pembimbing I

Pembimbing II

Prof.Dr.Ir.H.Henny Pramoedyo, MS

NIP. 195707051981031009

Dr.Ir. Ni Wayan Surya W., MS

NIP. 195511021981032001

**Mengetahui,
Ketua Jurusan Matematika
Fakultas MIPA Universitas Brawijaya**

Dr. Abdul Rouf A, M.Sc.

NIP 196709071992031001

LEMBAR PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Lia Fadhillah

NIM : 0710950031

Jurusan : Matematika

Penulis Skripsi Berjudul : Interpolasi Spasial dengan Metode
Polynomial Trend Surface Analysis

Dengan ini menyatakan bahwa :

1. Skripsi ini adalah benar-benar karya saya sendiri dan bukan hasil plagiat dari karya orang lain. Karya-karya yang tercantum dalam Daftar Pustaka Skripsi ini, semata-mata digunakan sebagai acuan/referensi.
2. Apabila dikemudian hari diketahui bahwa isi Skripsi saya merupakan hasil plagiat, maka saya bersedia menanggung resiko yang akan saya terima.

Demikian pernyataan ini dibuat dengan segala kesadaran.

Malang, 25 Juli 2011
Yang menyatakan,

Lia Fadhillah
NIM. 0710950031

INTERPOLASI SPASIAL DENGAN METODE *POLYNOMIAL TREND SURFACE ANALYSIS*

ABSTRAK

Interpolasi spasial merupakan proses menggunakan titik-titik dengan nilai-nilai diketahui untuk memprediksi nilai titik-titik lain yang tidak diketahui. Salah satu metode interpolasi spasial adalah *trend surface analysis*, metode ini menduga lokasi dengan model regresi polinomial. Dalam penelitian ini *trend surface analysis* akan diterapkan untuk memprediksi kadar magnesium Kabupaten Bondowoso dan dari hasil prediksi tersebut akan dibuat peta kadar magnesium wilayah tersebut. Model yang digunakan untuk interpolasi adalah :

$$Z = 3,83146(10^5) - 0,05775X + 0,08912Y - 1,82091(10^{-9})X^2 - 5,17954(10^{-9})Y^2 + 6,66602(10^{-9})XY, \text{ dengan koefisien}$$

determinasi sebesar 37,9%. Model kuadratik meningkatkan koefisien determinasi sebesar 16,9 % dari model linier, sedangkan model kubik hanya meningkatkan 2,1% koefisien determinasi dari model kuadratik. Kadar magnesium pada data kedua diuji kesesuaiannya dengan data yang diduga dengan model. Dari uji-*t* berpasangan didapatkan *p-value* sebesar 0,699, sehingga dapat disimpulkan bahwa model sesuai. Dari peta hasil prediksi dapat dilihat bahwa hampir seluruh wilayah Kabupaten Bondowoso memiliki kadar magnesium yang tergolong tinggi, kadar magnesium sangat tinggi terutama terdapat pada daerah yang mayoritas dimanfaatkan untuk *tegalan* dan persawahan.

Kata kunci: interpolasi, *trend surface analysis*, regresi polinomial, magnesium, Bondowoso

SPATIAL INTERPOLATION WITH POLYNOMIAL TREND SURFACE ANALYSIS METHOD

ABSTRACT

Spatial interpolation is a process of using known points values to predict unknown values at other places. One method of spatial interpolation is trend surface analysis to predict unknown values with polynomial regression model. This method will be applied to predict the magnesium level of Kabupaten Bondowoso and based on result, made level magnesium map of the area. The model used for interpolation is :

$Z = 3,83146(10^5) - 0,05775X + 0,08912Y - 1,82091(10^{-9})X^2 - 5,17954(10^{-9})Y^2 + 6,66602(10^{-9})XY$, with 37,9% coefficient of determination. The quadratic model increases the coefficient of determination of 16.9% from the linear model, while the cubic model only increases 2.1% coefficient of determination from the quadratic model. Magnesium level in the second data are tested for compliance with the data predicted by the model. Based on p-value of paired t-test that is 0.699, it can be concluded that the best fit is quadratic model. From predicted map it can be seen that almost of the entire region of Bondowoso have a relatively high magnesium levels, especially at the plantage areas and rice fields.

Keywords: interpolation, trend surface analysis, polynomial regression , magnesium, Bondowoso

KATA PENGANTAR

Alhamdulillah, puji syukur kepada Allah SWT penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “**INTERPOLASI SPASIAL DENGAN METODE *POLYNOMIAL TREND SURFACE ANALYSIS***”.

Dengan terselesaikannya pelaksanaan dan penyusunan skripsi ini, penulis mengucapkan terima kasih kepada :

1. Bapak Prof. Dr. Ir. H. Henny Pramodyo, MS., selaku dosen pembimbing I dan Ibu Dr. Ir. Ni Wayan Surya W., MS., selaku dosen pembimbing II yang telah memberikan bimbingan, masukan, dan motivasi sehingga skripsi ini dapat terselesaikan dengan baik.
2. Ibu Eni Sumarminingsih, S.Si., MM., selaku dosen penguji atas saran dan masukan yang telah diberikan.
3. Bapak Dr. Abdul Rauf Alghofari selaku Ketua Jurusan Matematika.
4. Bapak Dr. Ir. Sudarto, MS., Bapak Abdul Wahid Hasyim, M.T., Ryan, dan Riza Rozali yang telah meluangkan waktu untuk mengajarkan *software* ArGIS dan membantu proses pengumpulan data.
5. Bapak, Ibu, Adik, dan seluruh keluarga yang telah mendukung penulis hingga dapat menyelesaikan skripsi ini.
6. Segenap dosen Statistika Universitas Brawijaya yang telah membagikan ilmu pada penulis.
7. Semua teman-teman statistika berbagai angkatan yang telah membantu penulis di berbagai hal.
8. Semua pihak yang telah rela membantu penulis dalam menyelesaikan skripsinya.

Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan skripsi ini masih banyak kekurangan, untuk itu saran dan kritik yang membangun demi kesempurnaan penulisan selanjutnya sangat penulis harapkan. Akhirnya, semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi semua pihak.

Malang, Juli 2011

Penulis

DAFTAR ISI

	Hal
HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
LEMBAR PERNYATAAN	iii
ABSTRAK/ABSTRACT	iv
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR LAMPIRAN	xi
BAB I. PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah.....	2
1.3 Batasan Masalah.....	2
1.4 Tujuan.....	2
1.5 Manfaat.....	2
BAB II. TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Data Spasial.....	3
2.1.1 Data Vektor.....	4
2.1.2 Data Raster	4
2.2 Sistem Koordinat.....	6
2.3 Hubungan Spasial (<i>Spatial Relationship</i>).....	7
2.4 Interpolasi Spasial	8
2.5 <i>Polynomial Trend Surface Analysis</i>	8
2.5.1 Pendugaan Parameter.....	9
2.5.2 Uji Asumsi Regresi Klasik	12
1 Normalitas	12
2 Homokedastisitas.....	13
3 Nonautokorelasi.....	13
4 Nonmultikolinieritas.....	13
2.5.3 Penentuan Model Regresi Polinomial	14
2.5.4 Keabaikan Model Regresi	16
2.5.5 Uji Kesesuaian Model	17

2.6 Gambaran Umum Kadar Magnesium dan Kabupaten Bondowoso.....	18
--	----

BAB III. METODE PENELITIAN

3.1 Sumber Data.....	21
3.2 Metode Penelitian.....	21
3.2.1 Tahap Persiapan.....	21
3.2.2 Tahap Analisis Data.....	21

BAB IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Penentuan Model Regresi Polinomial	25
4.2 Pengujian Asumsi Regresi Polinomial	26
4.2.1 Normalitas Galat.....	26
4.2.2 Homogenitas Ragam.....	26
4.3 Uji Simultan (Uji F).....	26
4.4 Keباikan Model	27
4.5 Kesesuaian Model	27
4.5 Interpolasi <i>Trend Surface Analysis</i>	28

BAB V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan.....	31
5.2 Saran.....	31

DAFTAR PUSTAKA	33
-----------------------------	----

LAMPIRAN	37
-----------------------	----

DAFTAR GAMBAR

No	Teks	Hal
2.1	Contoh Data Vektor.....	4
2.2	Contoh Data Raster	6
2.3	Perbedaan Data Vektor dan Data raster.....	6
2.4	Contoh <i>Linier Trend Surface</i>	11
2.5	Contoh <i>Quadratic Trend Surface</i>	11
2.6	Contoh <i>Cubic Trend Surface</i>	11
2.7	Peta Penggunaan Lahan Kabupaten Bondowoso	19
3.1	Diagram Alir Interpolasi Spasial dengan Metode <i>Trend Surface Analysis</i>	23
4.1	Peta Awal Kadar Magnesium Kabupaten Bondowoso...	28
4.2	Peta Hasil Prediksi Kadar magnesium Kabupaten Bondowoso	29



DAFTAR TABEL

No	Teks	Hal
2.1	Analisis Ragam Regresi Polinomial (Penentuan Ordo Terbaik)	15
4.1	Analisis Ragam Regresi Polinomial	25
4.2	Analisis Ragam Model Kuadratik secara Simultan	27



DAFTAR LAMPIRAN

No	Teks	Hal
1	Data I.....	37
2	Data II.....	39
3	Peta hasil Digitasi dan Sebaran Titik.....	40
4	<i>Output</i> Analisis Regresi Linier (Ordo-1).....	41
5	<i>Output</i> Analisis Regresi Kuadratik (Ordo-2)	42
6	<i>Output</i> Analisis Regresi Kubik (Ordo-3)	43
7	<i>Output</i> Pengujian Asumsi Normalitas Galat	44
8	<i>Output</i> Pengujian Asumsi Homogenitas Ragam	45
9	<i>Output</i> Kadar magnesium Duga dan Hasil Pengamatan langsung.....	46
10	<i>Output</i> Pengujian Normalitas Data untuk Uji- <i>t</i> Berpasangan	47
11	Data Hasil Transformasi Logaritma	48
12	<i>Output</i> Pengujian Normalitas Data Hasil Transformasi ..	49
13	<i>Output</i> Pengujian Kesesuaian Model (<i>Paired-t</i>)	50

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Data spasial adalah data yang berorientasi geografis, memiliki sistem koordinat tertentu sebagai dasar referensinya sehingga mempunyai dua bagian penting yang membuat data spasial berbeda dengan data lain, informasi lokasi (spasial) dan informasi deskriptif (atribut) (Tim Teknis Nasional, 2007). Data spasial yang diperoleh dari pengamatan hanya beberapa titik-titik tertentu, daerah di sekitar titik-titik hasil pengamatan tersebut belum diketahui nilainya. Informasi yang didapatkan tidak mencakup semua wilayah, untuk menghasilkan informasi pada seluruh wilayah di sekitar titik diperlukan proses interpolasi spasial.

Interpolasi spasial adalah suatu metode atau fungsi matematika yang menduga nilai pada lokasi-lokasi yang datanya tidak tersedia. Jadi, interpolasi spasial adalah proses menggunakan titik-titik dengan nilai-nilai diketahui untuk memperkirakan nilai pada titik-titik lain yang tidak diketahui. Misalnya, untuk membuat sebuah peta suhu suatu wilayah, tidak ditemukan informasi cukup merata untuk menutupi seluruh wilayah, interpolasi spasial dapat memperkirakan suhu di lokasi yang tidak diketahui nilainya sehingga didapatkan informasi suhu di seluruh wilayah tersebut.

Pada penelitian ini akan dibahas mengenai metode interpolasi spasial menggunakan *polynomial trend surface analysis*. Metode interpolasi ini berdasar pada prinsip bahwa lokasi suatu objek memiliki pengaruh yang sangat besar terhadap atribut nonspasial objek tersebut (Unwin, 1978). Model dari *trend surface analysis* didapatkan dengan melakukan regresi polinomial antara koordinat dari objek tersebut (sebagai peubah prediktor) dengan nilai dari atribut nonspasial dari koordinat tersebut (sebagai peubah respon).

Sebelum melakukan interpolasi, uji kesesuaian model dengan uji-*t* berpasangan penting untuk membuktikan bahwa model tersebut valid digunakan untuk meramal nilai dari titik-titik lain yang nilainya tidak diketahui.

Pada penelitian ini metode interpolasi *trend surface analysis* digunakan untuk memprediksi kadar magnesium di Kabupaten

Bondowoso. Magnesium merupakan salah satu unsur hara dalam tanah yang sangat dibutuhkan oleh tumbuhan. Pada tanaman, magnesium berfungsi untuk proses fotosintesis, transportasi fosfat, dan memiliki peranan penting terhadap metabolisme nitrogen (Marsono,2001).

1.2 Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang tersebut, maka rumusan masalah yang akan dibahas dalam penelitian ini adalah :

1. Bagaimana menentukan model untuk interpolasi kadar magnesium Kabupaten Bondowoso dengan metode *polynomial trend surface analysis* ?
2. Bengetahui peningkatan koefisien determinasi model yang dipakai dari ordo sebelumnya
3. Bagaimanakah peta hasil interpolasi kadar magnesium Kabupaten Bondowoso dengan metode *polynomial trend surface analysis* ?

1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah yang digunakan dalam penelitian ini adalah :

1. Data yang digunakan adalah data sekunder
2. Tidak terdapat *outlier* pada data yang digunakan.
3. Format data yang digunakan adalah vektor titik.

1.4 Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk :

1. Mengetahui ordo model regresi yang tepat digunakan untuk interpolasi kadar magnesium di Kabupaten Bondowoso.
2. Mengetahui peningkatan koefisien determinasi model yang dipakai dari ordo sebelumnya.
3. Mengetahui peta hasil interpolasi kadar magnesium Kabupaten Bondowoso dengan metode *polynomial trend surface analysis* ?

1.5 Manfaat Penelitian

Mendapatkan peta kadar magnesium Kabupaten Bondowoso dan mengetahui potensi untuk daerah tersebut.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Data Spasial

Berdasarkan “Peraturan Presiden Republik Indonesia Nomor 85 Tahun 2007” Tentang data Jaringan Spasial, data spasial didefinisikan sebagai data hasil pengukuran, pencatatan, dan pencitraan terhadap suatu unsur keruangan yang berada di bawah, pada, atau di atas permukaan bumi dengan posisi keberadaannya mengacu pada sistem koordinat nasional. Menurut Tim Teknis Nasional (2007) secara sederhana data spasial adalah semua data yang dapat dipetakan atau secara lengkap definisi data spasial yaitu sebuah data yang berorientasi geografis, memiliki sistem koordinat tertentu sebagai dasar referensinya dan mempunyai dua bagian penting yang membuatnya berbeda dari data lain, yaitu informasi lokasi (spasial) dan informasi deskriptif (*attribute*) yang dijelaskan berikut ini :

1. Informasi lokasi (spasial), berkaitan dengan suatu koordinat baik koordinat geografi (lintang dan bujur) dan koordinat XYZ, termasuk diantaranya informasi datum dan proyeksi.
2. Informasi deskriptif (atribut) atau informasi non spasial, suatu lokasi yang memiliki beberapa keterangan yang berkaitan dengannya, contohnya : jenis vegetasi, populasi, luasan, kode pos, dan sebagainya.

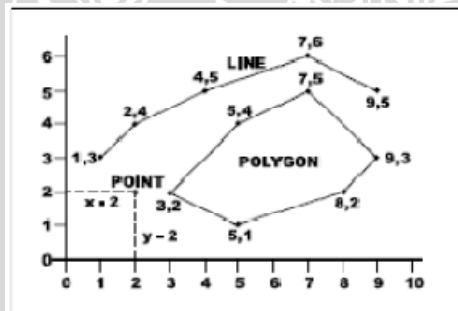
Definisi lain, data spasial adalah data pengukuran yang memuat informasi lokasi, misal $X(s_i)$, $i = 1, 2, \dots, n$ adalah data pengukuran X di lokasi atau koordinat s_i . Data spasial merupakan salah satu data dependen karena data spasial dikumpulkan dari lokasi spasial yang berbeda yang mengindikasikan ketergantungan antara pengukuran data dengan lokasi .

Format dalam bahasa komputer berarti bentuk dan kode penyimpanan data yang berbeda antara file satu dengan lainnya. Data spasial dapat direpresentasikan dalam dua format, yaitu:

2.1.1 Data Vektor

Data vektor adalah titik, garis, atau polygon (daerah/wilayah) yang masing-masing dibangun atas sebuah koordinat (titik) atau kumpulan koordinat (garis dan polygon). (Tim Teknis Nasional, 2007).

Data tersebut mewakili benda/obyek tertentu di muka bumi. Misalnya garis yang mewakili jaringan jalan. Data vektor merupakan bentuk bumi yang direpresentasikan ke dalam kumpulan garis, area (daerah yang dibatasi oleh garis yang berawal dan berakhir pada titik yang sama), titik dan nodes (merupakan titik perpotongan antara dua buah garis). Data vektor titik meliputi semua obyek geografis yang dikaitkan dengan pasangan koordinat (x,y). Disamping informasi mengenai koordinat x,y, data yang diasosiasikan dengan titik harus disimpan untuk menunjukkan jenis titik yang bersangkutan. Data tersebut dapat memuat informasi seperti ukuran tampilan dan orientasi simbol/titik tersebut (Prahasta, 2001).



Gambar 2.1. Contoh data vektor

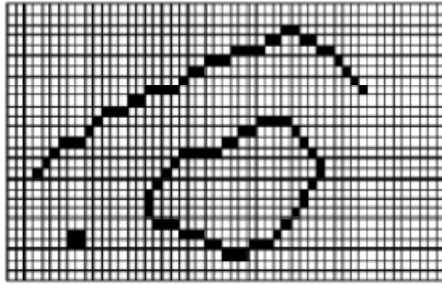
2.1.1 Data Raster

Data yang terdiri sel-sel yang disusun menurut baris dan kolom. Pada masing-masing sel tersebut tersimpan sebuah nilai tunggal. Data raster biasanya merupakan sebuah gambar, bisa juga nilai sel tersebut melambangkan sesuatu yang berbeda-beda (seperti tata guna lahan) atau yang berkesinambungan seperti curah hujan dan ketinggian. (Tim Teknis Nasional, 2007).

Sebagai suatu data, maka data raster juga mempunyai sifat atau karakteristik yang dapat menunjukkan bahwa data tersebut adalah data raster. Karakteristik data raster adalah sebagai berikut (Prahasta, 2001):

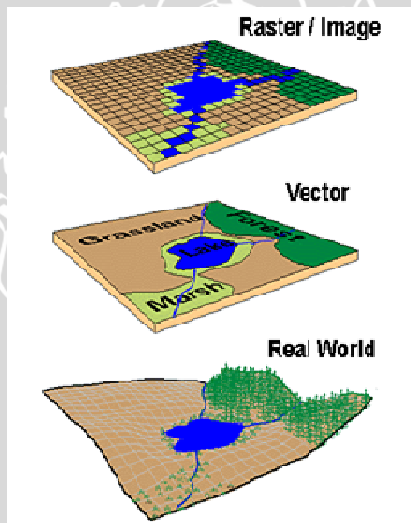
- a. Resolusi, resolusi spasial dapat diartikan sebagai suatu dimensi linear minimum dari satuan jarak geografi terkecil yang dapat direkam oleh data. Satuan terkecil dalam data raster pada umumnya ditunjukkan oleh panjang sisi suatu bidang bujur sangkar *pixel*. Semakin luas suatu wilayah permukaan bumi yang dipresentasikan oleh ukuran *pixel*, maka resolusi data tersebut semakin kecil, sebaliknya jika semakin kecil suatu wilayah permukaan bumi yang direpresentasikan oleh ukuran *pixel*, maka resolusi data tersebut semakin besar.
- b. Orientasi dibuat untuk menunjukkan arah utara dari *grid*. Secara umum, untuk mendapatkan orientasi data raster, dilakukan penghimpitan arah utara *grid* dengan arah utara sebenarnya pada titik asal dari *dataset*, yang biasanya adalah titik di bagian kiri atas.
- c. Wilayah adalah sekumpulan lokasi yang memperlihatkan nilai / ID yang sama. Misalnya untuk suatu raster data sawah, maka ID pada setiap *pixel* sawah akan mempunyai nilai / ID yang sama.
- d. Nilai yaitu informasi atau atribut yang disimpan dalam sebuah *layer* untuk setiap *pixel*.
- e. Lokasi dapat diidentifikasi dengan nilai koordinat dalam sumbu x dan y. Nilai x dan y ini dapat menunjukkan koordinat bumi dan sangat bergantung pada jenis proyeksi yang digunakan dalam peta.

Sebuah sel data raster hanya mampu menyimpan sebuah keterangan atau nilai, untuk mengatasi keterbatasan digunakan beberapa band data raster yang masing-masing menampilkan keterangan yang berbeda.



Gambar 2.2. Contoh data Raster

Perbedaan data vektor dan data raster dalam dapat dilihat pada Gambar 2.3 berikut :



Gambar 2.3. Perbedaan Data Vektor dan Data Raster

2.2 Sistem Koordinat

Posisi suatu titik biasanya dinyatakan dengan koordinat baik dua dimensi atau tiga dimensi yang mengacu pada suatu sistem koordinat tertentu. Sistem koordinat geografi digunakan untuk menunjukkan suatu titik di bumi berdasarkan garis lintang dan garis bujur (Tim Teknis Nasional,2007). Terdapat dua sistem koordinat yang disepakati secara internasional yaitu sistem koordinat bujur

lintang dan *Universal Transverse Mercator* (UTM) (Hidayat, dkk,2005).

Dalam sistem koordinat bujur lintang (atau dalam bahasa Inggris *latitude* dan *longitude*) terdapat dua komponen penting yaitu:

1. Garis lintang yaitu garis vertikal yang mengukur sudut antara suatu titik dengan garis katulistiwa. Titik di sebelah utara garis katulistiwa dinamakan lintang utara, sedangkan titik di sebelah selatan garis katulistiwa dinamakan lintang selatan.
2. Garis bujur yaitu garis horizontal yang mengukur sudut antara suatu titik dengan titik 0^0 di bumi yaitu Greenwich di London yang merupakan titik bujur 0^0 atau 360^0 yang diterima secara internasional. Titik di sebelah barat bujur 0^0 dinamakan bujur barat, sedangkan titik di sebelah timur bujur 0^0 dinamakan bujur timur.

(Wikipedia,2010)

Untuk mengubah bentuk derajat di atas menjadi ke dalam bentuk meter ketentuannya sebagai berikut (Hidayat, Adhi, dan Bachriadi, 2005) :

$$1^0 = 111322 \text{ meter}$$

$$1' = 1885,37 \text{ meter}$$

$$1'' = 30,9227 \text{ meter}$$

Misal koordinat suatu tempat adalah $1^0 5' 10''$ maka dalam bentuk meter menjadi :

$$1^0 = 111322$$

$$5' = 9426,85$$

$$\frac{10'' = 309,227}{121058,007} +$$

Jadi, dalam bentuk meter koordinat tempat tersebut adalah 121058,007 meter.

2.3 Hubungan Spasial (*Spatial Relationship*)

Konsep mendasar dalam geografi adalah suatu objek yang saling berdekatan seringkali lebih mirip satu sama lain daripada objek yang saling berjauhan atau segala sesuatu berhubungan dengan yang lain, namun sesuatu yang saling berdekatan memiliki hubungan

yang lebih kuat daripada sesuatu yang saling berjauhan (Tobler, 1970).

Keterikatan atau hubungan spasial adalah salah satu sifat dalam lingkungan geografi, karakter dari lokasi yang saling berdekatan akan menjadi saling berkorelasi. Terdapat beberapa alasan terkait dengan adanya suatu hubungan spasial. Kemungkinan pertama, karena terdapat hubungan korelasi spasial sederhana, apapun yang menyebabkannya, objek pada suatu lokasi memiliki kemiripan dengan objek lain yang berdekatan. Kemungkinan lainnya adalah hubungan kausalitas spasial, objek pada suatu lokasi tertentu secara langsung mempengaruhi objek lain di sekitarnya. Kemungkinan ketiga adalah adanya interaksi spasial, mobilitas masyarakat, barang dan informasi menciptakan hubungan yang nyata antara beberapa lokasi (Upton dan Fingleton, 1985).

2.4 Interpolasi Spasial

Interpolasi spasial adalah suatu metode atau fungsi matematika yang menduga nilai pada lokasi-lokasi yang datanya tidak tersedia. Anderson dalam Prasasti, Wijayanto, dan Christanto (2005) menyebutkan interpolasi spasial mengasumsikan bahwa atribut data bersifat kontinu di dalam ruang (*space*) dan atribut ini saling berhubungan (*dependence*) secara spasial. Interpolasi spasial menggunakan nilai-nilai diketahui pada lokasi tertentu untuk memperkirakan nilai-nilai yang tidak diketahui di lokasi lain.

Banyak metode interpolasi yang telah dikembangkan. Balley dan Gatrell (1995) menjelaskan beberapa metode interpolasi yaitu *trend surface analysis*, *kriging*, dan lain-lain.

2.5 Polynomial Trend Surface Analysis

Metode ini disebut *trend surface analysis* (analisis kecenderungan permukaan) karena model dasar yang digunakan, memisahkan setiap pengamatan pada peubah spasial terdistribusi menjadi dua komponen yaitu tren regional dalam data (*trend surface* hasil analisis) dan komponen terkait dengan efek murni lokal (*residual*). Secara matematis dapat ditulis (Unwin, 1978). :

$$Z_i = f(x_i, y_i) + \varepsilon_i \quad (2.1)$$

Dengan :

- Z_i : Nilai pengamatan ke- i
- X_i : Koordinat ke- i pada sumbu axis
- Y_i : Koordinat ke- i pada sumbu ordinat
- ε_i : Galat ke- i

Komponen regional diperoleh dari hasil analisis dengan regresi polinomial menggunakan metode kuadrat terkecil (Wren, 1973). Interpolasi dengan metode *trend surface analysis* terbukti memberikan hasil yang lebih baik dibandingkan dengan pendekatan regresi konvensional, hal ini dikarenakan metode ini menggunakan kecenderungan polinomial ordo lebih dari satu (Neiman, 2007). Dalam Draper dan Smith (1992) disebutkan regresi polinomial ordo tinggi digunakan dalam studi permukaan respon (*response surface studies*), tujuannya adalah untuk meningkatkan atau menghampiri ciri-ciri suatu permukaan respon yang belum diketahui melalui suatu polinom berordo rendah.

2.5.1 Pendugaan Parameter

Pendugaan parameter pada model regresi polinomial menggunakan *Ordinary Least Square (OLS)*. Prinsip dari OLS adalah meminimumkan jumlah kuadrat galat. Jumlah kuadrat galat pada pengamatan-pengamatan garis regresi sebenarnya adalah:

$$S(\beta_0, \beta_1, \dots, \beta_k) = \sum_{i=1}^n \varepsilon_i^2 = \sum_{i=1}^n (Z_i - \sum_{j=0}^k \beta_j X_{ij})^2 \quad (2.2)$$

Penduga kuadrat terkecil $\beta_0, \beta_1, \dots, \beta_k$ yang dinotasikan dengan $\widehat{\beta}_0, \widehat{\beta}_1, \dots, \widehat{\beta}_k$ harus memenuhi:

$$\frac{\partial S}{\partial \beta_j} = -2 \sum_{i=1}^n (Z_i - \sum_{j=0}^k \widehat{\beta}_j X_{ij}) X_{ij} = 0 \quad (2.3)$$

dengan Z_i menunjukkan obsevasi respon ke- i dan X_{ij} menunjukkan pengamatan ke- i dari peubah respon X_j .

(Montgomery dan Peck, 1992)

Dari kedua persamaan di atas didapatkan penduga model regresi adalah:

$$X\beta = Z \quad (2.4)$$

Dengan :

$$X = \begin{bmatrix} n & \sum X_{i1} & \sum X_{i2} & \dots & \sum X_{ik} \\ \sum X_{i1} & \sum X_{i1}^2 & \sum X_{i1}X_{i2} & \dots & \sum X_{i1}X_{ik} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ \sum X_{ik} & \sum X_{ik}X_{i1} & \sum X_{ik}X_{i2} & \dots & \sum X_{ik}^2 \end{bmatrix}$$

$$\beta = \begin{bmatrix} \beta_0 \\ \beta_1 \\ \vdots \\ \beta_k \end{bmatrix}$$

$$Z = \begin{bmatrix} \sum Z_i \\ \sum X_{i1}Z_i \\ \vdots \\ \sum X_{ik}Z_i \end{bmatrix}$$

Untuk mendapatkan nilai dari $\hat{\beta}$ maka :

$$X^{-1} \cdot X \cdot \beta = X^{-1} \cdot Z \quad (2.5)$$

$X^{-1}X$ dalam persamaan (2.5) merupakan matriks identitas sehingga, $I \cdot \beta = X^{-1} \cdot Z$ (2.6)

Dari persamaan (2.6) diperoleh nilai dari $\hat{\beta}$. Pada dasarnya pendugaan parameter regresi polinomial dengan regresi linier berganda adalah sama. Perbedaannya terletak pada peubah prediktor. Pada regresi polinomial, peubah prediktor terdiri dari pangkat satu hingga pangkat ke k dan interaksinya, dimana k adalah ordo dari regresi polinomial. Model regresi polinomial ordo pertama adalah :

$$Z(k = 1) = \beta_0 + \beta_1 X + \beta_2 Y$$

Model regresi polinomial ordo kedua adalah :

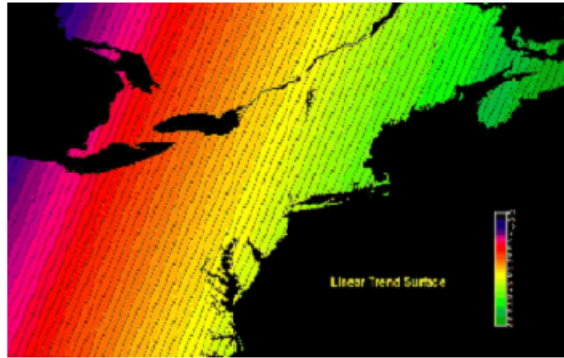
$$Z(k = 2) = \beta_0 + \beta_1 X + \beta_2 Y + \beta_3 X^2 + \beta_4 Y^2 + \beta_5 XY$$

Model regresi polinomial secara umum dapat ditulis

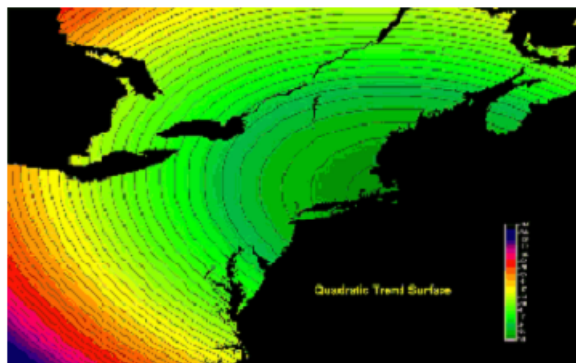
(Wren,1973) :

$$Z = \beta_0 + \beta_1 X + \beta_2 Y + \beta_3 X^2 + \beta_4 Y^2 + \beta_5 XY + \beta_6 X^3 + \beta_7 Y^3 + \beta_8 X^2 Y + \beta_9 XY^2 + \dots \quad (2.7)$$

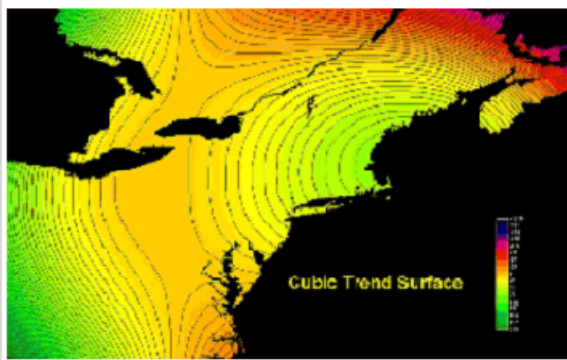
Pada Gambar 2.4, Gambar 2.5, dan Gambar 2.6 disajikan contoh *output* interpolasi dengan metode *trend surface analysis* berturut-turut untuk ordo pertama, kedua, dan ketiga (Eastman, 2007).



Gambar 2.4 Contoh *Linier Trend Surface*



Gambar 2.5 Contoh *Quadratic Trend Surface*



Gambar 2.6 Contoh *Cubic Trend Surface*

2.5.2 Uji Asumsi Regresi Klasik

Asumsi-asumsi klasik yang melandasi regresi berganda menurut Gujarati (2003) antara lain galat menyebar normal, non mutikolinieritas, non autokorelasi terhadap galat, dan kehomogenan ragam galat (homoskedastisitas). Dalam *trend surface analysis* asumsi yang harus dipenuhi kenormalan galat dan homokedastisitas, sedangkan untuk non autokorelasi dan non multikolinieritas memiliki aturan lain.

1. Normalitas

Salah satu cara mengatasi pelanggaran terhadap asumsi analisis regresi adalah dengan memperbesar jumlah contoh. Cara tersebut didukung oleh teorema limit pusat yang menyatakan bahwa distribusi dari rata-rata contoh hasil pengamatan akan mendekati normal bila ukuran contoh makin besar (Sembiring, 1995).

Salah satu metode untuk mendeteksi kenormalan adalah Uji Anderson Darling.

Hipotesis dari pengujian asumsi normalitas adalah :

H_0 : galat menyebar normal

H_1 : galat tidak menyebar normal

Uji Anderson Darling mengukur penyimpangan dari *empirical distribution function* (EDF) terhadap *cumulative distribution function* (CDF) yang diasumsikan, dalam hal ini adalah distribusi normal. Bila ada n pengamatan diurutkan $x_{(i)}$, maka EDF $F_n(x)$ didefinisikan sebagai :

$$F_n(x) = \frac{N(x_{(i)} \leq x)}{n}, \quad i = 1, 2, 3, \dots, n \quad (2.8)$$

Dimana $N(x_{(i)} \leq x)$ adalah banyaknya pengamatan berurut yang kurang dari atau sama dengan x . Untuk n pengamatan diurutkan $x_{(i)}$, statistik uji Anderson Darling adalah (Stephens, 1979) :

$$A^2 = n - \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (2i - 1) \{ \ln F_0(x_{(i)}) + \ln [1 - F_0(x_{(n+1-i)})] \} \quad (2.9)$$

Statistik A^2 kemudian dibandingkan dengan nilai kritis yang besarnya 1,092, 0,787, dan 0,656 untuk α berturut-turut 1%, 5%, dan 10% dengan *scaling factor* $(1 + \frac{4}{n} - \frac{25}{n^2})$, dimana n adalah banyaknya pengamatan (Stephens, 1979). Jika uji Anderson Darling

menghasilkan $p\text{-value} > \alpha$ maka H_0 diterima dan dapat disimpulkan galat menyebar normal.

2. Homokedastisitas

Salah satu asumsi yang harus dipenuhi dalam analisis klasik regresi yaitu galat bersifat homoskedastik, Uji homogenitas digunakan untuk mengetahui apakah dalam model regresi terjadi ketidaksamaan ragam dari residual satu pengamatan ke pengamatan yang lain yaitu galat memiliki ragam yang sama atau $E(\varepsilon^2) = \sigma^2$. Prosedur uji homokedastisitas yang digunakan adalah uji glejser. Metode uji glejser meregresikan nilai absolut galat terhadap peubah prediktor (Gujarati, 2003). Hipotesis untuk pengujian ini adalah sebagai berikut :

$$H_0 : \sigma^2_{|e_i|} = 0, \text{ vs}$$

$$H_1 : \sigma^2_{|e_i|} \neq 0.$$

Prosedur uji glejser adalah :

1. Nilai mutlak sisaan, $|e_i|$ diregresikan terhadap peubah prediktor. $|e_i| = \beta_0 + \beta_1 X + \beta_2 Y + \beta_3 X^2 + \beta_4 Y^2 + \beta_5 XY + \beta_6 X^3 + \beta_7 Y^3 + \beta_8 X^2 Y + \beta_9 XY^2 + \dots$
2. Jika koefisien regresi tidak nyata atau $p\text{-value} > \alpha$ maka H_0 diterima, artinya ragam galat homogen.

3. Nonautokorelasi

Asumsi ini berkaitan dengan asumsi interpolasi spasial yaitu data atribut data saling berhubungan (*dependence*) secara spasial. Menurut Gujarati (1991), istilah autokorelasi dapat diartikan sebagai korelasi antar anggota serangkaian pengamatan yang diurutkan menurut waktu (pada data deret waktu) atau ruang. Dalam *trend surface analysis* pengaruh ruang telah dimasukkan sebagai peubah prediktor yaitu koordinat (x dan y) sehingga asumsi ini tidak perlu diuji.

4. Nonmultikolinieritas

Dalam *trend surface analysis*, multikolinieritas pada peubah prediktor dapat diabaikan, hal ini dikarenakan peubah prediktor adalah koordinat dari objek tersebut dan pengaruh masing-masing koefisien tidak dipentingkan (McIsaac, 1996).

Sembiring (1995) menyatakan multikolinieritas akan terjadi pada regresi polinom apalagi jika rentangan peubah prediktor sempit. Adanya multikolinieritas menyebabkan tidak dapat diketahuinya pengaruh masing-masing peubah prediktor namun pengaruh bersamanya masih bisa diketahui (Gujarati,2003).

2.5.3 Penentuan Model Regresi Polinomial

Pada regresi polinomial model yang diinginkan adalah model dengan ordo polinom serendah mungkin tetapi dengan kecocokan yang cukup tinggi. Jika kecocokan antara dua model sama atau hampir sama, maka makin sederhana suatu model makin baik model tersebut (Sembiring, 1995).

Pengujian regresi polinomial hanya secara simultan karena regresi polinomial menitik beratkan pada pemilihan model, sedangkan pengaruh parsial dapat diabaikan. Oleh karena itu pengujian regresi polinomial dimulai dari ordo paling rendah (linier) kemudian dilanjutkan ke derajat lebih tinggi dan berhenti jika derajat yang lebih tinggi sudah tidak berarti dalam persamaan (kontribusinya tidak signifikan).

Hipotesis dalam uji simultan adalah sebagai berikut :

$$H_0 : \beta_1 = \beta_2 = \beta_3 = \dots = \beta_p = 0, \text{ vs}$$

H_1 : Minimal terdapat satu β yang tidak sama dengan nol

Pemilihan ordo regresi polinom dapat dilihat pada Tabel 2.1 berikut ini (Astuti, 2009).

Tabel 2.1 Analisis Ragam Regresi Polinomial (Penentuan Ordo Terbaik)

Sumber Keragaman	Derajat Bebas	Jumlah Kuadrat	Kuadrat Tengah	F-hitung
Regresi linier	2	JKR 1	KTR	$\frac{KTR}{KTG 1}$
Galat	n-1-2	JKG 1	KTG 1	
Total	n-1	JKT 1		
Regresi ordo-2	5	JKR 2		
-Linier	2	JKR 1		
-Kontribusi kuadratik	3	JKR 2-JKR 1	$\frac{JKR}{3}$	$\frac{KTR}{KTG 2}$
Galat	n-1-5	JKG 2	KTG 2	
Total	n-1	JKT 2		
Regresi ordo-3	9	JKR 3		
-Kuadratik	5	JKR 2		
-Kontribusi kubik	4	JKR 3- JKR 2	$\frac{JKR}{4}$	$\frac{KTR}{KTG 3}$
Galat	n-1-9	JKG 3	KTG 3	
Total	n-1	JKT 3		
.
.
.
Regresi ordo-k	p-1	JKR k		
-Regresi ordo (k-1)	P(k-1)-1	JKR(k-1)		
-Kontribusi ordo-k	(p-1) - (p(k-1)-1)	(JKR k)- (JKR(k-1))	$\frac{JKR_k - JKR_{k-1}}{db}$	$\frac{KTR}{KTG k}$
Galat	n-1-(p-1)	JKG k	KTG k	
Total	n-1	JKT k		

Keterangan :

$$JKT = \sum(Z - \bar{Z})^2 \quad (2.10)$$

$$JKR = \sum(\hat{Z} - \bar{Z})^2 \quad (2.11)$$

$$JKG = \sum(Z - \hat{Z})^2 \quad (2.12)$$

$$KTR = \frac{JKR}{dbR} \quad (2.13)$$

$$KTG = \frac{JKG}{dbG} \quad (2.14)$$

di mana

JKR : jumlah kuadrat regresi

JKG : jumlah kuadrat galat

JKT : jumlah kuadrat total

KTR : kuadrat tengah regresi

KTG : kuadrat tengah galat

Z : nilai Z sebenarnya

\hat{Z} : nilai Z hasil pendugaan

\bar{Z} : nilai rata-rata Z

n : banyaknya pengamatan

p : banyaknya parameter regresi

dbR : derajat bebas regresi

dbG : derajat bebas galat

Regresi polinom berderajat- k menitik beratkan pada pemilihan model yang sesuai untuk sekelompok data yang diamati, oleh karena itu pengujian dimulai dari derajat yang paling rendah (linier), dilanjutkan ke derajat yang lebih tinggi. Ordo yang dipilih adalah jika ordo yang lebih tinggi tidak memberikan kontribusi yang signifikan. Misalkan pada model linier model regresi signifikan maka dilanjutkan ke model kuadratik, jika kontribusi kuadratik tidak signifikan maka model linier yang dipilih. Meskipun ada peningkatan nilai kebaikan model, jika kontribusinya tidak signifikan maka ordo yang lebih sederhana yang dipilih.

2.5.4 Kebaikan Model Regresi

Kebaikan model regresi polinomial diketahui melalui nilai R^2 , yaitu suatu nilai yang mengukur proporsi atau variasi total disekitar nilai tengah \bar{Y} yang dapat dijelaskan oleh model regresi. Nilai R^2 berkisar antara 0 sampai dengan 1.

$$R^2 = \frac{JKR}{JKT} \quad (2.15)$$

dengan $0 \leq R^2 \leq 1$

R^2_{adj} disebut sebagai R^2 yang disesuaikan dengan derajat bebas dan didefinisikan sebagai:

$$R^2_{adj} = \frac{\frac{JKT}{dbT} - \frac{JKG}{dbG}}{\frac{JKT}{dbT}}$$

$$R^2_{adj} = 1 - \frac{\frac{JKG}{dbG}}{\frac{JKT}{dbT}}$$

$$R^2_{adj} = \frac{\frac{JKT - JKR}{dbG}}{\frac{JKT}{dbT}}$$

$$R^2_{adj} = 1 - ((1 - R^2) \frac{dbT}{dbG}) \quad (2.16)$$

Dalam statistik ini telah dilakukan penyesuaian terhadap derajat bebas jumlah kuadrat galat (JKGp) dan jumlah kuadrat total terkoreksi (Drapper dan Smith, 1992).

2.5.5 Uji Kesesuaian Model

Uji kesesuaian model ini dilakukan untuk mengetahui kelayakan model. Model yang telah terbentuk melalui regresi polinomial diuji layak atau tidaknya digunakan untuk interpolasi (melakukan peramalan pada nilai dari titik-titik lain yang tidak diketahui nilainya).

Untuk menguji kesesuaian model ini digunakan uji- t berpasangan. Hipotesis dalam uji kesesuaian adalah sebagai berikut:

$$H_0 : \mu_1 - \mu_2 = 0 \text{ vs}$$

$$H_1 : \mu_1 - \mu_2 \neq 0$$

Jika H_0 diterima maka model yang terbentuk melalui analisis regresi polinom dapat digunakan untuk memprediksi daerah di sekitar titik, sedangkan jika H_0 ditolak maka model yang telah terbentuk tidak dapat digunakan untuk prediksi.

Rumus dari uji- t berpasangan adalah sebagai berikut :

$$t' = \frac{\bar{d} - (\mu_1 - \mu_2)}{\sqrt{S^2/n}} \quad (2.17)$$

dengan n adalah banyaknya pasangan contoh yang digunakan, d adalah selisih antara nilai data sebenarnya dengan nilai hasil prediksi, dan s adalah simpangan baku dari d .

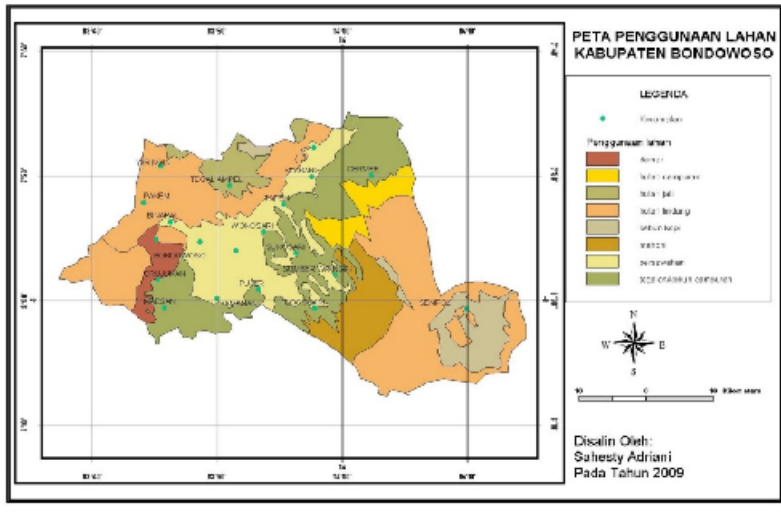
Rumus (2.15) merupakan sebaran t dengan derajat bebas $n-1$ (Yitnosumarto,1990). Jika statistik t' kurang dari nilai t tabel maka keputusannya adalah terima H_0 dan dapat disimpulkan model regresi yang terbentuk layak untuk peramalan.

2.6 Gambaran Umum Kadar Magnesium Kabupaten Bondowoso

Secara geografis Kabupaten Bondowoso berada pada koordinat antara $113^{\circ}48'10''$ - $113^{\circ}48'26''$ BT dan $7^{\circ}50'10''$ - $7^{\circ}56'41''$ LS. Kabupaten Bondowoso memiliki luas wilayah 1.560,10 km^2 dan berada diantara Pegunungan Kendeng Utara dengan puncaknya Gunung Raung, Gunung Ijen dan sebagainya di sebelah timur serta kaki Pegunungan Hyang dengan puncak Gunung Argopuro, Gunung Krincing dan Gunung Kilap di sebelah barat. Sedangkan di sebelah utara terdapat Gunung Alas Sereh, Gunung Biser dan Gunung Bendusa. Secara geografis, Kabupaten Bondowoso mempunyai batas-batas wilayah, sebelah utara berbatasan dengan Kabupaten Situbondo, sebelah timur dengan Kabupaten Situbondo dan Banyuwangi, sebelah selatan dengan Kabupaten Jember, dan sebelah barat dengan Kabupaten Situbondo dan Kabupaten Probolinggo (Bappeda Bondowoso).

Kondisi dataran di Kabupaten Bondowoso terdiri atas 44,4 % pegunungan dan perbukitan dan 24,9 % merupakan dataran tinggi. Kabupaten Bondowoso berada pada ketinggian antara 78-2.300 m/dpl, dengan rincian 3,27% berada pada ketinggian di bawah 100 m/dpl, 49,11% berada pada ketinggian antara 100 – 500 m/dpl, 19,75% pada ketinggian antara 500-1.000 m/dpl dan 27,87% berada pada ketinggian diatas 1.000 m/dpl. Berdasarkan tinjauan geologis di Kabupaten Bondowoso terdapat 5 jenis batuan, yaitu hasil gunung api kwarter 21,6%, hasil gunung api kwarter muda 62,8%, batuan lensit 5,6%, alluvium 8,5% dan miasem jasies sedimen 1,5%. Untuk jenis tanahnya 96,9% bertekstur sedang yang meliputi lempung, lempung berdebu dan lempung liat berpasir, dan 3,1% bertekstur kasar yang meliputi pasir dan pasir berlempung (Bappeda Bondowoso).

Gambar 2.7 berikut menunjukkan peta penggunaan lahan Kabupaten Bondowoso (Adriani,2009).



Gambar 2.7 Peta Penggunaan Lahan Kabupaten Bondowoso

Magnesium adalah salah satu unsur hara dalam tanah yang sangat dibutuhkan oleh tumbuhan. Kriteria kelimpahan magnesium adalah sebagai berikut (Marsono, 2010):

- sangat rendah ($0\% = \text{Mg} < 0,5\%$)
- rendah ($0,5\% = \text{Mg} = 1\%$)
- sedang ($1\% < \text{Mg} = 2\%$)
- tinggi ($> 2\%$).

Pada daerah pegunungan kadar magnesium yang tinggi pada tanah dipengaruhi oleh pelarutan batu kapur (gamping). Batu gamping banyak mengandung kation- kation basa seperti kalsium dan magnesium.

Pada tanaman, magnesium merupakan elemen klorofil yang terlibat dalam proses fotosintesis serta sangat penting pengaruhnya terhadap pembentukan karbohidrat. Selain itu, magnesium berfungsi untuk transportasi fosfat. Pengaruhnya jika tanaman tersebut kekurangan magnesium adalah tanaman berwarna pucat (bercak-bercak kuning) dan daun cepat gugur, khusus untuk tanaman padi dapat mengakibatkan bobot dan kualitas padi berkurang

(www.pustaka.litbang.deptan.go.id/bppi/lengkap/bpp08107.pdf, 2008).

Magnesium diserap tanaman dalam bentuk ion Mg^{2+} . Selain untuk proses fotosintesis, magnesium berfungsi untuk transportasi fosfat dan memiliki peranan penting terhadap metabolisme nitrogen. Makin tinggi tanaman menyerap magnesium, maka makin tinggi juga kadar protein dalam akar ataupun bagian atas tanaman. Kekurangan magnesium menyebabkan kadar protein turun dan nonprotein naik. Unsur magnesium yang dahulu hanya sebagai pelengkap pupuk lain kini telah menjadi unsur utama pada pupuk-pupuk tertentu. Hal ini disebabkan fungsi atau peranannya pada pertumbuhan tanaman semakin diperhitungkan.

Kekurangan Kalsium dan Magnesium dalam tanah, menjadikan tanah bereaksi masam, mengakibatkan unsur hara lain seperti fosfor dan kalium terikat sehingga tidak dapat terserap oleh tanaman dengan maksimal, pemupukan yang diberikan kurang efektif dan tidak efisien.



BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Sumber Data

Dalam tugas akhir ini digunakan dua data sekunder yang diperoleh dari Program Studi Ilmu Tanah Jurusan Tanah Fakultas Pertanian Universitas Brawijaya Malang. Pertama adalah data kadar magnesium di Kabupaten Bondowoso Jawa Timur yang diperoleh dari Laboratorium Penginderaan Jauh dan Sistem Informasi Geografis Jurusan Tanah Universitas Brawijaya (data I). Data kedua adalah data hasil penelitian kadar magnesium di Kabupaten Bondowoso Jawa Timur oleh Mahasiswa Program Studi Ilmu Tanah Jurusan Tanah Fakultas Pertanian Universitas Brawijaya Malang pada Bulan Juni-Agustus 2010 (data II).

3.2 Metode Penelitian

Dalam penelitian ini metode yang digunakan adalah metode interpolasi spasial *polynomial trend surface analysis* tren kecenderungan linier, kuadratik, dan hingga Ordo ke- k . Tahap pengerjaan metode tersebut di bagi dalam dua tahap, yaitu tahap persiapan dan tahap analisis data.

1. Tahap persiapan

Tahap persiapan perlu dilakukan karena *software* analisis data yang digunakan yaitu ArcGIS 9.3 dan ArcView 3.2. Selain itu diperlukan peta serta data yang telah terdigitasi atau sudah diubah dalam format yang dapat dimengerti oleh *software* tersebut sehingga dapat dianalisis lebih lanjut. Tahap persiapan ini meliputi:

- a. Digit isi peta dengan *software* ArcView 3.2
- b. Memasukkan data ke dalam basis data peta hasil digitasi

2. Tahap Analisis Data

Pada tahap analisis data, dilakukan metode interpolasi *polynomial trend surface analysis*. Tahapan dari metode interpolasi tersebut yaitu:

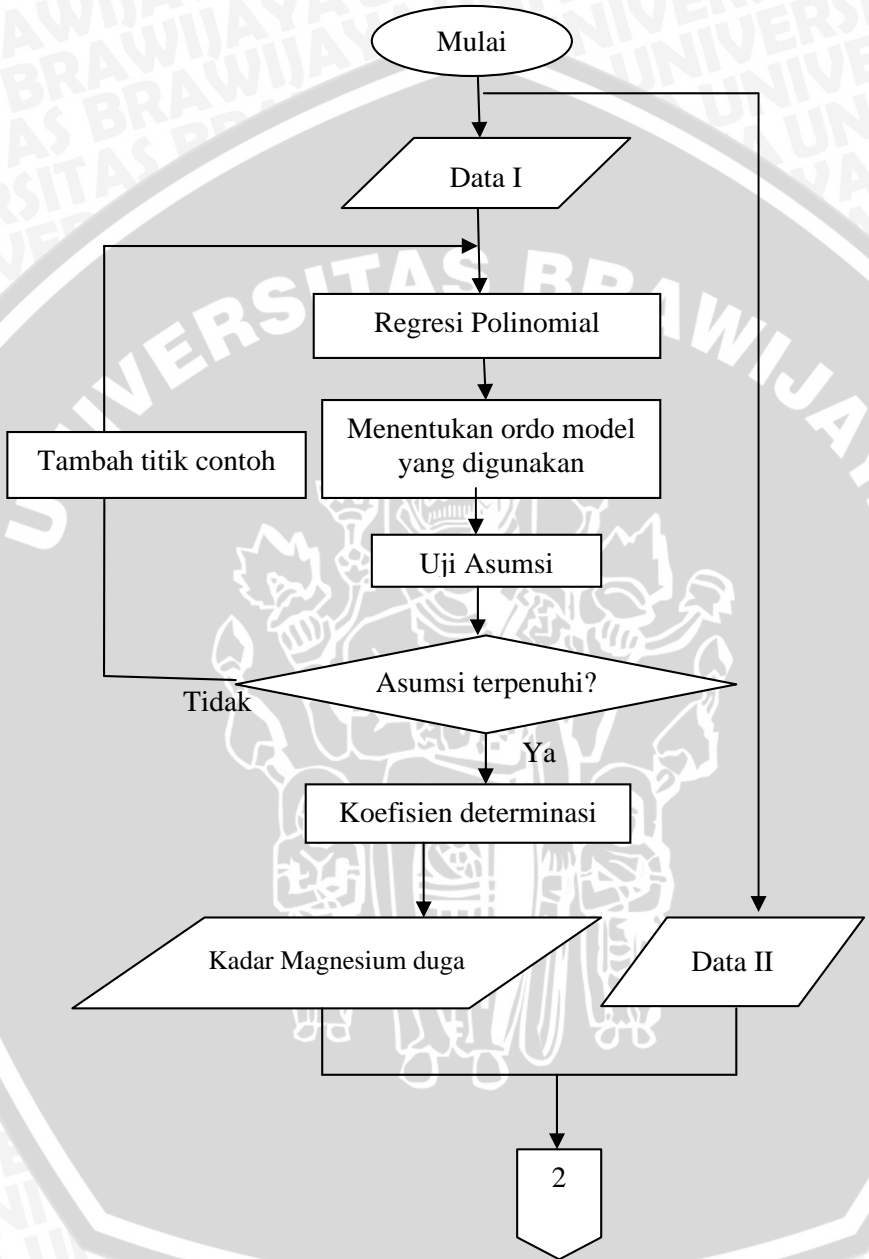
- a. Dilakukan pemilihan ordo model regresi yang paling baik dengan bantuan *software* MINITAB 14 (Tabel 2.1).

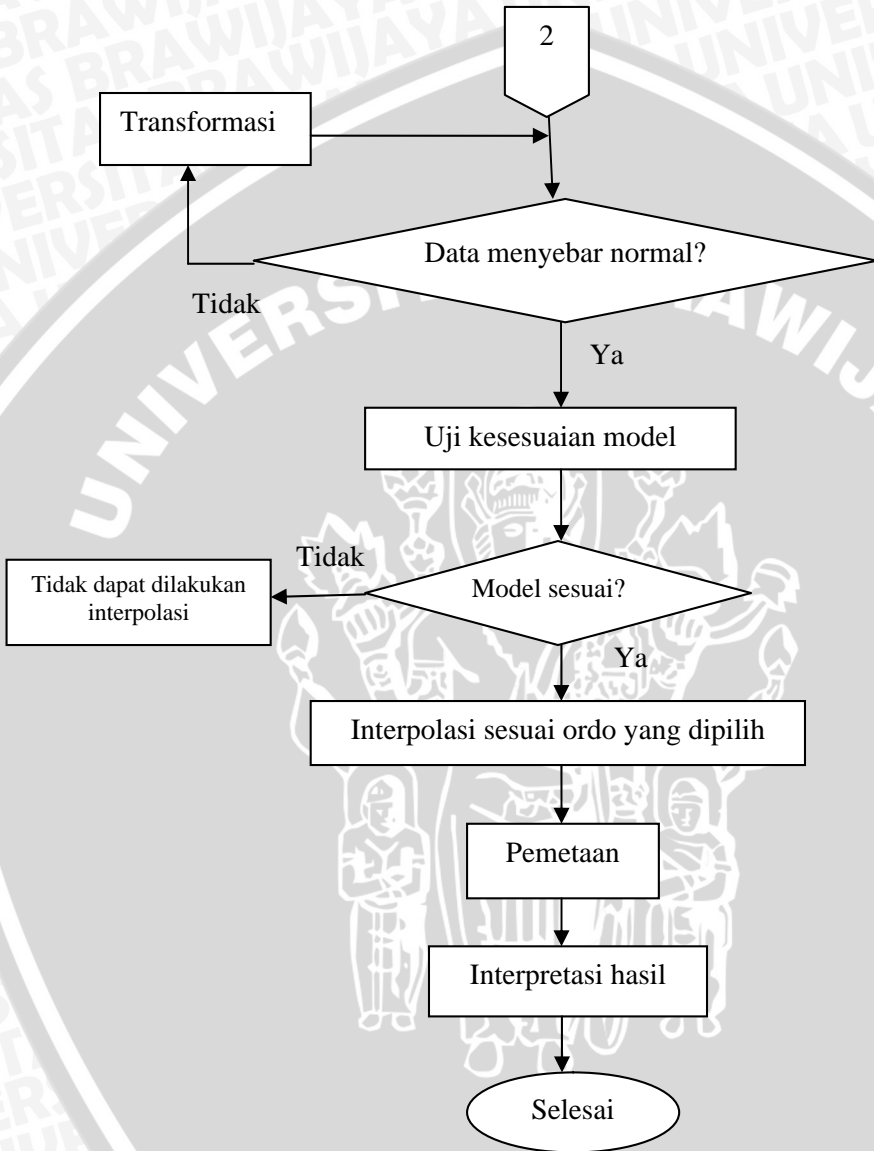
Pendugaan parameternya menggunakan metode kuadrat terkecil sebagaimana persamaan (2.6).

- b. Dilakukan uji asumsi klasik dari model regresi yang telah terbentuk. Asumsi- asumsi tersebut adalah normalitas galat dan homogenitas ragam. Untuk menguji normalitas digunakan uji Anderson Darling seperti ditunjukkan pada persamaan (2.9). Sedangkan Pengujian homogenitas menggunakan uji Glejser yaitu meregresikan nilai absolut galat dengan peubah bebasnya.
- c. Dari model tersebut dilihat kebaikan modelnya, yaitu dilihat dari nilai R^2 . Nilai R^2 didapatkan dari persamaan (2.15).
- d. Kemudian model tersebut di uji kesesuaian untuk dijadikan peramalan dengan diuji- t berpasangan dengan data II seperti pada rumus (2.17). Sebelumnya data di uji apakah menyebar normal, jika tidak maka dilakukan transformasi.
- e. Jika model telah layak digunakan, maka interpolasi spasial dapat dilakukan dengan *software* ArcGIS 9.3.

Diagram alir langkah- langkah penelitian dapat dilihat pada Gambar 3.1.







Gambar 3.1 Diagram Alir Interpolasi dengan Metode *Polynomial Trend Surface Analysis*

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Penentuan Model Regresi Polinomial

Model regresi polinomial yang digunakan adalah jika ordo yang lebih tinggi tidak memberikan kontribusi yang signifikan. Tabel 4.1 berikut menunjukkan analisis ragam untuk regresi polinomial. Sedangkan output lengkap hasil analisis regresi polinomial dapat dilihat pada Lampiran 4, Lampiran 5, dan Lampiran 6.

Tabel 4.1 Analisis Ragam Regresi Polinomial

Sumber Keragaman	Derajat Bebas	Jumlah Kuadrat	Kuadrat Tengah	F hitung
Linier (Ordo-1)				
Regresi	2	13,378	6,689	
Galat	27	50,245	1,358	
Total	29	63,623		
Kuadratik (Ordo-2)				
Regresi	5	24,090	4,818	
Kontribusi Kuadratik	3	10,712	3,571	3,070 (Signifikan)
Galat	24	39,533	1,163	
Total	29	63,623		
Kubik (Ordo-3)				
Regresi	9	25,439	2,827	
Kontribusi Kubik	4	1,349	0,337	0,2649 (Tidak Signifikan)
Galat	20	38,184	1,273	
Total	29	63,623		

Dari Tabel 4.1 didapatkan model yang digunakan untuk melakukan interpolasi kadar magnesium Kabupaten Bondowoso adalah model kuadratik karena model kuadratik memberikan peningkatan kebaikan model yang signifikan dari model linier, sedangkan model kubik tidak memberikan peningkatan kebaikan

model yang signifikan dari model kuadratik. Secara lengkap model kadar magnesium dengan peubah prediktor lokasi adalah :

$$Z = 3,83146(10^5) - 0,05775X + 0,08912Y - 1,82091(10^{-9})X^2 - 5,17954(10^{-9})Y^2 + 6,66602(10^{-9})XY.$$

4.2 Pengujian Asumsi Regresi Polinomial

4.2.1 Normalitas Galat

Pemeriksaan asumsi bahwa galat berdistribusi normal dilakukan dengan uji Anderson Darling. Dari hasil pengujian diperoleh *p-value* uji Anderson Darling sebesar 0,271, nilai tersebut lebih dari nilai 0,05 (α). Sehingga dapat disimpulkan bahwa galat berdistribusi normal. *Output* pengujian asumsi normalitas galat dapat dilihat pada Lampiran 7.

4.2.2 Homokedastisitas

Untuk menguji apakah galat memiliki galat yg homogen statistik uji yang digunakan adalah uji Glejser. Setelah dilakukan pengujian kehomogenan ragam sisaan adalah meregresikan nilai absolut galat dengan variabel bebas kemudian dilakukan uji keberartian koefisien regresi, didapatkan *p-value* sebesar 0,082 yang lebih dari 0,05 (α). Karena koefisien regresi tidak nyata maka dapat disimpulkan bahwa sisaan mempunyai ragam homogen (konstan). *Output* pengujian asumsi homokedastisitas ragam dapat dilihat pada Lampiran 8.

4.3 Uji Simultan (Uji F)

Pengujian parameter regresi model kuadratik secara simultan dilakukan untuk mengetahui apakah lokasi memberikan pengaruh yang nyata terhadap kadar nitrogen. *Output* analisis regresi model kuadratik secara lengkap dapat dilihat pada Lampiran 5. Pada Tabel 4.2 akan disajikan analisis ragam pemeriksaan signifikansi parameter secara simultan.

Tabel 4.2 Analisis Ragam Regresi Model Kuadratik Secara Simultan

Sumber Keragaman	Derajat Bebas	Jumlah Kuadrat	Kuadrat Tengah	F hitung	<i>P-value</i>
Regresi	5	24,090	4,818	4,14	0,005
Galat	34	39,533	1,163		
Total	39	63,623			

Dari Tabel 4.2 dapat dilihat bahwa $p\text{-value} < \alpha$ (0,05), sehingga dapat disimpulkan minimal ada satu variabel bebas yang signifikan pada model ini.

4.4 Kebaikan Model

Pada model kuadratik variabel-variabel bebas dapat menerangkan 37,9% keragaman data (Lampiran 5.). Pada model linier koefisien determinasi yang diperoleh adalah sebesar 21%. Jadi peningkatan koefisien determinasi dari model linier ke model kuadratik adalah sebesar 16,9%. Sedangkan dari model kuadratik ke model kubik peningkatan koefisien determinasi hanya sebesar 2,1%. Maka, model kuadratik yang dipilih untuk memodelkan kadar magnesium di Kabupaten Bondowoso.

4.5 Kesesuaian Model

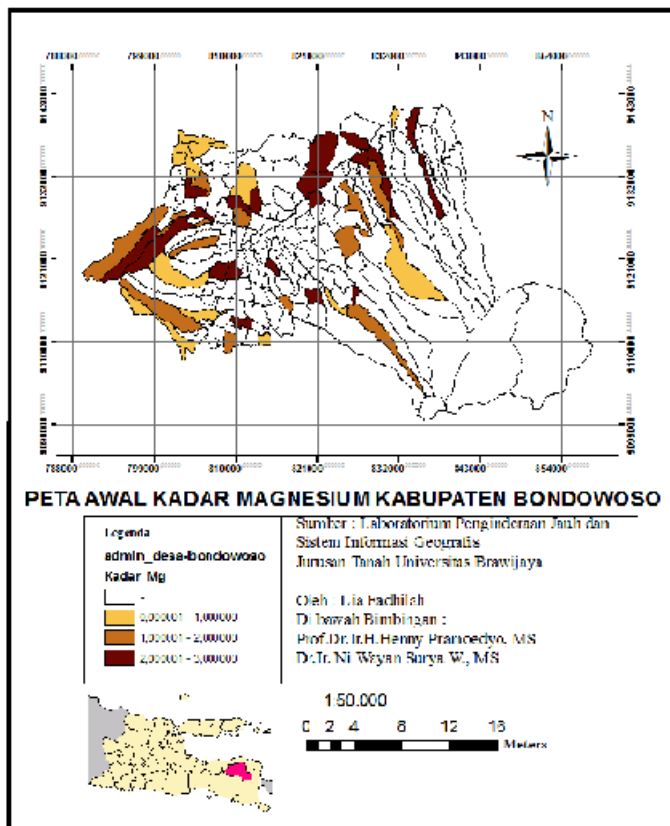
Uji kesesuaian model dilakukan dengan uji t perpasangan. Sebelumnya dilakukan pengujian terhadap kenormalan data, dari uji Anderson Darling didapatkan $p\text{-value} < 0,005$, yang berarti data tidak menyebar normal (Lampiran 10), untuk menstabilkan ragam dari data dilakukan transformasi logaritma. Setelah dilakukan transformasi, $p\text{-value}$ uji anderson Darling terhadap data hasil transformasi adalah sebesar $0,108 > \alpha$, maka dengan transformasi logaritma data telah menyebar normal (Lampiran 12).

Hasil transformasi kadar magnesium yang diduga dengan model regresi kuadratik diuji signifikansinya terhadap hasil

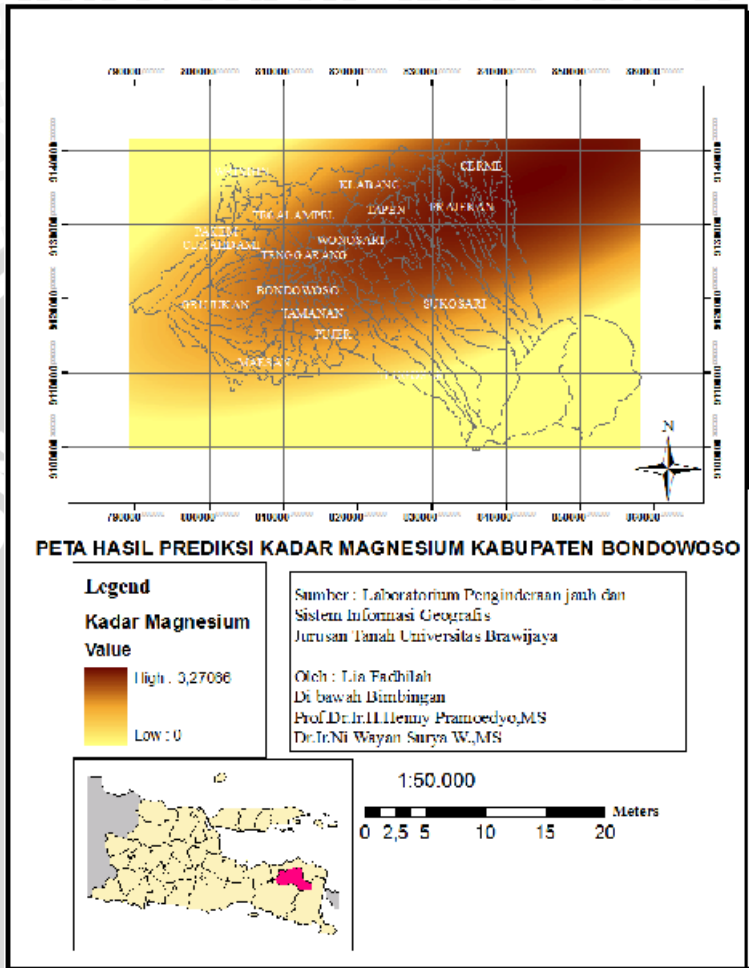
transformasi kadar magnesium pada data II. Hasil uji t berpasangan menunjukkan bahwa kadar magnesium duga dan pengamatan langsung tidak berbeda nyata dengan p -value sebesar 0,565. Output uji t berpasangan dapat dilihat pada Lampiran 13 sedangkan nilai hasil transformasi kadar nitrogen duga dapat dilihat pada Lampiran 11.

4.6 Interpolasi *Trend Surface Analysis*

Dengan *software ArcGIS* didapatkan peta awal dan peta hasil interpolasi berturut-turut terlihat pada Gambar 4.1 dan 4.2.



Gambar 4.1 Peta Awal Kadar Magnesium Kabupaten Bondowoso



Gambar 4.2 Peta Hasil Prediksi Kadar Magnesium Kabupaten Bondowoso

Pada Gambar 4.2 perbedaan warna pada peta menunjukkan perbedaan kadar magnesium. Semakin gelap warna suatu daerah mengindikasikan semakin tinggi kadar magnesium daerah tersebut.

Pada peta hasil interpolasi didapatkan hasil interpolasi kadar magnesium Kabupaten Bondowoso yang berbeda. Kadar magnesium sangat tinggi terdapat pada kecamatan Cerme, Prajejan, Wonosari,

dan Tapen yang sebagian besar merupakan daerah *tegalan*, persawahan dan hutan jati. Kecamatan Klabang, Tegal Ampel, Curahdami, Tenggarang, Bondowoso, dan Tamanan memiliki kadar magnesium yang lebih rendah, kelima kecamatan ini banyak dimanfaatkan untuk hutan lindung dan hutan jati. Sedangkan Kecamatan Pekem, Grujukan, Maesan, Pujer, dan Sukosari memiliki kadar magnesium yang lebih rendah dari daerah lain di Kabupaten Bondowoso. Untuk Kecamatan Kalabang bagian tenggara hasil interpolasi tidak dapat digunakan karena tidak didapatkan titik contoh pada daerah tersebut.

Pada area persawahan magnesium sangat dibutuhkan tanaman dalam proses fotosintesis. Jika kadar magnesium pada area persawahan kurang maka akan dilakukan pemupukan magnesium. Banyak jenis pupuk mengandung magnesium karena sangat berpengaruh terhadap hasil pertanian (seperti padi maupun buah-buahan).



BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil dan pembahasan dari penelitian diperoleh kesimpulan sebagai berikut :

1. Model yang terbentuk dari analisis regresi polinomial yang digunakan untuk memprediksi kadar magnesium Kabupaten Bondowoso adalah model kuadratik (ordo II).
2. Model kuadratik meningkatkan R^2 sebesar 16,9% dari model linier, sedangkan model kubik hanya meningkatkan 2,1% R^2 dari model kuadratik.
3. Model yang digunakan untuk memprediksi kadar magnesium Kabupaten Bondowoso dengan Z adalah kadar magnesium, X adalah koordinta garis lintang, dan Y adalah koordinat garis bujur sebagai berikut :

$$Z = 3,83146(10^5) - 0,05775X + 0,08912Y \\ - 1,82091(10^{-9})X^2 - 5,17954(10^{-9})Y^2 \\ + 6,66602(10^{-9})XY$$

Peta hasil prediksi menunjukkan bahwa sebagian besar daerah di Kabupaten Bondowoso memiliki kadar magnesium yang masuk kategori tinggi. Pada peta hasil interpolasi didapatkan kadar magnesium sangat tinggi terdapat pada kecamatan Cerme, Prajekan, Wonosari, dan Tapen. Kecamatan Klabang, Tegal Ampel, Curahdami, Tenggarang, Bondowoso, dan Tamanan memiliki kadar magnesium yang lebih rendah. Sedangkan Kecamatan Pekem, Grujukan, Maesan, Pujer, dan Sukosari memiliki kadar magnesium yang lebih rendah dari daerah lain di Kabupaten Bondowoso.

5.2 Saran

Dari penelitian yang telah dilakukan, saran yang dapat diberikan adalah :

1. Dari peta hasil prediksi dapat diketahui kadar magnesium masing-masing kecamatan sehingga dapat diketahui potensi masing-masing wilayah.

2. Untuk penelitian selanjutnya perlu dibahas interpolasi dengan metode *trend surface* untuk data dengan atribut nonspasial diskrit.

UNIVERSITAS BRAWIJAYA



DAFTAR PUSTAKA

- Anderson, M.P. and W.W. Woessner.1992. *Applied Groundwater Modeling: Simulating of Flow and Advective Transport (2nd Edition ed)*. Academic Press.
- Anonim, 2011. *Karakterisasi Tanah-tanah Berwarna Hitam Hingga Merah di Atas Formasi karst Kabupaten Gunung Kidul*. <http://teknologikimiaindustri.blogspot.com/2011/02/karakteristik-tanah.html>. Diakses 9 Mei 2011.
- Astuti, A.B. 2009. *Pengantar Analisis Regresi*. Tidak Dipublikasikan.
- Bailey, T.C. and A.C. Gatrell.1995.*Interactive Spatial Data Analysis*. Prentice Hall.
- Bappeda Bondowoso. <http://bappeda-bondowoso.com/media.php?module=profile>. Diakses 9 Mei 2011.
- Bank Pengetahuan Padi Indonesia. 2008. *Kahat Magnesium*. www.pustaka.litbang.deptan.go.id/bppi/lengkap/bpp08107.pdf. Diakses 9 Mei 2011.
- Cressie, N.1991.*Spatial Statistics*. John Wiley & Son.New York.
- Drapper N.R. and H. Smith.1992. *Analisis Regresi Terapan Edisi II*. Terjemahan Bambang Sumantri. Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.
- Gujarati, D. 2003. *Basic Econometric*. Mc-Grawhill. New York.
- Hidayat,R.,W.Adhi, dan D.Bachriadi. 2005.*Seri Panduan Pemetaan Partisipatif*. Garis Pergerakan.Bandung.
- McIsaac, D.N.1996. *The People of The State : A Description Through Trend Surface Analysis*. U.S Department of Health. United States.
- Montgomery, D.C and E.A Peck. 1992. *Intoduction to Linear Regression Analysis (2nd edition)*. John Wiley & Sons, Inc, New York.

- Neiman, F.D.2007. *Spatial Data in Archeologi : Evaluasion Goodness of Fit in Trend Surface Analysis (R-Square, Sums of Squire, Mean Squire, and F-Statistics)*. University of Virginia. Virginia.
- Peraturan Presiden Republik Indonesia Nomor 85 Tahun 2007 Tentang Jaringan Data Spasial Nasional. 2010. http://www.dim.esdm.go.id/kepmen_pp_uu/Peraturan_Presiden_No_85_th_2007.pdf. Diakses tanggal 20 November 2010.
- Prahasta, E. 2001. *Konsep-konsep Dasar Sistem Informasi Geografi*. Press Inc. Bandung.
- Prasasti,I., H.Wijayanto, M.Christanto .2005. *Analisis Penerapan Metode Krigging dan Invers Distance Pada Interpolasi Data Dugaan Suhu, Air Mampu Curah (AMC), dan Indeks Stabilitas Atmosfer (ISA) dari Data NOAA-TOVS*. Pertemuan Ilmiah Tahunan, Surabaya.
- Rawlings, J.O., S.G.Pantula,and D.A.Dickey.1998. *Applied Regression Analysis : A Research Tools Second Edition*. Springer. New York.
- Sekilas Jatim. <http://www.jatimprov.go.id/index.php>. Diakses 9 Mei 2011.
- Sembiring R.K.1995. *Analisis Regresi*. Penerbit ITB.Bandung.
- Stephens,M.A.1979. *The Anderson Darling Statistic*. Department of Statistics Stanford.
- Tim Teknis Nasional. 2007. *Modul Pelatihan ArcGIS Dasar*. http://p3b.bappenas.go.id/handbook/docs/15.%20%20Modul_ArcGIS/Modul_ArcGIS_Dasar.pdf. Diakses tanggal 3 November 2010.
- Tobler, W.R. 1970. *A Computer Simulating Urban Growth in The Detroit Region*. Clark University.
- Unwin, D.1978. *Conceps and Techniques in Modern Geography Volume 5 : An Introdtion to Trend Surface Analysis*. Geo Abstract.

Upton, G.J. and B.Fingelton. 1985. *Spatial Data Analysis by Example Volume I : Point Pattern and Quantitative Data*. John Willey & Sons. New York.

Wikipedia.2010. *Sistem Koordinat Geografi*. http://id.wikipedia.org/wiki/Sistem_koordinat_geografi. Diakses tanggal 23 November 2010.

Wren, E. 1973. *Trend Surface Analysis- A Review*. Calgary Press. Alberta.

Yitnosumarto, S. 1990. *Dasar-Dasar Statistika*. Rajawali Press. Jakarta.



UNIVERSITAS BRAWIJAYA



Lampiran 1. Data I

X	Y	Mg
804555	9111529	2,06
804581	9112376	1,81
802146	9110649	0,63
806559	9109790	0,16
811324	9112685	2,49
816607	9115753	1,88
820054	9116030	3,46
822540	9115113	0,64
825861	9113511	1,44
823366	9117465	2,40
798733	9124359	2,36
802898	9126756	1,99
807978	9123582	1,44
805964	9128445	1,24
806460	9124149	2,19
799568	9127105	1,79
806117	9130837	0,96
805119	9132449	0,34
803428	9135563	0,51
803163	9137124	0,45
810368	9131197	0,96
812600	9128497	3,53
809888	9128927	2,14
810185	9126149	1,17
833193	9118521	1,07
824338	9124528	1,32
826314	9129028	1,82

Lampiran 1 (Lanjutan). Data I

X	Y	Mg
820692	9126443	2,05
817350	9122252	4,21
814758	9120164	4,90
822237	9136259	3,36
826016	9136229	3,56
829352	9131180	1,28
830339	9129393	4,29
802368	9109968	0,63
809009	9109159	1,90
809728	9119871	2,87
820152	9130326	2,06
835752	9138922	5,33
806459	9112924	0,78

Keterangan :

- X : koordinat garis lintang
- Y : koordinat garis bujur
- N : kadar magnesium (%)

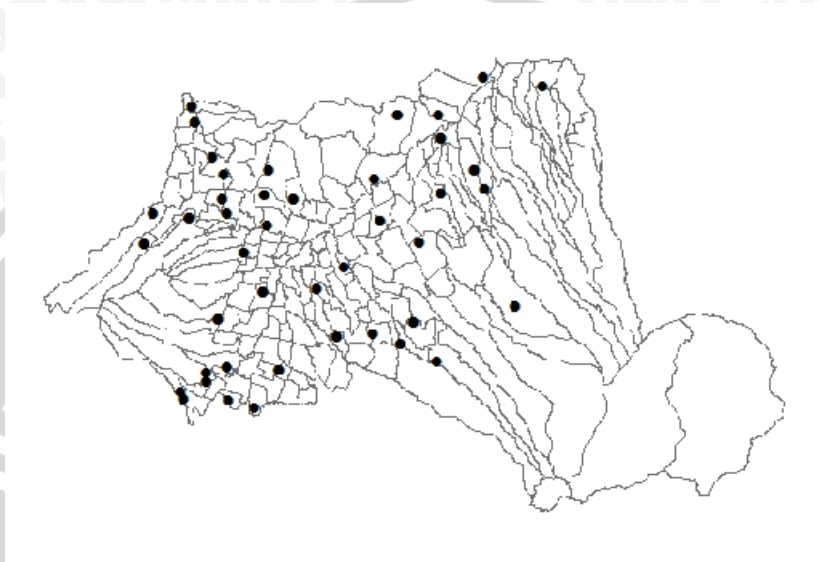
Lampiran 2. Data II

X	Y	Mg
838255	9110773	1,1
838389	9138168	4,9
807905	9133065	1,4
799445	9116547	1,8
819991	9124470	2,0
814485	9110504	1,1
801056	9126082	1,4
814351	9118024	1,9
815560	9122993	2,4
810860	9127156	2,1
817171	9131856	1,9
821468	9120578	2,5
841612	9123933	2,3
800519	9118961	1,9
814485	9117353	1,9
826303	9120576	2,5

Keterangan :

- X : koordinat garis lintang
- Y : koordinat garis bujur
- N : kadar magnesium (%)

Lampiran 3. Peta Hasil Digitasi dan Sebaran Titik



Lampiran 4. Output Analisis Regresi Linier (Ordo-1)

Regression Analysis: MG versus X; Y

The regression equation is

$$MG = -208 + 0,000052 X + 0,000018 Y$$

Predictor	Coef	SE Coef	T	P
Constant	-208,5	196,3	-1,06	0,295
X	0,00005230	0,00001884	2,78	0,009
Y	0,00001840	0,00002181	0,84	0,404

S = 1,16532 R-Sq = 21,0% R-Sq(adj) = 16,8%

Analysis of Variance

Source	DF	SS	MS	F	P
Regression	2	13,378	6,689	4,93	0,013
Residual Error	37	50,245	1,358		
Total	39	63,623			

Source	DF	Seq SS
X	1	12,412
Y	1	0,967

Unusual Observations

Obs	X	MG	Fit	SE Fit	Residual	St Resid
30	814758	4,900	1,983	0,200	2,917	2,54R

R denotes an observation with a large standardized residual.

Lampiran 5. Output Analisis Regresi Kuadratik (Ordo-2)

Regression Analysis: MG versus X; Y; X2; Y2; XY

The regression equation is

$$MG = -383146 - 0,0578 X + 0,0891 Y - 0,000000 X^2 - 0,000000 Y^2 + 0,000000 XY$$

Predictor	Coef	SE Coef	T	P
Constant	-383146	237622	-1,61	0,116
X	-0,05776	0,02011	-2,87	0,007
Y	0,08912	0,05291	1,68	0,101
X2	-0,00000000	0,00000000	-0,89	0,377
Y2	-0,00000001	0,00000000	-1,76	0,088
XY	0,00000001	0,00000000	2,97	0,005

S = 1,07830 R-Sq = 37,9% R-Sq(adj) = 28,7%

Analysis of Variance

Source	DF	SS	MS	F	P
Regression	5	24,090	4,818	4,14	0,005
Residual Error	34	39,533	1,163		
Total	39	63,623			

Source	DF	Seq SS
X	1	12,412
Y	1	0,967
X2	1	0,258
Y2	1	0,228
XY	1	10,225

Unusual Observations

Obs	X	MG	Fit	SE Fit	Residual	St Resid
25	833193	1,070	1,704	0,730	-0,634	-0,80 X
30	814758	4,900	2,321	0,294	2,579	2,49R
33	829352	1,280	3,352	0,383	-2,072	-2,06R
39	835752	5,330	3,913	0,807	1,417	1,98 X

R denotes an observation with a large standardized residual.

X denotes an observation whose X value gives it large influence.

Lampiran 6. Output Analisis Regresi Kubik (Ordo-3)

Regression Analysis: MG versus X; Y; X2; Y2; XY; X3; Y3; X2Y; XY2

The regression equation is

$$\begin{aligned} \text{MG} = & -306255 + 0,25 X + 0,035 Y - 0,000000 X^2 + \\ & 0,000000 Y^2 + 0,000000 XY \\ & + 0,000000 X^3 - 0,000000 Y^3 + 0,000000 X^2Y - \\ & 0,000000 XY^2 \end{aligned}$$

Predictor	Coef	SE Coef	T	P
Constant	-306255	784516	-0,39	0,699
X	0,246	1,278	0,19	0,849
Y	0,0350	0,1847	0,19	0,851
X2	-0,00000042	0,00000075	-0,56	0,582
Y2	0,00000000	0,00000002	0,03	0,976
XY	0,00000002	0,00000019	0,08	0,935
X3	0,00000000	0,00000000	0,11	0,911
Y3	-0,00000000	0,00000000	-0,14	0,893
X2Y	0,00000000	0,00000000	0,61	0,550
XY2	-0,00000000	0,00000000	-0,58	0,565
S = 1,12818 R-Sq = 40,0% R-Sq(adj) = 22,0%				

Analysis of Variance

Source	DF	SS	MS	F	P
Regression	9	25,439	2,827	2,22	0,049
Residual Error	30	38,184	1,273		
Total	39	63,623			

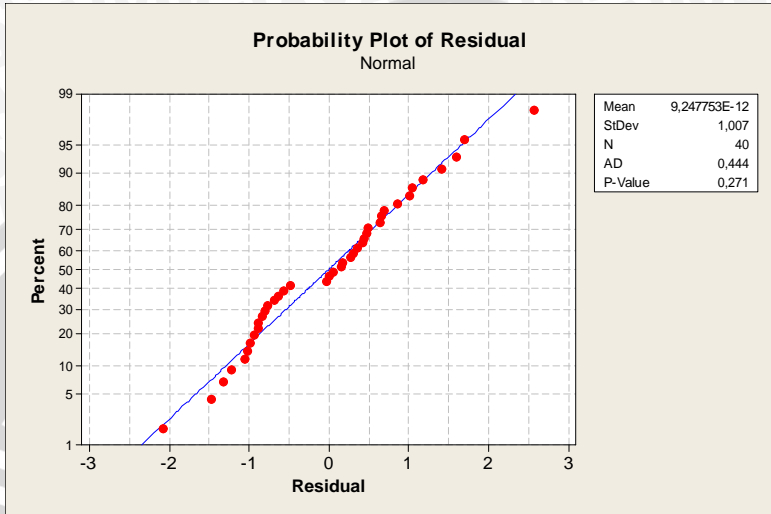
Source	DF	Seq SS
X	1	12,412
Y	1	0,967
X2	1	0,258
Y2	1	0,228
XY	1	10,225
X3	1	0,001
Y3	1	0,158
X2Y	1	0,758
XY2	1	0,432

Unusual Observations

Obs	X	MG	Fit	SE Fit	Residual	St Resid
30	814758	4,900	2,454	0,531	2,446	2,46R
39	835752	5,330	4,131	0,974	1,199	2,11R

R denotes an observation with a large standardized residual.

Lampiran 7. Output Pengujian Asumsi Normalitas Galat



Lampiran 8. *Output* Pengujian Asumsi Homogenitas Ragam

Regression Analysis: Abs. Galat versus X; Y; X2; Y2; XY

Analysis of Variance

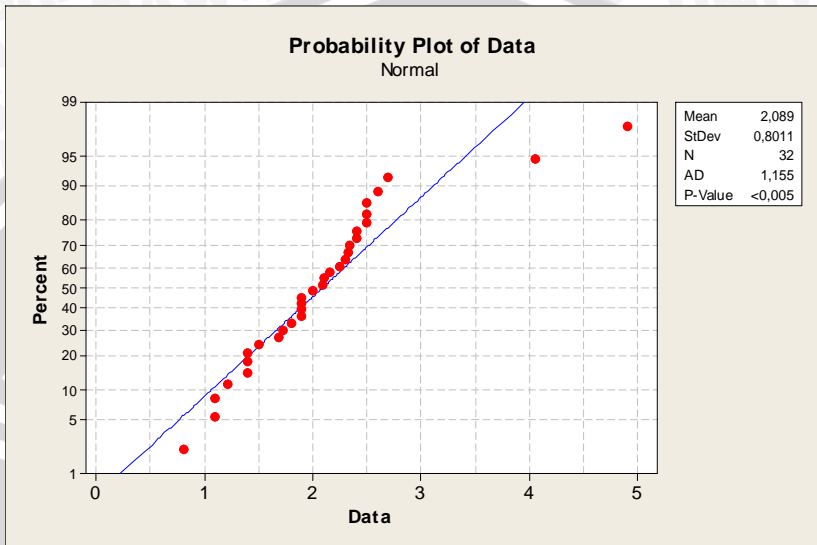
Source	DF	SS	MS	F	P
Regression	5	2,8802	0,5760	2,16	0,082
Residual Error	34	9,0563	0,2664		
Total	39	11,9365			



Lampiran 9. Output Kadar Magnesium Duga dan Hasil Pengamatan Langsung

Kadar Magnesium Duga	Kadar Magnesium Pengamatan
0,81051	1,1
4,05058	4,9
1,50652	1,4
1,68944	1,8
2,69851	2,0
1,21944	1,1
1,40301	1,4
2,15588	1,9
2,49237	2,4
2,24663	2,1
2,59630	1,9
2,40178	2,5
2,32719	2,3
1,72925	1,9
2,09668	1,9
2,33922	2,5

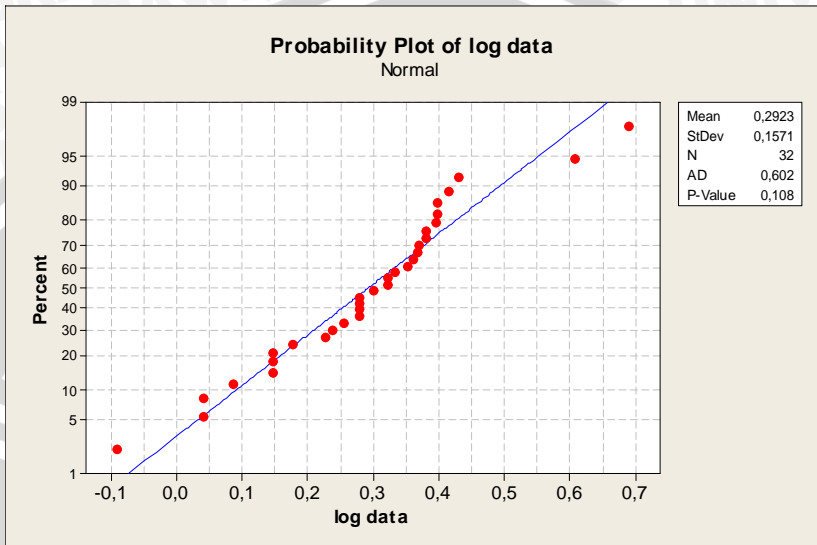
Lampiran 10. *Output* Pengujian Normalitas Data untuk Uji-t Berpasangan



Lampiran 11. Data Hasil Transformasi Logaritma

Log Mg(duga)	Log Mg(pengamatan)
-0,091241	0,041393
0,607517	0,690196
0,177974	0,146128
0,227743	0,255273
0,431124	0,301030
0,086162	0,041393
0,147061	0,146128
0,333624	0,278754
0,396613	0,380211
0,351532	0,322219
0,414355	0,278754
0,380534	0,397940
0,366833	0,361728
0,237858	0,278754
0,321533	0,278754

Lampiran 12. *Output* Pengujian Normalitas Data Hasil Transformasi



Lampiran 13. Output Pengujian Kesesuaian Model (*Paired-t*)

Paired T-Test and CI: Log Mg(duga); Log Mg(pengamatan)

Paired T for Log Mg(duga) - Log Mg(pengamatan)

	N	Mean	StDev	SE Mean
Log Mg(duga)	16	0,297393	0,163339	0,040835
Log Mg(pengamata	16	0,287287	0,155886	0,038971
Difference	16	0,010106	0,068647	0,017162

95% CI for mean difference: (-0,026473; 0,046686)

T-Test of mean difference = 0 (vs not = 0): T-Value = 0,59 P-Value = 0,565

