

**MODEL PENGELOLAAN N, P, DAN K PADA TANAH SAWAH  
DI KECAMATAN JATISRONO, WONOGIRI**



Oleh  
**AISYIYAH AMINI**  
**H0204025**

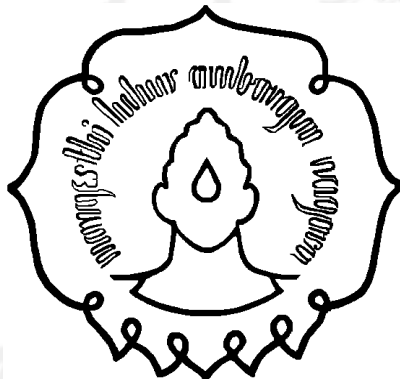
**FAKULTAS PERTANIAN  
UNIVERSITAS SEBELAS MARET  
SURAKARTA  
2008**

**MODEL PENGELOLAAN N, P, DAN K  
PADA TANAH SAWAH  
DI KECAMATAN JATISRONO, WONOGIRI**

**Skripsi**

**Untuk memenuhi sebagian persyaratan  
guna memperoleh derajat Sarjana Pertanian  
di Fakultas Pertanian  
Universitas Sebelas Maret**

**Jurusan/Program Studi Ilmu Tanah**



**Oleh :  
AISYIYAH AMINI  
H0204025**

**FAKULTAS PERTANIAN  
UNIVERSITAS SEBELAS MARET  
SURAKARTA  
2008**

**MODEL PENGELOLAAN N, P, DAN K  
PADA TANAH SAWAH  
DI KECAMATAN JATISRONO, WONOGIRI**

**yang dipersiapkan dan disusun oleh:**

**AISYIYAH AMINI**

**H0204025**

**telah dipertahankan di depan Dewan Penguji  
pada tanggal :  
dan dinyatakan telah memenuhi syarat**

**Susunan Tim Penguji**

**Ketua**

**Anggota I**

**Anggota II**

**Ir. Sudjono Utomo, MP.**  
**NIP. 131 413 177**

**Mujiyo, SP., MP.**  
**NIP. 132 304 831**

**Dr. Ir. S. Minardi, MP.**  
**NIP. 130 604 096**

**Surakarta, Juli 2008**

**Mengetahui  
Universitas Sebelas Maret  
Fakultas Pertanian  
Dekan**

**Prof. Dr. Ir. H. Suntoro, MS**  
**NIP. 131 124 609**

## PERSEMBAHAN

Karya ini dipersembahkan kepada :

- ❖ Alm. Ibuku Tersayang yang telah tenang disana
- ❖ Bapak dan Ibu Tercinta
- ❖ Kakek dan Nenek Tersayang
- ❖ Adikku Putut, yang selalu membantuku
- ❖ Almamaterku

## MOTTO

- ❖ Sesungguhnya bersama kesulitan itu ada kemudahan, maka apabila kamu telah selesai dari suatu urusan maka kerjakanlah dengan sungguh-sungguh urusan yang lain.

(Q.S : Surat Alam Nasyrah ayat 6 - 7).

- ❖ Setiap pemenang penuh dengan bekas-bekas luka. Hidup berarti perjuangan selalu ada rintangan-rintangan dan saingan. Setiap sukses harus diperjuangkan.
- ❖ Aku percaya sesungguhnya apa yang diatur tuhan atas diriku ini bukanlah karena pertimbangan yang kurang. Maha suci Allah atas segala sesuatu. Dan aku tidak memohon sebuah kesempurnaan, melainkan kemudahan dalam menjalani kehidupan yang telah Allah tetapkan.

## KATA PENGANTAR

Syukur Alhamdulillahirobbil ‘alamiin penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT, pemilik segala kemuliaan dan keagungan atas limpahan nikmat-Nya penulis dapat menyelesaikan karya ini. Shalawat serta salam senantiasa tercurah kepada Rasul Muhammad SAW kekasih Allah. Dengan kerendahan hati, penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada:

1. Prof. Dr. Ir. H Suntoro, MS., selaku Dekan Fakultas Pertanian Universitas Sebelas Maret Surakarta.
2. Ir. Sumarno, MS., selaku pembimbing akademik dan Ketua Jurusan Ilmu Tanah Fakultas Pertanian Universitas Sebelas Maret Surakarta.
3. Ir. Sudjono Utomo, MP., selaku Pembimbing Utama yang telah memberikan masukan serta ilmunya kepada penulis.
4. Mujiyo, SP.,MP., selaku Pembimbing Pendamping I yang senantiasa memberikan semangat dan sabar membimbing penulis.
5. Dr. Ir. Slamet Minardi, MP., selaku pembimbing Pendamping II atas kesediaannya meluangkan waktu untuk membimbing penulis..
6. Bapak dan Ibu serta semua keluargaku tercinta, yang telah memberikan dukungan moral dan material untuk membantu mewujudkan cita-cita penulis.
7. Team penelitianku “Bakti woro, dan Nila”, Adekku Putut terima kasih telah membantuku.
8. Petugas PPL Jatisrono “Bapak Muctarom, Mbak Wita terima”. Mas Basuki, Mas Tomi dan Mas Sulis Terima kasih telah membantu dalam memperoleh data-data karya ini.
9. Semua pihak yang tidak bisa penulis sebutkan satu persatu.

Penulis mohon maaf apabila dalam penyusunan karya ini banyak kekurangan, karena kesempurnaan hanya milik Allah. Akhirnya penulis berharap semoga karya ini dapat bermanfaat bagi semuanya. Amiin.

Penulis

## DAFTAR ISI

	<b>Halaman</b>
HALAMAN JUDUL.....	I
HALAMAN PENGESAHAN.....	ii
PERSEMBAHAN.....	iii
MOTTO.....	iv
KATA PENGANTAR.....	v
DAFTAR ISI.....	vi
DAFTAR TABEL.....	viii
DAFTAR GAMBAR.....	ix
DAFTAR LAMPIRAN.....	x
ABSTRAK.....	xiii
ABSTRACT.....	xiv
<b>I. PENDAHULUAN</b>	
A. Latar Belakang.....	1
B. Perumusan Masalah.....	3
C. Tujuan Penelitian.....	3
D. Manfaat Penelitian.....	3
<b>II. TINJAUAN PUSTAKA</b>	
A. Tanah di Kecamatan Jatisrono.....	4
B. Tanaman Padi.....	6
C. Hara Tanah.....	9
1. Hara Nitrogen (N).....	9
2. Hara Fosfor (P).....	11
3. Hara Kalium (K).....	12
D. Tanah Sawah.....	14
E. Model Matematika.....	15
<b>III. METODE PENELITIAN</b>	
A. Tempat dan Waktu Penelitian.....	19
B. Bahan dan Alat Penelitian.....	19

C. Desain Penelitian dan Teknik Penentuan Sampel.....	20
D. Tata Laksana Penelitian.....	21
E. Variabel Yang Diamati.....	22
F. Analisis Data.....	23
G. Kerangka Berpikir.....	24
<b>IV. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN</b>	
A. Deskripsi Umum Daerah Penelitian.....	25
B. Satuan Peta Tanah (SPT).....	25
C. Hasil Pengamatan N, P dan K	
1. N Total Tanah.....	27
2. P Tersedia Tanah.....	30
3. K Tersedia Tanah.....	33
D. Model Matematika.....	35
E. Rekomendasi Pengelolaan N, P dan K.....	40
<b>V. KESIMPULAN DAN SARAN</b>	
A. Kesimpulan.....	43
B. Saran.....	43
DAFTAR PUSTAKA.....	44
LAMPIRAN	



**DAFTAR TABEL**

<b>Nomor</b>	<b>Judul</b>	<b>Halaman</b>
2.1	Syarat Tumbuh Tanaman Padi ( <i>Oryza sativa L.</i> ).....	8
4.1	Penggunaan Lahan Sawah Pada Berbagai SPT dan SPL.....	26
4.2	Luas Areal Lahan Pertanian Pada SPT di Kec. Jatisrono, Wonogiri	27



**DAFTAR GAMBAR**

<b>Nomor</b>	<b>Judul</b>	<b>Halaman</b>
4.1	Grafik N Total Tanah di Lapangan Pada Berbagai SPT.....	28
4.2	Grafik Simulasi N Total Tanah di Lapangan Pada Berbagai SPT	29
4.3	Grafik P Tersedia Tanah di Lapangan Pada Berbagai SPT .....	31
4.4	Grafik Simulasi P Tersedia Tanah di Lapangan Pada Berbagai.....	32
4.5	Grafik K Tersedia Tanah di Lapangan Pada Berbagai SPT .....	33
4.6	Grafik Simulasi K Tersedia Tanah di Lapangan Pada Berbagai SPT.....	34
4.7	Grafik Hasil Pengamatan dan Hasil Simulasi N Total Tanah di Lapangan Pada Berbagai SPT .....	38
4.8	Grafik Hasil Pengamatan dan Hasil Simulasi P Tersedia Tanah di Lapangan Pada Berbagai SPT .....	39
4.9	Grafik Hasil Pengamatan dan Hasil Simulasi K Tersedia Tanah di Lapangan Pada Berbagai SPT.....	40

## DAFTAR LAMPIRAN

Nomor	Judul	Halaman
1	Kadar Lengas Tanah Kecamatan Jatisrono, Kabupaten Wonogiri.....	47
2	Kandungan Bahan Organik Kecamatan Jatisrono, Kabupaten Wonogiri.....	48
3	Kapasitas Tukar Kation Kecamatan Jatisrono, Kabupaten Wonogiri .....	49
4	pH Tanah Kecamatan Jatisrono, Kabupaten Wonogiri .....	50
5	Tekstur Tanah Kecamatan Jatisrono, Kabupaten Wonogiri ...	51
6	N, P ,K Tanah Kecamatan Jatisrono, Kabupaten Wonogiri....	52
7	Kemiringan Lereng Kecamatan Jatisrono, Kabupaten Wonogiri .....	53
8	Batuan Permukaan Kecamatan Jatisrono, Kabupaten Wonogiri.....	54
9	Batuan Singkapan Kecamatan Jatisrono, Kabupaten Wonogiri.....	55
10	Curah Hujan Kecamatan Tiap Bulan Kec.Jatisrono, Kabupaten Wonogiri.....	56
11	Curah Hujan Kecamatan Per Tahun Kec.Jatisrono, Kabupaten Wonogiri.....	58
12	Data – Kelembaban Kec.Jatisrono Udara Rata-rata Tahunan	59
13	Data Rata–rata SuhuUdara Rata-rata Per tahun Kec.Jatisrono	60
14	Jenis Pupuk Kec.Jatisrono.....	61
15	Dosis Pupuk Kec.Jatisrono.....	62
16	Cara Pemberian Pupuk.....	63
17	Waktu Pemberian Pupuk Kec.Jatisrono.....	64
18	Faktor Di Dalam Tanah Kec.Jatisrono, Kab. Wonogiri.....	65
19	Faktor Diatas Tanah Kec.Jatisrono, Kab. Wonogiri.....	66
20	Stepwise Regression Faktor Di Dalam Tanah.....	67

<b>Nomor</b>	<b>Judul</b>	<b>Halaman</b>
21	Stepwise Regression Faktor Diatas Tanah.....	67
22	Entry Data Corelasi Faktor Diatas Tanah.....	68
23	Uji Korelasi Faktor Diatas Tanah.....	69
24	Uji Korelasi Faktor Di Dalam Tanah.....	71
25	Regresi N Total Tanah.....	72
26	Regresi P Tersedia Tanah.....	72
27	Regresi K Tersedia Tanah.....	73
28	Uji T N Total Tanah.....	75
29	Uji T P Tersedia Tanah.....	75
30	Uji T K Tersedia Tanah.....	76
31	Model Simulasi N Total Tanah Pada Berbagai SPT.....	76
32	Model P Tersedia Tanah Pada Berbagai SPT.....	76
33	Model K Tersedia Tanah Pada Berbagai SPT.....	77
34	Analisis Faktor N Total Tanah.....	77
35	Analisis Faktor P Tersedia Tanah .....	79
36	Analisis Faktor K Tersedia Tanah.....	80
37	Harkat Kadar Lengas Tanah.....	82
38	Harkat pH Tanah.....	82
39	Harkat KPK.....	82
40	Harkat N Total Tanah.....	82
41	Harkat P Tersedia Tanah Metode Olsen.....	83
42	Harkat K Tersedia Tanah .....	83
43	Harkat Kriteria Kelas Lereng.....	83
44	Harkat Permeabilitas.....	83
45	Harkat Struktur Tanah.....	84
46	Harkat Tekstur Tanah.....	84
47	Harkat Bahan Organik.....	84
48	Scoring Jenis Pupuk.....	85
49	Scoring Waktu Pemberian Pupuk.....	85

<b>Nomor</b>	<b>Judul</b>	<b>Halaman</b>
50	Scoring Dosis Pupuk.....	85
51	Scoring Cara Pemberian Pupuk.....	85
52	Scoring KPK.....	85
53	Scoring pH Tanah.....	86
54	Scoring BO.....	86
55	Scoring N Total Tanah.....	86
56	Scoring P Tersedia Tanah.....	86
57	Scoring K Tersedia Tanah.....	86
58	Scoring Kadar Lemas Tanah.....	87
59	Acuan Penetapan Rekomendasi Pupuk N, P dan K Pada Padi Sawah Spesifik Lokasi (Perkecamatan Propinsi Jawa Tengah).....	87
60	Kebutuhan N, P dan K Pada Padi Sawah.....	87
61	Deskripsi Lahan Sawah di Kecamatan Jatisrono, Wonogiri...	88
62	Pelaksanaan Kegiatan Penelitian di Kecamatan Jatisrono, Wonogiri.....	89
63	Peta SPT, SPL dan Peta Titik Pengambilan Sampel Tanah Sawah di Kecamatan Jatisrono, Wonogiri.....	91

**MODEL PENGELOLAAN N, P, DAN K PADA TANAH SAWAH  
DI KECAMATAN JATISRONO, WONOGIRI**

**AISYIYAH AMINI  
H0204025**

**Jurusan Ilmu Tanah Fakultas Pertanian  
Universitas Sebelas Maret Surakarta**

**ABSTRAK**

Ketersediaan hara N, P dan K di tanah sawah Kecamatan Jatisrono, Kabupaten Wonogiri sangat rendah karena pola pemupukan petani, morfologi lahan, dan iklim. Tujuan penelitian ini untuk membuktikan bahwa model hubungan antara variabel endogen dan eksogen dapat dijadikan sebagai acuan dalam pengelolaan N, P dan K pada tanah sawah. Penelitian ini dilaksanakan di Kecamatan Jatisrono, Kabupaten Wonogiri pada bulan Februari sampai Juni 2008. Penelitian ini merupakan penelitian deskriptif eksploratif hubungan fungsional, yaitu penelitian yang pendekatan variabelnya dengan survei langsung di lapangan serta didukung oleh analisis laboratorium meliputi sifat kimia dan fisika tanah, analisis statistika menggunakan stepwise regression, uji korelasi dan analisis regresi. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa model yang telah diuji dapat digunakan sebagai acuan dalam pengelolaan N, P dan K pada tanah sawah di Kecamatan Jatisrono, Kabupaten Wonogiri, sedangkan modelnya adalah  $N_{\text{total tanah}} = 0,939 + 0,424 \text{ KPK} + 0,006 \text{ Jenis Pupuk}$ ,  $P_{\text{Tersedia}} = 45,9 - 3,9 \text{ pH} + 2,38 \text{ Dosis pupuk}$ ,  $K_{\text{Tersedia}} = -0,016 + 0,0482 \text{ pH} - 0,0010 \text{ BO}$ .

*Kata Kunci : Model Pengelolaan N, P, dan K, Tanah Sawah.*

***N, P, AND K MANAGEMENT MODEL FOR PADDY SOILS  
IN SUBDISTRICT JATISRONO, WONOGIRI.***

***AISYIYAH AMINI  
H0204025***

***Departement Science Soil Science, Agriculture Faculty  
Sebelas Maret University Surakarta***

***ABSTRACT***

*Avaiable of N, P and K nutrient at paddy soil of Subdistrict Jatisrono, Regency Wonogiri very low cause farmer fertilizer application, land morphology, and climate. The purpose of this research is to prove that relationship model endogen and eksogen variable can be used as reference in N, P and K management for paddy soil. This research was conducted in Subdistrict Jatisrono, Regency Wonogiri at February until June 2008. This research are descriptive eksploratif and functional relationship research. The variables approach by field survey and supported laboratory analysis of the soil chemical and physical properties, use statistical analysis stepwise regression, simple Correlation test and regression analysis. The result of this research show that model which have been tested can be use as reference in N, P and K management for paddy soil in Subdistrict Jatisrono, Regency Wonogiri, while its model is total soil N is =  $0,939 + 0,424 \text{ KPK} + 0,006 \text{ Fertilizer Type}$ , Soil Available P =  $45,9 - 3,9 \text{ pH} + 2,38 \text{ fertilizer Dose}$ , Soil Available K =  $- 0,016 + 0,0482 \text{ pH} - 0,0010 \text{ organik substance}$ .*

***Keyword : N, P, and K Management Model, Paddy Soils***

## I. PENDAHULUAN

### A. Latar Belakang

Dalam bidang pertanian, penggunaan pupuk kimia secara terus menerus tanpa diimbangi dengan pemberian bahan organik dapat menyebabkan kekahatan unsur hara, meningkatkan kemasaman tanah, kekahatan unsur mikro, memperburuk struktur tanah dan menurunkan potensi mikrobial pendaur hara yang pada akhirnya dapat menurunkan produktivitas tanah..

Indonesia mempunyai iklim dan tanah yang cukup baik untuk pertanian seperti tanaman padi, tetapi tingkat produktivitas padi sawah di Indonesia tergolong rendah < 5,5 ton/Ha , termasuk di Kecamatan Jatisrono, ada beberapa faktor yang menyebabkan rendahnya tingkat produktivitas tanaman padi diantaranya faktor teknologi dan sumberdaya manusia, seperti kurangnya pengetahuan dalam cara pengolahan dan pengelolaan tanaman, faktor pengelolaan ini meliputi: pola tanam, jenis dan waktu pemupukan, serta pemeliharaan.

Pertumbuhan suatu tanaman dipengaruhi oleh faktor-faktor tanah, iklim, dan tanaman itu sendiri. Semuanya saling berkaitan dan saling mempengaruhi antara satu faktor dengan faktor lainnya. Tanah merupakan faktor paling penting dalam budidaya tanaman termasuk tanaman padi, karena tanah sebagai media tanam yang di dalamnya mengandung unsur-unsur hara yang dibutuhkan untuk pertumbuhan dan perkembangan tanaman. Kemampuan suatu tanah untuk menyediakan hara bagi pertumbuhan tanaman relatif terbatas, dan sangat tergantung dari sifat dan ciri tanah tersebut, selain kondisi lingkungan (iklim, hama dan penyakit, dan pengelolaan), juga kondisi tanah (sifat fisika, sifat kimia, sifat biologi tanah) yang optimal , sehingga hara dan air yang dibutuhkan tanaman cukup tersedia untuk mendukung pertumbuhan tanaman sampai panen (Makarim dan Las, 2005).

Menurut penelitian Wijanarko *et al.*, (2006), daerah Jatisrono mempunyai ordo tanah Alfisols. Tanah ini umumnya miskin unsur hara N, P, K, S dan unsur hara mikro. Kecamatan Jatisrono secara astronomis terletak



pada pada  $111^{\circ}4'30''$  -  $111^{\circ}10'59''$  BT dan  $07^{\circ}48'30''$  -  $07^{\circ}53'10''$  LS. Kecamatan Jatisrono merupakan daerah dataran tinggi dengan ketinggian tempat antara 300-524 m dpl dan memiliki luas 5.002.736 Ha, dengan perincian meliputi tanah sawah (1.424,8283 Ha), tanah tegalan (2.628,8539 Ha), tanah untuk bangunan dan halaman di sekitarnya (628,0249 Ha), tanah untuk lain-lain (321,0289 Ha).

Banyak petani yang percaya bahwa semakin banyak menggunakan pupuk akan semakin meningkatkan hasil produksi, padahal berdasarkan hasil analisis Departemen Pertanian (2007) mengatakan bahwa Indeks Total Faktor Produksi (TFP) menunjukkan bahwa TFP tidak berpengaruh signifikan terhadap laju pertumbuhan produksi. Hal ini mengindikasikan terjadinya *levelling off* produktivitas. Salah satu faktor yang menyebabkan *levelling off* produktivitas adalah pemakaian pupuk yang kurang tepat. Pemakaian pupuk pada bibit unggul memang banyak dilakukan petani namun masih sering terdapat kesalahan terutama dalam penentuan jenis, waktu, dosis, dan metode pemupukannya. Pada batas tertentu penambahan pupuk tidak akan meningkatkan produktivitas hasil (*levelling off*), karena tanaman hanya akan menyerap unsur hara sesuai kebutuhannya saja, hal seperti ini akan menyebabkan pendapatan petani menurun dan akan menyebabkan terjadinya degradasi lahan. Agar tanaman dapat tumbuh dengan baik perlu adanya keseimbangan unsur hara dalam tanah sesuai dengan kebutuhan tanaman akan unsur hara tersebut, dan diperlukan pengelolaan tanah yang tepat dan sesuai (Hardjowigeno, 1992).

Penggunaan matematika untuk pemecahan masalah telah dipergunakan manusia sejak ribuan tahun yang lalu. Namun demikian, studi formal dan aplikasi dari teknik kuantitatif dalam pengambilan keputusan praktis baru berkembang di abad ke dua puluh. Dewasa ini, keberadaan komputer telah menjadikan penggunaan analisa kuantitatif menjadi sangat berkembang (Arianto, 2007).

Penerapan model matematika dalam studi tanaman dimulai beberapa dekade yang lampau, dan berbagai model tanaman sudah dikembangkan

seperti model tanaman padi, jagung dan kedelai. Penerapan model matematik belakangan ini semakin menarik banyak perhatian dalam bidang pertanian berkaitan dengan keinginan untuk mendapatkan informasi kuantitatif dan peningkatan kompleksitas pertanaman misalnya akibat pemanasan global (*global warming*) dan penerapan agroforestri (Sitompul, 2007).

Dengan adanya permasalahan pada tanah tersebut maka diperlukan penelitian lebih lanjut tentang model pengelolaan N, P, dan K yang tepat pada tanah sawah di Jatisrono, Kabupaten Wonogiri.

#### **B. Perumusan Masalah**

Apakah model matematika dapat dijadikan sebagai acuan pengelolaan N, P, K pada tanah Sawah di Kecamatan Jatisrono, Kabupaten Wonogiri ?

#### **C. Tujuan Penelitian**

Untuk membuktikan bahwa model matematika dapat dijadikan sebagai acuan pengelolaan N, P, K pada tanah Sawah di Kecamatan Jatisrono, Kabupaten Wonogiri.

#### **D. Manfaat Penelitian**

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi dan menjadi rekomendasi bagi petani di wilayah Kecamatan Jatisrono maupun Pemerintah Kabupaten Wonogiri sebagai pembuat keputusan, mengenai model matematika pengelolaan N, P, K untuk meramal status hara N, P, K yang pada gilirannya dapat digunakan menentukan kebijakan pengelolaan tanah di Kecamatan Jatisrono. Sehingga tanah yang tersedia dapat dimanfaatkan secara optimal dan mampu meningkatkan pendapatan petani secara optimal pula.

## II. TINJAUAN PUSTAKA

### A. Tanah di Kecamatan Jatisrono

#### 1. Gambaran Umum Daerah Penelitian

Secara administrasi Kabupaten Wonogiri dibatasi oleh beberapa wilayah administrasi lain yaitu sebagai berikut :

- i. Sebelah Utara : Kecamatan Jatipurno
- ii. Sebelah Selatan : Kecamatan Jatiroto
- iii. Sebelah Timur : Kecamatan Slogohimo
- iv. Sebelah Barat : Kecamatan Sidoharjo

(Hardilan, 2005).

Kecamatan Jatisrono termasuk dalam peta geologi lembar Ponorogo dengan fisiografi lahan bersifat heterogen. Secara umum daerah tersebut mempunyai topografi bergelombang diantara pegunungan vulkanik dan sistem alluvial. Daerah ini dibagi menjadi 5 satuan morfologi yaitu pegunungan, perbukitan, dataran rendah, bentang alam karst dan lereng gunung api. Kecamatan Jatisrono terletak pada lereng gunung Lawu bagian selatan. Topografi sebagian besar berombak sampai bergelombang dengan tingkat kemiringan lereng 4 - 25 % dan tinggi tempat 200 - 450 m dpl. Wilayah ini termasuk ke dalam formasi geologi Qlla (Lahar Lawu), dengan komponen andesit, basal dan sedikit batu apung beragam ukuran yang bercampur dengan pasir gunung api. Sebarannya terutama mengisi wilayah di kaki gunung api atau membentuk beberapa perbukitan rendah (Samodra *et al.*, 1992).

Semua jenis tanah di wilayah penelitian termasuk dalam ordo Alfisols. Hal itu ditunjukkan dengan terdapatnya horison argilik dan tidak adanya epipedon plagen yang merupakan salah satu ciri dari ordo Alfisols. Sub ordo Udalf menunjukkan bahwa tanah tersebut memiliki rezim kelembaban tanah udik, yaitu suatu rezim kelembaban yang penampang kontrol kelembaban tanah tidak kering di sembarang bagiannya, selama 90 hari kumulatif dalam tahun-tahun normal. Rezim kelembaban ini biasa

dijumpai pada tanah-tanah di daerah yang mempunyai curah hujan dengan penyebaran merata. Sub ordo Aqualfs menunjukkan bahwa tanah mempunyai kondisi aquik pada satu horison atau lebih serta mengandung cukup besi fero aktif untuk dapat memberikan reaksi positif terhadap alfa-alfa dipyridil (Wijanarko *et al.*, 2006).

## 2. Tanah Alfisol

Alfisols merupakan tanah-tanah yang mengalami pelapukan intensif dan perkembangan tanah lanjut, sehingga terjadi pelindian unsur basa, bahan organik, dan silika dengan meninggalkan sesquioksida sebagai sisa berwarna merah. Alfisol mengandung  $\text{SiO}_2$  atau sesquioksida. Fraksi lempung tinggi, kapasitas tukar kation rendah, stabilitas agregat tinggi. Ciri morfologi yang umum adalah tekstur lempung sampai geluh, struktur remah sampai gumpal lemah dan konsistensi gembur (Darmawijaya, 1997).

Alfisols secara potensial termasuk tanah yang subur, meskipun bahaya erosi perlu mendapat perhatian. Erosi dapat menyebabkan horison argilik muncul di permukaan dan tanah menjadi kurang baik. Kendala penurunan bahan organik pada lapisan atas terjadi karena dan pengelolaan lahan intensif, untuk itu diperlakukan suatu cara pengelolaan yang khusus dengan menambahkan bahan organik (Munir, 1996).

Alfisols terbentuk pada iklim Koppen Aw, Am dengan tipe curah hujan C, D, dan E (Schmidt dan Ferguson 1951) dengan bulan kering lebih dari 3 bulan. Sebagian ditemukan di daerah beriklim kering dan sebagian kecil di daerah beriklim basah. Alfisol ini dapat pula ditemukan pada wilayah dengan temperatur sedang atau subtropika dengan adanya pergantian musim hujan dan musim kering (Munir, 1996).

Alfisol pada umumnya berkembang dari batu kapur, tufa dan lahar. Bentuk wilayah beragam dari bergelombang sampai tertoreh, tekstur berkisar antara sedang sampai halus, drainasinya baik. Reaksi tanah berkisar antara agak masam sampai netral, kapasitas tukar kation dan basanya beragam dari rendah sampai tinggi, bahan organik pada umumnya

sedang sampai rendah. Jeluk tanah dangkal sampai dalam. Tanah Alfisol sebagian besar telah diusahakan untuk pertanian dan termasuk tanah yang subur meskipun demikian masih dijumpai kendala-kendala yang perlu mendapat perhatian dalam pengelolaannya.

Kendala-kendala dalam pengelolaan tanah Alfisol antara lain pada beberapa tempat dijumpai kondisi lahan yang berlereng dan berbatu, horison B argilik dapat mencegah distribusi akar yang baik pada tanah dengan horison B bertekstur berat, pengelolaan yang intensif dapat menimbulkan penurunan bahan organik pada lapisan tanah atas, kemungkinan fiksasi Kalium dan amonium terjadi karena adanya mineral illit., kemungkinan terjadi erosi untuk daerah berlereng, kandungan P dan K yang rendah (Munir, 1996).

## **B. Tanaman Padi**

Padi (*Oryza sativa* L.) termasuk golongan tanaman semusim (tanaman yang biasanya berumur pendek), kurang dari satu tahun dan hanya satu kali produksi, setelah berproduksi akan mati atau dimatikan (AAK, 1990).

Tanaman padi merupakan tanaman semusim yang banyak dibudidayakan di Indonesia. Taksonomi tanaman padi secara lengkap menurut Tjitrosoepuro (1994) adalah sebagai berikut :

Divisio	: Spermatophyta
Sub Divisio	: Angiospermae
Kelas	: Monocotyledoneae
Ordo	: Poales
Famili	: Gramineae
Genus	: <i>Oryza</i>
Spesies	: <i>Oryza sativa</i>

Tanaman padi (*Oryza sativa* L) termasuk golongan tumbuhan Gramineae dengan batang yang tersusun dari beberapa ruas. Ruas-ruas itu merupakan bubung kosong. Pada kedua ujung bubung kosong itu ditutup oleh buku. Pada buku bagian bawah pada ruas tumbuh pelepah yang membalut ruas

sampai buku bagian atas. Di dalam tanah, dari tiap buku tumbuh tunas yang menghasilkan anakan padi (Siregar, 1981).

Pertumbuhan tanaman padi dibedakan menjadi tiga fase vegetatif, fase generatif (reproduksi) dan fase pemasakan. Fase vegetatif di mulai dari saat berkecambah sampai dengan inisiasi primordia malai yang ditandai dengan pembentukan anakan aktif yaitu anakan maksimal, bertambahnya tinggi tanaman dan daun tumbuh secara teratur. Fase reproduktif dimulai dari inisiasi primordia malai yang ditandai dengan memanjangnya ruas batang, berkurangnya jumlah anakan, munculnya daun bendera, bunting dan pembungaan. Fase pemasakan dimulai dari berbunga sampai panen, yang ditandai dengan masak susu, masak tepung, masak kuning dan masak fisiologis (Yoshida, 1981 *cit.* Tyas, 2006).

Tanaman padi dapat tumbuh dengan baik pada tanah yang mempunyai persentase fraksi pasir lebih kecil daripada fraksi lempung dan fraksi debu, memiliki ketebalan atasnya antara 18-22 cm, memiliki pH tanah antara 4-7. Padi membutuhkan curah hujan rata-rata 200 mm/bln, dengan distribusi selama 4 bulan, dan kebutuhan pertahun sekitar 1500-2000 mm. Temperatur (suhu) 23 °C ke atas. Tinggi tempat untuk komoditi padi di dataran rendah sampai dataran tinggi 0 - 1500 m dpl (AAK, 1990).

Tabel 2.1 Syarat tumbuh tanaman padi (*Oryza sativa L.*).

Persyaratan Penggunaan/ Karakteristik Lahan	Kelas Kesesuaian Lahan			
	S1	S2	S3	N
<b>Temperatur (tc)</b>				
Temperatur rerata ( $^{\circ}\text{C}$ )	24 – 29	22 – 24 29 – 32	18 - 22 32 - 35	< 18 > 35
<b>Ketersediaan air (wa)</b>				
Kelembaban (%)	33 – 90	30 – 33	< 30; > 90	
<b>Media perakaran (rc)</b>				
Drainase	Agak terhambat, Sedang	Terhambat, baik	Sangat terhambat, agak cepat	cepat
Tekstur	Halus, agak halus	Sedang	Agak kasar	kasar
Bahan kasar (%)	< 3	3 – 15	15 - 35	> 35
Kedalaman tanah (cm)	> 50	40 – 50	25 - 40	< 25
<b>Retensi hara (nr)</b>				
KTK liat (cmol)	> 16	$\leq$ 16		
Kejenuhan basa (%)	> 50	35 – 50	< 35	
PH H <sub>2</sub> O	5,5 - 8,2	4,5 - 5,5 8,2 - 8,5	> 8,5	
C-organik (%)	> 1,5	0,8 - 1,5	< 0,8	
<b>Toksisitas (xc)</b>				
<b>Salinitas (dS/m)</b>	< 2	2 – 4	4 - 6	> 6
<b>Bahaya erosi (eh)</b>				
Lereng (%)	< 3	3 – 5	5 - 8	> 8
Bahaya erosi	Sangat rendah	Rendah	sedang	Berat
<b>Bahaya banjir (fh)</b>				
Genangan	F0,F11,F12,F21,F23 ,F31,F32	F13,F22,F33,F 41,F42,F43	F14,F24,F34,F44	F15,F25,F35,F 45
<b>Penyiapan lahan (lp)</b>				
Batuan di permukaan (%)	< 5	5 – 15	15 - 40	> 40
Singkapan batuan (%)	< 5	5 – 15	15 - 25	> 25

Sumber : Petunjuk teknis evaluasi lahan untuk komoditas pertanian

(Djaenuddin *et al.*, 2003).

## C. Hara Tanah

### 1. Hara Nitrogen (N)

Di dalam siklusnya Nitrogen di dalam tanah mengalami mineralisasi, sedangkan bahan mineral mengalami imobilisasi. Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa N yang hilang ke atmosfer merupakan bagian terbesar. Secara teoritis, disimpulkan bahwa N yang terdapat di dalam tanah akan habis terangkut dalam waktu yang lama dan sebagian besar N yang tertinggal di dalam tanah sesudah tahun pertama bukan dalam bentuk nitrat tetapi dalam bentuk bahan organik (Lubis, 2000).

Nitrogen adalah unsur hara yang dibutuhkan tanaman dalam jumlah besar, agar tanaman dapat tumbuh dan berproduksi lebih optimal. Program pengelolaan hara yang baik perlu menggunakan semua sumber N yang dapat dipakai. Sumber-sumber N adalah legum, sisa tanaman, pupuk kandang, bahan organik tanah, dan pupuk N buatan pabrik seperti urea dan ZA (Anonim, 2007).

Nitrogen merupakan hara makro utama yang sangat penting untuk pertumbuhan tanaman. Nitrogen diserap oleh tanaman bentuk ion  $\text{NO}_3^-$  atau  $\text{NH}_4^+$  dari tanah. Kadar Nitrogen rata-rata dalam jaringan tanaman adalah 2%- 4% berat kering. Di dalam tanah, kadar Nitrogen sangat bervariasi, tergantung atas pengelolaan dan penggunaan tanah tersebut. Tanah hutan berbeda dengan tanah perkebunan dan tanah peternakan. (Rosmarkam dan Yuwono, 2002).

Kebutuhan N yang perlu ditambahkan tergantung pada jumlah yang sudah tersedia di dalam tanah. Makin sedikit kandungan N tanah makin banyak pupuk N yang perlu ditambahkan. Pemilihan tanaman legum sebagai satu-satunya sumber hara N dalam pengelolaan kesuburan tanah tergantung dari tujuan penanaman legum, pengaruh legum terhadap produktivitas tanah, dan biaya yang diperlukan untuk menanamnya (Santoso *et al.*, 2002).

Nitrogen di dalam tanah berasal dari bahan organik, hasil pengikatan N dari udara oleh mikroba, pupuk, dan air hujan. Nitrogen yang dikandung



tanah pada umumnya rendah, sehingga harus selalu ditambahkan dalam bentuk pupuk atau sumber lainnya pada setiap awal pertanaman seperti pemberian Azolla dan Sesbania. Nitrogen di dalam tanah mempunyai sifat yang dinamis (mudah berubah dari satu bentuk ke bentuk lain misalnya  $\text{NH}_4$  menjadi  $\text{NO}_3$ ,  $\text{NO}$ ,  $\text{N}_2\text{O}$  dan  $\text{N}_2$ ) dan mudah hilang tercuci bersama air drainase (Anonim, 2005).

Ketersediaan nitrogen yang rendah secara permanen maupun semipermanen dalam tanah sawah, terjadi karena adanya mineralisasi nitrogen tanah terbatas. Bahkan ketika kadar nitrogen dalam tanah tinggi kekurangan Nitrogen dapat terjadi (IRRI *cit.* Moorman and Nico, 1978).

Faktor utama yang mempengaruhi pengelolaan tanah mengenai penggunaan dan pemakaian pupuk adalah kehilangan nitrat karena pencucian, denitrifikasi dan kehilangan Nitrogen sebagai  $\text{N}_2$ , kehilangan amonia karena penguapan (volatilisasi). Penggunaan bahan organik, penanaman tanaman Leguminosa, penggunaan Azolla, serta teknik simbiosis dan non simbiosis mampu menjaga dan mendukung ketersediaan Nitrogen di dalam tanah tanpa harus menggunakan sumber Nitrogen sintetis (Foth, 1991 *cit.* Lubis, 2000).

Penggunaan Azolla pada padi merupakan salah satu cara pengelolaan N karena Azolla berasosiasi dengan ganggang biru hijau “algae anabaena” yang dapat memfiksasi N dari udara dalam bentuk amonia yang dapat diserap tanaman padi. Azolla mengandung 2-5 % N, 3-6 % K (bahan kering). Selain itu cara lain dalam pengelolaan dengan Pemberian Sesbania pada padi karena bahan organik dan N yang dihasilkan Sesbania membantu memperbaiki tanah dan pertumbuhan tanaman. Pada keadaan tertentu, menanam pupuk hijau lebih murah dan pemulihan sumber N, khususnya apabila keadaan infrastruktur dan fasilitas transportasi tidak memadai sehingga pupuk menjadi mahal dan tidak dapat tersedia tepat waktu (Anonim, 2007).

Pada musim penghujan penyinaran matahari berkurang sehingga mengakibatkan rendahnya hasil panen dan tanggapan terhadap Nitrogen.

Dalam budidaya padi sebaiknya areal lahan terbuka dan langsung mendapatkan penyinaran matahari secara penuh karena makin banyak penyinaran matahari makin besar energi yang dihasilkan untuk fotosintesis dan memungkinkan tanggapan Nitrogen serta hasil yang lebih baik (DeDatta, 1981 *cit.* Sanchez, 1993).

## 2. Hara Fosfor (P)

Fosfor adalah hara utama tanaman yang penting untuk perkembangan akar, anakan, berbunga awal, dan pematangan. P mobil dalam tanaman, tetapi tidak mobil dalam tanah. Gejala kahat P ditandai dengan tanaman hijau gelap dan kerdil dengan daun tegak dan anakan kurang, batang kurus dan kecil, matang lambat (tidak terjadi pembungaan pada kahat P yang parah), gabah hampa tinggi. P seringkali kurang pada tanah berpasir dengan kandungan bahan organik rendah, tanah kalkareous/salin/alkalin, degradasi tanah sawah, tanah abu vulkanik atau tanah kering masam dengan kapasitas fiksasi P tinggi sedangkan pada tanah gambut dan tanah sulfat masam dengan kandungan besi dan aluminium tinggi (Anonim, 2007).

Aplikasi pengelolaan P dilakukan dengan cara pembenaman dan aduk semua pupuk P ke dalam tanah sebelum pelumpuran terakhir dan tanam pindah atau sebar seluruh P pada 10-15 hari setelah benih disebar langsung (Anonim, 2007).

Sumber P dalam tanah yang utama adalah (1) pupuk buatan, (2) pupuk kandang, (3) sisa-sisa tanaman, termasuk pupuk hijau, dan (4) Pelapukan batuan atau bahan induk yang berasal dari mineralisasi P-organik maupun P-anorganik yang terdapat dalam tanah (Soepardi, 1983).

Menurut Kyuma (2004) meningkatnya ketersediaan P pada tanah tergenang disebabkan oleh beberapa hal antara lain sebagai berikut :

1. Terjadinya reduksi ferri-fosfat menjadi ferro-fosfat yang diikuti oleh pelepasan anion fosfat
2. Pelepasan occluded P karena terjadi reduksi selaput ferri-oksida terhidrasi

3. Meningkatnya kelarutan ferri-fosfat dan aluminium-fosfat karena meningkatnya pH akibat tereduksi
4. Pelarutan fosfat dari ferri-fosfat dan aluminium fosfat oleh asam- asam organik
5. Mineralisasi fosfat organik
6. Pelepasan fosfat oleh hidrogen sulfida

Sebaliknya hilangnya Fosfor dari tanah terjadi melalui mekanisme musim, pelindian dan erosi. Tersedianya Fosfor di dalam tanah yang dapat diserap oleh tanaman dapat menentukan pertumbuhan tanaman. Tanaman memerlukan pasokan fosfat pada semua tingkat pertumbuhan (Ismunadji *et al.*, 1991).

Meningkatnya ketersediaan Fosfor dalam larutan tanah karena penguapan sering sedemikian besarnya sehingga pemupukan Fosfor pada padi sawah tidak begitu diperlukan. Pemberian superfosfat yang biasa atau triple superfosfat (TS) merupakan sumber fosfat yang baik sekali untuk tanaman padi karena pada tanah dengan nilai pH aerob rendah, fosfat alam yang tinggi kelarutannya dalam sitrat ternyata sama efisiennya dengan super fosfat (Sanchez, 1993).

Ketersediaan Fosfor lebih rendah dalam lahan sawah yang kurang air dibanding lahan sawah yang banyak airnya. Tetapi ketersediaan Fosfor pada umumnya lebih baik dalam lahan berair/berlumpur dibanding di lahan kering, karena fosfat yang diserap dalam ferri-oksida dilepaskan selama pengeringan, sehingga fosfat ada dalam bentuk ferri-fosfat (Moorman and Nico, 1978).

### **3. Hara Kalium (K)**

Kalium merupakan unsur hara esensial selain N dan P. Meskipun K dalam tanah cukup besar. Namun persentase yang tersedia bagi tanaman selama musim pertanaman cukup rendah. Ketersediaan Kalium dalam tanah dapat digolongkan menjadi: K segera tersedia, K lambat tersedia, dan K relatif tidak tersedia. Bentuk K relatif tidak tersedia mencakup 90% sampai 98% dari K total pada tanah mineral. Senyawa yang mengandung

bentuk K yang relatif tidak tersedia ini adalah feldspar dan mika yang relatif tahan terhadap hancuran iklim. Namun dengan adanya pengaruh air yang mengandung karbonat dan adanya liat masam akan membantu proses penghancuran mineral primer dan akibatnya akan dibebaskan unsur K dan basa lainya (Soepardi, 1979).

Kalium tersedia dalam tanah tidak selalu tetap dalam keadaan tersedia, tetapi masih berubah dalam bentuk yang lambat untuk diserap oleh tanaman (*slowly available*). Hal ini disebabkan oleh K tersedia yang mengadakan keseimbangan dengan K bentuk-bentuk lain. Pada kerak bumi, kadar Kalium cukup tinggi, yakni sekitar 2,3% kebanyakan terikat dalam mineral primer atau terfiksasi dalam mineral sekunder yang berasal dari mineral lempung (clay), sehingga pada tanah lempung sebenarnya kaya akan kadar K. Pada tanah tua dan tanah abu vulkanik, umumnya juga kaya kadar K (Rosmarkam dan Yuwono, 2002).

Kalium dalam tanah bersumber dari mineral primer tanah (feldspar, mika, vermikulit, biotit, dll), dan bahan organik sisa tanaman. K dalam tanah mempunyai sifat yang mudah bergerak sehingga mudah hilang melalui proses pelindian atau terbawa arus pergerakan air. Berdasarkan sifat tersebut, efisiensi pupuk K biasanya rendah, namun dapat ditingkatkan dengan cara pemberian 2-3 kali dalam satu musim tanam (Anonim, 2005).

K adalah hara tanaman utama yang dibutuhkan untuk meningkatkan perkembangan akar dan vigor tanaman, ketahanan terhadap kerebahan dan hama/penyakit. K mobil dalam tanaman dan sangat mobil di dalam tanah. Kalium seringkali merupakan unsur pembatas untuk memperoleh hasil padi yang tinggi setelah Nitrogen. Pupuk K perlu diberikan dalam jumlah mencukupi pada hampir semua lahan sawah irigasi. Hara lainnya perlu diberikan dalam jumlah seimbang untuk menjamin respon yang baik dari tanaman terhadap aplikasi K dan pencapaian pertumbuhan tanaman yang sehat dan produktif (Anonim, 2007).

Gejala kahat K, tanaman hijau gelap dan kerdil dengan margin daun coklat kekuningan dan atau dengan margin dan ujung daun tua nekrotik, gejala kahat K pada daun dapat menyerupai gejala penyakit tungro, namun tungro biasanya terjadi pada spot-spot yang tersebar (tidak menyeluruh) dan lebih nyata warna daun kuning dan oranye dan tanaman kerdil, gejala pada daun nampak pada fase pertumbuhan lanjut, akar tidak sehat dan menghitam, kerebahan dan kehampaan gabah tinggi, bobot gabah lebih ringan. Kahat K terjadi di daerah pertanian yang intensif yang mendapat pemupukan N dan P tinggi. K seringkali kurang pada tanah berpasir atau bertekstur kasar, tanah kering masam, lahan sawah terdegradasi, tanah sulfat masam dan tanah organik (Anonim, 2007).

#### **D. Tanah Sawah**

Tanah sawah (*Paddy Soil*) adalah tanah yang berpotensi digunakan untuk menanam padi sawah. Hal ini mencakup semua tanah yang terdapat dalam zona iklim dengan rezim temperatur yang sesuai untuk menanam padi paling tidak satu kali (sesuai dengan tersedianya air untuk menggenangi tanah selama waktu yang diperlukan oleh tanaman padi sawah tersebut) (Kyuma, 2004 *cit.* Hardjowigeno dan Rayes, 2005).

Pengolahan tanah dalam keadaan basah mengakibatkan terbentuknya lapisan tapak bajak yang padat di bawah lapisan olah. Selain itu, penggenangan lapisan olah secara terus menerus menyebabkan proses eluviasi Fe dan Mn dari lapisan olah yang berada dalam keadaan reduksi dan dapat terjadi iluviasi unsur-unsur tersebut ke lapisan bawah yang berada dalam keadaan oksidasi, sehingga terbentuklah profil tanah baru yang disebut profil tanah sawah (Hardjowigeno dan Rayes, 2005).

Secara umum tanah sawah dicirikan dengan suasana reduksi yang menyebabkan drainase buruk, meningginya pH dan pelarutan silika. Hal ini menyebabkan terbentuknya tanah permukaan yang banyak mengandung lapisan debu yang berwarna coklat muda dan dibawahnya terdapat akumulasi besi dan mangan yang berupa bercak-bercak dipersawahkan. Akibat pembentukan lapisan padas akan menghambat

drainase dan menambah dalamnya perakaran, tetapi tidak menghambat proses perkembangan akar ke samping (Darmawijaya, 1997).

### **E. Model Matematika**

Dalam konteks terminologi penelitian operasional (*operation research*), secara umum model didefinisikan sebagai suatu perwakilan atau abstraksi dari suatu obyek atau situasi aktual. Model melukiskan hubungan-hubungan langsung dan tidak langsung serta kaitan timbal-balik dalam terminologi sebab akibat. Oleh karena suatu model adalah abstraksi dari realita, maka pada wujudnya lebih sederhana dibandingkan dengan realita yang diwakilinya. Model dapat disebut lengkap apabila dapat mewakili berbagai aspek dari realita yang sedang dikaji. Syarat pokok untuk mengembangkan model adalah menemukan peubah-peubah apa yang penting dan tepat. Penemuan peubah-peubah ini sangat erat hubungannya dengan pengkajian hubungan-hubungan yang terdapat di antara peubah-peubah. Teknik kuantitatif seperti persamaan regresi dan simulasi digunakan untuk mempelajari keterkaitan antar peubah dalam sebuah model (Soemarno, 2003).

Bahasa simbolik juga sangat membantu dalam komunikasi karena pernyataannya yang singkat dan jelas dibandingkan dengan deskripsi lisan. Penggunaan format matematika membuat penjelasan lebih komprehensif dan seringkali mampu mengungkapkan hubungan-hubungan yang tidak dapat tercermin pada deskripsi lisan dari suatu sistem. Dengan demikian dapat dikatakan bahwa pemodelan sistem (*System Modelling*) adalah pembentukan rangkaian logika untuk menggambarkan karakteristik sistem tersebut dalam format matematis. Oleh karena itu, proses ini sering disebut juga pemodelan abstrak (*abstract modelling*) karena hasilnya adalah gugus persamaan-persamaan yang saling berkaitan secara fungsional. Pada beberapa jenis sistem, proses pemodelan abstrak ini lebih mudah pengerjaannya, seperti model biofisik dan keteknikan (Soemarno, 2003).

Tujuan dari penyusunan model antara lain untuk membimbing peneliti dalam pengumpulan data agar lebih efisien. Model adalah abstraksi dari keadaan yang sesungguhnya. Khayalan atau abstraksi inilah yang merupakan model kerjanya. Model ini biasanya diucapkan sebagai hubungan matematika, karena itu disebut *model matematika*. Model matematika ini merupakan suatu penyarian dari keadaan yang sesungguhnya. Untuk menguji keampuhan model (matematika), perlu dikumpulkan data dan dibandingkan dengan model tersebut. Berdasarkan perbandingan ini suatu model dapat ditolak atau diterima tergantung ada atau tidaknya penyimpangan-penyimpangan yang berarti antara model dengan data yang dikumpulkan. Prinsip-prinsip dan prosedur statistika lazimnya digunakan sebagai alat untuk menguji keampuhan model ini (Nasruddin, 2002).

Model adalah contoh sederhana dari sistem dan menyerupai sifat-sifat sistem yang dipertimbangkan, tetapi tidak sama dengan sistem. Penyederhanaan dari sistem sangat penting agar dapat dipelajari secara seksama. Model dikembangkan dengan tujuan untuk studi tingkah-laku sistem melalui analisis rinci akan komponen atau unsur dan proses utama yang menyusun sistem dan interaksinya antara satu dengan yang lain. Pengembangan model adalah suatu pendekatan yang tersedia untuk mendapatkan pengetahuan yang layak akan sistem tanaman. Model berperan penting dalam pengembangan teori karena berfungsi sebagai konsep dasar yang menata rangkaian aturan yang digunakan untuk menggambarkan sistem (Sitompul, 2007).

Model adalah suatu bentuk struktur/mekanisme yang digunakan untuk menginterpretasikan bagian dari realitas. Tujuan dari pengembangan suatu model adalah untuk mempelajari sesuatu yang menjadi pusat perhatian tentang realitas, yaitu dengan menganalisis model dari observasi langsung suatu realitas. Informasi pada perilaku realisasi dapat diperoleh dengan melakukan simulasi secara berulang-ulang pada model dengan bantuan komputer. Hal ini akan mempermudah melihat kemungkinan

perbedaan perilaku, tapi juga akan menghasilkan kemungkinan terlihatnya komponen yang tidak ditemukan di lapangan atau di laboratorium. Simulasi sangat membantu dalam menemukan suatu model matematis yang tepat guna menggambarkan fenomena alam atau perilaku suatu sistem sehingga dapat diramalkan proses sistem yang akan datang (Rukmigarsari, 2008).

Menurut Soemarno (2003) mengemukakan bahwa suatu alat bantu yang sangat penting ialah model abstrak yang perilaku esensialnya mencerminkan perilaku dunia nyata (realita) yang diwakilinya. Model digunakan dalam banyak cara, dalam mendisain dan mengelola sistem sebagai fungsi analisis. Analisis ini didefinisikan sebagai determinasi output model, dengan menggunakan input dan struktur model yang telah diketahui. Model merupakan penjabaran sederhana dari berbagai bentuk hubungan interaksi antar komponen dalam suatu sistem. Apabila bentuk hubungan ini diketahui dengan baik, maka dapat disusun menjadi suatu persamaan matematis untuk menjabarkan berbagai asumsi yang ada. Deskripsi matematik dari suatu sistem disebut model matematik. Model matematika terdiri dari simbol- simbol dan persamaan matematika untuk menggambarkan sistem.

Model matematik adalah suatu persamaan matematis yang menghubungkan besaran-besaran fisis dalam suatu sistem fisis. Melalui penyelesaian model matematik maka dapat diperoleh informasi tentang karakteristik suatu sistem fisis. Suatu model matematik, terutama model komputer, dapat dengan cepat menganalisis dan menghitung output dari berbagai alternatif yang sangat penting dalam proses kreatif pengelolaan sistem dan disain sistem. Pada kenyataannya kebanyakan model abstrak ini mempunyai struktur internal yang terdiri atas simbol-simbol matematik yang harus dipahami arti dan maknanya. Simulasi komputer berarti bahwa kita mempunyai suatu program komputer atau model sistem lainnya dimana kita dapat mencoba berbagai disain sistem dan strategi pengelolaannya. Dengan menggunakan komputer, aplikasi simulasi



menjadi sangat luas terutama oleh para manager dan pengambil keputusan akhir. Teknik simulasi yang dikenal sebagai penciptaan peubah random Montecarlo, banyak digunakan dalam bidang bisnis dan pertanian (Soemarno, 2003)

### III. METODE PENELITIAN

#### A. Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian dilaksanakan di wilayah Kecamatan Jatisrono, Kabupaten Wonogiri, Jawa Tengah. Analisis tanah dilaksanakan di Laboratorium Kimia dan Kesuburan Tanah Fakultas Pertanian Universitas Sebelas Maret. Penelitian ini dilaksanakan bulan Februari 2007 sampai Mei 2008.

#### B. Bahan dan Alat Penelitian

1. Bahan
  - a. Peta
    - 1) Peta Rupa Bumi Kecamatan Jatisrono skala 1:25.000
    - 2) Peta Administrasi Kecamatan Jatisrono skala 1:25.000
    - 3) Peta Ordo Tanah Kecamatan Jatisrono skala 1:25.000
    - 4) Peta Penggunaan Lahan Kecamatan Jatisrono skala 1:25.000
    - 5) Peta Geologi skala 1:100.000
  - b. Data Pendukung
    - 1) Iklim
    - 2) Curah Hujan
    - 3) Temperatur Udara
    - 4) Kelembaban Udara
  - c. Bahan Khemikalia
    - 1) Analisis lapangan meliputi  $H_2O$  untuk analisis pH tanah,  $H_2O_2$  10% untuk analisis bahan organik, HCl 1,2N, KCNS 1N dan  $K_3Fe(CN)_6$  1 N untuk analisis aerasi dan drainase
    - 2) Analisis laboratorium.

Bahan - bahan khemikalia untuk analisis laboratorium meliputi analisis tekstur, permeabilitas, pH, KPK, BO, N, P, K tersedia dalam tanah

## 2. Alat

- a. Meteran saku
- b. GPS
- c. Klinometer
- d. Kompas
- e. Lup
- f. Cangkul
- g. pH meter
- h. Flakon
- i. Pipet
- j. Kamera
- k. Pisau belati
- l. Plastik transparan
- m. Kertas label
- n. Spidol permanen
- o. Alat tulis
- q. Alat-alat analisis fisika dan kimia tanah.

19

### C. Desain Penelitian dan Teknik Penentuan Sampel

Penelitian ini merupakan penelitian *deskriptif eksploratif* hubungan fungsional yaitu menggambarkan keadaan di tempat penelitian dan pendekatan variabelnya dengan survei langsung di lapangan dan didukung dengan analisis tanah di laboratorium.

Penelitian dilakukan dengan cara menggunakan pendekatan satuan peta tanah. Dari satuan peta tanah tersebut diperoleh homogenitas tanah sehingga di dapatkan peta ordo tanah, yang sudah ada pada penelitian

sebelumnya. Priyanto *et al.*, (2006) telah membuat Satuan Peta Lahan (SPL) yang didapatkan dari tumpang tindih satuan peta tanah (SPT), peta kemiringan lereng dan peta penggunaan lahan. Satuan Peta Lahan (SPL) menggambarkan keseragaman geologi, jenis tanah, topografi dan *landuse*.

Pengambilan sampel tanah dilakukan secara komposit pada penggunaan lahan padi sawah masing-masing satuan peta tanah (SPT) di Kecamatan Jatisrono, Kabupaten Wonogiri. Pengambilan sampel tanah lapisan olah komposit untuk kepentingan analisis sifat-sifat fisika dan kimia tanah. Hal ini didasarkan atas distribusi dan kategori penggunaan lahan, jenis tanah, dan kemiringan lereng (Rakhmat *et al.*, 2008).

Sampel tanah lapisan olah diambil pada keempat penjuru mata angin, yaitu barat, utara, timur, dan selatan yang berjarak 10 meter dari titik tengah lokasi pengambilan sampel. Pengambilan sampel tanah dilakukan pada kedalaman 30 cm.

Data mengenai respon masyarakat dan pola pemupukan tanaman padi diperoleh dengan cara pengamatan langsung di lapang, dan menggunakan metode *Focus Group Discussion* yaitu diskusi kelompok pada satu topik tentang pola pemupukan tanaman padi di daerah Jatisrono. Penentuan peserta FGD secara acak di setiap Kelompok Tani di wilayah Kecamatan Jatisrono. Adapun mekanisme pelaksanaannya dengan cara penyebaran angket kemudian dari masing-masing responden mengisi angket tersebut sambil melakukan diskusi dengan Petugas Penyuluh Lapangan (PPL) apabila ada informasi yang belum jelas kaitannya dengan topik diskusi tersebut.

#### **D. Tata Laksana Penelitian**

Dalam penelitian ini ada beberapa tahapan yang dilaksanakan yaitu :

1. Persiapan

Studi pustaka untuk mengkaji hal-hal yang berhubungan dengan penelitian

2. Satuan peta lahan sawah irigasi dari penelitian terdahulu (Priyanto *et al.*, 2006)

3. Melakukan survai lapang untuk mengecek tipe penggunaan lahan, topografi dan wawancara di lapang pada setiap satuan lahan mengenai :
  - a. Pengolahan dan pengelolaan tanah
  - b. Pemupukan
  - c. **Variabel yang Diamati**
    1. Morfologi lahan
      - a. Kemiringan lereng
      - b. Batuan permukaan
      - c. Batuan singkapan
    2. Tanah, meliputi :
      - a. Sifat fisika tanah
        - 1) Tekstur tanah secara kualitatif di lapangan dan kuantitatif dengan metode pemipetan di laboratorium
        - 2) Struktur tanah secara kuantitatif
        - 3) Permeabilitas secara kuantitatif
      - b. Sifat kimia tanah
        - 1) pH secara kuantitatif dengan metode elektrometrik
        - 2) Bahan organik secara kualitatif di lapangan dan kuantitatif di Laboratorium dengan metode *Walkey and Black*
        - 3) KPK secara kuantitatif metode penjenuhan ammonium asetat pH 7
        - 4) N total tanah dengan metode Kjeldahl
        - 5) P tersedia tanah metode Olsen
        - 6) K tersedia tanah metode ekstrak amonium asetat
    3. Pola Pemupukan
      - a. Macam pupuk
      - b. Dosis pupuk
      - c. Cara pemberian pupuk
      - d. Waktu pemberian pupuk
    4. Iklim
      - a. Rata-rata curah hujan

- b. Rata-rata suhu tahunan
- c. Data temperatur udara

### E. Analisis Data

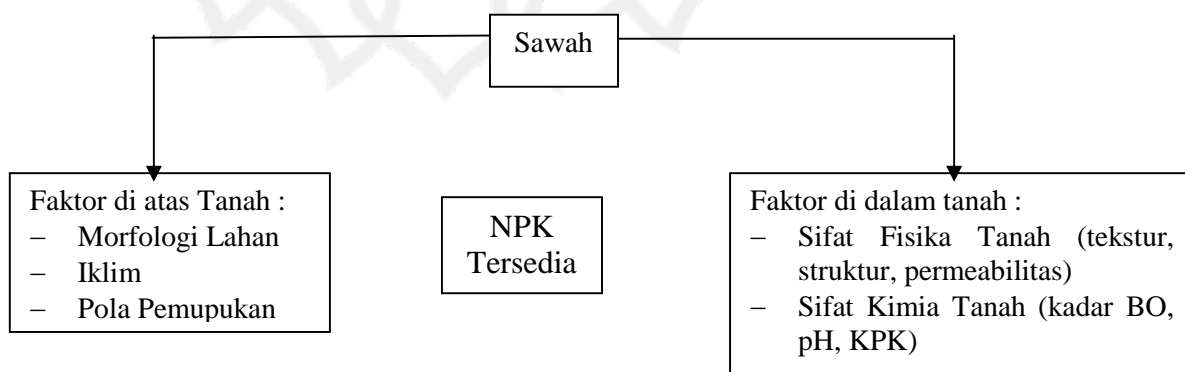
Analisis data dari faktor di dalam tanah dan faktor di atas tanah di uji dengan *Stepwise Regression*. Kemudian diperoleh faktor yang berpengaruh dari masing-masing faktor di dalam tanah dan di atas tanah. Setelah itu memasukan data hasil uji *Stepwise Regression* tersebut ke dalam model matematika.

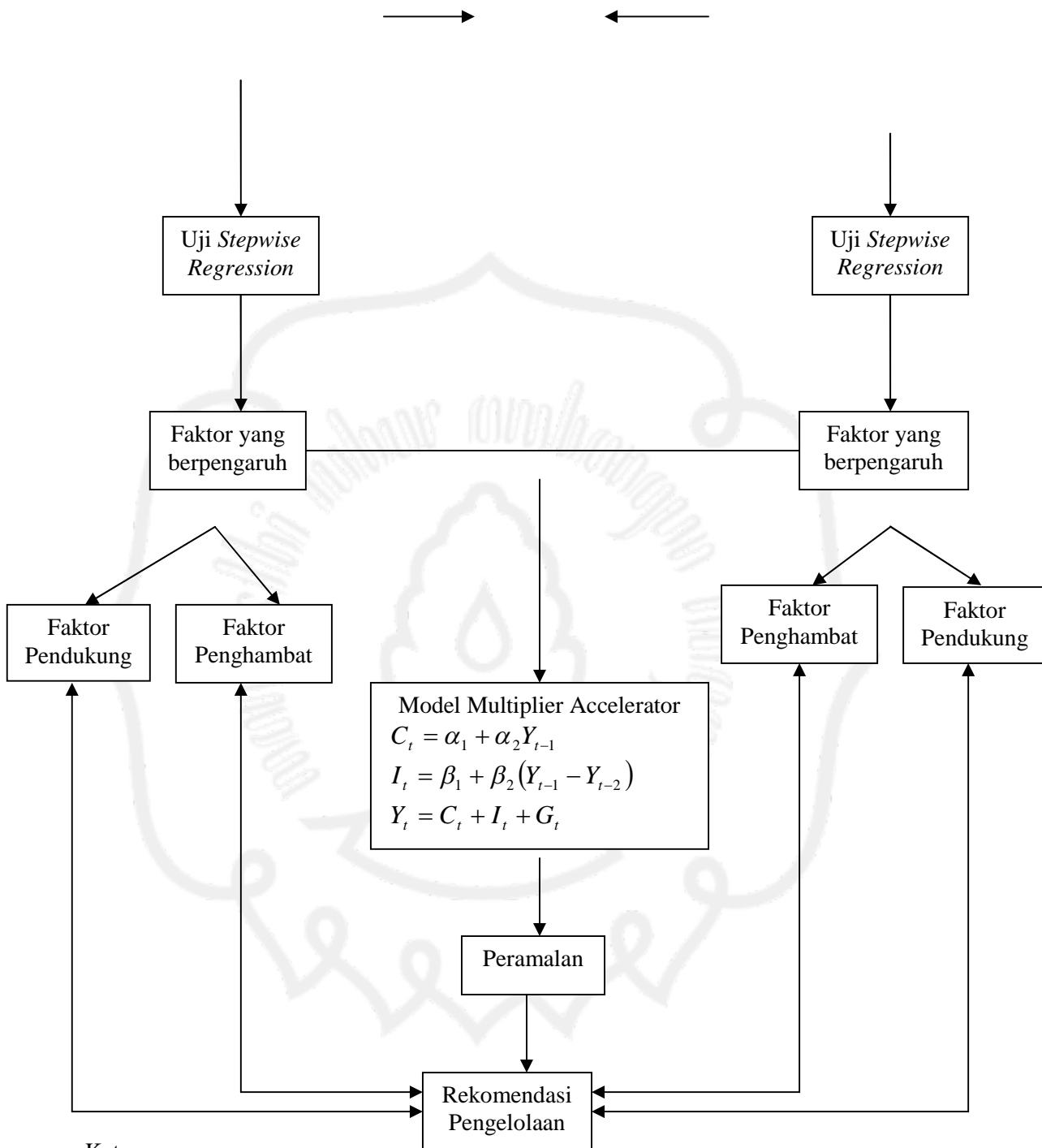
Acuan (model) dalam penelitian ini adalah Acuan Matematik, yaitu *Acuan Simulasi*. Acuan Simulasi merupakan turunan jalur waktu dari Acuan Matematik, dalam penelitian ini menggunakan simulasi komputer. Proses simulasi dapat dilakukan dengan model sederhana yang disebut dengan *Model Multiplier Accelerator* sebagai berikut :

$$\begin{aligned}C_t &= \alpha_1 + \alpha_2 Y_{t-1} \\I_t &= \beta_1 + \beta_2 (Y_{t-1} - Y_{t-2}) \\Y_t &= C_t + I_t + G_t\end{aligned}$$

Dari sistem persamaan simultan di atas diketahui bahwa C, I, dan Y merupakan peubah-peubah endogen, sedangkan G,  $Y_{t-1}$ , dan  $Y_{t-2}$  merupakan peubah-peubah predetermined (Singh and Chaudary, 1979).

### F. Kerangka Berpikir





Keterangan :

- C, I, Y : Peubah Endogen
- G : Peubah Eksogen
- $Y_{t-1}, Y_{t-2}$  : Peubah Lag Endogen (Log dari Y)

## IV. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

### A. Deskripsi Umum Daerah Penelitian

Daerah penelitian terletak di Kecamatan Jatisrono, Kabupaten Wonogiri. Kecamatan Jatisrono terdiri dari 2 kelurahan dan 15 desa, meliputi Kelurahan Tanjungsari, Kelurahan Jatisrono, Desa Tasikharjo, Desa Sumberejo, Desa Rejosari, Desa Gondangsari, Desa Sidorejo, Desa Ngrompak, Desa Semen, Desa Pule, Desa Pelem, Desa Sambirejo, Desa Gunungsari, Desa Jatisari, Desa Pandeyan, Desa Watangsono, dan Desa Tanggulangin.

Kecamatan Jatisrono, Kabupaten Wonogiri memiliki rerata hujan yang lebih dari 1.562 mm per tahun. Kecamatan Jatisrono merupakan daerah dataran tinggi, memiliki jenis tanah Alfisols yang berwarna coklat agak kemerah-merahan. Daerah penelitian termasuk dalam sub DAS dan DAS Grindulu.

Pada lahan sawah, sistem pertanian di daerah Jatisrono secara umum menggunakan sistem monokultur dengan tanaman padi-padi-padi secara rutin sepanjang tahun. Ada sebagian lahan pertanian ada yang menggunakan sistem tumpang sari dengan jagung, kacang tanah, cabe rawit. Varietas padi yang banyak dibudidayakan yaitu IR 64 dan Ciherang. Sistem pengairannya berupa irigasi teknis, pada musim kemarau di beberapa desa tidak dapat dialiri air karena kekeringan. Adanya belik (sumber mata air) atau sungai sekitar petani dapat mengatasi masalah kekeringan dengan menggunakan pompa air. Petani Jatisrono umumnya termasuk petani kecil dengan luas perpetak sawahnya sempit.

### B. Satuan Peta tanah (SPT)

Dari overlay peta jenis tanah (SPT), peta kemiringan lereng dan peta penggunaan lahan didapat peta SPL (Satuan Peta Lahan). SPL yang terbentuk pada daerah penelitian adalah 44 SPL. Penggunaan lahan yang digunakan

dalam pembuatan SPL berupa sawah irigasi, tegalan, kebun, sawah tadah hujan dan semak ( Priyanto *et al*; 2006).

Sampel diambil pada masing- masing Satuan Peta Tanah (SPT) pada Satuan Penggunaan Lahan sawah (SPL) yang perinciannya dapat dilihat sebagai berikut :

Tabel 4.1 Penggunaan lahan sawah pada berbagai SPT dan SPL

Sampel diambil pada SPT	SPL
1	Sawah
2	Sawah
3	Sawah
4	Sawah
5	Sawah
6	Sawah
7	Sawah
8	Sawah

Berikut di bawah ini merupakan tabel yang menunjukkan luas areal lahan di Jatisrono yang telah dikonversikan dalam jumlah luas areal lahan pertanian ke dalam luasan areal dalam SPT. Dari SPT 1 sampai dengan SPT 8 dapat ditarik kesimpulan bahwa pada masing- masing SPT selalu didominasi oleh penggunaan lahan pertanian berupa areal sawah. Hal ini disebabkan sebagian besar petani di Jatisrono banyak membudidayakan tanaman padi secara terus menerus sepanjang tahun.



Tabel 4.2 Luas Areal Lahan Pertanian Pada SPT di Kec. Jatisrono, Wonogiri.

SPT	Penggunaan Lahan	Luas (m <sup>2</sup> )
1	Sawah	2.193.841,28
2	Sawah	5.553.718,96
2	Tegalan	94.602,59
2	Kebun	48.535,63
3	Sawah	1.260.831,04
3	Kebun	239.911,48
3	Tegalan	202.526,15
4	Sawah	1.952.192,30
4	Kebun	78.194,98
4	Tegalan	407.119,83
5	Sawah	2.226.183,98
5	Kebun	179.165,15
5	Tegalan	378.398,21
6	Sawah	1.759.738,23
6	Semak	43.441,03
6	Kebun	300.132,58
6	Tegalan	55.857,86
7	Sawah	5.567.181,40
7	Semak	1.524.744,04
7	Tegalan	592.878,55
7	Sawah Tadah Hujan	2.396.730,83
8	Sawah	2.187.812,68
8	Kebun	1.373.269,05
8	Tegalan	1.373.269,05

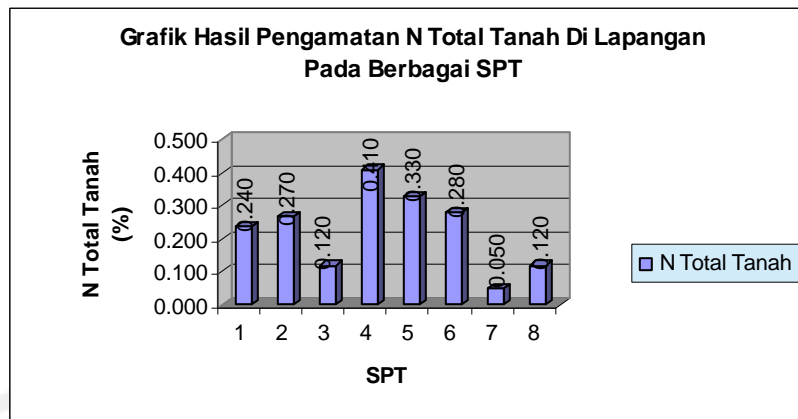
Sumber : Peta Jenis Tanah dan Penggunaan Lahan (Priyanto *et al.*, 2006).

### C. Hasil Pengamatan N, P, K

#### 1. N Total Tanah

Tanah di daerah penelitian merupakan jenis tanah Alfisols. Pada umumnya selama bertahun-tahun telah dilakukan budidaya padi dengan sistem irigasi. Pola tanam yang dilakukan adalah padi-padi-padi karena pada musim kemarau diselingi dengan penanaman jagung hibrida.

Hasil pengamatan N total tanah di lapangan pada berbagai SPT disajikan pada gambar 4.1 sebagai berikut :



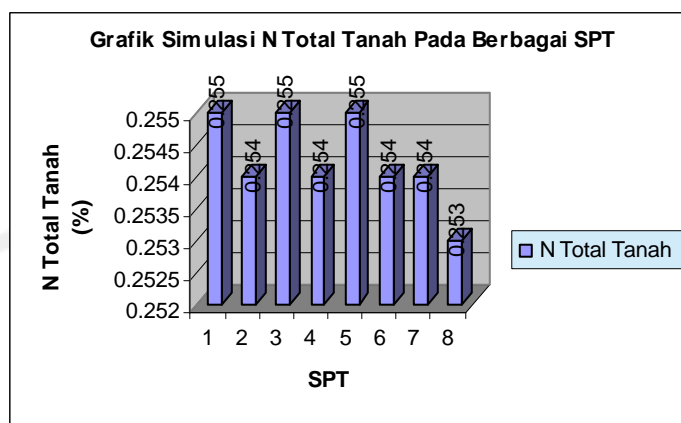
Gambar 4.1. Grafik N total tanah di lapangan pada berbagai SPT

Unsur N di dalam tanah berasal dari hasil dekomposisi bahan organik sisa-sisa tanaman maupun binatang, pemupukan (terutama urea dan ammonium nitrat) dan air hujan. Nitrogen di dalam tanah maupun di dalam tanaman bersifat sangat mobil, sehingga keberadaan N di dalam tanah cepat berubah atau bahkan hilang. Adapun faktor-faktor yang mempengaruhi hilangnya N dari tanah sebagai berikut :

1. Panen → kehilangan N dari tanah paling besar tergantung jenis tanah, produksi, frekuensi/ intensitas pertanaman.
2. Volatilisasi →  $\text{NH}_4^+$  dan  $\text{NO}_3^-$  →  $\text{NH}_3$  reaksi diatas dapat berjalan cepat pada pH dan temperatur tinggi.
3. Denitrifikasi, erosi.
4. Pelindian N- Mineral.

Dari grafik 4.1 menunjukkan bahwa kandungan N total tanah tertinggi yaitu 0,41 % (harkat sedang) yang dicapai pada SPT 4. Karena pada SPT 4 mempunyai tekstur lempung pasiran yang mengandung fraksi pasir sebesar 50,08% dan tingkat permeabilitas berharkat lambat sebesar 0,86 ml/jam  $\text{cm}^2$ . Pada SPT 7 kandungan N total tanah terendah sebesar 0,05% (harkat rendah). Hal ini karena pada SPT 7 mempunyai tekstur geluh lempung pasiran yang mengandung fraksi pasir sebesar 52,86% dan tingkat permeabilitas

sebesar 1 ml/ jam cm<sup>2</sup> (harkat lambat). Akibatnya perjalanan N di dalam tanah pada SPT 4 lebih lambat melindi daripada SPT 7 sehingga resiko terlindinya Nitrogen pada SPT 4 lebih kecil daripada SPT 7. Akibatnya kandungan N menjadi lebih tinggi pada SPT 4 daripada SPT 7.



Gambar 4.2 Grafik Simulasi N Total Tanah Pada Berbagai SPT

Dari gambar 4.2 dapat dilihat bahwa N tertinggi setelah disimulasi terdapat pada SPT 1, SPT 3, dan SPT 5 sebesar 0,255 %. Karena pada SPT tersebut, memiliki nilai kapasitas tukar kation yang tinggi yaitu SPT 1 sebesar 47,47 me %, SPT 3 sebesar 50,31 me %, dan SPT 5 sebesar 44,06 me % dengan harkat sangat tinggi. Alfisols berkembang dari batu kapur, tufa, dan lahar yang mengalami pelapukan. Dari proses alami bebatuan menjadi koloid yang mempunyai berbagai macam komposisi koloid tanah dengan didominasi oleh 93,8 % dari O dan 6,2 % dari K, Na, Ca, Si, Al, Fe, dan Mg. Pada permukaan koloid itu mempunyai muatan negatif yang mempunyai daya kemampuan menarik kation- kation tanah sehingga menyebabkan konsentrasi dan kekuatan ikatan muatan kation tersebut menjadi tinggi (Ali, 2005).

Pada SPT 1, SPT 3, dan SPT 5 mengandung sejumlah besar partikel bersifat koloid. Koloid ini tersusun dari oksida- oksida besi dan aluminium yang berasal dari mineral silikat pada kondisi pH agak masam) yang mengakibatkan nilai kapasitas tukar kation tinggi dan kandungan mineral lempung kaolinit menjadi tinggi. Kaolinit merupakan tanah liat oksida yang

mengalami tahap pelapukan lanjut biasanya dijumpai di kawasan tropika basah (Foth, 1994). Mineral lempung ini mempunyai muatan negatif di dalam kisi pertukaran. Hal ini karena adanya peristiwa patahan pada pinggiran kristal liat yang menimbulkan muatan negatif berupa O yang mempunyai valensi -2 pada permukaan kristal liat. Pada pH rendah muatan negatif tersebut segera dinetralkan oleh ion  $H^+$ , sehingga akibatnya terdapat  $OH^-$  diantara patahan mineral lempung tersebut.  $OH^-$  yang terdapat pada mineral lempung tersebut akan berikatan dengan amonium ( $NH_4^+$ ) sehingga menjadi  $NH_4OH$ . Dengan adanya mineral kaolinit maka akan menghambat aliran air karena pada mineral ini semakin halus butir-butir tanah tersebut maka semakin banyak unsur yang terjerap di dalam mineral tersebut sehingga kandungan N di dalam tanah tidak mudah hilang dengan demikian kandungan N menjadi tinggi.

N terendah pada SPT 8 sebesar 0,253 %. Karena pada SPT ini mengandung sebagian partikel bersifat koloid yang tersusun dari oksida-oksida besi dan aluminium yang berasal dari mineral silikat. Akibatnya nilai kapasitas tukar kation pada SPT ini yaitu 22,65 % (harkat sedang) sehingga menyebabkan kandungan mineral lempung kaolinit pada SPT ini sedang sehingga unsur N yang dijerap menjadi rendah dan kandungan N di dalam tanah menjadi rendah.

## **2. P Tersedia Tanah**

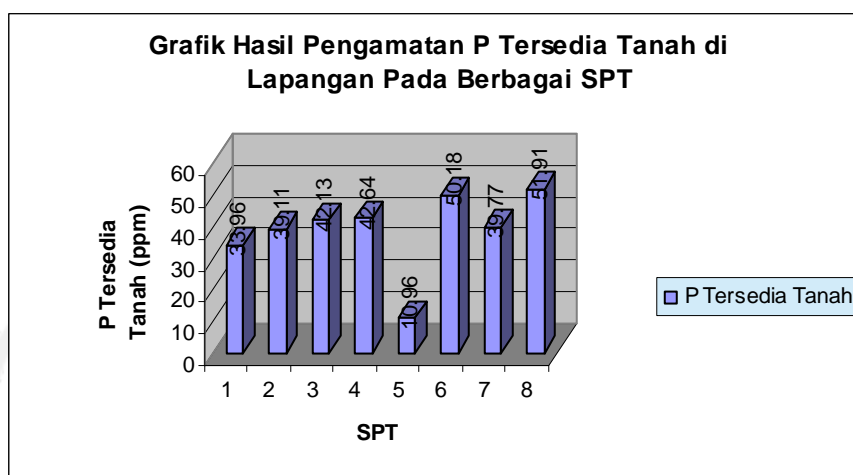
Secara umum P di dalam tanah dapat dikelompokkan menjadi P organik dan P anorganik. Ketersediaan P organik relatif lebih tinggi dibandingkan dengan P anorganik. Perbandingan bentuk-bentuk pada tanah tropika sangat terlapuk (tua) adalah bentuk P aktif (10 –20 %), bentuk P organik (10 –20 %), dan bentuk *occluded* (P tersemat) 50 – 80 % dari P total tanah (Arca,1985 *cit* Winarso 2005).

Menurut Buckman (1982), ada 4 sumber pokok fosfor dalam memenuhi kebutuhan baik P di dalam tanah maupun P pada Tanaman :

1. Pupuk buatan
2. Pupuk kandang
3. Sisa tanaman, termasuk pupuk hijau

4. Senyawa asli unsur P yang organik dan anorganik yang terdapat di dalam tanah

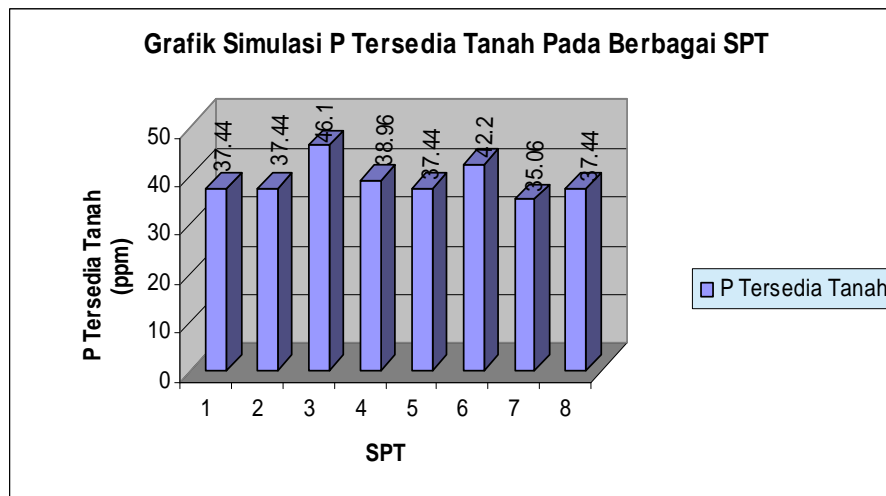
Hasil Pengamatan P tersedia tanah di lapangan pada berbagai SPT dapat disajikan pada gambar 4.3 sebagai berikut.



Gambar 4.3. Grafik P tersedia tanah di lapangan pada berbagai SPT

Dari gambar 4.3 dapat dilihat bahwa P tersedia tanah tertinggi sebesar 51,91 ppm (harkat sedang) pada SPT 8 dan terendah pada SPT 5 sebesar 10,96 ppm (harkat rendah), karena tekstur tanah pada SPT 8 dan SPT 5 walaupun memiliki kesamaan tekstur yaitu lempung pasir namun jumlah fraksi pasir pada SPT 8 (49,49 %) lebih kecil dari pada SPT 5 (51,82 %). Akibatnya permeabilitas tanah pada SPT 8 (1,99 ml/ jam  $\text{cm}^2$ ) lebih lambat daripada SPT 5 (2,64 ml/ jam  $\text{cm}^2$ ) sehingga resiko terlindinya N pada SPT 8 lebih kecil daripada SPT 5.

Hasil simulasi P tersedia tanah interaksi penambahan dosis pupuk dengan pengkondisian pH tanah disajikan pada gambar 4.4 sebagai berikut

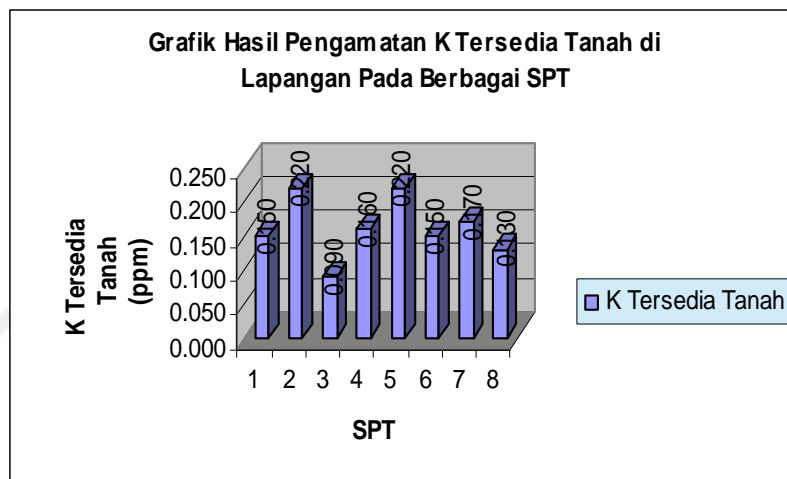


Gambar 4.4. Grafik 4.4 Simulasi P Tersedia Tanah Pada Berbagai SPT

Dari gambar 4.4 dapat dilihat bahwa kandungan P tersedia tanah tertinggi pada SPT 3 sebesar 46,1 ppm (harkat tinggi) dan P terendah pada SPT 7 sebesar 35,06 ppm (harkat sedang). Hal ini disebabkan oleh tekstur tanah pada SPT 3 lempung pasir yang mengandung fraksi pasir sebesar 17,22% sehingga tingkat permeabilitasnya menjadi lambat sebesar 0,91 ml/jam cm<sup>2</sup> dan pada SPT 7 tekstur tanahnya geluh lempung pasir yang mengandung fraksi pasir sebesar 52,86% sehingga tingkat permeabilitasnya menjadi lambat sebesar 1 ml/jam cm<sup>2</sup>. Akibatnya resiko kehilangan P dalam tanah lebih kecil pada SPT 3 daripada SPT 7.

### 3. K Tersedia Tanah

Hasil Pengamatan K tersedia tanah di lapangan pada berbagai SPT dapat disajikan pada gambar 4.5 sebagai berikut :



Gambar 4.5. Grafik K tersedia di lapangan pada berbagai SPT

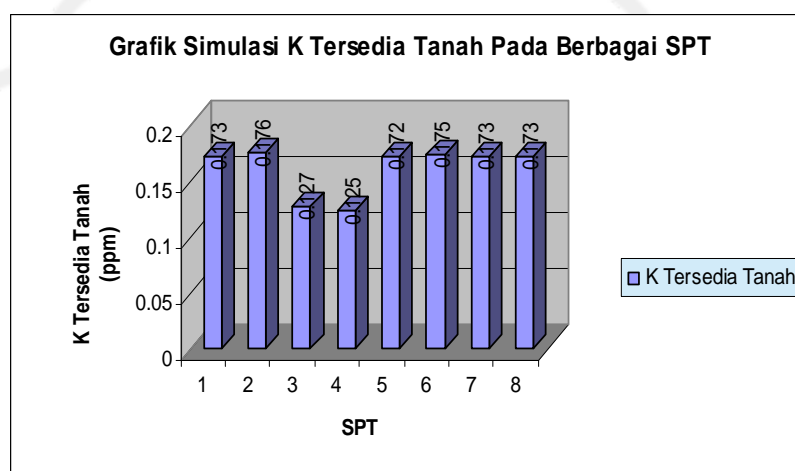
Nilai kandungan K tersedia tanah pada gambar 4.5 pada masing-masing SPT yaitu berkisar antara 0,09 ppm – 0,22 ppm (harkat rendah). Hal ini disebabkan pada tanah Alfisols mempunyai mempunyai nilai kapasitas tukar kation berkisar antara 22,65 me % - 50,31 me % (harkat tinggi) dan bertekstur tanah lempung, lempung pasiran dan geluh lempungan.

Englestad (1985) menyatakan bahwa K dipegang sebagai suatu kation yang dapat dipertukarkan, maka tidak dengan mudah bergerak melalui tanah bersama pergerakan air di dalam tanah yang mempunyai KPK yang cukup > 0,05 me %. Kalium bergerak terutama melalui difusi. Apabila K diberikan pada permukaan suatu tanah geluhan atau bertekstur lebih halus, ia tidak akan bergerak > 1 atau 2 cm ke dalam tanah.

K di dalam tanah cukup besar (jumlahnya ribuan kg sampai 20.000 kg/ha dan dapat mencapai 0,5 % sampai 2,5%), akan tetapi persentase yang tersedia bagi tanaman selama musim pertumbuhan tanaman rendah, yaitu kurang dari 2 %. Pada tanah- tanah tropik kadar K tanah bisa sangat rendah karena bahan induknya miskin K, curah hujan tinggi dan temperatur tinggi.

Kedua faktor tersebut mempercepat pelepasan/pelapukan mineral dan pencucian K tanah (Winarso, 2005). Hal ini sama dengan kondisi pada masing- masing SPT yang mempunyai curah hujan dan temperatur tinggi dan kandungan K tersedia rendah. Dengan adanya kendala tersebut maka tanah pada masing- masing SPT memiliki kandungan K di dalam tanah rendah.

Hasil simulasi K tersedia tanah interaksi pH tanah dengan kemiringan lereng dapat disajikan pada gambar 4.6 sebagai berikut.



Gambar 4.6. Grafik Simulasi K Tersedia Tanah Pada Berbagai SPT

Pada gambar 4.6 dapat dilihat bahwa kandungan K tersedia tanah setelah disimulasi tertinggi pada SPT 2 yaitu 0,176 ppm dan terendah pada SPT 4 sebesar 0,125 ppm. Hal ini disebabkan oleh nilai KPK pada SPT 2 (33,48 me %) lebih tinggi dibandingkan pada SPT 8 (30,67 me %). Menurut Englestad (1985) mengatakan bahwa K dipegang sebagai suatu kation yang dapat dipertukarkan, maka tidak dengan mudah bergerak melalui tanah bersama pergerakan air di dalam tanah yang mempunyai KPK yang cukup > 0,05 me %.

Pada SPT 2 mempunyai tekstur tanah lempung yang mengandung fraksi pasir sebesar 16,25 % dan pada SPT 4 bertekstur lempung pasir yang mengandung fraksi pasir sebesar 50,08%. Menurut Englestad (1985) jika K diberikan pada permukaan suatu tanah geluhan atau bertekstur lebih halus, ia



tidak akan bergerak  $> 1$  atau 2 cm ke dalam tanah. Akibatnya resiko kehilangan K dalam tanah lebih kecil SPT 2 daripada SPT 4.

#### **D. Model matematika**

Model simulasi merupakan model yang menghitung alur-waktu dari peubah-peubah model untuk seperangkat tertentu input model dan nilai parameter model. Karena seringkali tidak mungkin untuk menyelesaikan model analitik bagi sistem yang kompleks, maka model-model simulasi (yang lebih mudah diselesaikan) banyak digunakan dalam mengkaji dan menganalisis sistem dinamik yang kompleks.

Model mampu mensimulasi pertumbuhan dan hasil pertumbuhan tanaman padi pada berbagai kondisi daerah. Dengan adanya model dapat dimanfaatkan sebagai alat bantu pengambilan keputusan dalam pengelolaan tanah seperti penentuan waktu tanam yang optimum, potensi hasil padi suatu daerah, respon irigasi atau pengairan, pemodelan sistem daerah aliran sungai, indeks mutu lingkungan dan pemupukan N, P, K.

Untuk mengetahui model matematika pengelolaan N, P, K pada tanah Alfisols perlu dilakukan simulasi faktor-faktor yang paling berpengaruh. Faktor-faktor tersebut dibagi menjadi 2 faktor yaitu faktor endogen (faktor di dalam tanah) dan faktor eksogen (faktor di atas tanah). Simulasi digunakan sebagai acuan dalam peramalan pengelolaan hara N, P, K dan dijadikan pedoman dalam rekomendasi pengelolaan. Nilai simulasi diperoleh dengan uji analisis *Stepwise regression* pada faktor-faktor tersebut.

Dari hasil analisis *Stepwise regression* belum dapat diketahui faktor yang mempengaruhi baik faktor endogen (faktor di dalam tanah) dan faktor eksogen (faktor di atas tanah) karena ada data-data yang memiliki nilai yang sama seperti struktur tanah, kelembaban udara, curah hujan, suhu udara, cara pemberian pupuk. Untuk mendapatkan faktor yang berpengaruh dengan pengelolaan N, P, K maka dianalisis dengan menggunakan uji korelasi dengan faktor endogen (faktor di dalam tanah) dan faktor eksogen (faktor di

atas tanah) untuk mengetahui keeratan hubungan antar faktor- faktor yang mempengaruhi.

Berdasarkan uji korelasi dari masing- masing faktor endogen dan faktor eksogen dapat diketahui bahwa faktor endogen yang mempengaruhi pengelolaan N, P, K di Kecamatan Jatisrono adalah kapasitas pertukaran kation dan pH tanah. KPK memiliki hubungan cukup erat (*pearson Correlation* = -0,391) terhadap N di dalam tanah dan pH tanah memiliki hubungan cukup erat dengan P tersedia tanah (*pearson Correlation* = - 0,265) dan pada K tersedia tanah (*pearson Correlation* = 0,361).

Faktor eksogen yang mempengaruhi pengelolaan N, P, K adalah jenis pupuk, dosis pupuk, dan bahan organik tanah. Jenis pupuk memiliki hubungan kurang erat (*pearson Correlation* = -0,228) terhadap N di dalam tanah. Dosis pupuk memiliki hubungan cukup erat (*pearson Correlation* = 0,298) dengan P tersedia tanah dan bahan organik memiliki hubungan kurang erat (*pearson Correlation* = -0,126) dengan K tersedia tanah.

Dari uji korelasi faktor eksogen seperti batuan permukaan, batuan singkapan, curah hujan dan temperatur udara tidak mempunyai hubungan keeratan terhadap pengelolaan N, P, K. Hal ini karena batuan permukaan, batuan singkapan, curah hujan dan temperatur udara memiliki nilai yang sama pada masing-masing satuan peta tanah (SPT) dan tidak dapat diubah secara langsung karena merupakan faktor alam. Curah hujan, kelembaban udara dan suhu udara mempengaruhi pengelolaan N, P, K secara tidak langsung karena tanaman padi di Kecamatan Jatisrono membutuhkan faktor- faktor tersebut untuk pertumbuhan tanaman padi hingga panen. Curah hujan di Kecamatan Jatisrono sebesar 1.562 mm per tahun selama 15 tahun dari tahun 1992 sampai 2007, sedangkan kelembaban udara rata-rata selama 15 tahun terakhir sebesar 25,55 % dan suhu udara rata- rata selam 15 tahun sebesar 32 °C . Pada curah hujan, kelembaban udara dan suhu udara tersebut cocok untuk pertumbuhan tanaman padi karena syarat tumbuhnya tanaman padi memerlukan curah hujan 1.500 – 2.000 mm per tahun, suhu udara 23<sup>0</sup>C ke atas (AAK,1990).

Regresi digunakan untuk peramalan kausal yaitu mengasumsikan adanya hubungan sebab akibat antara masukan dan keluaran. Dengan peramalan dapat ditentukan bentuk hubungan tersebut dengan cara mengamati keluaran sistem dan mengkaitkan dengan masukan. Dengan demikian akan diperoleh bentuk serta derajat keeratan hubungan masukan dan keluaran. Hubungan ini kemudian digunakan untuk menduga status sistem yang akan datang.

Analisis regresi antara N total tanah dengan KPK dan jenis pupuk, P tersedia tanah dengan pH dan dosis pupuk, K tersedia tanah dengan pH dan bahan organik dihasilkan model pengelolaan N, P dan K yang di uji secara matematika sebagai berikut:

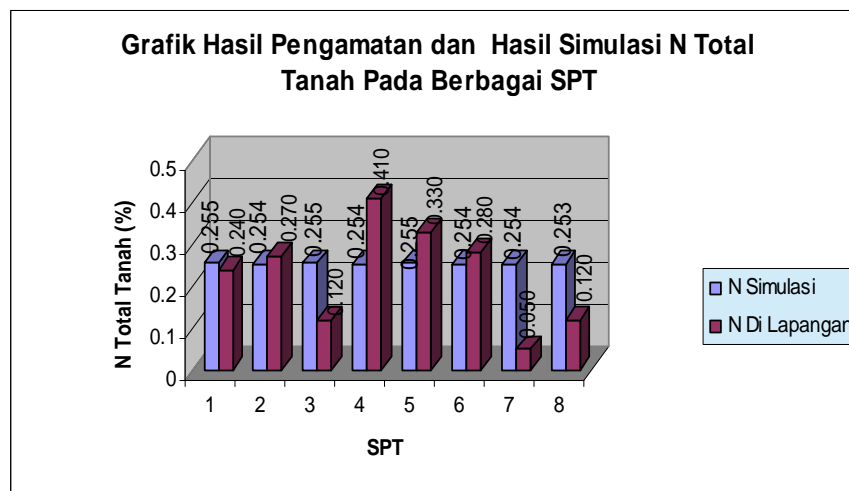
$$N \text{ total tanah} = 0,939 + 0,424 \text{ KPK} + 0,006 \text{ Jenis Pupuk}$$

$$P \text{ Tersedia} = 45,9 - 3,9 \text{ pH} + 2,38 \text{ Dosis pupuk}$$

$$K \text{ Tersedia} = - 0,016 + 0,0482 \text{ pH} - 0,0010 \text{ BO}$$

Dari model tersebut diatas dibuat simulasi untuk N total tanah dengan memperhatikan jenis pupuk dan KPK sehingga dapat mendukung tersedianya N dalam tanah. P tersedia tanah dengan memperhatikan dosis pupuk dan mengkondisikan pH tanah sesuai dengan kondisi yang ideal pada tanah yang ditanami tanaman padi. K tersedia tanah dengan mengkondisikan pH tanah sesuai dengan kondisi yang ideal pada tanah yang ditanami tanaman padi dan dengan penambahan bahan organik.

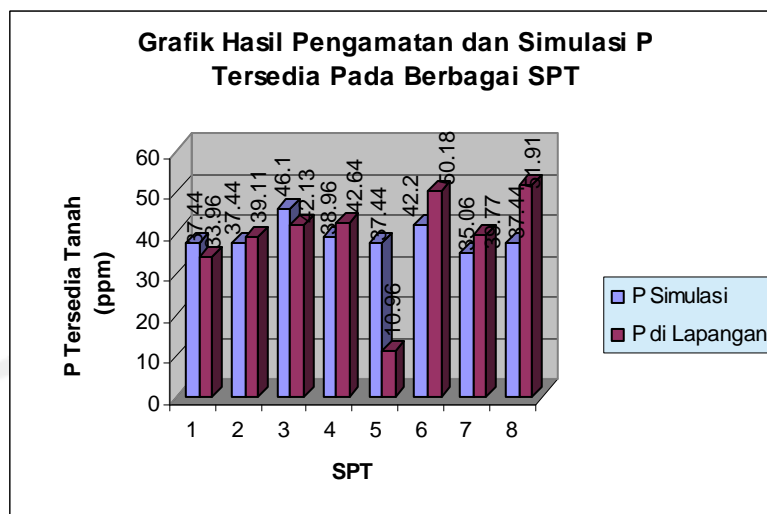
Di Kecamatan Jatisrono jenis pupuk yang digunakan untuk pertumbuhan tanaman padi adalah pupuk organik dan pupuk anorganik. Pupuk anorganik meliputi phonska, SP36, KCl, ZA, urea. Pupuk organik diberikan dalam bentuk pupuk kandang. Untuk setiap daerah jenis pupuk yang digunakan berbeda-beda tergantung ada tidaknya pasokan maupun distribusi pupuk tersebut. Kondisi ekonomi petani Jatisrono yang berbeda-beda menyebabkan pemupukan pada tanaman padi berbeda pula.



Gambar 4.7. Grafik hasil Pengamatan dan hasil simulasi N total tanah pada berbagai SPT.

Dari gambar 4.7 dapat dilihat bahwa dengan memperhatikan kapasitas pertukaran kation dan penggunaan jenis pupuk maka akan memberikan pengaruh dapat meningkatkan N total tanah pada masing-masing SPT. Pada daerah Jatisrono daerahnya mempunyai tingkat kemiringan lereng yang miring sampai dengan curam, dengan didukung oleh curah hujan yang tinggi maka akan menyebabkan N dalam tanah mudah terlindi. Dengan meningkatnya kapasitas tukar kation dan penggunaan jenis pupuk yang disesuaikan dengan kondisi sifat tanah seperti tekstur tanah masing-masing SPT maka ketersediaan N dalam tanah dapat meningkat.

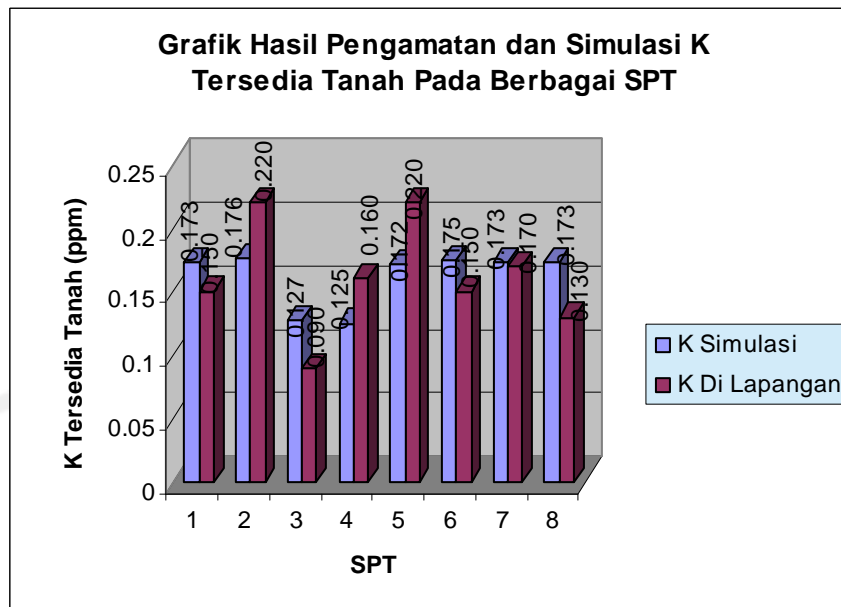
Hasil pengamatan P tersedia tanah dengan penambahan dosis pupuk dan mengkondisikan pH tanah disajikan pada gambar 4.8. sebagai berikut:



Gambar 4.8. Grafik Hasil Pengamatan dan hasil simulasi P tersedia tanah pada berbagai SPT

Dari hasil simulasi dapat diketahui bahwa dengan memperhatikan dosis pupuk dan pH tanah maka dapat menaikkan ketersediaan P dalam tanah. Penambahan dosis pupuk tidak memberikan dampak kenaikan terhadap ketersediaan P dalam tanah karena pada daerah Jatisrono ketersediaan P sudah cukup untuk budidaya tanaman padi sehingga tidak perlu penambahan dosis pupuk. Hal ini dapat dilihat dari nilai kandungan P tersedia tanah awal pada daerah Jatisrono berkisar antara 10,96 ppm – 50,18 ppm dengan harkat sedang sampai dengan tinggi sedangkan setelah disimulasi berkisar antara 35,06 ppm – 46,1 ppm. Pada dasarnya simulasi bertujuan untuk mendapatkan hasil yang optimum pada suatu pengelolaan dengan menggunakan jalur matematika, bukan bertujuan mendapatkan hasil yang tertinggi. Karena dari nilai tinggi belum tentu dapat mendatangkan keuntungan maupun perbaikan terhadap suatu pengelolaan lahan, dapat juga bisa merugikan.

Hasil pengamatan dan hasil simulasi K tersedia tanah dengan baham organik dan pH tanah disajikan pada gambar 4.8. sebagai berikut.



Gambar 4.8 Hasil Pengamatan dan hasil simulasi K tersedia tanah pada berbagai SPT.

Dari hasil simulasi dapat diketahui bahwa dengan memperhatikan pH tanah dengan bahan organik maka akan dapat menaikkan K tersedia tanah karena pada daerah Jatisrono kandungan K tersedia tanahnya berharkat rendah semua.

#### E. Rekomendasi Pengelolaan N, P, K

Pengelolaan tanah memegang peranan penting dalam peningkatan produksi dan mempertahankan produksi pada tingkat yang optimal. Pengelolaan tanah meliputi pengolahan tanah dan pemupukan. Pengolahan tanah dapat memperbaiki pertumbuhan tanaman melalui aerasi, pergerakan air dan penetrasi akar dalam profil tanah. Tanah harus mengandung cukup air dan udara serta cukup gembur agar akar dapat tumbuh dan menyerap unsur hara yang cukup bagi pertumbuhan tanaman.

Dari Hasil pengamatan N, P, K di lapangan pada dapat diketahui bahwa ketersediaan N di daerah Jatisrono berkisar rendah sampai dengan

sedang, sedangkan ketersediaan P berkisar sedang sampai tinggi dan ketersediaan Kalium di daerah Jatisrono berharkat rendah.

Dari hasil simulasi dapat diperoleh alternatif pengelolaan N yang baik pada daerah Jatisrono yaitu dengan penambahan jenis pupuk berupa urea dengan faktor pendukung berupa kapasitas tukar kation yang tinggi dengan kisaran 46,01 – 50,31 me %. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada halaman 76 lampiran 31.

Dalam penggunaan pupuk urea sebaiknya menggunakan pupuk yang terlapisi yang berupa kapsul atau matrik karena dengan pelapisan dapat mengendalikan kecepatan pelarut sehingga reaksi tanah dan pupuk berjalan secara perlahan-lahan/lambat sehingga unsur N tidak mudah hilang dari dalam tanah (Winarso, 2005).

Alternatif pengelolaan P di daerah Jatisrono dengan cara pengkondisian pH mencapai  $\pm 6,63$  (harkat netral) dan tanpa peningkatan dosis pupuk P karena pada daerah penelitian kandungan P tersedia tanah sudah cukup (harkat sedang) sehingga tidak perlu penambahan pupuk P secara besar-besaran agar ketersediaan hara bagi tanah dan tanaman menjadi seimbang. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada halaman 76 lampiran 32.

Alternatif pengelolaan K yang baik di daerah Jatisrono dengan pengkondisian pH mencapai 6,36 – 6,99 (harkat netral) dengan penambahan organik sebesar  $> 2,14$  %. Mengingat kondisi ketersediaan K dan kandungan bahan organik di Jatisrono rendah maka perlu penambahan bahan organik berupa pupuk organik dan pupuk anorganik. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada halaman 77 lampiran 33.

Pupuk organik mempunyai fungsi yang penting yaitu menggemburkan lapisan tanah permukaan (top soil), meningkatkan populasi jasad renik, mempertinggi daya serap dan daya simpan air, yang keseluruhannya dapat meningkatkan kesuburan tanah pula. Akan tetapi kadar mineralnya rendah dan masih memerlukan pelapukan terlebih dahulu sebelum dapat diserap tanaman, namun manfaatnya cukup besar.

Pemberian bahan organik terutama dengan menggunakan pupuk organik seperti pupuk kandang manfaatnya tidak hanya menambah unsur hara bagi tanaman, tetapi juga menciptakan kondisi yang sesuai untuk tanaman dengan memperbaiki aerasi, mempermudah penetrasi akar, dan memperbaiki kapasitas menahan air, meningkatkan pH tanah, KPK, serapan hara dan menurunkan Al-dd serta struktur tanah menjadi remah. Dengan bahan organik dapat meningkatkan kesuburan tanah, biomassa, dan produksi tanaman pangan.

Berdasarkan hasil penelitian ini maka dalam pemberian pupuk dan penambahan bahan organik, penggunaan jenis pupuk dan dosis pupuk hendaknya disesuaikan dengan kondisi yang ada dan sebaiknya dilakukan dengan hati-hati dan bijaksana sehingga dapat tercipta pengelolaan yang baik dan dapat berkelanjutan yang artinya dapat tercipta produktivitas tanaman yang tinggi dan kondisi tanah yang sehat.

Dari hasil uji T pada N total tanah, P tersedia tanah, K tersedia tanah pada hasil pengamatan di lapangan dengan N total tanah, P tersedia tanah, K tersedia tanah hasil simulasi menunjukkan bahwa model matematika tersebut berbeda tidak nyata artinya model matematika antara N, P, K pada hasil pengamatan di lapangan menunjukkan kesamaan dengan model matematika N, P, K hasil simulasi karena nilai P value pada uji T pada N total tanah sebesar 0,55 dan untuk nilai P value pada uji T pada P tersedia tanah sebesar 0,97 sedangkan P value pada uji T pada K tersedia tanah sebesar 0,99. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada halaman lampiran 28, 29 dan 30. Berdasarkan uji T tersebut maka model matematika dapat dijadikan sebagai rekomendasi pengelolaan N, P, K pada daerah Jatisrono.



## V. KESIMPULAN DAN SARAN

### A. Kesimpulan

1. Model matematika dapat dijadikan acuan dalam pengelolaan N, P, K pada lahan sawah di Kecamatan Jatisrono, Kabupaten Wonogiri.
2. Model pengelolaan N, P, K di Kecamatan Jatisrono, Kabupaten Wonogiri sebagai berikut :

$$N \text{ total tanah} = 0,939 + 0,424 \text{ KPK} + 0,006 \text{ Jenis Pupuk}$$

$$P \text{ Tersedia} = 45,9 - 3,9 \text{ pH} + 2,38 \text{ Dosis pupuk}$$

$$K \text{ Tersedia} = -0,016 + 0,0482 \text{ pH} - 0,0010 \text{ BO}$$

### B. Saran

1. Perlu adanya penelitian mengenai aplikasi percobaan model matematika di lapangan sehingga penelitian selanjutnya dapat memberikan masukan bagi penerapan pertanian organik menuju pertanian berkelanjutan (*sustainable agriculture*).
2. Perlu diadakannya penyuluhan kepada petani Jatisrono mengenai pengelolaan N, P, K yang tepat agar petani Jatisrono dapat mengelola tanahnya dengan baik dan mendatangkan produktivitas yang tinggi.
3. Rekomendasi pengelolaan N, P, K di Kecamatan Jatisrono, Kabupaten Wonogiri yaitu dengan memperhatikan penggunaan jenis pupuk urea, kapasitas tukar kation tinggi (46,01 – 50,31%), tanpa penambahan dosis pupuk P, pH tanah netral (6,36 – 6,99) dan penambahan bahan organik (>2,14%) dengan pupuk organik.
4. Perlu adanya penelitian mengenai analisis usaha tani tentang pengaplikasian model matematika pengelolaan N, P dan K pada daerah Jatisrono

**DAFTAR PUSTAKA**

- AAK.1990. *Budidaya Tanaman Padi*. Kanisius. Jakarta.
- Anonim. 2005. *Petunjuk Penggunaan Perangkat Uji Tanah Sawah*. Soil-fertility@indo. (diakses tanggal 6 Desember 2007 pukul 18.00 WIB).
- \_\_\_\_\_.2007. *Budidaya Padi*. <http://warintek.co.id>. (diakses 30 Mei 2007 pukul 08.00 WIB).
- \_\_\_\_\_. 2007. *Nutrient Management*. <http://www.kabari.indonesia.com>. (diakses tanggal 6 Desember 2007 pukul 18.00 WIB).
- \_\_\_\_\_.1983.*Kesuburan Kimia Tanah*. Staf Pusat Penelitian Tanah.
- An, La. 2007. *Cerita Science Fokushimiti Ilmu Tanah Klimatologi Rupa- rupa Sistem Informasi Geografi*.<http://www.library.usu.ac.id>. (diakses tanggal 20 April 2008 pukul 14.00 WIB).
- Ali,H. K., 2005. *Dasar- Dasar Ilmu Tanah*. PT Raja Grafindo Persada. Jakarta.
- Arca, M. 1985. *Efficient Use of Phosphorus Fertilization In Acid Tropical Soils*. Proceedings of an IBSRAM Inaugural Workshop. Bangkok. Thailand.
- Arianto, E. 2007. *Analisa Kuantitatif dan Contoh Aplikasinya Dalam Manajemen Produksi Blok di Perkebunan Kelapa Sawit*. <http://www.stategika.htm#content> (diakses tanggal 12 Februari 2008).
- Arsyad, S. 1989. *Konservasi Tanah Dan Air*. Penerbit IPB. Bogor
- Buckman, H.O, dan N.C. Brady.1982. *Ilmu Tanah*. Bharata Karya Aksara. Jakarta.
- Darmawijaya, M.I., 1997. *Klasifikasi Tanah*. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta.
- Departemen Pertanian. 2007. *Peraturan Menteri Pertama Nomor 40/Permentan/ot.140/04/2006 Tentang Rekomendasi Pupuk N, P dan K Pada Padi Sawah Spesifik Lokasi*. <http://www.litbang.deptan.go.id>.(diakses 5 Maret 2008).
- Djaenudin, D., Marwan.H, H. Subagyo, Anny Mulyani, dan N. Suharta, 2003. *Kriteria Kesesuaian Lahan Untuk Komoditas Pertanian.Versi 3*. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian. Pusat Penelitian Tanah dan Agroklimat. Bogor.
- Engelstad, O.P., 1985. *Fertilizer Technology And U third Edition*. Soil Science of Amerika. Dalam Hadjar, G. D., 1997. *Teknologi dan Penggunaan Pupuk*. Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta.
- Foth. H. D., 1994. *Dasar-dasar Ilmu Tanah*. UGM Press. Yogyakarta.

- \_\_\_\_\_.1988. *Kesuburan Tanah*. hal 112- 115. Penerbitan UNILA. Lampung.
- Hardilan. 2005. *Kecamatan Jatisrono Dalam Angka Tahun 2004*. Badan Pusat Statistik. Wonogiri.
- Hardjowigeno, S. 1992. *Ilmu Tanah* 44 ediyatama Sarana Perkasa. Jakarta.
- Hardjowigeno, S dan Lutfi Rayat. *Ilmu Tanah Sawah*. Bayu Media. Jawa Timur.
- Jacob, Agustinus.2008. *Tanaman Dalam Mengevaluasi Status Kesuburan Tanah*.  
[Http://tomoutou.net/3 sem1 012/a\\_jacob.htm](http://tomoutou.net/3_sem1_012/a_jacob.htm). (Diakses tanggal 17 Juli 2008)
- Ismunadji, M.S., Partohardjono, dan AS Karama, 1991. Fosfor, *Peranannya dan Penggunaannya Dalam Bidang Pertanian*.Kerjasama PT Petrokimia Gresik Dengan Balai Penelitian Tanaman Pangan Bogor. Bogor.
- Kyuma, K. 2004. *Paddy Soi Science*, 280 p. Kyoto University Press. Tarns Pacific Press.
- Lubis, K. 2000. *Nitrogen Dalam Perspektif Pertanian Berkelanjutan*.Fakultas Pertanian Universitas Sumatera Utara.<http://library.usu.id>.(diakses tanggal 5 Desember 2007 pukul 19.30 WIB).
- Makarim, A.K. dan I. Las, 2005. *Trobosan Peningkatan Produktivitas Padi Sawah Irigasi Melalui Model Pengelolaan Tanaman dan Sumberdaya Terpadu (PTT)*. hal 119. Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanaman Pangan. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian.
- Munir, M., 1996. *Tanah-Tanah Utama Indonesia*. Pustaka Jaya. Jakarta.
- Moorman, F.R and Nico V.B, 1978. *Rice Soil, Water, Land*. International Rice Research Institute. Los Banos.Philipines.
- Nasruddin, W. 2002. *Makalah Falsafah Sains*. Program Pasca Sarjana/S3. Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Priyanto, A., Sutopo, Mujiyo dan Widijanto, H, 2006. *Studi Pemetaan dan Tingkat Bahaya Erosi Di Kecamatan Jatisrono, Kabupaten Wonogiri Dengan Sistim Informasi Geografi (SIG)*. Skripsi S1 Regular Jurusan Ilmu Tanah Fakultas Pertanian UNS. Surakarta.
- Rakhmat, B., Syamsiyah.J, dan Mujiyo, 2008. *Hubungan Pemupukan Dengan Bahan Organik dan Kapasitas Pertukaran Kation Tanah Pda lahan Sawah di Kecamatan Jatisrono, Kabupaten Wonogiri*. Skripsi S1 Regular Jurusan Ilmu Tanah Fakultas Pertanian UNS. Surakarta.

- Rukmigarsari, E. 2008. *Kajian Model Pertumbuhan Populasi Dinamik Sederhana*. <http://www.journal.unair.ac.id/>. (diakses tanggal 12 Mei 2008 pukul 09.00 WIB).
- Rosmarkam, A dan N.W Yuwono, 2002. *Ilmu Kesuburan Tanah*. Kanisius. Yogyakarta.
- Samodra, H., S. Gafoer. dan S. Tjokrosapoetro. 1992. *Peta Geologi Lembar Ponorogo, Jawa skala 1 : 100.000*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi. Bandung.
- Sanchez.1993. *Sifat dan Pengelolaan Daerah Tropika*. ITB. Bandung.
- Santoso, D dan A. Sofyan, 2002. *Pengelolaan Hara Tanaman pada Lahan Kering*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanah dan Agroklimat. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian. Departemen Pertanian.
- Singh, R.K., and B.D. Chaudary, 1979. *Biometrical Methods in Quantitative Genetic Analysis*. Kalyani Publisher. New Delhi.
- Siregar, H. 1981. *Budidaya Tanaman Padi di Indonesia*. Sastra Hudaya. Bogor
- Sitompul, S.M., 2007. *Konsep Dasar Model Simulasi*. <http://www.worldagroforestrycentre.org>. (diakses 10 Desember 2007).
- Soemarno. 2003. *Pendekatan dan Pemodelan Sistem*. Program Pasca Sarjana Universitas Brawijaya. Malang.
- Soepardi, G. 1983. *Sifat dan Ciri Tanah*. IPB. Bandung.
- \_\_\_\_\_. 1979. *Masalah Kesuburan Tanah di Indonesia*. Fakultas Pertanian IPB. Bogor.
- Sumaryo. 1982. *Ilmu Kesuburan Tanah*. Fakultas Pertanian UNS. Surakarta.
- Sutejo, M.M. 2002. *Pupuk dan Cara Pemupukan*. Rineka Cipta. Jakarta.
- Tjitrosoeputro.1994. *Taksonomi Umum*. UGM Press. Yogyakarta.
- Tyas, I.N., 2006. *Teknik Pemupukan Pada Budidaya Tanaman Padi (Oryza sativa L.) di Kelompok Tani Sri Mulih Desa Ngrampal Kabupaten Sragen*. Usulan Praktik Lapangan S1 Regular Fakultas Pertanian UNS. Surakarta.
- Winarso, S. 2005. *Kesuburan Tanah*. Gaya Media. Yogyakarta.
- Wijanarko,Y., Utomo. S, dan Mujiyo. 2006. *Kesesuaian Lahan Untuk Pengembangan Tanaman Ubi Cilembu di Kecamatan Jatisrono Kabupaten Wonogiri*. Skripsi S1 Regular Jurusan Ilmu Tanah Fakultas Pertanian UNS. Surakarta.

**Lampiran 61. Deskripsi Lahan Sawah di Kecamatan Jatisrono, Wonogiri**



**Gambar 1. Lahan Sawah di Kecamatan Jatisrono, Wonogiri**

**Lampiran. 62. Pelaksanaan Kegiatan Penelitian di Kecamatan Jatisrono, Wonogiri**



Gambar 2. PPL Jatisrono



Gambar 3. Wawancara dengan Metode FGD



Gambar 4. Pejabat Daerah di Kecamatan Jatisrono

