

**PENYUSUNAN MODEL PENGELOLAAN KUALITAS TANAH SAWAH
DI KECAMATAN JATIPURO KABUPATEN KARANGANYAR
(Paddy Soil Quality Management Modeling in District of Jatipuro, Karanganyar Regency)**

Wahyu Adi Nugroho*, Sudjono Utomo dan Widyatmani Sih Dewi****

*Alumni Program Studi Ilmu Tanah, Fak. Pertanian, Universitas Sebelas Maret, Surakarta

**Jurusan Ilmu Tanah, Fak. Pertanian, Universitas Sebelas Maret, Surakarta

ABSTRACT

The intensive paddy soil management were known caused the soil degradation, thus the proper paddy soil quality management was needed to maintain the sustainability of soil function. The aim of the research was built a model that can be used as the reference of paddy soil quality management in district of Jatipuro, Karanganyar regency. The research was executed on October 2008 until February 2009. The research was descriptive explorative, carried out by collecting secondary data for model building and getting sample based on random sampling method at paddy soil in each Soil Map Unit (SMU), laboratory analysis for each selected soil quality indicator, and field observation for model validation. The results showed that the builded model: $SQ_i = 0,414 + 0,363 pH$, can be used as the reference of paddy soil quality management in district of Jatipuro. Based on the model then the recommendation of paddy soil quality management could be determined, through increasing pH by submerged the soil and delay the rice planting about 2 weeks after flooding.

Keywords: model, paddy soil quality, district of Jatipuro

PENDAHULUAN

Primadani (2008) melaporkan bahwa telah terjadi penurunan kualitas tanah pada tanah sawah di Kecamatan Jatipuro bila dibandingkan dengan hutan sebagai base reference, sebagai akibat dari praktik pengelolaan tanah secara intensif dan topografi yang bergelombang. Oleh karena itu, diperlukan suatu tindakan pengelolaan kualitas tanah sawah yang tepat di Kecamatan Jatipuro agar kualitas tanah sawah dapat dipertahankan, bahkan ditingkatkan.

Kualitas tanah didefinisikan sebagai kapasitas atau kemampuan tanah untuk dapat berfungsi di dalam ekosistemnya untuk mendukung produktivitas tanaman dan hewan, memelihara atau meningkatkan kualitas air dan udara, serta mendukung kesehatan manusia dan lingkungan (Wander et al., 2002; Karlen et al., 1997 cit. Weil and Magdoff, 2004)

Agar dapat diketahui tindakan pengelolaan kualitas tanah sawah yang tepat di Kecamatan Jatipuro maka permasalahan kualitas tanah sawah di daerah tersebut perlu dikaji terlebih dahulu secara seksama. Menurut Soemarno (2003), suatu permasalahan penelitian dapat dikaji secara matematis melalui sebuah model. Model didefinisikan sebagai suatu perwakilan atau abstraksi dari suatu obyek atau situasi aktual (Nasruddin, 2002; Sitompul, 2002). Oleh karena itu wujudnya lebih sederhana dibandingkan dengan realita yang diwakilinya.

Dengan mengkaji permasalahan penelitian secara matematis melalui model diharapkan dapat diperoleh keuntungan yang lebih besar dibandingkan dengan biaya yang diperlukan. Hal ini disebabkan adanya daya guna yang berlipat ganda pada proses rancang bangun dan analisis dalam bentuk

bahasa matematika yang sangat penting dalam ilmu alam (Soemarno, 2003).

Berdasarkan uraian di atas maka perlu dilakukan penelitian untuk menyusun model yang dapat dijadikan sebagai acuan pengelolaan kualitas tanah sawah di kecamatan Jatipuro, Kabupaten Karanganyar. Tujuan penelitian ini adalah menyusun model yang dapat digunakan sebagai acuan untuk pengelolaan kualitas tanah sawah di Kecamatan Jatipuro, Kabupaten Karanganyar. Diharapkan dengan model yang dihasilkan dapat ditentukan arahan pengelolaan kualitas tanah yang tepat untuk menjaga keberlanjutan fungsi tanah sawah di Kecamatan Jatipuro Kabupaten Karanganyar.

METODE PENELITIAN

Deskripsi Lokasi dan Waktu Penelitian

Penelitian dilaksanakan di lahan sawah Desa Palur Kecamatan Mojolaban, Kabupaten Sukoharjo, dengan ketinggian tempat 100 m dpl dan terletak antara 110° 51' 04" LS - 110° 53' 20" LS dan antara 70° 34' 02" BT - 70° 35' 15" BT. Analisis kimia tanah dan analisis jaringan tanaman dilaksanakan di Laboratorium Kimia dan Kesuburan Tanah Fakultas Pertanian Universitas Sebelas Maret Surakarta. Pelaksanaan penelitian ini dilaksanakan pada bulan Januari hingga Agustus 2008.

Penelitian dilaksanakan pada beberapa lahan sawah milik petani di wilayah Kecamatan Jatipuro, Kabupaten Karanganyar pada bulan Oktober 2008 hingga Februari 2009.

Penelitian ini merupakan penelitian deskriptif eksploratif, dilakukan dengan mengumpulkan data pengamatan kualitas tanah sawah pada penelitian sebelumnya (pengamatan tahun 2007) (Primadani, 2008) dan melalui survai di lapangan yang didukung hasil analisis tanah di laboratorium (pengamatan tahun 2008). Variabel-variabel yang diamati terdiri atas sifat fisika, kimia,

dan biologi tanah serta faktor di atas tanah yang dapat mempengaruhi kualitas tanah sawah. Penentuan titik lokasi sampel dilakukan secara acak (*random sampling*), yaitu pada tanah sawah milik petani yang terdapat di dalam setiap Satuan Peta Tanah (SPT). Berdasarkan hasil survai tanah yang telah dilakukan Kecamatan Jatipuro terbagi menjadi empat Satuan Peta Tanah (SPT) yaitu Typic Hapludalfs (SPT I), Vertic Hapludalfs (SPT II), Vertic Dystrudepts (SPT III), dan Typic Fragiudalfs (SPT IV).

Pengambilan sampel tanah terusik untuk mengukur respirasi tanah diambil pada kedalaman 20 cm dan tanah dicampur secara merata (komposit) tanpa dikeringanginkan terlebih dahulu (sampel tanah segar). Pengambilan sampel tanah terusik untuk analisis pH, P tersedia tanah, Fe tersedia tanah, Zn tersedia tanah, kapasitas air tersedia, dan C organik tanah dilakukan secara komposit, kemudian dikeringanginkan dan disaring dengan ayakan tanah bermata lubang 0,5 mm dan 2 mm.

Selanjutnya untuk memperoleh data pengelolaan tanah sawah dilakukan melalui pengamatan langsung di lapangan dengan mewawancarai petani perwakilan dengan menggunakan metode wawancara tidak berstruktur (Gulo, 2004).

Penentuan Indeks Kualitas Tanah (IKT)

Penentuan Indeks Kualitas Tanah (IKT) dilakukan dengan cara mengumpulkan data-data indikator yang telah terpilih kemudian digunakan untuk menghitung Indeks Kualitas Tanah (Larson and Pierce, 1994 cit. Kinyangi, 2007). Penentuan indikator kualitas tanah berdasarkan Minimum Data Set (MDS) dari Andrews et al. (2004) dan Lima, A.C.R. (2007).

Penghitungan indeks kualitas tanah dilakukan dengan menjumlahkan skor indikator kualitas tanah kemudian dirata-rata (indeks penjumlahan) (Andrews et al., 2004). Penentuan skor indikator kualitas tanah

berdasarkan penskoran oleh Lima, A.C.R. (2007) dan dari berbagai sumber yang lain (Tabel 1) dengan modifikasi kisaran skor 1-5. Semakin tinggi nilai IKT berarti kualitas tanah semakin baik (Andrews et al., 2004).

Penentuan Indeks Kerusakan Tanah

Soil Deterioration Index atau Indeks Kerusakan Tanah adalah indeks yang menyatakan perubahan atau penurunan kualitas tanah akibat pengelolaan tanah dibandingkan dengan *base reference*. Indeks Kerusakan Tanah ditentukan berdasarkan rata-rata dari penjumlahan persentase selisih masing-masing nilai indikator kualitas tanah sawah dengan tanah hutan. Semakin besar nilai negatif Indeks Kerusakan Tanah berarti kerusakan tanah yang terjadi semakin besar (Adejuwon and Ekanade, 1998 cit. Islam and Weil, 2000).

Penyusunan model

Penyusunan model diawali dengan menentukan faktor yang paling berpengaruh terhadap Indeks Kualitas Tanah, baik faktor di dalam tanah maupun faktor di atas tanah. Pengujian terhadap faktor yang paling

menentukan Indeks Kualitas Tanah dilakukan dengan uji Stepwise Regression menggunakan perangkat lunak Minitab versi 13.0 (Kusnandar, 2004; Iriawan dan Astuti, 2006). Setelah diperoleh faktor yang paling menentukan terhadap IKT kemudian digunakan untuk menyusun model matematika. Pendekatan yang digunakan untuk menyusun model matematika sebagai model pengelolaan kualitas tanah adalah dengan analisis regresi (Regression Analysis) (Hair et al., 1998).

Validasi model

Validasi model berguna untuk menguji ketepatan model matematika yang telah dibuat. Validasi model dilakukan dengan membandingkan nilai IKT aktual dari pengamatan di lapangan (pengamatan tahun 2008) dengan IKT hasil perhitungan model dengan menggunakan uji T (Schnoor, 1996). Berdasarkan perbandingan ini, suatu model dapat ditolak atau diterima tergantung atas ada atau tidaknya penyimpangan-penyimpangan yang berarti antara model dengan data aktual yang dikumpulkan (Nasruddin, 2002).

Tabel 1. Kriteria Skor Indikator Kualitas Tanah

No	Indikator	Skor					Keterangan
		1	2	3	4	5	
1	Kedalaman perakaran (cm)	<10	10-15	15-20	20-25	>25	-
2	Kapasitas air tersedia (%)	<7,62	7,62-15,24	15,24-22,86	22,86-30,49	>30,49	Kartonegoro dan Syamsul, 2006
3	pH tanah	<5,0 atau >9,0	5,1-5,5 atau 8,5-9,0	5,6-6,0 atau 7,9-8,4	6,1-6,5 atau 7,4-7,8	6,6-7,3	Soil Survey Staff, 1985
4	Kandungan C organik tanah (%)	<1	1-2	2-3	3-5	>5	Balai Penelitian Tanah, 2005
5	Kandungan P tersedia tanah (ppm P2O5)	<4	5-7	8-10	11-15	>15	Balai Penelitian Tanah, 2005
6	Kandungan Fe tersedia tanah (ppm)	<8,75 atau >63	8,75-17,5 atau 56-63	17,5-26,25 atau 49-56	26,25-35 atau 42-49	35-42	Lima, 2007
7	Kandungan Zn tersedia tanah (ppm)	<0,5 atau >3,6	0,5-1 atau 3,2-3,6	1-1,5 atau 2,8-3,2	1,5-2 atau 2,4-2,8	2-2,4	Lima, 2007
8	Respirasi tanah (mg CO2.g-1.hari-1)	<0,019	0,019-0,033	0,033-0,066	0,066-0,132	>0,132	Woods End Research, 1997 cit. Soil Quality Institute, 1999

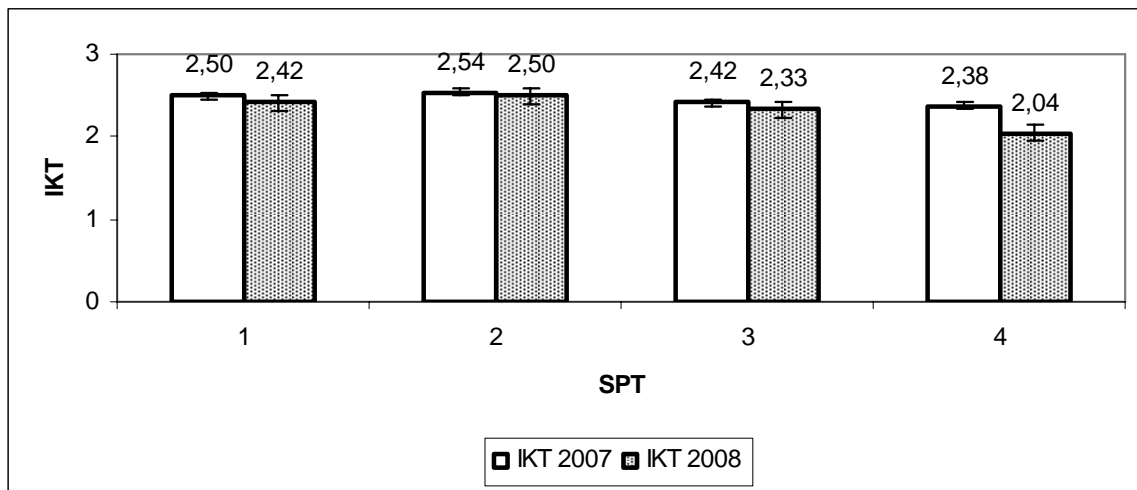
HASIL DAN PEMBAHASAN
Perbandingan Kualitas dan Kerusakan Tanah
Sawah di Kecamatan Jatipuro antara Tahun
2007 dengan Tahun 2008

Salah satu sifat kualitas tanah adalah dinamis, artinya dapat berubah-ubah tergantung bagaimana tanah tersebut dikelola (Natural Resources Conservation Service, 2008a). Berdasarkan data kualitas tanah tahun 2007 dan tahun 2008, diketahui bahwa pada tahun 2008 cenderung terjadi penurunan kualitas tanah di lokasi penelitian. Perbandingan kualitas tanah sawah di Jatipuro tahun 2007 dengan tahun 2008 disajikan dalam Gambar 1.

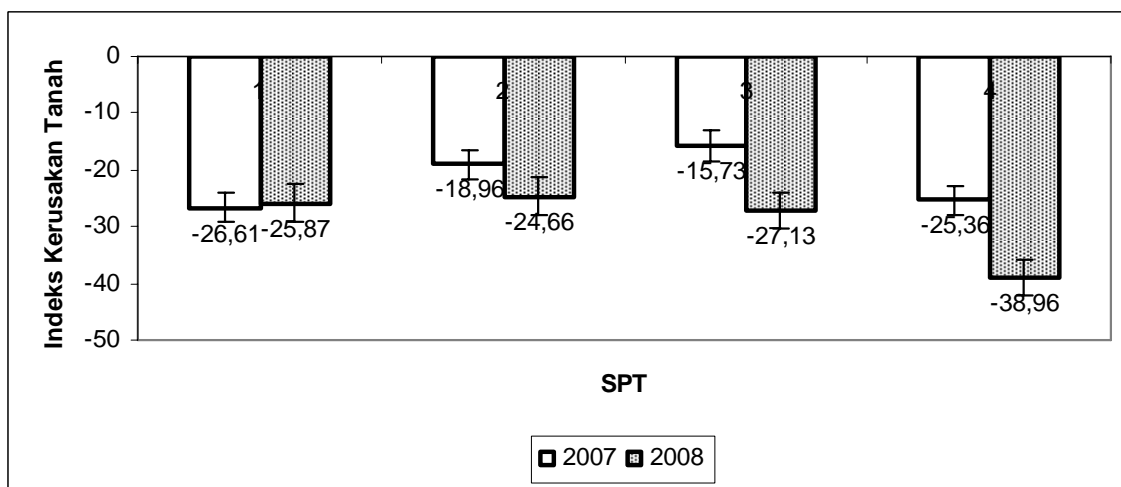
Kecenderungan penurunan kualitas tanah sawah di semua SPT dapat disebabkan

adanya pengelolaan tanah yang kurang tepat sehingga berdampak pada menurunnya kapasitas tanah dalam menjalankan fungsinya. Adanya penanaman monokultur dan tidak dilakukannya pengelolaan bahan organik di lokasi penelitian dapat menurunkan kualitas tanah (Natural Resources Conservation Service, 2008b). Tidak dilakukannya pengelolaan bahan organik di lokasi penelitian menyebabkan terjadinya penurunan kandungan C organik pada tahun 2008 di sebagian besar SPT yang berdampak pada menurunnya kualitas tanah.

Pada penelitian ini selain dapat diperoleh nilai Indeks Kualitas Tanah sawah, dari data-data indikator kualitas tanah sawah



Gambar 1. Histogram Perbandingan Kualitas Tanah Sawah di Jatipuro antara Tahun 2007 dengan Tahun 2008



Gambar 2. Histogram Perbandingan Indeks Kerusakan Tanah Sawah di Jatipuro antara Tahun 2007 dengan Tahun 2008

tahun 2007 yang telah dikumpulkan (Primadani, 2008) dan hasil pengukuran indikator kualitas tanah tahun 2008 dapat pula diperoleh nilai Indeks Kerusakan Tanah. Perbandingan indeks kerusakan tanah antara tahun 2007 dengan tahun 2008 pada masing-masing SPT disajikan dalam Gambar 2.

Berdasarkan data pada Gambar 2, diketahui bahwa kerusakan tanah tahun 2008 cenderung lebih tinggi dibandingkan tahun 2007, atau dengan kata lain pada tahun 2008 cenderung terjadi peningkatan kerusakan tanah. Peningkatan kerusakan tanah sawah di sebagian besar SPT diketahui berkorelasi positif dan berhubungan erat dengan penurunan kualitas tanah oleh karena itu penyebab peningkatan kerusakan tanah setidaknya dapat diketahui dari penyebab penurunan kualitas tanah.

Sama halnya dengan penurunan kualitas tanah, peningkatan kerusakan tanah dapat disebabkan adanya pengelolaan tanah yang kurang tepat di lokasi penelitian. Adanya penanaman monokultur dan tidak dilakukannya pengelolaan bahan organik di lokasi penelitian dapat meningkatkan kerusakan tanah (Natural Resources Conservation Service, 2008b). Adanya penurunan kandungan bahan organik tanah berdampak pada penurunan sifat-sifat fisik, kimia, dan biologi tanah yang mengakibatkan terjadinya kenaikan kerusakan tanah.

Penyusunan dan Validasi Model Pengelolaan Kualitas Tanah

Berdasarkan hasil penelitian, adanya kecenderungan penurunan kualitas tanah sawah di Kecamatan Jatipuro semakin mendorong dilakukannya upaya pengelolaan kualitas tanah sawah untuk menjaga keberlanjutan fungsi tanah. Upaya untuk menentukan arahan pengelolaan kualitas tanah yang tepat di Kecamatan Jatipuro dilakukan melalui pendekatan model.

Berdasarkan hasil Uji Stepwise Regression terhadap skor Indikator Kualitas Tanah sebagai faktor di dalam tanah, diketahui bahwa faktor di dalam tanah yang paling menentukan kualitas tanah sawah adalah pH. Selanjutnya secara terpisah, berdasarkan Uji Stepwise Regression terhadap faktor di atas tanah berupa faktor lingkungan dan pengelolaan, diketahui bahwa faktor-faktor tersebut tidak memiliki pengaruh yang berarti terhadap Indeks Kualitas Tanah. Oleh karena itu, dapat diketahui bahwa faktor yang paling menentukan kualitas tanah adalah faktor di dalam tanah, yaitu pH tanah.

Reaksi tanah atau pH sangat penting bagi tanaman karena selain mempengaruhi kelarutan unsur hara dalam tanah, pH juga mempengaruhi aktivitas mikroorganisme yang berperan dalam merombak bahan organik maupun dalam berbagai proses transformasi kimia di dalam tanah (USDA Natural Resources Conservation Service, 1998a).

Berdasarkan faktor yang paling menentukan kualitas tanah sawah serta Indeks Kualitas Tanah (IKT) yang didapatkan dari penskoran indikator kualitas tanah tahun 2007, dengan menggunakan analisis regresi linier berganda didapatkan sebuah model pengelolaan kualitas tanah sebagai berikut:

$$\text{IKT} = 0,414 + 0,363 \text{ pH}$$
$$(\text{R}^2(\text{adj}) = 31,7\%; \text{P value} = 0,033)$$

Berdasarkan analisis tersebut, diketahui bahwa nilai koefisien determinasi terkoreksi ($\text{R}^2(\text{adj})$) adalah 31,7%, artinya faktor yang terdapat dalam model mampu menjelaskan 31,7% variasi kualitas tanah sawah di Jatipuro. Selain itu, diketahui pula bahwa ketepatan model dalam menjelaskan kualitas tanah adalah berarti (nilai $\text{P} < 0,05$).

Model selanjutnya divalidasi menggunakan data baru yang diperoleh dari

lapang (Schnoor, 1996), yaitu data indikator kualitas tanah tahun 2008. Validasi dilakukan dengan membandingkan Indeks Kualitas Tanah berdasarkan model dengan Indeks Kualitas Tanah sebenarnya (aktual) (Nasruddin, 2002). Perbandingan nilai Indeks Kualitas Tanah aktual tahun 2008 dengan nilai Indeks Kualitas Tanah berdasarkan model di masing-masing SPT disajikan dalam Gambar 3.

Berdasarkan uji T, diketahui bahwa antara Indeks Kualitas Tanah Aktual dengan Indeks Kualitas Tanah Model tahun 2008 tidak terdapat perbedaan yang berarti (nilai $P=0,963$).

Hasil validasi ulang di lokasi baru yang berbeda dengan lokasi sebelumnya yaitu di desa Jatisuko (SPT 1) dan desa Jatipuro (SPT 2) juga menunjukkan bahwa antara Indeks Kualitas Tanah aktual dengan Indeks Kualitas Tanah model pada masing-masing lokasi tidak terdapat perbedaan yang berarti (nilai P lokasi I= $0,355$; Nilai P lokasi II= $0,084$). Oleh karena itu, model yang telah didapatkan dianggap dapat digunakan sebagai acuan pengelolaan kualitas tanah sawah di lokasi penelitian dengan pertimbangan hasil perhitungan Indeks Kualitas Tanah berdasarkan model dapat mendekati nilai Indeks Kualitas Tanah sebenarnya yang

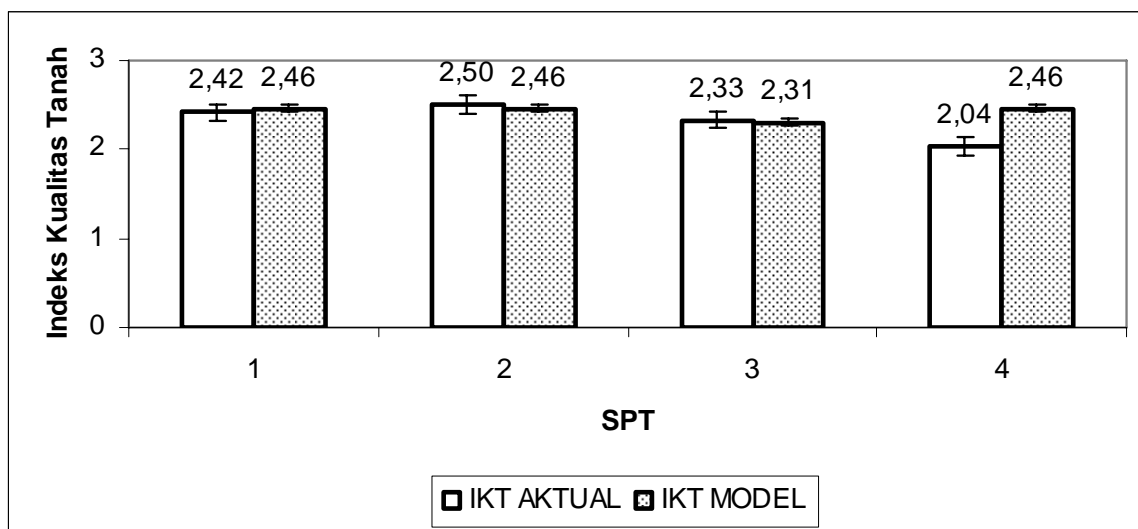
diperoleh berdasarkan penskoran (Indeks Kualitas Tanah aktual).

Arahan Pengelolaan Kualitas Tanah

Setelah faktor-faktor yang dikaji mampu disederhanakan menjadi sebuah bentuk model pengelolaan kualitas tanah, maka perlu dilakukan upaya tindak lanjut terhadap model dengan menyusun suatu arahan pengelolaan kualitas tanah yang dapat diterapkan di lokasi penelitian.

Pengelolaan kualitas tanah ditujukan untuk mempertahankan kualitas tanah yang ada saat ini, atau bahkan meningkatkan kualitas tanah hingga ke tingkat paling tinggi yang dapat dicapai tanah tersebut. Tanah hutan dapat dianggap sebagai tanah yang memiliki kualitas yang paling tinggi atau tanah yang ideal (Winarso, 2005) karena minimnya gangguan yang dilakukan oleh manusia. Oleh karena itu, peningkatan kualitas tanah yang diamati setidaknya mampu mendekati kualitas tanah hutan.

Berdasarkan model yang telah disusun diketahui bahwa untuk dapat meningkatkan kualitas tanah sawah hingga mendekati kualitas tanah hutan maka perlu dilakukan upaya peningkatan pH tanah. Secara umum, kisaran pH 6 hingga 7 merupakan kisaran pH yang paling baik bagi sebagian besar tanaman



Gambar 3. Histogram Perbandingan IKT Aktual dengan IKT Model

Tabel 3. Perhitungan Peningkatan pH Tanah berdasarkan Model

SPT	pH aktual (a)	IKT aktual	IKT yang diharapkan (IKT Hutan)	pH agar IKT sawah ≈ IKT Hutan (berdasarkan model) (b) = (IKT hutan-0,414)/0,363
1	5,371	2,48	2,63	6,105
2	5,291	2,60	2,63	6,105
3	5,382	2,33	2,63	6,105
4	5,232	2,04	2,63	6,105

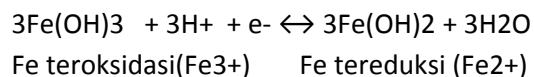
Sumber : Analisis Hasil Pengamatan

Keterangan : nilai IKT hutan = 2,63

karena pada kisaran pH ini sebagian besar unsur hara yang dibutuhkan tanaman dapat tersedia bagi tanaman (USDA Natural Resources Conservation Service, 1998a). Besarnya peningkatan pH tanah sawah yang dilakukan di lokasi penelitian dapat dihitung berdasarkan model yang telah disusun seperti disajikan dalam Tabel 3.

Pengelolaan pH tanah dapat dilakukan melalui berbagai usaha, meliputi usaha pengapuran (Edmeades dan Ridley, 2003; Fageria dan Baligar, 2003; Sparks, 2003), penambahan bahan organik (Fageria dan Baligar, 2003; Wong dan Swift, 2003), dan penggenangan (Sahrawat, 2005). Di antara praktik-praktik pengelolaan tersebut, penggenangan dapat dianggap sebagai upaya yang paling sesuai dilakukan di tanah sawah karena tanah sawah memiliki ciri utama yaitu adanya penggenangan. Pada tanah masam seperti tanah di lokasi penelitian, reaksi utama yang berpengaruh terhadap pH adalah oksidasi dan reduksi Fe.

Pada sistem ini, adanya genangan berperan penting dalam mengendalikan pH, seperti dijelaskan pada reaksi berikut:



Pada kondisi tergenang, H⁺ digunakan untuk reduksi Fe yang berakibat pada meningkatnya pH tanah. Namun, apabila tanah didrainase dan dikeringkan kembali atau mengalami oksidasi, pH tanah dapat

berubah kembali ke pH semula (Breemen, 1975 cit. Kongchum 2005).

Berdasarkan Tabel 3, diketahui bahwa Indeks Kualitas Tanah sawah dapat mendekati Indeks Kualitas Tanah hutan bila pH tanah sawah dapat ditingkatkan hingga mencapai pH 6,1. Menurut IRRI (1964) cit. Hardjowigeno dan Rayes (2005), di daerah tropis pada tanah mineral dengan bahan organik >2%, pH tanah dapat meningkat mencapai optimum (pH 6,6) setelah dilakukan penggenangan 2-4 minggu. Penanaman padi sawah 2 minggu setelah penggenangan dapat meningkatkan produksi 1 ton/ha di musim kemarau dan 0,8 ton/ha di musim penghujan. Berdasarkan penelitian Kongchum (2005), diketahui bahwa dengan adanya penggenangan maka pH tanah sawah pada minggu pertama mengalami fluktuasi dan dapat kembali konstan pada minggu ketiga.

Berdasarkan uraian di atas maka arahan pengelolaan kualitas tanah sawah di Kecamatan Jatipuro dapat ditentukan yaitu dengan melakukan penggenangan disertai penundaan penanaman 2 minggu setelah penggenangan untuk mencapai pH optimum. Karena pH yang diharapkan antara satu SPT dengan SPT yang lain adalah sama, maka arahan pengelolaan kualitas tanah sawah adalah relatif sama antara satu SPT dengan SPT yang lain.

KESIMPULAN

Model pengelolaan kualitas tanah sawah yang dihasilkan dalam penelitian dapat

digunakan sebagai acuan pengelolaan kualitas tanah sawah di Kecamatan Jatipuro. Model pengelolaan kualitas tanah sawah tersebut dapat disajikan dalam bentuk persamaan sebagai berikut:

$$IKT = 0,414 + 0,363 \text{ pH}$$

Berdasarkan model tersebut, maka arahan pengelolaan kualitas tanah sawah di Kecamatan Jatipuro adalah peningkatan pH tanah sawah melalui usaha peggenangan tanah sawah disertai penundaan penanaman 2 minggu setelah peggenangan untuk mencapai pH optimum.

DAFTAR PUSTAKA

- Andrews, S. S., D. L. Karlen, and C. A. Cambardella. 2004. The Soil Management Assessment Framework: A Quantitative Soil Quality Evaluation Method. *Soil. Sci. Soc. Am. J.* 68 (6) : pp. 1945-1962.
- Coyne, M. S. and J. A. Thompson. 2006. *Math for Soil Scientists*. Thomson Delmar Learning. New York.
- Edmeades, D.C. and A.M. Ridley 2003. Using Lime to Ameliorate Topsoil and Subsoil Acidity. Dalam: Rengel, Z. 2003. *Handbook of Soil Acidity*. Marker Dekker, Inc. New York.
- Fageria, N.K. and V.C. Baligar. 2003. Fertility Management of Tropical Acid Soils for Sustainable Crop Production. Dalam: Rengel, Z. 2003. *Handbook of Soil Acidity*. Marker Dekker, Inc. New York.
- Gulo, W. 2004. *Metodologi Penelitian*. PT Grasindo. Jakarta
- Hair, J.F., R.E. Anderson, R.L. Tatham, and W.C. Black. 1998. *Multivariate Data Analysis: Fifth Edition*. Prentice-Hall International, Inc. Upper Saddle River. New Jersey.
- Iriawan, N. dan S.P Astuti. 2006. *Mengolah Data Statistik dengan Mudah Menggunakan Minitab 14*. Penerbit Andi. Yogyakarta.
- Islam, K. R. and R. R. Weil. 2000. Soil quality indicator properties in mid-Atlantic soil as influenced by conservation management. *J. Soil Water Conser.* 55, 69-78.
- Kinyangi, J. 2007. "Soil Health and Soil Quality : a Review"; Dalam <http://worldagroinfo.org/files/Soil%20Health%20Review.pdf> tanggal 25 Juni 2008 pukul 16.24 WIB.
- Kongchum, M. 2005. "Effect of Plant Residue and Water Management Practices on Soil Redox Chemistry, Methane Emission, and Rice Productivity" (dissertation). The Department of Agronomy & Environmental Management, Louisiana State University. USA
- Kusnandar, D. 2004. *Metode Statistik: dan Aplikasinya dengan MINITAB dan Excel*. Madyan Press. Yogyakarta.
- Lima, A.C.R. 2007. "Soil Quality Assessment in Rice Production System" (PhD thesis). Wageningen University. Netherlands.
- Nasruddin, W. 2002. *Makalah Falsafah Sains*. Program Pasca Sarjana/S3. Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Natural Resources Conservation Service. 2008a. "Soil Quality Concepts"; Dalam <http://soils.usda.gov/sqi/publications/resources.html>. tanggal 22 Februari 2008 pukul 09.01 WIB.
- Natural Resources Conservation Service. 2008b. "Soil Quality Management"; Dalam <http://soils.usda.gov/sqi/management/management.html> tanggal 22 Februari 2008 pukul 09.07 WIB.
- Poerwowidodo. 1992. *Metode Selidik Tanah*. Usaha Nasional. Surabaya.
- Primadani, P. 2008. "Pemetaan Kualitas Tanah pada beberapa Penggunaan Lahan di Kecamatan Jatipuro Kabupaten Karanganyar" (skripsi). Jurusan Ilmu Tanah Fakultas Pertanian Universitas Sebelas Maret. Surakarta.

- Sahrawat, K. L. 2005. Fertility and Organic Matter in Submerged Rice Soils: Review Articles. *Current Science*. 88 (5).
- Schnoor, J. L. 1996. *Environmental Modeling: Fate and Transport of Pollutants in Water, Air, and Soil*. John Wiley and Sons. New York
- Sitompul, S. M., 2007. "Konsep Dasar Model Simulasi"; Dalam <http://www.worldagroforestry.org/SEA/Publications/files/lecturenote/LN0034-04/LN0034-04-4.PDF>. tanggal 18 Juni 2008 pukul 05.38 WIB
- Soemarno. 2003. *Pendekatan dan Pemodelan Sistem*. Program Pasca Sarjana Universitas Brawijaya. Malang.
- Sparks, D.L. 2003. *Environmental Soil Chemistry (2nd Ed)*. Academic Press: An Imprint of Elsevier. San Diego. California.
- Tan, K. H. 2005. *Soil Sampling, Preparation, And Analysis (2nd Ed)*. CRC Press. Florida.
- USDA Natural Resources Conservation Service. 1998a. *Soil Quality Indicators: pH*. Soil Quality Information Sheet. The U.S. Department of Agriculture (USDA). Washington, DC.
- Wander, M.W., G. L. Walter, T. M. Nissen, G. A. Bollero, S. S. Andrews, and D. A. C. Grant. 2002. *Soil Quality: Science and Process*. *Agron. J.* 94 (1): pp.23-32.
- Weil, R.R. and F. Magdoff. 2004. *Soil Organic Matter in Sustainable Agriculture: Significance of Soil Organic Matter to Soil Quality and Health*. CRC Press. Florida.
- Winarso, S. 2005. *Kesuburan Tanah: Dasar Kesehatan dan Kualitas Tanah*. Gava Media. Yogyakarta.
- Wong, M.T.F and R.S. Swift. 2003. *Role of Organic Matter in Alleviating Soil Acidity*. Dalam: Rengel, Z. 2003. *Handbook of Soil Acidity*. Marker Dekker, Inc. New York.

