

SIFAT FISIK DAN KIMIA SEDIMEN PADA DANAU TONDANO

PHYSICAL AND CHEMICAL PROPERTIES OF SEDIMENT IN TONDANO LAKE

Vinny Virginia Moningka¹

Meldi T.M. Sinolungan²

Djoni Kaunang²

Rafli Kawulusan²

Abstrak

Danau Tondano merupakan sumberdaya alam yang vital di Kabupaten Minahasa. Permasalahan yang terjadi adalah pendangkalan danau melalui proses sedimentasi. Sedimen merupakan endapan lumpur yang mengandung material-material yang terendap melalui proses kimiawi dan biologis. Tujuan penelitian untuk mempelajari sifat fisik dan kimia sedimen di Danau Tondano, khususnya di wilayah timur (Eris) dan wilayah barat (Remboken). Metode *Purposive Sampling* dilakukan dengan perbedaan kedalaman pengambilan sampel (Eris 11 m; Remboken 7 m). Parameter yang diamati adalah sifat fisik tanah yaitu tekstur tanah dan sifat kimia tanah yaitu, nitrogen total, fosfor tersedia, kalium tersedia, c-organik, dan pH. Hasil penelitian menunjukkan sifat fisik tanah adalah bertekstur lempung berdebu, dan sifat kimia tanah menunjukkan kemasaman bahan sedimen adalah agak masam yaitu pH= 6,52 (Eris), pH= 6,58 (Remboken), C-organik, Nitrogen dan Fosfor di Eris lebih tinggi daripada Remboken, dan Kalium di Eris dan Remboken sangat rendah.

Kata kunci: sifat fisik, sifat kimia, sedimen, Danau Tondano.

Abstract

Tondano Lake was an important natural resource in Minahasa Regency. There was an important problem, i.e.: lake shallowing through the process of sedimentation. Sediment was mud deposit containing materials through both chemical and biological processes. The purpose of this study was to identify the physical and chemical properties of sediments in Lake Tondano, especially in the eastern part (Eris) and the western part (Remboken). Purposive Sampling Method was in different depth of sampling (Eris 11 m; Remboken 7 m). Parameters observed were physical properties of soil was soil texture, and chemical properties of soil were total nitrogen, available phosphorus, available potassium, C-organic, and pH. Results had showed that, soil physical was silty clay of texture. However, soil chemical were acidity of sediment was slightly acid, i.e. : pH=6.52 (Eris), pH= 6.58 (Remboken), C-organic, Nitrogen and Phosphorus in Eris were higher than in Remboken; and Potassium in Eris and Remboken were very low.

Keywords: physical properties, chemical properties, sediment, Tondano Lake.

¹ Student of Agroecotechnology/Land Resources Management of Agriculture Faculty, Sam Ratulangi University.

² Lecturer of Soil Department of Agriculture Faculty, Sam Ratulangi University.

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Lahan merupakan bagian dari bentang alam (*landscape*) yang mencakup pengertian lingkungan fisik termasuk iklim, topografi/relief, tanah dan hidrologi. Bahkan keadaan vegetasi alami (*natural vegetation*) yang semuanya secara potensial akan berpengaruh terhadap penggunaan lahan (FAO, 1976). Dalam rangka memenuhi kebutuhan hidup manusia yang terus berkembang dan untuk memacu pertumbuhan ekonomi yang semakin tinggi, pengelolaan lahan seringkali kurang bijaksana. Dalam hal ini manusia tidak mempunyai kesadaran lingkungan dan tidak mempertimbangkan aspek keberlanjutannya (untuk jangka pendek) sehingga kelestariannya semakin terancam, yakni terjadinya kerusakan lahan.

Faktor penyebab kerusakan lahan ialah makin meningkatnya penambahan penduduk serta perkembangan ekonomi dan industri yang mengakibatkan terjadinya degradasi, alih fungsi, dan fragmentasi lahan pertanian. Secara garis besar, penyebab kerusakan lahan disebabkan oleh dua hal yaitu; 1) Bencana alam, dimana secara langsung lahan mempunyai potensi untuk mengalami kerusakan; 2) Manusia, dalam hal pengelolaan dan pemanfaatan lahan yang tidak tepat). Salah satu bentuk kerusakan lahan pertanian yang disebabkan oleh faktor di atas yaitu erosi. Erosi adalah proses berpindahnya atau terangkutnya tanah atau bagian tanah dari suatu tempat ke tempat lain (Sinukaban, 1989).

Menurut Arsyad (2000) kerusakan yang ditimbulkan karena erosi terjadi di dua tempat yaitu; 1) pada tanah tempat erosi terjadi; 2) pada tempat tujuan akhir tanah yang terangkut tersebut endapan atau sedimen. Meningkatnya jumlah erosi dan sedimentasi akan memberikan dampak yang besar yaitu pendangkalan pada danau.

Sedimen merupakan endapan lumpur yang berasal dari hancurnya batu-batuan, atau bahan-bahan biologis yang terangkut melalui suatu cairan, dan bahan padatan (endapan) yang melayang-layang di dalam, atau yang terendap dalam air. Menurut BRLKT *dalam* Tamod (1998) memperkirakan debit sedimen ke Danau Tondano sekitar 107,441 ton/tahun. PU *dalam* Tamod (1998) memperkirakan aliran sedimen sebanyak 6.400 ton/tahun melalui 16 aliran. Hikmatullah (1996) *dalam* Tamod (1998) memperkirakan beban keseluruhan suspensi per tahun dari 11 aliran sebanyak 7.358 ton. Molenaar *dalam* Tamod (1998), mengamati debit dan sedimen yang tersuspensi diperkirakan jumlah hasil suspensi sedimen 7.441 ton/tahun.

Danau Tondano merupakan sumberdaya alam yang penting di Kabupaten Minahasa dan merupakan danau terbesar di Propinsi Sulawesi Utara. Pendangkalan Danau Tondano pada tahun 1934 kedalamannya mencapai 40 meter, setelah 47 tahun kemudian kedalamannya berubah menjadi 20 meter (Whitten *et al.*, 1987). Menurut BRLKT *dalam* Tamod (1998), pendangkalan Danau Tondano, tahun 1974 kedalaman 28 meter, tahun 1983 adalah 27 meter, tahun 1992 kedalaman 16 meter, tahun 1996 kedalaman danau 15 meter. Pendangkalan ini terlihat dengan jelas di Eris, di sisi timur Danau Tondano, dimana penduduk setempat melaporkan bahwa garis pantai danau pada 1980-an terletak beberapa meter dari garis pantai danau yang sekarang. Luas Danau juga mengalami penyempitan dari 5.600 ha pada tahun 1976 menjadi 4.400 pada tahun 1996. Hal ini berarti terjadi proses penyempitan seluas 1.200 ha selama 20 tahun atau 60 ha/tahun (Sallata, 1999).

Partikel-partikel tanah yang terbawa melalui proses erosi, selain memindahkan tanah dari satu tempat ke perairan Danau Tondano dan akhirnya menjadi sedimen, juga mengakibatkan peningkatan unsur hara pada badan air. Unsur hara ini telah mempercepat proses eutrofikasi di perairan Danau Tondano. Peledakan tumbuhan akuatik merupakan salah satu indikator bahwa telah terjadi pengkayaan unsur hara atau eutrofikasi di Danau Tondano. Penebangan hutan, kegiatan pertanian serta pemukiman penduduk hingga ke tepi danau menyebabkan lahan menjadi terbuka. Partikel tanah dan sisa-sisa pupuk dengan mudah dibawa oleh air hujan masuk ke dalam danau. Selain itu kebiasaan penduduk yang menjadikan badan air sebagai tempat membuang sampah, juga makin mempercepat pengkayaan unsur hara. Akhir-akhir ini usaha pemeliharaan ikan di danau yang berbentuk jaring apung, sisa-sisa pakan ikan menambah bahan organik dalam badan air dan semua itu mendorong meledaknya tumbuhan akuatik di Danau Tondano (Nebath 2008 *dalam* Sinolungan 2008a).

Kaunang (2000) melakukan penelitian tentang kadar lumpur yang ditumbuhi eceng gondok di Danau Tondano. Unsur-unsur yang dianalisis seperti bahan organik, N-Total, P-Tersedia, K-Tersedia dan pH tanah. Dari unsur-unsur tersebut menunjukkan kadar P dan K tergolong tinggi, yang artinya sumbangan unsur yang datang dari daerah hulu tergolong cukup banyak.

Tujuan

Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari sifat fisik dan sifat kimia tanah pada sedimen di Danau Tondano, terlebih khusus pada wilayah timur (Eris) dan wilayah barat (Remboken).

Manfaat

Adapun manfaat dari penelitian ini, yaitu :

- Agar dapat menjadi dasar/informasi untuk penelitian selanjutnya.
- Manfaat bagi penulis adalah untuk menambah ilmu pengetahuan tentang pemanfaatan sedimen yang ada di Danau Tondano.

METODOLOGI PENELITIAN

Tempat dan Waktu

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan September– Oktober 2014 di Danau Tondano Kabupaten Minahasa, dan dianalisa di Laboratorium Kimia dan Kesuburan Tanah dan Laboratorium Fisika dan Konservasi Tanah, Jurusan Tanah, Fakultas Pertanian, Universitas Sam Ratulangi Manado.

Bahan dan Alat

Alat dan bahan yang digunakan di lapangan yaitu grab sampler, meteran, tali, label, ember, pH meter dan alat tulis menulis.

Alat dan bahan yang digunakan di laboratorium tercantum dalam Metode analisis: Penetapan Tekstur (Metode pipet Kang Biaw Tjwan & Putu Djapa Winaya), pH, Nitrogen (Metode Kjeldhal), Fosfor (Metode Bray 1), Kalium (Metode Bray I) dan C-organik (Metode Walkley and Black). Kalium (Metode Bray I) dan C-organik (Metode Walkley and Black).

Metode Penelitian

Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan Metode *Purposive Sampling*. Sampel sedimen diambil pada dua lokasi di Danau Tondano yaitu pada sebelah timur (Kecamatan Eris) dan sebelah barat (Kecamatan Remboken).

Prosedur Kerja

Penelitian dilaksanakan dengan cara sebagai berikut :

1. Persiapan dan pengambilan contoh sedimen
 - Menentukan lokasi dan pengambilan contoh sedimen.
 - Contoh sedimen diambil pada dua lokasi yaitu Eris dan Remboken.
 - Pengambilan sampel menggunakan alat Grab Sampler.
 - Kedalaman untuk pengambilan sampel, lokasi Eris di 11 meter dan lokasi Remboken di 7 meter.
2. Penentuan sifat fisik dan kimia tanah pada contoh sedimen di laboratorium
 - Contoh sedimen yang diambil dari lokasi penelitian dipipet terlebih dahulu untuk mengurangi air yang ada pada sedimen.

- Contoh sedimen dikeringanginkan selama seminggu.
- Contoh sedimen siap dianalisis.
- Analisis sifat fisik tanah yaitu Tekstur Tanah menggunakan Metode Pipet (Kang Biaw Tjwan & Putu Djapa Winaya).
- Analisis sifat kimia tanah terdiri dari :
 - Nitrogen Total Metode Kjeldhal
 - P tersedia Metode Bray 1
 - K tersedia Metode Bray 1
 - C-organik Metode Walkley and Black
 - pH tanah menggunakan pH meter

3. Analisis Data

Data yang diperoleh dianalisis secara deskriptif.

Parameter Yang Diamati

1. Tekstur Tanah.
2. Nitrogen Total.
3. P Tersedia.
4. K Tersedia.
5. C-organik.
6. pH Tanah.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Sifat Fisik Sedimen

Hasil analisis sifat fisik tanah yaitu tekstur pada sedimen Danau Tondano di wilayah Timur (Eris) dan di wilayah barat (Remboken), dengan ketinggian yang berbeda, tertera pada Tabel 1.

Tabel 1. Data Hasil Analisis Tekstur

No	Kode Sampel	Persentase Tekstur Sedimen (%)			Kelas Tekstur
		Pasir	Debu	Liat	
1.	Eris	21,81	66,33	11,86	Lempung Berdebu
2.	Remboken	10,25	64,32	25,43	Lempung Berdebu

Pasir

Pasir merupakan salah satu bagian dari fraksi yang memiliki ukuran partikel 2mm-50 μ dan termasuk dalam kelompok kelas dengan tekstur yang kasar (Hardjowigeno, 2007). Tabel 1 menunjukkan persentase pasir dalam sedimen di Eris 21,81% dan di Remboken 10,25%. Dari data tersebut didapati kandungan pasir dalam sedimen di Eris lebih tinggi dari kandungan pasir dalam sedimen di Remboken.

Mekanisme pengangkutan sedimen berdasarkan posisi kedalaman aliran sedimen yang terbawa aliran air dengan muatan sedimen dasar yang berupa partikel-partikel kasar seperti pasir bergerak dan dapat bergeser menggelinding atau

meloncat dari tempat yang tinggi ke tempat yang rendah (Sudradjat *dkk*, 1996 dalam Tamod, 1998).

Debu

Debu merupakan salah satu dari bahan-bahan tanah yang memiliki ukuran partikel lebih kecil dari pasir yaitu $50\mu-2\mu$ (Hardjowigeno, 2007). Debu termasuk dalam muatan bilas yang berupa partikel-partikel halus yang terbawa aliran sungai sampai ke danau ataupun pada aliran yang tenang/tergenang. Sumber utama dari muatan bilas adalah hasil pelapukan lapisan atas batuan atau tanah di suatu DAS (Sudradjat *dkk*, 1996 dalam Tamod, 1998).

Berdasarkan hasil penelitian yang ditunjukkan pada Tabel 1, persentase debu dalam sedimen di Eris (66,33%) lebih tinggi dari persentase debu di Remboken (64,32%). Menurut Patang (2009), lokasi pengambilan sampel berpengaruh pada banyaknya kandungan debu. Lokasi yang dekat dengan aktivitas masyarakat umumnya memiliki fraksi debu yang lebih banyak karena aktivitas masyarakat mengakibatkan pola air di lokasi tersebut tidak tenang, sehingga pengendapannya terganggu dan mengakibatkan debu yang sifatnya licin dan lebih ringan dari pasir mudah terbawa oleh pola air yang tidak tenang.

Liat

Liat memiliki ukuran partikel kurang dari 2μ , dengan ukuran tersebut membuat liat menjadi yang paling kecil dari semua tekstur tanah (Hardjowigeno, 2007). Hasil penelitian menunjukkan kadar liat pada lokasi pengambilan sampel di Remboken lebih tinggi (25,43%) dari kadar liat pada lokasi pengambilan sampel di Eris (11,86%). Sedimen yang banyak mengandung fraksi liat memiliki laju pertukaran air yang lambat, hal tersebut disebabkan oleh ukuran partikel-partikel liat sangat kecil. Akibatnya pertukaran O_2 yang dibawa oleh air yang masuk ke dalam sedimen menjadi terhambat (Emiyarti, 2004).

Lempung Berdebu

Dari data hasil analisa tekstur diatas, didapati kelas tekstur lempung berdebu dari masing-masing lokasi Eris dan Remboken. Lempung mempunyai komposisi yangimbang antara fraksi kasar dan fraksi halus, dan lempung sering dianggap sebagai tekstur yang optimal untuk pertanian (Foth, 1994).

Sifat Kimia Sedimen

C-organik

Karbon merupakan penyusun bahan organik. Hilangnya tanah melalui proses erosi,

mengakibatkan hilangnya bahan organik yang terdapat di tanah, dimana bahan organik ini mengandung karbon. Hasil analisis C-organik pada Sedimen Danau Tondano di wilayah Timur (Eris) dan di wilayah barat (Remboken), dengan ketinggian yang berbeda, tertera pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil Analisis C-Organik

No	Kode Sampel	C-Organik	
		%	Kriteria
1.	Eris	6,45	Sangat Tinggi
2.	Remboken	2,35	Sedang

Tabel 2 menunjukkan bahwa kadar C-organik pada sedimen Danau Tondano adalah sekitar 6,45% (sangat tinggi) dan 2,35% (sedang) berturut-turut pada lokasi Eris dan Remboken. Kadar C-organik dengan kriteria sedang dan sangat tinggi ini diduga akibat kegiatan pertanian masyarakat di sekitar Danau Tondano dimana dalam pengelolaan tanah dilakukan secara intensif tanpa memperhatikan kaidah konservasi tanah sehingga mudah terjadi erosi dan juga adanya kegiatan budidaya perikanan yang dilakukan di Danau Tondano sehingga ada penambahan C-organik yang berasal dari sisa-sisa pakan ikan.

Arsyad (2000) mengemukakan kandungan unsur hara dan bahan organik pada sedimen hasil erosi lebih tinggi dari kandungan unsur hara dan bahan organik pada tanah yang tertinggal. Hal ini sebagian disebabkan oleh peristiwa selektifitas erosi dan sebagian lagi disebabkan karena lapisan atas tanah mengandung lebih tinggi unsur hara daripada tanah lapisan bawah.

Nitrogen total

Kehilangan nitrogen dari dalam tanah, dapat disebabkan karena pencucian melalui proses erosi, baik dalam bentuk organik maupun anorganik. Hasil analisis kadar nitrogen total pada Sedimen Danau Tondano di wilayah Timur (Eris) dan di wilayah barat (Remboken), dengan ketinggian yang berbeda, tertera pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil Analisis Nitrogen Total

No	Kode Sampel	N Total	
		%	Kriteria
1.	Eris	0,56	Tinggi
2.	Remboken	0,20	Sedang

Dari hasil analisis N-total terlihat bahwa, kadar N-total pada sedimen Danau Tondano dengan lokasi pengambilan sampel daerah Eris dan Remboken berturut-turut adalah 0,56% (tinggi) dan 0,20% (sedang). Kadar N-total yang berkisar dari sedang dan tinggi ini diduga adanya hubungan

dengan kadar C-organik yang terdapat pada sedimen Danau Tondano seperti yang terlihat pada Tabel 3.

Sumber N di tanah yang terbesar berasal dari bahan organik setelah N-udara. Senyawa N-organik di dalam tanah pada umumnya terdapat dalam bentuk asam-asam amino, protein, gula-gula amino dan senyawa kompleks yang sukar ditentukan. Senyawa-senyawa kompleks itu antara lain ialah reaksi NH_4^+ - lignin polimerasi dari Quinon dan senyawa nitrogen dan kondensasi dari gula+amino (Leiwakabessy *et al*, 2003).

Tanah-tanah yang tererosi mengandung unsur-unsur hara dan bahan organik dan aliran diendapkan di tempat-tempat aliran air melambat atau berhenti baik di dalam sungai, saluran-saluran irigasi, waduk, danau atau muara sungai (Arsyad, 2000).

Fosfor tersedia

Hasil analisis kadar fosfor tersedia pada Sedimen Danau Tondano di wilayah Timur (Eris) dan di wilayah barat (Remboken), dengan ketinggian yang berbeda, tertera pada Tabel 4.

Tabel 4. Hasil Analisis Fosfor Tersedia

No	Kode Sampel	P_2O_5 tersedia tanah ekstraksi	
		Bray 1	
		Ppm	Kriteria
1.	Eris	15,26	Sedang
2.	Remboken	14,33	Rendah

Pada Tabel 4 menunjukkan bahwa, analisis kadar P-tersedia pada sedimen Danau Tondano yang berasal dari daerah Eris dan Remboken adalah sebesar 15,26 ppm (sedang) dan 14,33 ppm (rendah). Kadar P-tersedia dengan kriteria sedang dan rendah ini diduga disebabkan karena tanah-tanah yang mengalami erosi disekitar Danau Tondano memiliki kadar unsur P-tersedia yang sama dengan kadar P-tersedia pada sedimen.

Leiwakabessy *et al* (2003) mengatakan bahwa, kadar P-total di dalam tanah umumnya rendah dan berbeda-beda menurut jenis tanah serta fosfat di dalam tanah biasanya terdapat dalam bentuk yang relatif sukar larut. Arsyad (2000) juga mengemukakan bahwa, banyaknya unsur hara yang hilang tergantung pada besarnya kandungan unsur hara yang terbawa oleh sedimen dan besarnya erosi yang terjadi.

Kalium tersedia

Hasil analisis kadar kalium tersedia pada Sedimen Danau Tondano di wilayah Timur (Eris) dan di wilayah barat (Remboken), dengan ketinggian yang berbeda, tertera pada Tabel 5.

Tabel 5. Hasil Analisis Kalium Tersedia

No	Kode Sampel	K_2O tersedia tanah ekstraksi	
		Bray 1	
		me/100g	Kriteria
1.	Eris	0,07	Sangat Rendah
2.	Remboken	0,03	Sangat Rendah

Tabel 5 menunjukkan bahwa, hasil analisis kadar kalium tersedia pada sedimen Danau Tondano dengan lokasi penelitian Eris dan Remboken adalah 0,07 me/100g (sangat rendah) dan 0,03 me/100g (sangat rendah). Sangat rendahnya kadar K-tersedia pada sedimen Danau Tondano diduga disebabkan oleh jumlah K yang terdapat pada kompleks jerapan tanah yang mengalami erosi sudah sangat rendah pula.

Leiwakabessy *et al.*,(2003) mengatakan bahwa tanah-tanah di daerah tropik basah termasuk Indonesia umumnya mempunyai kandungan K sangat rendah. Hal ini disebabkan karena tanah di Indonesia kebanyakan tanah masam, dimana kadar ion hidrogen sangat tinggi, yang menyebabkan ion hidrogen mendapat ion K^+ dari tapak jerapan tanah dan masuk ke dalam zona larutan tanah sehingga mudah hilang dari tanah.

pH tanah

Pada umumnya, kemasaman dibedakan atas asam, netral dan basa. Hasil analisis pH sedimen Danau Tondano di wilayah Timur (Eris) dan di wilayah barat (Remboken), dengan ketinggian yang berbeda, tertera pada Tabel 6.

Tabel 6. Hasil Analisis pH Tanah

No	Kode Sampel	pH Tanah
1.	Eris	6,52
2.	Remboken	6,58

Tabel 6 memperlihatkan bahwa nilai pH pada sedimen Danau Tondano adalah 6,52 (agak masam) dan 6,58 (agak masam) berturut-turut pada lokasi penelitian Eris dan Remboken. Agak masamnya pH sedimen Danau Tondano ini disebabkan oleh adanya konsentrasi ion H^+ yang agak tinggi pada larutan sedimen, dibandingkan ion OH^- . Sumbangan ion H^+ yang agak tinggi ini berasal dari gugus-gugus fungsional humus seperti karboksil ($-\text{COOH}$) dan fenol ($-\text{C}_6\text{H}_4\text{OH}$) dan juga gugus enol dan amida yang dapat memberi sumbangan ion H^+ .

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian, disimpulkan bahwa :

1. Hasil analisis fisik tanah seperti tekstur tanah di lokasi Eris dan Remboken bertekstur lempung berdebu.
2. Hasil analisis kimia tanah menunjukkan bahwa :
 - a. Kemasaman bahan sedimen adalah agak masam (pH=6,52 di Eris dan pH=6,58 di Remboken).
 - b. C-organik dan Nitrogen total di Eris lebih tinggi daripada Remboken.
 - c. Fosfor tersedia di Eris lebih tinggi daripada di Remboken.
 - d. Kalium tersedia di Eris dan di Remboken adalah sangat rendah.

Saran

Perlu diadakan penelitian lebih lanjut yaitu dengan melakukan pengujian pada tanaman (uji polybag).

DAFTAR PUSTAKA

- Arsyad S. 2000. *Konservasi Tanah dan Air*. Bogor: IPB Press.
- Emiyarti, 2004. *Karakteristik Fisika Kimia Sedimen dan Hubungannya dengan Struktur Komunitas Makrozoobentos di Perairan Teluk Kendari*. Diakses pada 9 Januari 2015 pukul 10.32 WITA.
- FAO., 1976 . *A Framework For Land Evaluation*. *FAO Soil Bull.* No. 32 Rome and ILRI Publikation No. 22 Wagening.
- Foth, H. D. 1994. *Dasar-Dasar Ilmu Tanah*, Edisi 6. Adisoemarto S. Jakarta: Erlangga. Terjemahan dari: *Fundamental of Soil Science*.
- Hardjowigeno, S. 2007. *Ilmu Tanah*. Akademika Pressindo. Jakarta. Cetakan ke 6.
- Kaunang, Dj. 2000. Analisis Media Tumbuh Eceng Gondok Di Danau Tondano (*Analysis The Growth Medium of Eceng Gondok In Tondano Lake*). *Solum*. 01(07) : 43-46
- Leiwakabessy, F. M, U. M. Wahjudin, Suwarno. 2003. *Diktat Kesuburan Tanah*. Fakultas Pertanian. Bogor: IPB
- Patang, 2009. *Kajian Kualitas Air dan Sedimen di Sekitar Padang Lamun Kabupaten Pangkep*. Diakses pada 7 Januari 2015 pukul 09.17 WITA.
- Sallata, M.K. 1999. *Pengendalian Pendangkalan Danau Tondano Melalui Pengembangan Hutan Rakyat di Daerah Tangkapan Airnya di Kabupaten Minahasa, Sulawesi Utara, Sylvatropika*. No.19 April 1999. Departemen Kehutanan dan Perkebunan. Jakarta.
- Sinolungan, M.T.M., Koumoto, T., Kondo, F. and Zhao, Y. (2008a): The geochemical characteristics of sediment in Tondano Lake, Indonesia: heavy metals and organic matter contents, and grain size distribution. *Paddy Water Environ*, 6 (3): 341–348.
- Sinukaban. Naik., 1989. *Konservasi tanah dan air Pengelolaan didaerah transmigrasi*. Jurusan Tanah FAPERTA. IPB. Bogor.
- Tamod, Z. E. 1998. *Fluktuasi Debit Air dan Sedimentasi sebagai Petunjuk Keadaan Konservasi Tanah dan Air di Sub-sub DAS Wiau*, skripsi. Manado: Fakultas Pertanian Universitas Sam Ratulangi.
- Whitten, A.J., Mustafa. M., dan G, D. Henerson. 1987. *Ekologi Sulawesi*. Gajah Mada University Press. Yogyakarta.