

**LAJU DEKOMPOSISI PADATAN TERSUSPENSI
DI PERAIRAN DANAU TOBA
Studi kasus: Di Karamba Jaring Apung**

Muhammad Badjoeri dan Yayah Mardiaty
Pusat Penelitian Limnologi LIPI
e-mail: mbadjoeri@yahoo.com

ABSTRAK

Kegiatan budidaya perikanan dengan sistem keramba jaring apung (KJA) di Danau Toba diduga menjadi salah satu penyumbang limbah organik di perairan tersebut. Limbah organik tersebut akan terakumulasi dan didekomposisi oleh bakteri di dasar perairan. Tujuan penelitian untuk mengetahui laju dekomposisi padatan tersuspensi di Danau Toba, khususnya pada lokasi KJA. Sampling sedimen dilakukan pada Juli 2011. Parameter yang diamati adalah TSS (total suspended solid), OSS (organic suspended solid), kelimpahan bakteri heterotrofik dan fisika-kimia air. Penelitian dilakukan di laboratorium Mikrobiologi Puslit Limnologi LIPI. Analisa TSS dan OSS dengan metode gravimetric, dan penghitungan kelimpahan bakteri menggunakan metoda TPC (total plate count) pada media nutrisi agar dan inkubasi selama 24 - 72 jam pada suhu kamar. Hasil pengamatan menunjukkan laju dekomposisi OSS berkisar 1,50 - 20,19 mg/L dalam 24 jam, sedangkan laju dekomposisi TSS berkisar 9,66 - 39,0 mg/L dalam 24 jam. Laju dekomposisi padatan tersuspensi di Danau Toba dipengaruhi oleh konsentrasi bahan organik, kelimpahan bakteri dan waktu inkubasi. Terdapat korelasi positif antara waktu inkubasi dan konsentrasi padatan tersuspensi dengan kelimpahan bakteri.

Kata kunci : Danau Toba, laju perombakan, padatan tersuspensi, bakteri heterotrofik, dan KJA

ABSTRACT

Aquaculture activities with the system of floating cages in Lake Toba thought to be one of the largest contributing an organic waste in the waters. The organic wastes that goes into water will accumulate and are decomposed by bacteria in the bottom. The study aims to determine the rate of decomposition of suspended solids in Lake Toba, specifically on the location of fish farming with floating cages. Sediment sampling was conducted in July 2011. Parameters are observed TSS (total suspended solid), OSS (organic suspended solid), the abundance of heterotrophic bacteria and physico-chemical of water. Research conducted at the Laboratory of Microbiology Research Center for Limnology LIPI. Analysis of TSS and OSS by gravimetric method, and calculation of the abundance of bacteria by TPC (total plate count) method on nutrient agar and incubation for 24-72 h at room temperature. Observation that the rate of decomposition of OSS range from 1.50 to 20.19 mg / L in 24 hours, whereas the rate of decomposition of the TSS from 9.66 to 39.0 mg / L in 24 hours. The rate of decomposition of suspended solids in Lake Toba is influenced by the concentration of organic material, bacterial abundance and incubation time. There is a positive correlation between incubation time and concentration of suspended solids to the abundance of bacteria

Key words: Lake Toba, the rate of turnover, organic matter, Lake Toba, heterotrophic bacteria

PENDAHULUAN

Danau Toba merupakan salah satu danau tipe vulkanik kaldera yang terdapat di Provinsi Sumatera Utara dan danau terbesar di Indonesia yang terletak pada ketinggian sekitar 904 m dpl, membentang dari Barat Laut ke Tenggara sepanjang 87

km dan lebar 27 km dengan kedalaman maksimum sekitar 505 m (Nishimura *et al.* 1994 dan Hehanusa, 2000).

Danau Toba selain sebagai salah satu objek wisata alam yang menakjubkan, juga berfungsi untuk sumber baku air minum, irigasi, sumber energi PLTA, dan perikanan tangkap dan budidaya (Siregar 2008 dan Siagian, 2009).

Kegiatan budidaya ikan dengan sistem keramba jaring apung (KJA) di Danau Toba telah dilakukan oleh masyarakat sejak tahun 1986, dan berkembang pesat pada tahun 1998 menggunakan KJA intensif dengan padat tebar ikan yang tinggi (Rismawati, 2010 dalam Ginting, 2011). Lukman (2009) melaporkan pada saat ini tertanam $\pm$ 2.500 unit KJA di Danau Toba dimana 1500 unit milik masyarakat dan 1.000 unit milik PMA. Sedangkan Ginting (2011)) melaporkan pula bahwa, pada tahun 2006 KJA yang beroperasi di Danau Toba mencapai 5.233 unit, dan hasil survey Dinas Perikanan Provinsi Sumatera Utara tahun 2008 melaporkan terdapat 7.012 unit KJA yang beroperasi, yang terdiri dari KJA milik PT. Aquafarm Nusantara (PMA) sebanyak 1.780 unit dan KJA milik masyarakat sebanyak 5.232 unit.

PT. Aquafarm Nusantara merupakan perusahaan perikanan asing yang telah beroperasi sejak tahun 1998 di Parapat, Sumatera Utara. Jenis ikan yang dibudidayakan adalah ikan nila (*Oreochromis niloticus*) dengan sistem KJA (Nadeak, 2009).

Pemanfaatan perairan danau untuk budidaya ikan sistem KJA dapat bernilai positif terhadap perekonomian masyarakat di sekitarnya selama dalam batas kapasitas daya dukung perairan dan penetapan lokasi KJA yang tidak berbenturan dengan kepentingan lain, akan tetapi peningkatan budidaya ikan sistem KJA yang berlebihan akan menimbulkan dampak negatif terhadap kondisi perairan danau pada masa yang akan datang (Lukman, 2009).

Meningkatnya budidaya ikan sistem KJA di Danau Toba berpotensi sebagai sumber asupan bahan organik di perairan tersebut, baik dalam bentuk terlarut maupun tersuspensi di perairan, salah satunya berasal dari pakan ikan yang tidak dimakan dan eksresi biota (ikan). Hal ini dapat dideteksi dengan mengetahui peningkatan kandungan padatan tersuspensi (TSS dan OSS), BOD₅, COD, dan kandungan C, N dan P (Sitorus, 2005).

Bahan organik juga berpotensi dapat meningkatkan laju sedimentasi, hipoksia, perubahan kondisi trofik, perubahan produktivitas serta struktur komunitas benthik.

Bahan organik umumnya tersusun oleh karbon, hidrogen, oksigen, nitrogen, fosfor, sulfur dan mineral lainnya sebagian akan mengendap dan terakumulasi di dasar perairan dan sebagian lainnya terlarut di air. Bahan organik tersebut akan didekomposisi oleh mikroba aerobik maupun anerobik baik di kolom air maupun di sedimen dasar danau (Sitorus, 2005).

Menurut Purnomo (2005 dalam Lukman, 2009) dan Purnomo (2008 dalam Ginting, 2011) pada tahun 2003 tingkat tropik perairan Danau Toba telah mengarah ke perairan mesotropik, dan selama hampir 80 tahun danau ini telah mengalami peningkatan kesuburan, yakni dari semula tergolong yang oligotrofik kini berubah menjadi perairan mesotrofik, bahkan tidak tertutup kemungkinan di masa yang akan datang akan berubah lagi menjadi eutrofik. Hal ini dikarenakan meningkatnya kandungan bahan organik di perairan tersebut.

Dalam ekosistem perairan, bakteri heterotrofik berhubungan erat dengan proses dekomposisi (perombakan) bahan organik dan remineralisasi unsur hara di perairan. Pada perairan yang tinggi konsentrasi bahan organiknya biasanya diikuti dengan melimpahnya populasi bakteri heterotrofik. Proses dekomposisi bahan organik di perairan jika tersedia oksigen (kondisi aerobik) akan terus berlangsung dan laju proses ini berjalan cepat dan sebaliknya jika konsentrasi oksigen rendah atau tidak tersedia (kondisi anaerobik) maka bakteri anaerobik akan melakukan proses respirasi anaerobik dan dekomposisi bahan organik berlangsung secara fermentasi (Rheinheimer, 1985 dan Sigee, 2005). Proses dekomposisi bahan organik kolom air biasanya didominasi oleh bakteri aerobik, baik yang bersifat autotrofik maupun heterotrofik, sedangkan bakteri anaerobik obligat maupun fakultatif anaerob lebih dominan dalam dekomposisi bahan organik di dasar perairan (Leonard *et al.*, 2000 dalam Sitorus, 2005).

Bahan organik umumnya bersifat mudah terurai secara biologis (*biodegradable*) dalam air dan melalui aktivitas mikrobiologis dan enzimatis bahan organik akan terurai. Pada proses *remineralisasi*, bahan organik diubah menjadi senyawa anorganik terlarut seperti fosfat dan nitrat (Fukuda, 2000 dan Negata *et al.*, 2003).

Bakteri nitrifikasi dan denitrifikasi adalah bakteri heterotrofik yang berperan dalam dekomposisi bahan organik nitrogen. Badjoeri dan Lukman (2010) melaporkan proses *amonifikasi* secara eksitu di perairan Danau Toba telah berlangsung dalam waktu

1 – 2 hari, sedangkan proses *nitrifikasi* dan proses *denitrifikasi* telah terdeteksi dalam waktu 2 – 6 hari.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui laju dekomposisi padatan organik tersuspensi (*OSS-organic suspended solid* dan *TSS-total suspended solid*) di perairan Danau Toba, khususnya di lokasi perairan yang terdapat budidaya ikan dengan sistem KJA.

BAHAN DAN METODE

Penelitian uji laju dekomposisi padatan organik tersuspensi dilakukan di Laboratorium Mikrobiologi Pusat Penelitian Limnologi LIPI. Pengambilan sampel sedimen dilakukan di perairan Danau Toba pada bulan Juli 2011, disekitar wilayah KJA milik PT. *Aqua Farm* (Lampiran 1) menggunakan *Ekman grab*. Pengukuran laju perombakan padatan organik tersuspensi berdasarkan Sitorus (2005). Parameter yang diamati adalah total padatan tersuspensi (TSS, *total suspended solid*), padatan organik tersuspensi (OSS, *organic suspended solid*), dan kelimpahan populasi bakteri heterotrofik. Uji laju dekomposisi padatan tersuspensi dilakukan secara eksitu menggunakan “*wadah kaca*” dengan 5 taraf perlakuan dan 2 kali ulangan. Analisa kelimpahan bakteri heterotrofik dengan metoda *TPC (total plate count)* pada media agar nutrien. Analisa TSS dan OSS menggunakan metoda gravimetri.

Prosedur percobaan adalah sebagai berikut: 1). Dibuat suspensi dari sampel sedimen sebanyak 1,6 liter ditambahkan 14,4 liter akuadest; 2). Suspensi diaduk sampai homogen, kemudian didiamkan selama 1 jam; 3). Cairan (suspensi) bagian atas diambil sebagai suspensi induk, kemudian diukur TSS dan turbiditasnya. Selanjutnya dibuat pengenceran perlakuan (taraf perlakuan) sebagai berikut:

Taraf Perlakuan (p)	Suspensi Induk (ml)	Akuadest (ml)
P 0 atau Kontrol	0	2000
P 100	400	1600
P 200	800	1200
P 300	1200	800
P 400	1600	400
P 500	2000	0

4). Suspensi masing-masing perlakuan dimasukan dalam wadah berupa *toples kaca*, kemudian diinkubasi selama 0 - 72 jam ($t_0 = 0$ jam, $t_1 = 24$ jam, $t_3 = 48$ jam dan $t_4 = 72$ jam), pada suhu kamar.

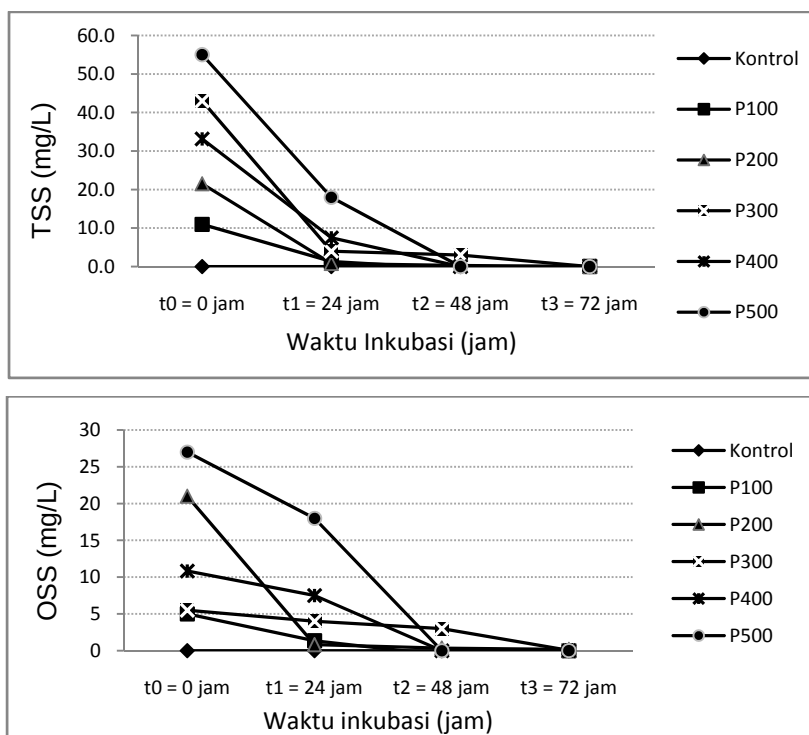
Untuk mengetahui laju dekomposisi padatan tersuspensi oleh bakteri dibuat pula *setting* percobaan dengan media steril, hal ini dilakukan untuk mengetahui apakah penurunan konsentrasi padatan tersuspensi (TSS dan OSS) akibat proses pengendapan oleh gaya berat partikel tersuspensi dan kemungkinan kontaminasi; 5). Pengukuran laju dekomposisi padatan tersuspensi adalah selisih antara TSS atau OSS steril dengan TSS atau OSS tidak steril.

Parameter pendukung yang diamati anatara lain pH, suhu dan oksigen terlarut (DO) selama percobaan menggunakan alat pH meter dan DO meter.

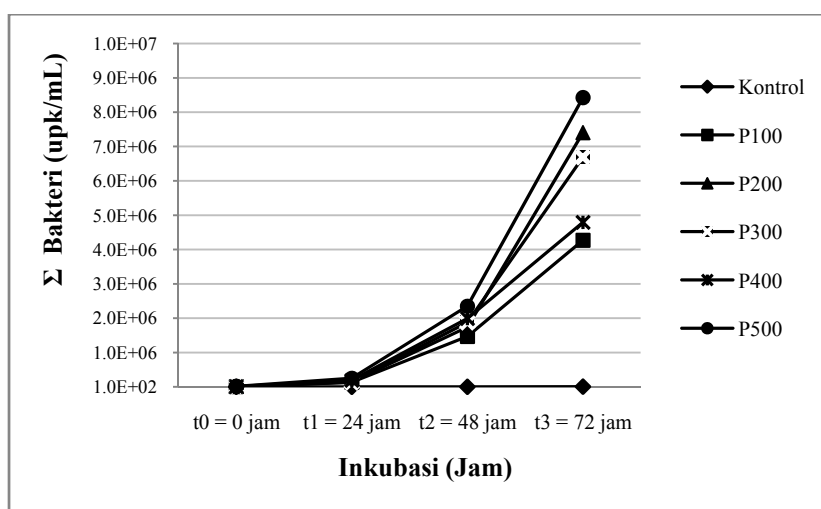
Pengukuran TSS: Sampel diambil dari setiap perlakuan sebanyak 100 ml, disaring (kertas saring MGF-*Sartorius*). Padatan yang tertinggal di kertas saring dikeringkan pada suhu 103 °C selama 5 jam atau sampai didapatkan bobot stabil, didinginkan dalam desikator, filter ditimbang (termasuk zat padat yang tertinggal). Untuk pengukuran OSS: Setelah filter ditimbang dimasukan dalam tanur pada suhu 550 °C selama 2 jam, didinginkan dalam desikator, kemudian ditimbang. Data hasil penelitian dianalisis menggunakan program statistik *SPSS for window ver.16*.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil pengamatan menunjukkan selama proses dekomposisi terjadi penurunan konsentrasi TSS dan OSS (Gambar 2), dan peningkatan jumlah populasi bakteri heterotrofik (Gambar 3).



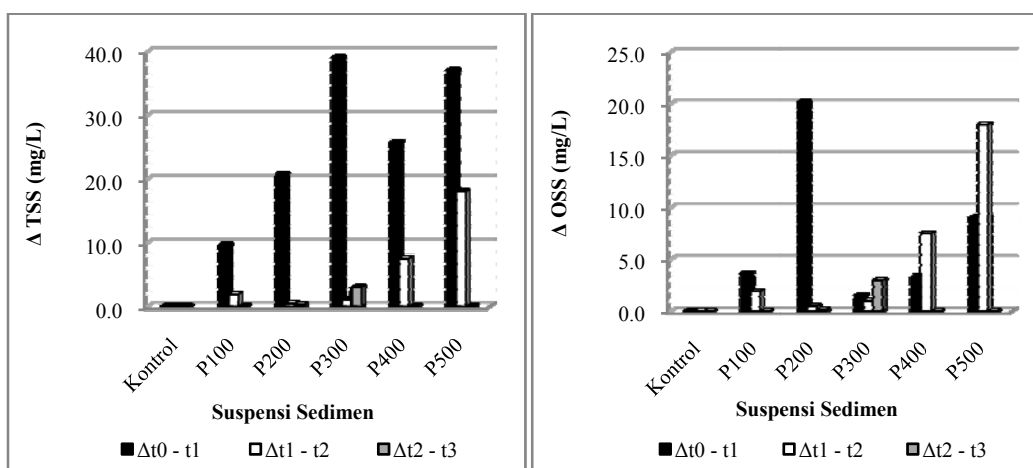
Gambar 2. Penurunan konsentrasi TSS dan OSS (mg/L) pada proses dekomposisi bahan padatan tersuspensi



Gambar 3. Pertumbuhan bakteri heterotrofik pada pecobaan dekomposisi padatan tersuspensi

Laju dekomposisi padatan tersuspensi oleh bakteri terlihat bervariasi selama masa inkubasi. Laju dekomposisi TSS tertinggi terjadi pada perlakuan P300 yaitu sebesar 39 mg/L (dari TSS 43 mg/L menjadi 4 mg/L) setelah diinkubasi selama 24 jam, kemudian konsentrasi semakin menurun hingga menjadi 1 mg/L (inkubasi 48 jam) dan TSS habis setelah inkubasi 72 jam. Dekomposisi TSS terendah ditemukan pada

perlakuan P500 yaitu sebesar 37 mg/L (dari TSS 55 mg/L menjadi 18 mg/L) dalam waktu 24 jam inkubasi, namun setelah inkubasi 48 jam semua TSS telah habis didekomposisi. Laju dekomposisi OSS tertinggi terjadi pada perlakuan P200 yaitu sebesar 20,2 mg/L (dari OSS 21,0 mg/L menjadi 0,81 mg/L) setelah inkubasi 24 jam, namun pada inkubasi 48 jam terlihat laju dekomposisinya melambat yaitu 0,5 mg/L (Gambar 4). Hal ini menunjukkan dekomposisi padatan organik tersuspensi oleh bakteri masih terus berlangsung hingga 48 sampai 72 jam.



Gambar 4. Laju dekomposisi padatan tersuspensi (TSS dan OSS) di Perairan KJA Danau Toba.

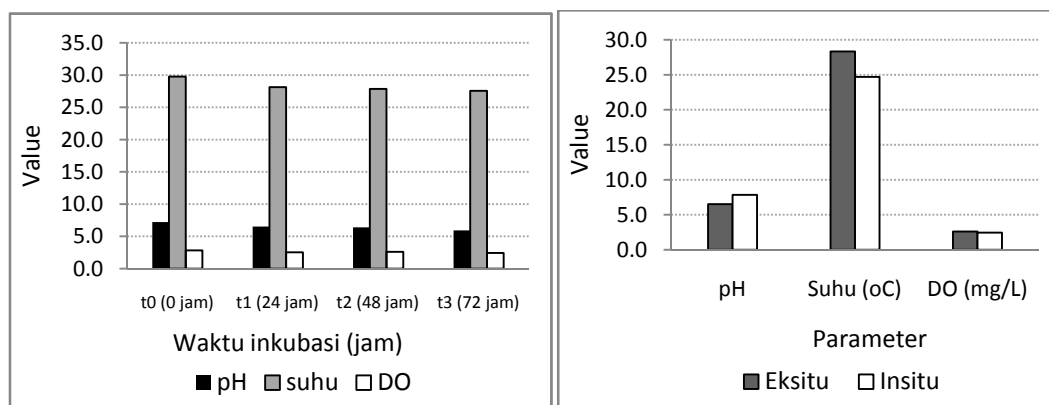
Hasil pengamatan pertumbuhan bakteri menunjukkan terjadinya peningkatan jumlah populasi selama proses dekomposisi (Gambar 3), kondisi ini diperkirakan karena bakteri dalam fase pertumbuhan cepat (fase logaritmik). Populasi bakteri tertinggi ditemukan pada perlakuan P5 setelah inkubasi selama 72 jam ($8,42 \times 10^6$ upk/mL) dan terendah ditemukan pada perlakuan kontrol (P0) pada awal inkubasi ($2,00 \times 10^3$ upk/mL).

Uji statistik menunjukkan laju dekomposisi padatan tersuspensi dan pertumbuhan populasi bakteri heterotrofik dipengaruhi oleh waktu inkubasi ($p_{\text{sig.}} < \alpha$ 0,05; Lampiran 2), dan terlihat adanya korelasi positif antara konsentrasi bahan organik dengan kelimpahan populasi bakteri (Lampiran 3).

pH, suhu dan konsentrasi oksigen terlarut merupakan faktor-faktor yang menunjang proses dekomposisi bahan organik. Hasil pengukuran pH, suhu dan oksigen terlarut (DO) pada percobaan menunjukkan terjadi penurunan selama proses

dekomposisi. Nilai pH pada awal inkubasi (t_0) adalah 7,23 dan pada akhir inkubasi (t_3) 5,92. Suhu pada t_0 29,8 °C dan pada t_3 27,6 °C, dan DO pada t_0 2,83 mg/L dan pada t_3 2,43 mg/L. Hasil pengukuran di lapangan (insitu) pada dasar perairan KJA di Danau Toba (kedalaman 68,6 m) pH 7,84, suhu 24,7 °C dan DO 2,44 mg/L, sehingga diduga proses dekomposisi padatan tersuspensi di dasar danau berlangsung secara aerobik oleh bakteri fakultatif anaerobik (Gambar 4).

Penurunan pH ini disebabkan terbentuknya asam-asam organik pada dekomposisi bahan organik di perairan, dan suhu sekitar 30 °C menunjang aktivitas bakteri dekomposer (Atmojo, 2003; Badriyah, 2007), sedangkan menurut Rheinheimer (1985) bakteri akuatik dapat tumbuh pada suhu 15 - 50 °C dan optimum pada suhu 30 °C dan pH berkisar 7, namun demikian kebanyakan bakteri dapat tumbuh pada pH 4 - 9.



Gambar 5. Hasil pengukuran parameter fisika-kimia air pada percobaan (eksitu) dan di lapangan (insitu)

KESIMPULAN

1. Laju dekomposisi total padatan tersuspensi (TSS) di perairan Danau Toba berkisar 0,32 - 39 mg/L dalam waktu 72 jam, dan laju dekomposisi padatan organik tersuspensi (OSS) berkisar 0,02 - 21 mg/L dalam 72 jam. Dekomposisi padatan tersuspensi telah berlangsung setelah inkubasi 24 jam.
2. Laju dekomposisi padatan tersuspensi dipengaruhi oleh banyaknya bahan organik, jumlah populasi bakteri dan lamanya waktu inkubasi.
3. Terdapat korelasi positif antara konsentrasi padatan tersuspensi dengan populasi bakteri dalam proses dekomposisi.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih kami sampaikan kepada Bapak Ir. Lukman, M.Si dan Bapak Sulung Nomosatryo, M.Si yang telah mendukung kegiatan penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Atmojo, S. W. 2003. Peranan Bahan Organik Terhadap Kesuburan Tanah dan Upaya Pengelolaannya. Pidato Pengukuhan Guru Besar Ilmu Kesuburan Tanah. Fakultas Pertanian, Universitas Sebelas Maret. Sebelas Maret Press, Surakarta. 35 hal.
- Badjoeri, M. dan Lukman. 2010. Distribusi dan Kelimpahan Bakteri Heterotrofik di Danau Toba. *Limnotek*, 17(2): 181-190.
- Badriyah. C. 2007. Pengaruh Penambahan Pupuk Hijau dan Masa Inkubasi Terhadap Jumlah Mikroba Tanah. Skripsi. Jurusan Biologi, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Malang. Malang. 64 hal.
- Fukuda, R. 2000. Microbial Degradation of Proteinaceous Organic Matter in Marine Environments, University of Tokyo, Tokyo.
- Ginting, O. 2011. Studi Korelasi Kegiatan Budidaya Ikan Keramba Jaring Apung dengan Pengayaan Nutrien (Nitrat dan Fosfat) dan Klorofil-a di Perairan Danau Toba. Tesis. Program Pascasarjana, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Sumatera Utara. Medan. 70 hal.
- Hehanussa, P.E. 2000. Lake Toba, a Multiple Caldera Depression, North Sumatera, Indonesia. Report of Suwa Hydrobiological Station, Shinshu University, Japan.
- Lukman, 2009. Antisipasi Bencana Lingkungan Perairan Danau Toba Melalui Penetapan Dayadukung dan Pemintakatan Wilayah Budidaya Perikanan. Laporan Akhir Tahun 2009 Kegiatan Kompetitif LIPI. Pusat Penelitian Limnologi LIPI.
- Nishimura, S., E. Abe, J. Nishida, T. Yokoyama, A. Dharma, P.E. Hehanussa, and F. Hehuwat. 1984. "Gravity and Volcanostratigraphic Interpretation of Lake Toba Region, North Sumatra, Indonesia." In *Tectonophysics*. Elsevier Science: Amsterdam. p. 253 -272.
- Negata., T. B. Meon and D.L. Kirchman. 2003. Microbial Degradation of Dissolved Organic Matter in Sea Water. *Journal of Limnology and Oceanography*. 48, p. 745 – 754.
- Nadeak, N. S. 2009. Konflik Antara Petani Karamba dengan P.T. Aquafarm Nusantara. Studi Kasus: pada Petani Keramba PT. Aquafarm Nusantara di Ajibata, Kabupaten Tobasa. Fakultas Ilmu Sosial dan Ilmu Politik, Universitas Sumatera Utara. Medan. 139 hal.
- Rheinheimer, G. 1985. *Aquatic Microbiology*. 3rd (eds). John Wiley & Sons Ltd. Chichester. 257 pp.

- Sitorus, H. Estimasi Daya 2005. Dukung Lingkungan Pesisir untuk Pengembangan Areal Tambak Berdasarkan Laju Biodegradasi Limbah Tambak di Perairan Pesisir Kabupaten Serang. Disertasi, Sekolah Pasca Sarjana Institut Pertanian Bogor, Bogor, 110 hal.
- Sigee, D. C. 2005. Freshwater Microbiology. Biodiversity and Dinamic Interaction of Microorganism in the Aquatic Environment. John Wiley & Sons Ltd. . Chichester. 524 pp.
- Siregar, Z. 2008. Pengelolaan Ekosistem Danau Toba Tanggung Jawab Siapa?. USU Repository. Medan.
- Siagian, Keanekaragaman dan KelimpahanIkan, serta Keterkaitannya dengan Kualitas Perairan Di Danau Toba Balige, Sumatera Utara. 2009. Tesis S2. Sekolah Pasca Sarjana, Universitas Sumatera Utara, USU Repository. Medan.
- Wulandari, D.T. 2006. Pengelolaan Sumbar Daya Alam Danau. Pasca Sarjana Biologi Universitas Indonesia. <http://www.dokumen.org/pdf/5008>, download 15 juni 2012.

LAMPIRAN

Lampiran 1. Peta lokasi pengambilan sampel sedimen.



(sumber peta: http://geologi.iagi.or.id/wp-content/uploads/2010/04/danau-toba_1_ah1.jpg)

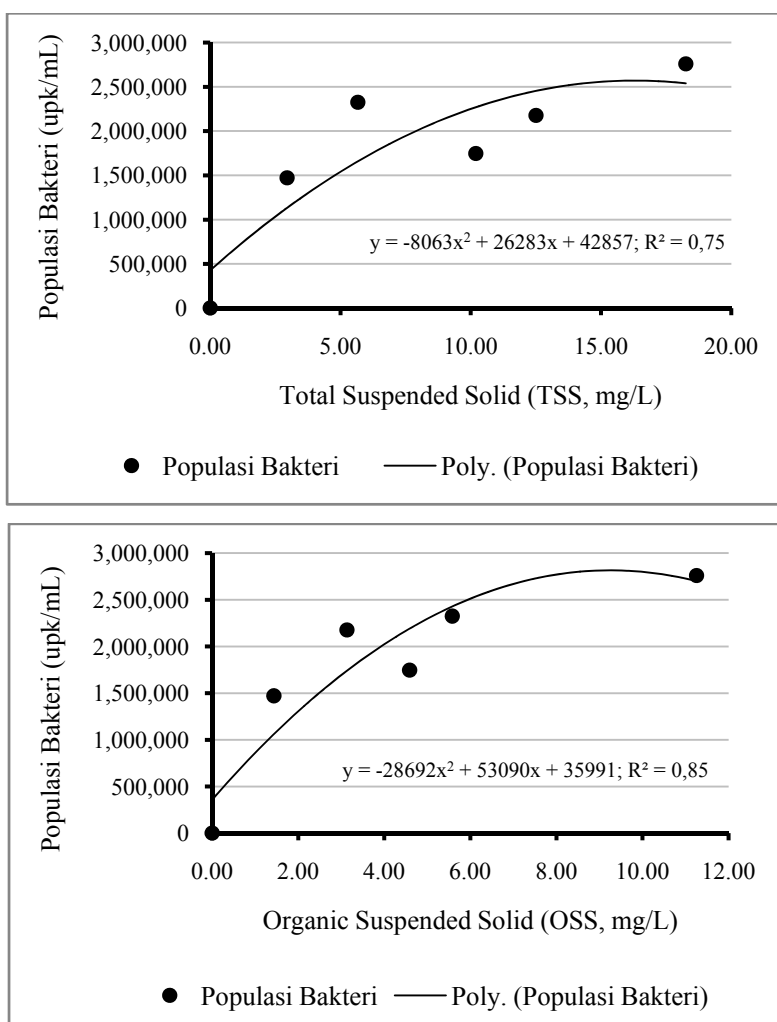
Gambar Lampiran 1. Peta lokasi pengambilan sampel sedimen di Danau Toba Wilayah KJA Aqua Farm Nusantara.

Lampiran2. Uji ANOVA

Tabel Lampiran1. Uji anova laju dekomposisi padatan organik tersuspensi

		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
TSS	Between Groups	3076.558	3	1025.519	9.488	.000
	Within Groups	2161.668	20	108.083		
	Total	5238.226	23			
OSS	Between Groups	519.147	3	173.049	4.429	.015
	Within Groups	781.503	20	39.075		
	Total	1300.650	23			
Pop_Bakteri	Between Groups	1.079E14	3	3.595E13	14.725	.000
	Within Groups	4.883E13	20	2.442E12		
	Total	1.567E14	23			

Lampiran 3. Uji korelasi



Gambar Lampiran 2. Uji korelasi antara padatan tersuspensi (TSS dan OSS) dengan kelimpahan populasi bakteri