

Kemampuan Mimosa Air (*Neptunia oleracea* Lour) dalam Memperbaiki Kualitas Limbah Cair Pabrik Karet

Tariana, Mukarlina dan Tri Rima Setyawati

Program Studi Biologi, Universitas Tanjungpura Pontianak
Email: Tarianaha@gmail.com

ABSTRACT

*Rubber factory liquid waste contains several components that have the potential as water pollutants including proteins, carotenoids, organic salts, non-coagulated latex (gum) some chemicals, ammonia compounds (NH₄), nitrate (NO₃), nitrite (NO₂), nitrogen (N), phosphorus (P) and carbon (C). Water mimosa (*Neptunia oleracea* Lour) is a plant that used as phytoremediation to improve the quality of rubber factory liquid waste. The liquid waste of rubber factory is planted with water mimosa weighing 25 g, 50 g, 100 g and without plants (control) for 14 days. The results showed that *N. oleracea* 50 g biomass was the best treatment to improve the quality of rubber factory in DO, NH₃, and N-total parameters.*

Keywords: *Rubber factory liquid waste, phytoremediation, Neptunia oleracea Lour*

PENDAHULUAN

Limbah cair pabrik karet mengandung beberapa komponen yang berpotensi sebagai bahan pencemar air diantaranya protein, karotenoid, garam organik, lateks (getah) yang tidak terkoagulasi, beberapa bahan kimia, senyawa amoniak (NH₄), nitrat (NO₃), nitrit (NO₂), nitrogen (N), fosfor (P) dan karbon (C) (Yulianti *et al.*, 2005; Menteri Lingkungan Hidup, 2002). Proses pengolahan karet dilakukan dengan menggunakan bahan kimia sebagai koagulan dan air dalam jumlah yang cukup besar. Bahan kimia yang digunakan adalah asam asetat atau asam format, sehingga air limbah karet bersifat asam dengan pH 5,5 – 6 (Dharmaji, 2013).

Menurut Aryadi (2012), kadar oksigen terlarut (DO) di perairan yang tercemar limbah cair karet berkisar antara 2,4 – 4,2 mg/l, pH 5-6, amoniak 0,056 mg/l, dan nitrat 0,216 mg/l termasuk dalam kategori perairan yang tercemar sedang. Berbagai senyawa yang terkandung di dalam limbah cair karet dan bahan kimia yang digunakan pada proses

pengolahan karet jika dibuang ke dalam perairan akan menurunkan kualitas air. Senyawa yang terkandung di dalam limbah cair karet dapat meningkatkan kandungan unsur hara di dalam perairan yang menyebabkan perairan menjadi subur (*eutrofik*) sehingga dapat terjadi *blooming* makrohidrofit. Keadaan *blooming* makrohidrofit dapat mengganggu proses fotosintesis di dalam perairan. Kadar oksigen terlarut menurun sehingga mengganggu pertumbuhan biota air.

Fitoremediasi merupakan salah satu teknik pengolahan limbah menggunakan tumbuhan. Tumbuhan air umumnya dapat digunakan untuk mengurangi masalah limbah cair yang dihasilkan dari sebuah industri (Murdhiani *et al.*, 2011). Menurut Juswardi *et al.* (2010), salah satu tumbuhan air yang dapat dimanfaatkan dalam pengolahan limbah cair adalah mimosa air (*Neptunia oleracea*). Mimosa air dengan berat 100 g mampu tumbuh di dalam limbah amoniak pada kadar 20 – 80 ppm. Mimosa air dapat menyerap amoniak pada limbah cair

yang merupakan sumber nutrisi bagi tumbuhan sebagai sumber N.

Penelitian Syuhaida *et al.* (2014), menunjukkan bahwa mimosa air memiliki daya toleransi yang tinggi terhadap logam berat Pb, Cu dan Cd dibandingkan eceng gondok. Berdasarkan uraian tersebut maka dilakukan penelitian kemampuan *N. oleracea* dalam memperbaiki kualitas limbah cair pabrik karet. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui kualitas limbah cair pabrik karet setelah diremediasi dengan *N. oleracea*.

METODE PENELITIAN

Waktu dan Tempat

Penelitian ini dilakukan pada bulan Agustus sampai Desember 2017 di Rumah Kasa dan Laboratorium Biologi, Jurusan Biologi Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Tanjungpura Pontianak. Analisis parameter amoniak dilakukan di Laboratorium Penguji Balai Riset dan Standardisasi Industri Pontianak.

Bahan

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sampel air limbah cair pabrik karet diambil dari inlet kolam pengolahan pertama, tumbuhan *N. oleracea*, akuades, mangan sulfat ($MnSO_4$), asam sulfat (H_2SO_4), kalium hidroksida (KOH), kalium iodida (KI), natrium tiosulfat ($Na_2S_2O_3$), amilum, dan kertas saring.

Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan empat perlakuan tumbuhan mimosa air yaitu Kontrol/tanpa mimosa air (P0), 25 gram mimosa air (P1), 50 gram mimosa air (P2), 100 gram mimosa air (P3). Masing-masing perlakuan diulang sebanyak tiga kali sehingga diperoleh 12 unit percobaan.

Cara Kerja

Persiapan Tumbuhan dan Tanaman Uji

Mimosa air (*N. oleracea*) diambil dari lingkungan alamnya yaitu parit sawah dengan tingkat pertumbuhan yang sama secara morfologi. Berat mimosa air yang diujikan berkisar antara 5 sampai 10 gram per tumbuhan. Tumbuhan dibersihkan dan diaklimasi selama 1 minggu. Media uji limbah karet 100% ditempatkan dalam 12 bak plastik

dengan volume larutan 5 liter, kemudian setiap bak plastik ditanami tumbuhan mimosa air dengan berat sesuai perlakuan.

Parameter Penelitian

Parameter yang diamati meliputi uji kandungan DO, TSS, NH_3 pada media uji. N-total pada media uji dan tanaman uji, berat basah dan berat kering mimosa air

Pengukuran Sifat Fisika media uji

- Suhu udara rumah kaca dan media uji
Suhu rumah kaca dan media uji diukur menggunakan termometer. Pengukuran dilakukan setiap hari.
- Total Suspended Solid* (TSS)

$$\text{Perhitungan: mg/L TSS} = \frac{(A-B) \times 10^3}{m \text{ s\textsubscript{e}}} \quad (1)$$

Keterangan :

A = Berat kertas saring berisi zat tersuspensi (mg)

B = Berat kertas saring kosong (mg)
(Devi *et al.*, 2013)

Pengukuran Sifat Kimia Media Uji

- Derajat Keasaman (pH)

Derajat keasaman (pH) media uji diukur menggunakan pH meter. Pengukuran dilakukan sebelum dan setelah perlakuan

- Oksigen Terlarut

Oksigen terlarut diukur dengan menggunakan metode Winkler.

Perhitungan:

$$DO_{(mg/L)} = (V_t \times N \times 8000) / (V_s) \quad (2)$$

Keterangan :

V_t = Volume $Na_2S_2O_3$ (mL)

N = Normalitas $Na_2S_2O_3$ (N)

V_s = Volume sampel (mL)

(Prabawa *et al.*, 2013).

- Kadar Amonia (NH_3)

Acuan : SNI 06-6989.30-2005.

Perhitungan:

$$\text{Kadar } NH_3 \text{ (mg } N/L) = A \times fp \quad (3)$$

Keterangan : A = kadar amonia hasil pengukuran (mg/L)

Fp = faktor pengencer

- Kadar Nitrogen Total

Acuan : SNI 19-6428-1998

Berat Basah dan Berat Kering Tumbuhan

Berat basah tumbuhan ditimbang sebelum dan sesudah perlakuan dengan cara menimbang berat segar tumbuhan menggunakan timbangan analitik. Berat kering ditimbang setelah tumbuhan di keringkan dalam oven pada suhu 60° C hingga mencapai berat yang konstan.

Analisis Data

Data DO, BOD, TSS, NH₃, N-total dan pH dianalisis dengan ANOVA (*Analysis of Variant*) dengan selang kepercayaan 95%.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil

Berat Basah dan Berat Kering serta Kadar N-total Mimosa air (N.oleracea L pada Limbah Cair Pabrik Karet

Berat basah dan berat kering tumbuhan mimosa air yang telah ditumbuhkan pada media limbah cair pabrik karet selama 14 hari lebih besar dibandingkan mimosa air pada kontrol (Tabel 1).

Tabel 1: Rerata berat basah dan berat kering *N. oleracea* pada media limbah cair pabrik karet

Perlakuan (g)	Berat basah (g)		Berat kering (g)	
	Tanpa limbah	Limbah	Tanpa limbah	Limbah
P1 (25)	29,30	38,68	4,92	6,75
P2 (50)	54,88	59,16	9,21	10,4
P3 (100);	110,83	120,30	18,20	20,88

Hasil pengukuran kadar N-total mimosa air (*N. oleracea*) yang tumbuh dalam limbah cair pabrik karet menunjukkan ada perubahan nilai kadar N-total dibandingkan dengan mimosa air yang tumbuh di habitat asalnya (Tabel 2).

Tabel 2: Rerata N-total mimosa air (*N. oleracea*) yang ditumbuhkan dalam limbah cair pabrik karet

Perlakuan	Kadar N-total (mg/L)
Tumbuhan langsung dari alam	0,26
P1 (25 g)	0,49
P2 (50 g)	0,81
P3 (100 g)	0,46

Parameter Fisika dan Kimia Limbah Cair Pabrik Karet

Parameter fisika dan kimia limbah cair pabrik karet diukur sebelum perlakuan. Parameter yang belum memenuhi nilai baku mutu limbah cair pabrik karet adalah amonia dan N-total. Hasil Anova menunjukkan bahwa perlakuan mimosa air (*N. oleracea*) dengan berat berbeda tidak berpengaruh nyata terhadap kadar DO ($F_{3,11}= 1,907, p= 0,207$), TSS ($F_{3,11}= 2,248, p= 0,160$), NH₃ ($F_{3,11}= 3,678, p= 0,062$), dan N-total ($F_{3,11}= 3,361, p= 0,076$), namun berpengaruh nyata terhadap pH ($F_{3,11}= 56,164, p= 0,000$) limbah cair pabrik karet. Parameter fisika dan kimia pada limbah cair pabrik karet sebelum dan setelah diberi perlakuan mimosa air (*N. oleracea*) selama 14 hari disajikan dalam Tabel 3.

Tabel 3 Rerata nilai faktor fisika dan kimia limbah cair pabrik karet sebelum dan setelah perlakuan

Air limbah	Parameter pengamatan				
	DO (mg/L)	TSS (mg/L)	NH ₃ (mg/L)	N-total (mg/L)	pH
Sebelum perlakuan	2,6	0,376	18,1	21,9	6,4
Setelah perlakuan:					
P0 (kontrol)	4,51	0,20	1,36	1,43	9,6
P1 (25 g)	3,10	0,44	0,76	0,87	7,37
P2 (50 g)	4,08	0,44	0,47	0,67	7,5
P3 (100 g)	3,40	0,88	3,31	3,37	6,77
BMLC	-	100	5	10	6,0-9,0



Gambar 1: Unit perlakuan mimosa air (*N.oleracea*) setelah 14 hari penelitian
Po: kontrol; P1: 25 g; P2: 50 g; P3: 100 g

Pembahasan

Hasil penelitian menunjukkan adanya pengaruh media limbah cair pabrik karet terhadap berat basah dan berat kering tumbuhan mimosa air. Setelah perlakuan selama 14 hari, berat basah dan berat kering mimosa mengalami peningkatan dibandingkan dengan kontrol (Tabel 1, gambar 1) Kondisi ini dapat disebabkan adanya kandungan nitrogen dalam limbah cair pabrik karet sebagai unsur hara yang mencukupi bagi pertumbuhan mimosa air. Yulianti *et al* (2005) menyatakan bahwa kandungan unsur hara yang cukup akan menyebabkan proses metabolisme berlangsung optimal, sehingga memengaruhi biomassa tanaman uji. Menurut Felani dan Hamzah (2007), nitrogen dibutuhkan sebagai penyusun komponen sel seperti asam amino dan asam nukleat, sehingga akan berpengaruh pada peningkatan biomassa tumbuhan. Nitrogen juga berfungsi untuk meningkatkan kadar klorofil pada daun, sehingga akan berpengaruh pada laju fotosintesis dan jumlah produksi bahan organik pada tumbuhan. Hal ini sesuai dengan pernyataan Hadi (2003), bahwa proses fotosintesis akan menghasilkan bahan organik yang dapat meningkatkan biomassa pada tumbuhan.

Peningkatan biomassa terbesar terdapat pada P3 (100 g), namun memiliki kandungan N-total rendah (Tabel 2). Keadaan ini diduga bahwa

tanaman uji selain memanfaatkan unsur nitrogen untuk pertumbuhannya juga memanfaatkan unsur lain yaitu fosfor (P). Menurut Menteri Lingkungan Hidup (2002), kandungan limbah cair pabrik karet yaitu nitrogen (N), fosfor (P) dan Karbon (C). Fosfor (P) dibutuhkan oleh tumbuhan untuk pembentukan sel pada jaringan tumbuhan (Liferdi, 2010).

Hasil penelitian menunjukkan bahwa mimosa air mampu menyerap kandungan N-total dalam limbah cair pabrik karet. Kadar N-total pada mimosa sebelum perlakuan sebesar 0,26 mg/L, setelah perlakuan kadar N-total yang paling tinggi terdapat pada P2 yaitu 0,81 mg/L (Tabel 2). Keadaan ini diduga adanya perimbangan yang sesuai antara berat biomassa tanaman uji pada P2 (50 g) dengan kandungan N yang diserap dalam limbah cair pabrik karet dibandingkan P1 (25 g) dan P3 (100 g). Biomassa tanaman uji pada P1 yang lebih rendah menyebabkan kadar N-total yang diserap juga sedikit, sedangkan biomassa tanaman uji pada P3 yang lebih banyak mengakibatkan luas area media uji tempat tumbuh menjadi sempit sehingga penyerapan N-total pada media uji tidak optimal.

Pemanfaatan nitrogen sebagai unsur hara oleh tumbuhan mengakibatkan terjadinya perubahan kadar N-total dan amonia dalam media limbah cair pabrik karet (Tabel .3). Nitrogen dalam limbah cair pabrik karet dimanfaatkan oleh tumbuhan mimosa air dalam bentuk nitrogen organik. N-total merupakan nitrogen dalam bentuk organik dan amonia di dalam air limbah. Menurut Alaert dan Santika (1984), amonia dalam air limbah terdapat dalam bentuk amonia bebas atau tidak terionisasi (NH_3) dan dalam bentuk ion amonia (NH_4^+). Perubahan ion amonia menjadi nitrit dan nitrat disebut nitrifikasi. Dalam kondisi aerobik bakteri dapat mengoksidasi amonia menjadi nitrit dan nitrat (Effendi, 2003). Amonia yang berada di sekitar akar dalam bentuk ion amonia diubah oleh bakteri menjadi ion nitrat, kemudian diserap oleh akar dan digunakan dalam proses metabolisme tumbuhan. Ion nitrat diubah menjadi asam amino dan amida dalam tubuh tumbuhan (Salisbury dan Ross 1995).

Hasil pengukuran pH sebelum penelitian adalah 6,4, setelah diberi perlakuan dengan tumbuhan

mimosa air nilai pH naik pada tiap perlakuan (Tabel 3). Nilai pH pada P0 setelah perlakuan naik menjadi 9,6 melebihi nilai baku mutu limbah cair pabrik karet. Tingginya nilai pH pada P0 disebabkan karena kadar amonia dalam media uji membentuk senyawa basa sehingga kadar pH menjadi tinggi. Keadaan tersebut menunjukkan penambahan tumbuhan mimosa air pada media uji berpengaruh pada nilai pH. Menurut Mongkoedihardjo (2010), ion NH_4^+ akan membentuk senyawa basa dan menaikkan alkalinitas. Derajat keasaman air limbah media uji yang diberi tumbuhan mimosa air (P1, P2 dan P3) sesuai standar baku mutu limbah cair pabrik karet, keadaan ini diduga karena adanya tumbuhan mimosa air sehingga terjadi keseimbangan antara kadar amonia dengan kadar pH. Ion amonia (NH_4^+) di dalam media uji diserap tumbuhan mimosa dalam bentuk ion nitrit dan nitrat yang telah mengalami proses nitrifikasi sehingga kadar pH menurun.

Penyerapan amonia dipengaruhi oleh luas area dan biomassa tumbuhan yang diperlukan sebagai tanaman uji pada media uji yang digunakan. Rerata N-total dan amonia limbah cair pabrik karet pada P3 memiliki nilai lebih tinggi dibandingkan pada P0, P1 dan P2 (Tabel 3). Keadaan ini diduga bahwa biomassa tumbuhan mimosa air pada P0, P1 dan P2 mengakibatkan amonia mudah menguap. Tamad (1996) menyatakan bahwa penutupan permukaan limbah cair oleh tanaman uji akan berpengaruh terhadap penguapan NH_3 . Namun penelitian Sussana (2014) menggunakan tanaman eceng gondok sebagai fitoremediasi amonia dalam limbah cair RSUD menyatakan bahwa semakin banyak tumbuhan dan semakin lama waktu kontak tumbuhan dengan limbah akan semakin besar penurunan kadar amonia. Hasil penelitian tumbuhan eceng gondok tujuh rumpun mampu menurunkan kadar amonia 33% dalam waktu 24 jam dan 36% dalam waktu 48 jam. Tumbuhan eceng gondok tiga dan lima rumpun mampu menurunkan kadar amonia sebesar 16% dan 21% dalam waktu 24 jam, 22% dan 25% dalam waktu 48 jam.

Juswardi *et al* (2010) menyatakan bahwa mimosa air merupakan tumbuhan yang memiliki bintil akar (nodul) yang berfungsi untuk mengikat nitrogen dari udara. Selain memanfaatkan nitrogen dan amonia yang terdapat dalam media uji, tumbuhan mimosa air

juga dapat memfiksasi nitrogen di udara, sehingga kadar N-total pada P3 yang memiliki biomassa tumbuhan lebih besar akan memengaruhi kadar nitrogen dan amonia yang diperlukan dan dilepaskan ke dalam media. Yulianti *et al* (2005) menyatakan bahwa jika kadar nitrogen yang difiksasi melebihi kadar yang dibutuhkan tumbuhan maka akan dilepaskan pada media tempat tumbuh. Hal ini diduga banyaknya tumbuhan mimosa air dalam media uji mengakibatkan fiksasi nitrogen oleh bakteri dalam bintil akar juga semakin banyak sehingga kadar nitrogen yang dilepaskan dalam media uji menjadi tinggi.

Kadar *Total Suspended Solid* (TSS) sebelum perlakuan adalah 0,376 mg/L. Kadar TSS menurun pada P0, dan naik pada P1, P2 dan P3 (Tabel 3). TSS pada limbah dapat berupa partikel-partikel kecil yang terdapat pada karet sehingga pada saat pencucian partikel tersebut terlepas dan masuk ke dalam bak *inlet*. Menurut Yulianti *et al* (2005), TSS pada dasarnya dapat diturunkan, namun juga dapat mengalami peningkatan. Kadar TSS pada P0 mengalami penurunan namun relatif kecil, hal ini disebabkan adanya gaya gravitasi pada saat pengendapan. Kadar TSS pada P1, P2 dan P3 mengalami kenaikan disebabkan adanya padatan yang disebabkan oleh akar dan daun tumbuhan yang gugur di dalam media uji. Menurut Felani dan Hamzah (2007), faktor penyebab TSS diantaranya adalah air limbah dan gugurnya daun-daun tanaman uji.

Kadar oksigen terlarut (DO) setelah perlakuan mengalami peningkatan disetiap perlakuan. Peningkatan kadar oksigen terlarut disebabkan adanya difusi udara dan hasil dari proses fotosintesis oleh mimosa air. Menurut Aquaculture SA (2003), oksigen terlarut dalam suatu perairan diperoleh melalui difusi udara ke dalam air, aerasi mekanis, dan fotosintesis tanaman akuatik. Kadar oksigen terlarut pada P0 lebih tinggi dibandingkan pada P1, P2, dan P3. Keadaan ini disebabkan adanya mimosa air di dalam media uji sehingga mengakibatkan adanya proses respirasi dan pembusukan daun mimosa air. Schramm (1997) menyatakan bahwa adanya proses respirasi menyebabkan berkurangnya oksigen terlarut di dalam air.

Semakin tinggi tingkat kepadatan tumbuhan akan semakin tinggi produksi oksigen dalam limbah cair pabrik karet sehingga kadar oksigen terlarut pada P2 lebih tinggi dibandingkan pada P1. Kadar oksigen terlarut pada P3 lebih rendah dari P2 karena biomassa pada P3 (100 g/5 L) diduga terlalu padat sehingga oksigen yang diserap oleh tumbuhan menjadi lebih banyak. Kondisi tersebut mengakibatkan kadar oksigen terlarut dalam media uji menjadi berkurang dan proses fotosintesis menjadi tidak optimal.

Vymaza (1995) dalam Hidayat *et al* (2015), menyatakan bahwa peningkatan produksi oksigen akan mencapai optimum pada kepadatan tertentu, apabila melampaui kepadatan tersebut produksi oksigen akan menurun. Keadaan ini disebabkan karena adanya bagian tumbuhan yang saling menutupi sehingga tidak dapat menangkap cahaya matahari secara optimal yang dibutuhkan untuk proses fotosintesis. Penelitian Hidayat *et al* (2015) menggunakan tanaman *Ceratophyllum demersum* sebagai bioaerator, hasil penelitian menunjukkan bahwa kepadatan tertinggi tumbuhan 300 g/100 L produksi oksigen masih tinggi sehingga belum mencapai kepadatan optimum.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian pertumbuhan dan kemampuan menyerap N-total dalam limbah cair pabrik karet oleh *N.oleracea* terbaik terdapat pada P2 (50 g). Biomassa *N.oleracea* 50 g merupakan perlakuan terbaik untuk meningkatkan kualitas limbah cair pabrik karet yaitu pada parameter DO, NH₃, dan N-total. Penelitian selanjutnya diharapkan menggunakan lebih dari satu jenis tumbuhan air yang digunakan sebagai agen fitoremediasi untuk dijadikan perbandingan dalam memperbaiki kualitas limbah cair pabrik karet

DAFTAR PUSTAKA

- Alaert, G. & Santika, S. S. (1984). *Metode Penelitian Air*. Penerbit Usaha Nasional. Surabaya.
- Aquaculture S. A. (2003). *Water Quality in Freshwater Aquaculture Ponds, Primary*

Industries and Resourch SA, South Australia.

- Aryadi, (2012), Struktur Komunitas Makrohidrofita Danau Kelubi yang Terpapar limbah Cair pabrik Karet Di Kabupaten Sanggau Kalimantan Barat, *Skripsi*, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Tanjungpura, Pontianak.
- Devi, L. P. W. K. Putra, K. G. D. dan Putra, A. A. B. (2013). Efektivitas Pengolahan Air Effluent Menjadi Air Reklamasi di Instalasi Pengolahan Air Limbah Suwung Denpasar Ditinjau dari Kandungan Kekeruhan. Total Zat Terlarut (TDS). dan Total Zat Tersuspensi (TSS). *Jurnal Kimia*. Vol. 7, no. 1, 2013: 64-74
- Dharmaji, D. (2013). Efisiensi Pemberian Perupuk Terhadap Serapan Limbah Cair Industri Karet. *Fish Scientiae*. Vol. 4, edisi. 5, 2013: 17-28.
- Effendi, H. (2003). *Telaah Kualitas Air Bagi Pengelolaan Sumber Daya dan Lingkungan Perairan*. Penerbit Kanisius. Yogyakarta.
- Felani, M & Hamzah, A, (2007), Fitoremediasi Limbah Cair Industri Tapioka dengan Tanaman Enceng Gondok, *Buana Sains*, vol.7, no. 1, 2007: 11-20.
- Hadi, NR, (2003), *Pengaruh Lama Perendaman dan Perbedaan Konsentrasi NAA (Naftalena Asam Asetat) terhadap Pertumbuhan Anatomi Akar Som Jawa (Talinum peniculatum Gaerth)*. *Skripsi*. Jurusan Biologi FMIPA UNS. Surakarta.
- Hidayat, M.K., Izzati, M. dan Setiari, N. (2015). Produksi dan Konsumsi Oksigen serta Pertumbuhan *Ceratophyllum demersum* L. Pada Kerapatan yang berbeda dalam Mendukung Potensinya sebagai Bioaerator. *Biologi*. Fakultas Sains dan Matematika. Undip. Semarang.
- Juswardi, Sagala, E. P. dan Ferdini, L.A. (2010). Pertumbuhan *N.oleracea* Lour

- pada Limbah Cair Amoniak dan Industri Pupuk Urea sebagai Upaya Pengembangan Fitoremediasi. *Jurnal Penelitian Sains*. Vol. 13, no. 1, 2010.
- Liferdi, L. (2010). Efek Pemberian Fosfor Terhadap Pertumbuhan dan Status Hara pada Bibit Manggis. *J.Hort*. Vol. 20. no.1, 2010:12-26.
- Mangkoedihardjo, S. dan Samudro, G. (2010). Fitoteknologi terapan. Penerbit Graha Ilmu. Yogyakarta.
- Murdhiani, Sabrina, T. dan Sumono. (2011). Penurunan Logam Berat Timbal (Pb) pada Kolam Tanaman Air (*Aquatic Plant*). *Jurnal Ilmu Pertanian Kultivar*. vol. 5, no. 2, 2011.
- Prabawa, I.D.G.P., Putra, K.G.D. dan Suanit, N.M. (2013). *Pengaruh Sistem Reklamasi Air Limbah terhadap Konsentrasi BOD dan COD Effluent Instalasi Pengolahan Air Limbah Suwung Denpasar*. Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam. Universitas Udayana, Bukit Jimbaran, Bali.
- Salisbury, F. B. dan Ross, C.W. (1995). *Fisiologi Tumbuhan Jilid 2*. Penerbit ITB. Bandung.
- Sari, M. (2009). Pengolahan Limbah Cair di Pabrik Benang Karet PT. Industri Karet Nusantara Medan. *Karya Ilmiah*. Medan.
- Schramm. (1997). *The Oxygen Factor (in Ponds)*, <http://www.hedley.ca/oxygen2.htm>.10/09/18.5 p.
- Sugiharto. (2008). *Dasar-dasar Pengelolaan Air Limbah*. Penerbit Universitas Indonesia. Jakarta.
- Sussana. (2014). Fitoremediasi Fosfat (PO_4) dan Amonia (NH_3) dengan menggunakan Tumbuhan Eceng gondok (*Eichornia crassipes*) pada Limbah Cair RSUD I. A. Moeis Samarinda. *Karya ilmiah*, Politeknik Pertanian Negri Semarang.
- Syuhaida, A.W.A., Norkhadajah, S. I. S., Praveena, S. M. and Suryani, A. (2014) The Comparison of Phytoremediation Abilities of Water Mimosa and Water Hyacinth. *ARPN Journal of Science and Technology*. Vol. 4, No.12, 2014.
- Tamad. (1996). Peranan Azolla dalam Menekan Penguapan NH_3 dari Tanah Sawah. *Leguminosae*. Vol. 3, No. 1, 1996:23-27.
- Yulianti, D. Winarno, K. & Mudyantini, W. (2005). Pemanfaatan Limbah Cair Pabrik Karet PTPN IX Kebun Batu Jamus Karanganyar Hasil Fitoremediasi dengan *Azolla microphylla* Kaulf untuk Pertumbuhan Tanaman Padi (*Oryza sativa* Linn.). *Biosmart*. Vol. 7, No. 2, 2005: 125-130.