

Fitoremediasi tanaman kiambang (*Salvinia molesta*) pada pengolahan limbah cair peternakan babi

V.R.W.Rawung*, P.R.R.I. Montong, G.D. Lenzun, M.Th.R. Lopian

Fakultas Peternakan Universitas Sam Ratulangi Manado 95115

*Korespondensi (Corresponding author) Email: vonnyrawung@unsrat.ac.id

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui efektivitas fitoremediasi tanaman kiambang dalam mereduksi limbah cair peternakan babi. Rancangan percobaan yang digunakan adalah Rancangan Acak Lengkap (RAL) pola faktorial yang terdiri dari 4 perlakuan yaitu Faktor A penggunaan aerator dan non aerator dan Faktor B perlakuan level penutupan tanaman 50% dan 100%, dengan 5 (lima) ulangan. Variabel yang diamati yaitu BOD, DO, TDS, Fosfat dan Nitrat (NO_3). Hasil analisis keragaman menunjukkan bahwa penggunaan aerator, level penutupan dan interaksi antara aerasi dan level penutupan memberikan pengaruh yang berbeda sangat nyata ($P < 0,01$) terhadap nilai BOD, DO, TDS, fosfat dan Nitrat. Uji lanjut BNJ menunjukkan bahwa penggunaan aerator dengan level penutupan 50% memberikan nilai BOD, TDS, Fosfat dan Nitrat yang sangat nyata ($P < 0,01$) lebih tinggi dari penggunaan aerator dengan level penutupan 100%, dan tanpa aerator dengan level penutupan 50% dan 100% tanpa aerator. Hal ini mengindikasikan bahwa efektivitas penggunaan tanaman Kiambang dengan penutupan 100% dan 50% tanpa aerator mampu menurunkan nilai BOD, TDS, Fosfat, Nitrat dan menaikkan nilai DO dibandingkan perlakuan penutupan 100% dan 50% menggunakan aerator. Disimpulkan bahwa fitoremediasi tanaman Kiambang (*Salvinia Molesta*) dengan level penutupan 50% dan 100% tanpa aerator lebih efektif menurunkan nilai BOD, TDS, Fosfat dan Nitrat dan menaikkan nilai DO limbah cair peternakan babi.

Kata Kunci: Fitoremediasi, kiambang, limbah cair

ABSTRACT

PHYTOREMEDIATION OF KIAMBANG PLANTS (*Salvinia molesta*) IN PROCESSING LIQUID WASTE FROM PIG FARMS. This research aims to determine the effectiveness of kiambang plant phytoremediation in reducing liquid waste from pig farms. The experimental design used was a Completely Randomized Design (CRD) with a factorial pattern consisting of 4 treatments, namely Factor A using aerators and non-aerators and Factor B treatment with plant cover levels of 50% and 100%, with 5 (five) replications. The variables observed were BOD, DO, TDS, Phosphate and Nitrate (NO_3). The results of the diversity analysis showed that the use of aerators, level of closure and the interaction between aeration and level of closure had a very significantly different effect ($P < 0.01$) on the values of BOD, DO, TDS, phosphate and nitrate. BNJ further tests showed that the use of an aerator with a closure level of 50% gave very significant BOD, TDS, Phosphate and Nitrate values ($P < 0.01$) higher than the use of an aerator with a closure level of 100%, and without an aerator with a closure level of 50% and 100% without aerator. This indicates that the effectiveness of using Kiambang plants with 100% and 50% closure without an aerator is able to reduce BOD, TDS, Phosphate, Nitrate values and increase DO values compared to 100% and 50% closure treatments using an aerator. It was concluded that phytoremediation of Kiambang (*Salvinia Molesta*) plants with a cover level of 50% and 100% without an aerator was more effective in

reducing the BOD, TDS, Phosphate and Nitrate values and increasing the DO value of pig farm liquid waste.

Keywords: Phytoremediation, kiambang, liquid waste

PENDAHULUAN

Upaya pemerintah untuk mengimbangi permintaan protein asal ternak dan juga sebagai salah satu komoditi ekspor menyebabkan usaha peternakan babi semakin berkembang pesat, dampak dari perkembangan ini adalah limbah yang dihasilkan semakin banyak, sementara itu banyak peternak memelihara ternak babi di bantaran sungai dan limbah cair yang dihasilkan dibuang langsung ke sungai tanpa pengolahan lebih dahulu. Sungai banyak dimanfaatkan oleh manusia dan ini sangat berbahaya karena dapat menjadi sarana atau sumber penyakit. Limbah cair peternakan babi mengandung bahan pencemar organik yang berbahaya bagi lingkungan dan kesehatan manusia. Limbah yang dibuang ke sungai akan mencemari sungai dan jika airnya digunakan, bisa menyebabkan diare dan penyakit lainnya. Penyebab pencemaran lingkungan dalam usaha peternakan babi adalah limbah berupa kotoran (feses dan urine), ceceran pakan dan minum babi, serta air cucian (Tambani *et al.*, 2022). Sousa *et al.* (2022) menyatakan bahwa penyebab pencemaran lingkungan dalam usaha peternakan babi berupa kotoran (tinja dan air kencing) yang mengandung bakteri *E. coli*, yang merupakan bakteri yang secara alami ada pada saluran pencernaan manusia maupun hewan. Limbah babi adalah campuran sisa-sisa pakan, air minum, urin, feses serta air bekas memandikan babi atau cucian/pembersihan kandang. Sanitasi yang kurang baik dari manajemen peternakan babi mengakibatkan cemaran bakteri *Escherichia coli* yang merupakan bakteri pencemaran lingkungan/environment contaminant yaitu indikator pencemaran oleh feses terhadap lingkungan (Sousa *et al.*, 2022).

Fitoremediasi adalah metode menghilangkan, membersihkan kontaminan atau zat pencemar dalam air atau tanah dengan menggunakan tanaman (Zahra, 2022). Metode ini sangat efisien karena mudah dilaksanakan, tanaman mudah didapat, tidak membutuhkan biaya yang besar dan ramah lingkungan. Penggunaan tanaman dalam proses pengolahan limbah cair akan terjadi proses pertukaran serta penyerapan ion, yang nantinya tanaman menstabilkan beberapa faktor fisik dan kimia perairan (Lestari, 2013).

Kiambang merupakan salah satu tanaman agen fitoremediasi bagi penyerapan orthofosfat deterjen yang menjadi bahan pencemar perairan (Nurhidayah *et al.* (2014). Tanaman ini juga dapat dimanfaatkan untuk pupuk hijau, karena kemampuannya yang dapat menyerap unsur fosfat (PO₄³⁻) sehingga sangat baik untuk pertumbuhan tanaman (Nurfita *et al.*, 2017).

Aerasi adalah penambahan oksigen kedalam air sehingga oksigen terlarut didalam air semakin tinggi. Pada prinsipnya aerasi itu mencampurkan air dengan udara atau bahan lain sehingga air yang beroksigen rendah kontak dengan oksigen atau udara (Yuniarti *et al.*, 2019). Novita *et al.* (2019) menyatakan bahwa limbah cair dapat menurunkan konsentrasi oksigen terlarut dalam perairan karena dibutuhkan untuk proses penguraian zat organik. Berdasarkan permasalahan diatas maka telah dilakukan penelitian dengan tujuan untuk mengetahui kemampuan tanaman kiambang (*Salvinia Molesta*) sebagai fitoremediasi pada pengolahan limbah cair dalam mereduksi bahan pencemar yang dihasilkan oleh limbah cair peternakan babi.

MATERI DAN METODE PENELITIAN

Tempat dan waktu penelitian

Penelitian dilaksanakan di Kelurahan Winangun Satu, Kecamatan Malalayang Kota Manado dan di laboratorium Badan Standarisasi dan Pelayanan Jasa Industri Manado.

Materi penelitian

Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah tanaman kiambang (*Salvinia Molesta*) diperoleh dari danau Sineleyan, Kelurahan Talete 2 Kota Tomohon. Limbah cair peternakan babi diperoleh dari peternakan babi milik Bpk. Saul Pantouw di Desa Talawaan Kec. Talawaan Kabupaten Minahasa Utara. Air sumur untuk pengenceran 1 : 5 (Limbah cair : Air sumur) bahan kimia untuk keperluan analisis BOD, DO, Nitrat, Fosfat dan TDS

Alat-alat yang digunakan adalah green house dibuat dari bambu dan kayu dengan ukuran 6 x 4 x 3 m, dilengkapi dengan rak terbuat dari bambu untuk meletakkan wadah plastik (loyang) dan termometer untuk mengukur temperatur dalam ruangan, aerator, selang aerator, batu aerator, gelas ukur (liter) dan wadah plastic (loyang). Peralatan laboratorium, Spektrofotometri Serapan Atom (SSA), neraca analitik, hot plate, stirer, peralatan titrasi, termometer air raksa, oven, sarung tangan, tissue, pipet tetes, glassware, kertas label, Dissolved oxygen meter, seperangkat refluks, cawan petri, kertas saring, oven.

Metode penelitian

Penelitian ini dilaksanakan dalam bentuk percobaan menggunakan rancangan acak lengkap pola faktorial dengan Perlakuan terdiri dari :

A1 = Menggunakan aerator, A2 = Tanpa aerator, B1= Perlakuan penutupan tanaman kiambang 50%. B2= Perlakuan penutupan tanaman kiambang 100%

Semua data yang diperoleh dianalisis menggunakan analisis ragam (ANOVA) untuk melihat ada tidaknya pengaruh perlakuan, dan jika antar perlakuan menunjukkan berbeda nyata pada level ($P < 0,05$) dilanjutkan dengan uji BNJ untuk membandingkan perbedaan antar perlakuan.

Prosedur penelitian

- Mempersiapkan green house dan peralatan untuk tempat pengolahan limbah seperti wadah plastik(loyang) dan termometer, gayung plastik.
- Tanaman kiambang diambil dari danau Sineleyan Tomohon diaklimatisasi dengan air sumur untuk pembersihan akar dan adaptasi dengan air sumur selama 3 hari.
- Limbah cair peternakan babi diperoleh dari hasil pencucian kandang dan mandi ternak, disaring kemudian diendapkan selama 1 jam setelah itu diencerkan dengan air sumur dengan perbandingan 1 : 5 (1 liter limbah : 5 liter air sumur).
- Limbah cair yang telah diencerkan dimasukan ke dalam wadah plastic (loyang) sebanyak 30 liter setiap loyang.
- Tanaman kiambang dimasukkan ke dalam wadah plastik (loyang) yang telah dimasukan limbah cair dan air sumur (1 : 5) sebanyak 20 wadah plastik, 10 wadah plastik untuk perlakuan penutupan 50% dan 10 wadah plastik untuk perlakuan penutupan 100% dan perlakuan aerasi 5 wadah plastik penutupan 50% dimasukan aerator dan 5 wadah plastik untuk perlakuan penutupan 100% dimasukan aerator sedangkan 5 wadah plastik penutupan 50% dan 5 wadah plastik penutupan 100% tidak dimasukan aerator.
- Pada hari ke delapan dilakukan pengambilan sampel untuk dianalisa di laboratorium untuk mendapatkan data parameter Biological Oxygen Demand,

Dissolved Oxygen, Total Dissolved Solid dan Nitrat,

Variabel penelitian

Variabel yang diamati terdiri dari:

1. BOD (biological oxygen demand) Jumlah/ukuran Oksigen terlarut yang dibutuhkan oleh mikroorganisme untuk mengoksidasi bahan-bahan buangan didalam air (Andika *et al.*, 2020; Siringoringo *et al.*, 2021)
2. DO (dissolved oxygen) oksigen terlarut merupakan kandungan oksigen yang terkandung dalam suatu perairan, Jumlah oksigen terlarut dalam air (Sidjabat, 2021; Madyawan *et al.*, 2020)
3. TDS (total dissolved solid) Total Suspended Solid merupakan padatan yang tersuspensi di dalam perairan
4. Fosfat (P) (AOAC, 2005)
5. Nitrat (NO₃) (AOAC, 2005)

HASIL DAN PEMBAHASAN

Rataan nilai biological oxygen deman (BOD), dissolved oxygen (DO), total dissolved solid (TDS), fosfat dan nitrat

limbah cair peternakan babi melalui perlakuan penutupan 50% (b1) dan 100% (b2) dan (a1) menggunakan aerator, (a2) tanpa aerator disajikan pada Tabel 1.

Pengaruh perlakuan terhadap biological oxygen deman (BOD) limbah cair peternakan babi.

Hasil analisis laboratorium nilai BOD limbah cair peternakan babi dapat dilihat pada Tabel 1. Rataan nilai BOD dari masing-masing perlakuan berkisar antara 3 - 7 mg/L. Hasil analisis keragaman menunjukkan bahwa penggunaan aerator, level penutupan dan interaksi antara aerator dan level penutupan memberikan pengaruh yang berbeda sangat nyata (P<0,01) terhadap nilai BOD. Uji lanjut beda nyata jujur (BNJ) menunjukkan bahwa penggunaan aerator dengan penutupan 50% memberikan nilai BOD yang sangat nyata (P<0,01) lebih tinggi dari penggunaan aerator dengan penutupan 100%, dan tanpa aerator dengan level penutupan 50% dan 100%. Hal ini mengindikasikan bahwa efektifitas penggunaan tanaman kiambang

Tabel 1. Rataan Nilai BOD, DO, TDS, Fosfat dan Nitrat Limbah Cair Usaha Peternakan Babi Setiap perlakuan

Variabel	Penggunaan Aerator	Penutupan		Rataan
		50%	100%	
BOD	Aerator	6,20 ^a	4,40 ^b	5,30 ^a
	Tanpa aerator	3,80 ^b	3,60 ^b	3,70 ^b
	Rataan	5,00 ^a	4,00 ^b	
DO	Aerator	4,40 ^c	5,60 ^b	5,00 ^b
	Tanpa aerator	6,60 ^a	6,40 ^{ab}	6,50 ^a
	Rataan	5,50	6,00	
TDS	Aerator	454,00	443,20	448,60 ^a
	Tanpa aerator	320,40	302,60	311,50 ^b
	Rataan	387,20	372,90	
Fosfat	Aerator	8,80 ^a	7,40 ^b	8,10 ^a
	Tanpa aerator	6,60 ^{bc}	6,40	6,50 ^b
	Rataan	7,70 ^a	6,90 ^b	
Nitrat	Aerator	8,40	8,00	8,20 ^a
	Tanpa aerator	6,60	6,20	6,40 ^b
	Rataan	7,50	7,10	

Keterangan: Rataan pada baris/kolom yang sama dengan superskrip yang berbeda dalam huruf besar berarti berbeda nyata (P <0.05)

dengan penutupan 100% dan 50% tanpa aerator efektif menurunkan nilai BOD, ini berarti bahwa perlakuan penutupan tanpa aerator jumlah oksigen yang dihasilkan lewat proses fotosintesis tanaman telah mencukupi kebutuhan mikroorganisme dalam merombak bahan organik limbah cair peternakan babi sehingga nilai BOD menurun pada perlakuan ini. Selain itu juga diduga tingginya BOD pada perlakuan penutupan 50% dan 100% dengan aerator dipengaruhi oleh aktifitas aerator yang mempengaruhi aktifitas mikroorganisme pada proses perombakan zat kontaminan (polutan) karena gerakan-gerakan aerator menyebabkan proses rhizofiltration yaitu proses adsorpsi atau pengendapan zat kontaminan oleh akar untuk menempel pada akar tidak terjadi. Luasan area penutupan tanaman kiambang juga mempengaruhi penyerapan bahan pencemar dalam hal ini unsur-unsur organik yang ada di dalam limbah cair sebagai nutrisi untuk hidupnya. Djo *et al.* (2017) menyatakan bahwa proses fitoremediasi memiliki peran penting dalam menyerap kandungan pencemar organik, tumbuhan dapat menyerap pencemar sejauh akar tanaman tersebut tumbuh, karena akar tanaman mengadsorpsi pada zone akar atau mengadsorpsi larutan polutan sekitar akar ke dalam akar, hal ini dapat dilihat pada perlakuan penutupan 100% dengan dan tanpa aerator nilai BOD turun dibandingkan dengan 50% dengan aerator. Puji (2023) menyatakan bahwa penurunan kadar BOD dapat disebabkan oleh proses fitodegradasi dan kontaminan organik yang terserap melalui akar dan mengalami penguraian melalui proses metabolisme dalam tanaman. Hasan dan Kadarusman (2022) menyatakan bahwa metode constructed wetland (CWs) dengan *E. hymale* tanpa aerasi lebih efektif dalam menyisihkan BOD, COD, TSS dan amoniak dibandingkan dengan CWs aerasi.

Pengaruh perlakuan terhadap dissolved oxygen (DO) limbah cair peternakan babi.

Nilai parameter DO pada penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 1. Rataan nilai DO dari masing-masing perlakuan pada penelitian ini berkisar antara 4 - 7 mg/L. Hasil analisis keragaman menunjukkan bahwa penggunaan aerator dan interaksi antara aerator dan level penutupan memberikan pengaruh yang berbeda sangat nyata ($P < 0,01$) terhadap nilai DO. Uji lanjut BNJ menunjukkan bahwa tanpa penggunaan aerator dengan penutupan 50% memberikan nilai DO yang sangat nyata ($P < 0,01$) lebih tinggi dari penggunaan aerator dengan penutupan 100%, dan penggunaan aerator dengan level penutupan 50%, namun berbeda tidak nyata ($P > 0,05$) dengan tanpa aerator dengan level penutupan 100%. Hal ini mengindikasikan bahwa efektifitas kenaikan nilai DO tertinggi pada perlakuan penutupan 50% dan 100% tanpa aerator. Ini berarti bahwa penambahan oksigen tidak mempengaruhi kerja mikroorganisme dalam merombak polutan, artinya penutupan 50% dan 100% tanpa penambahan oksigen telah cukup menghasilkan oksigen lewat proses fotosintesis tanaman dan dimanfaatkan mikroorganisme dalam merombak polutan sehingga nilai DO pada perlakuan ini tinggi dibandingkan dengan perlakuan lainnya. Kebutuhan oksigen yang diperoleh dari proses fotosintesis lebih banyak daripada yang dimanfaatkan mikroorganisme untuk proses oksidasi dan dekomposisi limbah organik limbah cair peternakan babi. Suherman dkk dalam Nurhidya dkk (2014) menyatakan bahwa perairan dengan oksigen terlarut 7 mg/L adalah produktif. Rahmayetty *et al.* (2004) menyatakan bahwa keberhasilan proses degradasi senyawa organik di dalam air limbah salah satunya dipengaruhi oleh oksigen yang diberikan dan yang terlarut didalam air limbah tersebut. Menurut Pramyani dan Marwati (2020) bahwa proses dekomposisi bahan organik oleh mikroorganisme dapat menurunkan oksigen terlarut yang berperan dalam penurunan bahan organik dalam air limbah.

Pengaruh perlakuan terhadap total dissolved solid (TDS) limbah cair peternakan babi.

Rataan nilai TDS limbah cair peternakan babi dengan perlakuan level penutupan 50% dan 100% dengan aerasi dan tanpa aerasi pada penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 1. Hasil analisis laboratorium menunjukan nilai TDS perlakuan penutupan level 50% dan 100% dengan aerator berada pada kisaran 406 - 478 mg/L dan nilai TDS perlakuan penutupan 50% dan 100% tanpa aerator berkisar antara 278 - 342 mg/L.

Hasil analisis keragaman menunjukkan bahwa penggunaan aerasi memberikan pengaruh yang berbeda sangat nyata ($P < 0,01$) terhadap nilai TDS, sedangkan level penutupan dan interaksi antara penggunaan aerasi dan level penutupan memberikan pengaruh yang berbeda tidak nyata ($P > 0,05$) terhadap TDS. Uji lanjut beda nyata jujur (BNJ) menunjukkan bahwa penggunaan aerasi memberikan nilai TDS yang sangat nyata ($P < 0,01$) lebih tinggi dari tanpa penggunaan aerasi. Hal ini mengindikasikan bahwa tingkat efektifitas pemanfaatan tanaman kiambang pada perlakuan penutupan 100% dan 50% tanpa aerasi mampu menurunkan nilai TDS lebih baik dibandingkan perlakuan penutupan tanaman kiambang 50% dan 100% dengan aerasi karena oksigen yang dihasilkan pada proses fotosintesis tanaman kiambang telah memenuhi kebutuhan mikroorganisme dalam mendekomposisi bahan organik limbah cair peternakan babi. Secara alami tumbuhan memiliki beberapa keunggulan salah satunya yaitu kemampuan fotosintesis, tumbuhan dapat menghasilkan energi yang dapat dicurahkan selama proses detoksifikasi polutan (Pappa, 2016).

Pengaruh perlakuan terhadap fosfat (P) limbah cair peternakan babi

Rataan nilai fosfat limbah cair peternakan babi dengan level perlakuan penutupan 50% dan 100% dengan dan tanpa aerasi dapat dilihat pada Tabel 1.

Hasil analisa laboratorium menunjukan nilai fosfat perlakuan penutupan 50% dan 100% dengan dan tanpa aerator berkisar antara 6 - 9 mg/L. Hasil analisis keragaman menunjukkan bahwa penggunaan aerasi, level penutupan dan interaksi antara aerasi dan level penutupan memberikan pengaruh yang berbeda sangat nyata ($P < 0,01$) terhadap nilai fosfat. Uji lanjut beda nyata jujur (BNJ) menunjukkan bahwa perlakuan penutupan 50% dengan aerasi memberikan nilai fosfat yang sangat nyata ($P < 0,01$) lebih tinggi dari perlakuan penutupan 100% dengan aerasi dan level penutupan 50% dan 100% tanpa aerasi. Hal ini menunjukan bahwa efektifitas penurunan nilai fosfor yang cukup baik yaitu pada perlakuan penutupan 100% tanpa aerator diikuti perlakuan 50% tanpa aerator, karena terjadi penurunan nilai fosfat yang signifikan dibandingkan dengan perlakuan 50% dan 100% dengan aerator. Terlihat semakin besar massa tanaman kiambang yang digunakan dalam fitoremediasi semakin besar pula penurunan kadar fosfat dalam limbah cair peternakan babi. Hal ini sejalan dengan penelitian Nurfitra *et al.* (2017), bahwa semakin besar massa tanaman kiambang yang digunakan dalam proses fitoremediasi, dalam menurunkan kadar fosfat limbah cair laundry, maka semakin besar pula kadar fosfat yang diserap oleh tanaman kiambang sehingga kadar fosfat limbah cair laundry menurun.

Pengaruh perlakuan terhadap nitrat (NO_3) limbah cair peternakan babi

Rataan nilai nitrat limbah cair peternakan babi dengan perlakuan level penutupan 50% dan 100% dengan dan tanpa aerator dapat dilihat pada Tabel 1. Hasil analisa laboratorium menunjukan nilai nitrat dengan perlakuan penutupan 50% dan 100% tanpa aerator berkisar antara 6 - 10 mg/L dan perlakuan penutupan 50% dan 100% dengan aerator berkisar antara 6 - 7 mg/L. Hasil analisis keragaman menunjukkan bahwa penggunaan aerasi memberikan pengaruh yang berbeda sangat nyata ($P < 0,01$) terhadap nilai nitrat,

sedangkan level penutupan dan interaksi antara penggunaan aerasi dan level penutupan memberikan pengaruh yang berbeda tidak nyata ($P>0,05$) terhadap nitrat. Uji lanjut beda nyata jujur (BNJ) menunjukkan bahwa perlakuan penggunaan aerasi memberikan nilai nitrat yang sangat nyata ($P<0,01$) lebih tinggi dari perlakuan tanpa penggunaan aerasi. Hal ini menunjukkan bahwa efektivitas penurunan nilai nitrat terbaik pada perlakuan penutupan 100% tanpa aerasi, diikuti perlakuan penutupan 50% tanpa aerasi, ini memberikan indikasi bahwa pemberian aerasi tidak berpengaruh nyata terhadap penurunan Nitrat. Hal ini berarti bahwa oksigen yang dihasilkan dari proses fotosintesis tanaman kiambang telah mencukupi kebutuhan mikroorganisme dalam merombak bahan organik yang ada dalam limbah cair peternakan babi. Ningrum *et al.* (2020) menyatakan bahwa pemberian aerasi tidak berpengaruh secara nyata terhadap penurunan amonia, nitrit dan COD.

KESIMPULAN

Fitoremediasi tanaman kiambang (*Salvinia molesta*) pada pengolahan limbah cair peternakan babi dengan penutupan 50% dan 100% tanpa aerator efektif menurunkan nilai BOD, TDS, Fosfat, Nitrat serta mampu menaikkan nilai DO dari limbah cair peternakan babi.

DAFTAR PUSTAKA

- AOAC. 2005. Official Methods of Analysis. 18th Ed. Gaithersburg, MD
- Andika B., P. Wahyuningsih, R. Fajri. 2020 Penentuan nilai bod dan cod sebagai parameter pencemaran air dan baku mutu air limbah di Pusat Penelitian Kelapa Sawit (PPKS) Medan. *Quim J Kim Sains dan Terap*, 2(1):14-22.
- Djo Y.H.W., D.A. Suastuti, I.E. Suprihatin, dan W.D. Sulihingtyas. 2017. Fitoremediasi menggunakan tanaman eceng gondok (*Eichhornia crassipes*) untuk menurunkan COD dan kandungan Cu dan Cr limbah cair laboratorium analitik Universitas Udayana. *Cakra Kimia (Indonesian E-Journal of Applied Chemistry)*, 5(2): 137-144.
- Hasan A., dan H. Kadarusman. 2022. Pengaruh aerasi terhadap pengolahan limbah cair rumah sakit dengan metode Constructed Wetland. *Ruwa Jurai: Jurnal Kesehatan Lingkungan*, 16(1): 41-49.
- Lestari W. 2013. Penggunaan *Ipomoea aquatica* forsk untuk fitoremediasi limbah rumah tangga. *Prosiding Seminar FMIPA Universitas Lampung*, 1(1): 441.
- Madyawan D., I.G.K. Hendrawa, Y. Suteja. 2020. Pemodelan oksigen terlarut (Dissolved Oxygen/DO) di Perairan Teluk Benoa. *Jurnal of Marine and Aquatic Science*, 6(2): 270-280.
- Ningrum Y.D., A. Ghofar, dan H. Haeruddin. 2020. Efektivitas eceng gondok (*Eichhornia crassipes* (Mart.) Solm) sebagai fitoremediator pada limbah cair produksi tahu effectiveness of eceng gondok (*Eichhornia crassipes* (Mart.) Solm) as phyto-remediator for tofu production liquid waste. *Management of Aquatic Resources Journal (MAQUARES)*, 9(2): 97-106.
- Novita E., A.A.G. Hermawan, S. Wahyuningsi. 2019. Komparasi proses fitoremediasi limbah cair pembuatan tempe menggunakan tiga jenis tanaman. *Jurnal Agroteknologi*, 13(2):16-24.
- Norhidayah N., D. Sofarini, dan Y. Yunandar. 2016. Fitoremediasi tumbuhan air kiambang (*Salvinia molesta*) purun tikus (*Eleocharis dulcis*) dan perupuk (*Phragmites karka*) sebagai alternatif pengolahan limbah cair

- karet. *EnviroScienteeae*, 10(1): 18-26.
- Nurfita A.E., E. Kurniati, dan A.T.S. Haji. 2017. Efisiensi removal fosfat (PO₄³⁻) pada pengolahan limbah cair laundry dengan fitoremediasi kiambang (*Salvinia natans*). *Jurnal Sumberdaya Alam Dan Lingkungan*, 4(3): 18-26.
- Pappa F.W. 2016. Fitoremediasi Logam Berat (Cu, Cd, dan Ni) dari Limbah Cair Laboratorium Kimia oleh Kiambang (*Salvinia molesta* DS Mitchel)= Phytoremediation of Heavy Metals (Cu, Ni, and Cd) from Wastewater Chemical Laboratory by Giant *Salvinia* (*Salvinia molesta* DS Mitchel). Doctoral dissertation. Program Studi Kimia FSM-UKSW).
- Pramyani I.A.P.C., dan N.M. Marwati. 2020. Efektifitas metode aerasi dalam menurunkan kadar biochemical oxygen demand (BOD) air limbah laundry. *Jurnal Kesehatan Lingkungan*, 1(2): 88-99.
- Puji H.A. (2023). Efektivitas Metode Fitoremediasi Antara Tumbuhan Kayu Apu Dan Eceng Gondok Dalam Menurunkan Kadar Cod, Bod Dan Tss Pada Ipal Rumah Pematangan Ayam. Doctoral dissertation, Poltekkes Kemenkes, Yogyakarta.
- Rahmayetty R., A. Reza, dan D. Fathurrahman. 2011. Pengaruh laju alir aerasi terhadap kualitas effluent dalam pengolahan limbah cair industri tepung aren. *Teknika: Jurnal Sains dan Teknologi*, 7(2): 140-147.
- Sidjabat F.N. 2021. Buku saku Petunjuk Pengukuran Kualitas Air. Institut Ilmu Kesehatan Bhakti Wiyata.
- Siringoringo J., S. Harahap, E. Purwanto. 2021. Efektifitas pengolahan limbah cair tahu dengan menggunakan EM4 dalam biofilter untuk menurunkan kadar BOD₅ dan COD. *Jurnal Sumberdaya dan Lingkungan Akuatik*, 2(1):174-183
- Sousa R.D.T., I.K. Suada, I.G.K. Suarjana. 2020. Bakteri *Escherichia coli* pada limbah peternakan babi di Kabupaten Badung jauh melampaui baku mutu coliform Provinsi Bali. *Jurnal Indonesia Medicus Veterinus*, 11(1) : 85-94.
- Tambani J., H. Hariyadi, N. Potalangi, S. Untu. 2022. Dampak limbah peternakan babi terhadap kualitas air sungai Sosongian Kecamatan Tumpa Kabupaten Minahasa Selatan. *Majalah Info sains*, 3(2): 59-67.
- Zahra F. 2022. Fitoremediasi Limbah Cair Domestik Menggunakan Genjer (*Limncharis flava*) Dengan Sistem Hidroponik Rakit Apung. Masters thesis, UIN Ar-Raniry.