

Penyisihan Amonia, Nitrit Dan Nitrat Dengan Biofilter Menggunakan Plastik Bekas Sebagai Media Penopang Biofilm

Elimination of Ammonia, Nitrite and Nitrate with used Plastic Biofilter as Biofilm Supporting Media

¹I Gusti Ayu Lia Pradnyadari, ^{2*}I Wayan Budiarsa Suyasa,
³Ni G. A. M. Dwi Adhi Suastuti

^{1,2,3}Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Udayana, Bukit Jimbaran, Bali.

^{*}Email: budiarsa_suyasa@unud.ac.id

ABSTRAK

Salah satu senyawa yang terkandung di dalam air limbah adalah amonia. Konsentrasi amonia yang tinggi dalam air buangan mengindikasikan adanya pencemaran yang disebabkan oleh aktivitas domestik maupun industri. Penurunan konsentrasi amonia dapat dilakukan dengan pengolahan sistem biofiltrasi. Sistem ini memiliki kemampuan untuk mendegradasi senyawa polutan melalui akumulasi bakteri pada media yang membentuk sebuah *film* atau lendir pada lapisan biologis yang dikenal sebagai *biofilm*. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kemampuan biofilm yang bermediakan plastik bekas dalam menyisihkan kadar amonia, nitrit dan nitrat. Proses menumbuhkan biofilm dilakukan selama 4 minggu menggunakan suspensi aktif dari sedimen selokan Rumah Potong Hewan sebagai sumber bibit. Hasil pengamatan selama 3 hari dengan sistem aerob mampu menyisihkan amonia hingga 7,27 mg/L dan menghasilkan efisiensi penyisihan sebesar 70,92%. Sedangkan pengolahan anoksik selama 4 hari mampu menyisihkan nitrit dan nitrat berturut-turut hingga 0,12 mg/L dan 3,01 mg/L. Mikroorganisme yang berperan dominan dalam proses biodegradasi yaitu berbentuk *bacillus* dan *coccus* dengan jumlah koloni sebesar 92 CFU/mL. Hasil ini lebih baik bila dibandingkan dengan perlakuan tanpa suspensi aktif

Kata kunci: amonia, biofilm, biofiltrasi, nitrat, nitrit, suspensi aktif.

ABSTRACT

One of the compounds contained in waste water is ammonia. High concentration of ammonia in waste water indicates the pollutant by domestic and industrial activities. Decreasing ammonia concentration can be carried out by biofiltration system. This system has the ability to degrade the pollutant compounds through the accumulation of bacteria on the media forming a film or mucous biological layer known as biofilm. This study aimed is to determine the ability of biofilm with media of plastic used to remove concentration of ammonium, nitrite and nitrate. The process of growing the biofilm was carried out for 4 weeks using active suspension from the slaughter house sediment as a source of seedlings. The result for 3 days showed that the aerobic system was capable to reducing ammonia up to 7.27 mg / L and can produce ammonium removal efficiency up to 70.92%. The anoksik system for 4 days was capable to reducing nitrite and nitrate up to 0.12 mg / L and 3.01 mg / L. The identified microorganisms and take dominant role in the process of biodegradation are bacillus and coccus with the number of colonies 92 CFU / mL. This result is better if compared with process without active suspension.

Key words: ammonia, biofilm, biofiltration, nitrate, nitrite, active suspension

PENDAHULUAN

Salah satu senyawa berbahaya yang terkandung di dalam air limbah adalah amonia. Konsentrasi amonia yang tinggi dalam air buangan mengindikasikan adanya pencemaran yang salah satunya disebabkan oleh aktivitas domestik maupun industri.

Penurunan konsentrasi amonia dalam air limbah dapat dilakukan dengan beberapa cara pengolahan, yaitu dengan pengolahan secara fisik, kimiawi, biologis, ataupun gabungan keduanya (Sedlak, 1991). Salah satu alternatif pengolahan limbah amonia yang murah dan ramah lingkungan adalah pengolahan air secara biologis yaitu biofiltrasi. Biofiltrasi merupakan suatu pengolahan limbah yang memiliki kemampuan untuk menghilangkan bahan pencemar melalui akumulasi bakteri pada media yang membentuk sebuah *film* atau lendir lapisan biologis dikenal sebagai *biofilm* (Basu *et al.* 2016).

Salah satu media yang dapat digunakan sebagai penopang biofilm yaitu botol bekas air minum. Berdasarkan penelitian Damayanti (2017) potongan botol bekas air minum dalam kemasan sangat efektif digunakan pada biofilter. Potongan dari botol plastik dapat memberikan efek pengadukan saat aerasi dan penggunaannya berkontribusi dalam mengurangi pencemaran lingkungan. Penelitian mengenai kinerja proses biofiltrasi menggunakan media potongan botol plastik dalam penyisihan ammonium telah mampu menghasilkan efisiensi penyisihan amonium hingga 20-78% dengan proses aklimatisasi selama 6 minggu (Yani dan Suprihatin, 2015).

Pada penelitian ini pembiakan mikroorganisme pada media plastik dilakukan menggunakan suspensi aktif yang berasal dari perairan terpapar amonia yaitu air limbah Rumah Potong Hewan (RPH). Penelitian dari Sudaryati, (2008) menunjukkan efektifitas lumpur RPH dalam proses penyisihan amonia mampu mencapai 96,10%. Hal tersebut menjadi pertimbangan sehingga dalam penelitian ini digunakan sedimen tanah RPH sebagai sumber pembibitan suspensi aktif.

Berdasarkan permasalahan diatas, penelitian ini bertujuan untuk mengetahui seberapa besar pengaruh suspensi aktif terhadap kecepatan pembentukan biofilm,

mengetahui pengaruh waktu perlakuan terhadap penyisihan amonia, nitrit dan nitrat serta mengetahui efektivitas biofilm dalam menyisihkan amonia.

METODE

Metode Penelitian

Penelitian ini difokuskan terhadap penyisihan senyawa amonia, nitrit dan nitrat melalui teknik pengolahan limbah dari biofilter. Pengolahan biofilter dilakukan dengan memanfaatkan botol plastik bekas sebagai media penopang biofilm. Untuk pembiakan mikroorganisme pada biofilm, maka dalam penelitian ini digunakan suspensi aktif dari sedimen tanah limbah Rumah Potong Hewan sebagai sumber bibit. Pengujian terhadap kandungan nitrit dan nitrat dilakukan saat kondisi anoksik untuk mengetahui telah terjadinya proses nitrifikasi dan denitrifikasi dalam pengolahan ini.

Botol plastik yang digunakan yaitu jenis PET (*Polyethylene Terephthalate*) dan HDPE (*High Density Polyethylene*). Unit pengolahan biofilter dibuat dari kotak kaca dengan ukuran 20 cm (tinggi) x 20 cm (lebar) x 25 cm (panjang). Bak biofilter ini disiapkan sebanyak empat buah yaitu tiga reaktor untuk perlakuan pengulangan dan satu reaktor untuk tanpa suspensi aktif. Masing-masing bak perlakuan diisi dengan media plastik serta selang aerator untuk mensuplai udara ke dalam bak.

Media cair atau penumbuh bakteri pendegradasi limbah disiapkan yaitu 10 gram pupuk NPK, glukosa 10 gram dan serbuk NH₄Cl 5 gram. Campuran kemudian diencerkan dengan aquades sampai volumenya 2 L dan diaduk sampai homogen. Kemudian ditambahkan sedimen tanah limbah RPH sebanyak 5 gram dan diaerasi. Pertumbuhan isolat bakteri diamati selama 3 hari dengan mengukur nilai MLVSS.

Proses pembiakan mikroorganisme dilakukan secara alami dengan cara merendam 7 L suspensi aktif ke dalam reaktor biofilter pada saat waktu optimum nilai MLVSS yang telah diukur sebelumnya. pembiakan mikroorganisme dilakukan sampai dengan tumbuhnya lendir pada permukaan media plastik. Uji yang dilakukan selama pembiakan mikroorganisme adalah pengukuran temperatur, pH dan MLVSS.

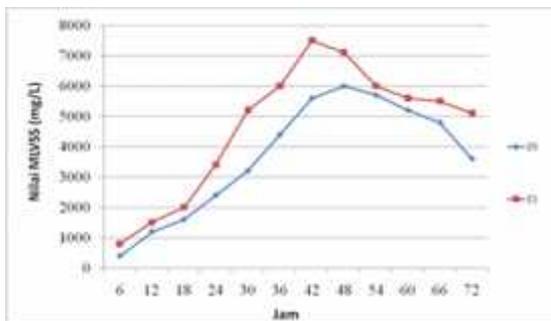
Setelah ketebalan biofilm pada media plastik cukup tebal, suspensi aktif dikeluarkan dari bioreaktor. Selanjutnya dituangkan limbah artificial amonia 25 mg/L yang ke dalam bak pengolahan biofilter. Pengukuran kadar amonia dilakukan selama 3 hari dengan metode spektrofotometri.

Setelah pengukuran kadar amonia selesai, dilakukan pengukuran secara anoksik. Aerator dimatikan dan bak ditutup dengan plastik berwarna gelap hingga terjadi keadaan anoksik (tanpa oksigen). Pengukuran kadar nitrat dan nitrit dilakukan selama 4 hari dengan spektrofotometri (Husin, 2008). Kadar nitrit ditentukan dengan metode sulphanilamide. Metode yang digunakan untuk analisis senyawa nitrat adalah metode brusin (SNI 06-6989.9-2004).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Waktu Optimum Pertumbuhan Mikroorganism dalam Suspensi Aktif

Nilai MLVSS dengan perlakuan penambahan sedimen tanah RPH memberikan hasil yang lebih baik dibandingkan dengan tanpa sedimen tanah RPH.



Gambar 1. Nilai MLVSS selama proses pembibitan.

Keterangan:

S1 = dengan sedimen tanah RPH

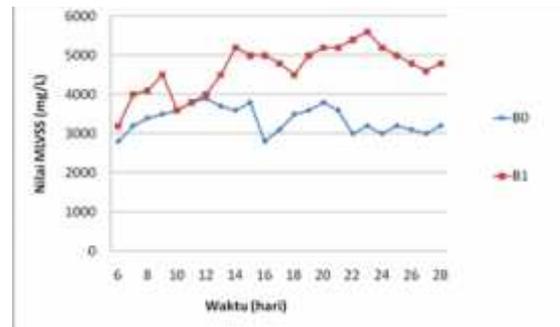
S0 = tanpa sedimen tanah RPH

Tingkat pertumbuhan biomassa mikroba pada sumber bibit yang menggunakan sedimen tanah RPH menghasilkan nilai MLVSS yang tinggi dibandingkan tanpa sedimen tanah RPH. Perbedaan nilai MLVSS disebabkan oleh kemampuan adaptasi oleh media selektif dan kemampuan mikroorganism dalam melakukan konsorsium sehingga biomassa

yang dihasilkan berbeda (Sutapa, 1999). Selain itu, banyaknya variasi mikroorganism yang terdapat pada suspensi aktif seperti: *Baktiodes*, *Bifidobacterium*, *Clostridium*, *Lactobacillus* dan *Strepto coccus* (Mantyasno, 2012). Bakteri tersebut merupakan bakteri yang terlibat dalam proses hidrolisis dan senyawa organik pada limbah RPH.

Pengaruh Penambahan Suspensi Aktif terhadap Nilai MLVSS pada Pembentukan Biofilm

Penggunaan suspensi aktif dari sedimen tanah RPH mampu menghasilkan biofilm yang tebal dibandingkan tanpa suspensi aktif. Hal ini ditunjukkan dengan nilai MLVSS pada biofilm yang menggunakan suspensi aktif lebih tinggi dibandingkan kontrol.



Gambar 2. Hubungan nilai MLVSS terhadap waktu perlakuan selama proses pertumbuhan biofilm

Keterangan:

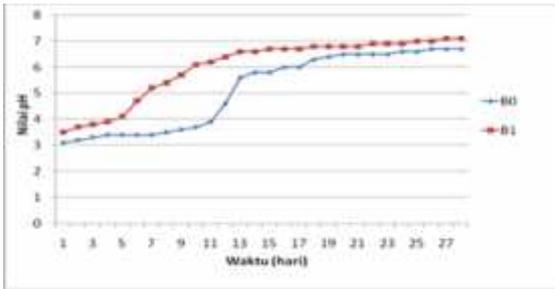
B1= biofilm perlakuan (dengan suspensi aktif)

B0= biofilm kontrol (tanpa suspensi aktif)

Penggunaan suspensi aktif dari sedimen tanah RPH mampu menghasilkan biofilm yang tebal dibandingkan tanpa suspensi aktif. Walaupun biofilm yang terbentuk pada biofilm kontrol tidak tebal, namun jumlah biomassa yang terkandung dalam biofilm tersebut telah cukup dan menunjukkan adanya mikroorganism yang menempel pada media sehingga siap digunakan untuk pengolahan limbah selanjutnya.

Pengaruh Penambahan Suspensi Aktif terhadap Nilai pH pada Pembentukan Biofilm

Kondisi pH yang terukur pada penelitian ini berada pada kondisi yang stabil dan sesuai dengan lingkungan bakteri. Penggunaan suspensi aktif RPH mampu meningkatkan nilai pH dibandingkan kontrol.



Gambar 3. Hubungan nilai temperatur terhadap waktu perlakuan selama proses pertumbuhan biofilm

Keterangan:

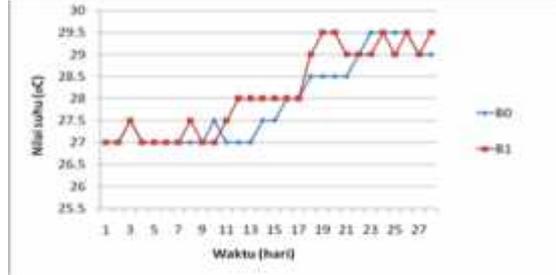
B1 = biofilm perlakuan (dengan suspensi aktif)

B0 = biofilm kontrol (tanpa suspensi aktif)

Peningkatan pH disebabkan oleh peningkatan aktivitas bakteri dalam mendegradasi bahan organik yang mengakibatkan pH meningkat dengan cepat. Dari hasil penelitian, diketahui bahwa semakin lama waktu tinggal di dalam reaktor, maka pH akan semakin meningkat. Hal ini disebabkan oleh semakin berkurangnya kandungan bahan-bahan organik akibat aktivitas mikroorganisme yang ada dalam lapisan biofilm.

Pengaruh Penambahan Suspensi Aktif terhadap Nilai Temperatur pada Pembentukan Biofilm

Berdasarkan hasil pengukuran temperatur dalam penelitian ini berada pada rentang 27-29 °C. Dari hasil tersebut dapat disimpulkan bahwa temperatur berada dalam kondisi yang stabil sehingga tidak mengganggu aktivitas bakteri dalam menguraikan substrat dan berkembang biak.



Gambar 4. Hubungan nilai temperatur terhadap waktu perlakuan selama proses pertumbuhan biofilm

Keterangan:

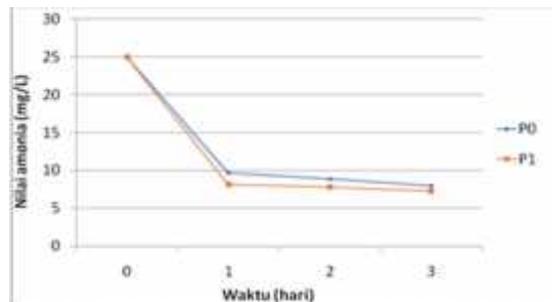
B1 = biofilm perlakuan (dengan suspensi aktif)

B0 = biofilm kontrol (tanpa suspensi aktif)

Terdapat pengaruh penggunaan suspensi aktif dari sedimen tanah RPH dalam meningkatkan temperatur selama pertumbuhan biofilm walaupun dengan rentang perbedaan yang tidak terlalu jauh. Penggunaan suspensi aktif maupun tanpa suspensi aktif mampu menghasilkan temperatur optimum yang sesuai lingkungan mikroorganisme.

Efektivitas Penyisihan Amonia

Nilai efektivitas penyisihan kadar amonia bermedia botol plastik pada hari pertama yaitu sebesar 61,32% pada kontrol dan 67,24% pada perlakuan. Semakin lama waktu pengolahan, maka kadar amonia yang terkandung semakin menurun sehingga efektivitas meningkat.



Gambar 5. Grafik pengaruh penambahan suspensi aktif terhadap penurunan kadar ammonia

Keterangan:

P1 = pengolahan perlakuan (dengan suspensi aktif)

P0 = pengolahan kontrol (tanpa suspensi aktif)

Penurunan kadar amonia berlangsung pesat pada hari ke-1. Selanjutnya pada hari ke-2 terjadi penurunan kadar amonia hingga menunjukkan angka yang konstan sampai hari ke-3. Hal ini disebabkan karena lapisan biomassa sudah tidak mampu lagi untuk menguraikan amonia dan telah mencapai ketebalan maksimum. Efektivitas penyisihan kadar amonia mampu mencapai 70,92% pada hari ketiga. Adanya efektivitas ini

menunjukkan bahwa telah terjadinya proses nitrifikasi (Suyasa, 2007).

Berdasarkan Peraturan Gubernur Bali No. 16 Tahun 2016, batas maksimum amonia dalam air limbah industri tekstil yaitu tidak boleh melebihi 8 mg/L. Pada pengujian ini, nilai konsentrasi amonia yang dihasilkan dari pengolahan biofilm telah memenuhi standar baku mutu.

Efektivitas Penyisihan Nitrat dan Nitrit

Pada proses denitrifikasi, nitrat dikonversi menjadi gas nitrogen pada kondisi anoksik. Berikut ini hasil uji kadar nitrat dan nitrit yang dilakukan selama 4 hari dapat dilihat pada Tabel 1:

Tabel 1. Kadar Nitrat dan Nitrit Selama Proses Pengolahan

Waktu (hari)	Kadar nitrat (mg/L)		Kadar nitrit (mg/L)	
	kontrol	Perlakuan	kontrol	perlakuan
Hari 1	10,66	18,92	0,58	0,10
Hari 2	31,01	34,04	0,98	0,22
Hari 3	9,30	3,85	0,67	0,15
Hari 4	8,00	3,01	0,31	0,12

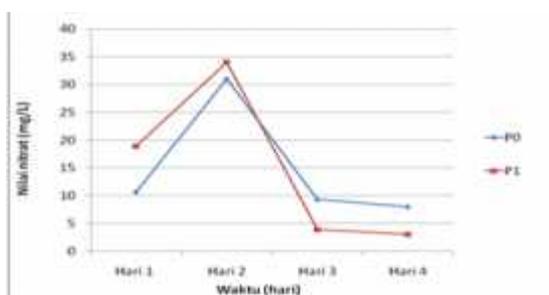
Tabel 1 menunjukkan pada hari pertama kadar nitrat dan nitrit masih sangat tinggi. Tingginya kadar nitrat dan nitrit juga dipengaruhi oleh aktivitas sel bakteri. Menurut Syahputra dkk., (2011), nitrat yang tereduksi berhubungan lurus terhadap peningkatan aktivitas sel bakteri. Pada saat kondisi tersebut, bakteri berada pada fase adaptasi yaitu dimana aktivitas sel bakteri masih lambat sehingga membutuhkan energi yang sedikit sehingga nitrat yang tereduksi masih sangat sedikit.

Pada hari ke-2 terjadi peningkatan kadar nitrit dan nitrat. Kemungkinan meningkatnya kadar nitrit dan nitrat berkaitan erat dengan adanya kandungan oksigen dalam air pengolahan sehingga proses denitrifikasi tidak berjalan dengan baik.

Pada hari ke-3 telah terjadi penurunan kadar nitrat dan nitrit baik pada pengolahan perlakuan maupun kontrol. Penurunan kadar nitrat dan nitrit menunjukkan bahwa kandungan oksigen pada air pengolahan telah tidak ada sehingga bakteri denitrifikasi memanfaatkan nitrat sebagai aseptor elektron

terakhir untuk memperoleh energi pada kondisi anoksik.

Pada hari ke-4 kadar nitrat dan nitrit semakin rendah. Pada kondisi ini konsentrasi nitrat menipis karena aktivitas sel bakteri mulai memasuki fase Stasioner (lambat). Hal ini menunjukkan bahwa senyawa nitrat yang diberikan merupakan sumber energi tunggal bagi bakteri. Berikut ini grafik fluktuasi kadar nitrat dan nitrit selama kondisi anoksik disajikan pada Gambar 6 dan 7 :

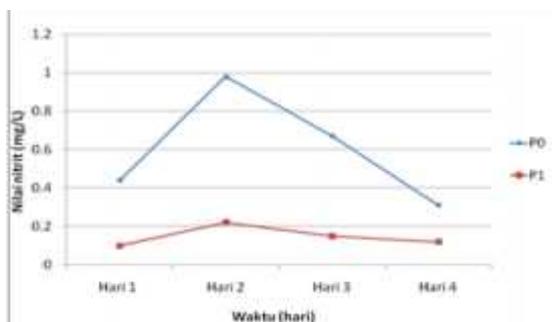


Gambar 6. Grafik pengaruh penggunaan suspensi aktif terhadap penurunan kadar nitrat dalam kondisi anoksik

Keterangan:

P1 = pengolahan perlakuan (dengan suspensi aktif)

P0 = pengolahan kontrol (tanpa suspensi aktif)



Gambar 7. Grafik pengaruh penggunaan suspensi aktif terhadap penurunan kadar nitrit dalam kondisi anoksik

Keterangan:

P1 = pengolahan perlakuan (dengan suspensi aktif)

P0 = pengolahan kontrol (tanpa suspensi aktif)

Menurut Peraturan Gubernur Bali No. 16 Tahun 2016, batas maksimum nitrit dalam air limbah industri tekstil dan fasilitas pelayanan kesehatan tidak boleh melebihi 1 mg/L sedangkan batas maksimum nitrat tidak boleh melebihi 20 mg/L. Pada pengujian ini, nilai konsentrasi akhir nitrat dan nitrit yang dihasilkan dari pengolahan biofilm telah memenuhi baku mutu.

Identifikasi Mikroorganisme

Proses pengolahan limbah, mikroorganisme merupakan faktor yang penting terhadap berlangsungnya proses biologis. Berdasarkan hasil uji identifikasi mikroorganisme (Laboratorium Mikrobiologi FMIPA Universitas Udayana), jumlah koloni bakteri yang terdapat pada sampel biofilm tanpa suspensi aktif adalah sebesar 23 CFU/mL sedangkan dalam sampel yang mengandung suspensi aktif sebesar 92 CFU/mL. Pada biofilm perlakuan diidentifikasi terdapat 2 jenis bentuk mikroorganisme yaitu bacillus dan coccus. Sedangkan pada biofilm tanpa suspensi aktif hanya terdapat 1 jenis bentuk mikroorganisme yaitu bacillus. Hasil ini menunjukkan bahwa suspensi aktif lebih efektif dalam

mendegradasi bahan organik karena jumlah mikroorganisme yang lebih banyak dan bentuk mikroorganisme bervariasi.

SIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan maka dapat ditarik simpulan sebagai berikut: (1). Penambahan sedimen tanah dari RPH pada pembibitan suspensi aktif memberikan hasil pertumbuhan biomassa yang lebih baik dibandingkan kontrol dengan nilai MLVSS pada awal aklimatisasi yaitu 1433 mg/L dan masa pertumbuhan yaitu 4420 mg/L. (2). Biofilm dengan suspensi aktif mampu menyisihkan amonia hingga perlakuan hari ke-3 serta mampu menyisihkan nitrit dan nitrat hingga hari perlakuan ke-4. Efektivitas penyisihan amonia pada biofilm dengan suspensi aktif lebih besar (90,92%) dibandingkan biofilm tanpa suspensi aktif (88,24%). (3). Total jumlah bakteri pada biofilm yang diinokulasi suspensi aktif adalah 92 CFU/mL dengan koloni berbentuk bacillus dan coccus. Sementara pada biofilm tanpa suspensi aktif hanya terdapat bentuk bacillus dengan jumlah koloni 23 CFU/mL.

REFERENSI

- Basu, O., Ikhlef, and Cleary S. (2016). Backwashing biofilters: practical impact on dissolved organic carbon and turbidity removal. Proceedings of the 2nd International Conference on Civil, Structural and Transportation Engineering, Paper No. 133.
- Damayanti, N. (2017). Optimasi perancangan biofiltrasi media potongan botol AMDK dalam upaya peningkatan kualitas air baku [Skripsi]. Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor.
- Husin, A. (2008). Pengolahan Limbah Cair Industri Tahu Dengan Biofiltrasi Anaerobik Dalam Reaktor Fixed-Bed, [Thesis] Medan(ID): Universitas Sumatera Utara.
- Mantyasno, A. T. (2012). Penurunan Amoniak dan H₂S pada Air Limbah Rumah Potong Hewan Sapi dengan Proses Biofilter Bermedia Kombinasi Anaerob Aerob Bermedia Potongan Plastik untuk Media Hidup Ikan

- Budidaya. *Jurnal Lingkungan*. Volume 1(2): 134-141.
- Peraturan Gubernur Bali. (2016). Keputusan Gubernur Bali nomor: 16 Tahun 2016. Tentang Baku Mutu Lingkungan Hidup dan Kriteria Baku Kerusakan Lingkungan Hidup.
- Sedlak, R. (1991). *Phosphorus and Nitrogen Removal from Municipal Wastewater: Principles and Practice* (2nd ed.), Boca Raton: Lewis.
- Sudaryati, N. L. G., Kasa, I. W., dan Suyasa I. W. B. (2008). Pemanfaatan Sedimen Perairan Tercemar Sebagai Bahan Lumpur Aktif Dalam Limbah Cair Industri Tahu *Ecotrophic* 3 (1) : 21 – 29.
- Sutapa, D. A. (1999). Lumpur Aktif: Alternatif Pengolah Limbah Cair, *Jurnal Studi Pembangunan* Kemasyarakatan dan Lingkungan. No. 3: 25-38. Peneliti Puslitbang Limnologi - LIPI. Cibinong.
- Suyasa, I.W. B., Wahyu D. (2007). Kemampuan Sistem Saringan Pasir-Tanaman Menurunkan Nilai BOD dan COD Air Tercemar Limbah Pencelupan. *Ecotrophic*: 2 (1): hal 1-7.
- Syahputra, K., Rusmana I., Widyastuti U. (2011). Isolasi Dan Karakterisasi Bakteri Denitrifikasi Sebagai Agen Bioremediasi Nitrogen Anorganik, *J. Ris. Akuakultur* Vol.6 No.2, 197-20
- Yani, M., Suprihatin. (2015). Kinerja Proses Biofiltrasi Media Potongan Botol Bekas AMDK dalam Penyisihan Amonium, *Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor*