HASIL PENELITIAN

PENGARUH KAYU APU (*Pistia stratiotes*) DAN KIAMBANG (*Salvinia molesta*) TERHADAP KONSENTRASI AMONIA PADA BUDIDAYA IKAN PATIN SIAM (*Pangasianodon hypophthalmus*) SISTEM BUDIKDAMBER

The Effect of Water Lettuce (Pistia stratiotes) and Giant Salvinia (Salvinia molesta) on Ammonia Concentration in Siamese Catfish (Pangasianodon hypophthalmus) Culture Using the Budikdamber System

Mikhael Febrianus Simbolon, Tutwuri Handayani*, Ummi Suraya, Rosana Elvince
Program Studi Manajemen Sumberdaya Perairan Jurusan Perikanan Fakultas Pertanian, Univ. Palangka Raya
*corresponding author: tutwurihandayani@fish.upr.ac.id

(Diterima/*Received :* 09 Agustus 2026, Disetujui/*Accepted:* 25 Agustus 2026)

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh penggunaan kayu apu (*Pistia stratiotes*) dan kiambang (*Salvinia molesta*) terhadap konsentrasi amonia pada budidaya ikan patin siam (*Pangasianodon hypophthalmus*) sistem Budikdamber serta menentukan tumbuhan yang paling efektif dalam menurunkan amonia. Penelitian ini dilaksanakan pada Februari–Maret 2026 di Peat Techno Park (PTP), Palangka Raya, Kalimantan Tengah. Penelitian berlangsung selama 21 hari menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan tiga perlakuan dan tiga ulangan, yaitu kontrol (tanpa tumbuhan), kayu apu, dan kiambang. Parameter utama yang diamati adalah konsentrasi amonia, sedangkan parameter pendukung meliputi suhu, pH, oksigen terlarut (DO), Oxidation Reduction Potential (ORP), pertambahan biomassa tumbuhan, dan sintasan ikan. Data dianalisis menggunakan analisis ragam (ANOVA) dan uji Beda Nyata Jujur (BNJ) pada taraf kepercayaan 95%. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan tumbuhan air berpengaruh nyata terhadap konsentrasi amonia ($p<0,05$). Sintasan ikan pada perlakuan kontrol, kayu apu, dan kiambang masing-masing sebesar 73%, 97%, dan 93%. Pertambahan biomassa tumbuhan pada perlakuan kayu apu dan kiambang masing-masing sebesar 317 g dan 292,13 g. Perlakuan kayu apu memberikan hasil terbaik dalam menekan konsentrasi amonia, memperbaiki kualitas air, meningkatkan pertambahan biomassa tumbuhan, dan meningkatkan sintasan ikan. Penggunaan kayu apu dan kiambang efektif menekan konsentrasi amonia pada sistem budikdamber.

Kata Kunci: *Amonia, Budikdamber, Pangasianodon hypophthalmus, Pistia stratiotes, Salvinia molesta*

ABSTRACT

This study aimed to analyze the effect of using water lettuce (Pistia stratiotes) and giant salvinia (Salvinia molesta) on ammonia concentration in the Budikdamber (fish cultivation in buckets) system for Siamese catfish (Pangasianodon hypophthalmus) culture and to determine the most effective aquatic plant in reducing ammonia concentration. The research was conducted from February to March 2026 at the Peat Techno Park (PTP), Palangka Raya, Central Kalimantan. The experiment lasted for 21 days using a Completely Randomized Design (CRD) consisting of three treatments with three replications: control (without aquatic plants), water lettuce, and giant salvinia. The primary parameter observed was ammonia concentration, while the supporting parameters included water temperature, pH, dissolved oxygen (DO), oxidation-reduction potential (ORP), plant biomass increment, and fish survival rate. The data were analyzed using Analysis of Variance (ANOVA), followed by Tukey's Honestly Significant Difference (HSD) test at a 95% confidence level. The results showed that the use of aquatic plants had a significant effect on ammonia concentration ($p<0.05$). The survival rates of fish in the control, water lettuce, and giant salvinia treatments were 73%, 97%, and 93%, respectively. The biomass increment of water lettuce and giant salvinia reached 317 g and 292.13 g, respectively. The water lettuce treatment showed the best performance in reducing ammonia concentration, improving water quality, increasing plant biomass, and enhancing fish survival. Both water lettuce and giant salvinia were effective in reducing ammonia concentration in the Budikdamber system.

Keywords: Ammonia, Budikdamber, Pangasianodon hypophthalmus, Pistia stratiotes, Salvinia molesta.

PENDAHULUAN

Budidaya ikan patin siam (*Pangasianodon hypophthalmus*) merupakan salah satu kegiatan perikanan air tawar yang terus berkembang di Indonesia karena memiliki nilai ekonomi tinggi dan permintaan pasar yang terus meningkat, didukung oleh pertumbuhan yang relatif cepat, rasa daging yang disukai, serta harga jual yang stabil (Anggraini et al., 2020). Peningkatan intensitas budidaya, baik pada skala rumah tangga maupun komersial, kerap diikuti oleh akumulasi limbah organik dari sisa pakan dan feses ikan yang dapat menurunkan kualitas air apabila tidak dikelola dengan baik.

Limbah organik yang terurai oleh mikroorganisme menghasilkan senyawa nitrogen berupa amonia, nitrit, dan nitrat. Amonia merupakan parameter paling kritis karena bersifat toksik, dapat mengganggu respirasi, merusak jaringan insang, menurunkan nafsu makan, menghambat pertumbuhan, hingga menyebabkan kematian ikan apabila melebihi batas toleransi (Effendi et al., 2015; Siregar et al., 2020). Permasalahan ini semakin besar pada sistem Budidaya Ikan dalam Ember (Budikdamber), yang menggunakan wadah berukuran kecil sehingga volume air yang terbatas menyebabkan sisa pakan dan feses lebih cepat terakumulasi dan konsentrasi amonia meningkat lebih cepat dibandingkan sistem konvensional.

Salah satu alternatif untuk mengendalikan konsentrasi amonia tanpa pergantian air dalam jumlah besar adalah fitoremediasi, yaitu pemanfaatan tanaman untuk menyerap, mengurangi, atau menstabilkan zat pencemar di perairan. Kayu apu (*Pistia stratiotes*) dan kiambang (*Salvinia molesta*) merupakan tanaman air terapung dengan sistem perakaran lebat yang mampu menyerap nitrogen dan fosfor dari limbah budidaya, sekaligus menjadi tempat hidup mikroorganisme nitrifikasi. Wulandari et al. (2023) melaporkan bahwa pada fitoremediasi limbah budidaya lele dumbo, kayu apu mampu menurunkan kadar amonia hingga 97,81% dan kiambang 97,23%, sementara Nabila et al. (2025) menyatakan kiambang juga efektif menurunkan bahan organik dan senyawa nitrogen melalui penyerapan akar dan aktivitas mikroorganisme di daerah perakaran.

Keberhasilan fitoremediasi tidak hanya ditunjukkan oleh penurunan amonia, tetapi juga oleh perbaikan parameter pendukung seperti suhu, pH, oksigen terlarut (DO), dan Oxidation Reduction Potential (ORP), yang secara bersama-sama menentukan kondisi lingkungan budidaya (Wulandari et al., 2023). Perbaikan kualitas air tersebut selanjutnya diharapkan meningkatkan tingkat kelangsungan hidup (survival rate) ikan patin siam serta pertambahan biomassa tanaman sebagai indikator efektivitas penyerapan polutan.

Penelitian tentang efektivitas kayu apu dan kiambang sebagian besar masih berfokus pada limbah budidaya ikan lele atau jenis budidaya lain, sedangkan kajian pada sistem Budikdamber untuk komoditas ikan patin siam yang menghubungkan penurunan amonia dengan parameter kualitas air pendukung, survival rate, dan pertambahan biomassa tanaman masih terbatas. Berdasarkan hal tersebut, penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh penggunaan kayu apu dan kiambang terhadap konsentrasi amonia pada sistem Budikdamber budidaya ikan patin siam, membandingkan kemampuan kedua tanaman dalam menekan amonia, serta mendeskripsikan kondisi parameter pendukung, survival rate ikan, dan pertambahan biomassa tanaman selama proses fitoremediasi berlangsung.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Februari-Maret 2026 di Peat Techno Park (PTP) Universitas Palangka Raya. Penelitian menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan satu faktor perlakuan, yaitu jenis tanaman air, yang terdiri atas tiga perlakuan dan tiga ulangan sehingga terdapat sembilan unit percobaan, yaitu A (kontrol tanpa tanaman), B (*Pistia stratiotes*/kayu apu), dan C (*Salvinia molesta*/kiambang).

Rancangan ini dipilih karena kondisi di dalam rumah kaca relatif homogen terhadap suhu, cahaya, dan kelembapan. Setiap unit percobaan menggunakan ember plastik bertutup berkapasitas 70 liter yang diisi 60 liter air tanah, ditanami tumbuhan fitoremediator dengan kepadatan awal 50% dari luas permukaan air pada wadah kawat ram, dan ditebar 10 ekor benih ikan patin siam berukuran 5–8 cm. Penentuan posisi ember pada rumah kaca dilakukan secara acak menggunakan metode undian untuk menghindari bias posisi (Putri et al., 2022).

Sebelum digunakan, ember dan tanaman fitoremediator diaklimatisasi, sedangkan benih ikan diaklimatisasi selama dua hari dan dipuasakan ±24 jam sebelum penebaran untuk meminimalkan lonjakan amonia awal. Pakan berupa pelet apung diberikan dua kali sehari (pukul 08.00 dan 17.00) sebanyak 5% dari biomassa ikan per hari. Selama pemeliharaan, kepadatan tanaman dipertahankan sekitar 50% dari luas permukaan ember melalui penjarangan berkala, dan volume air dijaga tetap 60 liter.

Pengamatan dilakukan pada hari ke-0, 7, 14, dan 21. Parameter utama berupa konsentrasi amonia (NH_3–N) dianalisis menggunakan metode spektrofotometri di Balai Besar Laboratorium Kesehatan Masyarakat (BBLKM) Banjarbaru mengacu pada SNI 06-6989.30-2005. Parameter pendukung berupa suhu, pH, oksigen terlarut (DO), dan Oxidation Reduction Potential (ORP) diukur

secara in situ menggunakan water quality tester dan DO meter. Tingkat kelangsungan hidup (survival rate/SR) dihitung menggunakan rumus SR = (Nt/N0) × 100%, dengan Nt adalah jumlah ikan hidup pada akhir penelitian dan N0 adalah jumlah ikan pada awal penelitian (Effendi, 2015). Pertambahan biomassa tumbuhan dihitung dengan rumus BM = (Bt + Bp) − B0, yaitu biomassa akhir ditambah biomassa hasil pemangkasan selama penelitian dikurangi biomassa awal (Sudaryanto, 2019).

Data hasil penelitian terlebih dahulu diuji menggunakan uji normalitas Shapiro-Wilk dan uji homogenitas Levene sebagai prasyarat analisis parametrik. Selanjutnya, data dianalisis menggunakan Analisis Ragam (ANOVA) untuk mengetahui pengaruh perlakuan terhadap konsentrasi amonia. Apabila hasil ANOVA menunjukkan nilai signifikansi (p) < 0,05, analisis dilanjutkan dengan uji lanjut Tukey Honest Significant Difference (HSD)/Beda Nyata Jujur (BNJ) pada taraf kepercayaan 95% untuk mengetahui perbedaan antarperlakuan secara spesifik. Seluruh analisis data statistik dilakukan menggunakan perangkat lunak SPSS.

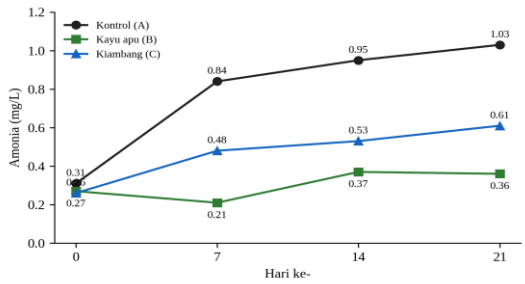
HASIL DAN PEMBAHASAN

Konsentrasi Amonia pada Setiap Perlakuan

Amonia merupakan hasil metabolisme ikan dan sisa pakan yang bersifat toksik; peningkatannya disebabkan oleh akumulasi bahan organik yang mengalami dekomposisi dan dalam konsentrasi tinggi dapat mengganggu sistem pernapasan serta menyebabkan stres pada ikan (Effendi, 2003). Data hasil pengukuran amonia selama penelitian disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Nilai Rata-Rata Konsentrasi Amonia pada Setiap Perlakuan Selama Penelitian (mg/L)

Hari ke-	A (Kontrol)	B (Kayu apu)	C (Kiambang)
0	0,31 ± 0,03	0,27 ± 0,02	0,26 ± 0,05
7	0,84 ± 0,16	0,21 ± 0,03	0,48 ± 0,12
14	0,95 ± 0,25	0,37 ± 0,08	0,53 ± 0,05
21	1,03 ± 0,13	0,36 ± 0,12	0,61 ± 0,09



Gambar 1. Nilai Rata-Rata Amonia pada Setiap Perlakuan Berdasarkan Waktu Pengamatan

Nilai amonia pada seluruh perlakuan meningkat seiring waktu, namun laju peningkatan pada perlakuan kontrol jauh lebih tinggi dibandingkan perlakuan bertanaman. Pada hari ke-21, amonia pada kontrol mencapai 1,03 mg/L, telah melewati ambang batas kualitas air budidaya menurut SNI 01-6483.4-2000 (<1 mg/L), sedangkan kayu apu dan kiambang masih berada pada 0,36 dan 0,61 mg/L. Kondisi ini dipicu oleh akumulasi limbah nitrogen dari sisa pakan yang tidak terkonsumsi serta peningkatan ekskresi metabolik seiring pertambahan bobot ikan, sementara volume ember yang terbatas (60 liter untuk 10 ekor ikan) mereduksi kapasitas pengenceran alami air (Ma'arif et al., 2020).

Hasil uji normalitas Shapiro-Wilk dan homogenitas Levene menunjukkan bahwa data amonia pada setiap waktu pengamatan berdistribusi normal dan homogen (p>0,05), sehingga memenuhi syarat analisis parametrik. Hasil ANOVA disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil Uji ANOVA Konsentrasi Amonia pada Sistem Budikdamber

Waktu	F Hitung	Sig. (p)	α	Keterangan
Hari ke-7	21,759	0,002	0,05	Berpengaruh nyata
Hari ke-14	11,531	0,009	0,05	Berpengaruh nyata
Hari ke-21	25,735	0,001	0,05	Berpengaruh nyata

Nilai signifikansi pada setiap waktu pengamatan lebih kecil dari taraf nyata 5% (α=0,05), sehingga H_0 ditolak dan H_1 diterima; penggunaan tanaman air yang berbeda berpengaruh nyata terhadap konsentrasi amonia. Hasil uji lanjut Tukey HSD menunjukkan bahwa perlakuan kontrol berbeda nyata dengan kayu apu maupun kiambang pada seluruh waktu pengamatan, sedangkan antara kayu apu dan kiambang tidak terdapat perbedaan nyata (p>0,05 pada hari ke-7, 14, dan 21), meskipun secara deskriptif kayu apu konsisten menghasilkan rata-rata amonia yang lebih rendah dibandingkan kiambang di setiap waktu pengamatan.

Rendahnya nilai amonia pada perlakuan kayu apu menunjukkan bahwa tanaman ini efektif menyerap amonia sebagai sumber nitrogen melalui proses fitoremediasi, sejalan dengan Putra et al. (2021) dan Hidayat et al. (2018) yang menyatakan tanaman air efektif menurunkan amonia, nitrat, dan fosfat di perairan. Mikroorganisme di sekitar akar tanaman turut membantu menguraikan senyawa nitrogen sehingga mempercepat penurunan amonia (Hadiyanto et al., 2012), sementara kemampuan penyerapan nutrien juga dipengaruhi oleh luas permukaan akar dan laju pertumbuhan tanaman (Lu et al., 2008). Keunggulan kayu apu diduga terkait

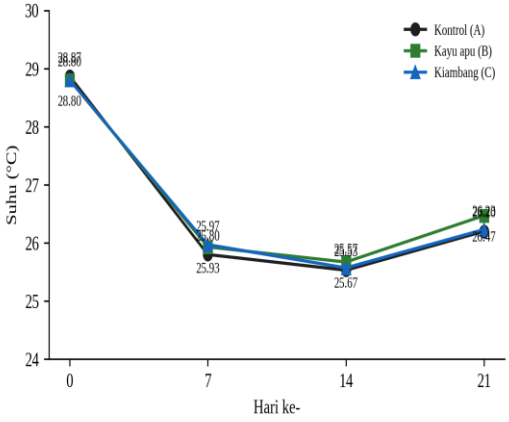
sistem perakaran serabut yang lebih lebat, panjang, dan berbulu halus sehingga menyediakan area permukaan yang lebih luas bagi kolonisasi bakteri nitrifikasi dibandingkan kiambang (Wulandari & Rahmawati, 2018; Hanafiah et al., 2018).

Parameter Pendukung Kualitas Air

Parameter pendukung yang diamati meliputi suhu, pH, oksigen terlarut (DO), dan Oxidation Reduction Potential (ORP), disajikan pada Tabel 3 sebagai rata-rata ± standar deviasi dari tiga ulangan.

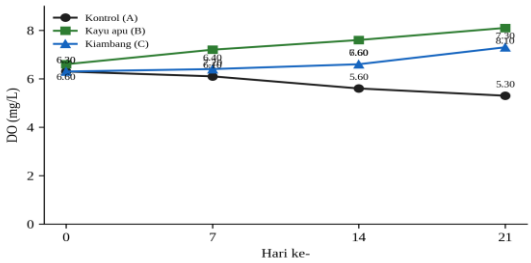
Tabel 3. Nilai Rata-Rata Parameter Pendukung Kualitas Air pada Setiap Perlakuan

Hari	Perl.	Suhu (°C)	pH	DO (mg/L)	ORP (mV)
0	A	28,87±0,06	3,76±0,13	6,30±0,25	393±24,6
	B	28,80±0,10	3,64±0,29	6,60±0,25	384±21,0
	C	28,80±0,10	3,55±0,01	6,30±0,15	395±5,0
7	A	25,80±0,00	6,48±0,17	6,10±0,21	249±8,5
	B	25,93±0,06	4,23±0,09	7,20±0,35	373±6,4
	C	25,97±0,06	5,70±0,33	6,40±0,30	291±19,1
14	A	25,53±0,19	7,04±0,03	5,60±0,20	208±13,7
	B	25,67±0,25	5,80±0,39	7,60±0,29	278±26,6
	C	25,57±0,06	6,34±0,36	6,60±0,30	220±23,0
21	A	26,20±0,25	5,66±0,41	5,30±0,15	156±18,3
	B	26,47±0,60	6,64±0,30	8,10±0,17	240±27,2
	C	26,23±0,15	6,01±0,24	7,30±0,21	202±15,5



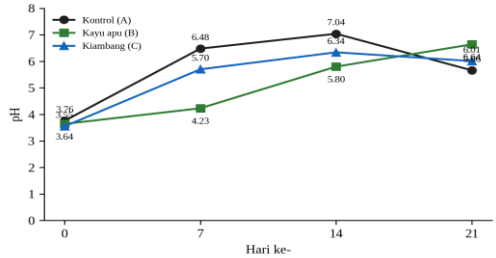
Gambar 2. Nilai Rata-Rata Suhu pada Setiap Perlakuan Berdasarkan Waktu Pengamatan

Suhu selama penelitian berkisar 25,5–28,9°C dan relatif stabil pada seluruh perlakuan, masih berada dalam kisaran toleransi untuk pemeliharaan benih ikan patin (Effendi, 2003).



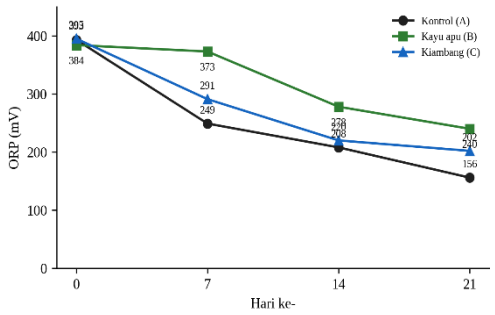
Gambar 3. Nilai Rata-Rata Oksigen Terlarut (DO) pada Setiap Perlakuan Berdasarkan Waktu Pengamatan

Nilai DO cenderung menurun pada perlakuan kontrol (6,3 menjadi 5,3 mg/L) akibat konsumsi oksigen oleh mikroorganisme pengurai bahan organik, sedangkan pada kayu apu DO justru meningkat hingga 8,1 mg/L melalui aktivitas fotosintesis dan penyerapan bahan organik oleh tanaman (Nirmala *et al*., 2016; Hadiyanto *et al*., 2012).



Gambar 4. Nilai Rata-Rata pH pada Setiap Perlakuan Berdasarkan Waktu Pengamatan

Nilai pH pada seluruh perlakuan bergerak dari kondisi asam (3,55–3,76) menuju mendekati netral (5,66–7,04) pada akhir penelitian, dengan perlakuan bertanaman menunjukkan kenaikan yang lebih stabil dibandingkan kontrol (Sari et al., 2019).



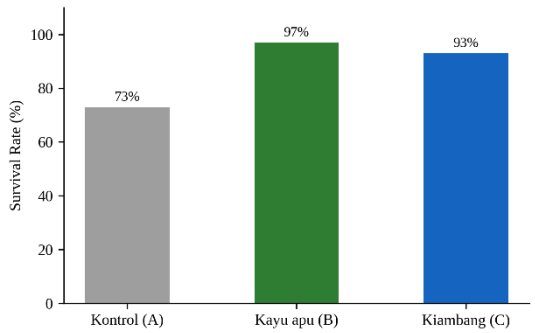
Gambar 5. Nilai Rata-Rata ORP pada Setiap Perlakuan Berdasarkan Waktu Pengamatan

Nilai ORP menurun seiring waktu pada seluruh perlakuan akibat peningkatan bahan organik, namun penurunan pada kontrol jauh lebih besar (393 menjadi 156 mV) dibandingkan kayu apu (384 menjadi 240 mV), menunjukkan kondisi oksidatif yang lebih terjaga pada media bertanaman (Kurniawan *et al*., 2022; Wulandari *et al*., 2023). Secara keseluruhan, keempat parameter pendukung tersebut masih berada pada kisaran yang mendukung kehidupan ikan patin siam, dengan perlakuan kayu apu menunjukkan kondisi paling stabil.

Survival Rate (SR)

Survival rate merupakan indikator keberhasilan pemeliharaan yang sangat dipengaruhi oleh kualitas air, terutama pH, DO, dan kandungan bahan organik (Effendi, 2003). Hasil pengamatan SR disajikan pada Tabel 4.

Perlakuan	Rata-Rata Ikan Hidup (ekor)	SR (%)
Kontrol (A)	7,33	73
Kayu apu (B)	9,67	97
Kiambang (C)	9,33	93



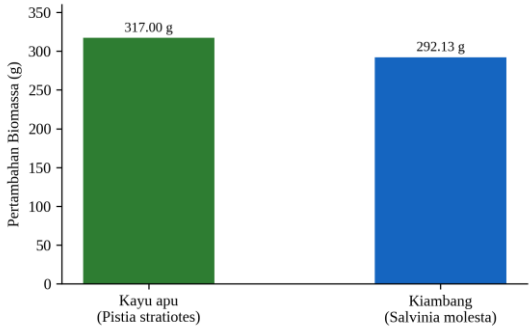
Gambar 6. Persentase Survival Rate (SR) pada Setiap Perlakuan

Perlakuan kayu apu menghasilkan SR tertinggi (97%), diikuti kiambang (93%), sedangkan kontrol menunjukkan nilai terendah (73%). Rendahnya SR pada kontrol diduga disebabkan oleh tidak adanya media fitoremediasi sehingga bahan organik dari sisa pakan dan metabolisme ikan terakumulasi dan menurunkan kualitas air, sejalan dengan Ongky et al. (2014) yang menyatakan penurunan kualitas air berdampak langsung terhadap kelangsungan hidup ikan. Tingginya SR pada kayu apu menunjukkan perannya sebagai fitoremediator yang efektif dalam menyerap bahan organik dan nutrien sehingga menjaga kondisi lingkungan tetap sesuai bagi kehidupan ikan (Damanik et al., 2018), sedangkan kiambang juga mampu memperbaiki kualitas air melalui fitoremediasi meski efektivitasnya sedikit di bawah kayu apu (Yulintin & Pratama, 2025).

Pertambahan Biomassa Tumbuhan

Pertambahan biomassa tumbuhan merupakan indikator penting keberhasilan fitoremediasi karena mencerminkan kemampuan tanaman memanfaatkan nutrien dan bahan pencemar dari perairan untuk pertumbuhannya. Data pertambahan biomassa disajikan pada Tabel 5.

Perlakuan	Biomassa Awal (g)	Biomassa Akhir (g)	Hasil Pemotongan (g)	Pertambahan Biomassa (g)
Kayu apu (*Pistia stratiotes*)	265,00	277,67	306,30	317,00
Kiambang (*Salvinia molesta*)	303,67	305,67	302,80	292,13



Gambar 7. Rata-Rata Pertambahan Biomassa Tumbuhan pada Setiap Perlakuan

Pertambahan biomassa tertinggi terdapat pada perlakuan kayu apu (317 g), sedikit lebih tinggi dibandingkan kiambang (292,13 g). Pertambahan biomassa berkaitan erat dengan kemampuan tanaman menyerap nutrien dan bahan pencemar, terutama amonia, sebagai sumber pertumbuhan (Al-Irsyad et al., 2023). Kayu apu juga dilaporkan efektif menurunkan bahan organik seperti BOD dan COD yang berkaitan dengan ketersediaan nutrien di perairan (Tangahu & Warmadewanthi, 2017), sehingga nilai biomassa yang lebih tinggi pada kayu apu mengindikasikan penyerapan nutrien yang lebih optimal dan mendukung perbaikan kualitas lingkungan perairan (Nirmala et al., 2016). Kiambang tetap menunjukkan pertambahan biomassa yang cukup baik melalui penyerapan langsung oleh akar dan interaksi dengan mikroorganisme rizosfer, meski tidak seefektif kayu apu (Virgilius et al., 2018).

KESIMPULAN

Penggunaan kayu apu (*Pistia stratiotes*) dan kiambang (*Salvinia molesta*) memberikan pengaruh yang signifikan terhadap konsentrasi amonia pada media budidaya ikan patin siam (*Pangasianodon hypophthalmus*) sistem Budikdamber, sehingga kedua tumbuhan air tersebut berpotensi dimanfaatkan sebagai agen fitoremediasi dalam memperbaiki kualitas air

budidaya. Kayu apu memiliki kemampuan yang lebih baik dalam menekan konsentrasi amonia dibandingkan kiambang; pada akhir penelitian konsentrasi amonia pada perlakuan kayu apu sebesar 0,36 ± 0,12 mg/L, lebih rendah dibandingkan kiambang sebesar 0,61 ± 0,09 mg/L. Selama proses penelitian, kedua tumbuhan mampu mempertahankan parameter kualitas air pendukung pada kisaran yang mendukung kehidupan ikan patin siam, sekaligus meningkatkan tingkat kelangsungan hidup ikan (kayu apu 97%, kiambang 93%, dibandingkan kontrol 73%) dan pertambahan biomassa tanaman (kayu apu 317 g, kiambang 292,13 g). Berdasarkan hasil tersebut, kayu apu disarankan sebagai pilihan utama fitoremediator pada sistem Budikdamber budidaya ikan patin siam, sedangkan penelitian lanjutan disarankan untuk mengkaji variasi jumlah tanaman, padat tebar ikan, lama pemeliharaan, serta parameter nitrit dan nitrat guna melengkapi gambaran efektivitas fitoremediasi tumbuhan air.

DAFTAR PUSTAKA

Al-Irsyad, M., Ngaini, E. R., Kustono, D., & Hapsari, A. 2023. Efektivitas Kombinasi *Pistia Stratiotes* Dan Effective Microorganism 4 (EM-4) Sebagai Bioremediator Dalam Menurunkan Kadar Amonia Limbah Cair Sentra Pengasapan Ikan. Jurnal Pendidikan: Teori, Penelitian, dan Pengembangan, 5(4), 464–474.

Anggraini, Y., Syahrizal, S., & Arifin, M. Y. 2020. Pengaruh Tumbuhan Azolla (*Azolla microphylla*) Terhadap Kelangsungan Hidup Ikan Patin (*Pangasianodon hypophthalmus*). Jurnal Akuakultur Sungai dan Danau, 2(2), 58–64.

Damanik, B. H., Hamdani, H., Riyantini, I., & Herawati, H. 2018. Uji Efektivitas Biofilter Dengan Tanaman Air Untuk Memperbaiki Kualitas Air Pada Sistem Akuaponik Ikan Lele Sangkuriang (*Clarias gariepinus*). Jurnal Perikanan Dan Kelautan, 9(1).

Effendi, H. 2003. Telaah Kualitas Air Bagi Pengelolaan Sumber Daya Dan Lingkungan Perairan. Yogyakarta: Kanisius.

Effendi, H., Utomo, B. A., Darmawangsa, G. M., & Karo-Karo, R. E. 2015. Fitoremediasi Limbah Budidaya Ikan Lele (*Clarias* sp.) Dengan Kangkung (*Ipomoea aquatica*) Dan Pakcoy (*Brassica rapa chinensis*) Dalam Sistem Resirkulasi. Jurnal Ecolab, 9(2), 80–92.

Hadiyanto, H., Christwardana, M., & Nugroho, S. 2012. Phytoremediation Of Wastewater Using Aquatic Plants: A Review. Journal of Environmental Science and Technology, 5(6), 1–10.

Hanafiah, M. M. 2018. Salvinia Molesta dan Pistia Stratiotes Sebagai Agen Fitoremediasi Dalam Rawatan Air Sisa Kumbahan. Jurnal Sains Malaysiana, 47(8), 1625–1634.

Hidayat, T., Siregar, A. S., & Harahap, Z. A. 2018. Pemanfaatan Tanaman Air Dalam Penyerapan Nutrien Pada Sistem Budidaya Perikanan. Jurnal Akuakultur Indonesia, 17(2), 123–130.

Kurniawan, A., Nasrullah, N., & Prayogo, P. 2022. Analisis Potensial Redoks (ORP) Sebagai Indikator Kualitas Air Dan Dinamika Senyawa Nitrogen Pada Sistem Budidaya Intensif. Jurnal Akuakultur Indonesia, 21(2), 115–125.

Lu, Q., He, Z. L., & Stoffella, P. J. 2008. Land Application Of Biosolids In The USA: A Review. Applied and Environmental Soil Science, 2008, 1–11.

Ma'arif, M., Samsuar, S., & Nur, M. 2020. Pengenalan Dan Penerapan Budikdamber (Budidaya Ikan Dan Tanaman Dalam Ember) Sebagai Solusi Ketahanan Pangan Di Masa Pandemi. Jurnal Pengabdian Masyarakat Bakti Mas, 1(2), 65–72.

Nabila, I. S., Paulina, P., & Anwar, T. 2025. Efektivitas Kombinasi Tanaman Kiambang (*Salvinia molesta*) Dan Kayu Apu (*Pistia stratiotes*) Dalam Menurunkan Kadar BOD (Biochemical Oxygen Demand) Pada Limbah Tahu. Journal of Environmental Health and Sanitation Technology, 4(1), 1–8.

Nirmala, K., Wardani, S., Hastuti, Y. P., & Nurusallam, W. 2016. Penentuan Bobot Kayu Apu (*Pistia stratiotes* L.) Sebagai Fitoremediator Dalam Pendederan Ikan Gurami. Jurnal Akuakultur Indonesia, 15(2), 180–188.

Ongky, W., Rahardja, B. S., & Prayogo, F. 2014. Pengaruh Padat Tebar Ikan Lele Terhadap Laju Pertumbuhan Dan Survival Rate Pada Sistem Akuaponik. Jurnal Perikanan, 6(1), 55–58.

Putra, A., Sari, D. P., & Rahmawati, I. 2021. Efektivitas Tanaman Air Dalam Menurunkan Kandungan Amonia Pada Sistem Budidaya. Jurnal Teknik Lingkungan, 27(2), 85–92.

Putri, A. D., Hidayat, R., & Mahendra, A. 2022. Pengaruh Kualitas Air Tanah Terhadap Keberhasilan Budidaya Ikan Air Tawar. Jurnal Sumberdaya Perairan, 16(2), 78–86.

Sari, M., Hasan, Z., & Haetami, K. 2019. Pengaruh Peningkatan Konsentrasi Amonia Terhadap Kelangsungan Hidup Dan Respons Fisiologis Benih Ikan Patin Siam

(*Pangasianodon hypophthalmus*). Jurnal Akuakultur Indonesia, 18(2), 145–154.

Siregar, A. S., Syafutra, M., & Sari, D. P. 2020. Analisis Tingkat Intensitas Budidaya Ikan Patin Siam (*Pangasius hypophthalmus*) Terhadap Peningkatan Produksi Dan Limbah. Jurnal Pengabdian Masyarakat dan Kewirausahaan, 4(1), 45–53.

Standar Nasional Indonesia. 2000. Produksi Benih Ikan Patin Siam (*Pangasius hypophthalmus*) Kelas Benih Sebar. SNI 01-6483.4-2000. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.

Standar Nasional Indonesia. 2005. Air Dan Air Limbah – Bagian 30: Cara Uji Kadar Amonia Dengan Spektrofotometer Secara Fenat. SNI 06-6989.30-2005. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.

Sudaryanto, T. 2019. Standardisasi Pengukuran Biomassa Basah Dan Kering Tumbuhan Air Famili Araceae Dan Salviniaceae. Jurnal Biologi Indonesia, 15(3), 201–210.

Tangahu, D. G., & Warmadewanthi. 2017. Fitoremediasi Air Tercemar Limbah Laundry Menggunakan Kayu Apu (*Pistia stratiotes)*. Jurnal Teknik Lingkungan, 6(2), 7–11.

Virgilius, W., Febriani, H., & S. 2018. Phytoremediation Of Kiambang (*Salvinia molesta*) In Reducing Phosphate Levels. Jurnal Lingkungan.

Wulandari, L., Fatimah, I., Handayani, T., Yulintine, & Maryani. 2023. Fitoremediasi Limbah Budidaya Ikan Lele Dumbo (*Clarias gariepinus*) Menggunakan Kiambang (*Salvinia molesta*) Dan Kayu Apu (*Pistia stratiotes*). Jurnal Akuakultur Sebatin, 4(2), 1–9.

Wulandari, S., & Rahmawati, E. 2018. Analisis Karakteristik Rizosfer Dan Efektivitas Akar Pistia Stratiotes Dalam Mereduksi Polutan Perairan. Jurnal Penelitian Kesehatan Suara Forikes, 9(2), 112–118.

Yulintin, G., & Pratama, I. 2025. Pengaruh Fitoremediasi Kangkung Air (Ipomoea Aquatica Forsk) Dalam Meningkatkan Nilai DO (Dissolved Oxygen) Dan Menurunkan Kadar COD (Chemical Oxygen Demand) Air Limbah Domestik Di IPAL UPTD Laboratorium Lingkungan Dinas Lingkungan Hidup Provinsi Sulawesi. Cerdika: Jurnal Ilmiah Indonesia, 5(6), 1783–1795.