



Efektivitas Sistem *Floating Treatment Wetland* dengan Kombinasi Biofiltrasi Abu Sekam Padi dan Fitoremediasi Tanaman Marigold pada Limbah Cair Tahu

Ni Luh Putu Tania Sentana Sanjiwani *, Ni Luh Utari Sumadewi

Program Studi Kesehatan Masyarakat, Fakultas Kesehatan dan Sains, Universitas Dhyana Pura, Indonesia

*Email (Penulis Korespondensi): taliasentana@gmail.com

Abstrak

Limbah cair produksi tahu mengandung padatan terlarut dan tersuspensi yang dapat berubah secara kimia, fisik, dan biologi, berpotensi menghasilkan zat beracun, serta mendukung pertumbuhan bakteri. Tanpa pengolahan yang baik, limbah ini dapat mencemari lingkungan perairan dan menimbulkan masalah kesehatan. Pengolahan limbah cair penting untuk mengurangi dampak negatif terhadap lingkungan dan memastikan limbah memenuhi standar baku mutu. Limbah ini diolah menggunakan metode Floating Treatment Wetland (FTW) yang mengombinasikan biofiltrasi dan fitoremediasi. Biofilter menggunakan abu sekam padi dengan ketebalan 5 cm, 10 cm, dan 15 cm, sementara fitoremediasi menggunakan tanaman marigold. Pengamatan dilakukan untuk mengukur penurunan kadar Biological Oxygen Demand (BOD), Chemical Oxygen Demand (COD), dan Total Suspended Solid (TSS) serta stabilisasi pH. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kombinasi biofiltrasi abu sekam padi dan fitoremediasi tanaman marigold efektif dalam menurunkan kadar BOD sebesar 57,2%, COD sebesar 57,9%, dan TSS sebesar 69,1%, serta peningkatan pH limbah cair tahu sebesar 44,4%. Penurunan kadar polutan ini menunjukkan bahwa FTW dengan kombinasi biofiltrasi abu sekam padi dan fitoremediasi marigold efektif dalam mengolah limbah cair tahu, menjadi solusi potensial bagi industri tahu untuk memenuhi standar baku mutu air limbah.

Kata kunci: biofiltrasi, fitoremediasi, abu sekam padi, tanaman marigold, limbah cair tahu

1. Pendahuluan

Tahu adalah kuliner tradisional Indonesia yang sangat populer karena kandungan asam amino lengkapnya. Namun, proses produksi tahu menghasilkan limbah cair yang mengandung padatan terlarut dan tersuspensi. Jika tidak diolah dengan baik, limbah ini dapat menyebabkan pencemaran lingkungan yang serius, seperti bau tidak sedap dan pencemaran air. Untuk mengatasi masalah ini, diperlukan metode pengolahan limbah yang efektif dan ramah lingkungan.

Sistem *Floating Treatment Wetland* (FTW) dipilih sebagai solusi karena keunggulannya dalam menggabungkan teknik biofiltrasi dan fitoremediasi. FTW bekerja dengan menempatkan tanaman di medium apung di permukaan air, yang tidak hanya membantu mengolah limbah tetapi juga meningkatkan kualitas lingkungan secara keseluruhan.

Dalam sistem ini, biofiltrasi menggunakan abu sekam padi sebagai media. Abu sekam padi efektif dalam mengurangi kadar BOD, COD, dan TSS dalam limbah cair. Selain ekonomis dan melimpah, abu sekam padi juga berfungsi sebagai adsorben yang membantu

membersihkan air. Meskipun memiliki kapasitas penyerap yang terbatas, penggabungan dengan fitoremediasi dapat meningkatkan hasil pengolahan.

Tanaman marigold (*Tagetes erecta L.*) dipilih karena kemampuannya dalam menyerap polutan dan memperbaiki kualitas air. Marigold tumbuh dengan cepat, memiliki akar yang kuat, dan mampu berkembang dengan baik di lingkungan yang terkontaminasi. Selain itu, marigold dapat dimanfaatkan untuk membuat arang aktif dari limbah biomassa, yang memberikan solusi tambahan untuk mengurangi limbah dan menyediakan alternatif bahan bakar. Penelitian sebelumnya telah dilakukan oleh Sharma et al., 2021 dan Oliveira et al, 2021 yang mengungkapkan efektivitas FTW dalam pengolahan limbah industri, kombinasi teknologi ini memberikan solusi komprehensif untuk masalah pencemaran yang dihadapi industri tahu. Kebaruan penelitian ini memperkenalkan kombinasi unik antara biofiltrasi abu sekam padi dan fitoremediasi tanaman marigold dalam sistem Floating Treatment Wetland (FTW) untuk mengolah limbah cair tahu, yang belum banyak diterapkan sebelumnya.

2. Metode

2.1 Waktu dan Tempat

Penelitian ini dilaksanakan di salah satu Pabrik Industri Tahu di Kabupaten Tabanan, untuk pengambilan sampel limbah dan proses pengolahan. Pengujian laboratorium dilakukan di UPTD Balai Laboratorium Kesehatan Provinsi Bali. Penelitian dilakukan dari bulan Mei hingga Juni 2024.

2.2 Alat dan Bahan

Alat yaitu botol kaca 100 mL, bak container 30 liter, karpet dasar apung, pipa, inkubator BOD, aerator, gelas ukur, mikroburet, erlenmeyer, pipet volume, pipet ukur, magnetic stirrer, timbangan analitik, desikator, oven, cawan gooch, pinset, pHmeter, mikropipet, dan thermometer. Bahan yaitu limbah cair tahu, kerikil, ijuk, pasir silika, abu sekam padi, zeolite, tissue atau kain, tanaman marigold.

2.3 Prosedur Penelitian

1. Sampel *influent* dari penampungan limbah cair tahu sebelum pengolahan.
2. Terapkan biofiltrasi dengan ketebalan abu sekam padi pada tiga level: 5 cm, 10 cm, dan 15 cm. Limbah dialirkan secara vertikal melalui media biofiltrasi yang terdiri dari kerikil, ijuk, pasir silika, abu sekam padi, zeolite, dan tissue.
3. Setelah biofiltrasi, limbah dialirkan melalui wadah berisi tanaman marigold untuk proses fitoremediasi.
4. Sampel *effluent* setelah limbah melalui pengolahan menggunakan sistem FTW dengan kombinasi biofiltrasi abu sekam padi dan fitoremediasi marigold.
5. Pengukuran parameter BOD, COD, TSS, dan pH pada sampel influent dan effluent menggunakan metode laboratorium yang sesuai (titrimetri untuk BOD dan COD, gravimetri untuk TSS, elektrometri untuk pH).
6. Bandingkan data BOD, COD, TSS, dan pH sebelum dan setelah pengolahan dengan standar baku mutu air limbah untuk menilai efektivitas sistem FTW.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Hasil

Sampel limbah cair tahu diambil dari salah satu Pabrik Industri Tahu di Kabupaten Tabanan. Analisis laboratorium dilakukan di UPTD Balai Laboratorium Kesehatan Provinsi Bali yang mencakup pengukuran kadar BOD, COD, TSS dan pH. Sampel berasal dari seluruh proses pembuatan tahu.

Sebelum diberi perlakuan menggunakan sistem *floating treatment wetland* dengan biofiltrasi abu sekam padi dan fitoremediasi tanaman marigold, dianalisis kadar BOD, COD, TSS, dan pH untuk mengetahui kualitas awal limbah cair tahu yang dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Kualitas awal limbah cair tahu

Parameter	Hasil Uji	Baku Mutu Air Limbah*	Keterangan
BOD	1086.4 mg/L	150 mg/L	Melebihi ambang batas
COD	1386 mg/L	300 mg/L	Melebihi ambang batas
TSS	1073 mg/L	200 mg/L	Melebihi ambang batas
pH	4.5	6,0 – 9,0	Melebihi ambang batas

*sesuai Peraturan Gubernur Bali Nomor 16 Tahun 2016

Berdasarkan Tabel 1, terlihat bahwa nilai BOD, COD, TSS, dan pH limbah cair tahu melebihi baku mutu air limbah yang diizinkan, sehingga perlu diolah sebelum dibuang ke perairan. Pada penelitian ini perlakuan limbah cair tahu dilakukan menggunakan sistem *floating treatment wetland* dengan kombinasi biofiltrasi abu sekam padi dan fitoremediasi marigold.

Pengolahan limbah cair tahu dilakukan dengan menggunakan sistem *floating treatment wetland* (FTW) yang mengombinasikan biofiltrasi abu sekam padi dan fitoremediasi marigold. Hasil pengujian penurunan kadar BOD, COD, TSS, setelah perlakuan ditampilkan pada Tabel 2, serta stabilisasi pH sebelum dan setelah perlakuan ditampilkan pada Tabel 3.

Tabel 2. Pengaruh biofiltrasi abu sekam padi dan fitoremediasi marigold terhadap penurunan kadar BOD, COD, dan TSS

Parameter	Sebelum Perlakuan	Setelah Perlakuan	Satuan	Persentase Penurunan (%)	Baku Mutu *	Keterangan
BOD	1086.4	465.1	mg/L	57.2	150	Melebihi ambang batas
COD	1386	583	mg/L	57.9	300	Melebihi ambang batas
TSS	1073	332	mg/L	69.1	200	Melebihi ambang batas

*sesuai Peraturan Gubernur Bali Nomor 16 Tahun 2016

Dari Tabel 2, terlihat bahwa penggunaan kombinasi biofiltrasi abu sekam padi dan fitoremediasi marigold efektif dalam menurunkan kadar BOD, COD, dan TSS dalam limbah cair tahu. Penurunan kadar BOD mencapai 57,2%, COD sebesar 57,9%, serta penurunan kadar TSS mencapai 69,1%.

Tabel 3. Pengaruh Biofiltrasi Abu Sekam Padi dan Fitoremediasi Marigold Terhadap Stabilisasi pH

Parameter	Sebelum Perlakuan	Setelah Perlakuan	Satuan	Stabilisasi (%)	Baku Mutu*	Keterangan
pH	4.5	6.5		44.4	6,0 – 9,0	Sesuai ambang batas

*sesuai Peraturan Gubernur Bali Nomor 16 Tahun 2016

Dari Tabel 3, terlihat bahwa penggunaan kombinasi biofiltrasi abu sekam padi dan fitoremediasi marigold berhasil menstabilkan pH limbah menjadi netral. Penelitian ini juga membandingkan efektivitas metode biofiltrasi tunggal menggunakan abu sekam padi dengan kombinasi fitoremediasi menggunakan tanaman marigold. Perlakuan biofiltrasi tunggal dengan abu sekam padi menurunkan BOD, COD, dan TSS serta menstabilkan pH, sedangkan kombinasi fitoremediasi marigold menghasilkan penurunan yang lebih signifikan. Hasil lengkap dari perbandingan ini ditampilkan pada Tabel 4.

Tabel 4. Perbandingan Efektivitas Biofiltrasi dan Fitoremediasi Terhadap Penurunan Kadar BOD, COD, dan TSS

Parameter	Biofiltrasi (mg/L)			Biofiltrasi + Fitoremediasi (mg/L)		Penurunan Biofiltrasi (%)			Penurunan Biofiltrasi + Fitoremediasi (%)	
	Sebelum Perlakuan	Setelah Perlakuan		Sebelum Perlakuan	Setelah Perlakuan	K1	K2	K3		
BOD	761.	K1 2	K2 8	K3 4	1086.4	465.1	29.9	44.2	45.7	57.2
COD	1086.4	K1 846	K2 805	K3 737	1386	583	39.0	41.9	46.8	57.9
TSS	1073	K1 853	K2 652	K3 548	1073	332	20.5	39.2	48.9	69.1

Tabel 4 menunjukkan bahwa kombinasi biofiltrasi dengan abu sekam padi dan fitoremediasi menggunakan marigold lebih efektif dalam menurunkan kadar BOD, COD, dan TSS dalam limbah cair tahu dibandingkan dengan penggunaan biofiltrasi tunggal. Hal ini menunjukkan bahwa sistem *floating treatment wetland* dengan kombinasi biofiltrasi dan fitoremediasi efektif dalam mengolah limbah cair tahu.

Penelitian ini juga membandingkan efektivitas metode biofiltrasi tunggal menggunakan abu sekam padi dengan kombinasi fitoremediasi menggunakan tanaman marigold dalam menstabilkan pH limbah cair tahu. Hasil pengamatan dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Perbandingan Efektivitas Biofiltrasi dan Fitoremediasi Terhadap Stabilisasi pH

Parameter	Biofiltrasi (mg/L)			Biofiltrasi + Fitoremediasi (mg/L)		Stabilisasi Biofiltrasi (%)			Stabilisasi Biofiltrasi + Fitoremediasi (%)	
	Sebelum Perlakuan	Setelah Perlakuan		Sebelum Perlakuan	Setelah Perlakuan	K1	K2	K3		
pH	4.5	K1 5.2	K2 6	K3 6.3	4.5	6.5	16	33	40	44.4

3.2 Pembahasan

3.2.1. Pengaruh Biofiltrasi Abu Sekam Padi

Biofiltrasi menggunakan abu sekam padi dalam sistem Floating Treatment Wetland (FTW) terbukti efektif mengurangi kadar BOD, COD, TSS, dan menstabilkan pH limbah cair tahu. Ketebalan abu sekam padi yang diuji adalah 5 cm, 10 cm, dan 15 cm. Hasil menunjukkan penurunan BOD dari 1086,4 mg/L menjadi 589,4 mg/L (penurunan 45,7%) pada ketebalan 15 cm. Penurunan COD dari 1386 mg/L menjadi 737 mg/L (penurunan 46,8%) juga signifikan. Hasil penelitian ini sejalan dengan penelitian oleh Mefiana (2021) yang menunjukkan bahwa perlakuan dengan sekam padi dan karbon aktif pada sampel limbah laundry menyebabkan penurunan signifikan pada kadar COD dan BOD dengan nilai peluang kurang dari 0,05. Selain itu, penelitian oleh Cahya (2021) juga mengindikasikan bahwa efektivitas sekam padi dan karbon aktif memiliki pengaruh yang signifikan terhadap penurunan kadar BOD pada limbah cair tahu dengan nilai peluang kurang dari 0,05.

Penggunaan abu sekam padi juga berdampak positif pada pengurangan TSS dalam limbah tahu. Dengan struktur pori-porinya yang besar, abu sekam padi mampu menahan partikel tersuspensi dan padat yang terdapat dalam limbah, sehingga menghasilkan penurunan. TSS sebesar 48,9% pada ketebalan abu sekam padi 15 cm dan mampu menyerap polutan dan menstabilkan pH menjadi 6,3, mendekati netral. Penelitian ini sejalan dengan

Kusniawati et al. (2023) yang menunjukkan bahwa penggunaan sekam padi sebagai karbon aktif secara signifikan meningkatkan kualitas air sumur. Peningkatan massa karbon aktif mempercepat penurunan TSS dan menetralkan pH.

3.2.2. Pengaruh Fitoremediasi oleh Tanaman Marigold

Fitoremediasi dengan tanaman marigold memberikan kontribusi signifikan terhadap pengolahan limbah cair. Tanaman marigold, meskipun tumbuh dengan akarnya yang terendam di air, tetap efektif dalam menyerap bahan organik dan kimia yang tersisa dari limbah cair tahu setelah proses biofiltrasi. Akar tanaman marigold yang terendam dalam air mampu menyerap senyawa organik terlarut dan padatan terlarut dalam limbah. Tanaman marigold mengurangi BOD hingga 57,2% dan COD hingga 57,9%. Selain itu, tanaman ini menurunkan TSS sebesar 69,1% dan meningkatkan pH limbah cair hingga 44,4%. Kemampuan marigold dalam menyerap bahan organik dan kimia terbukti efektif, meskipun tanaman ini menghadapi tantangan dalam lingkungan akuatik (Damaraju et al., 2020; Nerlekar et al., 2023).

3.2.3. Perbandingan Metode Tunggal dan Kombinasi

Perbandingan antara biofiltrasi abu sekam padi dan kombinasi dengan fitoremediasi marigold menunjukkan bahwa metode kombinasi lebih efektif. Penurunan BOD pada kombinasi mencapai 57,2%, lebih tinggi dibandingkan biofiltrasi tunggal (29,9% hingga 45,7%). COD menurun sebesar 57,9% pada kombinasi, dibandingkan 39,0% hingga 46,8% pada biofiltrasi tunggal. Untuk TSS, kombinasi metode menunjukkan penurunan 69,1% dibandingkan dengan 20,5% hingga 48,9% pada biofiltrasi tunggal. Metode kombinasi juga meningkatkan stabilitas pH lebih efektif dengan peningkatan 44,4%, dibandingkan 16% hingga 40% pada biofiltrasi tunggal. Kombinasi ini menunjukkan bahwa fitoremediasi marigold memperbaiki proses pengolahan dengan signifikan.

Kesimpulan

Kesimpulan dari penelitian ini menunjukkan bahwa sistem floating treatment wetland (FTW) yang menggabungkan biofiltrasi abu sekam padi dan fitoremediasi tanaman marigold efektif dalam mengolah limbah cair tahu. Penurunan kadar BOD dari 1086,4 mg/L menjadi 465,1 mg/L, COD dari 1386 mg/L menjadi 583 mg/L, dan TSS dari 1073 mg/L menjadi 332 mg/L, serta stabilisasi pH dari 4,5 menjadi 6,5 menunjukkan bahwa kombinasi metode ini mampu secara signifikan mengurangi polutan utama dalam limbah cair tahu. Penurunan signifikan pada BOD sebesar 57,2%, COD sebesar 57,9%, dan TSS sebesar 69,1%, serta peningkatan pH sebesar 44,4% menegaskan bahwa sistem FTW ini tidak hanya efektif, tetapi juga menawarkan solusi yang berpotensi diterapkan secara luas dalam industri tahu untuk memenuhi standar baku mutu lingkungan.

Ucapan Terima Kasih

Terimakasih kepada semua pihak yang telah memberikan dukungan, baik langsung maupun tidak langsung, dalam penyelesaian skripsi ini. Semoga kebaikan kalian dibalas dengan berkah dari Tuhan

Daftar Pustaka

- Cahya, F. A. (2021). Uji Efektivitas Karbon Aktif dan Abu Sekam Padi dalam Menurunkan Kadar BOD dan COD Limbah Cair Laundry. *Jurnal Kartika Kimia*, 4(2). <https://doi.org/10.26874/jkk.v4i2.87>
- Damaraju, M., Bhattacharyya, D., Panda, T. K., & Kurilla, K. K. (2020). Marigold wastewater treatment in a lab-scale and a field-scale continuous bipolar-mode electrocoagulation system. *Journal of Cleaner Production*, 245. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.118693>
- Kusniawat, E., Sari, D. K., & Putri, M. K. (2023). Pemanfaatan Sekam Padi Sebagai Karbon Aktif untuk Menurunkan Kadar pH, Turbidity, TSS, dan TDS. *Journal of Innovation Research and Knowledge*, 2(10), 4183–4198.
- Mefiana, R. M. (2021). Uji Efektivitas Karbon Aktif dan Abu Sekam Padi dalam Menurunkan Kadar BOD dan COD Limbah Cair Laundry. *Jurnal Kartika Kimia*, 4(2), 83–88. <https://doi.org/10.26874/jkk.v4i2.87>
- Nerlekar, T., Bhange, P., Belge, S., Bankar, Y., & Waghale, S. (2023). *Treatment of Leachate by Phytoremediation technique using Marigold and Colocasia Plants*. 04043.
- Oliveira, G., Colares, G., Lutterbeck, C., Dell'Osbel, N., Machado, E., & Rodrigues, L. (2021). Floating treatment wetlands in domestic wastewater treatment as a decentralized sanitation alternative.. *The Science of the total environment*, 773, 145609 . <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.145609>.
- Sharma, R., Vymazal, J., & Malaviya, P. (2021). Application of floating treatment wetlands for stormwater runoff: A critical review of the recent developments with emphasis on heavy metals and nutrient removal.. *The Science of the total environment*, 777, 146044 . <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.146044>.