

Efektifitas beberapa tumbuhan air untuk meningkatkan kualitas limbah cair industri tahu pada pabrik tahu podomoro Desa Sebidai Kecamatan Sesayap Kab. Tana Tidung

Esrahwati*, Etty Riani, Subekti Nurmawati

Program Studi Magister Studi Lingkungan, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Terbuka, Jl. Cabe Raya Pondok Cabe Pamulang Tangerang Selatan, Indonesia

*Email: Esrahwati80@gmail.com

Artikel diterima :29 November 2024 Revisi diterima 10 Januari 2025

ABSTRACT

The tofu industry is an industry that produces liquid waste that contains organic and inorganic compounds, so that it has a negative impact on the environment and the surrounding community. Efforts to overcome pollution due to waste are carried out by phytoremediation using various kinds of aquatic plants. The purpose of this study is to analyze the test of reducing the level of tofu wastewater pollutants reviewed from the parameters of BOD, COD, TSS, temperature and pH using the phytoremediation method by utilizing aquatic plants (water hyacinth, water kale, and algae), analyze the comparison of phytoremediation effectiveness of three aquatic plants (water hyacinth, water kale and algae) in reducing tofu wastewater pollutant levels (BOD, COD, TSS, temperature and pH) and analyze the effect of waste concentration on reducing waste pollutant levels in improving wastewater quality, with waste concentration in phytoremediation. The study used a Group Random Design, with the treatment of aquatic plant types (T), namely water hyacinths, algae, and kale as well as the concentration of tofu wastewater (L). The research parameters were: BOD, COD, TSS, pH, and temperature. The results of the research on the type of aquatic plant that has the highest effectiveness in reducing waste pollution levels (BOD, COD, and TSS) are algae plants. In the treatment of waste concentration, the results were obtained that the higher the concentration of tofu waste used, the smaller the effectiveness of reducing waste pollution.

Keyword: Effectiveness, phytoremediation, algae, tofu waste

ABSTRAK

Industri tahu adalah industri yang menghasilkan limbah cair yang mengandung senyawa organik dan anorganik, sehingga berdampak negatif terhadap lingkungan dan masyarakat sekitar. Upaya untuk mengatasi pencemaran akibat limbah dilakukan dengan cara fitoremediasi menggunakan berbagai macam tanaman air. Tujuan penelitian ini adalah Untuk menganalisis uji penurunan kadar pencemar air limbah tahu ditinjau dari parameter BOD, COD, TSS, suhu dan pH menggunakan metode fitoremediasi dengan memanfaatkan tanaman air (eceng gondok, kangkung air, dan ganggang), menganalisis perbandingan efektifitas fitoremediasi dari tiga tanaman air (eceng gondok, kangkung air dan ganggang) dalam menurunkan kadar pencemar air limbah tahu (BOD, COD, TSS, suhu, dan pH) dan menganalisis pengaruh konsentrasi limbah terhadap penurunan kadar pencemar limbah dalam meningkatkan kualitas air limbah, dengan konsentrasi limbah pada fitoremediasi. Penelitian menggunakan Rancangan Acak Kelompok, dengan perlakuan jenis tanaman air (T) yaitu eceng gondok, ganggang, dan kangkung serta konsentrasi air limbah tahu (L). Parameter penelitian adalah: BOD, COD, TSS, pH, dan suhu. Hasil penelitian jenis tanaman air yang memiliki efektivitas paling tinggi dalam menurunkan kadar cemaran limbah (BOD, COD, dan TSS) adalah tanaman ganggang. Pada perlakuan konsentrasi limbah, diperoleh hasil bahwa semakin tinggi konsentrasi limbah tahu yang digunakan, maka efektivitas penurunan cemaran limbah akan semakin kecil.

Kata kunci: efektivitas, fitoremediasi, ganggang, limbah tahu.

PENDAHULUAN

Industri tahu biasanya merupakan usaha kecil dan menengah dengan penanganan teknis yang masih sederhana. Industri tahu dalam proses pengolahannya menghasilkan limbah baik limbah padat maupun cair. Saat ini, limbah padat sudah banyak dimanfaatkan masyarakat sebagai pakan ternak. Sedangkan limbah cair tahu, lebih sering dibuang secara langsung ke sungai tanpa ada pengolahan terlebih dahulu (Winara, 2016). Menurut Unisah dan Asbari (2020), limbah cair

tahu memiliki karakteristik yang berbeda-beda. Air limbah merupakan permasalahan utama pencemaran air di Indonesia sampai saat ini dan belum terselesaikan permasalahannya. Salah satu penyebab pencemaran air adalah banyaknya pabrik tahu yang membuang limbahnya ke lingkungan tanpa pengolahan terlebih dahulu. Hal ini menyebabkan penurunan kualitas air, polusi air, sungai keruh, bau tidak sedap, dan merusak lingkungan (Garini dkk., 2021).

Limbah cair pabrik tahu akan menimbulkan masalah lingkungan seperti penurunan kualitas

perairan maupun masalah kesehatan bagi masyarakat apabila langsung dibuang ke saluran umum atau sungai tanpa melalui proses pengolahan air limbah secara baik dan benar terlebih dahulu. Oleh sebab itu diperlukan adanya proses pengolahan air limbah sebagai salah satu upaya untuk meminimalkan dampak negatif atau bahaya yang dapat ditimbulkan dari limbah cair tersebut. Dampak lain dari limbah cair yang langsung dibuang dapat menyebabkan timbulnya bau yang menyengat dan polusi air yang dapat menyebabkan kematian ikan serta biota lainnya (Pagoray, dkk., 2021).

Saat ini ada beberapa teknologi yang dapat digunakan dalam mengolah limbah tahu seperti RBC (*rotating biological contactor*), dan menggunakan biofilter. Namun teknologi tersebut memiliki kelemahan yaitu biaya yang tinggi sehingga dibutuhkan teknologi lain yang dapat digunakan dengan biaya murah (Sudiro dan Ayudyaningtyas, 2013). Selain itu menurut Rohmah (2018) pengelolaan limbah cair dapat juga menggunakan metode *fitoremediasi* (*phytoremediation*), yaitu suatu sistem dimana tanaman dapat mengubah zat kontaminan (pencemar/ polutan) menjadi berkurang atau tidak berbahaya bahkan menjadi bahan yang dapat digunakan kembali (*re-use*). Tanaman yang biasa digunakan adalah kangkung air, eceng gondok, teratai ataupun tanaman air lainnya.

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh jenis tumbuhan uji (eceng godok, kangkung air, dan ganggang) terhadap penurunan kadar pencemar limbah tahu dan menganalisis pengaruh konsentrasi limbah terhadap penurunan kadar pencemar limbah dalam meningkatkan kualitas air limbah, dengan konsentrasi limbah pada *fitoremediasi*.

METODE PENELITIAN

Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di IKM Podomoro adalah salah rumah produksi tahu di Kabupaten Tana Tidung yang masih berskala rumah tangga namun cukup berpotensi menghasilkan limbah.

Prosedur Penelitian

Penelitian ini termasuk penelitian eksperimen yaitu merupakan penelitian yang dilakukan untuk mengetahui ada tidaknya akibat dari sesuatu yang dikenakan pada subjek selidik. Dengan kata lain penelitian eksperimen dimaksudkan untuk mengetahui ada tidaknya hubungan sebab akibat. Pendekatan dalam penelitian ini adalah pendekatan positivisme-kuantitatif yaitu data dalam penelitian ini menggunakan data kuantitatif untuk menguji hipotesis hubungan antar variabel yang akan diteliti.

Analisis Data

Sampel berupa limbah tahu diambil dari IKM Podomoro. Tumbuhan uji yaitu eceng gondok, kangkung air dan ganggang. Tumbuhan air kemudian dimasukkan dalam wadah ember yang berisi air sebanyak 2,5 liter. limbah tahu kemudian dimasukkan dalam setiap ember dengan konsentrasi yang berbeda yaitu 0%, 25%,50%,75% dan 100%. Terdapat 15 perlakuan dan diulang sebanyak tiga kali sehingga terdapat 45 perlakuan secara keseluruhan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil pengukuran parameter penelitian sebelum diberi perlakuan terlihat seperti pada tabel 1.

Tabel 1. Hasil analisis limbah tahu sebelum diberi perlakuan

No.	Bahan Cemar	Hasil Analisa	*Baku Mutu	Keterangan
1	TSS	400 mg/l	200 mg/l	Tidak memenuhi syarat
2	BOD	480 mg/l	150 mg/l	Tidak memenuhi syarat
3	COD	520 mg/l	300 mg/l	Tidak memenuhi syarat
4	Ph	3.2	6-9	Tidak memenuhi syarat
5	Suhu	49°C	-	

Keterangan : * Peraturan Menteri Lingkungan Hidup No. 15 Tahun 2008

Sebelum diberi perlakuan, dilakukan pengujian parameter penelitian dan diperoleh hasil seperti pada tabel 1. Berdasarkan hasil uji diketahui bahwa limbah cair industri tahu Podomoro tidak layak dibuang langsung ke lingkungan. Hal ini dapat dilihat dari nilai COD dan BOD yang tidak memenuhi standar baku limbah tahu menurut Peraturan Menteri Lingkungan Hidup nomor 15 tahun 2008 tentang “Baku Mutu Air Limbah Bagi

Usaha dan/atau Kegiatan Pengolahan Kedelai”, begitu juga dengan nilai TSS maupun pH juga belum memenuhi nilai baku yang ditetapkan. TSS (Total Suspended Solid) atau total padatan tersuspensi adalah segala macam zat padat dari padatan total yang tertahan pada saringan dengan ukuran partikel maksimum 2.0 µm dan dapat mengendap (Ahmad dan Adiningsih, 2019).

Parameter BOD (Biological Oxygen Demand)

BOD (*Biochemical Oxygen Demand*) adalah jumlah oksigen terlarut yang dibutuhkan oleh mikroorganisme untuk mengoksidasi secara biokimia zat-zat organik. Hasil dari tes BOD digunakan untuk menghitung perkiraan jumlah

oksigen yang dibutuhkan untuk menstabilkan zat organik secara biologi. untuk menentukan dimensi atau ukuran dari unit pengolahan (Daoliang, 2019). Berdasarkan hasil perhitungan di laboratorium dengan mengacu pada SNI. 06.6989.72.2009, diperoleh hasil bahwa nilai BOD seperti disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Efektifitas penurunan BOD (%)

Jenis tanaman	Konsentrasi limbah tahu	Nilai BOD (mg/l)		Penurunan nilai BOD (mg/l)	Efektivitas penurunan BOD (%)
		Hari ke-1	Hari ke-15		
Eceng gondok (T1)	L0 (0 %)	131.43	120.50	10.93	9.07
	L1 (25 %)	270.67	220.13	50.53	22.96
	L2 (50 %)	280.27	238.20	42.07	17.66
	L3 (75 %)	291.13	242.33	48.80	20.14
	L4 (100 %)	342.33	290.17	52.17	17.98
Kangkung (T2)	L0 (0 %)	131.43	119.28	12.15	10.19
	L1 (25 %)	356.37	338.53	17.83	5.27
	L2 (50 %)	363.73	343.00	20.73	6.04
	L3 (75 %)	382.50	369.20	13.30	3.60
	L4 (100 %)	410.70	393.10	17.60	4.48
Ganggang (T3)	L0 (0 %)	131.43	122.67	8.76	7.14
	L1 (25 %)	295.07	204.10	90.97	44.57
	L2 (50 %)	381.13	279.67	101.47	36.28
	L3 (75 %)	412.07	309.03	103.03	33.34
	L4 (100 %)	435.11	326.20	108.91	33.39

Berdasarkan hasil pengujian, diperoleh bahwa dari semua perlakuan menunjukkan adanya penurunan setelah diberikan perlakuan eceng gondok, kangkung, dan ganggang. Efektifitas penurunan BOD terbesar terdapat pada perlakuan T3 (ganggang) dengan berbagai konsentrasi air limbah tahu. Efektifitas penurunan BOD terbesar pada perlakuan T3L1, yaitu sebesar 44,57 %, kemudian diikuti oleh perlakuan T3L2 yaitu sebesar 36,28 %. Pada dasarnya perlakuan menggunakan tanaman ganggang memberikan efektifitas penurunan yang tinggi jika dibandingkan dengan tanaman air lainnya. Walaupun tanaman ganggang di semua konsentrasi limbah tahu memiliki kemampuan menurunkan BOD yang tertinggi jika

dibandingkan dengan perlakuan tanaman air lainnya, namun jika kita bandingkan dengan persyaratan yang ada belum memenuhi kriteria berdasarkan baku mutu yang telah ditetapkan. Berdasarkan baku mutu yang telah ditetapkan 150 mg/l berdasarkan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup No. 5 Tahun 2014.

Parameter COD

Angka COD biasanya digunakan untuk mengukur cemaran air oleh zat organik yang secara alami bisa dioksidasi dengan proses mikrobiologis dan berdampak pada penurunan oksigen larut dalam air (Koda dkk., 2017). Efektivitas nilai COD (mg/l) hasil pengukuran penelitian disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Efektivitas nilai COD (mg/l)

Jenis tanaman	Konsentrasi limbah tahu	Nilai COD (mg/l)		Penurunan nilai COD (mg/l)	Efektivitas penurunan COD (%)
		Hari ke-1	Hari ke-15		
Eceng gondok (T1)	L0	295.20	275.82	19.38	7.03
	L1	440.07	351.37	88.70	25.24
	L2	456.47	363.00	93.47	25.75
	L3	505.10	393.13	111.97	28.48
	L4	513.03	400.53	112.50	28.09

Jenis tanaman	Konsentrasi limbah tahu	Nilai COD (mg/l)		Penurunan nilai COD (mg/l)	Efektivitas penurunan COD (%)
		Hari ke-1	Hari ke-15		
Kangkung (T2)	L0	295.20	270.95	24.25	8.95
	L1	400.39	358.10	42.29	11.81
	L2	415.43	387.80	27.63	7.13
	L3	492.23	400.40	91.83	22.94
	L4	520.08	420.20	99.88	23.77
Ganggang (T3)	L0	295.20	282.43	12.77	4.52
	L1	395.33	321.03	74.30	23.14
	L2	403.14	342.27	60.87	17.78
	L3	480.03	358.10	121.93	34.05
	L4	519.17	372.17	147.00	39.50

Hasil menunjukkan bahwa semua perlakuan, penurunan terbesar pada perlakuan T3L4, kadar COD turun dari 519,17 mg/l menjadi 372,17 mg/l. Berdasarkan baku mutu yang telah ditetapkan yaitu 300 mg/l sesuai Permen LH No. 5 Tahun 2014 maka hasil pengolahan limbah cair industri tahu terhadap kandungan COD sudah mengalami penurunan namun belum memenuhi persyaratan.

Parameter TSS (Total Suspended Solid)

Padatan tersuspensi ada hubungan erat dengan tingkat kekeruhan air. Jika kandungan bahan tersuspensi semakin tinggi, artinya air semakin

keruh. Kekeruhan air erat sekali hubungannya dengan nilai TSS karena kekeruhan pada air salah satunya memang disebabkan oleh adanya kandungan zat padat tersuspensi. Zat tersuspensi yang ada di dalam air terdiri dari berbagai macam zat, misalnya pasir halus, tanah liat, dan lumpur alami yang merupakan bahan-bahan anorganik atau dapat pula berupa bahan-bahan organik yang melayang-layang di dalam air (Pramita dan Puspita, 2019). Efektivitas nilai TSS akibat perlakuan jenis tanaman air dan konsentrasi limbah tahu yang berbeda disajikan pada Tabel 4.

Tabel 4. Efektivitas nilai TSS (mg/l)

Jenis tanaman	Konsentrasi limbah tahu	Nilai TSS (mg/l)		Penurunan nilai COD (mg/l)	Efektivitas penurunan COD (%)
		Hari ke-1	Hari ke-15		
Eceng gondok (T1)	L0	197,20	180,20	17,00	8,6
	L1	386,30	335,07	51,23	15,29
	L2	395,07	356,07	39,00	10,95
	L3	410,83	360,07	50,76	14,10
	L4	417,00	379,27	37,73	9,95
Kangkung (T2)	L0	197,20	165,20	32	16,2
	L1	369,23	341,07	28,16	8,26
	L2	390,73	365,07	25,66	7,03
	L3	405,07	371,07	34,00	9,16
	L4	427,13	339,13	88,00	25,95
Ganggang (T3)	L0	197,20	168,50	28,7	14,55
	L1	317,23	291,17	26,06	8,95
	L2	352,23	307,23	45,00	14,65
	L3	397,23	312,17	85,06	27,25
	L4	406,23	291,17	115,06	39,52

Berdasarkan hasil pengukuran parameter TSS pada limbah cair tahu di pabrik tahu Podomoro sebelum diberikan perlakuan tanaman air adalah 400mg/l. Hal ini menunjukkan air buangan limbah tahu di pabrik tahu Podomoro masih melebihi baku mutu yang telah ditetapkan oleh Peraturan Menteri

Lingkungan Hidup No, 5 Tahun 2014 dengan nilai TSS (200 mg/L). Hasil setelah diberikan perlakuan tumbuhan air diperoleh bahwa efektivitas penurunan nilai TSS terbesar pada perlakuan T3L4 yaitu sebesar 39,53 %, kemudian diikuti oleh perlakuan T3L3 yaitu sebesar 27,25 %, diikuti

dengan T2L4 sebesar 25, 95 %. Berdasarkan baku mutu yang telah ditetapkan yaitu 200 mg/l sesuai Permen LH No. 5 Tahun 2014 maka hasil pengolahan limbah cair industri tahu terhadap kandungan TSS sudah mengalami penurunan namun belum memenuhi persyaratan.

Parameter pH

Parameter pH menunjukkan konsentrasi ion hidrogen dalam air. Berikut adalah nilai pH pada sampel akibat perlakuan jenis tanaman air dan konsentrasi limbah tahu yang berbeda.

Tabel 5. Nilai Tindakan Konservasi (P)

Jenis tanaman	Konsentrasi limbah tahu	Nilai pH	
		Hari ke-1	Hari ke-15
Eceng gondok (T1)	L0	7,00	7,00
	L1	5,27	7,43
	L2	5,37	7,10
	L3	5,4	7,07
	L4	5,27	7,27
Kangkung (T2)	L0	7,00	7,00
	L1	5,17	7,73
	L2	4,27	7,60
	L3	4,6	7,40
Ganggang (T3)	L0	7,00	7,00
	L1	7,37	7,73
	L2	7,57	7,92
	L3	7,57	8,03
	L4	8,04	8,07

Berdasarkan hasil pengukuran parameter nilai pH pada limbah cair tahu di pabrik tahu Podomoro sebelum diberikan perlakuan tanaman air adalah 3,2. Hal ini menunjukkan air buangan limbah tahu di pabrik tahu Podomoro masih melebihi baku mutu yang telah ditetapkan oleh Peraturan Menteri Lingkungan Hidup No. 5 Tahun 2014 dengan nilai pH antara 6-9. Hasil setelah diberikan perlakuan tumbuhan air diperoleh hasil bahwa pada saat hari pertama nilai pH yang memenuhi standar mutu adalah control yang menggunakan air PDAM dan pada perlakuan tanaman air jenis ganggang di semua konsentrasi limbah cair tahu.

Parameter Suhu

Suhu atau temperatur adalah ukuran panas atau dinginnya air limbah. Suhu merupakan parameter yang sangat penting dikarenakan efeknya terhadap reaksi kimia, laju reaksi, kehidupan organisme air dan penggunaan air untuk berbagai aktivitas sehari-hari. Kenaikan temperatur sebesar 10°C dapat menyebabkan penurunan kadar oksigen sebesar 10% dan akan mempercepat metabolisme dua kali lipat (Indrayani, 2018). Nilai suhu hasil pengamatan disajikan Tabel 6

Tabel 6. Rata-rata nilai suhu (°C) pada pengamatan hari ke-1 dan ke-15

Jenis tanaman	Konsentrasi limbah tahu	Hari ke-	
		1	15
Eceng gondok (T1)	L0	24,00	27,100
	L1	25,17	25,000
	L2	26,03	26,300
	L3	25,00	24,067
	L4	25,00	21,167
Kangkung (T2)	L0	24,00	27,100
	L1	25,17	28,033
	L2	24,09	25,133
	L3	24,00	24,167
	L4	25,00	23,200

Ganggang (T3)	L0	24,00	27,100
	L1	23,80	27,200
	L2	24,03	26,133
	L3	24,27	25,290
	L4	25,50	25,047

Parameter BOD

Berdasarkan hasil eksperimen yang telah dilakukan terlihat bahwa terjadi penurunan kadar BOD dari ke-1 ke hari -15. Begitu juga untuk nilai efektivitas penurunan BOD terlihat bahwa perlakuan yang memiliki efektivitas penurunan terbesar pada perlakuan T3L1. Berdasarkan hasil penelitian terlihat bahwa pada semua perlakuan tanaman air, yaitu eceng gondok, kangkung dan ganggang nilai BOD menunjukkan penurunan yang signifikan. Selain itu perlakuan konsentrasi limbah cair juga menunjukkan penurunan pada semua konsentrasi. *Eichhornia crassipes* (eceng gondok) adalah salah satu tanaman yang mampu tumbuh pada perairan tercemar, mengakumulasi nutrien, dan logam berat dari polutan air yang paling optimal pada jaringan akar, dan mampu menghasilkan biomassa (Rai & Singh, 2016). Penurunan BOD ini mengindikasikan bahwa bahan organik yang terkandung dalam air limbah pabrik tahu sebagian besar merupakan bahan organik yang bersifat biodegradable (dapat terdegradasi secara biologis). Selain itu, tingginya penurunan kadar polutan pada air limbah dipengaruhi daya serap akar tanaman akuatik yang menjadikan polutan tersebut sebagai unsur hara (Arimbi, 2018).

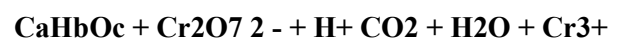
Dalam penelitian ini eceng gondok mampu menurunkan kadar BOD dari BOD awal sebesar 480 mg/l menjadi 224,45 mg/l setelah 15 hari pemberian eceng gondok pada limbah tahu. Walaupun nilai BOD yang dihasilkan masih belum memenuhi standar baku BOD yang di syaratkan akan tetapi selama penggunaan eceng gondok pada sampel menunjukkan nilai penurunan yang signifikan yaitu sebesar 44,57%. Hal ini selaras dengan penelitian Ryanita dkk. (2020); Nurfadillah dkk. (2016); dan Imron dkk. (2019) yang menyatakan bahwa perlakuan pemberian eceng gondok mampu menurunkan kadar BOD.

Parameter COD

COD adalah jumlah kebutuhan oksigen yang di butuhkan dalam proses oksidasi atau menguraikan benda organik secara kimia. Nilai COD akan selalu lebih besar dari BOD karena kebanyakan senyawa lebih mudah teroksidasi secara kimia daripada secara biologi. COD adalah jumlah oksigen yang diperlukan untuk mengurai seluruh bahan organik yang terkandung dalam air yang sengaja diurai

secara kimia dengan menggunakan oksidator kuat kalium bikromat pada kondisi asam dan panas dengan katalisator perak (Amri dan Widayatno, 2023).

Pengukuran COD dilakukan untuk mengetahui jumlah oksigen yang dibutuhkan untuk mengoksidasi zat-zat organik menjadi CO₂ dan H₂O yang ada dalam limbah cair. Bahan buangan organik tersebut akan dioksidasi oleh kalium dikromat yang digunakan sebagai sumber oksigen (*oxidizing agent*) menjadi gas CO₂ dan H₂O serta sejumlah ion krom, Reaksi yang terjadi adalah:



Angka COD merupakan ukuran bagi pencemaran air oleh zat-zat organik yang secara alamiah dapat dioksidasikan melalui proses mikrobiologis dan mengakibatkan berkurangnya oksigen terlarut dalam air (Muhajir, 2013). Hasil penelitian menunjukkan bahwa parameter COD mengalami penurunan setelah diberi perlakuan tanaman air. Berdasarkan hasil perhitungan, diperoleh nilai COD mengalami penurunan saat pengamatan pada hari ke-15. Dari konsentrasi limbah cair tahu yang digunakan, terlihat bahwa semakin tinggi konsentrasi limbah nilai COD juga semakin tinggi,

Penurunan nilai COD diduga disebabkan ganggang yang memanfaatkan senyawa-senyawa organik yang terkandung dalam limbah cair tahu. Senyawa-senyawa organik tersebut merupakan nutrisi yang dibutuhkan oleh ganggang dalam pertumbuhannya. Ganggang membutuhkan oksigen untuk menyerap senyawa-senyawa organik pada limbah cair tahu. Menurut Anwar (2020), media air limbah dapat diolah secara biologis oleh mikroalga sekaligus memberikan masukan nutrient dalam pertumbuhannya. Penguraian bahan organik secara biologis oleh mikroorganisme menyangkut reaksi oksidasi dengan hasil akhir karbon dioksida (CO₂) dan air (H₂O).

Ganggang dapat menurunkan nilai senyawa ammonia, nitrit, dan nitrat sehingga dapat mengurangi tingkat pencemaran lingkungan. Ganggang membutuhkan nitrogen untuk nutrisi pertumbuhannya. Pada limbah cair tahu umumnya terdapat senyawa N dalam bentuk N- organik, yaitu N-ammonia (N-NH₃), N-nitrit (N-NO₂), dan N-nitrat (N-NO₃). Senyawa nitrat (NO₃) inilah yang

dapat diserap langsung oleh mikroalga untuk memenuhi kebutuhan nutrisi dalam pertumbuhannya. Untuk ammonia (NH_3) dan nitrit (NO_2) akan diubah terlebih dahulu melalui proses nitrifikasi menjadi bentuk senyawa nitrat (NO_3) yang akhirnya dapat diserap oleh mikroalga tersebut (Vidyawati dan Fitrihidajati, 2019).

TSS (Total Suspended Solid)

Berdasarkan hasil eksperimen yang telah dilakukan, kandungan TSS pada sampel limbah cair pabrik tahu Podomoro dari hari ke-1 hingga hari ke-15 mengalami penurunan yang signifikan. Tanaman telah mampu menurunkan parameter fisiokimia dengan signifikan. Hilangnya TSS dalam limbah kemungkinan disebabkan oleh proses fisika berupa pengendapan dan tertahannya partikel-partikel padat pada akar tanaman (Padmaningrum dan Tien, 2014).

Pada dasarnya semua jenis tanaman air memiliki kemampuan dalam menurunkan kadar TSS pada limbah cair pabrik tahu, akan tetapi pada penelitian ini penurunan terbesar pada tanaman jenis ganggang. Ganggang adalah salah satu tanaman air, selain digunakan sebagai tanaman hias air, ganggang berfungsi juga sebagai pembersih dari pencemaran air. Fungsi lainnya adalah untuk menyerap logam-logam limbah dan pencemaran air lainnya. Ganggang ini juga bisa digunakan untuk berkembang biak ikan, melindungi ikan dari terik matahari, meningkatkan oksigen di dalam air, filter alami, cocok untuk tempat persembunyian anakan ikan ataupun tempat ikan meletakkan telurnya. Sehingga selain menikmati keindahan daunnya, air pun bisa menjadi lebih bersih.

Selain ganggang, tanaman eceng gondok juga menurunkan kadar TSS, hal ini dikarenakan eceng gondok memiliki kemampuan efektivitas yang tinggi karena tanaman eceng gondok mampu menyerap unsur hara, senyawa organik maupun anorganik dan unsur kimia lainnya dalam jumlah besar sehingga efektif menurunkan kadar TSS dan juga memiliki akar yang lebat sebagai tempat mikroorganisme berkembang. Pramita dan Puspita (2019) menyatakan mikroorganisme pada akar tumbuhan mampu menguraikan bahan-bahan organik maupun bahan anorganik menjadi senyawa-senyawa yang lebih sederhana, sehingga akar lebih mudah menyerap bahan-bahan tersebut. Penyerapan bahan-bahan anorganik yang terdapat pada limbah cair pabrik tahu ditandai dengan terbentuknya gumpalan pada akar eceng gondok, ditambah lagi akarnya yang sangat lebat yang dijadikan tempat melekatnya mikroorganisme melakukan perombakan sehingga penurunan kadar TSS pun efektif.

pH dan suhu

Suhu dan pH merupakan parameter pendukung (faktor eksternal) dalam penelitian ini yang nilainya diketahui sebelum perlakuan dan sesudah perlakuan. Faktor fisik lingkungan mempengaruhi kelangsungan hidup tumbuhan air dan laju akumulasi polutan, di antaranya pH dan suhu air, pH air sangat mempengaruhi proses biokimiawi dalam air (Sari dkk., 2014).

Derajat Keasaman (pH) lingkungan media yang optimum sangat mempengaruhi proses pengolahan limbah secara biologis. Secara keseluruhan Arief (2016), menyatakan bahwa mikroorganisme memerlukan pH antara 6,5-9, Nilai pH yang terlalu tinggi (>9), akan menghambat aktivitas mikroorganisme, sedangkan dibawah 6,5 akan mengakibatkan pertumbuhan jamur dan terjadi persaingan dengan bakteri dalam metabolisme materi organik. Nilai pH yang kurang dari 6,6 mengakibatkan aktifitas bakteri metanogenik dapat terhambat dan diperlukan alkalinitas yang tinggi untuk memastikan kondisi pH netral.

Berdasarkan hasil penelitian terlihat bahwa perlakuan pemberian tanaman air mampu meningkatkan pH pada hari ke-15. Saat hari ke-0 terlihat bahwa nilai pH masih dibawah 4, dan saat pengamatan di hari ke-15 nilai pH menunjukkan nilai 7. Pemberian tanaman air (eceng gondok, kangkung, dan ganggang) pada penelitian ini terbukti dapat meningkatkan nilai derajat keasaman (pH) pada limbah cair tahu dari kondisi asam menuju kondisi netral.

Perubahan nilai pH dimungkinkan adanya metabolisme yang dilakukan oleh tanaman air, baik dari jenis eceng gondok, kangkung, maupun ganggang yang dikultivasi dalam limbah cair industri tahu. Peningkatan nilai pH menuju keadaan netral terjadi pada hari ke-15. Pada nilai pH tersebut merupakan kondisi optimum dalam pertumbuhan sel mikroalga maupun jenis tanaman yang lain, sehingga mengoptimalkan dalam penyerapan kandungan limbah cair tahu tersebut sebagai nutrisi pertumbuhan tanaman air yang digunakan, pH awal 7 merupakan nilai pH yang sangat mendukung dalam pertumbuhan tanaman air, terutama jenis ganggang. Pada lingkungan netral, CO_2 berada dalam bentuk bebas di dalam limbah sehingga dapat berdifusi dengan mudah ke dalam sel ganggang. Hal tersebut menyebabkan CO_2 sebagai sumber karbon utama bagi proses fotosintesis bagi tanaman air cukup tersedia, sehingga proses metabolisme dapat berlangsung cepat dan kerapatan sel meningkat (Amri dan Widayatno, 2023).

Secara umum dari pengamatan hari ke-0 sampai ke-15 semua perlakuan mengalami peningkatan pH.

Kemungkinan hal tersebut terjadi karena adanya aktivitas fotosintesis yang dilakukan oleh tanaman air. Karbondioksida (CO₂) merupakan komponen utama dalam proses fotosintesis. Karena menurunnya kadar CO₂ dalam air limbah, menyebabkan nilai pH meningkat dari keadaan asam menjadi netral. Sedangkan untuk parameter suhu, terlihat bahwa di awal pengamatan yaitu hari ke-0 terlihat bahwa suhu air limbah sebesar 49°C, tingginya suhu ini dikarenakan air yang dibuang adalah air bekas olahan pabrik tahu sehingga suhunya tinggi. Kemudian di hari ke-1 suhu sudah mengalami penurunan, sedangkan pada saat pengamatan hari ke-15 suhu mengalami peningkatan.

Perubahan suhu dalam air berpengaruh terhadap peningkatan laju metabolisme, pada saat kenaikan suhu dalam air maka suhu hewan berdarah dingin akan naik sehingga terjadi peningkatan kebutuhan oksigen dari hewan tersebut, Kenaikan suhu pada dasarnya akan menurunkan jumlah kandungan oksigen terlarut dalam air serta meningkatkan kecepatan reaksi-reaksi kimia dalam air termasuk juga meningkatkan keracunan pencemaran kimia dalam air.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian diperoleh hasil:

1. Jenis tanaman air yang memiliki efektivitas paling tinggi dalam menurunkan kadar cemaran limbah (BPD, COD, dan TSS) adalah tanaman ganggang.
2. Pada perlakuan konsentrasi limbah, diperoleh hasil bahwa semakin tinggi konsentrasi limbah tahu yang digunakan, maka efektivitas penurunan cemaran limbah akan semakin kecil.

DAFTAR PUSTAKA

Ahmad, H., & Adiningsih, R. (2019). Efektivitas metode fitoremediasi menggunakan tanaman eceng gondok dan kangkung air dalam menurunkan kadar BOD dan TSS pada limbah cair industri tahu. *Jurnal Farmasetis*, 8(2), 31-38.

Amri, A., & Widayatno, T. (2023). Penurunan kadar BOD, COD, TSS, dan pH pada limbah cair tahu dengan menggunakan biofilter. *Inovasi Teknik Kimia*, 8(1), 6-10.

Anwar, A. (2020). *Pengolahan limbah cair industri tahu dengan menggunakan biofilter* [Master's thesis, Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Banda Aceh].

Arief, L. M. (2016). *Pengolahan limbah industri: Dasar-dasar pengetahuan dan aplikasi di tempat kerja*. Yogyakarta: Andi.

Faisal, M. I. (2020). Efektivitas serbuk biji kelor (*Moringa oleifera*) pada proses koagulasi flokulasi limbah cair pabrik tahu di Kelurahan Selili Kota Samarinda. *Samarinda: Fakultas Kesmas Universitas Mulawarman*.

Garini, M. P., Cahyani, R. W., Oktarina, Y., & Amrina, D. H. (2021). Dampak aktivitas ekonomi: Produksi pembuatan tahu terhadap pencemaran lingkungan. *Holistic Journal of Management Research*, 6(2), 30-42.

Muhajir, M. S. (2013). Penurunan limbah cair BOD dan COD pada industri tahu menggunakan tanaman cattail (*Typha angustifolia*) dengan sistem constructed wetland. [Skripsi, Universitas Negeri Semarang].

Padmaningrum, R., & Tien, A. Y. (2014). Pengaruh biomasa melati air (*Echinodorus palaefolius*) dan teratai (*Nymphaea firecrest*) terhadap kadar fosfat, BOD, COD, TSS, dan derajat keasaman limbah cair laundry. *Jurnal Penelitian Saintek*, 19(2), 64-74.

Pagoray, H., Sulistyawati, & Fitriyani. (2021). Limbah cair industri tahu dan dampaknya terhadap kualitas air dan biota perairan. *Jurnal Pertanian Terpadu*, 9(1), 53-65.

Ponty, A. J. (2018). Studi perbandingan kemampuan tanaman eceng gondok dan kangkung air dalam menurunkan COD dan amonia dari pengolahan lanjut biofilter anaerob media sarang tawon. [Skripsi]. Universitas Sumatera Utara Medan.

Pramita, A., & Puspita, E. D. (2019). Penurunan BOD dan TSS pada pengolahan limbah cair domestik dengan proses anaerobik biofilter. *Journal of Research and Technology*, 5(1), 21-29.

Rohmah, S. N., Rudkianto, H., & Halil, N. (2018). Efisiensi tanaman *Azolla pinnata* dalam menurunkan kadar COD (Chemical Oxygen Demand) pada limbah cair sohun di Desa Arcawinangun Kecamatan Purwokerto Timur. *Jurnal Keslingmas*, 38(1), 1-123.

Sudiro, & Ayudyaningtya, A. (2013). Kajian efektivitas tanaman air *Lemna minor* dan *Hydrilla verticillata* dalam mereduksi BOD dan COD sebagai upaya perbaikan kualitas

- limbah cair industri tahu. *Jurnal Spectra*, 11, 53-67.
- Unisah, S., & Akbari, T. (2020). Pengolahan limbah cair tahu dengan metode fitoremediasi tanaman *Azolla microphylla* pada industri tahu B Kota Serang. *Ejournal LPPM Unbaja*, 3(2), 73-86.
- Vidyawati, D. S., & Fitrihidajati, H. (2019). Pengaruh fitoremediasi terhadap enceng gondok (*Eichhornia crassipes*) melalui pengenceran terhadap kualitas limbah cair industri tahu. *Lanteria Bio*, 8(2), 113-119.
- Winara, I. (2016). Pemanfaatan kangkung air (*Ipomoea aquatica* Forsk) untuk menurunkan konsentrasi amonia, nitrit, dan nitrat pada limbah cair industri tahu. *Jurnal FMIPA UNS*.