Available online at: http://jtb.ulm.ac.id/index.php/JTB
Volume 14 Nomor 2
ISSN: 2302-8394 (print)

Pengaruh Massa Adsorben Arang Aktif Sekam Padi dan Ampas Kopi dalam Mereduksi Zat Pencemar Limbah Cair Indrustri Tempe Rumahan

Sari Zulhija[1], Alricha[2], Moh Baitullah Amaludin[2], Zeffitni[2] dan Sriyati Ramadani[3]
[1]*Jurusan Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik, Universitas Tadulako,Kampus Bumi Tadulako Tondo, Palu, 94112, Indonesia*
[2]*Jurusan Teknik Geologi, Fakultas Teknik, Universitas Tadulako, Kampus Bumi Tadulako Tondo, Palu, 94112, Indonesia*
[3]*Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Tadulako, Kampus Bumi Tadulako Tondo, Palu, 94112, Indonesia*

ABSTRACT

The home-based tempeh industry faces serious challenges in managing liquid waste containing pollutants such as Total Suspended Solid (TSS), ammonia, turbidity, and pH that exceed quality standards. This study aims to determine the decrease in pollutant levels in tempeh industry liquid waste with a combination of coffee grounds and rice husk adsorbents, and to determine the effect of giving variations in adsorbent mass on the value of pollutant parameters in tempeh industry liquid waste. The method used was quantitative experimental with waste samples from Monas Tempe Factory. The adsorbent mass variations tested were 1:1, 1:2, and 2:1, with a total dose of 8 grams per 500 ml of waste, and the adsorption process was carried out with magnetic stirring for 30 minutes at 300 rpm. The results showed that the adsorbent combination was effective in reducing TSS and ammonia, with the highest TSS reduction reaching 53.42% and ammonia 67.33% in the 1:2 variation. The maximum adsorption capacity for TSS was 4330 mg/g and for ammonia 127.50 mg/g. However, this treatment also caused an increase in turbidity (-19937.50%) and pH (-16.88%). The Freundlich isotherm model is more suitable to explain the adsorption process, indicating that adsorption is favorable and occurs physically with multilayer. Although this combination was effective in reducing TSS and ammonia, there were limitations in dealing with turbidity and pH.

Keywords: Tempe water waste, adsorption, activated charcoal, rice husk, coffee grounds

ABSTRAK

Industri tempe rumahan menghadapi tantangan serius dalam mengelola limbah cair yang mengandung polutan seperti Total Suspended Solid (TSS), amonia, kekeruhan, dan pH yang melebihi standar kualitas. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan penurunan tingkat polutan dalam limbah cair industri tempe dengan kombinasi adsorben ampas kopi dan kulit padi, serta untuk menentukan pengaruh variasi massa adsorben terhadap nilai parameter polutan dalam limbah cair industri tempe. Metode yang digunakan adalah eksperimen kuantitatif dengan sampel limbah dari Pabrik Tempe Monas. Variasi massa adsorben yang diuji adalah 1:1, 1:2, dan 2:1, dengan dosis total 8 gram per 500 ml limbah, dan proses adsorpsi dilakukan dengan pengadukan magnetik selama 30 menit pada kecepatan 300 rpm. Hasil menunjukkan bahwa kombinasi adsorben efektif dalam mengurangi TSS dan amonia, dengan pengurangan TSS tertinggi mencapai 53,42% dan amonia 67,33% pada variasi 1:2. Kapasitas adsorpsi maksimum untuk TSS adalah 4330 mg/g dan untuk amonia 127,50 mg/g. Namun, perlakuan ini juga menyebabkan peningkatan kekeruhan (-19.937,50%) dan pH (-16,88%). Model isoterma Freundlich lebih cocok untuk menjelaskan proses adsorpsi, menunjukkan bahwa adsorpsi berlangsung secara fisik dengan lapisan ganda. Meskipun kombinasi ini efektif dalam mengurangi TSS dan amonia, terdapat keterbatasan dalam menangani kekeruhan dan pH.

Kata kunci: Limbah cair tempe, adsorpsi, arang aktif, sekam padi, ampas kopi

Correspondence : Alricha
Email : alrichanasir@untad.ac.id

1 PENDAHULUAN

Industri rumah tangga, khususnya industri tempe rumahan, merupakan bagian penting dari struktur ekonomi global di Indonesia, menyediakan lapangan kerja dan mendukung ekonomi lokal. Namun, industri ini seringkali beroperasi dalam lingkungan tradisional dengan pengelolaan limbah yang minim, menyebabkan konsumsi air dalam jumlah besar dan menghasilkan limbah cair signifikan yang dapat mencemari lingkungan [2]. Limbah cair industri tempe mengandung parameter pencemar seperti Total Suspended Solid (TSS), kekeruhan, pH, dan amoniak, yang dapat merusak kualitas air dan ekosistem jika dibuang tanpa pengolahan memadai.

Di Sulawesi Tengah, khususnya Kota Palu, industri tempe rumahan berkembang pesat. Pabrik Tempe Monas di Jl. Sukun, Palu Barat, yang telah beroperasi sejak 1993, masih membuang limbah cairnya langsung ke saluran air tanpa pengolahan. Hal ini berpotensi menyebabkan pencemaran lingkungan, menurunkan kualitas air, dan mengancam kehidupan akuatik.

Pengolahan limbah cair menjadi keharusan untuk mencegah pencemaran. Adsorpsi, metode di mana kontaminan terikat pada permukaan adsorben, merupakan salah satu solusi yang hemat biaya dan ramah lingkungan [8]. Sekam padi dan ampas kopi, sebagai adsorben alami, efektif dalam mengolah air limbah industri tempe. Sekam padi kaya akan selulosa, hemiselulosa, lignin, dan silika, mampu menyerap polutan seperti amoniak dan TSS. Ampas kopi, dengan kandungan karbon dan gugus karboksilatnya, efektif menyerap logam berat dan senyawa organik [6].

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui penurunan kadar pencemar pada limbah cair industri tempe dengan kombinasi adsorben ampas kopi dan sekam padi, serta mengetahui pengaruh variasi massa adsorben terhadap nilai parameter pencemar

2 METODE PENELITIAN

Dalam melakukan sebuah penelitian eskperimen diperlukannya alat dan bahan guna mempermudah sebuah penelitian berikut alat dan bahan yang digunakan:

1. Alat
   a. Ayakan 40 mesh
   b. Cawan porselen
   c. *Furnace*
   d. Gelas kimia
   e. Kertas saring
   f. *Muffle furnace*
   g. Oven
   h. Pengaduk magnetik
   i. pH meter
   j. Timbangan analitik

2. Bahan
   a. Air Limbah Tempe
   b. Akuades
   c. Ampas Kopi
   d. HCL 0,1 M
   e. Sekam Padi

Penelitian ini adalah studi kuantitatif eksperimental yang bertujuan menguji pengaruh massa adsorben arang aktif sekam padi dan ampas kopi dalam mereduksi zat pencemar (TSS, kekeruhan, pH, amoniak) pada limbah cair industri tempe rumahan. Adsorben disiapkan dengan mengaktivasi ampas kopi (oven 105°C, muffle furnace 300°C) dan sekam padi (dibakar, oven 115°C) serta perendaman HCl 0,1 M, kemudian dianalisis kadar air dan abunya. Proses adsorpsi melibatkan pencampuran 500 ml limbah dengan 8 gram adsorben dalam variasi massa 1:1, 1:2, dan 2:1, diaduk magnetik 30 menit pada 300 rpm, lalu dianalisis parameter pencemarnya untuk melihat signifikansi pengaruh perlakuan.

Lokasi pengambilan sampel berasal dari Pabrik Tempe Monas, Jl. Sukun, Kamonji, Kec. Palu Barat, Kota Palu, Sulawesi Tengah, dengan titik koordinat geografis 119°51'19.19"E, 0°54'13.77"S. Analisis yang dilakukan pada penelitian ini yaitu parameter Total Suspended Solid (TSS), kekeruhan, pH, serta amoniak dalam air limbah tempe. Pengujian air limbah dilakukan di UPT. Laboratorium Lingkungan Hidup Kota Palu. Analisis data yang digunakan

dalam peneltian adalah:

a. Penurunan Parameter Pencemar

$$\text{Penurunan (\%)} = \frac{(C_i - C_e)}{C_i} \text{ x } 100\% \quad (1)$$

b. Kapasitas Maksimum Adsorpsi

$$qe = \frac{(C_i - C_e) \text{ x } v}{w} \quad (2)$$

c. Isoterm Langmuir dan Isoterm Freundlich

1) Isoterm Langmuir

$$qm = \frac{1}{a} \quad (3)$$

$$b = \frac{1}{qm \text{ x } K_L} \quad (4)$$

$$K_L = \frac{1}{qm \text{ x } b} \quad (5)$$

2) Isoterm Langmuir

$$n = \frac{1}{a} \quad (6)$$

$$K_F = 10^b \quad (7)$$

3 HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Analisis Kualitas Limbah Cair Tempe

Berdasarkan hasil uji laboratorium pengolahan limbah cair tempe dengan metode adsorpsi menggunakan kombinasi arang aktif sekam padi dan ampas kopi pada variasi massa 1:1, 1:2, dan 2:1, diperoleh hasil analisis parameter kualitas limbah sebagai berikut:

Tabel 1. Analisis Air Limbah Setelah Perlakuan Adsorpsi

Variasi Massa (g)	TSS (mg/l)	Kekeruhan (NTU)	pH	Amoniak (mg/l)
1:1	74,66	520	4	1,18
1:2	60,56	410	4,08	0,99
2:1	69,60	493	4,02	1,49

Sumber: Data Primer, 2025

Berdasarkan Tabel hasil perlakuan adsorpsi dengan variasi massa adsorben, nilai Total Suspended Solids (TSS) mengalami penurunan signifikan pada semua variasi dibandingkan kondisi awal, dengan nilai terendah 60,56 mg/L pada rasio 1:2. Namun, nilai kekeruhan justru meningkat secara signifikan pada semua variasi, dengan nilai tertinggi 520 NTU pada rasio 1:1. Nilai pH menunjukkan peningkatan menuju netralitas, dari kondisi asam awal menjadi sekitar 4,00–4,08. Kadar amoniak menurun secara konsisten pada semua variasi, dengan penurunan terbaik pada rasio 1:2 menjadi 0,99 mg/L.

Perlakuan adsorpsi dengan kombinasi arang aktif sekam padi dan ampas kopi, efektif menurunkan TSS menjadi 60,56 mg/L berkat struktur berpori dan kandungan karbonnya [4], meskipun kekeruhan meningkat akibat pelepasan partikel halus selama pengadukan. pH sedikit meningkat karena ion basa dari abu arang aktif namun belum mencapai rentang ideal, sementara kadar amoniak menurun signifikan, menunjukkan kemampuan adsorben mengurangi polutan berbahaya [9]. Kadar air dan abu rendah pada adsorben mendukung kapasitas adsorpsi optimal.

3.2 Penurunan Parameter Pencemar

Perhitungan penurunan parameter kualitas air limbah dilakukan untuk mengukur seberapa besar kemampuan proses perlakuan adsorpsi dalam menurunkan atau mengubah nilai *Total Suspended Solids* (TSS), kekeruhan, pH, dan amoniak, yang diperoleh sebagai berikut:

Tabel 2. Optimalisasi Penurunan Parameter Pencemar

Parameter	Variasi	Penurunan (%)
TSS	1:1	42,57
	1:2	53,42
	2:1	46,46
	Rata-rata	**47,48**
Kekeruhan	1:1	-158,71
	1:2	-103,98
	2:1	-145,27
	Rata-rata	**-135,98**
pH	1:1	-4,99
	1:2	-7,09
	2:1	-5,51
	Rata-rata	**-5,86**
Amoniak	1:1	61,06
	1:2	67,33
	2:1	50,83
	Rata-rata	**59,74**

Sumber: Data Primer, 2025

Tabel hasil uji efisiensi penurunan parameter pencemar menunjukkan perbedaan efektivitas pengurangan berdasarkan variasi campuran adsorben. Pada parameter *Total Suspended Solids* (TSS), variasi 1:2 (2,5 gr sekam padi dan 5,5 gr ampas kopi) menunjukkan efisiensi penurunan tertinggi sebesar 53,42%, diikuti oleh variasi 2:1 (46,46%), dan variasi 1:1 (42,57%). Untuk parameter amoniak, variasi 1:2 juga memberikan efisiensi penurunan tertinggi sebesar 67,33%, dengan variasi 1:1 sebesar 61,06% dan variasi 2:1 sebesar 50,83%.

Untuk parameter kekeruhan, semua variasi menunjukkan peningkatan nilai setelah perlakuan, dengan variasi 1:1 mencatat peningkatan terbesar sebesar 158,71%. Sedangkan pada parameter pH, terdapat peningkatan nilai pH setelah perlakuan yang menunjukkan kecenderungan mendekati netral, namun perubahan ini masih relatif kecil dengan peningkatan tertinggi sebesar 7,09% pada variasi 1:2.

Variasi 1:2 (sekam padi : ampas kopi) menunjukkan penurunan TSS dan amoniak tertinggi, berkat kandungan karbon dan gugus fungsi ampas kopi yang efektif [3]. Namun, kekeruhan justru meningkat pada semua variasi, kemungkinan akibat pelepasan partikel halus dari adsorben [7]. Nilai pH meningkat menuju netral, menandakan proses netralisasi. Kombinasi kedua limbah biomassa ini efektif dan ekonomis untuk mengadsorpsi polutan, meski karakteristik adsorben dan proses aktivasi sangat memengaruhi hasil akhir [5].

3.3 Kapasitas Maksimum Adsorpsi

Penentuan kapasitas adsorpsi terhadap parameter pencemar dilakukan untuk mengevaluasi efektivitas proses pengolahan dalam mengurangi konsentrasi zat pencemar pada sampel, yang dapat dilihat hasilnya sebagai berikut:

Tabel 3. Hasil Uji Kapasitas Adsorpsi terhadap Parameter Pencemar

Parameter	Variasi	Kapasitas Adsorpsi (mg/g)
Total Suspended Solids (TSS)	1:1	3458,75
	1:2	4330
	2:1	3775
	Rata-rata	3854,58
Kekeruhan	1:1	-19937,50
	1:2	-13062,50
	2:1	-18250
	Rata-rata	-17083,33
pH	1:1	-11,88
	1:2	-16,88
	2:1	-13,13
	Rata-rata	-13,96
Amoniak	1:1	115,63
	1:2	127,50
	2:1	96,25
	Rata-rata	113,13

Sumber: Data Primer, 2025

Hasil analisis kapasitas adsorpsi menunjukkan bahwa variasi massa adsorben sekam padi dan ampas kopi berpengaruh signifikan terhadap parameter pencemar limbah cair tempe. Variasi 1:2 (2,5 gr sekam padi dan 5,5 gr ampas kopi) memberikan kapasitas adsorpsi tertinggi untuk TSS (4330 mg/g) dan amoniak (127,50 mg/g), menandakan efektivitas ampas kopi dalam menyediakan situs adsorpsi aktif [3].

Namun, untuk kekeruhan dan pH kapasitas adsorpsi bernilai negatif, menunjukkan peningkatan setelah perlakuan yang mengindikasikan proses adsorpsi kurang optimal dan mekanisme lebih kompleks [4]. Secara keseluruhan, kombinasi dengan ampas kopi lebih tinggi efektif untuk TSS dan amoniak, tetapi penanganan kekeruhan dan pH masih perlu pengembangan lebih lanjut [1].

3.4 Pengujian Isoterm Langmuir dan Isoterm Freundlich

Perhitungan nilai isoterm Langmuir pada parameter pencemar dilakukan untuk mengevaluasi kemampuan adsorpsi dari adsorben terhadap masing-masing parameter pencemar, dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 4. Nilai Uji Isoterm Langmuir pada Parameter Pencemar

Parameter	R^2	qm (mg/g)	KL
TSS	0,9873	-54,35	-36,8
Kekeruhan	0,9997	-24,15	-1380
pH	0,9946	-0,20	-4,30
Amoniak	0,9659	-133,33	-0,5

Sumber: Data Primer, 2025

Perhitungan nilai isoterm Freundlich pada parameter pencemar dilakukan untuk mengevaluasi kemampuan adsorpsi dari adsorben terhadap masing-masing parameter pencemar, dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 5. Nilai Uji Isoterm Freundlich pada Parameter Pencemar

Parameter	R^2	n	KF
TSS	0,9968	-0,93	355222,12
Kekeruhan	0,9997	0,56	0,28
pH	-	-	-
Amoniak	0,9914	-1,44	127,732

Sumber: Data Primer, 2025

Hasil pengujian isoterm Langmuir dan Freundlich menunjukkan nilai R^2 tinggi, yaitu 0,9659–0,9997 untuk Langmuir dan 0,9914–0,9968 untuk Freundlich, namun konstanta Langmuir (KL) negatif pada semua parameter (misal: TSS -36,8; kekeruhan -1380; pH -4,30; amoniak -0,5) menunjukkan model ini kurang sesuai. Sebaliknya, model Freundlich dengan konstanta positif (misal: TSS 355222,12; kekeruhan 0,28; amoniak 127,732) lebih tepat menggambarkan adsorpsi multilayer pada permukaan heterogen.

Secara keseluruhan, proses adsorpsi bersifat favorable dan efisien, berlangsung secara fisika dengan interaksi kompleks sesuai model Freundlich dalam kondisi pengujian ini.

4 KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian mengenai pengaruh massa adsorben arang aktif sekam padi dan ampas kopi dalam mereduksi zat pencemar limbah cair industri tempe rumahan, dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Kombinasi adsorben arang aktif dari ampas kopi dan sekam padi menunjukkan optimalisasi yang signifikan dalam mereduksi Total Suspended Solids (TSS) (penurunan hingga 53,42%) dan amoniak (penurunan hingga 67,33%) dalam limbah cair industri tempe. Namun, perlakuan ini justru menyebabkan peningkatan kekeruhan (peningkatan hingga 158,71%), dan peningkatan pH dari kondisi asam awal (peningkatan hingga 7,09%).
2. Pemberian variasi massa adsorben kombinasi sekam padi dan ampas kopi secara signifikan memengaruhi efektivitas pengolahan limbah cair tempe. Kapasitas adsorpsi (qe) tertinggi untuk Total Suspended Solids (TSS) tercapai pada variasi 1:2 (2.5 gr sekam padi : 5.5 gr ampas kopi) dengan nilai 4330 mg/g, mengindikasikan peran dominan ampas kopi. Demikian pula, untuk amoniak, variasi 1:2 menunjukkan kapasitas adsorpsi tertinggi sebesar 127,50 mg/g. Namun, pada parameter kekeruhan, nilai qe menunjukkan angka negatif (tertinggi -19937,50 mg/g pada variasi 1:1) karena peningkatan setelah perlakuan, kemungkinan akibat pelepasan partikel halus selama pengadukan. Untuk pH, variasi 1:2 memiliki nilai negatif qe tertinggi (-16,88 mg/g), menunjukkan sedikit netralisasi keasaman meskipun belum mencapai baku mutu. Secara keseluruhan, arang aktif dari sekam padi dan ampas kopi efektif untuk menurunkan TSS dan amoniak, namun memiliki keterbatasan pada kekeruhan dan pH.

DAFTAR RUJUKAN

Astuti, W. (2017). Adsorben Berbasis Abu Layang Batu Bara. *Jurnal Bahan Alam Terbarukan*, Vol. 4: No. 2: 55-60. Semarang.

Ayuni, S., & Putri, E. S. (2022). Pengelolaan Limbah Industri Tempe Rumah Tangga Di Kecamatan Meurebo Kabupaten Aceh Barat. Jurnal Mahasiswa Kesehatan Masyarakat (Jurmakemas), Vol. 2: No.2: 288-307. Aceh.

Fauzi, A. (2020). Penurunan Kadar Amonia dengan Menggunakan Arang Aktif Ampas Kopi. CHEMTAG Journal of Chemical Engineering, Vol.1: No.2: 52-56. Semarang.

Ismadji, S., Soetaredjo, F. E., Santoso, S. P., Putro, J. N., Yuliana, M., Irawaty, W., ... & Lunardi, V. B. (2021). Adsorpsi Pada Fase Cair: Kesetimbangan, Kinetika, Dan Termodinamika. Seri Buku Teknik Kimia, ISBN 978-623-94007-6-7. Universitas Katolik Widya Mandala Surabaya.

Jannah, M., Ahmad, A., Hayatun, A., Taba, P., & Chadijah, S. (2019, October). Effect Of Filler and Plastisizer on The Mechanical Properties of Bioplastic Cellulose from Rice Husk. Journal of Physics: Conference Series, Vol. 1341: No. 3: 032019. IOP Publishing. United Kingdom.

Kirani, R. D., & Ali, M. (2023). Ampas Bubuk Kopi Sebagai Karbon Aktif Untuk Menurunkan Kadar COD Dan TSS Dalam Limbah Cair Industri Tempe. Jurnal Serambi Engineering, Vol.8: No.4: 7173-7179. Banda Aceh.

Nurfatimah, F. M., Afu, L. O. A., & Pratikino, A. G. (2019). Sebaran Total Suspended Solid (TSS) Permukaan di Perairan Desa Wawatu, Kecamatan Moramo Utara Kabupaten Konawe Selatan. *Sapa Laut*, Vol. 4: No. 3: 123-126. Kendari.

Rofikoh, V., Zaman, B., & Samadikun, B. P. (2024). Penyisihan BOD, Minyak Dan Lemak Dalam Air Limbah Domestik Dengan Menggunakan Karbon Aktif Dari Kulit Pisang. Jurnal Kesehatan Lingkungan Indonesia, Vol. 23: No. 1: 59-66. Semarang.

Sheikh, M., Harami, H. R., Rezakazemi, M., Cortina, J. L., Aminabhavi, T. M., & Valderrama, C. (2023). Towards A Sustainable Transformation of Municipal Wastewater Treatment Plants into Biofactories Using Advanced NH3-N Recovery Technologies: *A Review. Science Of the Total Environment*, Vol. 904: 166077. Netherlands.