

INTEGRASI TEKNOLOGI MEMBRAN ULTRAFILTRASI DAN ADSORBEN KULIT MANGGIS TERHADAP KUALITAS TDS, PH, DAN EC LIMBAH INDUSTRI TAHU

A.C. Rahmadhini¹, H. Maulidia¹ dan S. Susanti¹

¹Teknik Kimia, Universitas Sriwijaya, Palembang

*Corresponding author e-mail: arsipcitra28@gmail.com

ABSTRAK: Industri tahu di Indonesia berkembang pesat dan berperan penting dalam ketahanan pangan. Namun, proses produksinya menghasilkan limbah cair dengan kandungan TDS dan EC sangat tinggi serta pH asam yang sering kali dibuang langsung ke lingkungan tanpa pengolahan. Penelitian ini dilakukan untuk mengembangkan teknologi pengolahan limbah cair industri tahu melalui membran ultrafiltrasi dan adsorben alami berbasis kulit manggis. Urgensi penelitian terletak pada kebutuhan solusi inovatif yang tidak hanya mampu menurunkan kadar BOD, COD, dan menstabilkan pH limbah, tetapi juga memanfaatkan limbah kulit manggis sebagai material bernilai tambah. Kebaruan penelitian terletak pada penggunaan metode adsorpsi kulit manggis yang diaktivasi secara kimia, dipadukan dengan membran ultrafiltrasi untuk meningkatkan efisiensi penghilangan polutan organik. Variabel penelitian meliputi variasi massa adsorben kulit manggis saat adsorpsi (140, 120, 100, 80, 60 gram) dan laju alir membran ultrafiltrasi (3, 5, 7 LPM). Estimasi hasil penelitian menunjukkan peningkatan massa adsorben kulit manggis menurunkan kadar TDS dan EC serta meningkatkan pH limbah. Penurunan laju alir membran ultrafiltrasi meningkatkan waktu kontak untuk efisiensi reduksi sehingga limbah cair tahu diperkirakan dapat memenuhi baku mutu. Penelitian ini diharapkan dapat membantu pengolahan limbah cair tahu serta mendukung terlaksananya tujuan pembangunan global pada SDGs ke-6 tentang penyediaan air bersih dan sanitasi yang baik.

Kata Kunci: Membran Ultrafiltrasi; Limbah cair tahu; Adsorben kulit manggis; Laju alir; Massa adsorben

ABSTRACT: The tofu industry in Indonesia has grown rapidly and plays a vital role in food security. However, the production process generates wastewater with high TDS and EC levels and acidic pH, often discharged directly into environment without treatment. This study aims to develop wastewater treatment technology for tofu industry using ultrafiltration membranes and natural adsorbents from mangosteen peel. The urgency of this research lies in the need for innovative solutions capable of reducing TDS and EC levels and stabilizing pH, while also utilizing mangosteen peel waste as a natural adsorbent. The novelty of this research lies in combining an adsorption method using chemically activated mangosteen peel with ultrafiltration membranes, expected to enhance organic pollutant removal efficiency. The research variables include variations in the mass of mangosteen peel adsorbent (140, 120, 100, 80, 60 grams) and flow rate of the ultrafiltration membrane (3, 5, 7 LPM). The estimated results show that increasing the mass of mangosteen peel adsorbent reduces TDS and EC and increases wastewater pH. A decrease in ultrafiltration membrane flow rate increases contact time for reduction efficiency so tofu wastewater is expected to meet quality standards. This research is expected to support SDG 6 on clean water and sanitation.

Keywords: Ultrafiltration ; Tofu Wastewater; Mangosteen Peel Adsorbent; Flow Rate; Adsorbent Mass

1 Pendahuluan

Industri tahu sebagai salah satu sektor yang tumbuh pesat di Indonesia memegang peranan penting dalam

ketahanan pangan nasional. Namun, di balik kontribusinya, industri ini menghasilkan limbah cair dalam volume besar dengan kandungan bahan organik tinggi, seperti Biological Oxygen Demand (BOD) dan Chemical Oxygen Demand

(COD), serta pH yang tidak stabil. Limbah tersebut sering dibuang langsung ke lingkungan tanpa pengolahan memadai, menyebabkan pencemaran sungai, penurunan kualitas air, dan gangguan ekosistem perairan [1]. Data Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (KLHK) menunjukkan bahwa limbah cair tahu memiliki BOD 2.000–5.000 mg/L dan COD hingga 10.000 mg/L, jauh melebihi standar baku mutu Peraturan Menteri Lingkungan Hidup No 5 Tahun 2014. Selain itu, pH limbah yang asam (4–5) berpotensi merusak biota air dan mengurangi kesuburan tanah. Masalah pencemaran air ini juga merupakan masalah yang menjadi tujuan pembangunan global yaitu pada SDGs ke-6 (Akses Air Bersih dan Sanitasi Layak). Tujuan ini menekankan pentingnya pengelolaan air berkelanjutan, peningkatan kualitas air, serta pengurangan polusi limbah cair industri. Penelitian ini demikian menjadi urgensi yang perlu diatasi untuk mendukung pencapaian target SDGs ke-6, khususnya dalam memastikan ketersediaan air bersih dan pengurangan dampak limbah industri terhadap lingkungan.

Metode pengolahan konvensional seringkali kurang efektif dalam menurunkan polutan organik secara signifikan dan juga metode ini memerlukan biaya operasional tinggi. Salah satu alternatif yang menjanjikan adalah penggabungan teknologi membran ultrafiltrasi dengan adsorpsi menggunakan bahan alami seperti kulit manggis. Membran ultrafiltrasi mampu menyaring partikel koloidal dan makromolekul organik dengan ukuran 0,01–0,1 mikron, sementara kulit manggis kaya akan senyawa aktif seperti xanton dan lignin yang berpotensi sebagai adsorben alami untuk menangkap polutan [2]. Teknologi membran ultrafiltrasi dan adsorpsi menawarkan solusi dengan memaksimalkan penyaringan polutan sekaligus memanfaatkan limbah pertanian sebagai bahan adsorben.

Kombinasi membran UF dan adsorpsi kulit manggis menawarkan solusi untuk menurunkan BOD, COD, dan menstabilkan pH. Beberapa penelitian terdahulu telah mengembangkan berbagai metode. Nurhasanah dkk. [2] menggunakan karbon aktif kulit manggis untuk menurunkan COD 88% dan BOD 92%. Nandiyanto dkk. [3] mengembangkan kulit manggis untuk adsorpsi zat warna, menemukan bahwa partikel 500 μm menghasilkan kapasitas adsorpsi tertinggi (500,67 mg/g). Sementara Ruslan dkk. [4] memanfaatkan arang aktif pelepas kelapa sawit yang menurunkan COD 82,13%. Penelitian Hardyanti dkk. [5] menunjukkan bahwa adsorpsi *Granular Activated Carbon*, oksidasi Fenton, dan ultrafiltrasi untuk limbah tahu mampu menurunkan TSS 53,33%, turbiditas 77,25%, dan COD 31,31%. Diallo dkk. [6] mengoptimasi

membran UF keramik 20 nm yang dikombinasikan dengan GAC/PAC, dengan penyisihan TSS 95–100% dan COD 82–94%. Purnawan dkk. [7] mengembangkan membran PVDF/PVP untuk limbah tahu, menunjukkan TSS 94,1%.

Penelitian mengenai kombinasi adsorben dan membran dilakukan Nasir dkk. [8] yang mengkombinasikan adsorben *calcium carbide residue*, *coal fly ash*, *bentonite* dengan membran UF/RO untuk pengolahan limbah industri karet. Kombinasi ini meningkatkan pH, menurunkan COD 93,5%, BOD 97,6%, TSS 92,5%, dan *turbidity* 99%, dengan penurunan NH₃-N 64,2% dan TN sebesar 67,5%. Susanti dkk. [9] juga melakukan penelitian untuk limbah karet dengan *hybrid* membran UF/RO yang dikombinasikan dengan adsorpsi residu kalsium karbida, mampu menurunkan *turbidity* 62,7%, kadar besi 83,3%, dan seng 88,9%.

Karakterisasi adsorben dengan uji *Fourier Transform Infrared Spectroscopy* (FTIR) digunakan untuk mengidentifikasi gugus fungsi kimia pada sampel. Sumbu X menunjukkan bilangan gelombang (cm^{-1}) yang mewakili energi vibrasi ikatan, sedangkan sumbu Y menunjukkan transmitansi (%) seberapa banyak cahaya IR yang diteruskan oleh sampel. Panjang gelombang serapan pada suatu ikatan bergantung pada jenis dan pola getaran yang terjadi pada ikatan tersebut. Spektroskopi inframerah digunakan untuk penentuan struktur senyawa organik pada daerah bilangan gelombang 4.000–650 cm^{-1} (setara dengan panjang gelombang 2,5–15,4 μm). Daerah dengan frekuensi di bawah 650 cm^{-1} dikenal sebagai inframerah jauh, sedangkan frekuensi di atas 4.000 cm^{-1} disebut inframerah dekat. Besarnya energi yang diserap bervariasi antar ikatan, sebagian besar dipengaruhi oleh perubahan momen dipol ketika energi inframerah diserap. Ikatan nonpolar seperti C–H atau C–C umumnya menghasilkan serapan yang lemah, sedangkan ikatan polar seperti O–H, N–H, dan C=O menunjukkan serapan yang lebih kuat [10].

2. Metode Penelitian

2.1 Alat dan Bahan

2.1.1 Alat

Alat-alat yang digunakan adalah jaw crusher, ball mill, oven, furnace, ayakan 50 mesh, neraca analitik, Jerigen, Ember, pH meter.

2.1.2 Bahan

Bahan yang digunakan adalah kulit manggis, pati gadung, aquadest, Kalium Hidroksida (KOH), dan limbah cair industri tahu.

2.1.3 Instrumentasi

Scanning Electron Microscope (SEM) dan *Fourier Transform Infrared* (FTIR).

2.2 Prosedur Penelitian

2.2.1 Pembuatan Adsorben Kulit Manggis

Kulit manggis dicuci bersih, dipotong kecil-kecil, dan dijemur selama 3 hari. Selanjutnya, kulit manggis dikeringkan dalam oven pada suhu 105°C selama 4 jam. Hancurkan kulit manggis menggunakan jaw crusher dilanjutkan dengan ball mill dan ayak bubuk kulit manggis dengan ukuran 50 mesh. Bubuk kulit manggis dicampur dengan pati gadung yang dimasak dengan aquadest sebagai perekat, lalu ditambahkan aquadest sedikit demi sedikit hingga membentuk pasta kental. Komposisi pellet yaitu 1000 gram bubuk kulit manggis, 130 gram pati gadung, dan 2,8 liter aquadest. Kemudian cetak menjadi pellet dengan diameter 2 cm dan tinggi 1 cm.

Oven adsorben yang sudah dicetak dengan suhu 140°C selama 3 jam. Kemudian dikarbonisasi dalam furnace pada suhu 300°C selama 30 menit dalam kondisi inert (N_2 /udara terbatas). Untuk mengaktifasi permukaannya, karbon direndam dalam larutan KOH 0,5 M (ratio 1:3) selama 12 jam lalu dicuci dengan aquades hingga pH netral, dan dikeringkan kembali pada suhu 105°C selama 3 jam.

2.2.2 Karakterisasi Adsorben Kulit Manggis

Karakterisasi adsorben kulit manggis dilakukan dengan menguji karakterisasi morfologi menggunakan SEM (*Scanning Electron Microscope*) untuk melihat kondisi pori pada permukaannya. Karakterisasi menggunakan FTIR (*Fourier Transform Infrared spectroscopy*) untuk mengetahui gugus fungsi pada adsorben kulit manggis.

2.2.3 Pengujian Air Limbah Tahu

Botol tertutup disiapkan untuk mengambil air limbah tahu. Pengujian dilakukan di UPTD Laboratorium Lingkungan DLH Palembang untuk BOD dan COD,

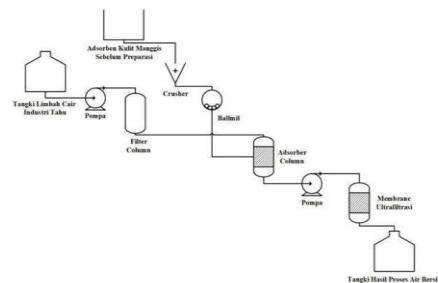
pengujian pH dilakukan dengan menggunakan pH meter, serta pengujian TDS dan EC menggunakan TDS meter.

2.2.4 Adsorpsi dan Ultrafiltrasi

Limbah tahu terlebih dahulu difiltrasi menggunakan *Cartridge Water Filter*. Adsorben kulit manggis dimasukkan ke dalam *cartridge* dengan variasi massa 140 g, 120 g, 100 g, 80 g, dan 60 g. Proses adsorpsi dilakukan dengan mengalirkan limbah tahu keluar dari *Cartridge Water Filter* pada laju alir 5 L.menit⁻¹. Setiap variasi massa adsorben dianalisis kembali untuk mengetahui kandungan COD, BOD, pH dan TDS-nya. Selanjutnya, limbah yang telah melalui proses adsorpsi dialirkan ke tangki penampung ultrafiltrasi menggunakan pompa dengan variasi laju alir 3 L.menit⁻¹, 5 L.menit⁻¹, dan 7 L.menit⁻¹. Sampel hasil ultrafiltrasi diambil menggunakan beaker glass dan dianalisis untuk mengukur BOD, COD, pH dan TDS sebagai hasil akhir. Setiap percobaan, membran ultrafiltrasi dibersihkan dengan aquades untuk menghilangkan sisa limbah dan mencegah *fouling*.



Gambar 1. Rangkaian Alat Adsorpsi - UF



Gambar 2. Skema Alat Adsorpsi - UF

3. Hasil dan Pembahasan

Penelitian ini menggunakan limbah dari kulit manggis yang berperan sebagai adsorben. Setelah adsorben

diperoleh, maka dilakukan uji Karakterisasi FTIR dan yang diaplikasikan terhadap limbah cair Industri Tahu sebagai adsorben. Setelah proses adsorpsi selesai akan dilanjutkan dengan membran ultrafiltrasi. Uji terhadap limbah cair Industri Tahu dianalisis dengan parameter COD, BOD, pH, TDS dan EC.

3.1 Sintesis Adsorben Kulit Manggis

Kulit manggis berpotensi dimanfaatkan sebagai bioadsorben karena mengandung selulosa dalam jumlah tinggi, yang merupakan polimer alami dengan kemampuan adsorpsi yang baik [11]. Karbon aktif adalah material berbasis karbon dengan struktur amorf yang memiliki luas permukaan serta tingkat porositas yang sangat tinggi. Proses pembentukan karbon aktif umumnya dilakukan melalui beberapa tahap, yaitu dehidrasi, dilanjutkan dengan karbonisasi, dan diakhiri dengan tahap aktivasi [12].

Tahap dehidrasi bertujuan untuk mengurangi kadar air yang terdapat dalam kulit manggis. Pada penelitian ini, proses dehidrasi dilakukan dengan menjemur kulit manggis di bawah sinar matahari selama tiga hari, kemudian dilanjutkan dengan pengeringan menggunakan oven pada suhu 105°C selama 4 jam agar hasilnya lebih sempurna. Selama proses ini, kulit manggis mengalami perubahan tekstur menjadi kering dengan warna coklat kekuningan.

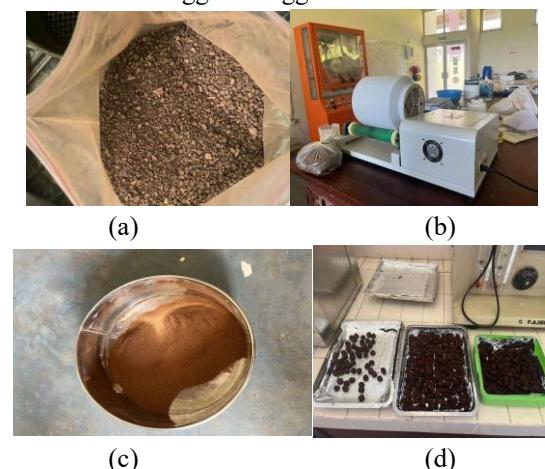
Setelah melalui tahap dehidrasi, kulit manggis mengalami proses penghancuran menggunakan *jaw crusher* dan *ball mill* untuk memperkecil ukuran partikel sehingga diperoleh serbuk dengan ukuran seragam setelah diayak menggunakan ayakan 50 mesh. Serbuk kulit manggis kemudian dicampur dengan perekat berbasis pati gadung yang berfungsi sebagai pengikat antar partikel dalam pembentukan pellet. Penggunaan pati gadung sebagai perekat bersifat alami dan ramah lingkungan, sekaligus memberikan kekuatan mekanik pada pellet yang dihasilkan. Setelah dibentuk, pellet dikeringkan kembali pada suhu 140°C selama 4 jam untuk mengurangi kadar air sisanya serta memperkuat struktur fisik pellet.

Adsorben yang sudah berbentuk pellet akan masuk ke tahap karbonisasi menggunakan furnace dengan suhu 300°C selama 30 menit. Penggunaan suhu yang terlalu tinggi dan waktu yang terlalu lama dapat menyebabkan terjadinya oksidasi berlebih pada karbon, yang berpotensi merusak ikatan C–C dalam struktur heksagonalnya, sehingga menurunkan kualitas permukaan karbon. Selama proses pemanasan, perlu dicegah terjadinya kebocoran

udara agar bahan berkarbon mengalami karbonisasi tanpa oksidasi [13]. Pada suhu sekitar 300°C, sebagian besar air dan senyawa volatil telah menguap, menyebabkan terbukanya pori-pori karbon. Dalam kondisi ini, senyawa organik penyusun kulit manggis seperti selulosa, hemiselulosa, dan lignin terdekomposisi dan berubah menjadi struktur karbon berbentuk grafit heksagonal. Proses karbonisasi ini mengubah fisik adsorben kulit manggis dengan perubahan warna dari coklat gelap menjadi hitam pekat, yang menunjukkan terbentuknya karbon aktif.



Gambar 3. (a) Kulit Manggis Sebelum Preparasi, (b) Kulit Manggis Setelah di Keringkan, (c) Pemecahan Kulit Manggis dengan *Jaw Crusher*, (d) Pemecahan Kulit Manggis Menggunakan Alu



Gambar 4. (a) Kulit Manggis Setelah di Hancurkan, (b) Penghalusan Menggunakan *Ball Mill*, (c) Bubuk Kulit Manggis Ukuran 50 Mesh, (d) Pembentukan Adsorben Kulit Manggis Menjadi Bentuk Pellet

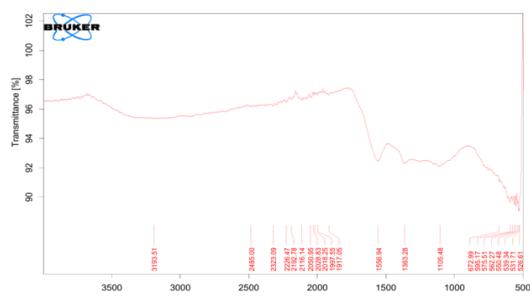
Untuk meningkatkan jumlah pori dan daya adsorpsi, diperlukan aktivasi kimia [14]. Aktivasi menggunakan larutan KOH 0,5 M dengan perbandingan bahan terhadap larutan 1:3 selama perendaman 12 jam. Aktivasi ini bertujuan untuk memperbesar porositas dan luas permukaan karbon, serta menghilangkan senyawa pengotor yang menutupi pori-pori. Pemilihan KOH sebagai aktivator didasarkan pada sifatnya yang basa kuat dan hidroskopis, sehingga efektif dalam membersihkan dan membuka pori karbon [15]. Waktu perendaman yang cukup memungkinkan penyerapan dan penetrasi KOH secara merata ke dalam struktur karbon. Namun waktu perendaman yang terlalu lama menyebabkan pellet adsorben hancur karena terlalu banyak menyerap larutan aktivasi. Setelah aktivasi, karbon dicuci dengan aquadest dan dikeringkan pada 105°C selama 3 jam.



Gambar 5. Hasil Adsorben Kulit Manggis

3.2 Karakterisasi Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FTIR)

Uji Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FTIR) dilakukan untuk mengidentifikasi gugus fungsi yang terdapat pada material adsorben kulit manggis. Spektrum hasil analisis ditampilkan pada Gambar di bawah dengan rentang bilangan gelombang 4000–500 cm⁻¹.



Gambar 6. Analisa FTIR Adsorben Kulit Manggis

Berdasarkan hasil spektrum, terdeteksi beberapa pita serapan utama yang menunjukkan keberadaan berbagai gugus fungsi organik. Pita serapan lebar pada bilangan gelombang 3193,51 cm⁻¹ menunjukkan adanya getaran ulur (stretching) gugus –OH dari senyawa hidrosil, yang menandakan keberadaan senyawa fenolik, flavonoid, atau tanin pada kulit manggis. Panjang gelombang 3000–3750 cm⁻¹ yang merupakan golongan alkohol dan amina (O-H;N-H) [16]. Gugus ini berperan penting dalam proses adsorpsi karena dapat berikatan dengan ion logam atau senyawa polar melalui ikatan hidrogen.

Serapan lemah pada daerah 2485,00–2232,09 cm⁻¹ menunjukkan kemungkinan adanya ikatan rangkap tiga C≡C atau C≡N, meskipun intensitasnya rendah sehingga jumlahnya relatif kecil. Selanjutnya, pita pada daerah 2126,47–2016,94 cm⁻¹ dapat dikaitkan dengan getaran C=C terkonjugasi atau peregangan C=O dari struktur aromatik kompleks, yang sering ditemukan pada senyawa xanton khas kulit manggis.

Puncak serapan yang jelas pada 1565,94 cm⁻¹ mengindikasikan adanya getaran ulur C=C aromatik, menandakan keberadaan cincin benzena dalam struktur molekul penyusun material. Adanya gugus alkil dapat dilihat dengan munculnya pita karakteristik yang sesuai dengan C–H def pada daerah bilangan gelombang 1500–1300 cm⁻¹ [17]. Serapan pada 1383,28 cm⁻¹ dikaitkan dengan getaran tekuk (bending) C–H dari gugus metil atau metilena. Serapan kuat pada 1105,48 cm⁻¹ menunjukkan adanya getaran ulur C–O, yang umum pada gugus alkohol, eter, atau ester. Hal ini memperkuat dugaan bahwa kulit manggis mengandung senyawa polifenol dan turunannya.

Secara keseluruhan, hasil analisis FTIR menunjukkan bahwa adsorben kulit manggis mengandung berbagai gugus fungsi aktif seperti –OH, C=O, C–O, dan C=C aromatik. Keberadaan gugus-gugus ini membuktikan bahwa material tersebut memiliki komponen organik kompleks seperti flavonoid, tanin, dan xanton, yang berpotensi besar sebagai agen adsorben alami karena kemampuannya berinteraksi dengan molekul polar maupun ion logam melalui ikatan hidrogen.

3.3 Karakterisasi Air Limbah Industri Tahu

Sampel air limbah diperoleh dari salah satu industri tahu di daerah Indralaya Mulia, Kabupaten Ogan Ilir. Selanjutnya, dilakukan pengujian kadar BOD, COD pH, TDS dan EC untuk menganalisis karakteristik limbah, sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 1. Berdasarkan

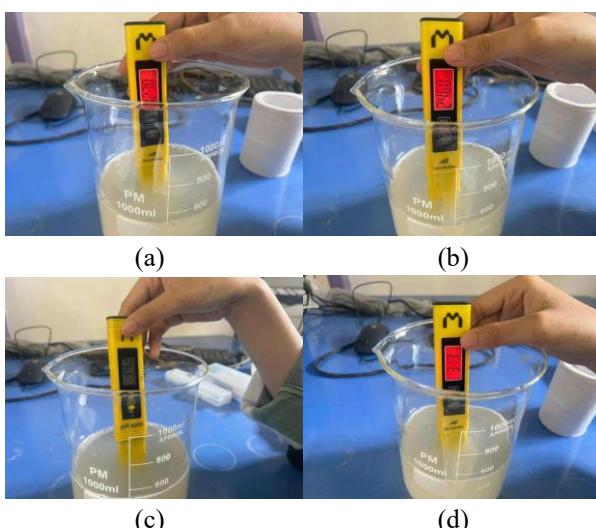
Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 5 Tahun 2014 [18] dan Tabel 2. Berdasarkan Standar Nasional Indonesia 06-6989.27-2005 batas mutu kandungan Total Dissolved Solid (TDS) yang diperbolehkan dalam air limbah adalah 2.000 mg/L [19].

Tabel 1. Baku Mutu Air Limbah Industri Tahu

Parameter	Kadar (mg/L)	Beban (Kg/ton)
BOD	150	3
COD	300	6
TSS	200	4
pH	6-9	
Kuantitas air limbah paling tinggi (m ³ /ton)	20	

Tabel 2. Hasil Analisis Air Limbah Industri Tahu

No	Parameter	Satuan	Baku Mutu	Hasil Pengujian
1	pH	-	6-9	3,42
2	TDS	ppm	2000	1230
3	EC	µS/cm		2460
4	Suhu	°C		31,3



Gambar 7. (a) Pengujian TDS, (b) Pengujian EC, (c) Pengujian pH, (d) Pengujian Suhu

Pengujian BOD dan COD dilakukan di UPTD Laboratorium Lingkungan DLH Palembang dan masih menunggu hasil pengujian. Sedangkan pengujian pH dan

TDS dilakukan menggunakan pH dan TDS meter. Hasil analisis menunjukkan bahwa parameter limbah cair industri tahu tersebut belum memenuhi baku mutu yang ditetapkan.

Hasil pengujian menunjukkan bahwa nilai pH air limbah sebesar 3,42, yang berada di bawah batas baku mutu (6-9). Hal ini menandakan bahwa air limbah bersifat asam, kemungkinan disebabkan oleh proses fermentasi sisa kedelai yang menghasilkan asam organik, seperti asam laktat dan asam asetat. Kondisi pH yang terlalu rendah dapat berdampak buruk terhadap lingkungan perairan, karena dapat menurunkan aktivitas mikroorganisme dan mengganggu kehidupan biota air. Oleh karena itu, diperlukan proses netralisasi sebelum pembuangan ke badan air.

Parameter TDS (Total Dissolved Solid) menunjukkan nilai 1230 ppm, masih di bawah batas maksimum 2000 ppm yang ditetapkan. Nilai ini menggambarkan bahwa kandungan padatan terlarut dalam limbah relatif sedang dan masih dalam batas yang dapat diterima. TDS yang tinggi biasanya berasal dari residu organik dan anorganik, seperti sisa protein, lemak, dan mineral dari proses pencucian kedelai. Nilai TDS yang tidak melebihi ambang batas menunjukkan bahwa tingkat kepekatan ion terlarut dalam limbah belum terlalu tinggi untuk menimbulkan pencemaran berat.

Nilai EC (Electrical Conductivity) yang diperoleh sebesar 2460 µS/cm, menunjukkan adanya kandungan ion-ion terlarut seperti Na⁺, K⁺, Ca²⁺, dan Mg²⁺ dalam jumlah cukup besar. Nilai EC berbanding lurus dengan TDS, sehingga hasil ini konsisten dengan tingkat padatan terlarut yang ditemukan. Konduktivitas listrik yang tinggi menunjukkan potensi peningkatan salinitas jika limbah dibuang langsung ke lingkungan tanpa pengolahan.

Sementara itu, suhu air limbah terukur sebesar 31,3°C, yang sedikit lebih tinggi dari suhu lingkungan normal. Kenaikan suhu ini dapat terjadi akibat aktivitas biologis selama proses produksi dan fermentasi tahu. Meskipun demikian, suhu tersebut masih tergolong tidak ekstrem dan belum menimbulkan dampak termal signifikan terhadap lingkungan sekitar.

4. Kesimpulan

Penelitian ini masih berada dalam tahap pelaksanaan, sehingga hasil yang disajikan merupakan capaian dari tahapan yang telah dilakukan hingga saat ini. Sementara tahapan selanjutnya akan terlus berlangsung sampai proses penyelesaian.

Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada dosen pembimbing, staf laboratorium jurusan Teknik Kimia Universitas Sriwijaya. Ucapan terimakasih kepada seluruh Dosen dan Staf jurusan Teknik Kimia Universitas Sriwijaya, dan semua pihak yang telah membantu dalam pelaksanaan penelitian ini.

Daftar Pustaka

- [1] A. Rahayu, M. Maryudi, F. F. Hanum, J. A. Fajri, W. D. Anggraini, dan U. Khasanah, "Pengolahan Limbah cair Industri dengan Menggunakan Silika", *Open Science and Technology*, vol. 2, no. 1, pp. 1-12, 2021.
- [2] A. Nurhasanah, A. M. Supriatna, dan R. Fitriyani, "Sintesis Karbon Aktif dari Kulit Manggis (Garcina Mangostana) dengan Aktivator Kalium Hidroksida (KOH) sebagai Adsorben untuk Reduksi Biological Oxygen Demand (BOD) dan Chemical Oxygen Demand (COD) pada Limbah Cair Industri Tahu", *Prosiding Seminar Nasional Kimia UIN Sunan Gunung Djati*. 10 Agustus 2024, pp. 112-121, 2024.
- [3] A. B. D. Nandiyanto, M. Fiandini, D. A. Fadiah, P. A. Muktakin, R. Ragadhita, W. C. Nugraha, T. Kurniawan, M. R. Bilad, J. Yunas, dan A. S. M. A. Obaidi, "Sustainable Biochar Carbon Microparticles Based on Mangosteen Peel as Biosorbent for Dye Removal: Theoretical Review, Modelling, and Adsorption Isotherm Characteristics", *Journal of Advanced Research in Fluid Mechanics and Thermal Sciences*, vol. 105, no. 1, pp. 41-58. 2023.
- [4] R. Ruslan, M. R. A. M. Tahili, D. J. Puspitasari, H. Sosidi, dan, M. Mirzan, "Penurunan Kadar Chemical Oxygen Demand (COD) pada Limbah Cair Industri Tahu Menggunakan Arang Aktif dari Pelepas Kelapa Sawit (*Elaeis guenensis Jacq.*)", *KOVALEN: Jurnal Riset Kimia*, vol. 8, no. 2, pp. 171-177, 2022.
- [5] N. Hardyanti, H. Susanto, dan M. A. Budihardjo, "Removal of Organic Matter from Tofu Wastewater using A Combination of Adsorption, Fenton oxidation, and Ultrafiltration Membranes" *Desalination and Water Treatment*, vol. 318, no. 1, pp. 1-7, 2024.
- [6] H. M. Diallo, F. Elazhar, A. Elmidaoui, dan M. Taky, "Combination of Ultrafiltration, Activated Carbon and Disinfection As Tertiary Treatment of Urban Wastewater For Reuse In Agriculture", *Desalination and Water Treatment*. vol. 320, pp. 1-15, 2024.
- [7] I. Purnawan, D. Angputra, S. C. Debora, E. F. Karamah, A. Febriasari, dan S. Kartohardjono, "Polyvinylidene Fluoride Membrane with Polyvinylpyrrolidone Additive for Tofu Industrial Wastewater Treatment in Combination with The Coagulation–Flocculation Process" *Membranes*, vol. 11, no. 12, pp. 1-13, 2021.
- [8] S. Nasir, E. R. L. Gaol, S. Susanti, M. Mediana, dan A. Mataram, "Treatment of Low-Strength Rubber Industry Wastewater Using a Combined Adsorbents and Membrane Technologies", *Research Square*, 2020.
- [9] S. Susanti, S. Nasir, H. Hermansyah, dan A. Mataram, "Treatment of Wastewater from Rubber Industry Using Calcium Carbide Residue Adsorbent and Hybrid Membrane UF – RO", *Sriwijaya Journal of Environment*. vol. 4, no. 1, pp. 37-41, 2019.
- [10] R. Raturandang, D. R. Wenas, S. Mongan, dan C. Bujung, "Analisis Spektroskopi FTIR untuk Karakterisasi Kimia Fisik Fluida Mata Air Panas di Kawasan Wisata Hutan Pinus Tomohon Sulawesi Utara", *Jurnal FisTa: Fisika dan Terapannya*, vol. 3, no. 1, pp. 28-33, 2022.
- [11] N. I. Ischak, D. Fazriani, dan D. N. Botutihe, "Ekstraksi dan Karakterisasi Selulosa dari Limbah Kulit Kacang Tanah (*Arachys hypogaea L.*) Sebagai Adsorben Ion Logam Besi", *Jambura Journal of Chemistry*. Vol. 3, no. 1, pp. 27- 36, 2021.
- [12] R. Alfi et al., "Microporous and Mesoporous Materials-2020-03- Production of Activated Carbon from Natural Sources for Water-Rizka Alfi Fadhilah Lubis.pdf," *Indones. J. Chem. Sci. Technol*, vol. 3, no. 2, no. 1, pp. 67–73, 2020.
- [13] E. Kusniawati, D. S. Sari, dan M. K. Putri, "Pemanfaatan Sekam Padi Sebagai Karbon Aktif untuk Menurunkan Kadar pH, Turbidity, TSS dan TDS", *Journal of Innovation Research and Knowledge*, vol. 2, no. 10, pp. 4183-4198, 2023.
- [14] M. I. N. Sani, Y. Trihadiningrum, S. A. Wilujeng, "Pengaruh Aktivasi Kimia Permukaan Pasir Silika Terhadap Efisiensi Adsorpsi Timbal (II)", *Al-ARD: Jurnal Teknik Lingkungan*, vol. 11, no. 1, pp. 9-17, 2025.
- [15] A. Prayogatama dan T. Kurniawan, "Modifikasi Karbon Aktif dengan Aktivasi Kimia dan Fisika Menjadi Elektroda Superkapasitor," vol. 11, no. 1, pp. 47–58, 2022.
- [16] N. W. Sari, M. Y. Fajri, dan A. Wilapangga, "Analisis Fitokimia dan Gugus Fungsi dari Ekstrak Etanol

- Pisang Goroho Merah (MUSA ACUMINATE (L))”,
Indonesian Journal of Biotechnology and Biodiversity, vol. 2, no. 1, pp. 30-34, 2018.\
- [17] C. Anam, K. S. Firdausi,, dan S. Sirojudin, “Analisis Gugus Fungsi Pada Sampel Uji, Bensin dan Spiritus Menggunakan Metode Spektroskopi FTIR”, *Berkala Fisika*, vol. 10, no. 1, pp. 79-85, 2007.
- [18] Kementerian Lingkungan Hidup Republik Indonesia, “Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia,”<https://jdih.maritim.go.id/>, pp. 1–83, 2014.
- [19] P. P. A. Nirwana, dan L. Legasari, “Analisis Kadar Total Dissolved Solid (TDS) pada Air Limbah Industri Menggunakan Metode Gravimetri,” *Jurnal Kimia dan Pendidikan Kimia*, vol. 13, no. 2, pp. 132-135, 2024.