

Uji Kandungan Limbah Tahu Menggunakan Spektroskopi *Fourier Transform Infrared* Dan *Laser-Induced Breakdown Spectroscopy* Di Tukad Buaji Kelurahan Sesean Denpasar Selatan

Novita Susanti Elsi¹, I Gusti Agung Ayu Ratnawati², Wayan Gede Suharta³, Ketut Putra⁴, Anak Agung Ngurah Gunawan⁵, I Nengah Sandi⁶

^{1,2,3,4,5,6} Program Studi Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Udayana, Bali, Indonesia

Received: 09 December 2024

Revised: 18 April 2025

Accepted: 28 April 2025

Corresponding Author:

Maria Crisanti Uduk

novitasusantielsi@gmail.com

© 2025 Kappa Journal is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International License



DOI:

<https://doi.org/10.29408/kpj.v9i1.28604>

Abstrak: Telah dilakukan penelitian dengan judul uji kandungan limbah tahu menggunakan spektroskopi *Fourier Transform Infrared* dan *Laser Induced Breakdown Spectroscopy* di Tukad Buaji Kelurahan Sesean Denpasar Selatan. Limbah yang dihasilkan pada proses produksi tahu pada umumnya dibagi menjadi dua bentuk limbah, diantaranya adalah limbah padat dan limbah cair. Jenis limbah tahu yang di uji pada penelitian ini adalah limbah cair, hal ini disebabkan karena limbah cair tahu banyak menghasilkan permasalahan terhadap lingkungan yang dilaluinya terutama aliran air sungai. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kadar dari BOD, COD, pH, mengidentifikasi gugus fungsi serta mengetahui unsur apa yang terkandung di dalam limbah cair tahu. Metode pengujiannya dilakukan dengan menggunakan metode titrimetri, spektroskopi FTIR dan LIBS. Berdasarkan hasil pengujian dengan metode titrimetri pada limbah tahu adalah diperoleh perhitungan rata-rata dan standar deviasi untuk kadar BOD sebesar $13,306 \pm 7,886$ mg/L (hasil ini masih dibawah standar baku mutu), kadar COD sebesar $28,416 \pm 12,908$ mg/L (hasil ini masih dibawah standar baku mutu) dan pH sebesar $7,55 \pm 0,02$ (hasil dalam kisaran baku mutu). Hasil pengujian dengan FTIR menunjukkan adanya gugus fungsi O-H, O=C=O, C=O dan C-H pada limbah tahu, sedangkan hasil uji yang diperoleh dengan menggunakan LIBS adalah terdapat unsur Ca, Na, K, W, Cd dan Cu yang terkandung di dalam limbah tahu.

Keywords: Limbah Tahu; Titrimetri; FTIR dan LIBS.

Pendahuluan

Air merupakan salah satu kebutuhan pokok untuk memenuhi kelangsungan bagi semua makhluk hidup. Air memegang peranan yang sangat penting dalam kehidupan manusia. Hampir semua kegiatan manusia tidak terlepas dari air, mulai dari keperluan rumah tangga, irigasi, industri, perikanan dan lain-lain, namun dengan meningkatnya aktivitas industri yang dilakukan maka akan menghasilkan limbah yang dapat mempengaruhi lingkungan yang dilaluinya, sehingga

menimbulkan dampak bagi semua makhluk hidup yang bergantung pada air (Mogi et al, 2023).

Sungai merupakan aliran air yang memanjang dan mengalir terus menerus dari hulu ke hilir. Sungai menjadi ekosistem yang sangat penting bagi kehidupan manusia, hewan dan tumbuh-tumbuhan (Alfoinita et al, 2019). Sungai sering menjadi sasaran utama sebagai tempat pembuangan berbagai limbah seperti limbah industri, peternakan maupun rumah tangga. Limbah merupakan bahan yang dihasilkan dari suatu proses

How to Cite:

Elsi, N. S., Ratnawati, I. G. A. A., Suharta, W. G., Putra, K., Gunawan, A. A. N., & Sandi, I. N. (2025). Uji Kandungan Limbah Tahu Menggunakan Spektroskopi *Fourier Transform Infrared* Dan *Laser-Induced Breakdown Spectroscopy* Di Tukad Buaji Kelurahan Sesean Denpasar Selatan. *Kappa Journal*, 9(1), 25-34. <https://doi.org/10.29408/kpj.v9i1.28604>

produksi yang umumnya dibuang oleh masyarakat dalam bentuk padat, cair dan gas (Ramayati dan Anna, 2019). Pembuangan limbah ke sungai akan menyebabkan sungai tersebut cenderung menurun, baik dari segi kuantitas maupun kualitasnya serta dapat memberi dampak buruk terhadap ekosistem dalam air. Kelangsungan hidup biota ada di perairan akan sangat dipengaruhi oleh kualitas air (Qatrunada et al, 2022).

Limbah tahu merupakan salah satu contoh limbah hasil produksi yang dibuang di Tukad Buaji tepatnya di kawasan Jalan Tegal Wangi, Kelurahan Sesetan, Denpasar Selatan. Limbah yang dihasilkan pada proses produksi tahu secara umum terbagi menjadi dua bentuk limbah, yaitu limbah padat dan limbah cair. Limbah padat yang dihasilkan berupa ampas tahu, yang biasanya diolah untuk dijual dan dijadikan bahan untuk makanan ternak, sedangkan limbah cair tahu banyak menghasilkan permasalahan terhadap lingkungan, hal ini dikarenakan limbah cair tahu yang dihasilkan mengandung zat organik dan anorganik yang sangat tinggi, sehingga apabila dibuang secara langsung ke sungai tanpa pengolahan terlebih dahulu akan berpotensi mencemari sungai. Kurangnya kesadaran serta minimnya pengetahuan dari para pelaku usaha tentang pengolahan limbah tahu menjadi salah satu penyebab terjadinya pencemaran sungai (Pagoray et al, 2021). Akibat yang ditimbulkan dari buangan limbah cair tahu akan mengalami perubahan terhadap kondisi fisik air sungai menjadi berwarna keruh dan baunya tidak sedap (Qatrunada et al, 2022).

Pada penelitian ini, metode yang digunakan dalam menganalisis sampel limbah tahu adalah dengan menggunakan metode titrimetri, metode spektroskopi *Fourier Transform Infrared* (FTIR) dan *Laser Induced Breakdown Spectroscopy* (LIBS). Metode titrimetri merupakan metode analisis klasik, yang bertujuan untuk menentukan kadar dari suatu zat dengan menggunakan zat lain yang telah diketahui konsentrasinya secara teliti dan reaksinya berlangsung secara kuantitatif (Mundriyastutik dkk, 2021). Metode spektroskopi FTIR adalah salah satu instrumen yang dapat digunakan untuk identifikasi mineral secara kualitatif dan mulai dikembangkan untuk identifikasi secara kuantitatif. Analisis pada spektroskopi FTIR bergantung pada getaran molekul sehingga dapat digunakan untuk identifikasi mineral, karena memiliki *mid-range* pada inframerah ($400-4000\text{ cm}^{-1}$). Selain itu, spektroskopi FTIR memiliki kemampuan yang cepat dalam menganalisis, bersifat tidak merusak dan hanya dibutuhkan preparasi sampel yang sederhana (Rasyida dkk, 2014). Pada spektroskopi FTIR, setiap sampel yang diuji memiliki senyawa yang menyerap energi dari cahaya inframerah sehingga molekul tersebut akan tereksitasi ke tingkatan energi yang lebih tinggi. Serapan yang terjadi pada spektroskopi FTIR menghasilkan

spektra berupa grafik yang menunjukkan transmitansi yang bervariasi pada setiap frekuensi radiasi *infrared* (Damayanti dkk, 2021). *Laser Induced Breakdown Spectroscopy* (LIBS) merupakan suatu metode spektroskopi yang digunakan untuk analisis kualitatif dan kuantitatif unsur yang terkandung dalam sebuah bahan. Teknik LIBS memiliki beberapa keunggulan dibandingkan dengan teknik analisis lainnya diantaranya adalah preparasi sampel digunakan cukup sederhana, pendeteksian dapat dilakukan dengan cepat, dapat mengukur hampir semua unsur kimia termasuk elemen ringan (Candra, 2020). *Laser Induced Breakdown Spectroscopy* (LIBS) merupakan salah satu Teknik spektroskopi emisi atomik yang menggunakan laser sebagai sumber energi ablasi. Bila laser difokuskan pada permukaan sampel, maka sebagian dari sampel akan terablasi dan terbentuk plasma yang mana berisikan ion-ion, elektron-elektron, atom-atom netral dan atom-atom tereksitasi. Atom-atom yang tereksitasi akan memancarkan photon dengan intensitas dan panjang gelombang tertentu yang merupakan karakteristik dari atom atau unsur tersebut. LIBS ini didasarkan pada analisis emisi plasma yang dihasilkan dengan cara memfokuskan laser pulsa berdaya tinggi pada sampel pada kondisi tekanan atmosfer (Utomo et al, 2016).

Metode

1. Tempat Penelitian

Tempat pengambilan sampel dilakukan di Tukad Buaji Kelurahan Sesetan, Denpasar Selatan dan dilakukan penelitian di dua tempat yaitu di Laboratorium Analitik Universitas Udayana dan Laboratorium Bersama Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Udayana.

2. Alat dan Bahan

Alat yang digunakan dalam penelitian adalah sebagai berikut: Botol plastik aqua ukuran 600 mL sebanyak lima buah, botol winkler, gelas beaker, labu ukur, buret, erlenmeyer, corong, pipet, lemari inkubasi, pH meter, sarung tangan, oven, tabung kultur, kaca arloji, neraca analitik, statif, klem, Rak tabung, COD reaktor suhu $150\text{ }^{\circ}\text{C}$, Spektroskopi FTIR, LIBS, pipet tetes, mortar, pestle, panci, dan kompor gas.

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut: Air limbah tahu, aquades, larutan buffer fosfat, larutan magnesium sulfat (MgSO_4), larutan kalium klorida (CaCl_2), larutan feri klorida (FeCl_3), larutan mangan sulfat (MnSO_4), larutan asam sulfat (H_2SO_4), larutan natrium hidroksida (NaOH), larutan glukosa-asam glutamat, larutan indikator amilum, larutan baku kalium dikromat ($\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$), larutan baku Ferro Ammonium Sulfat (FAS), larutan baku kalium hidrogen ftalat (KHP), larutan *buffer*, dan Kalium Bromida (KBr).

3. Prosedur Penelitian

3.1 Pengukuran BOD

A. Pembuatan larutan pengencer (Badan Standarnisasi Nasional, 2009).

- 1) Siapkan 1 L aquades di aerasi selama 1 jam, hingga oksigen terlarutnya 7,5 mg/L dalam botol gelas yang bersih.
- 2) Ditambahkan masing-masing 1 mL larutan nutrisi yang terdiri dari larutan buffer, $MgSO_4$, $CaCl_2$ dan $FeCl_3$ ke dalam 1 L aquades yang sudah diaerasi.
- 3) Ditambahkan 1 mL air sampel ke dalam 1 L aquades.

B. Persiapan pengujian BOD

Adapun persiapan pengujian BOD pada sampel limbah cair tahu dilakukan melalui tahapan sebagai berikut:

- 1) Sampel uji dikondisikan pada suhu $20\text{ }^\circ\text{C} \pm 3\text{ }^\circ\text{C}$.
- 2) Sampel dilakukan pengukuran pH, jika nilainya tidak dalam kisaran 6,0-8,0 maka pH diatur pada kisaran tersebut dengan menambahkan larutan H_2SO_4 dan $NaOH$.
- 3) Larutan glukosa-asam glutamat dikondisikan pada suhu $20\text{ }^\circ\text{C} \pm 3\text{ }^\circ\text{C}$.
- 4) Larutan glukosa-asam glutamat sebanyak 20 mL dimasukkan ke dalam labu ukur 1 liter dan dilakukan pengenceran dengan larutan air pengencer hingga 1 liter, kemudian diaduk sampai homogen.
- 5) Jumlah pengenceran sampel sangat bergantung pada sampel uji dan dipilih pengenceran yang diperkirakan dapat menghasilkan penurunan oksigen terlarut minimal 2,0 mg/L dan sisa oksigen terlarut minimal 1,0 mg/L setelah diinkubasi selama 5 hari terhadap sampel uji.

C. Prosedur pengujian BOD

Adapun tahapan pengujian BOD terhadap sampel limbah cair tahu adalah sebagai berikut:

- 1) Disiapkan 2 buah botol Winkler untuk masing-masing sampel dan diberi tanda dengan kode A_1 dan A_2 .
- 2) Larutan sampel uji dan larutan air pengencer dimasukkan ke dalam masing-masing botol winkler A_1 dan A_2 sampai meluap, kemudian masing-masing botol ditutup secara hati-hati untuk menghindari terbentuknya gelembung udara.
- 3) Botol berisi sampel dikocok beberapa kali, kemudian aquades ditambahkan pada sekitar mulut botol winkler yang telah ditutup.
- 4) Botol A_2 disimpan dalam lemari inkubasi dengan suhu $20\text{ }^\circ\text{C} \pm 1\text{ }^\circ\text{C}$.
- 5) Botol A_1 ditambahkan 1 mL larutan $MnSO_4$, ditambahkan 1 mL larutan alkali iodida azida dan ditambahkan 1-2 tetes indikator amilum.

6) Pengukuran dilakukan dengan metode titrasi secara iodometri. Pengukuran oksigen terlarut pada nol hari harus dilakukan paling lama 30 menit setelah pengenceran.

7) Pengerjaan tahap 5 dan 6 diulang untuk botol A_2 yang telah diinkubasi 5 hari. Hasil pengukuran yang diperoleh merupakan nilai oksigen terlarut.

8) Penetapan blanko dilakukan dengan menggunakan larutan pengencer tanpa sampel uji. Hasil pengukuran yang diperoleh merupakan nilai oksigen terlarut nol hari (B_1) dan nilai oksigen terlarut 5 hari (B_2).

9) Penetapan kontrol standar dilakukan dengan menggunakan larutan glukosa asam glutamat. Hasil pengukuran yang diperoleh merupakan nilai oksigen terlarut nol hari dan nilai oksigen terlarut 5 hari.

3.2 Pengukuran COD

A. Persiapan pengujian COD (Badan Standarnisasi Nasional, 2009)

Larutan baku ferroammonium sulfat (FAS) dilakukan standarisasi dengan larutan baku kalium dikromat yaitu dengan cara sebagai berikut:

- 1) Larutan baku kalium dikromat ($K_2Cr_2O_7$) dipipet 5 mL dan dimasukkan ke dalam erlenmeyer.
- 2) Larutan baku ditambahkan aquades 2,5 mL dan 1-2 tetes indikator ferroin kemudian dititrasi dengan larutan FAS.

B. Prosedur pengujian COD

Adapun tahapan pengujian COD terhadap sampel adalah:

- 1) Sampel uji dipipet 2,5 mL kemudian ditambahkan 1,5 mL larutan $K_2Cr_2O_7$ dan ditambahkan 3,5 mL larutan pereaksi asam sulfat (H_2SO_4 dan Ag_2SO_4) ke dalam tabung kultur.
- 2) Tabung kultur ditutup dan kocok berlahan sampai homogen.
- 3) Tabung diletakkan pada *heating block* yang telah dipanaskan pada suhu $150\text{ }^\circ\text{C}$, dan di *gestion* dilakukan selama 2 jam.
- 4) Sampel uji yang direfluks didinginkan secara berlahan-lahan sampai suhu ruang. Tutup sampel uji dibuka sesekali disaat pendinginan untuk mencegah adanya tekanan gas.
- 5) Sampel uji dipindahkan secara kuantitatif dari tabung ke dalam erlenmeyer untuk dititrasi.
- 6) Indikator ferroin ditambahkan 1-2 tetes ke dalam erlenmeyer dan dititrasi dengan larutan baku FAS 0,05 M sampai terjadi perubahan warna yang jelas dari hijau biru menjadi coklat kemerahan. Selanjutnya volume FAS yang digunakan dicatat sebagai B.

- 7) Dilakukan tahap pengerjaan sampel terhadap aquades sebagai blanko dan dicatat volume larutan FAS yang digunakan sebagai A.
- 8) Dilakukan tahapan pengerjaan sampel terhadap larutan KHP sebagai kontrol standar. Dicatat volume larutan FAS yang digunakan.

3.3.4 Pengukuran pH

Pengukuran pH dilakukan dengan menggunakan pH meter. Sebelum digunakan pH meter, dilakukan kalibrasi terlebih dahulu dengan menggunakan larutan buffer dengan pH 5,9 dan 9. Setelah kalibrasi dimasukkan elektroda ke dalam sampel limbah cair untuk diukur. Setelah angka pH meter tersebut stabil, maka nilai pH langsung terbaca dan angka tersebut menunjukkan nilai dari pH yang diukur.

3.3.5 Pengujian dengan spektroskopi FTIR

Limbah tahu selanjutnya dianalisis dengan menggunakan spektroskopi FTIR, yang bertujuan untuk menentukan gugus-gugus fungsi yang terdapat dalam limbah tahu tersebut. Dalam menganalisis dengan menggunakan spektroskopi FTIR, Kalium Bromida (KBr) merupakan sebagai *background* dari analisis tersebut. Tujuan digunakan KBr adalah dikarenakan KBr tidak menghasilkan serapan pada inframerah sehingga yang teramati secara langsung adalah serapan dari sampel. Adapun langkah-langkah yang dilakukan pada Pengujian dengan metode Spektroskopi FTIR adalah sebagai berikut:

- 1) Kalium Bromida (KBr) dihaluskan dengan menggunakan mortar dan pestle.
- 2) Sampel limbah tahu diambil beberapa tetes, kemudian teteskan sedikit demi sedikit cairan sampel pada pelet KBr.
- 3) Pelet KBr diletakan pada *tablet holder*, kemudian dilakukan analisis menggunakan FTIR.
- 4) *Scanning* sampel dilakukan pada daerah bilangan gelombang 400-4000 cm^{-1} .
- 5) Hasil spektra yang ditampilkan pada layar komputer selanjutnya dilakukan analisis untuk mengetahui ikatan kimia yang terkandung di dalam sampel.

3.4.6 Pengujian dengan LIBS

Pada uji sampel limbah cair tahu dengan menggunakan LIBS, terlebih dahulu harus ditransformasikan ke bentuk padat. Hal ini dikarenakan dalam menggunakan LIBS hanya bisa dilakukan dengan menganalisis sampel dalam bentuk padat dan gas. Oleh karena itu, sebelum dilakukan pengujian dengan LIBS, sampel limbah cair tahu di didihkan terlebih dahulu di atas kompor, kemudian dijemur sampai kering hingga tersisa endapan dalam bentuk serbuk. Hasil serbuk tersebut kemudian dipress hingga berbentuk tablet. Tablet limbah tahu dilakukan pengujian menggunakan LIBS, dengan tahapan-tahapan sebagai berikut:

- 1) Laser Nd: YAG ($\lambda = 1064 \text{ nm}$, dengan lebar pulsa 7 ns) difokuskan pada permukaan tablet limbah tahu.
- 2) Laser dengan energi 100 mJ ditembakkan ke permukaan tablet limbah tahu dan membentuk plasma.
- 3) Intensitas emisi plasma ditangkap oleh detektor spektrometer tipe HR-2500+ (*spctra range 200-980 nm, 7 channels with CCD arrays 14336 Megapiksel*).
- 4) Setelah itu diproses dengan software OOILIBS untuk menampilkan spektrum intensitas emisi atom sebagai fungsi gelombang dan addLIBS untuk menganalisis spektrum.
- 5) Spektrum intensitas emisi atom diubah dalam bentuk angka menggunakan *Microsoft Excel*.

Hasil dan Pembahasan

3.1 Hasil uji titrimetri

Pengukuran dengan metode titrimetri dilakukan untuk mengetahui konsentrasi dari BOD, COD dan pH yang terkandung di dalam sampel limbah cair tahu, diperoleh hasil seperti tampak pada Tabel 1, Tabel 2 dan Tabel 3. Untuk mempermudah penyebutan nama sampel, semua sampel diberi nama dengan P1 yang merupakan sampel yang diambil pertama, sementara untuk P2, P2, P3 dan P4 merupakan pengulangan pada pengambilan sampel di tempat yang sama. Hasil analisis yang diperoleh kemudian dilakukan perhitungan rata-rata dan standar deviasi. Contoh perhitungan rata-rata dan standar deviasi ditunjukkan pada lampiran 1 (satu).

a) Konsentrasi BOD

Hasil pengukuran parameter BOD yang telah dilakukan ditampilkan pada Tabel 1 berikut:

Tabel 1. Hasil pengukuran BOD pada limbah tahu.

Sampel	Konsentrasi BOD (mg/L)	Standar Maksimum (mg/L)
P1	8,064	
P2	6,048	
P3	14,112	150
P4	12,096	
P5	26,208	
$\bar{x} \pm S$	$13,306 \pm 7,886$	

Berdasarkan Tabel 1 menunjukkan bahwa konsentrasi BOD yang diperoleh pada P5 lebih tinggi dibandingkan dengan P1, P2, P3 dan P4, namun dari kelima hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa konsentrasi BOD masih berada dibawah standar

Maksimum yang telah ditetapkan yaitu 150 mg/L. Hasil perhitungan rata-rata dan standar deviasi untuk konsentrasi BOD adalah sebesar $13,306 \pm 7,886$ mg/L.

b) Konsentrasi COD

Hasil pengukuran parameter COD yang telah dilakukan ditampilkan pada Tabel 2 berikut:

Tabel 2: Hasil pengukuran COD pada limbah tahu.

Sampel	Konsentrasi COD (mg/L)	Standar Maksimum (mg/L)
P1	21,120	300
P2	13,440	
P3	24,960	
P4	36,480	
P5	46,080	
$\bar{x} \pm S$	$28,416 \pm 12,908$	

Berdasarkan Tabel 2 menunjukkan bahwa konsentrasi BOD yang diperoleh pada P5 lebih tinggi kemudian disusul P4, P3, P1 dan P2, namun dari kelima hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa konsentrasi COD masih berada dibawah standar Maksimum yang telah ditetapkan pemerintah yaitu 300 mg/L. Hasil perhitungan rata-rata dan standar deviasi untuk konsentrasi COD adalah sebesar $28,416 \pm 12,908$ mg/L.

c) Konsentrasi pH

Hasil pengukuran parameter pH yang telah dilakukan ditampilkan pada Tabel 3 berikut:

Tabel 3: Hasil pengukuran pH pada limbah tahu.

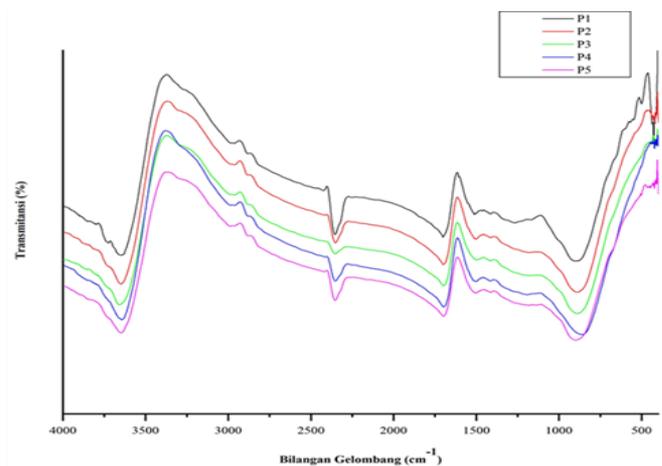
Sampel	Konsentrasi pH (mg/L)
P1	7,55
P2	7,54
P3	7,55
P4	7,52
P5	7,58
$\bar{x} \pm S$	$7,55 \pm 0,02$

Berdasarkan Tabel 3 menunjukkan bahwa konsentrasi pH yang diperoleh masih memenuhi standar maksimum yang telah ditentukan yaitu 6-9. Hasil perhitungan rata-rata dan standar deviasi untuk konsentrasi pH adalah sebesar $7,55 \pm 0,02$. Dari tabel, tampak bahwa kadar pH yang diperoleh pada setiap sampel cenderung bersifat basa.

4.2 Hasil uji FTIR

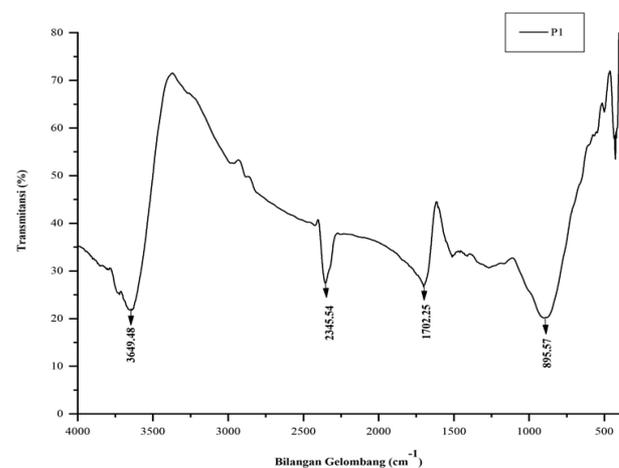
Hasil yang diperoleh menggunakan FTIR ditampilkan dalam bentuk spektrum inframerah.

Spektrum tersebut merupakan grafik yang terbentuk dari plot antara bilangan gelombang dengan transmitansi. Gambar 2. merupakan hasil spektrum dari uji limbah tahu. Tampak terlihat bahwa masing-masing spektrum memiliki pola yang sama dengan perbedaan pada nilai transmitansi dan posisi dari beberapa puncak.



Gambar 1. Spektrum FTIR dari limbah cair tahu.

Untuk pemberian label pada puncak, spektrum sampel untuk P1 (sampel yang diambil pertama) digambarkan kembali seperti tampak pada Gambar 2 berikut:



Gambar 2. Spektrum dari limbah cair Tahu (P1).

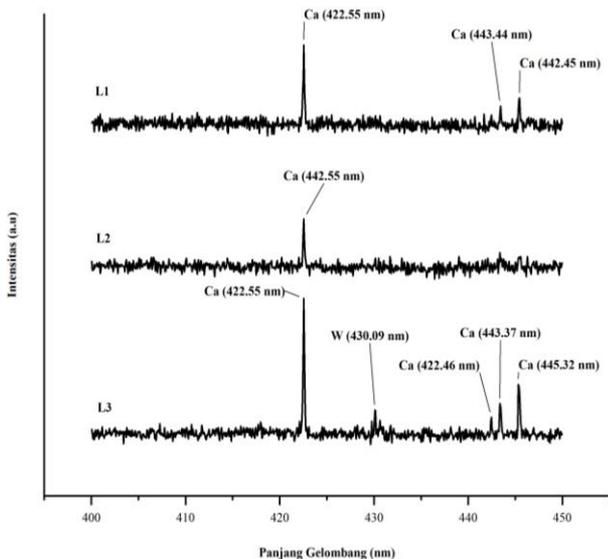
Pada Gambar 2 memperlihatkan adanya puncak serapan pada daerah bilangan gelombang 3649.48 cm^{-1} yang merupakan vibrasi dari gugus fungsi O-H. Puncak-puncak serapan lainnya yaitu pada daerah bilangan gelombang 2345.54 cm^{-1} merupakan gugus fungsi dari karbon diokasida. Daerah bilangan gelombang 1702.25 cm^{-1} adalah gugus C=O dari asam karboksilat, daerah bilangan gelombang 895.57 cm^{-1} merupakan gugus C-H. Gugus fungsi O-H dan C=O yang merupakan gugus fungsi yang membentuk gugus

karboksilat (-COOH). Gugus karboksil tersebut berasal dari asam cuka atau asam asetat yang digunakan pada saat penggumpalan protein dalam proses pembuatan tahu. Keberadaan kedua gugus karboksilat tersebut menunjukkan sifat keasaman dari limbah tahu. Gugus fungsi O=C=O atau sering disebut dengan CO₂ merupakan senyawa kimia yang terbentuk dari satu atom karbon dan dua atom oksigen. Gugus CO₂ ini berasal dari dekomposisi bahan organik yang terkandung di dalam air buangan limbah tahu. Gugus fungsi C-H merupakan senyawa organik dari alkana yang terdiri dari atom karbon dan hidrogen yang terikat secara tunggal. Gugus fungsi C-H pada limbah tahu dipengaruhi oleh bahan organik yang terkandung di dalamnya, seperti protein, karbohidrat dan lemak. Bahan organik tersebut dapat mempengaruhi konsentrasi fosfor, nitrogen dan sulfur di dalam air.

4.3 Hasil uji LIBS

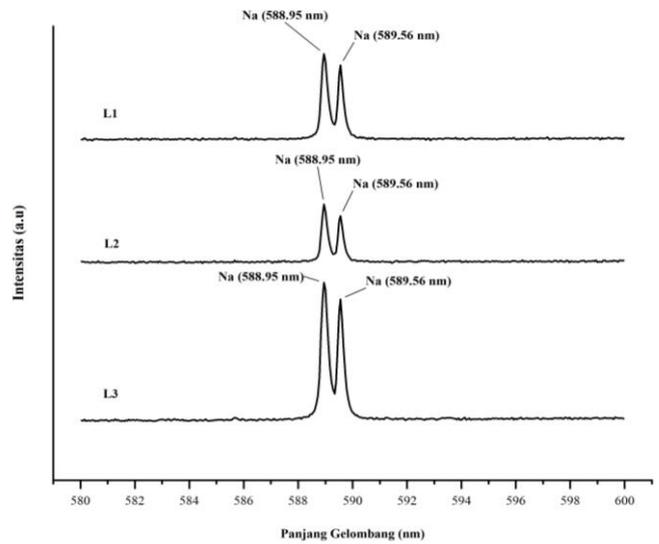
Analisis dengan menggunakan LIBS bertujuan untuk mengetahui unsur apa yang dikandung oleh limbah cair tahu. Dari hasil uji dengan LIBS, diperoleh grafik intensitas emisi foton terhadap panjang gelombang unsur yang ditunjukkan pada Gambar 3-7. Spektra berupa grafik hubungan antara panjang gelombang dan intensitas emisi unsur yang terkandung dalam sampel limbah cair tahu.

a. Intensitas emisi unsur yang terdeteksi pada daerah panjang gelombang 400-450 nm adalah unsur Kalsium (Ca) dan Tungsten (W).



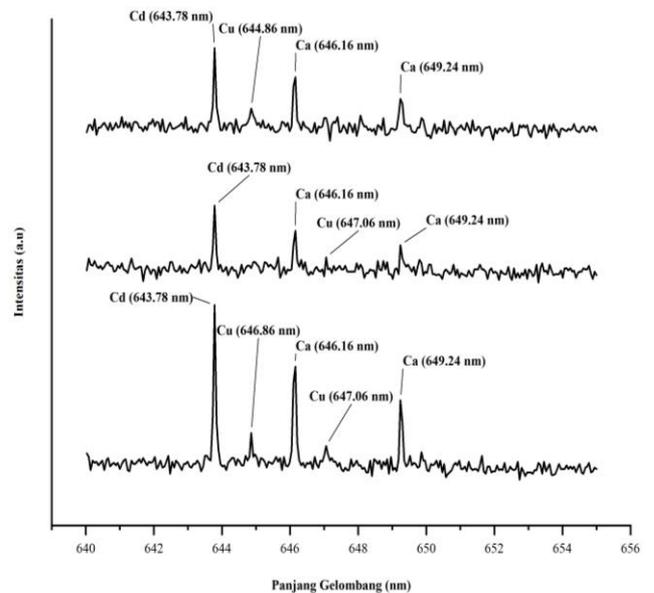
Gambar 3. Grafik intensitas dan panjang gelombang unsur Ca dan W.

b. Intensitas emisi unsur yang terdeteksi pada daerah panjang gelombang 580-600 adalah unsur Natrium (Na)



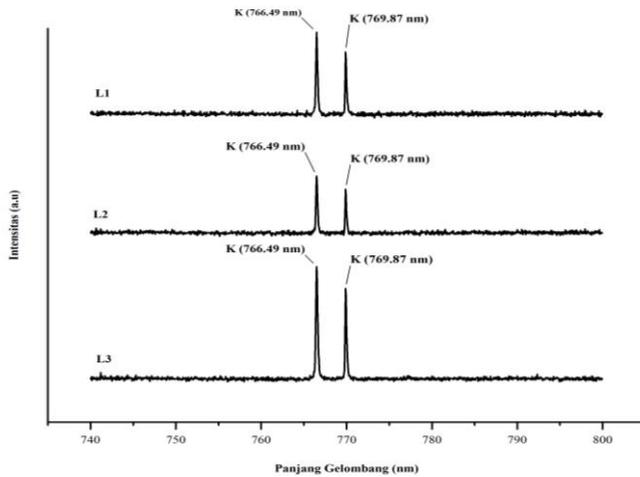
Gambar 4. Grafik intensitas dan panjang gelombang unsur Na.

c. Intensitas emisi unsur yang terdeteksi pada daerah panjang gelombang 640-655 nm adalah unsur Kadmium (Cd), Tembaga (Cu) dan Kalsium (Ca).



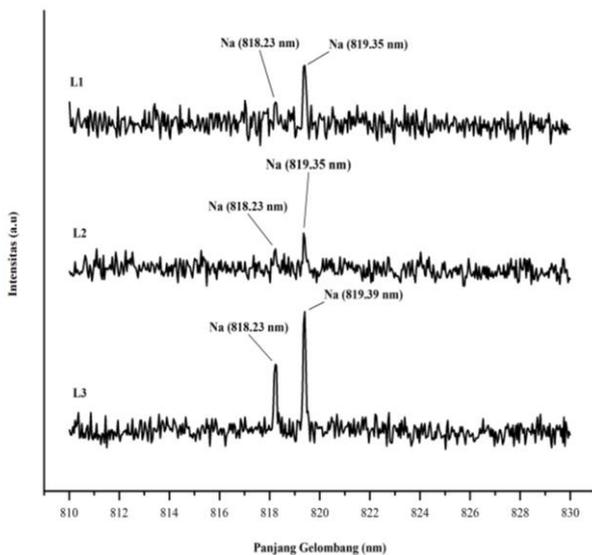
Gambar 5. Grafik intensitas dan panjang gelombang unsur Cd, Cu dan Ca.

- d. Intensitas emisi unsur yang terdeteksi pada daerah panjang gelombang 740-800 nm adalah unsur Kalium (K).



Gambar 6. Grafik intensitas dan panjang gelombang unsur K.

- e. Intensitas emisi unsur yang terdeteksi pada daerah panjang gelombang 810-830 nm adalah unsur Natrium (Na).



Gambar 7. Grafik intensitas dan panjang gelombang unsur Na.

Berdasarkan hasil uji limbah tahu dengan menggunakan LIBS menunjukkan adanya unsur Kalsium (Ca), Natrium (Na), Kalium (K), Kadmium (Cd), Tungsten (W) dan Tembaga (Cu). Unsur yang paling dominan adalah Ca, Na dan K. unsur Ca dan K merupakan unsur yang menjadi penyusun pada limbah tahu. Unsur Ca dan K sangat erat kaitannya dengan unsur hara (sumber nutrisi) yang terkandung di dalam limbah cair tahu (Aliyena et al, 2015). Kedua unsur tersebut merupakan contoh unsur hara esensial

yang sangat dibutuhkan bagi pertumbuhan dan perkembangan tanaman, namun apabila kandungan kaliumnya tinggi maka dapat mengganggu penyerapan unsur hara dari kalsium (Wirayuda et al, 2022). Unsur Na merupakan salah satu unsur hara fungsional yang tidak selalu dibutuhkan tanaman. Jika terdapat unsur Na di dalam air tinggi dan bila digunakan sebagai sumber irigasi persawahan, akan menyebabkan kerusakan tidak hanya pada struktur tanah akan tetapi dapat merusak pertumbuhan tanaman, yaitu dengan menaikkan nilai osmosis sehingga dapat menimbulkan efek plasmolisis (Sukmaning, 2008).

Kesimpulan

Dari hasil dan pembahasan pada penelitian ini dapat disimpulkan sebagai berikut: 1). Hasil penghitungan rata-rata dan standar deviasi BOD sebagai berikut: $13,306 \pm 7,886$ mg/L (hasil ini masih dibawah standar baku mutu). Hasil perhitungan rata-rata dan standar deviasi COD sebagai berikut: $28,416 \pm 12,908$ mg/L (hasil ini masih dibawah standar baku mutu) dan hasil perhitungan rata-rata dan standar deviasi pH sebagai berikut: $7,55 \pm 0,02$ (hasil dalam kisaran baku mutu); 2). Berdasarkan hasil uji dengan menggunakan FTIR menunjukkan adanya gugus fungsi O-H, O=C=O, C=O dan C-H; 3). Berdasarkan uji dengan menggunakan LIBS diperoleh elemen unsur yang teridentifikasi pada sampel limbah cair tahu adalah Ca, Na, K, W, Cd dan Cu.

Ucapan Terima kasih

Terima kasih kepada Program Studi Fisika, LAB Bersama FMIPA, LAB Analitik Universitas Udayana atas segala dukungan dan fasilitas yang telah diberikan dalam pelaksanaan Tugas Akhir ini.

Daftar Pustaka

- Alfionita, A. N. A., Patang., Kaseng, E. S., 2019, Pengaruh Eutrofikasi Terhadap Kualitas Air di Sungai Jeneberang, *Jurnal Pendidikan Teknologi Pertanian*, Vol. 5 No.1: 9-23.
- Aliyena., Napoleon, A., Yudono, B., 2015, Pemanfaatan Limbah Cair Tahu sebagai Pupuk Cair Organik Terhadap Pertumbuhan dan Produksi Tanaman Kangkung Darat (*Ipomoea reptans Poir*), *Jurnal Penelitian Sains*, Vol. 17 No. 3.
- Badan Standarisasi Nasional, 2009, Air dan Air Limbah-Bagian 72: Cara Uji Kebutuhan Oksigen (*Biochemical Oxygen Demand/BOD*), SNI 6989.72-2009.
- Badan Standarisasi Nasional, 2009, Air dan Air Limbah-Bagian 73: Cara Uji Kebutuhan Oksigen

- (*Chemical Oxygen Demand/COD*) dengan Refluks Tertutup secara Titrimetri, SNI 6989.73-2009.
- Candra, W., 2020, Identifikasi Unsur Boron menggunakan Teknik *Laser Induced Breakdown Spectroscopy* (LIBS) untuk Mendeteksi Kandungan Boraks pada Makanan, *Prosiding Seminar Nasional Fisika*, Vol. IX, Desember 2020.
- Damayanti, A. A., Trinawati, N. L. P., Suyanto, H., 2021, Identifikasi Bilangan Gelombang Daun Sirih (*Piper Sp.*) Menggunakan Metode Spektroskopi *Fourier Transform Infrared* (FTIR) dan *Principal Component Analysis* (PCA), *Buletin Fisika*, Vol. 22 No. 2.
- Mogi, T. A., Ratnawati, I. G. A. A., Suardana, P., 2023, Uji Kandungan Unsur Logam Fe, Pb, Cu dan Cr Di Tukad Badung Desa Dauh Puri dengan Metode Atomic Absorption Spectrophotometri (AAS), *Buletin Fisika*, Vol. 24 No. 2: 121-125.
- Pagoray, H., Sulistyawati., Fitriyani., 2021, Limbah Cair Industri Tahu Dampaknya Terhadap Kualitas Air dan Biodata Perairan, *Jurnal Pertanian Terpadu*, Vol. 9(1):53-65.
- Qatrunada, S.S., Kusnadi, N., Putri, T.A., 2022, Kelayakan Finansial Pabrik Tahu dengan Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL), *Jurnal Agribisnis Indonesia*, Vol. 11 No.1: 159-173.
- Ramayanti, D., Amna, U., 2019, Analisis Parameter COD (*Chemical Oxygen Damand*) dan pH (*Potential Hydrogen*) Limbah Cair di PT. Pupuk Iskandar Muda (PT.PIM) Lhokseumawe, *Jurnal Kimia Sains dan Terapan*, Vol.1 (1).
- Rasyida, K., Kuswandi, B., Kristiningrum, N., 2014, Deteksi Kemurnia Air Zamzam Menggunakan Metode Spektrofotometri *Fourier Transform Infrared* (FTIR) dan Kemotrik, *Jurnal Pustaka Kesehatan*, Vol. 2 (2).
- Sukmaning, S. A., 2008, Pengaruh Pencucian pada Tanah Tercemar Natrium Terhadap Pertumbuhan Tanaman, *Jurnal Matematika, Sains dan Teknologi*, Vol. 1 (9).
- Utomo, A. P., Suyanto, S., Suharta, W. G., 2016, Karakterisasi Suhu Pemanasan Serbuk Zeolit untuk Mengimobilisasi Unsur Pb dalam Larutan dengan Analisis Menggunakan *Laser Induced Breakdown Spectroscopy* (LIBS), *Buletin Fisika*, Vol. 7 No. 1: 28-33.
- Wirayuda, H., Sakiah., Ningsih, T., 2022, Kadar Kalium pada Tanah dan Tanaman Kelapa Sawit (*Elaies guineensis Jacq*) pada Lahan Aplikasi dan Tanpa Aplikasi Tandon Kosong Kelapa Sawit, *Jurnal Pertanian Berkelanjutan*, Vol. 1 (1).