

Karakterisasi dan Timbulan Air Limbah Sentra Industri Tahu Cibuntu

Wildan Fadlullah, Didin Agustian Permadi*

Program Studi Teknik Lingkungan, Institut Teknologi Nasional, Bandung

*Koresponden email: didin@itenas.ac.id

Diterima: 24 Juli 2025

Disetujui: 31 Juli 2025

Abstract

Liquid waste generated by the Tofu Industrial Centre (SITC) in Cibuntu has caused environmental pollution, with the Cigondewah and Cibuntu rivers categorised as lightly polluted and the Cikendal river as moderately polluted. Laboratory analyses show that the BOD, COD, TSS and pH parameters of the wastewater do not meet the quality standards set out in Indonesian Minister of Environment Regulation No. 5 of 2014. The aim of this study is to characterise the wastewater produced by tofu production processes at the SITC and analyse its environmental impact in order to inform the design of appropriate wastewater treatment. A descriptive analysis method was employed, involving sampling from three tofu factories and distributing 40 questionnaires. The results revealed an average water usage of 15.79 ± 3 litres per kilogram of soybeans, with approximately 8.52 ± 1.24 litres per kilogram discharged as wastewater. The estimated total wastewater discharge from all SITC factories in 2024 is 2,023,168 L/day. The daily pollution loads include 4,920 kg of BOD, 8,370 kg of COD and 1,252 kg of TSS. These values indicate significant pollution potential, which could degrade the quality of receiving water bodies. Therefore, improved waste management, increased environmental awareness and the implementation of appropriate, sustainable wastewater treatment technologies are urgently needed.

Keywords: *liquid waste management, cibuntu tofu industry center, wastewater quality, wastewater flow rate, pollution load*

Abstrak

Limbah cair yang dihasilkan dari Sentra Industri Tahu Cibuntu (SITC) menyebabkan pencemaran lingkungan, dengan Sungai Cigondewah dan Cibuntu tergolong tercemar ringan, serta Sungai Cikendal tercemar sedang. Analisis laboratorium menunjukkan parameter BOD, COD, TSS, dan pH air limbah tidak memenuhi baku mutu sesuai Peraturan Menteri Lingkungan Hidup No. 5 Tahun 2014. Penelitian ini bertujuan mengkarakterisasikan air limbah dari proses produksi tahu di SITC serta menganalisis dampak lingkungannya guna perancangan teknologi pengolahan yang tepat. Metode yang digunakan adalah analisis deskriptif melalui pengambilan sampel dari tiga pabrik dan penyebaran 40 kuesioner. Hasil menunjukkan rata-rata penggunaan air sebesar $15,79 \pm 3$ L/kg kedelai, dengan limbah cair sebesar $8,52 \pm 1,24$ L/kg. Debit air limbah tahun 2024 diperkirakan mencapai 2.023.168 L/hari. Beban pencemaran harian yang dihasilkan adalah BOD sebesar 4.920 kg, COD 8.370 kg, dan TSS 1.252 kg. Nilai-nilai tersebut mencerminkan potensi pencemaran signifikan yang dapat menurunkan kualitas air penerima. Oleh karena itu, diperlukan peningkatan manajemen limbah, kesadaran lingkungan, serta penerapan teknologi pengolahan air limbah yang tepat dan berkelanjutan.

Kata Kunci: *pengelolaan limbah cair, sentra industri tahu cibuntu, kualitas air limbah, debit air limbah, beban pencemaran*

1. Pendahuluan

Permasalahan kebersihan lingkungan semakin kompleks dengan adanya aktivitas industri, khususnya industri pangan seperti pembuatan tahu. Limbah cair dari industri tahu, seperti yang dihasilkan oleh proses pengolahan kedelai, menjadi salah satu penyumbang pencemaran lingkungan. Pentingnya manajemen limbah dalam industri tahu terlihat dari karakteristik limbah cair yang memiliki tingkat *Chemical Oxygen Demand* (COD), *Biological Oxygen Demand* (BOD), dan *Total Suspended Solid* (TSS), yang tinggi [15].

Lokasi yang menghadapi tantangan serius terkait kebersihan lingkungan adalah Sentra Industri Tahu Cibuntu (SITC). Daerah ini dikenal sebagai pusat industri rumahan pembuatan tahu, namun sayangnya, limbah hasil produksi tahu tidak dilakukan pengolahan oleh masyarakat setempat. Dalam konteks ini, perlu

adanya tindakan konkret untuk meningkatkan kesadaran masyarakat terhadap pentingnya manajemen limbah industri tahu, khususnya di daerah Cibuntu [5].

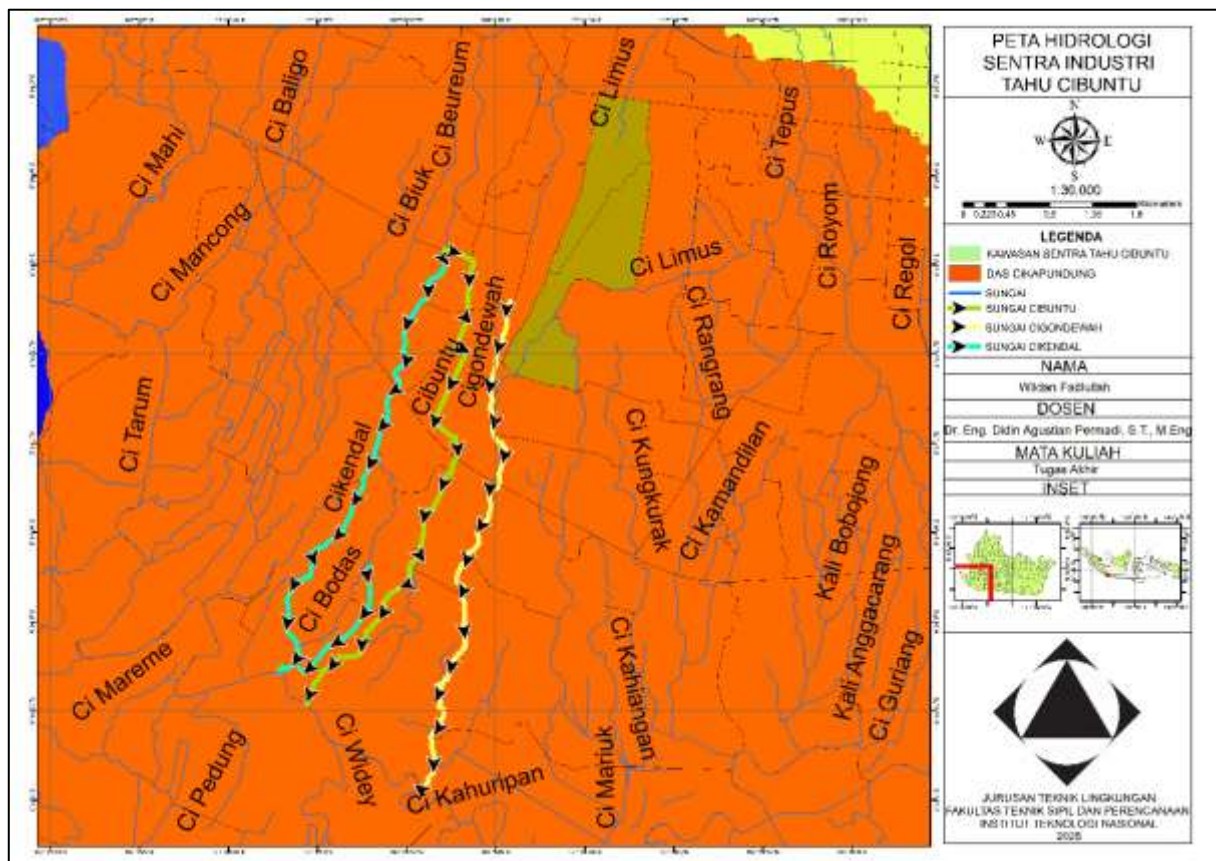
Pengambilan sampel air limbah tahu mengacu pada SNI 6989.59:2008 Tentang Metode pengambilan contoh air limbah. Sampel air limbah diambil dengan dilakukan secara sesaat pada satu lokasi tertentu (*grab sample*). Titik sampling dipilih berdasarkan pabrik tahu dengan kapasitas produksi besar umumnya menghasilkan limbah lebih banyak, pabrik beroperasi selama 24 jam nonstop, dan pabrik yang terletak dekat dengan area sensitif lingkungan seperti area pemukiman [3].

Terpilihlah lokasi sampling air limbah tahu yaitu di Pabrik Tahu DR, Tahu Susu NRK dan Tahu Keju ADN. Tiga pabrik ini beroperasi selama 24 jam nonstop dan berada di satu bangunan yang sama dengan pipa outlet air limbah yang digabungkan. Lokasi pabrik berada di Jalan Aki Padma No. 42, Kota Bandung. Lokasi pabrik berada di kawasan Sentra Industri Tahu Cibuntu (SITC) yang ditunjukkan dengan warna hijau kekuningan pada gambar peta di bawah ini. Kapasitas produksi dari tiga pabrik ini yaitu 1800 kg kacang kedelai/hari dengan rincian Pabrik Tahu DR 1000 kg kacang kedelai/hari, Tahu Susu NRK 500 kg kacang kedelai/hari dan Tahu Keju ADN 300 kg kacang kedelai/hari.

2. Metode Penelitian

2.1 Lokasi Titik Sampling

Peta hidrologi pada **Gambar 1** menggambarkan air limbah dari SITC mengalir ke Sungai Cibuntu, Cigondewah, dan Cikendal. Ketiga sungai tersebut bermuara ke Sungai Citarum, dengan arah alirannya ditunjukkan menggunakan simbol panah pada peta. Akibat dari pembuangan air limbah dari SITC secara langsung tanpa pengolahan. Sungai Cigondewah berada pada kategori tercemar ringan, Sungai Cibuntu berada pada kategori tercemar ringan, dan Sungai Cikendal yang tergolong dalam kategori pencemaran sedang [4].



Gambar 1. Peta Hidrologi Sentra Industri Tahu Cibuntu
 Sumber: Badan Informasi Geospasial (2025)

2.2 Teknik Pengumpulan Data

Pengumpulan data, dilakukan untuk mendapatkan data timbulan air limbah yang dihasilkan dari 433 Industri kecil menengah tahu di kawasan Sentra Industri Tahu Cibuntu menggunakan metode analisis deskriptif. Metode analisis deskriptif merupakan metode penelitian yang dilakukan dengan cara

mengumpulkan data-data yang diperlukan kemudian diolah dan dianalisis dalam bentuk grafik atau diagram. Pengumpulan data disini dilakukan dengan cara menyebar kuesioner. Penentuan ukuran sampel kuesioner dilakukan menggunakan rumus Slovin. Langkah pertama dalam penggunaan rumus ini adalah menetapkan batas toleransi kesalahan, yang dinyatakan dalam bentuk persentase. Semakin rendah persentase toleransi kesalahan, semakin representatif sampel terhadap populasi. Persamaan berikut digunakan untuk menentukan jumlah responden [1].

$$n = \frac{N}{1 + N \times (e)^2}$$

Keterangan:

n = jumlah sampel

N = jumlah IKM tahu

e = *margin error* yang ditolerir

2.3 Kuesioner Kondisi Eksisting dan Kuantitas Limbah SITC

Dilakukan juga pengisian kuesioner untuk lebih mengetahui mengenai kondisi eksisting dan kuantitas limbah tahu yang dihasilkan dari setiap Industri Kecil Menengah (IKM) tahu. Berikut ini merupakan daftar pertanyaan yang terdapat dalam kuesioner IKM tahu [8]:

- a. Apa nama IKM tahu ini dan siapa pemiliknya?
- b. Apa nama merek tahu yang dipasarkan?
- c. Di mana lokasi IKM tahu berada?
- d. Berapa kapasitas produksi kacang kedelai per hari di IKM ini?
- e. Berapa jumlah karyawan yang bekerja di IKM ini?
- f. Berapa kapasitas tangki air bersih di IKM ini?
- g. Berapa jumlah air yang digunakan setiap harinya?
- h. Air bersih yang digunakan bersumber dari mana?
- i. Kemana air limbah dari produksi tahu dialirkan?

2.4 Rumus Perhitungan Debit Air Limbah

Perhitungan total debit air limbah dilakukan menggunakan rumus berikut:

Total Debit Air Limbah (L/hari) = Jumlah IKM × Rata-rata Penggunaan Kedelai (kg/hari) × Volume Air Buangan (L/kg)

Rumus ini digunakan untuk menghitung total debit air limbah yang dihasilkan oleh seluruh IKM tahu di SITC dalam satu hari.

2.5 Perhitungan Beban Pencemaran

Metode perhitungan beban pencemaran yang dihasilkan dari air limbah pada proses produksi tahu berdasarkan tiga parameter kualitas limbah, yaitu BOD (*Biochemical Oxygen Demand*), COD (*Chemical Oxygen Demand*), dan TSS (*Total Suspended Solids*).

Beban pencemaran dihitung dengan menggunakan rumus berikut:

Beban Pencemaran (mg/hari) = Konsentrasi (mg/L) × Debit Air Limbah (L/hari)

Rumus ini digunakan untuk menghitung beban pencemaran harian untuk setiap parameter BOD, COD, dan TSS yang dihasilkan oleh proses produksi tahu.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Kualitas Air Limbah Tahu

Berdasarkan hasil dari pengukuran kualitas air limbah tahu Sentra Industri Tahu Cibuntu pada bulan Agustus 2024, terdapat 4 parameter yang melebihi baku mutu Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 5 Tahun 2014 Tentang Baku Mutu Air Limbah yang terdapat pada Lampiran XVIII Tentang Baku Mutu Air Limbah Bagi Usaha Dan/Atau Kegiatan Pengolahan Kedelai. Tabel perbandingan kualitas air limbah tahu dengan baku mutu dapat dilihat pada **Tabel 1** di bawah ini [9].

Tabel 1. Perbandingan Kualitas Air Limbah Sentra Industri Tahu Cibuntu dengan Baku Mutu

No	Parameter	Satuan	Baku Mutu (PerMen LH No. 5 Tahun 2014)	Konsentrasi	Keterangan	Metode Analisis
1	BOD	mg/L	150	2.431,97	Tidak memenuhi baku mutu	Metode titrasi iodometri dengan 3 angka pengenceran (3x, 5x, dan 10x) (SNI 6989.72, 2009)
2	COD	mg/L	300	4.136,92	Tidak memenuhi baku mutu	Metode refluks tertutup secara titrimetri (SNI 6989.73, 2019)
3	TSS	mg/L	200	618,85	Tidak memenuhi baku mutu	Metode gravimetri (SNI 6989.3, 2019)
4	pH		6-9	4,52	Tidak memenuhi baku mutu	Electrometric method (APHA, 2005)

Sumber Hasil Analisis (2025)

Dari keempat parameter yang diukur, tidak ada yang memenuhi standar baku mutu kualitas air limbah tahu, sehingga industri tahu harus segera menangani air limbah dari proses produksinya. Berikut ini penjelasan mengenai sebab kualitas air limbah tidak memenuhi baku mutu [6].

1. *Biochemical Oxygen Demand (BOD)*

Biochemical Oxygen Demand (BOD) adalah indikator utama untuk mengukur kekuatan limbah cair dan dampaknya pada lingkungan. BOD mencerminkan jumlah oksigen yang diperlukan mikroorganisme untuk menguraikan bahan organik dalam air. Dalam konteks industri tahu, BOD air limbah sangat tinggi, mencapai 2.431,97 mg/L, jauh melebihi batas yang diizinkan oleh PerMen LH No. 5 Tahun 2014, yaitu 150 mg/L. Kandungan bahan organik seperti protein (N-total) dalam air limbah tahu menyebabkan tingginya BOD. Jika BOD terlalu tinggi, kadar oksigen terlarut (DO) dalam air berkurang, yang dapat memicu eutrofikasi, mengganggu ekosistem perairan, dan berdampak buruk pada kesehatan manusia. Untuk mengurangi BOD, diperlukan pengolahan air limbah secara fisik, kimia, atau biologi sebelum dibuang ke lingkungan [13].

2. *Chemical Oxygen Demand (COD)*

Chemical Oxygen Demand (COD) mengukur total kebutuhan oksigen untuk mengoksidasi bahan organik dalam air limbah, termasuk yang bisa dan tidak bisa terurai secara biologis. Dalam pengujian COD, kadar oksigen yang dibutuhkan umumnya lebih tinggi dibandingkan BOD karena mencakup semua bahan organik yang teroksidasi secara kimiawi. Dalam industri tahu, konsentrasi COD mencapai 4.136,92 mg/L, sedangkan batas yang ditetapkan oleh PerMen LH No. 5 Tahun 2014 adalah 300 mg/L. COD yang tinggi disebabkan oleh sisa-sisa bahan organik dari proses produksi, seperti air cucian kedelai dan residu bahan kimia. COD yang tinggi dapat menyebabkan polusi air, penurunan kualitas air, serta membahayakan kesehatan manusia dan hewan. Untuk menurunkan COD, industri tahu perlu meningkatkan efisiensi produksi dan menerapkan sistem pengolahan air limbah yang efektif [13].

3. *Total Suspended Solid (TSS)*

Total Suspended Solid (TSS) mengukur jumlah partikel padat yang tersuspensi dalam air limbah. TSS dalam air limbah tahu tercatat sebesar 618,85 mg/L, jauh melebihi batas maksimum 200 mg/L yang ditetapkan oleh PerMen LH No. 5 Tahun 2014. TSS umumnya berasal dari partikel sisa produksi seperti serat tahu, biji kedelai, serta bahan kimia yang digunakan selama proses pembuatan. TSS yang tinggi menyebabkan kekeruhan air, mengganggu penetrasi cahaya, dan mempengaruhi ekosistem air. Selain itu, TSS juga dapat mengakibatkan sedimentasi yang mengurangi kapasitas sungai atau danau. Untuk mengurangi TSS, industri tahu bisa menerapkan pemisahan partikel padat dan mendaur ulang air limbah, serta melakukan perawatan rutin pada peralatan produksi [13].

4. pH

pH merupakan parameter penting untuk mengukur tingkat keasaman atau kebasaaan air limbah. Dalam industri tahu, air limbah memiliki pH 4,52, yang berada di luar batas standar 6-9 yang ditetapkan oleh PerMen LH No. 5 Tahun 2014. pH yang terlalu asam bisa disebabkan oleh penggunaan bahan kimia dalam proses produksi. pH yang tidak seimbang dapat merusak ekosistem perairan dan mengganggu

organisme akuatik. Oleh karena itu, perlu dilakukan penyesuaian pH air limbah sebelum dibuang ke lingkungan, misalnya dengan menetralkan air menggunakan bahan kimia atau teknologi pengaturan pH [13].

3.2 Perhitungan Jumlah Responden Kuesioner

Menurut Dinas Lingkungan Hidup Kota Bandung pada tahun 2023 di kawasan Sentra Industri Tahu Cibuntu terdapat 433 Industri kecil menengah tahu [4]. Dalam penelitian ini, jumlah responden kuesioner ditentukan berdasarkan jumlah IKM tahu. Tingkat *error* dipilih 15% agar tetap memungkinkan memperoleh data yang representatif dengan cakupan lebih sedikit, serta untuk menghemat sumber daya dan waktu dalam pelaksanaan survei. Perhitungan dilakukan menggunakan rumus Slovin sebagai berikut:

Diketahui: N: 433 IKM tahu

e: 15%

Ditanyakan: n?

Penyelesaian:

$$n = \frac{N}{1 + N \times (e)^2}$$

$$n = \frac{433 \text{ IKM tahu}}{1 + 433 \text{ IKM tahu} \times (15\%)^2}$$

$$n = 40,31 \approx 40 \text{ IKM tahu}$$

Berdasarkan perhitungan Slovin di atas maka kuesioner akan disebar ke 40 IKM tahu di Sentra Industri Tahu Cibuntu.

3.3 Kuantitas Limbah IKM Tahu

Industri Kecil Menengah (IKM) tahu merupakan salah satu sektor yang menghasilkan limbah cair dalam jumlah yang besar, terutama dari penggunaan air dalam setiap tahap proses produksinya. Setiap tahapan, mulai dari pencucian hingga pemotongan, memerlukan air dalam jumlah tertentu, di mana sebagian air dapat digunakan kembali, namun sebagian besar harus dibuang. Berdasarkan hasil kuesioner yang disebar ke 40 IKM tahu didapatkan data detail kuantitas air yang digunakan dan limbah air yang dihasilkan pada setiap tahapan produksi tahu seperti pada **Tabel 2** berikut ini.

Tabel 2. Limbah Cair yang Dihasilkan Berdasarkan Proses Produksi

No	Proses	Air yang Digunakan (L)	Output (L)	Keterangan Output
1	Pencucian	4,07	2,44	Dibuang
			1,63	Terbawa kedelai [7]
2	Perendaman	2,75	2,11	Digunakan kembali untuk proses perendaman kacang kedelai berikutnya
			0,64	Meresap ke dalam kedelai
3	Pengupasan kulit kedelai	-	-	-
4	Penggilingan	3,05	-	-
5	Perebusan	3,16	0,32	Menjadi uap air [7]
6	Penyaringan	-	0,92	Air terbawa ampas tahu
7	Penggumpalan	2,78	2,78	Digunakan kembali sebagai air biang
			3,26	Dibuang
8	Pencetakan	-	1,89	Dibuang
9	Pemotongan	-	-	-

No	Proses	Air yang Digunakan (L)	Output (L)	Keterangan Output
10	Tahu	-	3	Air menjadi tahu dan air tahu
Jumlah Air yang Digunakan		15,79	-	-
Jumlah Air yang Menjadi Limbah		-	8,52	Dibuang ke Badan Air

Sumber: Hasil Analisis (2025)

Berikut ini penjelasan mengenai air bekas setiap proses dalam pembuatan tahu yang dapat digunakan kembali, menghasilkan air limbah atau tidak menghasilkan air limbah:

1. Pencucian

Proses produksi tahu dimulai dengan mencuci 1 kg kedelai untuk menghilangkan kotoran dan partikel asing. Sebanyak 4,07 L air digunakan dalam tahap ini, dengan sekitar 2,44 L air yang terbuang dan 1,63 L atau 40% air yang terserap oleh kedelai, kemudian dibawa ke proses berikutnya [12].

2. Perendaman

Kedelai kemudian direndam untuk melunakkan dan mempercepat proses fermentasi alami. Proses ini menggunakan 2,75 L air, di mana 2,11 L dapat didaur ulang karena hanya mengandung zat organik dari kedelai seperti protein dan kulit yang terkelupas, sedangkan 0,64 L air diserap oleh kedelai [7].

3. Pengupasan Kulit Kedelai

Pengupasan kulit kedelai dilakukan dengan metode mekanis tanpa menggunakan air tambahan. Pengupasan kulit kedelai hanya melibatkan kedelai yang telah menyerap air pada tahap sebelumnya. Proses ini menghasilkan limbah padat berupa kulit kedelai yang diangkat, tetapi tidak menghasilkan air limbah [11].

4. Penggilingan

Setelah perendaman, kedelai yang telah menyerap air kemudian digiling untuk menghasilkan bubur kedelai. Pada tahap ini, sebanyak 3,05 L air ditambahkan selama penggilingan untuk membantu proses penghancuran kedelai. Bubur yang dihasilkan adalah campuran dari kedelai yang sangat halus dan air, membentuk dasar sari kedelai. Air yang digunakan dalam proses penggilingan membantu mengekstrak protein dan zat organik dari kedelai, yang nantinya akan diolah menjadi tahu [7].

5. Perebusan

Selanjutnya, bubur kedelai direbus dengan tambahan air sebanyak 3,16 L untuk melanjutkan pemisahan komponen yang dibutuhkan dan meningkatkan kelarutan protein kedelai. Perebusan dilakukan dengan hati-hati untuk mencegah pembakaran atau penggumpalan yang tidak diinginkan. Dari jumlah air yang digunakan, sekitar 10%, atau 0,32 L, menguap sebagai uap air. Tahap perebusan ini juga membantu membunuh bakteri dan mikroorganisme yang ada, sehingga memastikan bubur kedelai aman dan steril sebelum diproses lebih lanjut [11].

6. Penyaringan

Pada tahap penyaringan, bubur kedelai kemudian disaring untuk memisahkan sari kedelai dari ampas tahu. Ampas tahu adalah sisa padatan yang tidak dapat diolah lebih lanjut menjadi tahu, sedangkan sari kedelai adalah cairan yang kaya akan protein dan akan digunakan dalam proses penggumpalan. Selama penyaringan, sebanyak 0,92 L air terserap dalam ampas tahu, yang masih mengandung sisa-sisa protein dan zat organik. Ampas ini biasanya digunakan sebagai pakan ternak atau dibuang sebagai limbah padat [11].

7. Penggumpalan

Tahap penggumpalan bertujuan untuk memisahkan protein dari sari kedelai dengan menggunakan koagulan, yang umumnya berupa air biang tahu. Dalam tahap ini, sebanyak 2,78 L air biang tahu ditambahkan untuk menggumpalkan sari kedelai menjadi tahu. Air biang tahu ini mengandung zat-zat yang membantu mempercepat penggumpalan. Proses ini sangat efisien, di mana air biang tahu yang telah digunakan bisa diambil kembali sebanyak 2,78 L dan digunakan ulang untuk proses penggumpalan berikutnya. Namun, sekitar 3,26 L air terakumulasi dari tahap-tahap sebelumnya dan dibuang sebagai air limbah. Air limbah ini mengandung bahan organik terlarut yang tidak ikut menggumpal, seperti protein yang larut dan sisa-sisa komponen dari kedelai yang terpecah selama pengolahan. Limbah ini memerlukan

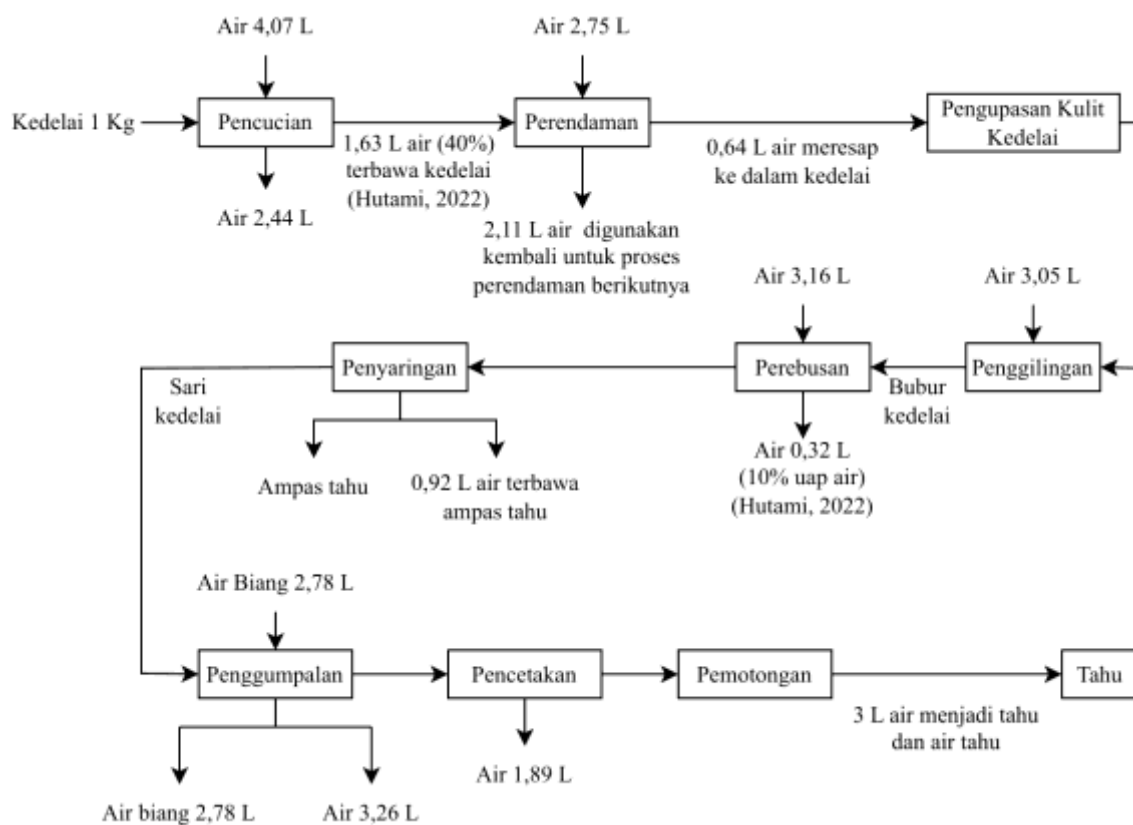
penanganan lebih lanjut karena masih mengandung zat yang berpotensi mencemari lingkungan jika langsung dibuang ke perairan [12].

8. Pencetakan

Setelah proses penggumpalan, tahu yang sudah terbentuk dimasukkan ke dalam cetakan dan ditekan untuk mengeluarkan cairan yang tersisa. Proses pencetakan ini memerlukan tekanan yang cukup besar untuk memastikan tahu mengeras dengan baik. Akibatnya, sejumlah besar cairan sisa yang terdiri dari air dan bahan organik terlepas dari tahu. Air yang dihasilkan dari tahap pencetakan mencapai 1,89 L dan harus dibuang sebagai air limbah. Air limbah ini masih mengandung sisa-sisa organik dan zat koagulan, sehingga perlu diolah agar tidak mencemari lingkungan. Proses pencetakan penting untuk memastikan tahu memiliki tekstur yang tepat, tetapi juga menjadi salah satu sumber utama air limbah dalam produksi tahu [12].

9. Pemotongan

Tahap akhir dalam produksi tahu adalah pemotongan. Setelah tahu dicetak dan dikeraskan, tahu dipotong sesuai dengan ukuran yang diinginkan. Pemotongan ini dilakukan secara manual atau mekanis, dan tidak memerlukan air tambahan. Namun, proses ini bisa menghasilkan potongan tahu yang tidak digunakan atau sisa produksi yang tidak lolos seleksi kualitas. Walaupun proses ini tidak menghasilkan air limbah, produk akhirnya tetap mengandung air. Sebanyak 3 L air yang digunakan selama proses pembuatan tahu secara keseluruhan menjadi bagian dari komposisi tahu dan air tahu. Ini menunjukkan bahwa sebagian besar air yang digunakan dalam proses produksi tidak hilang sepenuhnya, tetapi menjadi bagian dari produk akhir, menjaga kelembapan dan tekstur tahu [7].



Gambar 2. Mass Balance Penggunaan Air Pada Proses Pembuatan Tahu

Jumlah total air yang digunakan pada proses pembuatan tahu adalah $15,79 \pm 3$ liter/kg kacang kedelai yang digunakan. Terdapat beberapa proses pembuatan tahu yang airnya bisa digunakan kembali misalnya pada proses perendaman dan penggumpalan air yang digunakan dapat digunakan kembali pada proses pembuatan tahu berikutnya. Maka total air yang dibuang adalah $8,52 \pm 1,24$ liter/kg kacang kedelai yang digunakan.

Nilai deviasi standar sebesar ± 3 liter dan $\pm 1,24$ liter diperoleh dari perhitungan standar deviasi, yang mencerminkan variasi atau fluktuasi jumlah air yang digunakan dan dibuang selama proses pembuatan tahu per kilogram kacang kedelai. Standar deviasi ini menunjukkan adanya variasi dalam penggunaan air karena

faktor-faktor seperti efisiensi proses, metode yang berbeda dalam proses pencucian, perendaman, dan perebusan, serta kemungkinan adanya air yang terbuang lebih sedikit atau lebih banyak pada setiap tahap proses tersebut.

Secara matematis, standar deviasi ini dihitung berdasarkan data hasil kuesioner jumlah air yang digunakan dan dibuang di beberapa batch atau pengulangan proses produksi tahu. Nilai standar deviasi ini penting karena dapat digunakan untuk memperkirakan rentang variasi dari jumlah air yang digunakan dan dibuang per kilogram kacang kedelai, yang mencerminkan seberapa konsisten atau tidaknya proses tersebut dalam pengelolaan air.

Berdasarkan hasil kuesioner yang disebar ke 40 IKM tahu, didapatkan data setiap IKM tahu rata-rata menggunakan 549 kg kacang kedelai per hari untuk diolah menjadi tahu. Data dari Dinas Lingkungan Hidup Kota Bandung pada tahun 2023 di kawasan Sentra Industri Tahu Cibuntu terdapat 433 Industri kecil menengah tahu [4]. Hasil perhitungan limbah cair yang dihasilkan berdasarkan proses produksi tahu di atas didapatkan data total air buangan sebesar $8,52 \pm 1,24$ liter/kg.

Faktor timbulan air buangan yang dihitung dari neraca massa ini adalah 54% dari total kebutuhan air bersihnya, nilai ini relatif kecil karena pada proses perendaman, sebanyak 2,11 L air dapat didaur ulang karena hanya mengandung zat organik dari kedelai seperti protein dan kulit yang terkelupas. Selain itu, pada proses penggumpalan, air biang tahu yang telah digunakan bisa diambil kembali sebanyak 2,78 L dan digunakan ulang untuk proses penggumpalan berikutnya.

Berdasarkan data jumlah IKM, rata-rata penggunaan kedelai per hari untuk produksi tahu, dan volume air buangan per kilogram kedelai, dapat dilakukan perhitungan total debit air limbah yang dihasilkan Sentra Industri Tahu Cibuntu dalam satu hari dengan menggunakan rumus:

Total Debit Air Limbah (L/hari) = Jumlah IKM \times Rata-rata Penggunaan Kedelai (kg/hari) \times Volume Air Buangan (L/kg)

$$\text{Total Debit} = 433 \times 549 \text{ kg/hari} \times 8,52 \text{ L/kg}$$

$$\text{Total Debit} = 2.023.168,197 \text{ L/hari}$$

Jadi total debit air limbah tahu yang dihasilkan Sentra Industri Tahu Cibuntu adalah 2.023.168,197 L/hari.

3.4 Beban Pencemaran

Menghitung beban pencemaran limbah (dalam satuan mg/hari) berdasarkan konsentrasi BOD, COD, dan TSS (mg/L) dan debit air limbah (L/hari), Dapat menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\text{Beban Pencemaran (mg/hari)} = \text{Konsentrasi (mg/L)} \times \text{Debit Air Limbah (L/hari)}$$

Perhitungan:

Diketahui:

$$\text{Konsentrasi BOD} = 2.431,97 \text{ mg/L}$$

$$\text{Konsentrasi COD} = 4.136,92 \text{ mg/L}$$

$$\text{Konsentrasi TSS} = 618,85 \text{ mg/L}$$

$$\text{Debit air limbah} = 2.023.168,197 \text{ L/hari}$$

Jawab:

$$\text{Beban BOD} = 2.431,97 \text{ mg/L} \times 2.023.168,197 \text{ L/hari} = 4.920.287.042,61 \text{ mg/hari} \approx 4.920 \text{ kg/hari}$$

$$\text{Beban COD} = 4.136,92 \text{ mg/L} \times 2.023.168,197 \text{ L/hari} = 8.369.686.090,86 \text{ mg/hari} \approx 8.370 \text{ kg/hari}$$

$$\text{Beban TSS} = 618,85 \text{ mg/L} \times 2.023.168,197 \text{ L/hari} = 1.252.037.638,59 \text{ mg/hari} \approx 1.252 \text{ kg/hari}$$

Berdasarkan hasil perhitungan beban pencemaran. Konsentrasi nilai beban pencemaran yang besar ini menunjukkan bahwa air limbah dari industri tahu berpotensi tinggi mencemari lingkungan jika tidak diolah secara memadai. Tanpa pengolahan yang tepat, pembuangan limbah ini dapat menyebabkan eutrofikasi, mengurangi kualitas air, mengganggu kehidupan akuatik, dan bahkan berpotensi mencemari air tanah yang digunakan masyarakat sekitar [14].

Beban pencemaran BOD (*Biochemical Oxygen Demand*) sebesar 4.920 kg/hari. Tingginya nilai BOD ini menunjukkan bahwa limbah cair dari industri tahu memiliki potensi besar untuk menghabiskan oksigen di badan air yang menerima limbah ini. Kandungan organik dalam limbah akan terdegradasi oleh

mikroorganisme dan menyebabkan penurunan kadar oksigen terlarut di lingkungan perairan, yang bisa berdampak buruk pada kehidupan akuatik [13].

Nilai beban pencemaran COD (*Chemical Oxygen Demand*) sebesar 8.370 kg/hari. Nilai COD yang tinggi menunjukkan tingginya kandungan bahan kimia organik maupun anorganik yang sulit terurai secara biologis. Ini memperkuat adanya kebutuhan pengolahan lanjutan untuk memastikan bahan pencemar tidak langsung dibuang ke badan air [13].

Konsentrasi beban pencemaran TSS (*Total Suspended Solids*) sebesar 1.252 kg/hari. Nilai TSS yang tinggi menunjukkan jumlah padatan tersuspensi yang cukup besar dalam limbah cair. Padatan tersuspensi ini bisa mengendap di dasar sungai atau badan air lainnya dan mempengaruhi kualitas air serta kesehatan ekosistem akuatik [13].

Untuk merekomendasikan unit pengolahan yang sesuai untuk mengolah air limbah tahu di Sentra Industri Tahu Cibuntu (SITC). Tahap awal dalam perencanaan Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) adalah dengan memperhatikan rasio BOD/COD, karena rasio ini menjadi indikator untuk melihat seberapa jauh air limbah telah terurai. Untuk air limbah dari sentra industri tahu, rasio BOD/COD mencapai 2.431,97/4.136,92, dengan hasil 0,59. Rasio di atas 0,5 mengindikasikan bahwa tingkat biodegradasi air limbah tinggi, sehingga cocok untuk diolah dengan sistem pengolahan biologis aerobik. Proses ini menggunakan bakteri aerobik yang memerlukan oksigen untuk menguraikan bahan organik dalam air limbah, sehingga dapat menurunkan kadar BOD, COD, dan TSS secara efektif [10].

Pengolahan aerobik dipilih karena mampu menghasilkan efluen dengan kualitas lebih baik dibandingkan sistem anaerobik, meskipun membutuhkan suplai oksigen melalui proses aerasi. Untuk mendukung sistem ini, unit pengolahan yang direkomendasikan meliputi *grit chamber* menghilangkan pasir dan material kasar, bak ekualisasi untuk menstabilkan debit limbah, bak netralisasi untuk menyesuaikan pH, tangki aerasi sebagai tempat utama proses biodegradasi oleh bakteri aerobik, serta *clarifier* untuk memisahkan lumpur hasil pengolahan sebelum air limbah dibuang, *gravity thickener* dan *sludge drying bed* digunakan untuk mengolah lumpur yang dihasilkan selama proses pengolahan. Selain itu, bak desinfeksi menyempurnakan kualitas efluen sebelum dibuang ke badan air. Dengan penerapan sistem ini, diharapkan limbah cair yang dibuang dapat memenuhi baku mutu lingkungan sesuai dengan regulasi yang berlaku [10].

4. Kesimpulan

Berdasarkan pengukuran kualitas air limbah tahu di Sentra Industri Tahu Cibuntu, didapati bahwa semua parameter yang diukur, seperti BOD, COD, TSS, dan pH, tidak memenuhi standar baku mutu air limbah menurut Peraturan Menteri Lingkungan Hidup No. 5 Tahun 2014. Hal ini disebabkan oleh tingginya kandungan bahan organik dari proses produksi tahu, yang meningkatkan aktivitas mikroorganisme dan menyebabkan ketidakseimbangan parameter lingkungan.

Penelitian ini juga melibatkan penyebaran kuesioner kepada 40 Industri Kecil Menengah (IKM) tahu untuk memahami kondisi produksi dan pengelolaan limbah di wilayah tersebut. Rata-rata, sebanyak 15,79 ± 3 liter air digunakan per kilogram kedelai dalam proses produksi, dengan 8,52 ± 1,24 liter atau 54% di antaranya dibuang sebagai air limbah. Beberapa tahapan produksi memungkinkan air digunakan kembali, seperti pada proses perendaman dan penggumpalan, namun sebagian besar air tetap terbuang pada tahapan lainnya. Total debit air limbah tahu yang dihasilkan Sentra Industri Tahu Cibuntu mencapai 2.023.168,197 L/hari, yang menunjukkan tingginya volume limbah yang harus dikelola dengan baik.

Hasil perhitungan menunjukkan bahwa nilai beban pencemaran BOD mencapai 4.920 kg/hari, yang berpotensi mengurangi kadar oksigen terlarut di badan air dan mengganggu kehidupan akuatik. COD sebesar 8.370 kg/hari mengindikasikan banyaknya bahan kimia sulit terurai yang memerlukan pengolahan lanjutan sebelum pembuangan. Selain itu, TSS sebesar 1.252 kg/hari menunjukkan tingginya padatan tersuspensi yang dapat mengendap dan mempengaruhi kualitas air. Dari kualitas dan debit air limbah tahu yang telah didapatkan direkomendasikan jenis teknologi pengolahan yang sesuai untuk mengolah air limbah tahu di Sentra Industri Tahu Cibuntu (SITC) adalah *grit chamber*, bak ekualisasi, bak netralisasi, bak sedimentasi primer, tangki aerasi, *clarifier*, *gravity thickener*, *sludge drying bed*, bak desinfeksi.

5. Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Mohamad Rangga Sururi, dosen dari Institut Teknologi Nasional (Itenas) dan Asep Mulyono dari Badan Riset dan Inovasi Nasional (BRIN) yang telah memberikan kritik dan saran untuk perbaikan penelitian ini dan Dinas Lingkungan Hidup Kota Bandung yang telah memberikan data kualitas air sungai di Kota Bandung dan data jumlah Industri Kecil Menengah (IKM) tahu di Kota Bandung.

6. Singkatan

BOD	<i>Biochemical Oxygen Demand</i>
COD	<i>Chemical Oxygen Demand</i>
IKM	Industri Kecil Menengah
SITC	Sentra Industri Tahu Cibuntu
TSS	<i>Total Suspended Solid</i>

7. Daftar Pustaka

- [1] Aryanto, U. L. (2021). Pengaruh Desain Produk, Kualitas Produk Dan Citra Merek Terhadap Keputusan Pembelian Lampu Merek Spectra (Studi Pada PT. Lelco Trindo Graha Nusantara). Sekolah Tinggi Ilmu Ekonomi Indonesia Jakarta.
- [2] Badan Informasi Geospasial. (2025). (Pusat Pengelolaan dan Penyebarluasan Informasi Geospasial) Diakses pada Januari 2025, dari Peta RBI Format shp: <https://tanahair.indonesia.go.id/portal-web>.
- [3] Badan Standardisasi Nasional. (2008). SNI 6989.59:2008 – Air dan air limbah – Bagian 59: Metoda pengambilan contoh air limbah. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- [4] Dinas Lingkungan Hidup Kota Bandung. (2023). Data Jumlah Industri Kecil Menengah Tahu di Kota Bandung.
- [5] Handayani, T. (2022). Analisis Pola Kampung Sentra Tahu Cibuntu, Bandung.
- [6] Hasan. (2006). Analisis Data Penelitian dengan Statistik, Bumi Aksara, Jakarta.
- [7] Hutami, R., A. (2022). Kajian Minimisasi Limbah Cair pada Industri Tahu X dan Y, Bantul, D. I. Yogyakarta.
- [8] Kadati, H. (2023). Persepsi Masyarakat Mengenai Limbah dan Pengolahan Limbah Cair dari Proses Produksi Tahu.
- [9] Kementerian Lingkungan Hidup Republik Indonesia. (2014). Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 5 Tahun 2014 Tentang Baku Mutu Air Limbah. Jakarta: Kementerian Lingkungan Hidup Republik Indonesia.
- [10] Metcalf, & Eddy. (2014). Wastewater Engineering Treatment and Resource Recovery (5 th Edition, Vol. 1). New York: McGraw Hill.
- [11] Pamungkas, A.W. (2017). Perancangan Tipikal Instalasi Pengolahan Air Limbah Industri Kecil Rumah Tangga (IKRT) Tahu di Kota Surabaya. Tugas Akhir. Program Sarjana Teknik Lingkungan – Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.
- [12] Rochaeni, A. (2023). Pengelolaan Air Limbah di Industri Tahu dan Tempe. Universitas Pasundan.
- [13] Sayow, F. & dkk. (2020). Analisis Kandungan Limbah Industri Tahu dan Tempe Rahayu di Kelurahan Uner Kecamatan Kawangkoan Kabupaten Minahasa. Jurnal Transdisiplin Pertanian (Budidaya Tanaman, Perkebunan, Kehutanan, Peternakan, Perikanan), Sosial dan Ekonomi. 16 (2), 246-248.
- [14] Sholichin, M. (2012). Teknologi Pengolahan Air Limbah. Malang: Universitas Brawijaya, Jurusan Teknik Pengairan.
- [15] Setyaningsih, A. I. (2021). Gambaran Sanitasi Sarana Produksi Industri Rumah Tangga Pembuatan Tahu di Dukuh Banjarsari Desa Leses Kecamatan Manisrenggo Klaten. Karya Tulis Ilmiah Program Studi Diploma Tiga Sanitasi Jurusan Kesehatan Lingkungan Politeknik Kesehatan Kementerian Kesehatan Yogyakarta.