Madani: Jurnal Ilmiah Multidisiplin
Volume 4, Nomor 4, May 2026, P. 201-214
E-ISSN: 2986-6340
Licenced by CC BY-SA 4.0
DOI: https://doi.org/10.5281/zenodo.20567803

Analisis Kualitas Air dan Tingkat Pencemaran Limbah Cair Industri Tahu di Aliran Sungai Desa Ngumpul Kecamatan Jogoroto Kabupaten Jombang

Indah Nur Fadhilah, Bambang Hariyanto
Prodi S1 Pendidikan Geografi, Fakultas Ilmu Sosial dan Ilmu Politik, Universitas Negeri Surabaya,
email: indah.19017@mhs.unesa.ac.id, bambanghariyanto@unesa.ac.id

Abstrak

Industri tahu merupakan salah satu sektor usaha yang berkembang pesat di Kecamatan Jogoroto, Kabupaten Jombang, khususnya di Desa Ngumpul, Desa Sumbermulyo, dan Desa Mayangan. Namun, aktivitas produksi tahu menghasilkan limbah cair dengan kandungan bahan organik yang tinggi sehingga berpotensi mencemari badan air apabila dibuang tanpa pengolahan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kualitas air dan menganalisis tingkat pencemaran limbah cair industri tahu di aliran Sungai Desa Ngumpul, Kecamatan Jogoroto, Kabupaten Jombang. Metode penelitian yang digunakan adalah deskriptif kuantitatif dengan teknik purposive sampling pada tiga titik pengamatan, yaitu B1 (500 m sebelum lokasi pembuangan limbah), B2 (tepat pada titik pembuangan limbah), dan B3 (900 m setelah titik pembuangan limbah). Parameter yang dianalisis meliputi TSS, pH, BOD, dan COD. Penentuan tingkat pencemaran dilakukan menggunakan metode Indeks Pencemaran (IP) berdasarkan Peraturan Pemerintah Nomor 22 Tahun 2021 dan KepMenLH Nomor 115 Tahun 2003. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kualitas air pada titik B1 masih memenuhi baku mutu dengan nilai IP 0,99 (kategori baik). Pada titik B2 terjadi peningkatan pencemaran yang signifikan dengan nilai IP 28,52 (kategori tercemar berat), sedangkan titik B3 menunjukkan pemulihan alami sungai namun masih tergolong tercemar berat dengan nilai IP 10,59. Temuan ini menunjukkan bahwa limbah cair industri tahu berpengaruh signifikan terhadap penurunan kualitas air sungai, terutama pada parameter BOD, COD, TSS, dan pH. Dampaknya dapat mengganggu ekosistem perairan, aktivitas pertanian, dan kesehatan masyarakat, sehingga diperlukan pengelolaan limbah yang lebih efektif melalui pembangunan IPAL dan pengawasan kualitas air secara berkala, dan peningkatan kesadaran lingkungan pelaku industri tahu.

Kata Kunci: Kualitas Air, Limbah Cair Industri Tahu, Pencemaran Air, Indeks Pencemaran Sungai Desa Ngumpul

Abstract

The tofu industry is one of the business sectors that has developed rapidly in Jogoroto District, Jombang Regency, particularly in Ngumpul Village, Sumbermulyo Village, and Mayangan Village. However, tofu production activities generate wastewater containing high levels of organic matter, which has the potential to pollute water bodies if discharged without proper treatment. This study aimed to determine water quality and analyze the level of pollution caused by tofu industry wastewater in the Ngumpul Village River, Jogoroto District, Jombang Regency. This study employed a quantitative descriptive method using a purposive sampling technique at three observation points: B1 (500 m upstream from the wastewater discharge point), B2 (at the wastewater discharge point), and B3 (900 m downstream from the discharge point). The parameters analyzed included Total Suspended Solids (TSS), pH, Biochemical Oxygen Demand (BOD), and Chemical Oxygen Demand (COD). The pollution level was determined using the Pollution Index (PI) method based on Government Regulation Number 22 of 2021 and the Decree of the Minister of Environment Number 115 of 2003. The results showed that water quality at point B1 still met the established quality standards, with a PI value of 0.99 (good category). At point B2, a significant increase in pollution was observed, with a PI value of 28.52 (heavily polluted category), while point B3 indicated a natural recovery process of the river but remained in the heavily polluted category, with a PI value of 10.59. These findings indicate that wastewater from the tofu industry has a significant impact on the decline of river water quality, particularly in the BOD, COD, TSS, and pH parameters. The impacts may disrupt aquatic ecosystems, agricultural activities, and public health. Therefore, more effective wastewater management is required through the construction of Wastewater Treatment Plants (WWTPs), regular water quality monitoring, and increased environmental awareness among tofu industry operators.

Keywords: *Tofu Industry Wastewater, Water Quality, Pollution Index, River Pollution, Jombang Regency*

Article Info
Received date: 15 May 2026 Revised date: 20 May 2026 Accepted date: 02 June 2026

PENDAHULUAN

Air merupakan sumber daya alam yang sangat penting bagi kehidupan manusia dan makhluk hidup lainnya. Air permukaan, khususnya sungai, dimanfaatkan untuk berbagai kebutuhan seperti irigasi, perikanan, peternakan, industri, serta aktivitas domestik masyarakat. Namun, ketersediaan air bersih yang layak masih menjadi permasalahan karena banyak sumber air mengalami penurunan kualitas akibat pencemaran (Pratiwi, 2021).

Pencemaran air terjadi pada berbagai sumber perairan seperti sungai, danau, laut, dan air tanah. Berdasarkan PP Nomor 82 Tahun 2001, pencemaran air merupakan menurunnya kualitas air akibat masuknya zat, energi, atau komponen lain. Kondisi ini berdampak pada berkurangnya ketersediaan air bersih dan meningkatnya kebutuhan masyarakat terhadap sumber air alternatif yang lebih aman (Yuliasti, 2011). Sektor industri berperan penting dalam meningkatkan perekonomian dan menyediakan lapangan kerja, kegiatan industri juga berpotensi menimbulkan dampak lingkungan berupa pencemaran air, penurunan kualitas sumber daya alam, dan gangguan kesehatan masyarakat. Oleh karena itu, pengelolaan limbah menjadi aspek penting dalam mendukung pembangunan industri yang berkelanjutan (Sandi, 2019).

Industri tahu merupakan salah satu industri pangan yang berkembang pesat di Indonesia karena tingginya permintaan masyarakat terhadap produk berbahan kedelai. Dalam proses produksinya, industri tahu menghasilkan limbah padat dan limbah cair. Dibandingkan limbah padat yang masih dapat dimanfaatkan kembali, limbah cair memiliki potensi pencemaran yang lebih besar karena mengandung bahan organik dalam konsentrasi tinggi. Jika dibuang langsung ke badan air tanpa pengolahan, limbah cair dapat meningkatkan beban pencemar organik dan menurunkan kualitas perairan (Kaswinarni & Fibria, 2007). Limbah cair dari industri tahu dikategorikan sebagai air limbah domestik. Limbah cair tahu yang berpotensi mencemari badan air dan lingkungan jika tidak diolah terlebih dahulu. Para pelaku usaha kurang menyadari dan memiliki sedikit pengetahuan mengenai pengelolaan limbah cair tahu, yang dapat berdampak negatif pada lingkungan (Nasir & Saputro, 2015).

Pembuangan air yang berasal dari irigasi mengalir melewati sungai membawa sisa atau larutan bahan organik mengakibatkan nutrien dalam sungai bertambah. Jika dibandingkan dengan pencemaran air permukaan, pencemaran air tanah relatif lebih sulit. Setiap jenis tanah memiliki kemampuan dalam menahan gerak pemasukan bahan pencemar. Kegiatan industri, pertanian, serta pertambangan secara umum mengakibatkan permasalahan lingkungan misalnya pencemaran air, menurunnya kualitas sumber daya alam, gangguan kesehatan, penurunan potensi sumber daya alam hayati, bencana alam, serta sedimentasi di bagian hilir. Sumber daya alam perairan mengalami penurunan kualitas dan kuantitas air salah satunya adalah sungai (Kamalia & Sudarti, 2022).

Sungai merupakan sumber air yang penting bagi masyarakat sehingga kualitasnya perlu dijaga. Sungai yang tercemar umumnya ditandai dengan perubahan warna, bau tidak sedap, serta meningkatnya kandungan bahan pencemar. Semakin tinggi tingkat pencemaran yang terjadi, semakin rendah kualitas air sungai dan semakin terbatas pula pemanfaatannya sebagai sumber air yang aman bagi masyarakat (Astuti, 2018).

Kualitas air sungai dipengaruhi oleh kondisi alam, tata guna lahan, serta aktivitas manusia di sekitarnya. Berdasarkan PP Nomor 22 Tahun 2021, penilaian kualitas air dapat dilakukan melalui parameter fisika dan kimia seperti pH, *Biological Oxygen Demand* (BOD), *Chemical Oxygen Demand* (COD), dan *Total Suspended Solid* (TSS). Oleh karena itu, analisis terhadap parameter-parameter tersebut diperlukan untuk mengetahui tingkat pencemaran air Sungai Desa Ngumpul akibat aktivitas industri tahu serta sebagai dasar dalam upaya pengelolaan dan pengendalian pencemaran lingkungan (Pohan et al., 2017).

METODE

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan metode deskriptif untuk menganalisis kualitas air dan tingkat pencemaran limbah cair industri tahu di aliran Sungai Desa Ngumpul, Kecamatan Jogoroto, Kabupaten Jombang. Lokasi penelitian dipilih secara *purposive* karena merupakan kawasan sentra industri tahu yang berpotensi memberikan dampak terhadap kualitas air sungai.

Populasi penelitian adalah air sungai yang terpengaruh limbah cair industri tahu di aliran Sungai Desa Ngumpul. Sampel diambil menggunakan teknik *purposive sampling* pada tiga titik pengamatan, yaitu B1 (500 m sebelum titik pembuangan limbah), B2 (tepat pada titik pembuangan limbah), dan B3 (900 m setelah titik pembuangan limbah). Parameter yang dianalisis meliputi *Total Suspended Solids* (TSS), derajat keasaman (pH), *Biochemical Oxygen Demand* (BOD), dan *Chemical Oxygen Demand* (COD). Data diperoleh melalui observasi lapangan, pengambilan sampel air, dan pengujian laboratorium.

Analisis data dilakukan secara deskriptif kuantitatif dan komparatif dengan membandingkan hasil uji laboratorium terhadap baku mutu air Kelas III berdasarkan Peraturan Pemerintah Nomor 22 Tahun 2021. Status mutu air ditentukan menggunakan metode Indeks Pencemaran (IP) berdasarkan KepMenLH Nomor 115 Tahun 2003 untuk mengklasifikasikan kondisi perairan ke dalam kategori memenuhi baku mutu, tercemar ringan, tercemar sedang, atau tercemar berat.

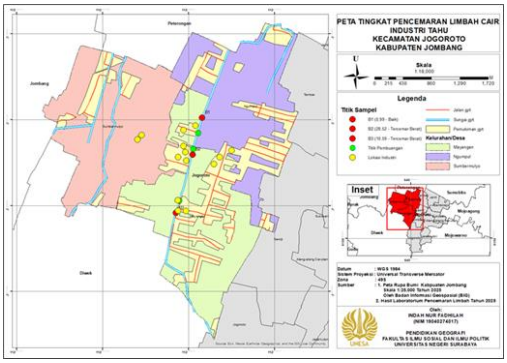
HASIL

1. Gambaran Umum Lokasi Penelitian

Desa Ngumpul merupakan salah satu desa di Kecamatan Jogoroto, Kabupaten Jombang, Provinsi Jawa Timur, yang terletak pada koordinat sekitar 7°33’03,6” LS dan 112°16’26,8” BT. Desa ini memiliki luas wilayah sekitar 2,98 km² yang didominasi oleh lahan pertanian, serta didukung oleh kawasan permukiman dan industri rumahan yang berkembang di wilayah tersebut.

Penelitian dilakukan pada aliran Sungai Desa Ngumpul yang menjadi tempat pembuangan limbah cair beberapa industri tahu. Pengambilan sampel air dilakukan pada tiga titik, yaitu:

- Titik B1 : Lokasi sampel berada 500 meter sebelum aliran sungai terkena limbah industri tahu
- Titik B2 : Lokasi ini berada 0 meter tepat pada lokasi pembuangan limbah cair dari industri tahu
- Titik B3 : Lokasi ini berada 900 meter setelah titik limbah yang mengalir pada aliran sungai bercampur dengan limbah cair.



Gambar 1. Lokasi Penelitian

2. Hasil Pengukuran Parameter Kualitas Air

a. Total Suspended Solid (TSS)

Hasil pengukuran parameter kualitas air merujuk pada baku mutu air sungai yang tertera pada PP No.22 Tahun 2021. Berikut adalah hasil pengujian (TSS) dilakukan di laboratorium dengan menggunakan pengujian SNI 06-6989.3-2004. Pengujian dilakukan di Laboratorium Riset dan Standarisasi Industri Surabaya. Hasil uji laboratoratorium menunjukkan sebagai berikut:

Tabel 1. Hasil Pengukuran TSS

No	Titik Sampel	Satuan	Zat Padatan Tersuspensi (TSS)	Baku Mutu (PP No 22/2021) Kelas III
1.	B1	mg/L	11	100
2.	B2	mg/L	37	100
3.	B3	mg/L	19	100

Sumber: Data Olahan Peneliti 2025

Berdasarkan hasil pengujian laboratorium mengacu pada PP No. 22 Tahun 2021 Kelas III, nilai *Total Suspended Solid* (TSS) di Sungai Ngumpul menunjukkan variasi pada setiap titik pengamatan, yaitu 11 mg/L pada B1, 37 mg/L pada B2, dan 19 mg/L pada B3. Nilai TSS terendah pada B1 mengindikasikan kondisi perairan yang relatif baik dengan tingkat kekeruhan rendah dan pengaruh limbah yang masih minimal. Sebaliknya, tingginya nilai TSS pada B2 menunjukkan adanya peningkatan beban pencemar akibat masuknya limbah cair industri tahu yang membawa partikel organik dan sedimen tersuspensi ke badan sungai. Sementara itu, nilai TSS pada B3 mengalami penurunan dibandingkan B2, yang menunjukkan terjadinya proses pengenceran dan pengendapan partikel sepanjang aliran sungai. Meskipun seluruh nilai TSS masih berada di bawah baku mutu 100 mg/L, pola peningkatan pada B2 mengindikasikan adanya pengaruh aktivitas industri tahu terhadap kualitas perairan yang berpotensi meningkatkan kekeruhan serta mengganggu keseimbangan ekosistem akuatik.

b. Chemical Oxygen Demand (COD)

Pengujian parameter COD dilakukan di laboratorium dengan menggunakan pengujian SNI 6989.2-2009. Pengujian dilakukan di Laboratorium Riset dan Standarisasi Industri Surabaya. Hasil uji laboratoratorium menunjukkan sebagai berikut:

Tabel 2. Hasil Pengukuran *Chemical Oxygen Demand* (COD)

No	Titik Sampel	Satuan	*Chemical Oxygen Demand* (COD)	Baku Mutu (PP No 22/2021) Kelas III
1.	B1	Mg/L	<9,8652	40
2.	B2	Mg/L	459,44	40
3.	B3	Mg/L	138,01	40

Sumber: Data Olahan Peneliti 2025

Berdasarkan hasil pengujian, nilai *Chemical Oxygen Demand* (COD) menunjukkan perbedaan tingkat pencemaran organik yang cukup mencolok di sepanjang Sungai Ngumpul. Pada titik B1, nilai COD kurang dari 9,8652 mg/L yang mengindikasikan kondisi perairan masih baik dan belum mengalami pencemaran organik yang signifikan. Sebaliknya, titik B2 memiliki nilai COD tertinggi yaitu 459,44 mg/L, jauh melampaui baku mutu PP No. 22 Tahun 2021 sebesar 40 mg/L, yang menunjukkan tingginya kandungan bahan organik dari limbah cair industri tahu. Sementara itu, nilai COD pada B3 sebesar 138,01 mg/L menunjukkan

adanya penurunan dibandingkan B2 akibat proses pengenceran dan degradasi alami, namun masih berada di atas baku mutu yang ditetapkan.

c. *Power of Hydrogen (pH)*

Pengujian Parameter pH dilakukan du Laboratorium dengan menggunakan pengujian SNI 06-6989.11-2004. Pengujian dilakukan di Laboratorium Riset dan Standarisasi Industri Surabaya. Hasil uji laboratoratorium menunjukkan sebagai berikut:

Tabel 3. Hasil Pengukuran pH

No	Titik Sampel	Satuan	pH	Baku Mutu (PP No 22/2021) Kelas III
1.	B1	-	7,13	6-9
2.	B2	-	5,18	6-9
3.	B3	-	6,77	6-9

Sumber: Data Olahan Peneliti 2025

Berdasarkan hasil pengukuran, nilai pH di Sungai Ngumpul menunjukkan adanya pengaruh limbah cair industri tahu terhadap kondisi kimia perairan. Nilai pH pada titik B1 sebesar 7,13 masih berada dalam rentang baku mutu PP No. 22 Tahun 2021 untuk air Kelas III (6–9), sehingga menunjukkan kondisi perairan yang relatif baik dan belum terdampak pencemaran secara signifikan. Sebaliknya, titik B2 memiliki nilai pH sebesar 5,18 yang berada di bawah baku mutu, menandakan meningkatnya tingkat keasaman akibat masuknya limbah organik yang menghasilkan senyawa asam selama proses dekomposisi. Sementara itu, nilai pH pada B3 sebesar 6,77 menunjukkan adanya perbaikan kualitas air melalui proses pengenceran dan *self purification*, meskipun masih lebih rendah dibandingkan B1.

d. *Biologycal Oxygen Demand* (BOD)

Biologycal Oxygen Demand (BOD) adalah indikator yang digunakan untuk menilai banyaknya bahan organik yang dapat terurai melalui proses oksidasi oleh mikroorganisme aerob. Pengujian kandungan BOD dilakukan di laboratorium dengan pengujian SNI 6989.72:2009. Pengujian dilakukan di Laboratorium Riset dan Standarisasi Industri Surabaya. Hasil uji laboratoratorium menunjukkan sebagai berikut:

Tabel 4. Hasil Pengukuran BOD

No	Titik Sampel	Satuan	*Biological Oxygen Demand* (BOD)	Baku Mutu (PP No 22/2021) Kelas III
1.	B1	mg/L	3,61	6
2.	B2	mg/L	112,92	6
3.	B3	mg/L	60,2	6

Sumber: Data Olahan Peneliti 2025

Berdasarkan hasil pengukuran, nilai *Biological Oxygen Demand* (BOD) di Sungai Ngumpul menunjukkan adanya peningkatan pencemaran organik yang dipengaruhi oleh limbah cair industri tahu. Nilai BOD pada titik B1 sebesar 3,61 mg/L masih mendekati baku mutu air Kelas III PP No. 22 Tahun 2021, yang mengindikasikan beban organik relatif rendah. Sebaliknya, titik B2 memiliki nilai BOD tertinggi yaitu 112,92 mg/L, jauh melampaui baku

mutu dan menunjukkan tingginya kandungan bahan organik dari limbah industri tahu yang memerlukan oksigen dalam jumlah besar untuk proses penguraian. Sementara itu, nilai BOD pada B3 sebesar 60,2 mg/L menunjukkan penurunan dibandingkan B2 akibat proses pengenceran dan dekomposisi alami, namun masih berada jauh di atas baku mutu.

e. Perhitungan Indeks Pencemaran (IP)

Penentuan tingkat pencemaran air dilakukan menggunakan metode Indeks Pencemaran (IP) berdasarkan Keputusan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 115 Tahun 2003 dengan membandingkan hasil pengukuran parameter TSS, COD, BOD, dan pH terhadap baku mutu air Kelas III sesuai PP No. 22 Tahun 2021. Metode ini digunakan untuk menilai kondisi kualitas air secara menyeluruh dan menentukan tingkat pencemaran yang terjadi pada badan sungai. Nilai Indeks Pencemaran dihitung menggunakan rumus:

$$IP_j = \sqrt{\frac{(C_i/L_{ij})_M^2 + (C_i/L_{ij})_R^2}{2}}$$

Keterangan:

IP_j : Indeks Pencemaran air

C_i : Konsentrasi parameter kualitas air

L_{ij} : Baku mutu air

$C_i/L_{ij}\ M$: Nilai terbesar dari semua parameter

$C_i/L_{ij}\ R$: Nilai rata-rata dari semua parameter

Baku mutu air sungai Kelas III peruntukkan air sungai sesuai dengan PP No.21 Tahun 2021 sebagai acuan sebagai berikut :

Tabel 5. Parameter Baku Mutu Air Sungai Kelas III

Parameter	Baku Mutu
TSS	>100 mg/L
COD	>40 mg/L
BOD	>6 mg/L
pH	6-9

Sumber: Peraturan Pemerintah No 21 Tahun 2021

Perhitungan setiap titik sampel sebagai berikut :

1. Titik B1

Rasio:

$\frac{TSS}{BM} = \frac{11}{50} = 0{,}22$

$\frac{COD}{BM} = \frac{9{,}8652}{25} = 0{,}39$

$\frac{BOD}{BM} = \frac{3{,}61}{3} = 1{,}20$

pH = 7,13 ⇒ 1

Nilai :

$(C_i/L_{ij})_M = 1{,}20$

$(C_i/L_{ij})_R = \frac{0{,}22+0{,}39+1{,}20+1}{4} = 0{,}70$

Substitusi ke rumus:

$$IP_j = \sqrt{\frac{(1{,}20)^2 + (0{,}70)^2}{2}}$$

$$IP_j = \sqrt{\frac{1{,}44 + 0{,}49}{2}}$$

$$IP_j = \sqrt{\frac{1{,}93}{2}}$$

$$IP_j = \sqrt{0{,}965}$$

$$IP_j = 0{,}99$$

2. Titik B2

Rasio :

$$\frac{TSS}{BM} = \frac{37}{5O} = 0{,}74$$

$$\frac{COD}{BM} = \frac{459{,}44}{25} = 18{,}38$$

$$\frac{BOD}{BM} = \frac{112{,}92}{3} = 37{,}64$$

pH = 5,18 ⇒ $\frac{6}{5{,}18}$ = 1,16

Nilai:

$$(C_i/L_{ij})_M = 37{,}64$$

$$(C_i/L_{ij})_R = \frac{0{,}74+18{,}38+37{,}64+1{,}16}{4} = 14{,}48$$

Substitusi :

$$IP_j = \sqrt{\frac{(37{,}64)^2 + (14{,}48)^2}{2}}$$

$$IP_j = \sqrt{\frac{1{,}416{,}77 + 209{,}67}{2}}$$

$$IP_j = \sqrt{\frac{1626{,}44}{2}}$$

$$IP_j = \sqrt{813{,}22}$$

$$IP_j = 28{,}52$$

3. Titik B3

Rasio :

$$\frac{TSS}{BM} = \frac{19}{5O} = 0{,}38$$

$$\frac{COD}{BM} = \frac{138{,}01}{25} = 5{,}52$$

$$\frac{BOD}{BM} = \frac{60{,}2}{3} = 20{,}07$$

pH = 6,77 ⇒ 1

Nilai:

$$(C_i/L_{ij})_M = 20{,}07$$

$$(C_i/L_{ij})_R = \frac{0{,}38+5{,}52+20{,}07+1}{4} = 6{,}74$$

Substitusi:

$$IP_j = \sqrt{\frac{(20{,}07)^2 + (6{,}74)^2}{2}}$$

$$IP_j = \sqrt{\frac{402{,}80 + 45{,}43}{2}}$$

$$IP_j = \sqrt{\frac{224{,}11}{2}}$$

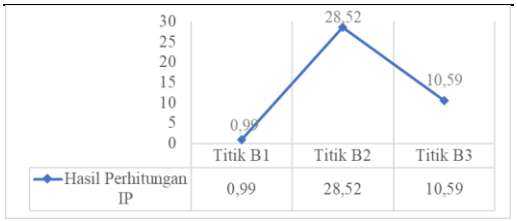
$$IP_j = \sqrt{112{,}055}$$

$$IP_j = 10{,}59$$

Status mutu air ditetapkan berdasarkan baku mutu air Kelas III sesuai PP No. 22 Tahun 2021, karena Sungai Desa Ngumpul dimanfaatkan untuk irigasi, perikanan, peternakan, dan kebutuhan domestik. Nilai IP yang masih memenuhi baku mutu menunjukkan kondisi perairan relatif baik, sedangkan nilai IP di atas 1,0 mengindikasikan adanya penurunan kualitas air akibat masuknya bahan pencemar. Melalui analisis terpadu terhadap parameter TSS, COD, BOD, dan pH, metode ini mampu mengidentifikasi lokasi dengan tingkat pencemaran tertinggi, mengevaluasi pengaruh limbah industri tahu terhadap kualitas sungai, serta menjadi dasar dalam upaya pengendalian pencemaran dan pengelolaan lingkungan perairan.

Tabel 6. Tingkat Pencemaran Air

Titik Sampel	Hasil Perhitungan IP	Tingkat Pencemaran
Titik B1	0,99	Baik (Memenuhi Baku Mutu)
Titik B2	28,52	Tercemar Berat
Titik B3	10,59	Tercemar Berat



Gambar 2. Grafik Tingkat Pencemaran Air

Berdasarkan hasil analisis pada Tabel 6 dan Gambar 2, tingkat pencemaran air di Sungai Desa Ngumpul menunjukkan variasi yang cukup signifikan antar titik pengamatan. Perbedaan ini dipengaruhi oleh jarak lokasi dari sumber pembuangan limbah cair industri tahu serta tingginya kandungan bahan pencemar organik yang masuk ke sungai. Pada titik B1, nilai Indeks Pencemaran (IP) sebesar 0,99 menunjukkan kondisi air masih baik dan memenuhi baku mutu, dengan parameter seperti TSS, COD, BOD, dan pH yang masih mendekati standar sehingga masih mendukung fungsi ekologis perairan. Sementara itu, pada titik B2 terjadi lonjakan pencemaran dengan nilai IP 28,52 yang termasuk kategori tercemar berat, disertai tingginya COD, BOD, serta pH yang berada di bawah baku mutu, sehingga menunjukkan lokasi ini sebagai sumber dampak utama limbah industri tahu. Kondisi pencemaran masih berlanjut hingga titik B3 dengan IP 10,59 yang juga tergolong tercemar berat, meskipun terjadi sedikit penurunan akibat proses pengenceran dan self purification. Secara keseluruhan, pola ini menunjukkan bahwa limbah cair industri tahu memberikan dampak besar terhadap penurunan

kualitas air sungai, sehingga diperlukan pengolahan limbah sebelum dibuang, pemantauan berkala, serta peningkatan kesadaran pelaku industri dalam menjaga kualitas lingkungan perairan.

PEMBAHASAN

Analisis Spasial Tingkat Pencemaran Limbah Cair Industri Tahu di Aliran Sungai Desa Ngumpul, Keacmatan Jogoroto, Kabupaten Jombang

Berdasarkan analisis spasial peta lokasi penelitian, terlihat adanya perbedaan kualitas air yang cukup signifikan antara titik B1, B2, dan B3. Pola sebaran Indeks Pencemaran menunjukkan penurunan kualitas air dari arah hulu menuju hilir sungai yang melintasi kawasan industri dan permukiman. Titik B1 memiliki nilai IP sebesar 0,99 dan termasuk kategori baik (memenuhi baku mutu). Secara spasial, B1 berada di bagian utara sungai yang masih relatif sedikit menerima akumulasi limbah, sehingga kualitas airnya masih tergolong baik dan belum banyak terpengaruh aktivitas industri maupun permukiman.

Sementara itu, titik B2 menunjukkan nilai IP 28,52 yang termasuk kategori tercemar berat dan berada pada bagian tengah sungai yang dekat dengan konsentrasi industri serta titik pembuangan limbah, sehingga menerima akumulasi beban pencemar yang tinggi. Kondisi serupa juga terjadi pada titik B3 dengan nilai IP 10,59 yang tetap tergolong tercemar berat, meskipun lebih rendah dibandingkan B2. Secara spasial, B3 berada di hilir sungai yang menerima limpasan pencemar dari bagian hulu dan tengah, serta tambahan beban dari aktivitas permukiman di sekitarnya.

Analisis Korelasi Parameter COD, BOD, pH, dan TSS terhadap Tingkat Pencemaran Air Sungai

Limbah cair industri tahu memiliki karakteristik utama berupa tingginya kandungan senyawa organik terlarut dan tersuspensi serta pH yang cenderung asam. Parameter TSS, pH, BOD, dan COD saling berkaitan dan berkontribusi terhadap penurunan kualitas ekosistem sungai. Tingginya TSS yang berasal dari sisa protein dan karbohidrat kedelai meningkatkan kekeruhan air, menghambat penetrasi cahaya matahari, sehingga proses fotosintesis tumbuhan air terganggu dan sebagian material mengendap menjadi lumpur organik di dasar sungai.

Selain itu, sifat limbah yang asam akibat fermentasi menghasilkan penurunan pH air sungai yang melemahkan kapasitas penyangga (buffer) dan mengganggu kehidupan mikroorganisme pengurai. Kondisi ini memperlambat proses self-purification sehingga terjadi akumulasi polutan organik. Meskipun sebagian besar limbah bersifat biodegradable, tingginya beban BOD dan COD menyebabkan konsumsi oksigen meningkat tajam hingga melampaui kemampuan reaerasi sungai, sehingga terjadi penurunan DO yang drastis bahkan menuju kondisi anoksik. Pada kondisi ini, proses dekomposisi beralih menjadi anaerobik yang menghasilkan gas beracun seperti H_2S, NH_3, dan CH_4, yang pada akhirnya menyebabkan perubahan warna air menjadi gelap, bau menyengat, serta kematian biota perairan akibat kekurangan oksigen dan toksisitas.

Analisis Kualitas Air di Aliran Sungai Desa Ngumpul, Jogoroto, Jombang

Kualitas air Sungai di Desa Ngumpul, Kecamatan Jogoroto, Kabupaten Jombang dianalisis berdasarkan parameter fisika dan kimia yang meliputi Total Suspended Solids (TSS), Chemical Oxygen Demand (COD), Biological Oxygen Demand (BOD), serta derajat keasaman (pH). Pengambilan sampel dilakukan pada tiga titik, yaitu B1, B2, dan B3 yang merepresentasikan kondisi sebelum, tepat di sumber pembuangan, dan sesudah pembuangan limbah cair industri tahu. Hasil uji laboratorium menunjukkan adanya variasi nilai pada setiap titik yang mencerminkan perbedaan tingkat pencemaran air. Berdasarkan hasil penelitian, pembuangan limbah industri tahu di sungai Desa Ngumpul umumnya dilakukan tanpa pengolahan terlebih dahulu untuk menghindari biaya tambahan, padahal kondisi ini dapat menimbulkan dampak negatif terhadap biota perairan serta sifat fisika dan kimia air (Badu et al, 2023).

Berdasarkan parameter fisik, nilai TSS menunjukkan peningkatan dari 11 mg/L pada B1 menjadi 37 mg/L pada B2 dan 19 mg/L pada B3. Peningkatan ini menunjukkan adanya akumulasi padatan tersuspensi dari limbah cair industri tahu yang mengurangi penetrasi cahaya matahari dan menghambat proses fotosintesis organisme akuatik (Ruhmawati et al, 2017). Sifat fisik lainnya seperti suhu, warna, bau, dan kekeruhan juga mengalami perubahan akibat adanya bahan organik terlarut dan tersuspensi. Perubahan warna dan bau air mengindikasikan adanya proses penguraian bahan organik secara mikrobiologis yang berdampak pada penurunan kualitas air sungai di wilayah penelitian (Yohannes, 2019).

Selain parameter fisik, kualitas air juga dipengaruhi oleh nilai COD, BOD, dan pH. Nilai COD meningkat tajam dari <9,8652 mg/L pada B1 menjadi 459,44 mg/L pada B2 dan 138,01 mg/L pada B3, sedangkan BOD meningkat dari 3,61 mg/L pada B1 menjadi 112,92 mg/L pada B2 dan 60,2 mg/L pada B3. Tingginya COD dan BOD menunjukkan tingginya kandungan bahan organik yang membutuhkan oksigen dalam jumlah besar untuk proses oksidasi dan penguraian, sehingga menyebabkan penurunan oksigen terlarut di perairan (Idrus & Dewa, 2017; Ayu et al, 2024). Sementara itu, pH menunjukkan kondisi dari 7,13 (B1), menurun menjadi 5,18 (B2), dan kembali naik menjadi 6,77 (B3), yang mengindikasikan adanya gangguan keseimbangan kimia perairan akibat proses dekomposisi limbah organik.

Tingkat Pencemaran Limbah Cair Industri Tahu di Aliran Sungai desa Ngumpul

Limbah cair industri tahu merupakan salah satu sumber pencemar perairan yang berasal dari rangkaian proses produksi seperti pencucian kedelai, perebusan, penggumpalan, penyaringan, hingga pencetakan tahu. Proses tersebut menghasilkan limbah cair dengan kandungan bahan organik tinggi seperti protein, karbohidrat, lemak, serta sisa padatan kedelai yang mudah terurai. Limbah ini umumnya berwarna keruh kekuningan, berbau menyengat, dan memiliki potensi besar menurunkan kualitas air jika langsung dibuang ke sungai tanpa pengolahan terlebih dahulu. Kondisi ini sejalan dengan penelitian (Ayu et al, 2024) yang menyatakan bahwa limbah cair industri tahu memiliki kandungan pencemar organik tinggi yang menjadi salah satu penyebab utama pencemaran air sungai.

Karakteristik limbah cair tahu dapat diketahui melalui parameter kualitas air seperti Biological Oxygen Demand (BOD), Chemical Oxygen Demand (COD), Total Suspended Solid (TSS), serta derajat keasaman (pH). Tingginya nilai BOD menunjukkan besarnya kebutuhan oksigen mikroorganisme untuk menguraikan bahan organik, sedangkan COD menggambarkan total oksigen yang dibutuhkan untuk mengoksidasi seluruh zat pencemar dalam air. Nilai BOD dan COD yang tinggi menunjukkan beban pencemar yang besar dan penurunan kualitas perairan, sebagaimana dijelaskan dalam penelitian (Suharini et al, 2020). Selain itu, tingginya TSS meningkatkan kekeruhan air akibat partikel tersuspensi seperti sisa kedelai dan lumpur organik yang menghambat penetrasi cahaya matahari, sedangkan pH yang cenderung asam akibat proses fermentasi dapat mengganggu kestabilan kimia perairan (Ayu et al, 2024).

Berdasarkan hasil perhitungan Indeks Pencemaran (IP), kualitas air di Sungai Desa Ngumpul menunjukkan perbedaan yang jelas antar titik pengamatan. Titik B1 memiliki IP 0,99 yang termasuk kategori baik karena berada sekitar 500 meter sebelum area industri sehingga masih dipengaruhi proses self purification. Proses ini merupakan kemampuan alami sungai dalam menurunkan beban pencemar melalui pengenceran, sedimentasi, aerasi, dan aktivitas mikroorganisme, sebagaimana dijelaskan oleh (Mardhia & Abdullah, 2018). Sementara itu, titik B2 dan B3 masing-masing memiliki IP 28,52 dan 10,59 yang termasuk kategori tercemar berat, menunjukkan bahwa masuknya limbah cair industri tahu menyebabkan penurunan kualitas air secara signifikan di sepanjang aliran sungai hingga ke hilir.

Analisis Dampak Pembuangan Limbah Cair Industri Tahu terhadap Ekosistem Perairan Desa Ngumpul

a. Degradasi Kualitas Air dan Fluktuasi Indeks Pencemaran (IP)

Aktivitas pembuangan limbah cair dari industri tahu tanpa melalui proses pengolahan yang optimal secara signifikan telah mendegradasi struktur dan mutu ekosistem perairan di Desa Ngumpul, Kecamatan Jogoroto, Kabupaten Jombang. Berdasarkan hasil pengukuran laboratorium, dinamika penurunan kualitas air di aliran sungai desa Ngumpul terlihat sangat signifikan di antara titik-titik pengambilan sampel. Pada titik kontrol B1, kondisi perairan cenderung stabil, alami, dan memenuhi baku mutu dengan nilai Indeks Pencemaran (IP) sebesar 0,99 yang termasuk dalam kategori baik. Namun, tingkat kualitas tersebut merosot tajam begitu memasuki titik pembuangan limbah yaitu titik B2 dengan nilai IP melonjak drastis hingga 28,52, serta tetap menunjukkan kondisi tercemar berat di titik B3 dengan nilai IP sebesar 10,59. Lonjakan nilai IP pada titik B2 dan B3 mengonfirmasi adanya tekanan antropogenik yang kuat dari limbah cair tahu. Tingginya konsentrasi senyawa makromolekul organik seperti protein, karbohidrat, dan lemak sisa pemrosesan kedelai memaksa mikroorganisme serta biota air beraktivitas di luar kapasitas daya dukung alami lingkungannya.

b. Dinamika Parameter Kimia Air: Implikasi BOD, COD, dan Fenomena Anoksik

Bukti empiris degradasi ekologis ini ditunjukkan oleh tingginya nilai *Biological Oxygen Demand* (BOD) dan *Chemical Oxygen Demand* (COD) di titik pembuangan (B2), yang masing-masing mencapai 112,92 mg/L dan 459,44 mg/L. Meskipun terjadi penurunan di titik B3 dengan nilai BOD 60,2 mg/L dan COD 138,01 mg/L, akumulasi zat organik ini secara keseluruhan telah melampaui baku mutu air Kelas III yang ditetapkan dalam PP No. 22 Tahun 2021. Kandungan organik yang pekat ini menstimulasi ledakan populasi bakteri aerob untuk melakukan dekomposisi massal. Proses pembusukan ini mengonsumsi oksigen terlarut (*Dissolved Oxygen*/DO) di dalam air secara masif, hingga memicu kondisi anoksik (kelangkaan oksigen) yang ekstrem. Akibatnya, biota air seperti ikan lokal yang bersifat *intolerant* mengalami gagal napas (asfiksia) dan mati. Lebih lanjut, struktur komunitas makroinvertebrata mengalami pergeseran ekstrem, di mana zona tersebut mulai didominasi oleh organisme *tolerant* yang adaptif terhadap polusi, seperti larva *Chironomus* dan *Tubifex* (cacing rambut).

c. Pengaruh Karakteristik Hidrologis Musiman dan Penurunan pH

Kerusakan habitat air ini diperparah oleh faktor hidrologis spesifik di Desa Ngumpul, khususnya saat musim kemarau ketika debit air sungai menyusut drastis. Penurunan debit air ini secara otomatis melumpuhkan kapasitas pengenceran alami sungai (*self-purification capacity*). Akibat ketiadaan suplai air bersih dari hulu, limbah cair pekat langsung terakumulasi di badan air. Efek sinergetik antara pasokan limbah yang kontinu dan debit sungai yang minimal menyebabkan zat pencemar mengendap lebih lama, memperluas jangkauan polusi, serta mempercepat pembentukan zona mati (*dead zone*) lokal di sepanjang aliran sungai.

Tekanan fisiologis terhadap biota akuatik semakin fatal akibat penurunan derajat keasaman yang ekstrem. Nilai pH di titik B2 merosot tajam hingga menyentuh angka 5,18 (kondisi asam, di bawah baku mutu pemerintah), sebelum akhirnya naik sedikit di titik B3 menjadi 6,77. Kondisi asam di titik B2 dipicu oleh akumulasi asam-asam organik hasil fermentasi anaerobik dari sisa karbohidrat tahu yang mengendap di dasar sungai. Secara ekologis, fluktuasi pH yang ekstrem ini bersifat toksik bagi organisme air karena dapat:

- Merusak jaringan mukus pada insang ikan.
- Mengganggu sistem osmoregulasi (keseimbangan ion tubuh).
- Menghambat aktivitas enzim pencernaan.
- Menggagalkan penetasan telur sehingga merusak siklus reproduksi alami biota air.

Hal ini memperkuat argumen (Ulfi Hanum, 2022) bahwa fluktuasi parameter fisik-kimia seperti pH dan material organik berkorelasi langsung terhadap penurunan kualitas lingkungan perairan secara makro.

d. Gangguan Fisik (TSS) dan Kelumpuhan Produktivitas Primer

Selain kerusakan kimiawi, aspek produktivitas primer perairan ikut lumpuh akibat kenaikan nilai *Total Suspended Solids* (TSS) dari 11 mg/L di hulu (B1) menjadi 37 mg/L di titik pembuangan (B2). Keberadaan flok organik dan sisa bubur kedelai sebagai zat padat tersuspensi mengubah kondisi fisik air menjadi keruh, berwarna gelap, dan memicu dekomposisi anaerobik yang menghasilkan gas-gas berbau menyengat seperti amonia (NH_3) dan hidrogen sulfida (H_2S). Pada musim kemarau, arus air yang lambat membuat material padat ini tertahan lama di kolom air sehingga menghalangi penetrasi cahaya matahari. Terganggunya masuknya sinar matahari ini menghambat proses fotosintesis produsen primer seperti fitoplankton, yang pada gilirannya memicu kelumpuhan rantai makanan lokal. Secara keseluruhan, fenomena ini mengubah status trofik perairan Desa Ngumpul secara drastis dari oligotrofik menjadi hiper-eutrofik.

e. Penurunan Kualitas Lingkungan Permukiman dan Risiko Kesehatan

Dampak dari pembuangan limbah ini meluas hingga ke ranah sosial dan kesehatan masyarakat di sekitar aliran sungai. Secara estetika, akumulasi gas amonia (NH_3) dan H_2S. menimbulkan bau menyengat yang menurunkan kenyamanan serta kualitas lingkungan permukiman secara signifikan dalam jangka panjang. Pembusukan bahan organik limbah tahu memicu perubahan fisik air berupa warna dan bau yang merusak higienitas lingkungan.

Pencemaran ini juga mengancam kesehatan masyarakat Desa Ngumpul yang masih bergantung pada air sungai maupun air sumur di sekitarnya untuk keperluan sanitasi dasar (mandi dan mencuci). Akibat rembesan polutan cair ke dalam tanah, air sumur warga mulai mengalami perubahan warna dan bau. Karena keterbatasan sumber air alternatif, masyarakat terpaksa tetap memanfaatkannya, sehingga mempertinggi risiko gangguan kesehatan seperti:

- Iritasi kulit dan gatal-gatal (akibat kondisi air yang asam pada pH 5,18).
- Diare dan gangguan pencernaan akut.
- Infeksi akibat kontaminasi mikroorganisme patogen serta zat pencemar organik.

f. Degradasi Sektor Pertanian Lahan Basah

Sektor pertanian yang menjadi tumpuan ekonomi masyarakat Desa Ngumpul turut terdampak akibat penggunaan air sungai yang tercemar sebagai sumber irigasi. Pengairan lahan menggunakan air ber-pH rendah (asam) secara terus-menerus berpotensi merusak struktur agregat tanah dan menghambat efisiensi penyerapan unsur hara oleh tanaman. Di samping itu, tingginya kandungan TSS (37 mg/L) memicu pengendapan material padat di saluran irigasi dan lahan persawahan, yang lambat laun menyebabkan pendangkalan saluran air serta menurunkan produktivitas lahan. Tingginya beban organik juga merangsang pertumbuhan mikroorganisme patogen serta gulma air yang berkompetisi dengan tanaman budidaya. Dalam jangka panjang, akumulasi dampak ini berpotensi menurunkan hasil panen dan merugikan ekonomi petani lokal.

SIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian mengenai analisis kualitas air dan tingkat pencemaran limbah cair industri tahu di aliran Sungai Desa Ngumpul, Kecamatan Jogoroto, Kabupaten Jombang, dapat disimpulkan bahwa aktivitas industri tahu memberikan pengaruh signifikan terhadap penurunan kualitas air sungai. Hasil pengujian parameter kualitas air menunjukkan adanya perbedaan kondisi pada setiap titik pengambilan sampel, terutama pada titik yang berdekatan dengan lokasi pembuangan limbah. Parameter *Total Suspended Solid* (TSS) menunjukkan nilai B1 sebesar 11 mg/L, B2 sebesar 37 mg/L, dan B3 sebesar 19 mg/L yang masih berada di bawah baku mutu air Kelas III (PP No. 22 Tahun 2021), namun peningkatan pada B2 menunjukkan adanya akumulasi partikel tersuspensi yang meningkatkan kekeruhan air dan berpotensi mengganggu proses fotosintesis organisme akuatik.

Pada parameter *Chemical Oxygen Demand* (COD) dan *Biological Oxygen Demand* (BOD), hasil pengujian menunjukkan nilai COD pada B1 < 9,8652 mg/L, B2 sebesar 459,44 mg/L, dan B3 sebesar

138,01 mg/L, sedangkan nilai BOD masing-masing sebesar 3,61 mg/L, 112,92 mg/L, dan 60,2 mg/L. Nilai tersebut menunjukkan bahwa B2 dan B3 telah melebihi baku mutu, yang mengindikasikan tingginya kandungan bahan organik yang membutuhkan oksigen dalam jumlah besar untuk proses oksidasi dan penguraian sehingga menurunkan kadar oksigen terlarut di perairan. Pada parameter pH, B1 memiliki nilai 7,13 (normal), B2 sebesar 5,18 (asam), dan B3 sebesar 6,77 (mulai pulih), yang menunjukkan adanya gangguan kestabilan kimia perairan akibat limbah cair industri tahu.

Berdasarkan perhitungan Indeks Pencemaran (IP), nilai IP pada B1 sebesar 0,99 termasuk kategori baik, sedangkan B2 sebesar 28,52 dan B3 sebesar 10,59 termasuk kategori tercemar berat, yang menunjukkan bahwa tingkat pencemaran tertinggi berada pada area dekat sumber pembuangan limbah. Dampak pencemaran ini tidak hanya memengaruhi kualitas air, tetapi juga kesehatan masyarakat dan sektor pertanian, seperti air sungai yang tidak layak digunakan untuk sanitasi, penurunan kualitas air sumur, serta gangguan ekosistem perairan akibat penurunan oksigen terlarut. Oleh karena itu, diperlukan pengelolaan limbah cair industri tahu yang lebih optimal agar pencemaran tidak terus berlanjut dan kualitas lingkungan perairan dapat terjaga secara berkelanjutan.

REFERENSI

Astuti, A. D. (2018). Kualitas Air Irigasi Ditinjau Dari Parameter DHL, TDS, pH Pada Lahan Sawah Desa Bulumanis Kidul Kecamatan Margoyoso. *Jurnal Litbang: Media Informasi Penelitian, Pengembangan Dan IPTEK*, *10*(1), 35–42. https://doi.org/10.33658/jl.v10i1.75

Ayu, D., Retnowati, P., Yudhastuti, R., & Fatah, M. Z. (2024). *Studi Pustaka : Pengaruh Keberadaan Limbah Industri*. *5*, 4546–4556.

Badu, M. M., Badu, R. R., Paramata, M. Z., Gonibal, F., Ladua, S. M., Ningsih, T. W. R., Hamzah, N., Biga, K. P., Usman, S. C., & Pambi, M. (2023). *A*nalisis Kandungan TDS dan Ph Untuk Mengetahui Kualitas Air Sungai Bone. *Journal of Environmental Engineering Research. 1*(1), 1–4.

Idrus, S., & Dewa, R. P. (2017). Identifikasi Cemaran Air Limbah Industri Tahu Di Kota Ambon. *Majalah BIAM*, *13*(02), 11–15.

Juariah, S., & Sari, W. (2018). Pemanfaatan Limbah Cair Industri Tahu Sebagai Media Alternatif Pertumbuhan Bacillus sp. *Lontar Physics Today*, *1*(1), 38–44.

Kamalia, D., & Sudarti, S. (2022). Analisis Pencemaran Air Sungai Akibat Dampak Limbah Industri Batu Alam di Kecamatan Depok Kabupaten Cirebon. *Jurnal Enviscience*, *6*(1), 1–13. https://doi.org/10.30736/6ijev.v6iss1.309

Kaswinarni, & Fibria. (2007). Industri Tahu Program Pascasarjana. *Universitas Stuttgart*.

Mardhia, D., & Abdullah, V. (2018). Jurnal Biologi Tropis Studi Analisis Kualitas Air Sungai Brangbiji Sumbawa Besar sungai. *Biologi Tropis*, *18*(2), 182–189.

Nasir, M., & Saputro, E. (2015). Manajemen pengelolaan limbah industri. *Benefit: Jurnal Manajemen Dan Bisnis*, *19*(2), 143–149.

Pohan, D. A. S., Budiyono, B., & Syafrudin, S. (2017). Analisis Kualitas Air Sungai Guna Menentukan Peruntukan Ditinjau Dari Aspek Lingkungan. *Jurnal Ilmu Lingkungan*, *14*(2), 63. https://doi.org/10.14710/jil.14.2.63-71

Pratiwi, S. (2021). Analisis Dampak Sumber Air Sungai Akibat Pencemaran Pabrik Gula Dan Pabrik Pembuatan Sosis. *Journal of Research and Education Chemistry*, *3*(2), 122. https://doi.org/10.25299/jrec.2021.vol3(2).7774

Ruhmawati, T., Sukandar, D., Karmini, M., S, T. R., Kesehatan, J., Politeknik, L., Kemenkes, K., Kaliki, P., & Bandung, K. (2017). *Penurunan Kadar Total Suspended Solid (Tss) Air Limbah Pabrik Tahu Dengan Metode Fitoremediasi Reduction of Total Suspended Solid Levels Wastewater in Tofu Factory with Phytoremediation Method*. *12*(1), 25–32.

Sandi, R. D. (2019). Analisis Kualitas Air Dan Distribusi Limbah Cair Industri Tahu Di Sungai Murong

Kecamatan Jogoroto Kabupaten Jombang. *Swara Bhumi*, *5*(82), 59–66.

Suhairin, S., Muanah, M., & Dewi, E. S. (2020). Pengolahan Limbah Cair Tahu Menjadi Pupuk Organik Cair Di Lombok Tengah Ntb. *SELAPARANG Jurnal Pengabdian Masyarakat Berkemajuan*, *4*(1), 374. https://doi.org/10.31764/jpmb.v4i1.3144

Yohannes, B. (2019). *Kajian Kualitas Air Sungai Dan Upaya Pengendalian Pencemaran Air (Studi Di Sungai Krukut , Jakarta Selatan)*. *4*(2), 136–155.

Yuliasti, E. (2011). Kajian Kualitas Air Sungai Ngringo Karanganyar Dalam Upaya Pengendalian. *In Thesis Magister Ilmu Lingkungan Program Pasca Sarjana Universitas Diponegoro*.