

## KOMBINASI PROSES KOAGULASI DAN AERASI MENGGUNAKAN BIJI ASAM JAWA (*TAMARINDUS INDICA*) SEBAGAI BIOKOAGULAN PADA LIMBAH CAIR INDUSTRI TEMPE

Muhammad Nahrawi<sup>1</sup>, Ratni Dewi<sup>2,\*</sup>, Harunsyah<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup>Jurusan Teknik Kimia Politeknik Negeri Lhokseumawe, Jl. Banda Aceh – Medan km. 280,3 Buketrata, Kota Lhokseumawe, Aceh 24301, Indonesia

\*e-mail: ratnidewi@pnl.ac.id

### Abstract

*The impact of the tempe industrial wastewater which has an organic content value if discharged directly into water bodies will endanger the environment. This is due to the large number of pollutant substances present in wastewater, which will cause a decrease in dissolved oxygen levels in wastewater. The purpose of this study was to determine the effect of the dose and timing of tamarind seed bio coagulant on the reduction of chemical oxygen demand (COD), total dissolved solid (TDS), conductivity, turbidity, and pH in tempe industrial wastewater. This research was started by reducing the size of tamarind seeds (brown) so that they became powder, after which they were sieved using an 80 mesh sieve and heated in an oven at 105 °C for 2 hours to reduce the water content. The next process is coagulation and aeration by varying the mass of coagulant 5; 15; 25; 35; and 45 g and time variation of 15; 30; 45; 60; and 75 minutes. Based on the research results, it was found that the water content of tamarind seed powder was 8%, the optimum time and dose were at 75 minutes and 45 g with the percentage of removal of COD, turbidity, TDS, conductivity, and pH each of 97.5%; 61.48%; 19.89%; 16.39%; 3.8. The results of the FTIR characterization of the initial sample obtained a vibrational peak of 3172.90 cm<sup>-1</sup> for the carboxylic acid compound identifying the O-H functional group. And experienced a new vibrational peak after the coagulation and aeration process, namely the alcohol compound identified the vibrational O-H functional group of 3876.92 cm<sup>-1</sup>. From these results, it can be concluded that the tamarind seed bio coagulant can reduce the contaminants in the tempe industrial wastewater.*

**Keywords:** biocoagulant, COD, tamarind seed, TDS, turbidity.

### PENDAHULUAN

Industri tempe merupakan industri yang banyak dijumpai di masyarakat, besarnya minat dan kebutuhan masyarakat terhadap protein nabati yang terdapat pada tempe meningkatkan perkembangan industri tempe untuk memenuhi kebutuhan masyarakat tersebut. Permasalahan yang paling sering terjadi seiring dengan banyaknya industri tempe adalah banyaknya limbah cair pengolahan tempe yang berasal dari air rendaman kacang kedelai [1].

Pengusaha industri tempe yang mayoritas adalah industri rumah tangga perlu kesadaran untuk menciptakan lingkungan sehat dengan memperhatikan pengolahan limbah cair yang dihasilkan. Hal ini sesuai dengan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia No.5 Tahun 2014 Tentang baku mutu air limbah, baku mutu air limbah bagi usaha dan/atau kegiatan pengolahan kedelai [2].

Berbagai metode proses pengolahan limbah industri tempe telah dilakukan oleh para peneliti untuk menurunkan kadar zat-

zat pencemar dalam limbah tempe antara lain adalah proses koagulasi, fitoremediasi, adsorpsi dan lain-lain [3-5]

Koagulasi adalah proses penambahan koagulan atau zat kimia ke dalam suatu larutan dengan tujuan untuk mengkondisikan suspensi, koloid, dan materi tersuspensi dalam persiapan proses lanjutan yaitu flokulasi [6].

Proses pengolahan air limbah juga dapat dikombinasikan antara metode koagulasi dan aerasi. Aerasi adalah satu pengolahan air dengan cara penambahan oksigen kedalam air. Penambahan oksigen dilakukan sebagai salah satu usaha pengambilan zat pencemar yang terdapat di dalam air, sehingga konsentrasi zat pencemar dapat diturunkan atau bahkan dapat dihilangkan

Berbagai bahan tumbuh-tumbuhan telah dikembangkan sebagai biokoagulan dalam proses pengolahan limbah industri tempe. Salah satu bahan yang dapat bertindak sebagai koagulan adalah biji asam jawa (*tamarindus indica*). Penggunaan biji asam jawa dalam proses koagulasi karena kandungan protein dalam asam jawa yang berperan sebagai polielektrolit. Biji asam jawa mengandung protein terlarut yaitu gugus  $-NH_3^+$  yang mampu mengikat partikel-partikel muatan negatif tidak stabil dan akhirnya membentuk ukuran partikel yang dapat diendapkan dan merupakan salah satu koagulan aktif [3].

Penggunaan biji asam jawa sebagai koagulan diharapkan dapat menjadi alternatif pengolahan limbah industri tempe yang ramah lingkungan [7].

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kemampuan biji asam jawa sebagai koagulan alami dalam memperbaiki kualitas air limbah tempe dan pengaruhnya terhadap penyisihan parameter kualitas limbah cair industri tempe. Parameter kualitas air limbah cair industri tempe yang dianalisa adalah COD, *turbidity*, pH, dan TDS.

## METODE

### Bahan dan Alat

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah biji asam jawa yang sudah matang, limbah cair tempe, kalium kromat, ferro ammonium sulfat (FAS), dan indikator ferroin.

Sedangkan peralatan yang digunakan adalah *aeration apparatus*, erlenmeyer 100 mL, *crusher*, ayakan 80 mesh, timbangan analitik, *beaker glass*, *turbidity meter*, TDS meter, pH meter, buret, tabung COD, pemanas COD mikro.

### Preparasi Biji Asam Jawa

Pembuatan biji asam jawa sebagai koagulan dilakukan dengan mempersiapkan biji asam jawa dan dilakukan pengupasan kemudian dikeringkan dengan oven pada temperatur 105 °C selama 2 jam. Biji asam jawa yang sudah kering dihaluskan menggunakan *crusher*, kemudian diayak menggunakan ayakan 80 mesh. Kemudian bubuk biji asam jawa ditimbang dengan neraca analitik sesuai dengan jumlah yang divariasikan.

### Pengambilan dan Persiapan Sampel

Sampel limbah cair industri tempe diambil pada industri rumah tangga di desa Meuria Kecamatan Matang Kuli Aceh Utara.

### Langkah Kerja

Sampel limbah cair tempe sebanyak 5 liter dimasukkan ke dalam tabung *aerator apparatus*, hidupkan alat dan atur putaran pengaduk pada kecepatan 70 rpm. Masukkan serbuk asam jawa sesuai dengan variasi yang ditentukan, kemudian hidupkan saklar laju alir udara dan atur laju alir udara sebesar 2 liter/menit. Hidupkan *stopwatch* sampai waktu operasi selesai sesuai dengan waktu yang telah ditentukan. Setelah waktu

proses selesai, matikan alat dan diamkan selama 1 menit, ambil sampel secara hati-hati dan analisa parameter COD, *turbidity*, TDS dan pH.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan hasil penelitian yang sudah dilakukan, maka diperoleh data awal limbah industri tempe seperti diperlihatkan dalam Tabel 1.

Tabel 1. Data awal limbah cair tempe

Sampel	COD (mg/L)	Konduktivitas (µS)	pH	TDS (mg/L)	Turbidity (NTU)
1	12.450	4200	3.8	178	1089
2	12.000	4330	3.8	186	1067
3	12.000	4280	3.7	175	1054

Dari Tabel 1 terlihat bahwa karakteristik awal limbah cair tempe menunjukkan nilai kontaminannya sangat tinggi yaitu untuk *chemical oxygen demand* (COD) berkisar 12.000 hingga 12.450 mg/L, untuk parameter konduktivitas berkisar 4.200 hingga 4.330, parameter pH dalam range 3,7 – 3,8, *total dissolved solid* (TDS) berkisar 1.054 hingga 1.089 NTU. Parameter ini berada diatas baku mutu limbah sehingga diperlukan proses pengolahan lebih lanjut untuk menurunkan konsentrasi kontaminan dalam limbah tersebut melalui proses aerasi dan koagulasi.

Limbah cair industri tempe sebelum proses aerasi dan koagulasi berwarna kuning bening hampir sama dengan air tebu, setelah proses koagulasi dan aerasi terjadi perubahan warna pada limbah cair industri tempe menjadi kuning coklat, sedangkan bau air limbah dari bau asam menjadi lebih netral, adapun warna serbuk biji asam jawa dari coklat menjadi warna coklat kemerah-merahan. Hasil ini berkesesuaian dengan kajian yang telah dilakukan oleh peneliti sebelumnya [8].

Data karakteristik air limbah tempe setelah proses aerasi dan koagulasi diperlihatkan dalam Tabel 2. Dari Tabel 2 tersebut terlihat bahwa terjadi penurunan parameter karakteristik air limbah industri tempe dengan peningkatan massa dan waktu

proses. Penurunan yang signifikan terjadi pada parameter COD, konduktivitas, TDS dan *turbidity*, sementara untuk parameter pH, tidak terjadi perubahan yang signifikan.

Tabel 2. Karakteristik air limbah sesudah proses koagulasi dan aerasi

Massa (g)	Waktu (menit)	COD (mg/L)	Konduktivitas (µS)	pH	TDS (mg/L)	Turbidity (NTU)
5	15	12.000	4180	3.8	176	712
	30	10.500	4130	3.8	170	632
	45	7.500	4060	3.8	164	589
	60	3.000	3890	3.8	161	473
	75	1.500	3810	3.8	158	396
15	15	12.000	4110	3.8	175	689
	30	9.000	4090	3.8	173	636
	45	6.000	4030	3.8	169	549
	60	3.000	3960	3.8	165	491
	75	1.500	3820	3.8	163	423
25	15	10.500	4020	3.9	171	701
	30	8.100	3970	3.9	168	637
	45	6.000	3910	3.9	162	611
	60	2.550	3820	3.9	156	578
	75	1.050	3770	3.9	155	426
35	15	10.500	4010	3.9	170	698
	30	7.500	3920	3.9	169	635
	45	4.050	3910	3.9	163	593
	60	2.550	3760	3.9	157	537
	75	900	3620	3.9	149	411
45	15	10.500	4040	3.8	169	700
	30	5.100	4000	3.8	163	555
	45	3.300	3860	3.8	157	558
	60	1.500	3720	3.8	152	490
	75	300	3680	3.8	151	425

Persentase penyisihan kontaminan setelah proses koagulasi dan aerasi ditunjukkan dalam Tabel 3. Dari Tabel tersebut terlihat bahwa terjadi penyisihan parameter kontaminan meningkat dengan peningkatan massa adsorben dan waktu. Peningkatan penyisihan terbesar terjadi pada parameter *chemical oxygen demand* (COD) yaitu 97,5%, untuk parameter konduktivitas terjadi penyisihan sebesar 16,3%, parameter *total dissolved solid* (TDS) sebesar 19,89% dan *turbidity* sebesar 63,63%.

Koagulan biji asam jawa yang digunakan berbentuk serbuk untuk mempermudah proses terjadinya koagulasi yang homogen dalam proses pembentukan flok-flok di dalam air limbah industri tempe.

Proses awal penelitian ini dilakukan dengan menyiapkan biji asam jawa yang sudah matang (kecoklatan) lalu dicrusher hingga menjadi serbuk dengan ukuran 80 mesh. Biji asam jawa yang sudah diayak lalu di keringkan didalam oven selama 2 jam pada suhu 105 °C supaya kadar airnya menurun, kadar air yang didapatkan selama pengeringan sebesar 8 %.

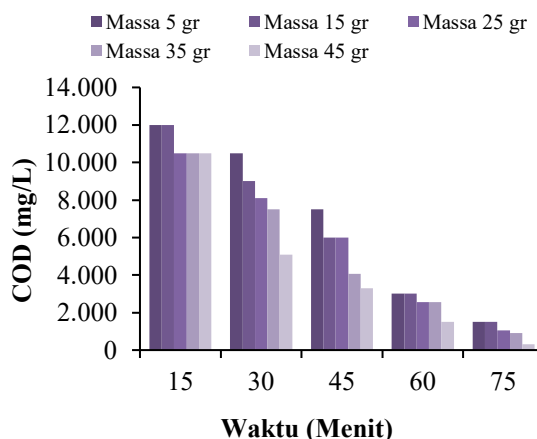
Tabel 3. Persentase penyisihan parameter sesudah proses koagulasi dan aerasi

Massa (g)	Waktu (menit)	COD (%)	Konduktivitas (%)	TDS (%)	Turbidity (%)
5	15	3,61	0,47	1,12	34,61
	30	15,66	1,6	4,49	41,96
	45	39,75	3,3	7,86	45,91
	60	75,90	7,38	9,55	56,56
	75	87,95	9,28	11,23	63,63
15	15	15,66	2,14	1,68	36,73
	30	27,71	2,61	2,80	41,59
	45	51,80	4,04	5,05	49,59
	60	75,90	3,96	7,30	54,91
	75	87,95	5,71	8,42	61,15
25	15	12,5	7,15	8,06	34,30
	30	32,5	8,31	9,67	40,29
	45	50	9,69	12,90	42,73
	60	78,75	11,77	16,12	45,82
	75	91,25	12,93	16,6	60,07
35	15	12,5	7,39	8,60	34,58
	30	37,5	9,46	9,13	40,48
	45	66,25	9,69	12,36	44,42
	60	78,75	13,16	15,59	49,67
	75	92,5	16,39	19,89	61,48
45	15	12,5	5,60	3,42	33,58
	30	57,5	6,54	6,85	47,34
	45	72,5	9,81	10,28	47,05
	60	87,5	13,08	13,14	53,51
	75	97,5	14,01	13,71	59,67

**Pengaruh Waktu dan Massa Koagulan Terhadap Penurunan COD**

Pengaruh waktu dan massa koagulan terhadap penurunan COD diperlihatkan pada Gambar 1. Dosis awal limbah cair industri tempe sebesar 12.000 mg/L dan mengalami penurunan hingga 300 mg/L dalam waktu 75 menit pada dosis koagulan 45 g. Penurunan ini diakibatkan semakin banyak koagulan yang diberikan maka proses pembentukan flok-flok semakin besar sehingga semakin cepat terjadi pengendapan. Nilai ini memenuhi baku mutu air limbah dalam Peraturan Menteri Lingkungan Hidup

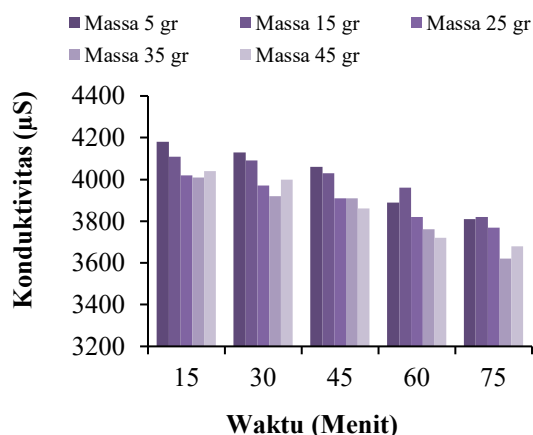
Nomor 5 Tahun 2014 tentang Baku Mutu Air Limbah (150 mg/L). Penurunan kadar COD terjadi secara terus menerus dari waktu 15 menit hingga 75 menit.



Gambar 1. Pengaruh waktu dan massa koagulan terhadap COD.

**Pengaruh Waktu dan Massa Koagulan terhadap Penurunan Konduktivitas**

Pengaruh waktu dan massa koagulan terhadap penurunan konduktivitas diperlihatkan pada Gambar 2.



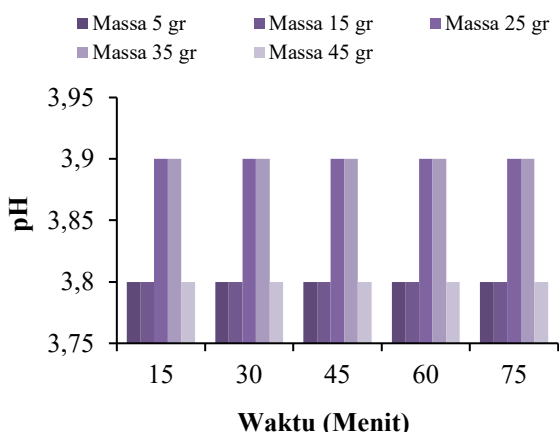
Gambar 2. Pengaruh waktu dan massa koagulan terhadap konduktivitas.

Berdasarkan Gambar 2 terlihat bahwa konduktivitas limbah cair industri tempe juga mengalami penurunan setelah proses koagulasi dan aerasi walaupun penurunannya tidak terlalu signifikan. Kadar awal konduktivitas pada limbah cair industri tempe adalah 4200 µS, setelah itu terjadinya

penurunan terhadap konduktivitas selama waktu proses koagulasi dan aerasi. Dari gambar terlihat bahwa pada dosis 45 gram dan waktu 75 menit terjadi penurunan konduktivitas sebesar 14,1 %. Hal ini sesuai dengan kajian terdahulu yang menyatakan bahwa konduktivitas menurun seiring dengan bertambahnya waktu kontak [9].

### Pengaruh Variasi Waktu dan Massa Koagulan terhadap pH

Pengaruh waktu dan massa koagulan terhadap pH diperlihatkan pada Gambar 3.

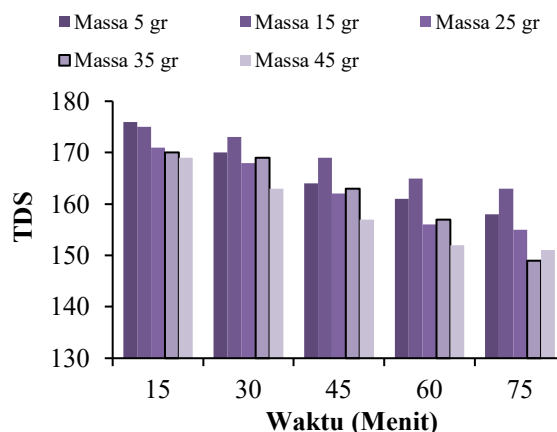


Gambar 3. Pengaruh waktu dan massa koagulan terhadap pH.

Berdasarkan Gambar 3 dapat dilihat bahwa parameter pH limbah industri tempe setelah proses koagulasi dan aerasi dengan serbuk biji asam jawa mengalami penurunan, namun tidak sesuai dengan peraturan Baku Mutu Air Limbah Peraturan Menteri Lingkungan Hidup No.5 Tahun 2014. Hal ini disebabkan bahwa penurunan pH pada proses koagulasi dan aerasi tersebut disebabkan peningkatan dosis koagulan yang ditambahkan sehingga meningkatkan keasaman larutan air limbah. Hal ini sesuai dengan kajian yang menyatakan bahwa peningkatan koagulan dapat menurunkan derajat keasaman larutan [10].

### Pengaruh Waktu dan Massa Koagulan terhadap TDS

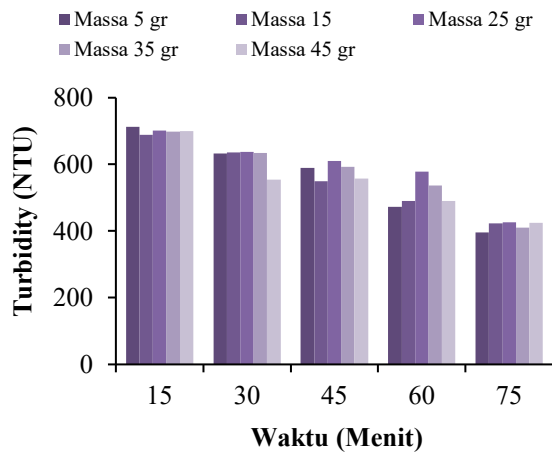
Pengaruh waktu dan massa koagulan terhadap TDS diperlihatkan pada Gambar 4. Berdasarkan Gambar tersebut terlihat bahwa parameter TDS awal limbah industri tempe adalah 186 mg/L, setelah proses koagulasi dan aerasi terjadi penurunan terhadap parameter air limbah. Dari gambar terlihat bahwa penurunan tertinggi diperoleh pada dosis 45 gram dan waktu 75 menit yaitu sebesar 151 mg/L yang berarti terjadi penurunan TDS sebesar 13,71%. Hal ini disebabkan karena peningkatan dosis koagulan akan meningkatkan pengikatan padatan terlarut dalam air limbah membentuk flok sehingga memudahkan terjadi pengendapan.



Gambar 4. Pengaruh waktu dan massa koagulan terhadap TDS.

### Pengaruh Waktu dan Massa Koagulan terhadap Turbidity

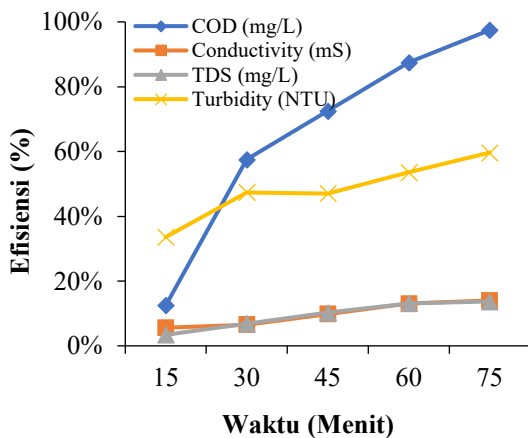
Pengaruh waktu dan massa koagulan terhadap *turbidity* diperlihatkan pada Gambar 5. Berdasarkan gambar terlihat bahwa parameter *turbidity* awal limbah industri tempe adalah 1.054 NTU, hal ini menunjukkan bahwa kekeruhan awal limbah cair industri tempe sangat tinggi, setelah proses koagulasi dan aerasi terjadi penurunan *turbidity* sebesar 425 NTU, yang menunjukkan adanya penyisihan sebesar 59,67 % pada dosis 45 gram dan waktu 75 menit.



Gambar 5. Pengaruh waktu dan massa koagulan terhadap turbidity.

### Efisiensi Persentase Penurunan Kontaminan pada Dosis 45 gram

Efisiensi persentase penurunan kontaminan pada dosis 45 g diperlihatkan pada Gambar 6.

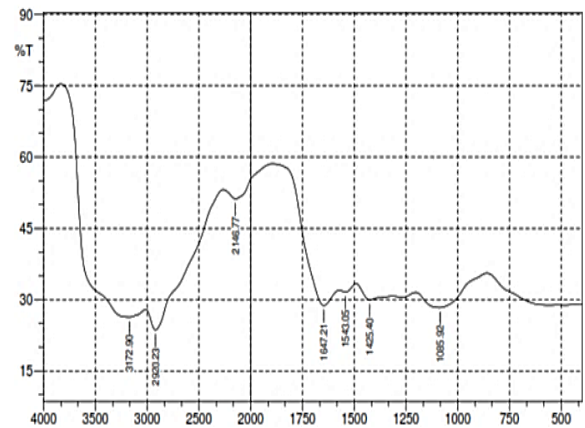


Gambar 6. Efisiensi persentase penurunan kontaminan pada dosis 45 gram

Gambar 6 menunjukkan bahwa semakin lama waktu kontak maka terjadi peningkatan efisiensi penyisihan pada semua parameter yang dikaji. Dari gambar juga terlihat bahwa efisiensi penyisihan terbesar terjadi pada parameter COD yaitu 97,5%, kemudian penurunan turbidity 57,9%, konduktivitas 14,1% dan TDS 13,71%. Penyisihan tersebut diperoleh pada waktu kontak selama 75 menit dan dosis koagulan 45 gram.

### Karakterisasi Gugus Fungsi Menggunakan FTIR (Fourier Transform Infrared)

Kurva FTIR sampel awal serbuk biji asam jawa diperlihatkan pada Gambar 7. Dari gambar tersebut terlihat bahwa kandungan senyawa organik dalam biji asam jawa pada data IR terjadi *stretching* O-H, C=H, N=C=N, C=C, N-O, O-H, C-O pada puncak 3172,90; 2920,23; 2146,77; 1647,21; 1543,05; 1425,40; 1085,92  $\text{cm}^{-1}$  dan *blending* C-O pada puncak 1085,92  $\text{cm}^{-1}$ . Puncak-puncak spektrum ini menunjukkan bahwa serbuk biji asam jawa mengandung senyawa organik dengan gugus fungsi yang aktif mengikat zat organik dan ion anorganik dalam air limbah.



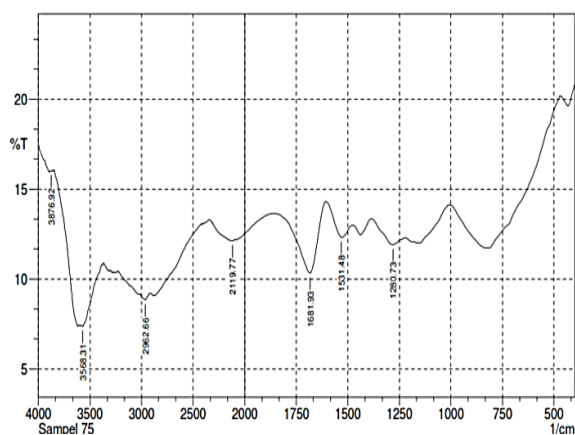
Gambar 7. Kurva FTIR sampel awal serbuk biji asam jawa

Setelah terjadinya proses aerasi dan koagulasi terlihat gugus fungsi yang baru yaitu gugus fungsi alkohol disebabkan munculnya gugus fungsi alkohol dikarenakan adanya pencampuran serbuk biji asam jawa dan air limbah industri tempe yang diduga pada saat proses pembuatan tempe terjadi fermentasi yang menghasilkan alkohol seperti ditunjukkan pada Gambar 8.

Berdasarkan Gambar 8 dapat disimpulkan bahwa spektrum hasil endapan proses koagulasi dan aerasi dengan serbuk biji asam jawa mengalami perubahan puncak vibrasi baik *stretching* ataupun *blending*,

pada puncak 3876,92 terjadi *stretching* O-H, puncak 3568,31 terjadi *stretching* O-H, pada puncak 2962,66 terjadi *stretching* O-H, pada puncak 2119,77 terjadi *stretching* N=C=S, pada puncak 1681,93 terjadi *stretching* C-O, pada puncak 1531,48 terjadi *stretching* N-H, pada puncak 1280,73 terjadi *stretching* C-O.

Dengan demikian puncak-puncak spektrum yang muncul mampu mengikat dan mengkoagulasi partikel dalam air limbah tempe, hal ini sesuai dengan kajian yang dilakukan sebelumnya yang menunjukkan bahwa hasil karakterisasi biji asam jawa awal menunjukkan adanya serapan pada  $3417,86\text{ cm}^{-1}$  dan karakterisasi biji asam jawa setelah koagulasi menunjukkan pada daerah  $3400\text{ cm}^{-1}$  yang diduga disebabkan karena terjadi interaksi elektrostatik [11].



Gambar 8. Kurva FTIR serbuk biji asam jawa dan endapan limbah tempe akhir

## KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian telah dilakukan maka dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Pada penelitian ini didapatkan dosis biji asam jawa yang paling optimal sebesar 45 gram yang mampu menurunkan kadar COD, TDS, *turbidity*, dan konduktivitas pada limbah cair industri tempe menggunakan metode koagulasi dan aerasi.
2. Hasil penelitian mendapatkan kadar

COD dan TDS telah memenuhi baku mutu air limbah peraturan Kementerian Lingkungan Hidup No.5 Tahun 2014, yaitu sebesar  $300\text{ mg/L}$  dan  $151\text{ NTU}$ . Namun untuk *turbidity*, konduktivitas, dan pH terjadi penurunan, tetapi tidak memenuhi baku mutu air limbah.

3. Waktu optimal untuk penurunan kontaminan limbah cair tempe adalah selama 75 menit.
4. Penyisihan kadar kontaminan paling signifikan terjadi pada COD, *turbidity*, TDS, konduktivitas, dan pH berturut-turut adalah  $97,5\%$ ;  $61,48\%$ ;  $19,89\%$ ;  $16,39\%$  dan  $3,8$ .

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Cundari, L. *et al.*, 2022. *processing of tempe liquid waste in stages using combination of coagulation and electrocoagulation methods*. Konversi, Vol. 11, No. 2.
- [2] Permatasari, C. K., 2021. *Kriteria Prioritas pemilihan teknologi pengolahan limbah cair industri tempe*. Journal of Applied Science (Japps), Vol. 3, No. 2, pp. 015-025.
- [3] Lisa, D., Fikri, E., and Rojali, R., 2022. *Penggunaan koagulan kombinasi bubuk biji moringa oleifera dan bubuk biji tamarindus indica dalam menurunkan kadar COD dan TSS limbah cair tahu*. Jurnal Kesehatan Lingkungan Indonesia, Vol. 21, No. 3, pp. 266-273.
- [4] Billah, Z., Dewi, T. U., and Mayangsari, N. E., 2023. *Penurunan kadar COD air limbah industri tempe dengan metode fitoremediasi menggunakan tanaman typha latifolia*. in *Conference Proceeding on Waste Treatment Technology*, Vol. 6, No. 1.
- [5] Cundari, L. *et al.*, 2022. *Penyerapan COD, TSS, kekeruhan dan isotherm adsorpsi pada pengolahan limbah cair tempe menggunakan karbon aktif eceng gondok (Eichornia crassipes)*.

- JST (Jurnal Sains dan Teknologi), Vol. 11, No. 2.
- [6] Tiara, A. *et al.*, 2022. *Pengaruh dosis biokoagulan biji pepaya (carica papaya l.) dan waktu pengadukan terhadap nilai pH dan turbiditas pada pengolahan limbah cair tempe*. *Applicable Innovation of Engineering and Science Research (AVoER)*, Vol. 15, No. 1, pp. 317-323.
- [7] Novita, E., Salim, M. B., and Pradana, H. A., 2021. *Penanganan air limbah industri kopi dengan metode koagulasi-flokulasi menggunakan koagulan alami biji asam jawa (tamarindus indica L.)*. *Jurnal Teknologi Pertanian*, Vol. 22, No. 1, pp. 13-24.
- [8] Agustini, D. and Fitriah, L., 2021. *Serbuk biji asam jawa (tamarin dusindica l) untuk pengelolaan limbah industri cair tempe (studi kasus Mataram)*. *Jurnal Sains Teknologi & Lingkungan*, Vol. 7, No. 2, pp. 272-279.
- [9] Nur, A. and Komala, P. S., 2020. *Penyisihan senyawa organik pada air limbah tahu menggunakan proses elektrokoagulasi pasangan elektroda aluminium*. *Jurnal Dampak*, Vol. 17, No. 2, pp. 62-71.
- [10] Hardi, F. O., Warno, S. E., and Hermiyanti, P., 2017. *Ekstrak biji asam jawa (tamarindus indica) sebagai koagulan limbah cair industri tempe tahun 2017*. *Gema Lingkungan Kesehatan*, Vol. 15, No. 3.
- [11] Pembayun, S. W. R. and Rahmayanti, M., 2020. *Efektivitas biji asam jawa sebagai koagulan alami dalam menurunkan konsentrasi zat warna remazol red dan nilai COD*. *JST (Jurnal Sains dan Teknologi)*, Vol. 9, No. 2, pp. 162-169.