

PENERAPAN PENGGUNAAN SERBUK BIJI KELOR SEBAGAI KOAGULAN PADA PROSES KOAGULASI FLOKULASI LIMBAH CAIR PABRIK TAHU DI SENTRA INDUSTRI TAHU KOTA MALANG

Harimbi Setyawati¹⁾, ST. Salamia, LA²⁾, Sanny Andjar Sari³⁾

¹⁾Program Studi Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri,
Institut Teknologi Nasional Malang

^{2),3)}Program Studi Teknik Industri Fakultas Teknologi Industri,
Institut Teknologi Nasional Malang

Abstrak, Limbah cair industri tahu mengandung bahan-bahan organik yang sangat tinggi. Senyawa-senyawa organik di dalam limbah cair tersebut berupa protein, karbohidrat, lemak dan minyak. Berdasarkan analisa limbah cair industri kecil tahu di Karangploso diketahui bahwa limbah cair industri tahu mengandung COD (1247 mg/l), BOD (997 mg/l), TSS (587,5 mg/l) dan pH 3,7. Oleh sebab itu, limbah cair tersebut harus diolah terlebih dahulu sebelum dibuang ke lingkungan untuk mengurangi kandungan pencemar yang menyertai limbah tersebut. Salah satu koagulan alternatif yang dapat digunakan adalah serbuk biji kelor. Kegiatan pengabdian ini menggunakan serbuk biji kelor dengan kadar air 10 %. Variasi dosis koagulan yang digunakan 2000, 3000, 4000, 5000 mg/500 ml limbah cair tahu, ukuran koagulan 70 mesh dengan pH awal adalah 3,7. Waktu pengadukan optimum yang diperoleh adalah 2-3 menit dengan penurunan COD 280 mg/L, BOD 112 mg/L, TSS 100,4 pada dosis koagulan 2000 mg/500 ml, dan ukuran partikel koagulan 70 mesh dengan pH akhir adalah 3,9 , sehingga dapat disimpulkan bahwa biji kelor dapat digunakan sebagai koagulan yang efektif karena persentase penurunan yang diperoleh di atas 50 %.

Kata Kunci: Limbah Cair Industri Tahu, Biji Kelor, COD, BOD dan TSS

Industri tahu pada umumnya menghasilkan air limbah yang polutif, dengan kadar BOD 900-3500 mg/l dan COD 1700-7300 mg/l. Limbah cair tahu ini pada umumnya langsung dibuang ke sungai yang menyebabkan kematian organisme perairan karena kekurangan oksigen. Jika dibuang ke sawah akan menghasilkan gas metan

yang menyebabkan unsur hara didalam tanah menjadi tidak seimbang yang akan berdampak pada bulir padi menjadi puso atau kosong (Novarina, 2015). Untuk menurunkan nilai BOD dan COD limbah, perlu dilakukan pengurangan zat-zat organik yang terkandung di dalam limbah sebelum dibuang ke perairan (Jatu, 2010).

Tahu merupakan salah satu makanan tradisional yang digemari oleh seluruh lapisan masyarakat Indonesia. Tahu mengandung gizi yang baik diantaranya mengandung protein, karbohidrat, dan lemak. Industri tahu di Indonesia rata-rata masih dilakukan dengan teknologi yang sangat sederhana sehingga tingkat efisiensi penggunaan sumber daya (air dan bahan baku) dirasakan masih rendah dan tingkat produksi limbahnya juga relatif tinggi.

Limbah cair yang dihasilkan dari industri tahu mengandung bahan organik tinggi dan kadar BOD sebesar 997 mg/L, COD sebesar 1247 mg/L, dan TSS yang cukup tinggi sebesar 587,5 mg/L, sedangkan menurut Pergub Jatim tahun 2013 kadar buang air limbah yaitu BOD sebesar 150 mg/L, COD sebesar 300 mg/L, dan TSS sebesar 200 mg/L. Jika limbah langsung dibuang ke badan air, jelas sekali akan menurunkan daya dukung lingkungan. Sehingga industri tahu memerlukan suatu pengolahan limbah untuk mengurangi resiko beban pencemaran yang ada.[subekti sri, 2011].

Biji kelor dapat dipergunakan sebagai salah satu koagulan alami alternatif yang tersedia secara lokal. Efektivitas koagulasi biji kelor ditentukan oleh kandungan protein kationik. Keuntungan penggunaan koagulan alami seperti serbuk biji kelor adalah tanaman tersebut mudah ditemukan didaerah iklim tropis. Selain itu, koagulan alami dapat membentuk flok yang lebih kuat terhadap gesekan pada saat aliran turbulen dibandingkan dengan koagulan kimia.[S.D.R utami,2012].

Dalam kegiatan pengabdian masyarakat ini akan dilaksanakan penyuluhan kepada pemilik maupun karyawan di industri tahu tentang mengoptimalkan kinerja serbuk biji kelor sebagai koagulan organik dalam menurunkan COD, BOD, TSS (Total Suspended Solid), dan juga turbiditas pada limbah cair industri tahu.

Pengabdian masyarakat ini mempunyai kegunaan sebagai berikut:

1. Memberikan informasi tentang kemampuan optimum serbuk biji kelor sebagai koagulan organik dalam menurunkan COD, BOD, TSS (Total Suspended Solid), dalam limbah industri tahu.
2. Menambah pengetahuan mengenai pengolahan limbah cair industri tahu di Indonesia.
3. Mengoptimalkan pengolahan limbah cair industri tahu dengan menggunakan serbuk biji kelor.

Limbah Cair industri Tahu

Limbah padat industri tahu belum dirasakan dampaknya karena limbah padat industri tahu bisa dimanfaatkan sebagai pakan ternak.. [hanry,] Sedangkan limbah cair merupakan bagian terbesar dan berpotensi mencemari lingkungan.

Limbah cair industri tahu mengandung bahan-bahan organik yang pada umumnya sangat tinggi. Senyawa-senyawa organik di dalam air limbah buangan tersebut dapat berupa:

- Protein
- Karbohidrat
- Lemak
- Dan minyak

Di antara senyawa-senyawa tersebut, protein dan lemaklah yang jumlahnya paling besar di dalam limbah cair tahu.

Semakin lama, jumlah dan jenis bahan organik yang terkandung ini akan semakin banyak, dalam hal ini akan menyulitkan pengelolaan limbah, karena beberapa zat sulit diuraikan oleh mikroorganisme di dalam air limbah tahu tersebut. [ayu,2013]

A. Karakteristik Limbah Cair Industri Tahu

Karakteristik buangan industri tahu meliputi dua hal, yaitu

- Karakteristik Fisika
Meliputi padatan total, padatan tersuspensi, suhu, warna, dan bau.
- Karakteristik kimia
Meliputi bahan organik, bahan anorganik dan gas.

Suhu buangan industri tahu berasal dari proses pemasakan kedelai. [coniwanti, 2013] Suhu air limbah tahu berkisar 37-45°C, kekeruhan 535-585 FTU, warna 2.225-2.250 Pt.Co, amonia 23,3-23,5 mg/l, BOD5 6.000-8.000 mg/l dan COD 7.500-14.000 mg/l. [fibria,2007] Senyawa-senyawa tersebut mencapai 40% - 60% protein, 25% – 50% karbohidrat, dan 10% lemak. Air buangan industri tahu kualitasnya bergantung dari proses yang digunakan. Apabila air prosesnya baik, maka kandungan bahan organik pada air buangannya biasanya rendah. Komponen terbesar dari limbah cair tahu yaitu protein (Ntotal) sebesar 226,06 434,78 mg/l. [coniwanti, 2013]

B. Dampak Limbah Industri Tahu

Limbah cair yang dihasilkan pada proses pembuatan tahu mengandung padatan tersuspensi maupun terlarut, akan mengalami perubahan fisika, kimia dan akan menimbulkan gangguan terhadap kesehatan karena

menghasilkan zat beracun. Bila dibiarkan begitu saja, air limbah akan berubah warnanya menjadi cokelat kehitaman dan berbau busuk. Apabila air limbah ini merembes ke dalam tanah yang dekat dengan sumur maka air sumur itu tidak dapat dimanfaatkan lagi. Apabila limbah ini dialirkan ke sungai maka akan mencemari sungai dan bila masih digunakan akan menimbulkan gangguan kesehatan. [coniwanti,2013].

Selain itu, pencemaran bahan organik limbah industri tahu adalah gangguan terhadap kehidupan biotik. Turunnya kualitas air perairan akibat meningkatnya kandungan bahan organik. [fibria,2007]

Koagulasi-Flokulasi

Koagulasi-flokulasi merupakan suatu proses yang diperlukan untuk menghilangkan material limbah berbentuk suspensi atau koloid. Koloid merupakan suatu partikel-partikel yang tidak dapat mengendap dalam waktu tertentu dan tidak dapat dihilangkan dengan proses perlakuan fisika biasa. [coniwanti,2013]

Koagulasi itu sendiri adalah proses destabilisasi partikel senyawa koloid dalam limbah cair. Dapat dikatakan pula suatu proses pengendapan dengan menambahkan bahan koagulan ke dalam limbah cair sehingga terjadi endapan pada dasar tangki pengendapan. [suharto,2011]

Prinsip dasar proses koagulasi adalah terjadinya gaya tarik menarik antara ion-ion negatif disuatu pihak dengan ion-ion positif di pihak lain. Yang bertindak sebagai ion negatif adalah partikel-partikel yang terdiri

dari zat-zat organik (partikel koloid), mikroorganisme dan bakteri. [bangun,2013]

Sedangkan flokulasi merupakan proses kelanjutan dari proses koagulasi, dimana mikroflok hasil koagulasi mulai menggumpalkan partikel-partikel koloid menjadi flok-flok yang lebih besar yang dapat diendapkan dan proses ini dibantu dengan pengadukan lambat.

Proses koagulasi-flokulasi tidak dapat dipisahkan dalam pengolahan limbah cair industri karena kedua proses ini selalu dilakukan bersama. Pembentukan makroflok dalam proses flokulasi terjadi karena tumbukan-tumbukan antara partikel koloid.[bangun,2013]

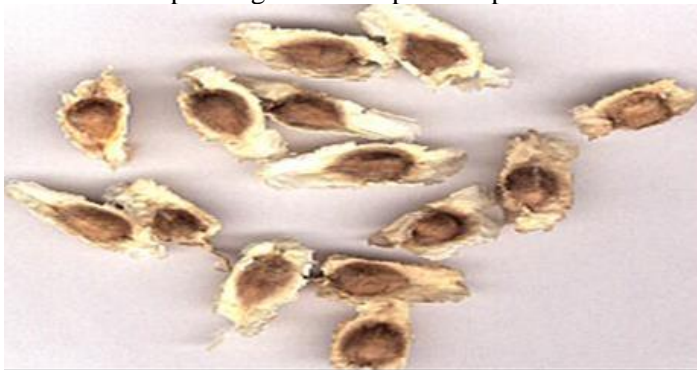
Koagulan

Koagulan adalah bahan kimia yang dibutuhkan air untuk membantu proses pengendapan partikel-partikel kecil yang tak dapat mengendap dengan sendirinya. Koagulan yang biasa digunakan dalam industri pengolahan air adalah koagulan kimia seperti tawas, PAC, ferri klorida, ferri sulfat, dan polymer kation. Meskipun koagulan kimia lebih efektif dari koagulan alami akan tetapi koagulan

kimia dalam dosis yang tinggi dapat menyebabkan endapan yang sulit untuk ditangani. Sehingga koagulan alami adalah salah satu alternatif yang dapat digunakan sebagai pengganti koagulan kimia. Koagulan alami yang biasa digunakan pada umumnya berasal dari biji tanaman.[coniwati,2013]. Syarat koagulan, yaitu:

1. Kation trivalen
2. Non toksik
3. Tidak terlarut pada batasan pH netral

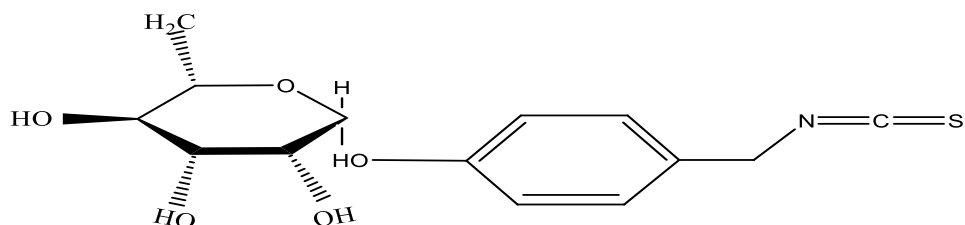
Pada proses koagulasi, partikel-partikel koloid menarik ion-ion positif dari zat kimia yang ditambahkan sebagai koagulan. Koagulan dengan konsentrasi yang pekat membentuk lapisan pada permukaan partikel koloid. Lapisan tersebut dikelilingi oleh ion-ion negatif dan secara perlahan-lahan bercampur dengan ion-ion positif. Lapisan ion positif dikenal dengan istilah lapisan kokoh, sedangkan lapisan yang mengelilingi ion positif dikenal dengan lapisan difus. Lapisan difus ini kemudian berkontraksi dan menghilangkan lapisan kokoh, sehingga menyebabkan terjadinya gaya tarik-menarik antar partikel-partikel koloid.



Gambar 1. Biji Kelor

Moringa oliefera di Indonesia dikenal sebagai kelor. Tumbuhan ini termasuk jenis tumbuhan perdu yang dapat memiliki batang 7-11 meter. Kelor dapat berkembang biak dengan baik pada daerah yang mempunyai ketinggian tanah 300-500 meter. [indra,2010] Buah kelor berbentuk polong segitiga memanjang sekitar 30-50 cm, yang biasa disebut klentang. buah kelor berisi 15-25 biji berwarna coklat kehitaman. [nila,2013]

Biji kelor dapat dipergunakan sebagai salah satu koagulan alami



Gambar 2. Struktur Kimia 4 α L-Rhamnosyloxy-Benzyl-Isothiocyanate [wahyudi,2012]

Zat aktif itu mampu mengadsorpsi partikel-partikel air limbah. Dengan perubahan bentuk menjadi bentuk yang lebih kecil, maka zat aktif dari biji kelor tersebut akan semakin banyak karena luas permukaan biji kelor semakin besar. Apabila kandungan air di dalam biji kelor besar, maka kemampuannya dalam menyerap limbah cair semakin kecil karena zat aktif tersebut tidak berada di permukaan biji kelor tetapi tertutupi oleh air sehingga kelembaban biji kelor harus kecil. [ayu,2013]

Serbuk biji kelor ketika diaduk dengan air, protein terlarutnya memiliki muatan positif. Fakta ini sangat menguntungkan karena

alternatif yang tersedia secara lokal. Biji kelor yang dipergunakan adalah yang matang atau tua yang memiliki kadar air kurang dari 10%. [riko,2013] Efektivitas koagulasi biji kelor ditentukan oleh kandungan protein kationik. Zat aktif yang terkandung dalam biji kelor yaitu 4 α L-rhamnosyloxy-benzyl-isothiocyanate. [coniwanti, 2013] berikut adalah struktur kimia 4 α L-rhamnosyloxy-benzyl-isothiocyanate:

kebanyakan koloid di Indonesia bermuatan listrik negatif, karena banyak berasal dari material organik. Ion koagulan dengan muatan serupa dengan muatan koloid akan ditolak, sebaliknya ion yang berbeda muatan akan ditarik. Prinsip perbedaan muatan antara koagulan dan koloid inilah yang menjadi dasar proses koagulasi. Semakin tinggi ion yang berbeda muatan semakin cepat terjadi koagulasi [saleh hidayat,2012]

Keuntungan penggunaan koagulan alami seperti serbuk biji kelor adalah tanaman tersebut mudah ditemukan di daerah iklim tropis. Selain itu, koagulan alami dapat membentuk flok yang lebih kuat

terhadap gesekan pada saat aliran turbulen dibandingkan dengan koagulan kimia. [S.D.R utami,2012]

Koagulan serbuk biji kelor memiliki keuntungan tambahan yaitu bersifat antimikroba. [syahru rahmadani,2013] Mekanisme yang paling mungkin terjadi dalam proses koagulasi dengan serbuk biji kelor [Moringa oleifera] adalah adsorpsi dan netralisasi tegangan koloid. [hadi purnomo,2012].

Dalam proses koagulasinya, serbuk biji kelor memberikan pengaruh yang kecil terhadap derajat keasaman dan konduktifitas. Bahan koagulan dalam serbuk biji kelor adalah protein kationik yang larut dalam air. Hal ini menunjukkan bahwa larutan ini didominasi oleh tegangan positif meskipun merupakan campuran heterogen yang kompleks. [coniwanti,2013].

Tabel 1. Unsur-Unsur Alami Yang Terkandung Per 100 Gram Biji Kelor Kering

No	Komposisi	Berat	Satuan
1	Air	4.08 gr	gram
2	Protein	38.4 gr	gram
3	Minyak dan Lemak	34.7 %	%
4	Ekstrak	16.4 gr	gram
5	Serat	3.5 gr	gram
6	Abu	3.2 gr	gram

Tabel 2. Unsur-Unsur Kimia Yang Terkandung Biji Kelor

Komposisi	Jumlah (%)
Kalsium	3,76
Sukrosa	5,5
Kalium	1,43
Magnesium	0,96
CaO	0,4
P2O5	1,1
K2O	0,8

METODE

Bahan baku dalam percobaan ini adalah limbah cair industri tahu yang dihasilkan dari proses penggumpalan pada proses pembuatan tahu. Limbah cair yang diambil adalah limbah cair tahu berat dari

Prosedur Penelitian

1. Pembuatan koagulan serbuk biji kelor kadar air 10%

Serbuk biji kelor yang akan digunakan sebagai koagulan sebelumnya diturunkan kadar airnya hingga menjadi 10%. Serbuk biji kelor terlebih dahulu diayak menggunakan ayakan mesh ukuran 70 mesh. Setelah itu serbuk biji

kelor yang sudah diayak ukuran 70 mesh dioven \pm 2 jam dengan suhu 105 oC, setelah itu dilakukan penimbangan hingga mencapai kadar 10%.

2. Proses penurunan BOD, COD, dan TSS pada air limbah industri tahu.

Prosedur penelitian terhadap berbagai variasi dosis koagulan terhadap nilai turbidity, TSS, BOD dan COD limbah cair industri tahu

- Sampel limbah cair industri tahu
- Analisa COD, BOD, TSS dan pH untuk sampel awal limbah.
- Limbah dimasukkan ke dalam 4 buah beaker glass dengan volume masing-masing 500 ml
- Penambahan koagulan biji kelor dalam sampel dengan dosis tertentu (2000, 3000, 4000, dan 5000 mg/L), dilanjutkan dengan proses koagulasi-flokulasi dengan alat flokulator.

- Sampel kemudian diaduk cepat dengan waktu tertentu (2,3,4 dan 5 menit) dengan kecepatan pengadukan 100 rpm, diikuti dengan pengadukan lambat 40 rpm selama 15 menit. Setelah pengadukan, diendapkan selama 25 menit setelah itu, penyaringan dengan kertas saring.

- Setelah sedimentasi dan penyaringan hasil diambil dan dilakukan analisa kembali. Dan diambil kesimpulan

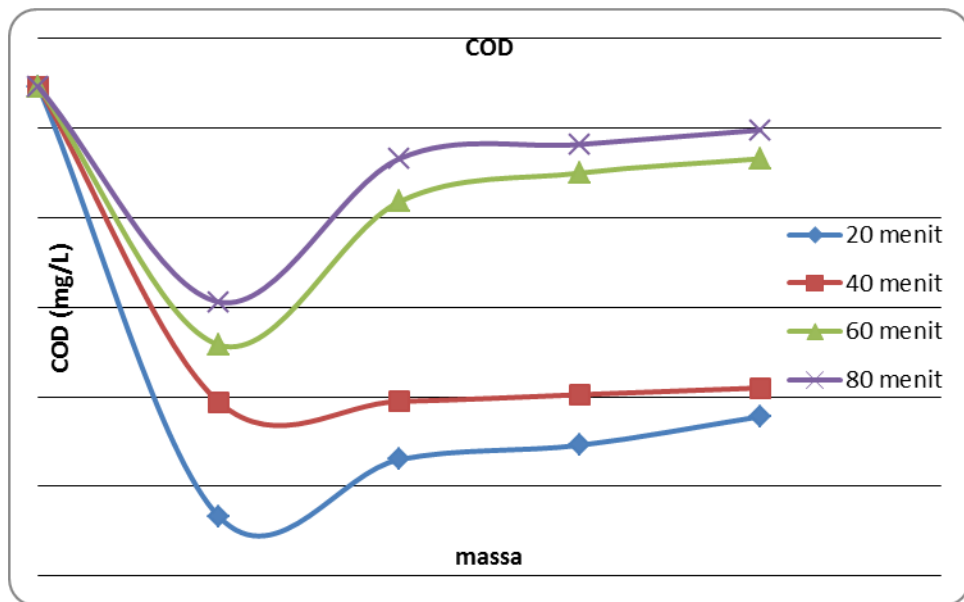
HASIL DAN PEMBAHASAN

1. COD

Dari uji analisa sampel ada beberapa sample yang sesuai dengan standard kelayakan limbah industri tahu di Jawa Timur, berdasar pada PERGUBJATIM-72-2013, didapatkan hasil sebagai berikut:

Tabel 1. Hasil Uji Analisa Sampel Tentang COD

Massa Waktu	Nilai COD (mg/L)			
	20 menit	40 menit	60 menit	80 menit
100 gram	32	288	416	512
200 gram	160	290	736	832
300 gram	192	305	800	864
400 gram	256	320	832	896



Gambar 4. Hasil Uji Analisa Tentang COD

Chemical Oxygen Demand atau kebutuhan oksigen kimia (KOK) adalah jumlah oksigen (mgO_2) yang dibutuhkan untuk mengoksidasi zat-zat organik yang ada dalam satu liter sampel air. Nilai COD yang diperbolehkan untuk industri tahu berdasarkan PERGUBJATIM-72-2013 adalah 300 mg/L. Dari hasil analisa sample ada beberapa sample yang tidak memenuhi ambang batas nilai COD berdasarkan PERGUBJATIM-72-2013. Waktu kontak optimum pada penelitian ini adalah 20 menit, pada waktu kontak 0-20 menit terjadi penurunan kadar COD yang signifikan. Penurunan nilai adsorpsi terjadi secara terus menerus pada waktu kontak 40-80 menit. Hal ini sesuai dengan teori yang telah diuraikan di atas bahwa semakin lama waktu kontak akan semakin baik dalam proses adsorpsi hingga didapatkan waktu optimum dalam

proses penyerapan, setelah waktu optimum didapatkan maka proses penyerapan cenderung berkurang, hal dikarenakan adanya kemungkinan sebagian kecil dari adsorben ikut terbawa oleh larutan sehingga kemampuan penyerapan berkurang. Selain itu juga disebabkan adsorben telah mencapai titik jenuh dalam proses adsorpsi, sehingga proses penyerapan menurun setelah tercapai waktu optimum.

Waktu kontak berbanding lurus dengan bertambahnya massa dimana semakin banyak semakin banyak massa adsorben semakin tinggi pula kadar COD, hal ini disebabkan karena massa arang aktif sekam padi yang diberikan terlalu banyak sehingga antar arang aktif sendiri saling berdesakan dan menyebabkan interaksi arang aktif sekam padi dengan limbah cair tahu kurang efektif.

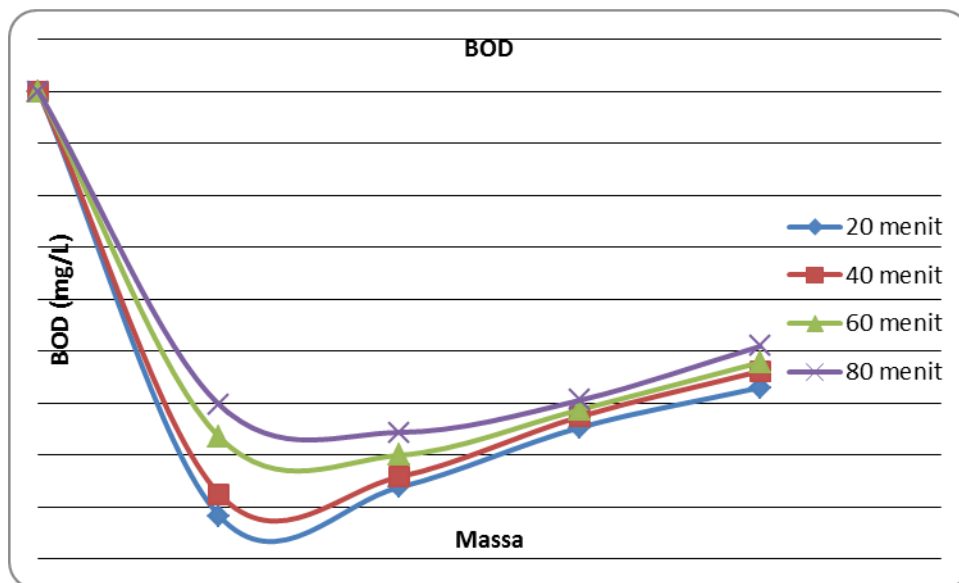
Pada penelitian ini didapatkan waktu kontak optimum adalah 20 menit dengan massa adsorben optimum 100 gram. Dimana terjadi penurunan yang signifikan dari nilai COD limbah awal adalah 992 mg/L menjadi 32 mg/L.

2. BOD

Dari uji analisa sampel sesuai dengan standard kelayakan limbah industri tahu di Jawa Timur, berdasar pada PERGUBJATIM-72-2013, didapatkan hasil sebagai berikut:

Tabel 2. Hasil Uji Analisa Sampel Tentang BOD

Massa Waktu	Nilai BOD (mg/L)			
	20 menit	40 menit	60 menit	80 menit
100 gram	16,6	25	47	59,5
200 gram	27,6	31,6	39,9	48,7
300 gram	50,6	54,8	57,5	61,1
400 gram	66	72,3	75,7	81,9



Gambar 5. Hasil Uji Analisa Tentang BOD

Biochemical Oxygen Demand menunjukkan jumlah oksigen terlarut yang dibutuhkan oleh organisme hidup untuk memecahkan atau mengoksidasi bahan-bahan buangan dalam air. Nilai BOD berdasarkan PERGUBJATIM-72-2013 yang diperbolehkan adalah

sebesar 150 mg/L. Dari hasil analisa sample, semua sample memenuhi standart kelayakan berdasarkan PERGUBJATIM-72-2013. Dengan waktu kontak optimum 20 menit. Hal ini sesuai dengan teori yang telah dijelaskan di tinjauan pustaka bahwa

semakin lama waktu kontak akan semakin baik dalam proses adsorpsi hingga didapatkan waktu optimum dalam proses penyerapan, setelah waktu optimum didapatkan maka proses penyerapan cenderung berkurang, hal dikarenakan adanya kemungkinan sebagian kecil dari adsorben ikut terbawa oleh larutan sehingga kemampuan penyerapan berkurang. Selain itu juga disebabkan adsorben telah mencapai titik jenuh dalam proses adsorpsi, sehingga proses penyerapan menurun setelah tercapai waktu optimum.

Semakin banyak massa yang ditambahkan maka semakin tinggi pula nilai BOD yang didapatkan. Hal ini sesuai dengan teori yang telah dijelaskan bahwa massa arang aktif sekam padi yang diberikan terlalu banyak sehingga antar arang aktif sendiri saling berdesakan dan menyebabkan interaksi arang aktif sekam padi dengan limbah cair tahu kurang efektif.

Setelah dilakukan uji analisa pendahuluan dan analisa terhadap hasil pengabdian yang dilakukan, maka secara menyeluruh dapat digambarkan melalui tabel sebagai berikut:

Tabel 3. Perbandingan uji analisa pendahuluan dengan hasil penelitian

Parameter	Nilai Awal	Nilai Akhir	Selisih
COD (mg/L)	992	32	960
BOD (mg/L)	180	16,6	163,4

Data diatas menunjukkan bahwa arang aktif dari sekam padi, layak digunakan untuk proses adsorpsi limbah cair industri tahu.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

1. Proses adsorpsi limbah cair industri tahu menggunakan adsorben arang aktif dari sekam padi dengan ukuran partikel 100 mesh, dapat menurunkan kadar COD dan BOD. Penggunaan arang aktif dari sekam padi yang tepat akan menyerap polutan-polutan yang ada pada limbah dengan maksimal.
2. Semakin lama waktu kontak dan semakin banyak massa adsorben maka semakin tinggi pula kadar COD dan BOD. Hal ini

dikarenakan adsorben telah jenuh dan mengalami desorpsi serta antar arang aktif sendiri saling berdesakan sehingga interaksi arang aktif dengan limbah cair tahu kurang efektif.

3. Massa aktif arang aktif sekam padi rata-rata adalah sekitar 20 menit. Setelah itu diduga arang aktif sekam padi telah atau mulai mengalami kejenuhan.
4. Massa arang aktif optimum adalah 100 gram. Semakin banyak massa adsorben yang ditambahkan semakin tinggi pula nilai COD dan BOD, hal ini disebabkan karena massa arang aktif sekam padi yang diberikan terlalu banyak sehingga antar arang aktif sendiri saling berdesakan dan

menyebabkan interaksi arang aktif sekam padi dengan limbah cair tahu kurang efektif.

DAFTAR PUSTAKA

- Buhani. Modifikasi Silika Dengan Aminopropiltrimetoksisilan Melalui Proses Sol Gel Untuk Adsorpsi Ion Cd(Ii) Dari Larutan. J. Sains MIPA, Desember 2010, Vol. 16, No. 3, Hal.: 177 – 183 ISSN 1978-1873
- Handayani, Novarina Irnaning, dkk. Teknologi pengolahan limbah cair industri tahu sebagai sumber energi dan mengurangi pencemaran air. Seminar Nasional Pangan Lokal, Bisnis dan Eko-Industri Semarang. 1 Agustus 2015
- Irmanto, Suyata. Penurunan Kadar Amonia, Nitrit, dan Nitrat Limbah Cair Industri Tahu Menggunakan Arang Aktif Dari Ampas Kopi. Jurnal Molekul, Vol. 4. No. 2. November, 2009 : 105 - 114 Jatyaraga,
- Bagas Arya, dkk. Pengaruh massa magnesium silikat (magnesol) dan waktu operasi pada proses pemurnian biodiesel. Peraturan Gubernur Jawa Timur Nomor 72 Tahun 2013. 2013. Jawa Timur.
- Purnawan, Candra, dkk. Penurunan kadar protein limbah cair tahu dengan pemanfaatan karbon bagasse teraktivasi. Jurnal Manusia dan Lingkungan, Vol. 21, No.2, Juli 2014: 143-148
- Putra ,Riandy, dkk. Adsorpsi Ion Mn(II) Pada Zeolit yang Disintesis dari Abu Dasar Batubara Termodifikasi Ditizon. Prosiding Seminar Nasional Teknik Kimia “Kejuangan” ISSN 1693-4393 Pengembangan Teknologi Kimia untuk Pengolahan Sumber Daya Alam Indonesia Maret 2015
- Swastha, Jatu Taufiq. Kemampuan Arang Aktif Dari Kulit Singkong dan Dari Tongkol Jagung Dalam Penurunan Kadar COD dan BOD Limbah Pabrik Tahu. Semarang 2010
- W. J. Weber Jr. Adsorption processes. The university of michigan, USA.