

***PENURUNAN KADAR COD BOD DAN TSS LIMBAH CAIR PABRIK TAHU
DENGAN METODE ELEKTROKOAGULASI SECARA KONTINYU
MENGUNAKAN ELEKTRODA BESI***

Elia Giska Gustiana^{1*}, Tri Widayatno²

¹Teknik Kimia/Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta

²Teknik Kimia/Teknik, Universitas Muhammadiyah Surakarta

Tri.Widayatno@ums.ac.id

Abstrak

Keywords:

Limbah Cair Tahu,
Elektrokoagulasi,
Elektrokimia, Sel
Elektroda. Kontinyu

Elektrokoagulasi salah satu metode pengolahan limbah yang mudah dilakukan dan cukup efisien. Elektrokoagulasi merupakan proses pengendapan partikel – partikel halus yang ada didalam air limbah dengan memanfaatkan energi listrik. Elektrokoagulasi terdiri dari tiga tahap yaitu ekualisasi, elektrokimia, dan pengendapan. Faktor yang mempengaruhi proses elektrokoagulasi adalah jenis elektroda, luas permukaan elektroda, kuat arus, jarak antar elektroda, konduktivitas larutan, konsentrasi awal larutan, dan pH awal larutan. Pada penelitian ini digunakan limbah cair tahu dimana memiliki karakteristik keruh berwarna kuning muda keabu-abuan yang apabila dibiarkan akan berubah menjadi hitam dan berbau busuk. Karakteristik awal limbah cair tahu yaitu kadar TSS nya sebesar 301 mg/L kadar COD sebesar 551,67 mg/L dan kadar BOD sebesar 271 mg/L. Pada penelitian ini dilakukan pengolahan limbah cair tahu dengan metode elektrokoagulasi dengan menggunakan elektroda besi. Percobaan dilakukan dengan variasi luas permukaan elektroda 250,280, dan 310 cm² serta variasi besar tegangan listrik 10,20, dan 30 volt. Dari hasil penelitian diperoleh kondisi optimum yaitu pada tebal elektroda 310 cm² dan besar tegangan listrik 30 volt. Didapat kadar TSS, COD, dan BOD pada kondisi optimum yaitu 155,00; 281,12; 159,00 mg/L.

1. PENDAHULUAN

Tahu merupakan salah satu jenis makanan yang sudah tidak asing lagi bagi masyarakat Indonesia. Tahu merupakan makanan yang terdiri dari bahan dasar kacang kedelai yang telah dihancurkan dan proteinnya digumpalkan (1) Menurut data Kementrian Pertanian pada tahun 2003 konsumsi tahu di Indonesia sangat besar.

Konsumsi tahu per kapita mencapai 7.039 kg/ orang dengan tingkat pertumbuhan 0,09% (2)

Pada pembuatan tahu diperoleh ampas dan cairan hasil penggumpalan tahu (*whey*) sebagai hasil samping [3]. Produksi tahu yang terdapat di Indonesia sebagian besar dilakukan oleh masyarakat yang termasuk golongan menengah ke bawah. Produksi

tahu yang dilakukan masih secara tradisional, sehingga tidak adanya sistem yang mengatur pembuangan limbah hasil dari pembuatan tahu tersebut. Umumnya produsen tahu tidak mengolah limbah hasil pembuatan tahu dikarenakan biaya yang cukup mahal dan kurangnya pengetahuan dalam pengelolaan limbah.

Limbah tahu adalah bahan atau materi buangan yang timbul akibat kegiatan produksi tahu, yang sudah tidak dimanfaatkan lagi. Limbah yang dihasilkan berupa limbah padat dan cair. Limbah padat berupa ampas kedelai. Limbah cair berupa sisa air perendaman, sisa air tahu yang tidak menggumpal, serta limbah cair keruh berwarna kuning muda keabu-abuan yang apabila dibiarkan akan berubah menjadi hitam dan berbau busuk. [4].

Limbah cair tahu dengan karakteristik mengandung bahan *organic* tinggi, suhu mencapai 40^oC - 60^oC, kadar BOD (6.000-8.000 mg/l), COD (7.500-14.000 mg/l), TSS dan pH yang cukup tinggi. Jika langsung dibuang ke air maka akan menurunkan daya dukung lingkungan [1]. Oleh sebab itu diperlukan unit pengelolaan limbah cair industri tahu guna mengurangi dampak pencemaran terhadap lingkungan terutama di perairan. Parameter air limbah tahu sesuai dengan peraturan daerah provinsi jawa tengah No 5 tahun 2012 adalah sebagai berikut dapat dilihat pada Tabel 1 [5]:

Tabel 1 Baku Mutu Air Limbah

No	Parameter	Kadar Maksimum (mg/L)	Beban Pencemaran Maksimum (kg/ton)
1.	Temperatur	38 ^o C	-
2.	BOD	150	3
3.	COD	275	5,5
4.	TSS	100	2
5.	pH	6,0-9,0	
6.	Debit Maksimum	20 m ³ / ton kedelai	10 m ³ / ton kedelai

Secara konvensional koagulasi diinduksi oleh bahan kimia. Selain itu, koagulasi juga dapat diinduksi oleh muatan listrik, yang disebut dengan elektrokoagulasi. Elektrokoagulasi telah dikaji secara luas sehingga dapat menjadi

metode pengolahan limbah cair yang lebih efisien dan ramah lingkungan. Proses elektrokoagulasi merupakan kombinasi dari proses elektrolisis dan koagulasi kimia. Proses elektrokoagulasi melibatkan 3 tahapan berturut-turut : (a) pembentukan koagulan dengan oksidasi elektrolit pada elektroda yang dikorbakan (*sacrificial electrode*); (b) destabilisasi kontaminan, suspense partikulat, dan pemecah emulsi; (c) agregasi dari fase yang didestabilkan membentuk flok-flok [6].

Elektrokoagulasi adalah proses destabilisasi, ditanggihkan, emulsi zat kontaminasi dalam air dengan mengalirkan arus listrik ke medium. Dalam bentuknya paling sederhana sebuah reactor koagulasi terdiri dari sel elektrolitik dengan satu anoda dan satu katoda. Lempeng sel yang biasa disebut dengan elektroda boleh terbuat dari bahan yang sama atau berbeda. Proses ini telah terbukti sangat efektif dalam menghilangkan kontaminan dari air, tidak menggunakan bahan kimia agresif, dan kemudahan operasi. [7]

Pada penelitian ini pengolahan limbah cair tahu menggunakan metode elektrokoagulasi secara kontinyu. Sejauh ini sudah banyak penelitian mengenai limbah cair industri menggunakan metode elektrokoagulasi sehingga banyak referensi yang didapatkan namun belum ada yang melakukan secara kontinyu. Sehingga penelitian ini dilakukan secara kontinyu langsung dari sumber penghasil limbah cair tahu.

Faktor yang mempengaruhi proses elektrokoagulasi adalah jenis elektroda, luas permukaan elektroda, kuat arus, jarak antar elektroda, konduktivitas larutan, konsentrasi awal larutan, dan pH awal larutan [8]

2. METODE

Penelitian dilaksanakan di pabrik tahu Pak Bero yang beralamat Dusun 1, Kartasura, Kec. Kartasura, Kabupaten Sukoharjo, Jawa Tengah. Bahan yang digunakan yaitu limbah cair tahu dan asam sulfat untuk mengasam kan pH sampel.

Tujuan utama dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh voltase

dan ukuran elektroda dengan metode elektrokoagulasi secara kontinyu pada limbah cair industri tahu menggunakan elektroda besi terhadap penurunan COD, BOD dan TSS. Pada percobaan limbah cair industri tahu dengan metode elektrokoagulasi yang uji COD, BOD dan TSS dengan pengaruh voltase (10; 20; 30 volt) dan ukuran luas permukaan elektroda (250; 280; 310 cm^2). Percobaan limbah cair industri tahu dengan metode elektrokoagulasi yang dihasilkan diuji kinerjanya dengan mengukur penurunan kadar COD, BOD dan TSS. Untuk mengetahui karakteristik COD, BOD dan TSS yang terkandung pada limbah cair industri tahu yang sudah dilakukan proses elektrokoagulasi yang dihasilkan, diuji COD, BOD dan TSS. Percobaan dirancang dengan menggunakan rancangan acak lengkap (RAL) 2 faktor dan di analisis dengan ANOVA 2 arah, kombinasi perlakuan diulang 3 kali. Sebagai tambahan, analisa hasil percobaan dengan variabel bebas meliputi voltase dan ukuran elektroda. Prosedur penelitian yang dilakukan meliputi :

a. Persiapan Sampel

Limbah cair industri tahu dilakukan pengujian sebelum dilakukan pengolahan limbah secara elektrokoagulasi. Pengujian yang dilakukan berupa COD, BOD dan TSS. Lalu, limbah cair tersebut ditampung dalam bak penampungan.

b. Proses Elektrokimia

Limbah cair industri tahu masuk kedalam bak elektrokoagulasi untuk dilakukan proses elektrokimia. Pada proses elektrokimia terjadi pelepasan ion positif dari anoda sel elektroda yang menyebabkan terbentuknya flok, sehingga flok yang terbentuk itu akan mengikat kontaminan-kontaminan yang terdapat didalam air limbah. Anoda yang digunakan adalah besi dengan luas permukaan elektroda sebesar 250; 280; 310; cm^2 . Dengan adanya dua elektroda yang dialiri oleh listrik searah akan menyebabkan

dekomposisi elektrolit. Kation akan bergerak menuju sel elektroda (Katoda) kemudian menerima elektron yang tereduksi dan anion akan bergerak menuju sel elektroda (Anoda) yang bertujuan untuk melepaskan elektron yang teroksidasi. Proses elektrokimia ini berjalan selama 3 jam dengan alirannya secara kontinyu

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Sebelum dilakukan pengolahan limbah dilakukan analisis karakteristik awal limbah cair industri tahu. Hasil uji kemudian disesuaikan dengan Peraturan Daerah No 5 Tahun 2012. Hasil uji karakteristik awal limbah cair industri tahu disajikan pada Tabel 2:

Tabel 2 Karakteristik Awal Limbah

Parameter	Hasil Analisa (mg/L)	Baku Mutu (mg/L)	Keterangan
TSS	301	100	Tidak memenuhi
BOD	271	150	Tidak memenuhi
COD	551,67	275	Tidak memenuhi

Kandungan pencemar yang tinggi dapat mengakibatkan pencemaran lingkungan diantaranya menurunkan kelarutan oksigen dalam badan air dan mengganggu kehidupan biotik yang disebabkan oleh meningkatnya kandungan bahan organik. Kandungan organik yang tinggi dapat menciptakan kondisi anaerobic yang menghasilkan senyawa-senyawa toksik dan menimbulkan bau. Selain itu juga kondisi tersebut dapat menciptakan lingkungan bagi pertumbuhan kuman penyakit [9].

Pada penelitian ini pengolahan limbah menggunakan metode elektrokoagulasi. Proses elektrokoagulasi adalah kombinasi dari proses elektrokimia, koagulasi dan flokulasi. Proses ini dapat menjadi alternative untuk pengolahan limbah cair dibandingkan dengan metode pengolahan lainnya. Proses elektrokoagulasi dilakukan pada wadah elektrolisis yang terdapat katoda dan anoda sebagai konduktor listrik arus searah yang

disebut elektroda. Baik katoda maupun anoda dicelupkan ke dalam air limbah sebagai elektrolit. Gelembung diproduksi selama proses elektrokoagulasi. Setelah itu, residu yang terbentuk di air naik di atas permukaan air. Flok yang terbentuk memiliki ukuran yang relatif kecil yang kemudian meningkat secara bertahap. Setelah elektrokoagulasi terjadi didalam air, proses sedimentasi dilakukan untuk mengendapkan partikel atau flok yang terbentuk tadi. Setelah proses sedimentasi, air limbah yang dipisahkan mengalir ke membran. Membran menyaring air limbah dan kemudian limbah yang dihasilkan dianalisis di laboratorium [10].

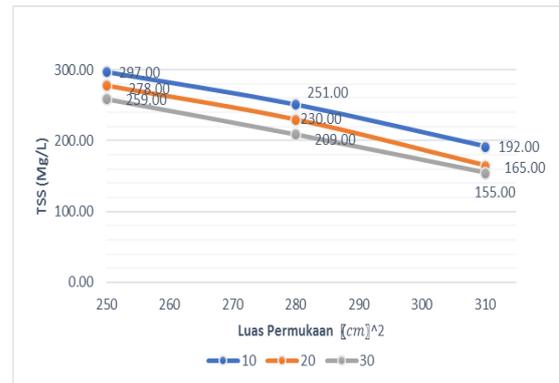
Dalam penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh luas permukaan elektroda serta besar tegangan listrik terhadap penurunan kadar TSS, COD dan BOD pada limbah cair tahu. Proses elektrokoagulasi dilakukan secara kontinyu selama 3 jam menggunakan elektroda besi (Fe). Variasi luas permukaan elektroda yang di gunakan 250; 280; dan 310 cm^2 sedangkan untuk variasi besar tegangan yang digunakan adalah 10; 20; dan 30 volt. Penelitian menggunakan seperangkat alat elektrokoagulasi terdiri dari bak penampungan dengan kapasitas 50 liter, reaktor elektrokoagulasi, serta power supply dc.

3.1. Pengaruh Luas Permukaan Elektroda dan Besar Tegangan Listrik Terhadap Penurunan Kadar TSS

Total suspended solid (TSS) adalah material tersuspensi dengan diameter kurang dari 1 μm yang tertahan pada saringan dengan diameter pori 0,45 μm . TSS terdiri dari lumpur dan pasir halus serta material-material organik yang berasal dari kikisan tanah yang terbawa badan air.

Tabel 3. Hasil kadar TSS dengan perbandingan tebal dan besar volt

Luas Permukaan (cm^2)	Tegangan listrik (volt)		
	10	20	30
250	297,00	278,00	259,00
280	251,00	230,00	209,00
310	192,00	165,00	155,00



Gambar 1. Grafik hubungan luas permukaan elektroda dan tagangan terhadap penurunan kadar TSS

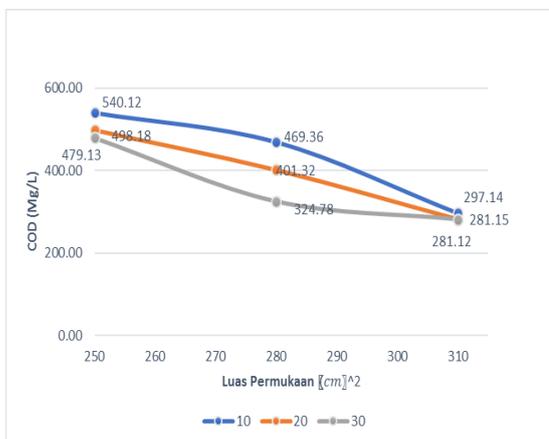
Pada penelitian ini menggunakan variasi luas permukaan (250; 280; 310 cm^2) dan variasi tegangan listrik (10, 20, 30 volt) didapat kadar TSS seperti ditampilkan dalam Tabel 3 dan Gambar 1. Pada luas permukaan 250 cm^2 dengan variasi tegangan 10; 20; 30 volt didapat kadar TSS sebesar 297,00; 278,00; 259,00 mg/L. Untuk variable luas permukaan 280 cm^2 menggunakan variasi tegangan 10; 20; 30 volt didapat kadar TSS sebesar 251,00; 230,00; 209,00 mg/L. sedangkan untuk luas permukaan 310 cm^2 didapat kadar TSS sebesar 192,00; 165,00; 155,00 mg/L. Dari hasil didapat kadar TSS terbaik yang mendekati baku mutu sesuai Peraturan Daerah Jawa Tengah nomor 5 tahun 2012 adalah dengan luas permukaan 310 cm^2 dan besar tegangan 30 volt yaitu didapat kadar tss sebesar 155,00 mg/L mendekati baku mutu TSS sebesar 100 mg/L. Berdasarkan Gambar 1 dapat dilihat grafik hubungan luas permukaan dan besar tegangan listrik terhadap penurunan kadar TSS. Pada Gambar 1 menunjukkan semakin besar luas permukaan elektroda semakin menurun kadar TSS dari limbah tahu. Sedangkan untuk pengaruh besar tegangan semakin besar tegangan listrik yang digunakan semakin menurun kadar TSS dari limbah cair tahu

3.2. Pengaruh Luas Permukaan Elektroda dan Besar Tegangan Listrik Terhadap Penurunan Kadar COD

COD digunakan untuk mengukur kadar materi organik air limbah dan air bersih. COD digunakan juga untuk mengukur materi organik pada industri dan limbah yang mengandung senyawa beracun untuk biotik. Nilai COD merupakan ukuran bagi pencemaran air oleh zat-zat organik yang secara alamiah dapat dioksidasi melalui proses mikrobiologis dan mengakibatkan berkurangnya oksigen terlarut dalam air. Hasil pengukuran COD dapat dilihat pada Tabel 4 dan Gambar 2

Tabel 4 Hasil kadar COD dengan perbandingan tebal dan besar volt

Luas Permukaan (cm^2)	Tegangan listrik (volt)		
	10	20	30
250	540,12	498,18	479,13
280	469,36	401,32	324,78
310	297,14	281,15	281,12



Gambar 2. Grafik hubungan luas permukaan elektroda dan tagangan terhadap penurunan kadar TSS

Pada penelitian ini menggunakan variasi luas permukaan elektroda (250; 280; 310 cm^2) dan variasi tegangan listrik (10; 20; 30 volt) didapat kadar COD seperti ditampilkan dalam Gambar 2. Pada luas permukaan 250 cm^2 dengan variasi tegangan 10; 20; 30 volt didapat

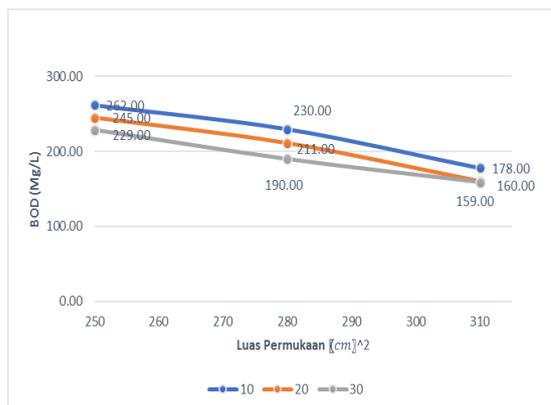
kadar COD sebesar 540,12; 498,18; 497,13 mg/L. Untuk variable luas permukaan 280 cm^2 menggunakan variasi tegangan 10; 20; 30 volt didapat kadar COD sebesar 469,36; 401,32; 324,78 mg/L. Sedangkan untuk luas permukaan 310 cm^2 didapat kadar COD sebesar 297,14; 281,15; 281,12 mg/L. Dari hasil didapat kadar COD terbaik yang mendekati baku mutu sesuai Peraturan Daerah Jawa Tengah nomor 5 tahun 2012 adalah dengan luas permukaan 310 cm^2 dan besar tegangan 30 volt yaitu didapat kadar COD sebesar 281,12 mg/L mendekati baku mutu COD sebesar 275 mg/L. Berdasarkan Gambar 2 dapat disimpulkan bahwa semakin besar luas permukaan elektroda dan semakin besar tegangan maka kadar COD dari limbah tahu semakin menurun.

3.3. Pengaruh Luas Permukaan Elektroda dan Besar Tegangan Listrik Terhadap Penurunan Kadar BOD

Biochemical Oxygen Demand (BOD) adalah jumlah oksigen dibagi dengan volume sistem, diambil melalui aktivitas mikroorganisme yang tumbuh pada senyawa organik yang ada dalam sampel misalnya air atau lumpur, ketika diinkubasi pada suhu tertentu (biasanya 20°C) untuk waktu yang tetap (biasanya 5 hari). BOD adalah ukuran dari pencemaran air organik yang dapat terdegradasi secara biologis biasanya dinyatakan dalam milligram O_2 per liter [11]. Semakin tinggi kadar BOD maka semakin banyak senyawa organik dan membutuhkan oksigen yang tinggi untuk mengurai senyawa organik tersebut.

Tabel 5. Hasil kadar BOD dengan perbandingan tebal dan besar volt

Luas Permukaan (cm^2)	Tegangan listrik (volt)		
	10	20	30
250	262,00	245,00	229,00
280	230,00	211,00	190,00
310	178,00	160,00	159,00



Gambar 3. Grafik hubungan tebal elektroda dan tegangan terhadap penurunan kadar BOD

Pada penelitian ini menggunakan variasi luas permukaan elektroda (250; 280; 310 cm^2) dan variasi tegangan listrik (10; 20; 30 volt) didapat kadar BOD seperti ditampilkan dalam Tabel 5 dan Gambar 3. Pada luas permukaan 250 cm^2 dengan variasi tegangan 10; 20; 30 volt didapat kadar tss sebesar 262,00; 245,00; 229,00 mg/L. Untuk variable luas permukaan 280 cm^2 menggunakan variasi tegangan 10; 20; 30 volt didapat kadar BOD sebesar 230,00; 211,00; 190,00 mg/L. sedangkan untuk luas permukaan 310 cm^2 didapat kadar BOD sebesar 178,00; 160,00; 159,00 mg/L. Dari hasil didapat kadar BOD terbaik yang mendekati baku mutu sesuai Peraturan Daerah Jawa Tengah nomor 5 tahun 2012 adalah dengan luas permukaan 310 cm^2 dan besar tegangan 30 volt yaitu didapat kadar BOD sebesar 159,00 mg/L mendekati baku mutu BOD sebesar 150 mg/L. Berdasarkan Gambar 3 dapat dilihat hubungan antara luas permukaan elektroda dan besar tegangan listrik terhadap penurunan kadar BOD bahwa semakin besar luas permukaan elektroda dan semakin besar tegangan listrik maka kadar BOD dari limbah tahu semakin menurun.

4. KESIMPULAN

Penurunan kadar TSS, COD, dan BOD terbaik yang diperoleh berdasarkan pengaruh tebal elektroda dan besar tegangan listrik yaitu sebesar 155,00 mg/L untuk TSS dengan luas permukaan 310 cm^2 dan tegangan 30 volt. Pada kadar COD terbaik yaitu 281,12 mg/L dengan

tebal elektroda 7 cm dan tegangan sebesar 30 volt. Sedangkan untuk kadar BOD terbaik yaitu 159,00 mg/L. Maka dapat disimpulkan semakin besar tebal elektroda dan semakin besar tegangan listrik membuat kadar TSS, COD, dan BOD semakin menurun. 155,00; 281,12; 159,00 mg/L

REFERENSI

- [1.] Yudhistira B, Andriani M, Utami R. Karakterisasi: Limbah Cair Industri Tahu dengan Koagulan Yang Berbeda (Asam Asetat Dan Kalsium Sulfat). 2016;31(2):137–45.
- [2.] Faisal M, Gani A. Treatment and Utilization of Industrial Tofu Waste in Indonesia. 2018;(January 2016).
- [3.] KASWINARNI F. Studi Kasus Industri Tahu Tandang Semarang , Sederhana Kendal dan. :1–20.
- [4.] JAWATENGGAH PP. PERATURAN DAERAH PROVINSI JAWA TENGAH (BAKU MUTU AIR LIMBAH INDUSTRI TAHU DAN TEMPE). 2012;
- [5.] Al-shannag M, Lafi W, Bani-melhem K, Gharagheer F, Al-shannag M, Lafi W, et al. Separation Science and Technology Reduction of COD and TSS from Paper Industries Wastewater using Electro-Coagulation and Chemical Coagulation Reduction of COD and TSS from Paper Industries Wastewater using Electro-Coagulation and Chemical Coagulation. 2012;(November 2014):37–41.
- [6.] Hernaningsih T. TINJAUAN TEKNOLOGI PENGOLAHAN AIR LIMBAH INDUSTRI DENGAN REVIEWS OF ELECTROCOAGULATION PROCESS ON WASTE WATER TREATMENT. 2016;9(1):31–46.
- [7.] Prasetyo DA, Dkk. PENYISIHAN COD DAN TSS PADA LIMBAH CAIR INDUSTRI TAHU MENGGUNAKAN METODE ELEKTROKOAGULASI DENGAN SUMBER LISTRIK PANEL SURYA. 2018;7(1).

- [8.] Taqwa A, Wijarnako Y. Effectiveness of Electrocoagulation Method in Processing Integrated Wastewater Using Aluminum and Stainless Steel Electrodes Effectiveness of Electrocoagulation Method in Processing Integrated Wastewater Using Aluminum and Stainless Steel Electrodes. 2019;4–11.
- [9.] Jouanneau S, Recoules L, Durand MJ, Boukabache A, Picot V, Primault Y, et al. ScienceDirect Methods for assessing biochemical oxygen demand (BOD): A review. *Water Res* [Internet]. 2013;49:62–82. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.watres.2013.10.066>