

# Kombinasi Elektroflotasi dan Koagulan Kacang Arab Pada Pengolahan Limbah Air Lindi

Aribah Zulfa Hidayah<sup>1, a</sup>, Elisa Putri<sup>1, b</sup>, Siti Jumrah<sup>1, c</sup>, Rudy Syah Putra<sup>1, 2, d</sup>

<sup>1</sup> Program Studi Kimia dan <sup>2</sup> Environmental Remediation Research Group,  
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam,  
Universitas Islam Indonesia, Jl. Kaliurang KM.14,5 Yogyakarta 55584

<sup>a</sup> aribahzulfahidayah@gmail.com

<sup>b</sup> elisaputri54.69@gmail.com

<sup>c</sup> sitijumrah12@gmail.com

<sup>d</sup> rudy.syahputra@uii.ac.id (korespondensi penulis)

## Abstrak

Telah dilakukan penelitian pengolahan limbah air lindi menggunakan proses Elektro-Bio (EB) yaitu pengolahan limbah air lindi dengan proses elektroflotasi dengan bantuan koagulan alami. Koagulan alami yang digunakan yaitu Kacang arab (K.A) dengan variasi dosis sebesar 0,025; 0,05; 0,1; 0,15; 0,2 dan 0,25 g/500 mL. Proses elektroflotasi dilakukan dengan elektroda stainless steel sebagai katoda dan Titanium sebagai anoda pada tegangan konstan 40 V DC selama 30 menit. Efektivitas proses Elektro-Bio dievaluasi dengan melihat penurunan angka Total Zat Padat Terlarut (TDS), Konduktivitas Listrik (EC), Kekeruhan (Turbiditas) dan peningkatan Oksigen Terlarut (DO). Kondisi awal sampel air lindi yang telah diencerkan sebanyak 20 kali memiliki angka TDS, EC, turbiditas dan DO berturut turut sebesar 719 ppm; 1 ms/cm; 2,97 NTU dan 2,3 mg/L. Hasil terbaik yang diperoleh dari proses Elektro-Bio dengan koagulan Kacang arab memiliki nilai parameter yang sama berturut-turut sebesar 599 ppm; 0,84 ms/cm, 0,06 NTU dan 3,6 dengan dosis 0,025 g/500 mL. Berdasarkan hasil yang diperoleh dapat disimpulkan metode Elektro-Bio untuk pengolahan air lindi terbukti dapat menurunkan kandungan zat pencemar yang terdapat pada air lindi.

*Kata kunci : Air Lindi, Elektroflotasi, Koagulan Alami*

## PENDAHULUAN

Air Lindi atau *leachate* dapat didefinisikan sebagai cairan yang timbul dari hasil dekomposisi biologis sampah yang telah membusuk yang mengalami pelarutan akibat masuknya air eksternal ke dalam urugan atau timbunan sampah. Air Lindi disebabkan oleh terjadinya presipitasi cairan ke TPA, baik dari resapan air hujan maupun kandungan air pada sampah itu sendiri. Air Lindi bersifat toksik karena adanya zat pengotor dalam timbunan yang mungkin berasal dari buangan limbah industri, debu, lumpur hasil pengolahan limbah, limbah rumah tangga yang berbahaya, atau dari dekomposisi yang normal terjadi pada sampah. Apabila tidak segera diatasi, TPA yang dipenuhi air lindi dapat mencemari lingkungan, terutama air tanah dan air permukaan. Hampir di semua TPA, air lindi terdiri dari cairan berasal dari sumber eksternal, seperti permukaan drainase, air hujan, air tanah, dan air dari bawah tanah dan cairan yang diproduksi dari dekomposisi sampah [10]. Sampah pada timbunannya akan mengalami proses dekomposisi yang ditandai dengan perubahan fisis, biologis, dan kimiawi. Dekomposisi yang terjadi pada TPA dipengaruhi oleh pemadatan, kelembapan, kehadiran materi penghambat, laju pengaliran air, temperatur, tersedianya O<sub>2</sub>, populasi mikrobiologis yang dipengaruhi keadaan tanah penimbun dan tipe dari sintesa yang terjadi, sifat-sifat heterogenisasi sampah, sifat-sifat fisik, kimiawi dan biologis [8]. Variasi didalam komposisi leachate dipengaruhi oleh beberapa faktor, antara lain: komposisi dan umur sampah, lokasi dan pengoperasian serta kondisi TPA, iklim dan kondisi hidrogeologi, kelembapan, temperatur, pH, dan tingkat stabilisasi [10].

Untuk mengurangi polusi limbah cair diperlukan tindakan untuk pengolahan limbah. Metode fisikokimia untuk pengolahan limbah meliputi koagulasi, flokulasi, presipitasi, elektrodialisis, elektroflotasi dan adsorpsi. Elektroflotasi adalah sebuah metode pengolahan limbah sederhana yang mengapungkan ion atau partikel padat, tersuspensi, dengan adanya pelepasan gelembung hidrogen dan oksigen yang terbentuk pada katoda dan anoda [7].

Bahan yang digunakan pada tahap pengolahan air dapat berupa koagulan anorganik, sintesis polimer organik atau koagulan dari sumber alami. Koagulan sintetik yang sering digunakan merupakan koagulan kimia seperti alum dan *poly aluminium chloride* (PAC). Beberapa studi melaporkan bahwa senyawa alum dapat memicu penyakit Alzheimer [3]. Dilaporkan juga bahwa monomer beberapa polimer organik sintetik seperti PAC dan alum memiliki sifat neurotoksisitas [4].

Penelitiannya sebelumnya tentang pengolahan limbah cair logam Nikel dan Tembaga dalam air kran dan akuades menggunakan metode elektroflotasi dan penambahan koagulan  $\text{Ca}^{2+}$  diperoleh hasil penghilangan kadar logam berat mencapai 98-99% dengan menitikberatkan pada beberapa parameter, yaitu Kerapatan arus, pH, Konsentrasi logam berat, Konsentrasi elektrolit dan sifat dari elektroda [5].

Penelitiannya tentang elektroflotasi untuk pemisahan zat warna batik telah dilakukan sebelumnya dan diperoleh hasil bahwa pengurangan TSS, warna dan kekeruhan yang berturut-turut adalah 93,02%; 97,99% dan 97,72% dihasilkan pada tegangan 10 Volt, perbandingan air dan limbah 1:14 dengan penambahan 50 gram tawas [6].

Kacang arab (*Cicer arietinum*) efektif sebagai biokoagulan dengan menunjukkan perubahan yang signifikan dalam penurunan kekeruhan dan total koliform dari air baku sintesis dibandingkan dengan Edamame (*Dolichos Lablab*) dan Biji Kelor (*Moringa Oleifera*) dengan memperhatikan beberapa faktor, seperti dosis koagulan, konsentrasi limbah dan pengaruh waktu. Pengurangan maksimal kekeruhan pada air keruh sintesis 95,89% yaitu dari 100 NTU menjadi 3.9 dan 3.3 NTU, juga ditemukan bahwa kacang arab dapat mengurangi sekitar 90.47% dari total koliform [2].

Pada penelitian ini akan dilakukan kajian pengolahan limbah air lindi dengan memadukan proses elektroflotasi dan penambahan biokoagulan Kacang arab (KA) yang selanjutnya disebut ELEKTRO-BIO (EB). Pengolahan limbah air lindi menggunakan metode elektroflotasi dengan memanfaatkan Kacang arab (*Cicer arietinum*) sebagai koagulan alami pengganti koagulan sintetik.

## METODOLOGI PENELITIAN

### Alat dan Bahan

**Tabel 1.** Alat dan Bahan yang digunakan dalam penelitian ini

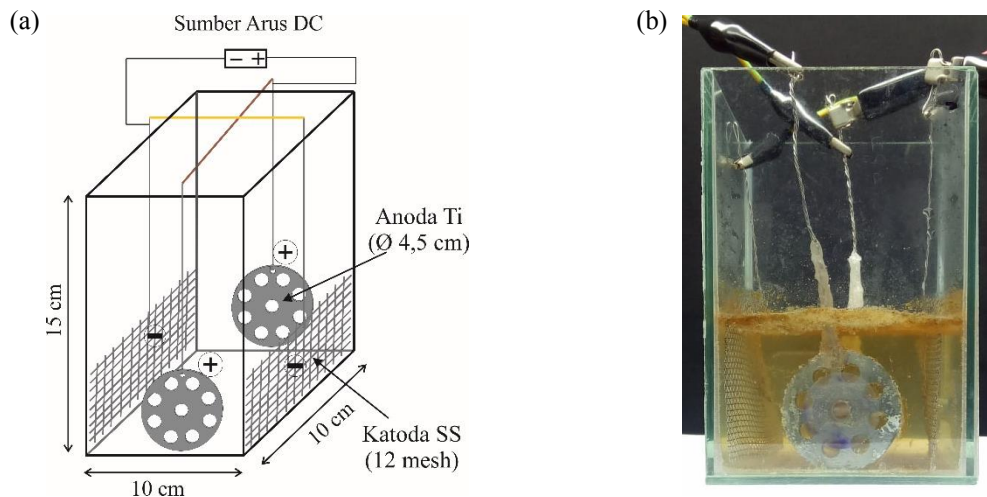
No	Alat	Bahan
1.	Reaktor dengan dimensi 10 (p) x 10 (l) x 15 cm (t)	Koagulan alami Kacang arab
2.	Elektroda anoda titanium ( $\varnothing$ 4,5 cm, tebal 0,3 cm) dan katoda stainless steel (netwire: 12 mesh, 4,5 cm (P), 9,5 cm (L))	Kertas saring Whatman no.42
3.	Power supply DC (Sanfix SP-6010, Taiwan)	Aquadest
4.	pH/EC/TDS meter (HI 9813-5, Romania)	
5.	DO meter (Lutron DO-5510, Taiwan)	

### Sampel Limbah Air Lindi

Limbah air lindi diambil dari tempat pembuangan limbah terpadu (TPST) di Piyungan, Bantul, Yogyakarta, Indonesia. Terdapat tiga tempat pengolahan yaitu penampung air lindi segar, penampung air lindi olahan yang sudah ditambahkan PAC (*Poly Aluminium Chloride*) sebagai koagulan dan penampung lindi yang telah siap untuk dibuang di saluran pembuangan. Limbah air lindi segar tersebut diukur nilai DO, TDS, pH, konduktivitas listrik (EC) dan turbiditas sebelum digunakan dalam proses elektroflotasi. Limbah yang digunakan pada proses ini yaitu limbah air lindi yang telah diencerkan sebesar 20 kali.

### Proses Elektro-Bio

Biokoagulan yang digunakan untuk meningkatkan proses kinerja elektroflotasi yaitu Kacang arab yang sudah dihaluskan dan disaring dengan saringan 200 mesh. Variasi dosis yang digunakan adalah 0,025; 0,05; 0,1; 0,15; 0,2 dan 0,25 g/500 mL. Pengolahan limbah air lindi dilakukan dengan proses EB, sebagai pembandingan juga dilakukan dengan proses elektroflotasi tanpa penambahan koagulan. Setiap proses pengolahan air lindi digunakan volume limbah air lindi sebanyak 500 mL. Kedua proses dilakukan pada tegangan DC 40 V selama 30 menit. Gambar 1 menunjukkan reaktor elektroflotasi yang digunakan dalam penelitian ini.



**Gambar 1.** Reaktor elektroflotasi yang digunakan dalam penelitian ini. Skema reaktor Elektroflotasi (a) dan foto reaktor Elektroflotasi (b).

**Analisis Sampel**

Analisis sampel dilakukan sebelum dan setelah proses pengolahan. Volume yang dibutuhkan untuk uji nilai TDS, EC dan DO yaitu sebanyak 10 mL dan untuk uji turbiditas sebanyak 50 mL. Evaluasi keberhasilan proses dilihat dari penurunan nilai TDS, EC, turbiditas dan peningkatan nilai DO.

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

**Proses Elektro-Bio**

**Tabel 2.** Perbandingan Proses Elektroflotasi dan Elektro-Bio

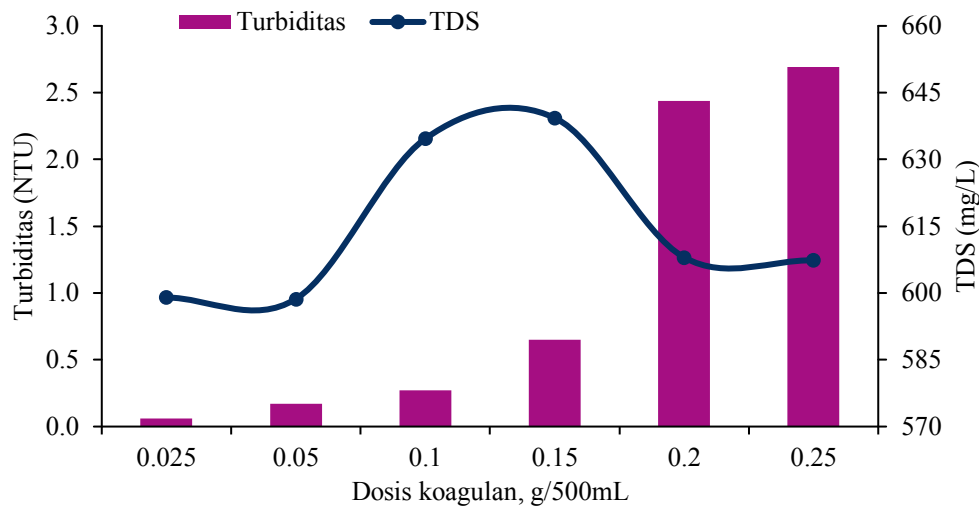
Parameter	Mula-mula	Tanpa Koagulan <sup>a</sup>	Koagulan*	Penurunan
TDS (ppm)	719	613 (14,74%)	599 (16,69%)	2,0%
EC (ms/cm)	1,0	0,85 (14,67%)	0,84 (15,67%)	1,2%
DO (mg/L)	3,3	3,20 (39,13%)	3,60 (56,52%)	-11,0%
Turbiditas (NTU)	2,97	0,12 (95,96%)	0,06 (97,98%)	50%

\*dosis koagulan 0,025 g/500 mL

Tabel 2 menunjukkan bahwa terdapat peningkatan efisiensi proses elektroflotasi dengan bantuan biokoagulan. Hal tersebut dapat dilihat dari nilai nilai TDS, EC turbiditas yang mengalami penurunan masing masing sebesar 2; 1,18; 50% dan peningkatan pada nilai DO sebesar 11%.

**Pengaruh Dosis Koagulan terhadap Turbiditas dan TDS**

Koagulan alami diketahui memiliki efisiensi yang baik dalam mengurangi nilai turbiditas dan TDS, sehingga dalam penelitian ini digunakan koagulan alami Kacang arab untuk meningkatkan kinerja metode elektroflotasi dalam menurunkan nilai turbiditas pada limbah air lindi. Gambar 2 menunjukkan Pengaruh dosis koagulan terhadap nilai turbiditas dan TDS.

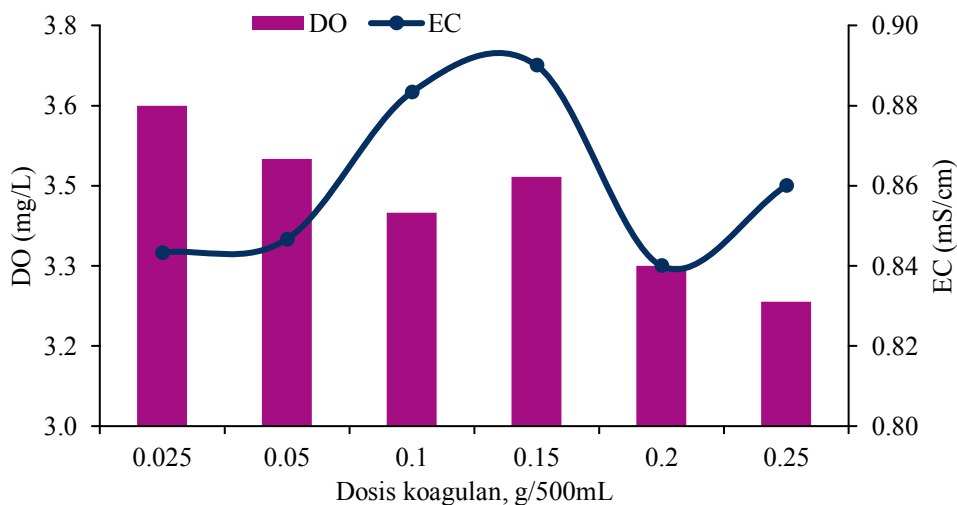


**Gambar 2.** Pengaruh dosis koagulan terhadap nilai turbiditas dan TDS

Proses EB dengan bantuan koagulan KA mampu menurunkan turbiditas air lindi 97,98% (2,97 - 0.06) dengan dosis 0,025 g, yang dibandingkan dengan proses elektroflotasi yang hanya sebesar 95,96% (2,97 - 0.12). Hal tersebut menunjukkan terjadi peningkatan efisiensi pada proses EB. Hasil pengukuran nilai TDS dalam proses EB dengan menggunakan koagulan alami KA mampu menurunkan TDS air lindi 16,69% (719-599) dengan dosis 0,025 g, yang dibandingkan dengan proses elektroflotasi yang hanya sebesar 14,74% (719 - 613). Penambahan dosis koagulan yang berlebih dapat mengurangi efisiensi penurunan nilai TDS, karena akan terjadi kegagalan pembentukan flok. Mekanisme yang terjadi adalah polimer-polimer dalam koagulan alami akan menutupi seluruh permukaan partikel koloid sehingga tidak ada tempat untuk rantai akhir menempel dan proses flokulasi tidak terjadi. Keadaan ini dapat mengakibatkan partikel koloid akan kembali stabil atau tidak dapat bergabung dengan partikel lain [9]. Kandungan gugus  $NH_3^+$  pada protein yang terdapat dalam Kacang Arab menyebabkan Kacang Arab dapat dimanfaatkan sebagai koagulan alami. Gugus  $NH_3^+$  dapat mengikat partikel-partikel yang bermuatan negatif sehingga partikel-partikel tersebut lebih stabil dan membentuk ukuran partikel yang lebih besar sehingga akhirnya dapat mengendap [1].

**Pengaruh Dosis Koagulan terhadap EC dan DO**

Penambahan koagulan pada proses EB merupakan parameter penting dalam memberikan pengaruh terhadap penurunan nilai EC dan peningkatan nilai DO pada limbah air lindi serta untuk mengevaluasi dosis optimum pada setiap biokoagulan. Gambar 3 menunjukkan Pengaruh dosis koagulan terhadap EC dan DO.

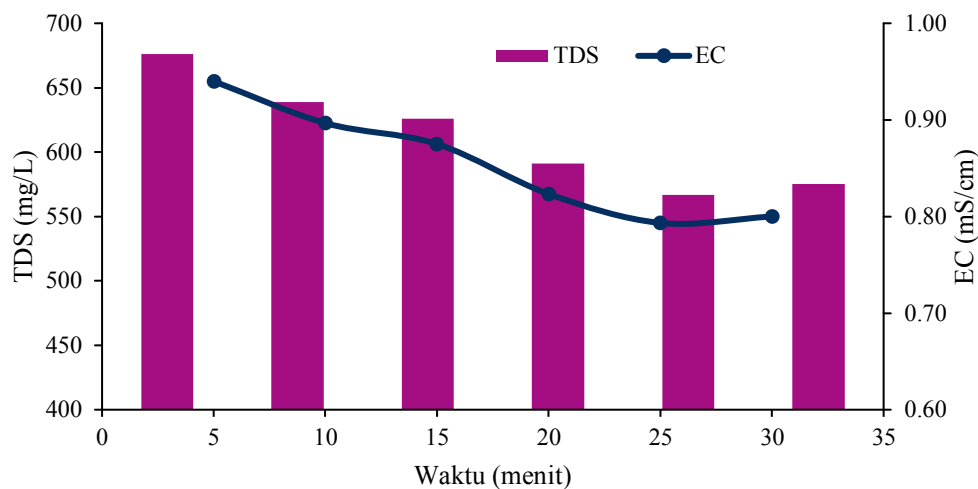


**Gambar 3.** Pengaruh dosis koagulan terhadap EC dan DO

Proses EB dengan bantuan koagulan KA mampu menurunkan nilai EC dan meningkatkan nilai DO pada limbah air lindi. Dosis optimum KA yang diberikan dalam proses penurunan nilai konduktifitas terjadi pada perlakuan dengan konsentrasi 0,025 g. Penambahan KA dengan konsentrasi 0,025 g mampu menurunkan nilai konduktifitas sebesar 15,67% dari nilai konduktifitas awal yaitu sebesar 1  $\mu\text{S}/\text{cm}$  menjadi 0,84  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . Penggunaan dosis KA yang melebihi optimum dapat membuat nilai konduktifitas kembali naik karena adanya ion-ion yang tidak berikatan [11]. Dosis optimum pada peningkatan nilai DO yaitu pada 0,025 g dimana dimana terjadi peningkatan sebesar 56,52% dari nilai awal sebesar 3,30 g/L menjadi 3,60 g/L.

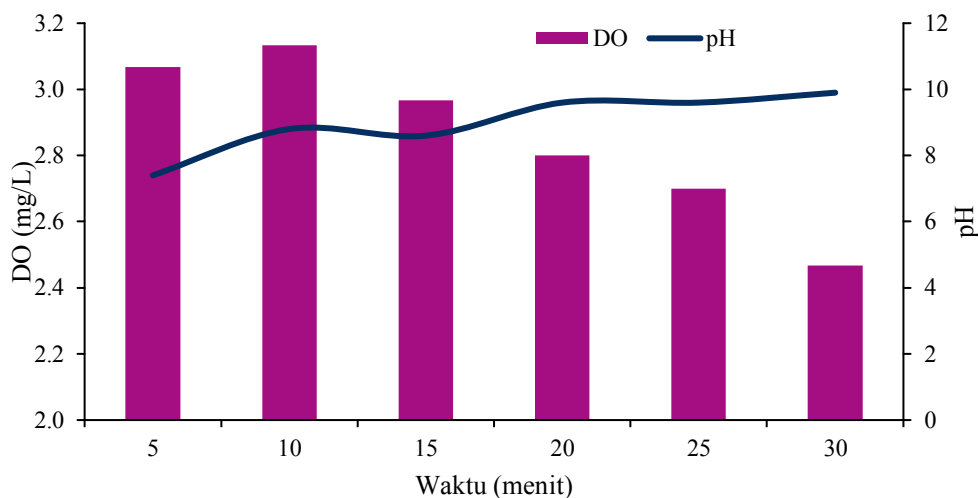
**Pengaruh Waktu Proses Elektro-Bio**

Untuk mengevaluasi pengaruh waktu yang di butuhkan oleh proses EB dilakukan dengan penambahan K.A sebesar 0,025 g/500 mL. Pemilihan dosis optimum didasarkan pada hasil evaluasi pengaruh dosis koagulan terhadap parameter lingkungan yaitu TDS, EC, DO dan pH .



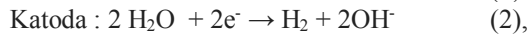
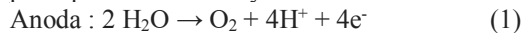
**Gambar 4.** Pengaruh waktu proses Elektro-Bio terhadap penurunan nilai TDS dan EC

Gambar 4 menunjukkan penurunan nilai TDS dan EC dengan peningkatan waktu proses elektroflotasi. Daya hantar listrik (EC) dari suatu larutan tergantung pada konsentrasi dan mobilitas ion-ion yang terkandung didalam larutan, sehingga nilai EC berkaitan erat dengan nilai TDS. Hasil penelitian menunjukkan penurunan nilai EC dan TDS optimum terjadi pada waktu 25 menit dengan nilai sebesar 0,79 mS/cm dan 569 mg/L, sedangkan pada waktu 30 menit terjadi penigkatan nilai TDS dan EC menjadi 575 mg/L dan 0,80 mS/cm sehingga waktu proses EB yang berlebih dapat mengurangi efisiensi penurunan nilai TDS dan EC pada pengolahan limbah air lindi.



**Gambar 5.** Pengaruh waktu proses Elektro-Bio terhadap nilai DO dan pH

Gambar 5 menunjukkan konsentrasi oksigen terlarut (DO) dan pH dalam air lindi yang telah diolah dengan proses EB menurun seiring penambahan waktu proses Elektro-Bio dengan koagulan K.A. Peningkatan pH dalam larutan dikarenakan adanya produksi ion hidroksi secara kontinu pada katoda. Kandungan oksigen yang terlarut pada limbah mengalami penurunan karena kondisi larutan yang bersifat basa, sehingga produksi gas H<sub>2</sub> lebih banyak dibandingkan produksi gas O<sub>2</sub>. Hal tersebut sesuai dengan prinsip elektrolisis air yaitu:



Oksigen terlarut merupakan komponen penting dalam perairan karena merupakan kebutuhan dasar tanaman dan hewan dalam air. Oksigen terlarut dibutuhkan oleh semua jasad hidup untuk pernapasan, proses metabolisme atau energi untuk pertumbuhan dan pembiakan. Sehingga kandungan oksigen terlarut dalam suatu perairan sangat penting karena menjadi salah satu komponen penting untuk keberlangsungan makhluk hidup yang ada pada perairan.

## KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan, diperoleh kesimpulan sebagai berikut: kacang Arab yang digunakan sebagai koagulan alami dalam proses pengolahan limbah air lindi memiliki kemampuan untuk meningkatkan kinerja pada metode Elektro-Bio yang ditandai dengan adanya % penurunan nilai TDS, EC, turbiditas dan % peningkatan nilai DO berturut turut sebesar 16,69; 15,67; 97,98 dan 56,52%.

## UCAPAN TERIMAKASIH

Peneliti mengucapkan terimakasih kepada KEMENRISTEKDIKTI atas bantuan biaya penelitian melalui hibah Penelitian Terapan Unggulan Perguruan Tinggi (PTUPT) 2017-2018 (SK No.663/M/KP/XII/15 dan Perjanjian/Kontrak No.041/HB-LIT/IV/2017) dan Direktorat Pengembangan, Bakat/Minat dan Kesejahteraan Mahasiswa (DPBMKM) Universitas Islam Indonesia atas bantuan biaya perjalanan seminar tahun 2018.

## REFERENSI

1. Al-Snafi, Ali, E., 2013, The medical Importance of Cicer arietinum - A review, *IOSR Journal Of Pharmacy*, vol. 6
2. Asrafuzzaman, M., Fakhruddin, A. N. M., and Hossain, M. A., 2011, Reduction of Turbidity of Water Using Locally Available Natural Coagullants, *ISRN Microbiology*, Vol 2011.
3. Campbell, Arezoo., 2002, The Potential Role of Aluminium in Alzheimer's Disease, *Neprhol Dial Transplant*, 17 [Suppl 2], 17-20.
4. Hendrawati., Delsy, S dan Nurhasni. 2013. "Penggunaan Biji Asam Jawa (Tamar- Indus indica) dan Biji Kecipir (Psophocarpustetragonolobus L) Sebagai Koagulan Alami dalam Perbaikan Air Tanah". *Prosiding Semirata FMIPA*, (1-3). Universitas Lampung: Lampung.
5. Khelifa, A., S. Moulay, A. W. Naceur, 2005, Treatment of Metal Finishing Effluents by The Electroflotation Technique, *Desalination*, 181, 27-33.
6. Muhammad, Shareza dan Warjito, 2014, *Elektroflotasi untuk Pemisahan Zat Warna Batik*, Penelitian, Fakultas Teknik, Universitas Indonesia, Jakarta.
7. Nanseu-Njiki C. P, Tchamango S. R, Ngom P. C, Darchen A, Ngameni E, 2009, Mercury(II) Removal From Water Byelectrocoagulation Using Aluminium and Iron Electrodes. *J. Hazard Mater*, 168, 2-3, 1430-1436.
8. Peavy, Howard S; Rowe, Donald R and Tchobanoglous, George 1986. Environmental Engineering. Singapore : Mc Graw Hill.
9. Srawaili, N, 2008, Efektivitas Biji Kelor (*Moringa oleifera*) dalam Menurunkan Kekeruhan, Kadar Ion Besi, dan Mangan dalam Air, *Thesis*. Program Studi Kimia Institut Teknologi Bandung.
10. Tchobanoglous G, et al, 1993, *Solid Waste Principle and Management Issues*, Mc Graw Hill, Tokyo.
11. Yuliastri, I. R., 2010, Penggunaan Serbuk Biji Kelor (*Moringa oleifera*) sebagai Koagulan dan Flokulan dalam Perbaikan Kualitas Air Limbah dan Air Tanah. *Skripsi*. Program Studi Kimia, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Syarif Hidayatullah, Jakarta.