

## Pengolahan Limbah Industri Cat Dengan Biokoagulan Biji Kelor (*Moringa Seeds*)

Nurdiani

Program Studi Pengolahan Limbah Industri, Politeknik AKA Bogor  
Jl. Pangeran Sogiri No.283, Tanah Baru, Bogor Utara, Kota Bogor, Jawa Barat 16154

\*Email :

(Received : 2 Juli 2021; Accepted: 7 Juli 2021; Published: 2 Agustus 2021)

### Abstrak

*Industrialisasi terutama di negara-negara yang sedang berkembang mengalami pertumbuhan yang sangat pesat. Kondisi ini belum diikuti dengan pengolahan limbah industri yang memadai sehingga masih banyak industri yang membuang limbahnya langsung ke lingkungan. Salah satu cara dalam mengolah limbah cair industri adalah dengan proses koagulasi flokulasi. Koagulan yang dapat digunakan bisa dari bahan kimia ataupun bahan alam atau yang disebut biokoagulan. Biji kelor adalah salah satu biokoagulan yang mempunyai kemampuan dalam menjerap polutan yang ada dalam suatu limbah cair. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui kemampuan dan keefektifan biji kelor sebagai biokoagulan dalam menurunkan kadar fenol yang ada dalam suatu limbah cair cat. Hasilnya menunjukkan bahwa pengolahan limbah cat khususnya dalam menurunkan kadar fenol dengan biokoagulan biji kelor terbukti efektif yaitu sebesar 26% pada pengenceran 1000x dan 33% pada pengenceran 2000x. Hal ini disebabkan karena adanya gaya van der Waals antara senyawa 4-alfa-4-rhamnosyloxybenzil-isothiocyante dalam biji kelor yang cenderung bermuatan positif untuk mengoksidasi senyawa-senyawa fenolik pada limbah. Untuk mengurangi kadar padatan tersuspensi dan kadar bahan organik serta anorganik dalam limbah cat khususnya kandungan fenol dengan biokoagulan belum memberikan hasil yang signifikan.*

**Kata kunci:** biokoagulan; biji kelor; fenol

### Abstract

*Industrialization, especially in developing countries, is experiencing very rapid growth. This condition has not been followed by adequate industrial waste treatment so that there are still many industries that dispose of their waste directly into the environment. One way to treat industrial wastewater is the coagulation flocculation process. Coagulants that can be used can be from chemicals or natural materials or what are called biocoagulants. Moringa seeds are one of the biocoagulants that have the ability to absorb pollutants in a liquid waste. The purpose of this study was to determine the ability and effectiveness of Moringa seeds as a biocoagulant in reducing phenol levels in a liquid paint waste. The results showed that the treatment of paint waste, especially in reducing phenol levels with moringa seed biocoagulants, proved to be effective, namely 26% at 1000x dilution and 33% at 2000x dilution. This is due to the van der Waals forces between 4-alpha-4-rhamnosyloxybenzil-isothiocyante compounds in Moringa seeds which tend to be positively charged to oxidize phenolic compounds in the waste. To reduce the levels of suspended solids and the levels of organic and inorganic materials in paint waste, especially the phenol content with biocoagulants, it has not given significant results.*

**Keywords:** biocoagulants; moringa seeds; phenol

### PENDAHULUAN

Fenol atau asam karbolat, atau benzenol, adalah zat kristal tak berwarna yang memiliki bau khas. Salah satu aktivitas senyawa fenol terdapat di dalam limbah cair buangan industri cat sebagai senyawa toksik dan sumber pencemaran lingkungan. Fenol merupakan antiseptik dagang triklorofenol, atau dikenal sebagai TCP (*trichlorophenol*). Fenol juga berfungsi dalam pembuatan obat-obatan, pembasmi rumput liar, dan lainnya. Fenol yang terkonsentrasi dapat mengakibatkan pembakaran kimiawi pada kulit yang terbuka. Keberadaan fenol

bisa menjadi sumber pencemaran yang membahayakan kehidupan manusia maupun hewan air.

Senyawa fenolik juga terdapat pada limbah industri seperti limbah penyulingan minyak, petrokimia, farmasi, operasi batubara, plastik, cat, kertas, dan produk kayu. Pembuangan dari limbah ini tanpa penanganan dapat menimbulkan risiko kesehatan yang serius bagi manusia, hewan, dan sistem perairan. Fenol telah dinyatakan sebagai polutan prioritas oleh US Environmental Protection Agency (EPA) dan National Pollutant Release

Inventory (NPRI) Kanada. Badan pengawas Internasional telah menetapkan batas yang ketat untuk pelepasan dan pembuangan fenol untuk lingkungan. Sebagai contoh, EPA telah menetapkan standar kemurnian air kurang dari 1 ppb untuk kandungan fenol untuk air bagian permukaan. Tingkat toksisitas berada di kisaran 9-25 mg/L bagi manusia dan ekosistem air.

Biji kelor berperan sebagai koagulan yang efektif karena adanya zat aktif 4- alfa-rhamnosyloxy-benzil-isothiocyanate yang terkandung dalam biji kelor. Zat aktif itu mampu mengadsorpsi partikel-partikel air limbah. Biji kelor dapat digunakan sebagai adsorben bahan organik, sebagai koagulan pada pengolahan air, dan merupakan zat polimer organik yang tidak berbahaya (Vieira *et al.* 2009). Beberapa penelitian menunjukkan bahwa efisiensi ekstrak biji akan menurun seiring bertambah lamanya waktu penyimpanan. Penurunan terjadi setelah disimpan 1-5 bulan (Katayon *et al.* 2006). Koagulan biji kelor yang dicampur dengan air merupakan protein yang bersifat serupa dengan polielektrolit positif. Biji kelor juga mengandung logam alkali kuat seperti K dan Ca, yang menjadi kutub positif (Duke, 1998). Efektivitas koagulasi biji kelor ditentukan oleh kandungan protein kationik dengan bobot molekul sekitar 6.5 kDa.

Untuk mencapai kadar fenol dibawah ambang baku mutu maka dilakukan penelitian untuk mengolah limbah fenol dalam industri cat yaitu menggunakan metode koagulasi dan flokulasi dengan biokoagulan biji kelor.

## METODE PENELITIAN

### Persiapan Bahan dan Alat

Bahan-bahan yang digunakan meliputi bahan uji dan bahan kimia. Bahan uji yang digunakan adalah biji kelor dan limbah industri cat. Bahan kimia yang digunakan seperti  $H_3PO_4$  10%,  $CuSO_4$  10%, indikator SM, akuabides, buffer pH 10,  $H_2SO_4$ , indikator feroin, NaOH 1N, HCl 1 N,  $K_3Fe(CN)_6$ , amino antipirin, FAS dan kalium dikromat.

Alat-alat yang digunakan antara lain labu destilasi, jar tes, turbidimeter, COD reaktor, pinggan penguap, cawan porselen, oven, spektrofotometer UV Visibel, saringan 24 mesh, dan alat-alat gelas lainnya.

Untuk menyelesaikan penelitian ini ada beberapa tahap yang harus dikerjakan, yaitu persiapan pengujian contoh, pengujian contoh, dan pengolahan data. Tahap persiapan meliputi penetapan kadar fenol awal, pembuatan deret standar dan pembuatan biokoagulan biji kelor. Tahap pengujian secara skala laboratorium meliputi penetapan pH dan dosis optimum koagulan, aplikasi pengolahan limbah fenol dengan biokoagulan biji kelor, penetapan kadar COD, TS dan TDS. Tahap pengolahan data dengan mengolah kadar sampel dengan rumus.

### Penetapan Kadar Fenol Awal

Sebanyak 300 mL contoh dimasukkan ke dalam labu destilasi, tambahkan indikator SM sampai berwarna kuning. Selanjutnya tambahkan  $H_3PO_4$  10% sehingga berwarna merah muda, dan 1 drop  $CuSO_4$  10%. Panaskan 70 – 80°C sampai

larutan tinggal 2/3 nya (200 mL), dinginkan, masukkan ke dalam labu takar 250 mL Lakukan pengenceran terlebih dahulu (100x ; 1000x ; 2000x), kemudian tambahkan 2 mL buffer pH 10 ; 2 mL  $K_3Fe(CN)_6$  dan 2 mL amino antipirin. Ukur absorbansi menggunakan spektrofotometer pada panjang gelombang 510 nm

### Pembuatan Deret Standar Fenol

Larutan induk fenol 1000 mg/ L diencerkan menjadi 100 mg/L, kemudian diencerkan lagi menjadi 10 mg/L Buat deret standar 0,0 ; 0,1 ; 0,2 ; 0,3; 0,4; dan 0,5 mg/L dari larutan fenol 10 mg/L dalam labu takar 50 mL Tambahkan masing masing deret 2 mL buffer pH 10 ; 2 mL  $K_3Fe(CN)_6$  dan 2 mL amino antipirin. Ukur absorbansi menggunakan spektrofotometer pada panjang gelombang 510 nm. Tentukan konsentrasi fenol dari kurva standar yang telah dikoreksi dengan blangko.

### Pembuatan Biokoagulan Biji Kelor

Kupas kulit biji kelor yang tidak busuk dan tidak keropos, jemur sampai kering. Haluskan biji kelor yang sudah dikupas dan kemudian panaskan 1-2 jam pada suhu 60°C untuk menghilangkan kadar air.

### Pengolahan Limbah Menggunakan Biji Kelor Secara Skala Laboratorium

Siapkan biokoagulan dari biji kelor. Tentukan pH dan dosis optimum penggunaan biji kelor sebagai koagulan dengan menggunakan jar test. Tentukan kadar fenol sebelum dan sesudah jar test. Saring menggunakan saringan 24 mesh, sehingga diperoleh biji kelor dalam bentuk serbuk yang besarnya homogen

### Penetapan pH Optimum

Siapkan 6 piala gelas 500 mL, isi dengan 400 mL air limbah. Atur pH ke-6 piala gelas tersebut secara berurutan 4,5,6,7,8, dan 9. Tambahkan 2 g koagulan pada setiap piala gelas. Atur kecepatannya 80 rpm selama 1 menit untuk proses koagulasi. Lanjutkan dengan kecepatan 20 rpm selama 15 menit untuk proses flokulasi. Biarkan hingga semua mengendap. Ukur kekeruhannya menggunakan turbidimeter. Kekeruhan yang paling rendah merupakan air limbah dengan pH optimum

### Penetapan Dosis Optimum

Jika pH optimum sudah didapat, gunakan untuk menentukan dosis optimum koagulan. Tambahkan koagulan ke dalam masing-masing piala gelas dengan variasi 0 (sebagai kontrol), 1 ; 2 ; 3 ; 4 ; 5 ; 6 g. Atur kecepatannya 80 rpm selama 1 menit untuk proses koagulasi

Lanjutkan dengan kecepatan 20 rpm selama 15 menit untuk proses flokulasi. Biarkan hingga semua mengendap. Ukur kekeruhannya menggunakan turbidimeter. Kekeruhan yang paling rendah merupakan air limbah dengan dosis optimum.

### Aplikasi Pengolahan Limbah Fenol dengan Biokoagulan Biji Kelor

250 mL air limbah dimasukkan ke dalam erlenmeyer, kemudian diatur pH dan dosis optimum sesuai dengan yang didapat sebelumnya. Shaker dengan kecepatan 150 rpm dengan variasi waktu 30 menit, 45 menit, dan 60 menit. Lakukan pengujian fenol dengan destilasi. Ukur kadar fenol dengan spektrofotometri UV-Vis

- Perhitungan :

$$C_{100x} / C_{1000x} / C_{2000x} = \text{Abs} / \text{slope} = A$$

Keterangan :

$$C_{250} = A \times \text{pengenceran} = B$$

$$C_{300} = 300/250 \times B$$

Lakukan pengujian fenol dengan destilasi. Ukur kadar fenol dengan spektrofotometri UV-Vis

### Penetapan Kadar TS

Pipet sampel sebanyak 25 mL ke dalam pinggan penguap. Taruh pinggan penguap yang telah diisi sampel diatas beaker glass berisi air sebanyak 25 mL Panaskan dengan bunsen dan tunggu sampel sampai kering. Jika sampel sudah kering, lalu angkat dan lap bawah pinggan penguap dengan kertas saring yang telah diberi alkohol. Masukkan pinggan penguap ke dalam oven 105°C selama 30 menit lalu masukkan ke dalam desikator selama 15 menit dan timbang bobot akhir.

### Penetapan Kadar TDS

Timbang bobot kosong pinggan penguap yang telah dimasukkan dalam oven 105°C. Pipet sampel sebanyak 25 mL dan saring dengan penampung bawahnya pinggan penguap. Taruh pinggan penguap yang telah diisi sampel diatas beaker glass berisi air sebanyak 25 mL Panaskan dengan bunsen dan tunggu sampel sampai kering

Jika sampel sudah kering, lalu angkat dan lap bawah pinggan penguap dengan kertas saring yang telah diberi alkohol. Masukkan pinggan penguap ke dalam oven 105 °C selama 30 menit lalu masukkan ke dalam desikator selama 15 menit dan timbang bobot akhir.

### Penetapan COD (Chemical Oxygen Demand) Standarisasi FAS 0,02 N

Timbang  $K_2Cr_2O_7$  0,2450 g lalu tambahkan 10 mL aquades sampai larut, Tambahkan 15 mL  $H_2SO_4$  pekat lalu tambahkan 15 mL aquades dan dinginkan. -Tambahkan 3 tetes indikator ferroin dan titrasi dengan FAS 0,02 N. Lakukan duplo

### Sampel untuk Faktor Pengenceran 2000x

Pipet 1 mL sampel dan masukkan ke dalam labu takar 100 mL , tera dengan aquabides. Pipet 50 mL sampel yang telah diencerkan dan masukkan ke dalam labu takar 100 mL , tera dengan aquabides. Masukkan 2 mL sampel yang telah diencerkan ke dalam tabung ulir.

Tambahkan 2 ml  $K_2Cr_2O_7$  dan tambahkan 2 ml campuran  $Ag_2SO_4$  dan  $H_2SO_4$ . Masukkan ke dalam reaktor selama 1 jam, dinginkan dan pindahkan ke erlenmeyer. Lalu tambahkan 3 tetes indikator ferroin Titrasi dengan FAS 0,02 N. Lakukan

hal yang sama untuk sampel dengan pengenceran 1000x dan blangko.

### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### Karakteristik Awal Limbah Cair Cat

Analisis yang dilakukan terhadap air limbah industri cat diantaranya adalah pengukuran pH, suhu, COD, TSS, TDS, dan kadar fenol awal limbah cat. Hasil analisis limbah cat dapat dilihat pada Tabel 1 berikut.

Tabel 1. Karakteristik Awal Limbah Cair Industri Cat

Parameter	Air Limbah Industri Cat	
pH	8,295	
Suhu	27,5 °C	
TDS	1	185,6 mg/L
	2	183,6 mg/L
TSS	Tidak dapat dihitung	
COD	5932,08 mg/L	
Kadar Fenol	1000x	3386,8 mg/L
	2000x	4024,2 mg/L

Berdasarkan hasil analisis karakteristik limbah awal industri cat, didapatkan kadar fenol dan kadar COD yang melebihi baku mutu Permen LH No.5 Tahun 2014 tentang baku mutu air limbah kegiatan industri cat, sehingga pada penelitian ini digunakan pengolahan menggunakan biji kelor untuk menurunkan kandungan fenol, TSS, dan bahan organik (COD) dalam limbah cat.

#### Penentuan Dosis dan pH Optimum Biokoagulan Biji Kelor

Pada penelitian ini dilakukan penentuan dosis dan pH optimum untuk pengolahan menggunakan biokoagulan biji kelor. Penentuan dosis dan pH optimum bertujuan untuk menyesuaikan kondisi optimum koagulan untuk mendegradasi limbah cat dalam proses koagulasi dan flokulasi dengan menggunakan alat *jarrest*. Adapun penentuan dosis dan pH optimum berdasarkan tingkat kekeruhan hasil koagulasi dan flokulasi terkecil. Berikut hasil penentuan dosis dan pH optimum pengolahan limbah industri cat.

Tabel 2. pH Optimum Jartest Limbah Industri Cat dengan Biokoagulan Biji Kelor

No	pH Awal	Variasi pH	Kekeruhan Sampel (NTU)	pH Optimum
1	6	4	505,0	6
2		5	691,0	
3		6	43,5	
4		7	115,4	
5		8	164,4	
6		9	54,1	

Tabel 3. Dosis Optimum Jartest Limbah Industri Cat dengan Biokoagulan Biji Kelor

No	pH	Variasi	Kekeruhan Sampel	Dosis
	Optimum	Dosis (g)	(NTU)	Optimum (g)
1	6	0	1,68	2
2		1	56,00	
3		2	50,10	
4		3	52,90	
5		4	78,60	
6		5	65,50	
7		6	74,2	

Berdasarkan data Tabel 2 dan 3 diatas didapatkan pH optimum pengolahan limbah industri cat dengan biokoagulan biji kelor sebesar 6 serta dosis optimum koagulan biji kelor sebesar 2 gram.

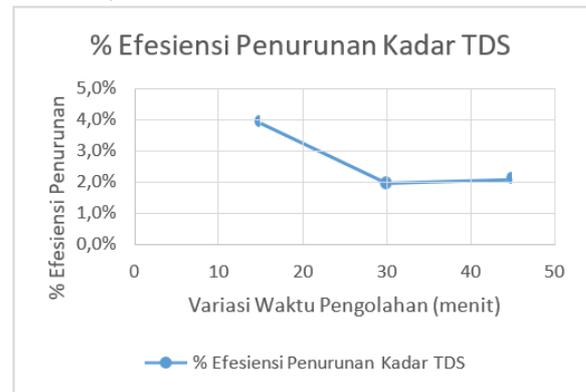
**Pengolahan Limbah Industri Cat dengan Biokoagulan Biji Kelor**

Biji kelor merupakan koagulan alami yang efektif karena adanya zat aktif 4-alfa-4-rhamnosyloxybenzil-isothiocyanate yang cenderung bermuatan positif, sehingga mampu mendestabilisasikan koloid (partikel-partikel air limbah) yang bermuatan negatif. Dengan pengubahan bentuk menjadi bentuk yang lebih kecil, maka zat aktif dari biji kelor tersebut akan semakin banyak karena luas permukaan biji kelor semakin besar (Bangun, 2013).

Pengolahan limbah industri cat dengan biokoagulan biji kelor dilakukan dengan 3 variasi waktu pengolahan yakni selama 15 menit, 30 menit, dan 45 menit. Hal ini bertujuan untuk menentukan waktu optimum dosis biokoagulan biji kelor dalam menjerap limbah fenol secara maksimal. Adapun hasil pengolahan limbah fenol dengan biji kelor dilihat dari % efisiensi penurunan kadar TDS, TSS, COD, pH, dan kadar Fenol.

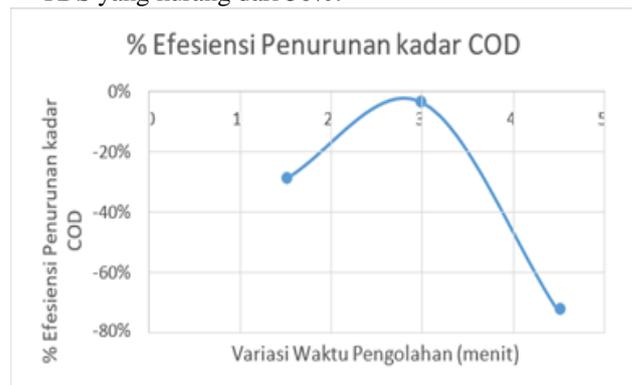
Gambar 1 menunjukkan bahwa biokoagulan biji kelor dengan dosis sebanyak 2 gram mampu menurunkan jumlah padatan tersuspensi total pada limbah cair industri cat pada berbagai variasi waktu pengendapan. Pada Gambar 1 terjadi penyimpangan pada variasi waktu 30 menit dan 40 menit yaitu %

penurunan kadar TDS mengalami penurunan menjadi 2% dan 2,1%.



Gambar 1. Hubungan Variasi Waktu Pengolahan dengan Biji Kelor Terhadap % Penurunan TDS

Penyimpangan ini disebabkan karena pada variasi waktu tersebut tidak semua biokoagulan biji kelor yang terkoagulasi dan terflokulasi dengan sempurna. Menurut Wiley (1955), suatu bio koagulan dikatakan efektif, apabila mampu mengurangi nilai jumlah padatan tersuspensi sebesar 50 %. Adapun jumlah padatan tersuspensi total pada air limbah belum terdegradasi secara optimal oleh koagulan biji kelor. Hal ini dibuktikan dengan % penurunan kadar TDS yang kurang dari 50%.

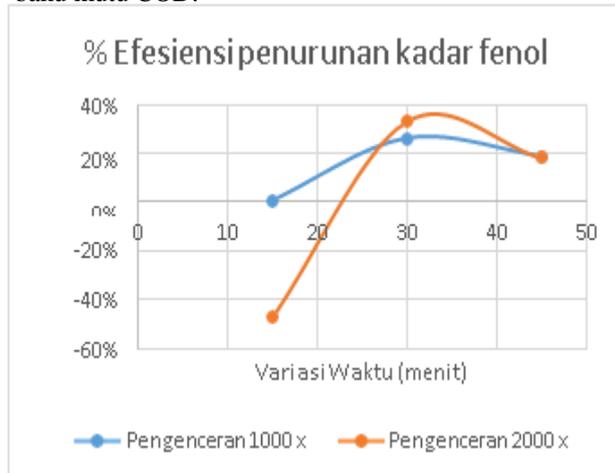


Gambar 2. Hubungan Variasi Waktu Pengolahan dengan Biji Kelor Terhadap % Penurunan COD

Gambar 2 menunjukkan bahwa pengolahan limbah industri cat dengan biokoagulan biji kelor belum mendegradasi bahan organik dalam limbah cair cat secara optimal dan hasilnya belum memenuhi baku mutu Permen LH No 5 Tahun 2014. Hal ini dapat disebabkan karena pada waktu tersebut tidak semua partikel koagulan biji kelor yang bereaksi membentuk flok-flok dalam limbah cair cat.

COD adalah banyaknya oksigen yang dibutuhkan untuk mengoksidasi secara kimia bahan organik di dalam air. COD yang diperoleh dari proses koagulasi tidak dapat memenuhi baku mutu dikarenakan banyaknya kandungan zat-zat organik dan anorganik yang terkandung di dalam limbah cair cat. Untuk dapat menyisihkan kadar COD yang tinggi pada limbah cair, diperlukan pengolahan lebih lanjut. Di dalam proses pengolahan limbah cair, koagulasi merupakan bagian dari *Primary Treatment* (pengolahan tahap pertama) yang memiliki tujuan untuk menghilangkan padatan tersuspensi di dalam air limbah, sedangkan tahapan selanjutnya yaitu

*Secondary Treatment* (pengolahan tahap kedua) bertujuan menghilangkan material organik pada air limbah (Aimyaya, 2008). Tahap ini dapat memberikan angka penurunan COD yang lebih besar, dengan hasil yang dicapai dapat disesuaikan dengan baku mutu COD.



Gambar 3. Hubungan Variasi Pengolahan dengan Biji Kelor Terhadap % Penurunan Kadar Fenol

Gambar 3 menunjukkan bahwa kadar fenol mengalami % efisiensi penurunan optimum pada variasi waktu 30 menit dengan masing-masing % penurunan kadar fenol sebesar 26% pada pengenceran 1000x dan 33% pada pengenceran 2000x. Adapun penyimpangan yang terjadi pada variasi waktu 45 menit dengan % penurunan kadar fenol menjadi 19% pada 1000x pengenceran dan 18% pada 2000x pengenceran dapat terjadi karena tidak semua partikel koagulan biji kelor yang bereaksi membentuk flok-flok dalam limbah cat atau sebagian koagulan biji kelor yang menggumpal sehingga luas permukaan aktif koagulan berkurang dan proses penyerapan tidak efektif (Yudo, 2010; Hidayat, 2009).

% Efisiensi penurunan parameter TSS pada pengolahan limbah cat tidak dapat diperoleh karena hasil analisis TSS awal limbah cat tidak dapat dihitung akibat jumlah padatan tersuspensi yang lebih banyak dibanding jumlah padatan total pada limbah cat. Adapun kadar TSS akhir pengolahan mengalami penurunan hingga mencapai 276 mg/L pada variasi waktu 15 menit, 4028 mg/L pada variasi waktu 30 menit, dan 300 mg/L pada variasi waktu 45 menit. Hasil akhir TSS yang belum memenuhi baku mutu Permen LH No.5 Tahun 2014 membuktikan bahwa pengolahan limbah cat menggunakan biokoagulan biji kelor belum optimal dalam menurunkan kadar TSS dalam limbah. Persen efisiensi penurunan pH limbah cat awal dengan akhir tidak mengalami perubahan yang signifikan dan sudah memenuhi baku mutu pH air limbah dalam Permen LH No.5 Tahun 2014. Hal ini sesuai dengan hasil penelitian yang dilakukan oleh (Ndabigengesere, 1995) dalam (Chandra, 1998) yaitu proses koagulasi menggunakan biji kelor memberikan pengaruh kecil terhadap derajat keasaman dan konduktifitas.

## KESIMPULAN

Hasil pengolahan limbah cat khususnya dalam menurunkan kadar fenol dengan menggunakan biokoagulan biji kelor terbukti efektif. Hal ini disebabkan karena adanya gaya van der Waals antara senyawa 4-alfa-4-rhamnosyloxybenzil-isothiocyanate dalam biji kelor yang cenderung bermuatan positif untuk mengoksidasi senyawa-senyawa fenolik pada limbah. Untuk mengurangi kadar padatan tersuspensi dan kadar bahan organik serta anorganik dalam limbah cat khususnya kandungan fenol dengan biokoagulan biji kelor belum memberikan hasil yang signifikan. Perlu dilakukan pengolahan lebih lanjut dalam mengolah limbah cat khususnya dalam menurunkan kandungan bahan organik, anorganik serta padatan tersuspensi dari limbah cat.

## DAFTAR PUSTAKA

- Aimyaya. (2008). Tahapan Pengolahan Limbah Cair, <http://aimyaya.blogspot.com>.
- Bangun, A. R., Siti Aminah, Rudi Anas Hutahaean, M. Yusuf Ritonga. (2013). Pengaruh Kadar Air, Dosis Dan Lama Pengendapan Koagulan Serbuk Biji Kelor Sebagai Alternatif Pengolahan Limbah Cair Industri Tahu, *Jurnal Teknik Kimia USU*, 2(1), 1-5.
- Chandra, A. (1998). Penentuan Dosis Optimum Koagulan Ferro Sulfat-Kapur Flokulan Chemifloc dan Besfloc, serta Bioflokulan Moringa Oleifera dalam Pengolahan Limbah Cair Pabrik Tekstil, *Laporan Penelitian Jurusan Teknik Kimia*, Universitas Parahyangan, Bandung.
- Duke, JA. (1998). *Handbook of Nuts. Boca Rotan*. CRC Pr.
- Hidayat, S. (2009), Protein Biji Kelor Sebagai Bahan Aktif Penjernihan Air. *Biospecies*, 2(2), 12-17.
- Katayon S, S.C. Ng, M.M.N Megat Johari, L.A. Abdul Ghani. (2006). Preservation of coagulation efficiency of Moringa oleifera a natural coagulant. *Biotechnol Bioprocess Eng*. 11: 489-495.
- Ndabigengesere, A., Narasiah, K. S. dan Talbot B. G., Active Agents and Mechanism of Coagulation of Turbid Water using Moringa Oleifera, *Water Research*, New York, 1995.
- Vieira A.M.S, Vieira, M.F, Silva G.F., Araujo A.A., Fagundes-Klen, M.R, Veit M.T., Bergamasco R. (2009). Use of Moringa oleifera seed as a natural adsorbent for wastewater treatment. *Water Air Soil Pollut* 206:273-281.
- Wiley J. (1995). *Principles of Industrial Waste Treatment*, John Wiley & Sons Inc, New York
- Yudo, S. (2010), Kondisi Kualitas Air Sungai Ciliwung Di Wilayah DKI Jakarta Ditinjau Dari Parameter Organik, Amoniak, Fosfat, Detergen, Bakteri Coli, *Jurnal Lingkungan*, 6(1), 1-9.