

## **PENJERNIHAN AIR LIMBAH SINTETIS MENGGUNAKAN KOAGULAN ALAMI**

Leonardus Nanda Arisoma H., Nikodemus Masan Sang, Adriana Anteng A<sup>\*</sup>), Yohanes Sudaryanto  
Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik - Universitas Katolik Widya Mandala Surabaya

\*E-mail : [adrianaanteng@ukwms.ac.id](mailto:adrianaanteng@ukwms.ac.id)

### **ABSTRAK**

*Air merupakan kebutuhan pokok bagi manusia. Kualitas air saat ini menurun dikarenakan ulah manusia yang membuang limbah ke sungai atau ke sumber air tanpa dilakukan pengolahan terlebih dahulu. Untuk itu diperlukan cara agar dapat mengolah air limbah menjadi air bersih yaitu dengan cara koagulasi. Pada penelitian ini digunakan koagulan dari bahan alami dengan menggunakan protein sebagai bahan aktifnya, yang digunakan adalah biji kelor, kacang tolo, dan biji melinjo. Tujuan dari penelitian ini adalah mempelajari pengaruh konsentrasi larutan pengekstrak terhadap kadar protein yang terdapat dalam biji kelor, kacang tolo dan biji melinjo. Selain itu dipelajari juga pengaruh penambahan volume larutan ekstrak dengan kadar protein tertinggi (sebagai koagulan alami) dari biji kelor, kacang tolo dan biji melinjo terhadap persentase penurunan kekeruhan dari air limbah sintetis. Proses penjernihan air menggunakan koagulan alami terdiri dua tahap yaitu: (1) ekstraksi protein dari biji-bijian menggunakan pengekstrak NaCl dengan konsentrasi: 0,2 N; 0,3 N; 0,4 N; 0,5 N; 0,6 N; 0,8 N dan 1 N. (2) ekstrak protein dengan kadar protein tertinggi ditambahkan ke dalam air limbah sintetis kemudian diukur kekeruhannya. Hasil pengukuran kekeruhan ini kemudian dihitung persentase penurunannya terhadap kekeruhan air limbah sintetis mula-mula sebelum ditambahkan koagulan alami. Pengukuran kekeruhan menggunakan alat Turbidimeter. Sedangkan kadar protein diukur menggunakan alat Kjeldahl. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa kadar protein tertinggi dari setiap biji-bijian di peroleh dengan menggunakan larutan pengekstrak NaCl pada konsentrasi yang berbeda-beda. Pada biji kelor diperoleh kadar protein tertinggi sebesar 2,51% dengan menggunakan larutan pengekstrak NaCl berkonsentrasi NaCl 0,4 N. Sedangkan untuk kacang tolo dan biji melinjo kadar protein tertinggi berturut-turut sebesar 1,37% dan 0,55%, dengan menggunakan larutan pengekstrak NaCl yang berkonsentrasi berturut-turut sebesar 0,4 N dan 0,2 N. Penurunan kekeruhan air limbah sintetis dengan penambahan ekstrak protein sebanyak 0,5 mL dari biji kelor, yaitu 92,63% diikuti dengan kacang tolo, yaitu 91,02% dan biji melinjo, yaitu 90,85%.*

Kata kunci : biji kelor, kacang tolo, biji melinjo, protein, koagulasi.

### **I. Pendahuluan**

Air merupakan kebutuhan utama bagi suatu kehidupan. Menurut organisasi kesehatan dunia atau *World Health Organization* (WHO) kebutuhan manusia akan air sangat beragam, oleh karena itu harus diperlakukan sebagai bahan yang sangat bernilai, dimanfaatkan secara bijak, dan dijaga supaya tidak tercemar. Namun kenyataannya seringkali air dicemari dan tanpa adanya pengolahan lebih lanjut. Akibatnya hampir seluruh penduduk di dunia, khususnya di negara-negara berkembang menderita berbagai penyakit yang disebabkan oleh kekurangan air, atau air yang tercemar (Herlambang dan Sa'id, 2005). Mengingat kebutuhan akan air bersih saat ini mulai sulit didapatkan, sedangkan permintaan akan air bersih terus meningkat maka berbagai cara dilakukan agar kebutuhan akan air bersih dapat terpenuhi. Salah satu cara yang dapat dilakukan untuk pengolahan air limbah menjadi air bersih adalah dengan proses koagulasi dan flokulasi.

Koagulasi merupakan suatu proses penambahan senyawa kimia yang bertujuan untuk membentuk, menggabungkan partikel yang sulit mengendap dengan partikel lainnya

sehingga memiliki kecepatan mengendap yang lebih cepat. Flok yang terbentuk akan disisihkan dengan cara sedimentasi. Bahan koagulan yang umum dipakai pada proses pengolahan air adalah aluminium sulfat atau tawas. Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Ramadhani, dkk (2013) menyatakan bahwa penambahan tawas sebanyak 20 mg/l mampu menurunkan turbiditas sebesar 93,44% dan kadar warna sebesar 87,55%. Penggunaan koagulan kimia yang berlebihan dapat menyebabkan penyakit *Alzheimer* (Campbell, 2002), selain itu memiliki sifat neurotoksisitas yang disebabkan adanya kandungan Alum (Hendrawati, dkk. 2013).

Salah satu cara untuk mengurangi dampak penggunaan koagulan kimia, adalah dengan menggunakan koagulan dari bahan alami yang aman bagi kesehatan serta *biodegradable*. Koagulan dari bahan alami, memiliki berbagai macam bahan aktif, seperti protein, dan karbohidrat, salah satu contoh bahan aktif yang ada di dalam biji-bijian yaitu protein. Biji kelor (*moringa oleifera*) adalah salah satu koagulan alami yang sering dipakai. Biji kelor memiliki kandungan protein yang tinggi dan aman untuk

kesehatan dibandingkan dengan menggunakan tawar. Selain biji kelor terdapat juga bahan – bahan lain yang memiliki kandungan protein tinggi. Jenis kacang-kacangan dan biji-bijian memiliki kandungan protein yang cukup tinggi adalah biji kacang tolo (*Vigna unguiculata*), dan biji dari melinjo (*Gnetum gne mon L.*). Ketiga biji tersebut bukan merupakan bahan-bahan makanan pokok, sehingga dalam penggunaannya bisa diolah untuk dimanfaatkan yang lain seperti menjadi koagulan.

**II. Landasan Teori**

Air adalah kebutuhan pokok bagi manusia yang saat ini sulit untuk memperoleh air yang berkualitas baik. Oleh karena itu untuk memperbaiki kualitas air, perlu dilakukan pengolahan terlebih dahulu. Teknik pengolahan air yang menjadikan air bersih telah banyak dikembangkan yang secara umum terbagi menjadi 3 metode yaitu pengolahan secara fisika, kimia, dan biologi. Pengolahan air secara kimia biasanya dilakukan untuk menghilangkan partikel-partikel yang tidak mudah mengendap dengan cara koagulasi-flokulasi, baik dengan atau tanpa reaksi oksidasi-reduksi (Agung, 2006).

Proses koagulasi dan flokulasi berjalan bersamaan dan tidak dapat dipisahkan. Ketika koagulan direaksikan dengan air limbah, partikel – partikel koloid yang terdapat dalam limbah tersebut akan membentuk agregasi atau penggabungan partikel kecil untuk membentuk partikel yang lebih besar, sebagai akibat dari adanya perbedaan muatan antara partikel koloid dengan koagulan. Proses koagulasi saja terkadang belum cukup untuk mengendapkan agregat tersebut secara cepat. Penambahan polimer akan mempengaruhi kestabilan molekul dari agregat yang terbentuk, sehingga ketika molekul dalam keadaan tidak stabil polimer akan mudah untuk berikatan dengan agregat yang nantinya akan membentuk agregasi baru atau disebut juga flok. Flok – flok tersebut akan saling bergabung membentuk flok yang lebih besar. Flok – flok yang terbentuk mempunyai berat molekul yang lebih besar dari molekul air sebagai akibat dari penambahan polimer,

sehingga flok tersebut akan dengan mudah mengendap ( Eckenfelder, 1986 ) (Masrun, 1987).

**II.1. Koagulan Alami**

Koagulan yang berasal dari bahan alam banyak tersebar luas disekitarkita, tanaman-tanaman yang bisa dimanfaatkan sebagai koagulan alami dan memiliki kandungan protein yang cukup banyak, zat aktif protein ini yang berfungsi sebagai koagulan. Protein ialah salah satu senyawa biologis yang tersusun atas satuan asam amino. Protein adalah molekul yang kompleks dan terdiri dari unsur – unsur C, H, O, N, S dan P (Othmer, 1978).

Salah satu contoh koagulan alami adalah protein yang terdapat dalam biji kelor. Prinsip utama mekanisme koagulasi yang disebabkan oleh protein dari biji kelor adalah adsorpsi dan netralisasi tegangan permukaan tersebut (Ndabigengesere dkk, 1995). Dalam proses koagulasinya, biji kelor memberikan pengaruh yang kecil terhadap derajat keasaman dan konduktivitas. Bahan koagulan dalam biji kelor adalah protein kationik yang larut dalam air. Hal ini menunjukkan bahwa larutan kelor didominasi oleh tegangan positif meskipun merupakan campuran heterogen yang kompleks. Selain itu menunjukkan bahwa larutan kelor memiliki pH netral. Akibatnya, koagulasi partikel tersuspensi dengan biji kelor dipengaruhi oleh proses destabilisasi tegangan negatif koloid oleh polielektrolit kationik.

**II.2. Biji Kelor**

Menurut Hidayat ( 2006), biji kelor mengandung banyak protein. Protein dalam biji kelor berperan sebagai koagulan partikel-partikel penyebab keruhan. Protein tersebut adalah polielektrolit kationik. Polielektrolit biasanya digunakan sebagai koagulan limbah cair. Polielektrolit membantu koagulasi dengan menetralkan muatan-muatan partikel koloid, tetapi polielektrolit bermuatan sama sebagaimana koloid dapat juga digunakan sebagai koagulan dengan menjembatani antar partikel. Komponen dalam biji kelor dapat ditabelkan dalam Tabel 1.

**Tabel 1.** Komposisi biji kelor dalam setiap 100 gram

Preparat	Protein (%)	Lemak (%)	Karbohidrat (%)
1. Biji dengan Kulit:			
Bubuk	36,7	34,6	5,0
Larutan	0,9	0,8	n.a
Padatan residu	29,3	50,3	1,3
2. Biji tanpa Kulit :			
Bubuk	27,1	21,1	5,5
Larutan	0,3	0,4	n.a
Padatan residu	26,4	27,3	n.a

(sumber : Ndabigengesere dkk, 1995)

### II.3. Kacang Tolo

Nama ilmiah kacang Tolo adalah *Vigna unguiculata*. Komponen yang terdapat dalam biji kacang tolo dapat disajikan dalam Tabel 2 di bawah ini :

**Tabel 2.** Komposisi kacang tolo dalam setiap 100 gram

Komposisi	Jumlah
Air (g)	11,0 g
Kalori (kal)	342,0 kal
Protein (g)	22,9 g
Lemak (g)	1,1 g

Karbohidrat (g)	61,6 g
Kalsium (mg)	77,0 mg
Fosfor (mg)	449,0 mg
Besi (mg)	6,5 mg
Vitamin A (SI)	30,0 SI
Vitamin B1 (mg)	0,92 mg

(sumber : Anna Poedjiadi, 2006).

### II.4. Melinjo

Nama ilmiah melinjo adalah *Gnetum gnemon*. Komponen yang terkandung dalam biji melinjo dapat dilihat pada Tabel 3 di bawah ini :

**Tabel 3.** Komposisi biji melinjo dalam setiap 100 gram

Komposisi	Kalori (kal)	Protein (g)	Lemak (g)	Karbohidrat (g)	Air (g)	Vitamin A (SI)	Kalsium (mg)
Jumlah	66,0 kal	5,0 g	1,7 g	13,3 g	80,0 g	1000,0 SI	163,0 mg

(sumber : Direktorat Gizi Departemen Kesehatan RI, 1996)

## III. Metodologi Penelitian

Penelitian ini dilakukan melalui 2 (dua) tahap, yaitu (1) ekstraksi protein dari biji-bijian dan (2) penggunaan ekstrak protein untuk proses koagulasi pada air limbah sintetis. Tahap pertama yaitu tahap ekstraksi dimulai dari persiapan bahan baku. Biji-bijian dikeringkan menggunakan oven pada suhu sekitar 50 °C, hingga kadar air di bawah 5%. Bahan yang sudah kering dikecilkan ukurannya menggunakan blender kemudian diayak menggunakan *sieve s haker* hingga diperoleh ukuran -40/+60 mesh. Biji-bijian yang sudah diayak kemudian diekstraksi menggunakan larutan NaCl pada berbagai konsentrasi dengan metode pengadukan menggunakan kecepatan dan waktu tertentu. Selanjutnya campuran didiamkan selama 2 jam kemudian dilakukan penyaringan menggunakan kertas saring Whatman nomor 42 supaya terjadi pemisahan antara padatan dan cairan yang mengandung protein. Hasil ekstraksi kemudian diukur kadar proteinnya menggunakan alat *Kjeldahl*.

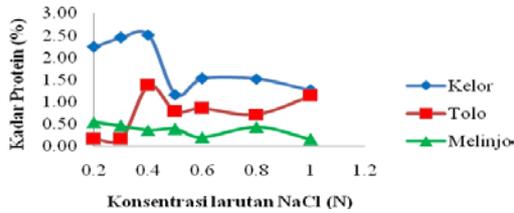
Tahap kedua penggunaan ekstrak protein untuk proses koagulasi pada air limbah sintetis. Tahap ini dimulai dengan membuat air limbah sintetis dari kaolin. Kaolin ditimbang seberat 10 gram, kemudian dilarutkan dalam aquades 1 Liter, diaduk selama 1 jam dengan kecepatan 20 rpm. Larutan kaolin didiamkan selama 24 jam dan selanjutnya dipergunakan sebagai air limbah sintetis. Larutan kaolin yang telah didiamkan selama 24 jam diukur kekeruhannya menggunakan alat Turbidimeter. Ekstrak protein ditambahkan dalam air limbah sintetis sesuai dengan rasio volume ekstrak protein dan volume air limbah sintetis yang telah ditentukan. Campuran diaduk menggunakan metode *jar-test* yaitu diaduk dengan kecepatan 200 rpm selama 4 menit, kemudian diaduk lagi selama 25 menit

dengan kecepatan 50 rpm. Setelah selesai pengadukan yang kedua campuran diendapkan selama 30 menit. Larutan tersebut di saring menggunakan kertas *Whatman* nomor 42. Filtrat diukur kekeruhannya menggunakan alat Turbidimeter.

## IV. Hasil Penelitian dan Pembahasan

### IV.1. Proses Ekstraksi Protein dalam Biji-bijian

Hasil ekstraksi protein dalam biji-bijian dapat ditunjukkan dalam Gambar 1. Berdasarkan Gambar 1, terlihat bahwa untuk biji kedelai dan kacang tolo, kadar protein mengalami kenaikan pada konsentrasi larutan NaCl 0,4 N, selanjutnya mengalami penurunan pada konsentrasi larutan NaCl 0,5 N, kemudian relatif konstan hingga konsentrasi 1 N, sedangkan untuk biji melinjo konsentrasi larutan NaCl relatif tidak berpengaruh terhadap kadar protein yang dihasilkan. Fenomena tersebut hanya terjadi pada konsentrasi larutan NaCl 0,4 N. Akan tetapi pada konsentrasi di atas 0,4 N proses salting out justru tidak dapat berlangsung dengan baik karena terhambat oleh kadar NaCl yang terlalu tinggi sehingga protein menjadi jelek. Konsentrasi larutan NaCl relatif tidak berpengaruh pada kadar protein yang dapat diekstraksi dari biji melinjo karena biji melinjo memiliki kadar protein yang rendah, sehingga ketika diekstraksi dengan larutan NaCl proses salting out tidak terjadi. Akibatnya kadar protein yang diekstraksi relatif sama pada bahan baku. Pada proses ekstraksi protein faktor yang mempengaruhi yaitu suhu, umumnya kelarutan suatu zat yang diekstraksi akan bertambah dengan kenaikan suhu, namun adanya suhu yang tinggi kadang dapat menyebabkan kerusakan terhadap protein terjadi pada suhu yang berbeda-beda tergantung pada sifat protein, umumnya protein terdenaturasi pada suhu sekitar 70°C (Welly Surya., dkk, 2010).

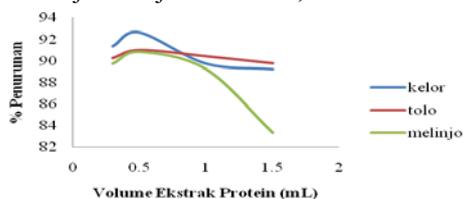


**Gambar 1.** Hubungan antara Konsentrasi NaCl dengan Kadar Protein yang Terekstrak (%)

Dalam penelitiannya Welly., dkk (2010) menuliskan bahwa suhu yang terbaik untuk melakukan proses ekstraksi yaitu 50-60°C. Pada percobaan ini kami menggunakan suhu ruangan sehingga proses ekstraksi tidak berjalan dengan baik. Ekstrak protein digunakan sebagai koagulan dalam proses penjernihan air limbah sintetis. Oleh sebab itu dipilih ekstrak protein yang memiliki kadar protein paling tinggi dari masing-masing bahan baku. Berdasarkan Gambar 1, kadar protein tertinggi terdapat di dalam ekstrak biji kelor dan kacang tolo yang dihasilkan dengan konsentrasi larutan NaCl 0,4 N, serta ekstrak biji melinjo yang dihasilkan dengan konsentrasi larutan NaCl 0,2 N. Kadar protein yang diperoleh berturut-turut adalah sebesar 2,51%, 1,37% dan 0,55%.

#### IV.2. Penurunan Kekeruhan Air Limbah Sintetis

Hasil penurunan kekeruhan air limbah sintetis akibat penggunaan berbagai koagulan alami yang terdapat dalam biji-bijian dapat dilihat dalam Gambar-2. Penurunan kekeruhan tertinggi terjadi pada penambahan volume ekstrak protein dengan kadar tertinggi sebanyak 0,5 mL. Pengaruh penambahan ekstrak protein pada air keruh sintetis sangat mempengaruhi. Pada penambahan yang optimal, kekeruhan pada air limbah sintetis berkurang hingga lebih dari 90%. Berdasarkan Gambar-1, penambahan ekstrak protein yang memiliki kadar protein tertinggi sebanyak 0,5 mL pada semua jenis biji-bijian penurunan kekeruhan pada air limbah sintetis lebih dari 90%. Pada ekstrak protein biji kelor penurunan kekeruhan yang didapatkan sebesar 92,63%. Penurunan kekeruhan dari air limbah sintetis menggunakan ekstrak protein kacang tolo sebesar 90,85%. Sedangkan pada ekstrak protein biji melinjo sebesar 91,02%.



**Gambar 2.** Hubungan antara Volume Ekstrak Protein dari Biji-bijian (mL) dengan Persentase Penurunan Kekeruhan Air Limbah Sintetis (%)

Dalam penelitian ini dapat diketahui bahwa dengan semakin tinggi volume penambahan ekstrak protein yang berkadar protein tertinggi, tidak mengurangi kekeruhan. Hal ini disebabkan muatan pada protein yang telah mengikat partikel yang tersuspensi di dalam air, sehingga protein yang tidak mengikat akan menjadi partikel bebas yang menyebabkan kekeruhan. Akan tetapi pada penambahan yang sedikit, penurunan kekeruhan juga tidak maksimal dikarenakan partikel yang terdapat di dalam air limbah masih memiliki muatan dan tidak meyatu dengan protein yang ada di dalam campuran antara air limbah sintetis dengan ekstrak protein sedikit. Berdasarkan hasil penelitian, jika kinerja biji-bijian terhadap persentase penurunan kekeruhan limbah sintetis dibandingkan, maka yang paling efektif untuk menurunkan kekeruhan adalah biji kelor. Hal ini dapat dilihat dalam Gambar 2 bahwa penurunan kekeruhan limbah sintetis mencapai 92,63% untuk penambahan volume ekstrak biji kelor sebanyak 0,5 mL. Sedangkan ekstrak protein dari biji melinjo memiliki efektifitas terendah dari ketiga jenis biji-bijian karena hanya mampu menurunkan kekeruhan sebesar 91,02%.

#### V. Kesimpulan

Berdasarkan penelitian ini, dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Kadar protein tertinggi sebesar 2,513% dari biji kelor diperoleh dengan menggunakan larutan pekestrak NaCl berkonsentrasi 0,4 N. Sedangkan untuk kacang tolo dan biji melinjo diperoleh kadar protein tertinggi berturut-turut sebesar 1,37% dan 0,545%, dengan menggunakan konsentrasi larutan pekestrak NaCl berturut-turut sebesar 0,4 N dan 0,2 N.
2. Penambahan ekstrak protein dari biji kelor, kacang tolo dan biji melinjo mampu menurunkan kekeruhan air limbah sintetis. Penambahan volume ekstrak protein dari biji kelor, kacang tolo, dan biji melinjo masing-masing sebanyak 0,5 mL mampu menurunkan kekeruhan air limbah sintetis secara berturut-turut sebesar 92,63%; 91,02%; dan 90,85%.

**Daftar Pustaka**

1. Agung, R. T. (2006). Penentuan dosis optimum koagulan untuk mengolah air kali kebona gung menjadi air bersih. *Jurnal rekayasa perencanaan*, 3.
2. Campbell, A. (2002). The Potential Role of Aluminium in Alzheimer's Disease. *Neprhol Dial transplant*, 17, 17-20.
3. S. Ramadhani, A. T. S., B.R. Widiatmono. (2013). Perbandingan Efektivitas Tepung Biji Kelor (*Moringa Oleifera Lamk*), Polyaluminium Chloride (PAC) dan Tawas sebagai Koagulan untuk Air Jerami. *Keteknik Pertanian Tropis dan Biosistem Malang*, 1, 186-193.
4. Hendrawati, S. D., Nurhasni. (2013). Penggunaan biji asam jawa (*tamarindi indica L.*) dan biji kecipir (*psophocarpus tetragonolobus L.*) sebagai koagulan alami dalam perbaikan kualitas air tanah. *Valensi*, 3.
5. Goodfrey, S. (1994). *Water Distribution System Operation and Maintenance* (3rd ed.): WHO Regional Office for South-East Asia.
6. Effendi, H. (2003). *Telaah Kualitas Air Bagi Pengolahan Sumber Daya Air dan Lingkungan*. Yogyakarta: Kanisius.
7. Welasih, T. (2008). Penurunan Bod dan COD limbah industri kerta dengan air laut sebagai koagulan. *Jurnal rekayasa*, 4.
8. Eckenfelder, W. W. (1986). *Industrial Water Pollution*. New York: McGraw Hill.
9. Suryadiputra, I. N. N. (1995). *Pengolahan Air Limbah dengan Metode Kimia (Koagulasi dan Flokulasi)*. Institut Pertanian Bogor, Bogor
10. Hammer. (1997). *Water and wastewater technology* (2nd ed.). New York John Willey and Son Inc.
11. Kurniati, E. (2009). Pembuatan koagulat protein dari biji kecipir dengan penambahan HCl. *Jurnal penelitian ilmu teknik*, 9.
12. Yuliasri, Indra Rani. (2010). *Penggunaan serbuk biji kelor (moringa oleifera) sebagai koagulan dan flokulasi dalam perbaikan kualitas air limbah dan air tawar*. Universitas Islam negeri Syarif Hidayatullah, Jakarta.
13. Margaretha, dkk. (2012). *Pengaruh kualitas air baku terhadap dosis dan biaya koagulan aluminium sulfat dan polyaluminium chloride*. *Jurnal teknik kimia*. Vol. 18. No. 4. Halaman 21-30.
14. Metcalf dan Eddy. (1979). *Wastewater Engineering: Treatment, Disposal and Reuse*. E.2. New Delhi: Tata McGraw Hill Publishing Co.
15. Suryadiputra, I. N. N. (1995). *Pengolahan Air Limbah dengan Metode Kimia (Koagulasi dan Flokulasi)*. Institut Pertanian Bogor, Bogor
16. Sutrisno T., d. (1991). *Teknologi Penyediaan Air Bersih*. Jakarta: Rineka Cipta
17. Masrun, (1987). *Ilmu Kimia Lingkungan I*, Diktat Kuliah F MIPA Kimia I TB: Bandung.