

Jurnal

p-ISSN 1978-1555
e-ISSN 2502 - 4906

AGROTEKNOLOGI

Volume 08, Nomor 02, Desember 2014

**OPTIMASI PENGGUNAAN KOAGULAN ALAMI BIJI KELOR
(*Moringaoleifera*) PADA PENGOLAHAN LIMBAH CAIR MOCAF**

171-178

Elida Novita, Agnesa Arunggi Gaumanda Hermawan, Sri Wahyuningsih



Diterbitkan oleh:
Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Jember
Bekerjasama dengan:
Perhimpunan Ahli Teknologi Pangan Indonesia (PATPI)
Perhimpunan Teknik Pertanian Indonesia (PERTETA)

OPTIMASI PENGGUNAAN KOAGULAN ALAMI BIJI KELOR (*Moringa oleifera*) PADA PENGOLAHAN LIMBAH CAIR MOCAF
*Natural Coagulant Optimization Using Moringa Seeds (*Moringa oleifera*) in Mocaf Wastewater Treatment*

Elida Novita^{1)*}, Indarto¹⁾, Tris Lailatul Hasanah¹⁾

¹⁾ Jurusan Teknik Pertanian - Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Jember
Jalan Kalimantan No. 37 Tegalboto Jember, 68121

*E-mail: elida_novita.ftp@unej.ac.id

ABSTRACT

The use of moringa plant seeds as a natural coagulant has economic value and environmental friendly. They also can be used to purify water, so that the seeds were able to decrease the pollution concentration of mocaf wastewater. The aim of this research was to study the ability of moringa seeds, as a natural coagulant to overcome mocaf wastewater pollution. The method was used coagulation-flocculation with coagulant dosage range of 650 mg/l until 1050 mg/l. The variables observed were turbidity, TSS, TDS and COD. The results showed that the optimum coagulant dose and the optimum pH is 850 mg/l and pH 8 with 59,79% decreased levels of turbidity, 75,46% TSS reduction rate and 32,55% COD reduction rate level. However the TDS values after treatment was greater than the TDS value before. It can be conclude that the use of Moringa seed powder was effective sufficiently as a coagulant for mocaf wastewater.

Keywords: *kelor seeds, liquid waste mocaf, turbidity, TSS, TDS and COD*

PENDAHULUAN

Keberadaan industri mocaf (*modified cassava flour*) merupakan salah satu wujud perkembangan industri pangan. Pengolahan produk turunan tepung singkong ini menghasilkan limbah cair dan padat yang berpotensi mencemari lingkungan. Apabila limbah cair tersebut langsung dibuang ke sungai, maka kualitas air yang ada di perairan akan tercemar bahan organik yang cukup tinggi.

Salah satu upaya mereduksi kandungan padatan terlarut maupun tersuspensi dalam limbah cair mocaf adalah menggunakan teknik koagulasi flokulasi. Tujuan proses ini adalah untuk meningkatkan efisiensi reduksi koloid dan partikulat dalam penanganan filtrasi dan pengendapan. Tchobanoglous *et al.* (2003), koagulasi adalah penggumpalan partikel-partikel kecil menggunakan zat koagulan. Adapun flokulasi membantu membentuk flok-flok hasil koagulasi menjadi lebih besar sehingga mudah

mengendap.

Penambahan zat koagulan bisa berasal dari bahan kimia maupun dari bahan alami. Salah satu koagulan yang berasal dari bahan alami yaitu biji kelor. Nwaiwu *et al.* (2012), biji kelor mempunyai kemampuan sebagai koagulan dan anti mikroba. Rahayu (2011), menambahkan biji kelor dapat dimanfaatkan tanpa kulit maupun dengan kulitnya. Rambe (2009), membuktikan penggunaan biji kelor untuk menurunkan kekeruhan limbah cair tekstil hingga 69,80% pada dosis 750 mg/L dan mencapai optimalnya pada dosis 1250 mg/L (77,77%).

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kemampuan biji kelor sebagai koagulan alami dan menentukan efisiensi proses koagulasi flokulasi menggunakan biji kelor sebagai koagulan primer.

METODE PENELITIAN

Alat dan Bahan

Peralatan yang digunakan dalam penelitian adalah jirigen, jar test Health H-FL-6 FLOCCULATOR, pH meter HI 223, neraca analitik ohaus, beaker glass, turbidimeter TN-100, stopwatch, mortar dan stampel, ayakan 30 mesh, kertas saring 0,45 mikron, oven, desikator, spektrofotometer HI 83099, COD reactor HI 839800, TDS meter 8302.

Bahan yang digunakan untuk penelitian ini antara lain biji kelor, limbah cair mocaf, NaOH, H₂SO₄, reagent COD HI 93754C-25 HR. Adapun karakteristik limbah cair mocaf disajikan pada **Tabel 1**.

Tabel 1. Karakteristik limbah cair mocaf

Parameter	Kadar Limbah Cair Mocaf
pH	4,0
Kekeruhan	64,8 NTU
TSS	142,7 mg/l
TDS	294,0 mg/l
COD	2622,0 mg/l

Tahapan Penelitian

Persiapan biji kelor

Agar biji kelor dapat digunakan sebagai koagulan, buah kelor yang sudah matang (berwarna coklat) dan kering, diambil lalu bijinya dikeluarkan dari dalam buah. Biji dengan cangkangnya yang bersih lalu dihaluskan hingga menjadi bubuk dan diayak menggunakan ayakan 30 mesh, kemudian dikeringkan dalam oven panas dengan suhu stabil (100°C) selama 30 menit untuk menghomogenkan dan menurunkan kadar airnya hingga konstan (Rambe, 2009).

Penentuan pH optimum limbah dan range dosis koagulan

Penentuan pH optimum limbah dan dosis optimum koagulan menggunakan jar test. Pada jar test terdapat 6 buah beaker

glass, dimana masing-masing beaker glass diisi 250 ml limbah cair mocaf. Penentuan pH dilakukan dengan penambahan H₂SO₄ *pure analysis* (PA) dan NaOH 50%. pH dan dosis optimum adalah berdasarkan nilai kekeruhan terendah. Pengaturan pH dilakukan dengan

Penentuan kombinasi pH dan dosis koagulan

Penentuan pH optimum limbah cair mocaf dilakukan untuk mengetahui pada pH berapakah koagulan biji kelor bekerja secara optimum. Range pH yang digunakan dalam penentuan pH optimum limbah cair mocaf yaitu 4, 5, 6, 7, 8, 9 dan dosis yang digunakan pada penentuan pH optimum limbah yaitu 750 mg/l, 875 mg/l, 950 mg/l, 1125 mg/l, 1250 mg/l dan 1375 mg/l. Prosedur penentuan pH optimum limbah cair mocaf menggunakan jar test yaitu disiapkan beaker glass sebanyak 6 buah diisi 250 ml limbah cair mocaf dan ditentukan pH nya menggunakan H₂SO₄ *pure analysis* (PA) dan NaOH 50% hingga didapatkan nilai pH 4, 5, 6, 7, 8 dan 9. Ditambahkan koagulan biji kelor sebanyak 750 mg/l, 875 mg/l, 950 mg/l, 1125 mg/l, 1250 mg/l dan 1375 mg/l pada masing-masing beaker glass. Dilakukan proses koagulasi menggunakan ±400 rpm selama 1 menit dan proses flokulasi menggunakan ±150 rpm selama 15 menit. Setelah proses koagulasi-flokulasi selesai, dilakukan pengendapan terhadap limbah cair mocaf selama 60 menit. Pengendapan dilakukan untuk memisahkan flok dengan limbah cair mocaf. Setelah pengendapan selesai, dilakukan pengukuran terhadap parameter kekeruhan pada cairan yang bening. Dilakukan analisis data dan dibuat grafik pengaruh pH optimum dan dosis koagulan terhadap nilai kekeruhan terendah.

Penentuan range dosis koagulan

Penentuan range dosis koagulan biji kelor dilakukan untuk menentukan dosis yang tepat pada pengolahan limbah cair mocaf. Pada penentuan range dosis

koagulan digunakan pH optimum yang didapatkan dari penentuan pH optimum limbah yaitu pH 7 dan 8. Dosis yang digunakan yaitu 150 mg/l, 250 mg/l, 350 mg/l, 450 mg/l, 550 mg/l, 650 mg/l, 750 mg/l, 850 mg/l, 950 mg/l, 1050 mg/l, 1150 mg/l dan 1250 mg/l.

Prosedur penentuan range dosis koagulan yaitu disiapkan beaker glass sebanyak 24 buah, kemudian diisi 250 ml limbah cair mocaf dan ditentukan pH nya menggunakan H_2SO_4 *pure analysis* (PA) dan NaOH 50% hingga didapatkan nilai pH 7 dan 8. Selanjutnya ditambahkan koagulan biji kelor sebanyak 150 mg/l, 250 mg/l, 350 mg/l, 450 mg/l, 550 mg/l, 650 mg/l, 750 mg/l, 850 mg/l, 950 mg/l, 1050 mg/l, 1150 mg/l dan 1250 mg/l pada masing-masing beaker glass. Proses koagulasi dilakukan pada ± 400 rpm selama 1 menit dan proses flokulasi dengan putaran ± 150 rpm selama 15 menit. Setelah selesai, limbah cair mocaf didiamkan selama 60 menit sehingga terjadi pengendapan untuk memisahkan flok dengan cairan limbah. Pengukuran dilakukan terhadap parameter kekeruhan pada cairan yang bening. Data yang diperoleh dianalisis dengan membuat grafik hubungan antara dosis koagulan dan pH optimum terhadap nilai kekeruhan terendah.

Penelitian utama

Penelitian utama dilakukan untuk mengetahui pH dan dosis terbaik untuk menurunkan nilai parameter kekeruhan, TSS, TDS dan COD. Penelitian utama dilakukan dengan menyiapkan beaker glass sebanyak 10 buah yang diisi 250 ml limbah cair mocaf dan penentuan pH proses menggunakan H_2SO_4 dan NaOH 50% pada nilai pH 7,0 dan 8,0. Biji kelor ditambahkan pada masing-masing beaker glass sebanyak 650 mg/l, 750 mg/l, 850 mg/l, 950 mg/l dan 1050 mg/l. Sebagaimana penelitian pendahuluan proses koagulasi dilakukan pada putaran ± 400 rpm selama 1 menit dan flokulasi

pada ± 150 rpm selama 15 menit. Proses pengendapan dilakukan selama 60 menit. Parameter yang diukur adalah kekeruhan, TDS, TSS dan COD dengan mengambil cairan bening limbah di atas endapan. Analisis data dilakukan dengan membuat grafik hubungan antara dosis dan pH terhadap nilai kekeruhan, TDS, TSS dan COD limbah cair mocaf.

Parameter Analisis

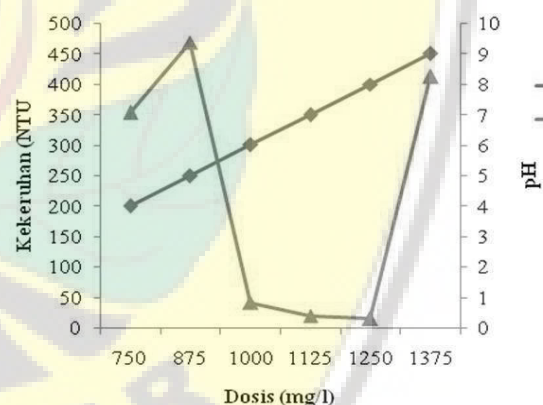
Parameter yang diukur dan dianalisis selama proses adalah pH, kekeruhan, TDS, TSS dan COD limbah.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian Pendahuluan

Penentuan pH optimum limbah cair mocaf

Hasil penentuan pH optimum proses koagulasi flokulasi pada limbah cair mocaf disajikan pada **Gambar 1**.



Gambar 1. Penentuan pH optimum limbah mocaf: dosis (mg) dan pH (●); kekeruhan (NTU) (▲)

Gambar 1 menunjukkan bahwa pada dosis 750 mg/l dengan nilai pH 4,0 didapatkan nilai kekeruhan 350 NTU, nilai tersebut melebihi nilai kekeruhan awal limbah (64,8 NTU). Pada kondisi ini koagulasi tidak sempurna, karena partikel-partikel koagulan tidak berinteraksi atau bertumbukan dengan baik. Pada dosis 875 mg/l dengan pH 5,0, nilai kekeruhan semakin meningkat hingga mencapai nilai

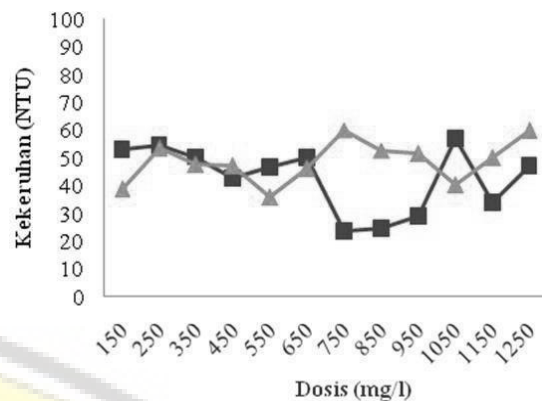
469 NTU. Hal ini juga disebabkan oleh pH dan dosis yang digunakan.

Pada dosis 1000 mg/l dengan nilai pH 6, kekeruhan turun menjadi 41,2 NTU. Mulai pH 6,0 proses koagulasi mulai terjadi dengan baik, flok-flok terbentuk cukup banyak sehingga menurunkan nilai kekeruhan. Hal ini terus berlanjut hingga pH 8,0 dengan dosis 1250 mg/L, nilai kekeruhan menurun hingga mencapai 14,42 NTU. Hal ini berarti antara pH 6,0 hingga pH 8,0 proses tumbukan antar partikel terjadi baik. Sebaliknya pada pH 9,0, kekeruhan meningkat lagi karena partikel koagulan tidak dapat menyatu lagi dengan partikel padatan dari limbah cair. Hal ini terjadi karena kejenuhan daya tarik menarik antar partikel.

Selanjutnya penentuan pH optimum proses koagulasi flokulasi, nilai kekeruhan terendah menjadi dasar pemilihan nilai pH optimum limbah. Nilai kekeruhan terendah terdapat pada pH 7,0 dengan dosis koagulan 1125 mg/l dan pH 8,0 dengan dosis 1250 mg/l. Selanjutnya pH 7,0 dan 8,0 digunakan pada penentuan dosis optimum koagulan dengan memperlebar range dosis.

Penentuan range dosis koagulan

Penentuan range dosis koagulan dilakukan pada 2 tingkat pH yaitu pH 7,0 dan 8,0. Range dosis koagulan diperbanyak untuk menentukan dosis yang tepat pada pH optimum 7,0 dan 8,0. Dosis yang digunakan yaitu 150 mg/l, 250 mg/l, 350 mg/l, 450 mg/l, 550 mg/l, 650 mg/l, 750 mg/l, 850 mg/l, 950 mg/l, 1050 mg/l, 1150 mg/l dan 1250 mg/l. Hasil penelitian pada penentuan range dosis koagulan disajikan pada **Gambar 2**.



Gambar 2. Penentuan range dosis koagulan dan kekeruhan pada pH 7 (■) dan pH 8 (▲)

Gambar 2. menunjukkan bahwa pada pH 7,0 nilai kekeruhan terendah terdapat pada dosis 750 mg/l, 850 mg/l, 950 mg/l dan 1150 mg/l. Pada pH 8,0 nilai kekeruhan terendah terdapat pada dosis 150 mg/l, 550 mg/l dan 1050 mg/l. Pada dosis-dosis tersebut, proses koagulasi terjadi dengan baik. Seiring penambahan dosis koagulan, proses tumbukan antar partikel pada proses koagulasi semakin baik.

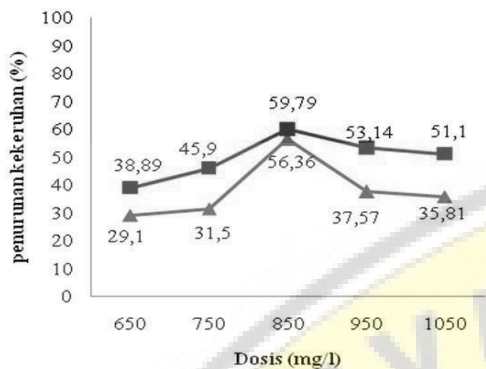
Berdasarkan hasil penentuan dosis tersebut, range dosis yang akan digunakan pada penelitian utama diperkecil untuk memudahkan penentuan dosis optimum. Sehingga dosis yang terpilih adalah 650 mg/l, 750 mg/l, 850 mg/l, 950 mg/l dan 1050 mg/l. Kelima dosis ini dipilih karena mempunyai nilai kekeruhan terendah pada pH 7,0 dan 8,0. Dengan demikian, pH dan dosis yang digunakan pada penelitian utama yaitu pH 7,0 dan 8,0 dengan dosis 650 mg/l, 750 mg/l, 850 mg/l, 950 mg/l dan 1050 mg/l.

Penelitian Utama

Pada penelitian utama dilakukan pengukuran parameter kekeruhan, TDS, TSS dan COD limbah cair mocaf, dengan menggunakan pH optimum limbah dan dosis optimum koagulan.

Parameter kekeruhan (Turbidity)

Tingkat penurunan kekeruhan menggunakan koagulan biji kelor disajikan pada **Gambar 3**.



Gambar 3. Pengaruh dosis dan pH optimum terhadap penurunan kekeruhan: kekeruhan pada pH 7 (▲) dan kekeruhan pada pH 8 (■)

Berdasarkan **Gambar 3**, dapat diketahui bahwa pada dosis 650 mg/l pada pH 7,0 dan 8,0 persentase penurunan nilai kekeruhan yaitu 29,1% dan 38,89%. Kondisi ini dikarenakan pada dosis 650 mg/l koagulan bekerja tidak optimum pada saat proses koagulasi, sehingga proses adsorpsi kation untuk terjadinya tumbukan antar partikel berkurang sehingga tidak terbentuk flok-flok yang lebih besar, dan penurunan kekeruhan kurang optimal.

Pada dosis 750 mg/l dengan nilai pH 7,0 dan 8,0 persentase penurunan nilai kekeruhan naik menjadi 31,5% dan 45,9%. Pada dosis 750 mg/l, persentase nilai kekeruhan mulai mengalami kenaikan. Hal ini disebabkan seiring adanya penambahan koagulan, maka proses adsorpsi kation yang terjadi juga lebih besar, sehingga flok-flok yang terbentuk juga lebih besar.

Persentase penurunan nilai kekeruhan terjadi secara optimal pada dosis 850 mg/l dan nilai pH 7,0 dan 8,0 yaitu sebesar 56,36% dan 59,79%. Penambahan dosis koagulan 850 mg/l menyebabkan terjadinya destabilisasi koloid, sehingga koloid menyatu sama lain dan membentuk mikroflokk. Mikroflokk

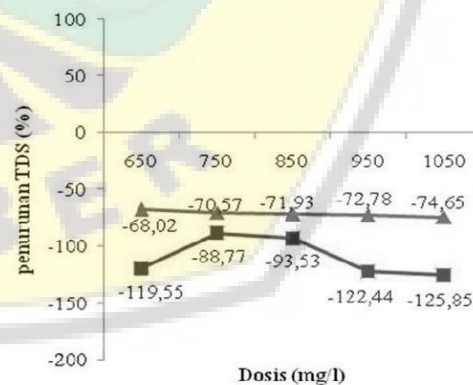
tersebut akan membentuk makroflokk dan akhirnya mengendap sehingga nilai kekeruhan berkurang.

Adapun pada dosis 950 mg/l dan 1050 mg/l, persentase penurunan nilai kekeruhan turun karena penambahan dosis menyebabkan konsentrasi partikel mengalami kejenuhan. Dengan demikian dapat diketahui pH optimum limbah cair mocaf terdapat pada pH 8,0 dengan dosis 850 mg/l (59,79%).

Eilert *et al.* (1981), menyampaikan bahwa penurunan kekeruhan limbah cair karena penggunaan biji kelor disebabkan karena biji kelor mengandung suatu zat aktif (*active agent*) *4α-4-rhamnosyloxy-benzyl-isothiocyanate* sebagai protein kationik. Apabila dilarutkan, biji kelor akan menghasilkan muatan-muatan positif dalam jumlah yang banyak. Muatan muatan positif inilah yang menarik muatan negatif dari partikel tersuspensi limbah cair untuk membentuk flok-flok yang mudah mengendap.

TDS (Total Dissolved Solid)

Hubungan pemberian dosis dan pH optimum terhadap penurunan padatan terlarut (TDS) disajikan pada **Gambar 4**.



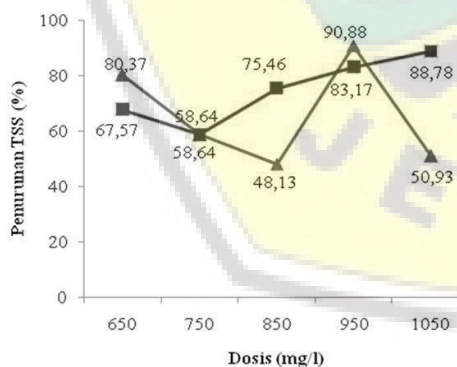
Gambar 4. Pengaruh dosis dan pH optimum terhadap penurunan TDS: TDS pada pH 7 (▲) dan TDS pada pH 8 (■)

Pada **Gambar 4**, diketahui nilai TDS awal limbah cair mocaf yaitu 294 mg/l (**Tabel 1**). Nilai ini mengalami kenaikan dengan pemberian koagulan biji

kelor sebanyak 750 mg/l dan 850 mg/l. Persentase penurunan TDS pada kedua dosis tersebut sebesar -88,77% dan -93,53%. Hal ini terjadi dimungkinkan karena dengan penambahan koagulan ke dalam limbah menyebabkan aktifnya muatan listrik di sekitar permukaan partikel koagulan. Partikel-partikel positif limbah cair yang tidak membentuk flok saling tolak menolak di antara partikel koloidal. Menurut Sukardjo (1985), gerakan partikel koloid akibat adanya medan listrik disebut elektroforesis. Bila pemakaian medan listrik partikel-partikel koloid ditahan tetap pada tempatnya, maka pelarut akan bergerak ke arah lawan dari gerakan partikel dalam elektroforesis. Stabilitas partikel-partikel koloid, terutama disebabkan karena partikel-partikel ini bermuatan listrik sama. Muatan yang sama selalu tolak menolak, hingga mencegah koagulasi atau flokulasi. Hal ini yang menyebabkan nilai TDS limbah meningkat.

TSS (*Total Suspended Solid*)

Kurva hubungan penambahan dosis dan pH optimum terhadap penurunan TSS disajikan pada **Gambar 5**.



Gambar 5. Penambahan dosis dan pH optimum terhadap penurunan TSS: TSS pada pH 7 (▲) dan TSS pada pH 8 (■)

Gambar 5 menunjukkan, pada pH 7,0 dengan dosis 650 mg/l nilai TSS sebesar 80,37%. Persentase penurunan

TSS pada dosis ini cukup baik. Adsorpsi kation yang terjadi pada dosis 650 mg/l cukup baik dikarenakan adanya penambahan koagulan sebesar 650 mg/l, proses destabilisasi koloid yang terjadi membentuk mikroflok dan pada akhirnya mikroflok tersebut membentuk makroflok yang selanjutnya akan membentuk endapan.

Pada dosis 750 mg/l dan 850 mg/l, persentase penurunan TSS turun menjadi 58,64% dan 48,13%. Hal ini dikarenakan walaupun terjadi destabilisasi koloid, penggumpalan flok yang terjadi kurang optimal, sehingga tidak terbentuk makroflok. Pada dosis 950 mg/l persentase penurunan TSS cukup tinggi yaitu sebesar 90,88%. Pada dosis ini proses koagulasi bekerja secara optimal, sehingga proses destabilisasi koloid dapat menghasilkan makroflok. Makroflok tersebut pada akhirnya akan mengendap. Pada dosis 1050 mg/l persentase penurunan TSS turun menjadi 50,93%. Hal ini dikarenakan dengan adanya penambahan koagulan yang berlebih, menyebabkan terjadinya restabilisasi koloid, sehingga proses adsorpsi berkurang.

Pada pH 8,0 dan dosis 650 mg/l persentase penurunan TSS sebesar 65,75%. Adsorpsi kation yang terjadi pada dosis 650 mg/l kurang optimal, dikarenakan dengan adanya penambahan koagulan sebesar 650 mg/l, destabilisasi koloid yang terjadi tidak dapat membentuk flok yang lebih besar lagi sehingga nilai TSS-nya kurang optimal. Pada penambahan dosis selanjutnya yaitu 750 mg/l, persentase penurunan TSS turun menjadi 56,64%. Namun pada dosis 850 mg/l, 950 mg/l dan 1050 mg/l, persentase penurunan TSS berangsur-angsur mengalami kenaikan sebesar 75,46%, 83,17% dan 88,78%. Kondisi ini terjadi seiring dengan penambahan dosis yang digunakan. Pada dosis 850 mg/l, 950 mg/l dan 1050 mg/l adsorpsi kation yang terjadi berjalan dengan normal, sehingga adanya destabilisasi koloid yang memacu

pembentukan flok yang lebih besar terjadi. Flok-flok tersebut pada akhirnya akan mengendap bersama dengan bahan-bahan yang terkandung dalam limbah cair mocaf sehingga persentase penurunan TSS lebih besar.

COD (Chemical Oxygen Demand)

COD merupakan parameter yang digunakan untuk mengetahui jumlah bahan organik pada limbah. COD adalah banyaknya oksigen yang dibutuhkan untuk mengoksidasi secara kimia bahan organik di dalam limbah (Bangun *et al.*, 2013). Nilai COD merupakan suatu ukuran tingkat pencemaran oleh bahan organik.

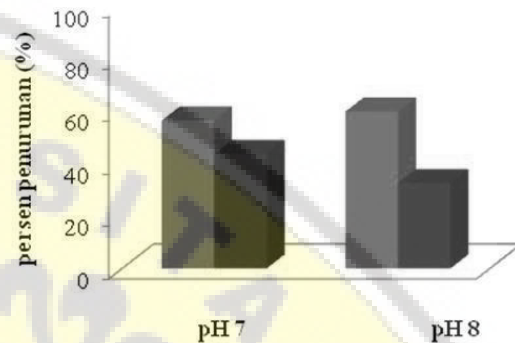
Berdasarkan **Gambar 3** dan **Gambar 5** diketahui bahwa pada pH 7,0 dosis koagulan optimum pada 850 mg/l dengan persentase penurunan nilai kekeruhan 56,35% dan persentase penurunan TSS 48,13% pada pH 7. Pada pH 8,0 persentase penurunan kekeruhan 59,79% dan persentase penurunan TSS 75,46%. Nilai-nilai tersebut dijadikan acuan untuk menganalisis kadar COD limbah cair mocaf. Analisis penurunan kadar COD limbah cair mocaf hanya dilakukan terhadap nilai kekeruhan terendah pada pH 7 dan pH 8 untuk bahan dan alat. **Tabel 2** menunjukkan penurunan nilai COD limbah cair mocaf.

Tabel 2. Rata-rata nilai COD limbah cair mocaf pada nilai kekeruhan terendah

pH	Dosis (mg/l)	Kekeruhan terendah (NTU)	COD (mg/l)	Penurunan COD (%)
7	850	27,4	1478,5	43,61
8	850	28,6	1768,5	32,55

Kadar COD awal limbah cair mocaf sebelum mendapatkan perlakuan yaitu sebesar 2622 mg/l dapat dilihat pada (**Tabel 1**). Pada pH 7,0 nilai COD limbah cair mocaf turun menjadi 1478,5 mg/l. Pada pH 8,0 nilai COD limbah cair mocaf turun menjadi 1768,5 mg/l. Adanya

penurunan bahan organik yang dihasilkan dari proses koagulasi flokulasi menyebabkan jumlah oksigen yang dibutuhkan untuk mengoksidasi bahan organik dalam limbah juga berkurang, sehingga nilai COD juga berkurang. **Gambar 6** menunjukkan penurunan kadar COD limbah cair mocaf .



Gambar 6. Penurunan COD limbah cair mocaf berdasarkan analisis nilai kekeruhan terendah pada dosis 850 mg/l (kekeruhan: dan COD:)

Gambar 6 menunjukkan penurunan nilai COD pada pH 7,0 dan 8,0. Pada pH 7,0 persentase penurunan kekeruhan yaitu 56,35% dan persentase penurunan COD 43,61%. Pada pH 8,0 persentase penurunan kekeruhan 59,79% dan persen penurunan COD 32,55%. Penurunan COD pada pH 7,0 dapat disebabkan adanya proses koagulasi bahan organik yang terjadi secara sempurna. Menurut Rambe (2009), biji kelor mempunyai kemampuan untuk menurunkan bahan organik dengan cara koagulasi. Penurunan bahan organik akan menyebabkan berkurangnya oksigen yang dibutuhkan untuk mengoksidasi bahan organik tersebut, sehingga nilai COD akan turun.

Menurut keputusan menteri lingkungan hidup untuk baku mutu limbah industri tapioka, konsentrasi COD limbah yang dapat dibuang ke lingkungan adalah 300 mg/l. Untuk parameter COD limbah cair mocaf belum memenuhi syarat baku mutu limbah industri tapioka. Oleh karena itu perlu adanya pengolahan tahap

selanjutnya untuk dapat menyisihkan kadar COD yang tinggi dan agar kadar COD dapat disesuaikan dengan baku mutu limbah.

Berdasarkan penelitian yang dilakukan didapatkan penggunaan dosis optimum koagulan pada setiap pH yang digunakan. Penggunaan optimum koagulan akan diperlihatkan pada **Tabel 3**.

Tabel 3. Penggunaan dosis optimum koagulan biji kelor pada setiap pH

Penurunan pH	Penurunan kekeruhan (%)	Penurunan TDS (%)	Penurunan TSS (%)	Penurunan COD (%)
7	56,35	-79,93	48,13	43,61
8	59,79	-93,53	75,46	32,55

Berdasarkan **Tabel 3** dapat diketahui bahwa pH 8,0 merupakan pH optimum, karena pada pH 8,0 didapatkan nilai kekeruhan dan TSS melebihi 50% dengan dosis optimum koagulan biji kelor 850 mg/l. Oleh karena itu **Tabel 3** dapat dijadikan rekomendasi untuk penggunaan biji kelor sebagai koagulan terhadap limbah cair yang berbeda.

KESIMPULAN

Dosis dan pH optimum proses koagulasi flokulasi pada limbah cair mocaf menggunakan biji kelor adalah pada dosis 850 mg/l dan pH 8,0. Efisiensi proses koagulasi flokulasi menggunakan biji kelor adalah mencapai 59,79% untuk menurunkan kekeruhan, 75,46% menurunkan padatan tersuspensi (TSS) dan 32,55% menurunkan kandungan bahan organik (COD).

DAFTAR PUSTAKA

- Bangun, A. R., Aminah, S., Hutahean, R. A., dan Ritonga, M. Y. 2013. Pengaruh kadar air, dosis dan lama pengendapan koagulan biji kelor sebagai alternatif pengolahan limbah cair industri tahu. *Jurnal Teknik Kimia*, 2 (1).
- Eilert U., Wolters, B. dan Nahrstedt. 1981.

The Antibiotic Principle of *Moringa oleifera* and *Moringa stenopetala* Planta Medica. *Journal of Medical Plant and Natural Product Research*, 42: 55-61.

Nwaiwu, N. E. I., Ibrahim, W. I., dan Raufu, I. A. 2012. Antiseptic and coagulation properties of crude extracts of *Moringa Oleifera* seeds from North East of Nigeria. *Journal of Applied Phytotechnology in Environmental Sanitation*, 1 (2): 51-59.

Rahayu, R. S. 2011. "Kajian Potensi Biji Kelor (*Moringa oleifera*) sebagai Koagulan". Skripsi. Institut Pertanian Bogor, Bogor.

Rambe, A. M. 2009. "Pemanfaatan Biji Kelor (*Moringa oleifera*) sebagai Koagulan Alternatif dalam Proses Penjernihan Limbah Cair Industri Tekstil". Tesis. Sekolah Pascasarjana USU, Sumatra Utara.

Sukardjo. 1985. *Kimia Anorganik*. Rineka Cipta, Jakarta.

Tchobanoglous, G., F. L. Burton, dan H. D. Stensel. 2003. *Wastewater Engineering Treatment and Reuse. Fourth Edition*. Mc Graw Hill, New York.