AKTIVITAS KOAGULASI EKSTRAK NaCl BIJI LAMTORO (*Leucaena leucocephala*) DAN BIJI TURI (*Sesbania grandiflora*) DALAM PENGOLAHAN AIR SUNGAI SELOKAN MATARAM

SKRIPSI

Diajukan untuk memenuhi salah satu syarat dalam mencapai gelar Sarjana Sains (S.Si.) pada Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Islam Indonesia



Diajukan oleh:

DESI NASRIYANTI

No Mhs : 16612097

PROGRAM STUDI KIMIA

FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

YOGYAKARTA

2020

AKTIVITAS KOAGULASI EKSTRAK NaCl BIJI LAMTORO (*Leucaena leucocephala*) DAN BIJI TURI (*Sesbania grandiflora*) DALAM PENGOLAHAN AIR SUNGAI SELOKAN MATARAM

SKRIPSI

Yang diajukan oleh :

DESI NASRIYANTI
No Mahasiswa : 16612097

Telah dipertahankan dihadapan Panitia Penguji Skripsi
Program Studi Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Islam Indonesia

Tanggal : 30 Desember 2020

Dewan Penguji	Tanda tangan
1. Rudy Syah Putra, S.Si., M.Si., Ph.D	……
2. Drs. Allwar, M,Sc., Ph.D.	……
3. Febi Indah Fajarwati, S.Si., M.Sc.	……

Mengetahui,
Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Islam Indonesia

Prof. Riyanto, S.Pd., M.Si., Ph.D.

PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama	:	Desi Nasriyanti
NIM	:	16612097
Program Studi	:	Kimia
Fakultas	:	Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Dengan ini menyatakan bahwa skripsi dengan judul **"AKTIVITAS KOAGULASI EKSTRAK NaCl BIJI LAMTORO (*Leucaena leucocephala*) DAN BIJI TURI (*Sesbania grandiflora*) DALAM PENGOLAHAN AIR SUNGAI SELOKAN MATARAM"** bersifat asli dan tidak berisi material yang telah diterbitkan sebelumnya kecuali yang disebutkan di dalam skripsi ini. Apabila terdapat kontribusi dari penulis lain, maka penulis tersebut secara eksplisit telah disebutkan dalam skripsi ini.

Apabila kemudian hari ditemukan ketidaksesuaian pernyataan ini, maka saya bersedia dituntut dan diproses sesuai dengan ketentuan yang berlaku.

Demikian pernyataan ini dibuat dengan sesungguhnya dan penuh tanggung jawab.

Yogyakarta, 14 Desember 2020



Desi Nasriyanti

NIM: 16612097

KATA PENGANTAR

بسم الله الرحمن الرحيم

السلام عليكم ورحمة الله وبركاته

Alhamdulillahhirabbil'alamin, puji syukur kehadirat Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat, taufik, hidayah dan inayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul "AKTIVITAS KOAGULASI EKSTRAK NaCl BIJI LAMTORO (*Leucaena leucocephala*) DAN BIJI TURI (*Sesbania grandiflora*) DALAM PENGOLAHAN AIR SUNGAI SELOKAN MATARAM". Shalawat dan salam semoga selalu terlimpah curahkan kepada Baginda Rasulullah SAW yang kita harapkan syafaatnya dihari akhir nanti.

Skripsi adalah salah satu mata kuliah wajib bagi mahasiswa Program Studi S-1 untuk mendapatkan gelar Sarjana Sains (S.Si). Skripsi dapat terselesaikan hingga tersusunnya laporan ini, tidak lepas dari bimbingan dan pengarahan berbagai pihak. Untuk itu, dengan segala kerendahan hati, pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada :

1. Allah SWT, atas kesehatan, kesempatan dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi.
2. Kedua orang tua, Bapak Nasirin dan Ibu Siti Haryanti (perempuan tangguh dan sangat luar biasa) yang telah memberikan banyak doa dan motivasi. Kedua orang yang senantiasa sabar dan percaya tentang perjalanan yang sedang penulis tempuh. InsyaAllah, sebentar lagi si sulung dikeluarga ini akan menyelesaikan sepenggal kisah hidupnya, untuk merajut kisah-kisah berikutnya.
3. Abah Kyai Muhammad Zaini Adnan dan Ibu Nyai Umi Farida, selaku pengasuh pondok pesantren Ki Ageng Giring yang telah mendoakan, membimbing dan menjaga penulis selama kuliah dan nyantri di Yogyakarta.
4. Kemenristekdikti, Universitas Islam Indonesia dan DPK UII, yang telah memberikan kesempatan luar biasa kepada penulis, sehingga penulis bisa

melanjutkan pendidikan di Universitas yang sangat luar biasa, serta dukungan berupa materi dan pengalaman yang membuat penulis tidak merasa kecil hati.

5. Prof. Riyanto M.Sc., Ph.D. selaku Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Islam Indonesia.
6. Dr. Dwiarso Rubiyanto, S.Si., M.Si. selaku Ketua Program Studi Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Islam Indonesia.
7. Rudy Syah Putra, S.Si., M.Si., Ph.D. selaku Dosen Pembimbing Skripsi yang telah banyak meluangkan waktu untuk membimbing dan mengarahkan penulis selama melakukan penulisan skripsi.
8. Segenap dosen Program Studi Kimia Universitas Islam Indonesia, sungguh hidup tidak terbuang begitu saja.
9. HMBM UII Khususnya Gabut squad (Ifa, Serly, Haryo, dan lainnya), Excellent Community, Sobat Referensi (Tegar, Nurul, Khoirunnisa, Fernanda, Afif), tim kompetisi (Roger, MeGaCO, Prime-News, DeNaFa), dan santri putri ppkag yang telah menyalurkan semangat lengkap dengan benturan-benturan yang akhirnya membentuk.
10. Seluruh teman-teman yang tak bisa penulis sebutkan satu per satu.

Akhir kata, penulis berharap semoga Allah berkenan untuk membalas segala kebaikan dan keihklasan semua pihak yang telah membantu. Penulis juga menyadari bahwa dalam penyusunan skripsi ini terdapat banyak kekurangan dan kesalahan. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun, sehingga pada penulisan selanjutnya dapat menjadi lebih baik. Semoga skripsi ini dapat diterima, dilaksanakan, dan memberikan manfaat bagi pembaca pada umumnya dan bagi penulis pada khususnya.

وَ السَّلَامُ عَلَيْكُمْ وَرَحْمَةُ اللهِ وَبَرَكَاتُهُ

Yogyakarta, 29 Juni 2020
Penulis

Desi Nasriyanti

AKTIVITAS KOAGULASI EKSTRAK NaCl BIJI LAMTORO (*Leucaena leucocephala*) DAN BIJI TURI (*Sesbania grandiflora*) DALAM PENGOLAHAN AIR SUNGAI SELOKAN MATARAM

INTISARI

Desi Nasriyanti
16612097

Telah dilakukan penelitian tentang pengolahan air sungai Selokan Mataram menggunakan metode koagulasi-flokulasi dengan bantuan koagulan alami. Koagulan alami yang digunakan dalam penelitian ini yaitu ekstrak NaCl biji Lamtoro (*Leucaena leucocephala*) dan biji Turi (*Sesbania grandiflora*). Performa koagulan alami ditinjau dari *sludge volume index* (SVI) dan *sludge mass*, sedangkan performa proses koagulasi-flokulasi ditinjau dari kekeruhan, *total dissolved solids* (TDS), pH larutan, oksigen terlarut, dan kenaikan intensitas cahaya (efek Tyndall). Hasil penelitian menunjukkan biji Lamtoro memiliki performa lebih baik dari biji Turi dengan nilai SVI 5,82 mL/g dan *sludge mass* sebesar 77,04%. Sedangkan koagulan biji Turi menghasilkan nilai SVI 5,14 mL/g dan *sludge mass* sebesar 77,66%. Proses koagulasi biji Lamtoro dan biji Turi masing-masing memberikan hasil penurunan kekeruhan 99,4% dan 97,23%, TDS 561 mg/L dan 593 mg/L, pH air 6,5, nilai oksigen terlarut 8,2 mg/L dan nilai efek Tyndall dengan kenaikan intensitas cahaya dari 226,44 lux menjadi 828,67 lux dan 774,33 lux. Hasil analisis menunjukkan bahwa biji Lamtoro dan biji Turi efektif dalam pengolahan air sungai menjadi air bersih dengan parameter kekeruhan, TDS, dan pH larutan sesuai standar Permenkes RI No.37 tahun 2017.

Kata kunci: Air bersih, koagulan alami, koagulasi, *Leuceana leucocephala, Sesbania grandiflora.*

COAGULATION ACTIVITIES OF EXTRACT NaCl LAMTORO (*Leucaena leucocephala*) AND TURI SEEDS (*Sesbania grandiflora*) ON THE TREATMENT OF SELOKAN MATARAM RIVER WATER

ABSTRACT

Desi Nasriyanti
16612097

In this study, the coagulation-flocculation method was used for treating the river water using natural coagulant. The natural coagulants used in this study were the NaCl extract of Lamtoro seeds (*Leucaena leucocephala*) and Turi seeds (*Sesbania grandiflora*). Natural coagulant performance was evaluated by sludge volume index (SVI) and sludge mass, while the coagulation-flocculation process performance was evaluated by turbidity, total dissolved solids (TDS), pH, dissolved oxygen (DO), and light intensity (Tyndall effect). The results showed that the Lamtoro seeds had better performance than Turi seeds with an SVI of 5.82 mL/g and sludge mass of 77.04%. While the results of SVI value and sludge mass for the Turi seed was 5.14 mL/g and 77.66%. The coagulation-flocculation process of water using the Lamtoro seeds had resulted in 99.4% turbidity removal, 561 mg/L TDS, pH 6.5, 8.2 mg/L DO, and increased the light intensity (Tyndall effect) from 226.44 to 828.67 lux. While for the similar process using Turi seeds showed as much as 97.23% turbidity removal, 593 mg/L TDS, pH 6.5, 8.2 mg/L DO, and increased the light intensity (Tyndall effect) as much as 774.33 lux. The results showed that the Lamtoro and Turi seeds were effective to be used in the treatment of river water into clean water with the turbidity, TDS, and pH parameters according to the standard Regulation the Minister of Health Republic Indonesia no. 37 of 2017.

Keywords: Clean water, coagulation, *Leuceana leucocephala,* natural coagulant, *Sesbania grandiflora.*

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL ..... **i**
LEMBAR PENGESAHAN ..... **ii**
PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN ..... **iii**
KATA PENGANTAR ..... **iv**
INTISARI ..... **vi**
ABSTRACT ..... **vii**
DAFTAR ISI ..... **viii**
DAFTAR GAMBAR ..... **x**
DAFTAR TABEL ..... **xii**
BAB I **1**
PENDAHULUAN **1**
1.1 Latar Belakang 1
1.2 Rumusan Masalah 4
1.3 Tujuan Penelitian 4
1.4 Manfaat Penelitian 5
BAB II **6**
TINJAUN PUSTAKA **6**
2.1 Ekstraksi Koagulan Alami 6
2.2 Aplikasi Koagulan Alami pada Pengolahan Air Keruh 7
2.3 Faktor yang Mempengaruhi Koagulasi 9
BAB III **11**
DASAR TEORI **11**
3.1 Koagulasi dan Flokulasi 11
3.2 Koagulan Kimia dan Alami 13
3.3 Air Bersih 15
3.4 Kekeruhan 17
3.5 TDS (*Total Dissolved Solid*) 17
3.6 *Sludge Volume Index* (SVI) 18

3.7 Efek Tyndall 19
3.8 *Fourier Transform Infrared Spectroscopy (*FTIR) 19
BAB IV 22
METODE PENELITIAN 22
4.1 Alat dan Bahan 22
4.2 Cara Kerja 22
4.3 Analisis Performa Koagulasi 25
BAB V 28
HASIL DAN PEMBAHASAN 28
5.1. Karakterisasi Sampel Air Selokan Mataram 28
5.2. Ekstraksi Koagulan dengan Pelarut NaCl 29
5.3. Karakterisasi Koagulan 30
5.4. Optimasi Koagulan 33
5.5. Aplikasi pada Air Sungai Selokan Mataram 44
BAB VI 49
PENUTUP 49
DAFTAR PUSTAKA 51
LAMPIRAN 58

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Mekanisme koagulasi. 11
Gambar 2. Struktur asam amino asam glutamat (kiri) dan ariginin (kanan). 14
Gambar 3. Asam amino dalam bentuk zwitter ion. 14
Gambar 4. Asam amino yang bersifat amfoter. 15
Gambar 5. Skema alat turbidimeter berdasarkan standar ISO 7027. 17
Gambar 6. Prinsip pengujian efek Tyndall. Larutan bening akan meneruskan cahaya, larutan koloid akan menghamburkan cahaya. 19
Gambar 7. Skema prinsip kerja spektrofotometer FTIR. 20
Gambar 8. Koagulan alami biji Lamtoro (a) dan biji Turi (b) yang telah dihaluskan dan disaring 250 mesh. 23
Gambar 9. Titik pengambilan sampel air sungai Selokan Mataram pada titik koordinat 7°45'08.3"S 110°20'36.8"E. 24
Gambar 10. Reaktor pengukuran efek Tyndall 26
Gambar 11. Pengaruh jenis garam dan interaksi protein dengan larutan garam... 30
Gambar 12. Spekta IR koagulan alami biji Lamtoro dan biji Turi. Terdapat serapan puncak yang menandakan gugus O-H, C=O, N-H, dan C-O. 32
Gambar 13. Pengaruh konsentrasi koagulan 63 µm (a) dan 74 µm (b) terhadap nilai kekeruhan dan TDS 34
Gambar 14. Pengaruh dosis koagulan 63 µm biji Lamtoro (a) dan biji Turi (b) terhadap kekeruhan dan TDS. 36
Gambar 15. Pengaruh dosis koagulan 74 µm biji Lamtoro (a) dan biji Turi (b) terhadap kekeruhan dan TDS. 37
Gambar 16. Pengaruh dosis koagulan biji Lamtoro (a) dan biji Turi (b) terhadap nilai EC dan TDS. 39
Gambar 17. Efek Tyndall koagulan 63 µm biji Lamtoro (a) dan biji Turi (b)..... 41
Gambar 18. Efek Tyndall koagulan 74 µm biji Lamtoro (a) dan biji Turi (b)..... 42
Gambar 19. Pengaruh dosis koagulan 63 µm (a) dan 74 µm (b) 43
Gambar 20. Pengaruh kondisi optimum pada proses koagulasi terhadap nilai kekeruhan dan TDS pada sampel air Selokan Mataram. 45

Gambar 21. Pengaruh kondisi optimum pada proses koagulasi terhadap nilai kekeruhan dan efek Tyndall pada sampel air Selokan Mataram..... 45
Gambar 22. Pengaruh kondisi optimum pada proses koagulasi terhadap nilai konduktivitas listrik dan TDS pada air Selokan Mataram. 46
Gambar 23. Pengaruh kondisi optimum proses koagulasi terhadap nilai DO pada sampel air Selokan Mataram. 47

DAFTAR TABEL

Tabel 1. Aplikasi koagulan alami pada pengolahan air 8
Tabel 2. Nilai pI koagulan alami 9
Tabel 3. Parameter standar baku mutu kesehatan lingkungan untuk media air keperluan higiene sanitasi berdasarkan permenkes RI nomor 37 tahun 2017. 16
Tabel 4. Daerah spektrum inframerah 20
Tabel 5. Karakterisasi sampel air sungai Selokan Matram 28
Tabel 6. Kandungan proksimat koagulan alami *Moringa oleifera*, *Leucaena leucocephala* dan *Sesbania grandiflora* 32
Tabel 7. Pengaruh pH terhadap hasil koagulasi 40
Tabel 8. Hasil SVI dan sludge mass sampel air sungai Selokan Mataram pada konsentrasi, dosis, dan pH optimum 48

BAB I
PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Air bersih merupakan salah satu sumber daya paling penting dan banyak dibutuhkan oleh makhluk hidup. Sebagai negara dengan kepadatan penduduk terbesar keempat di dunia, ketersediaan air bersih yang belum merata menjadi salah satu isu penting karena mempengaruhi aspek kehidupan dari segi kesehatan dan kesejahteraan. Berdasarkan data Badan Pusat Statistik capaian akses air bersih yang layak baru mencapai 72,55%, yang artinya masih di bawah target dari *sustainable development goals* (SDGs) yaitu sebesar 100%. Akses yang terbatas menyebabkan masyarakat menggunakan air permukaan yang belum memenuhi standar air bersih, sehingga memicu timbulnya penyakit seperti *gastrointestinal* (Muoio *et al*., 2020).

Air bersih adalah air dengan kualitas memenuhi syarat kesehatan yang meliputi kimia, fisika, mikrobiologi, dan radioaktif. Berdasarkan Peraturan Menteri Kesehatan Nomor 32 Tahun 2017 tentang Standar Baku Mutu Kesehatan Lingkungan dan Persyaratan Kesehatan Air Untuk Keperluan Higiene Sanitasi, Kolam Renang, Solus Per Aqua, dan Pemandian Umum, kadar maksimum untuk kekeruhan, TDS, pH, klor bebas, dan total coliform maing-masing yaitu 25 NTU; 1000 mg/L; 6,5-8,5; 0,05 mg/L, dan 50 CFU/100 mL. Sedangkan kadar oksigen terlarut berdasarkan Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 82 Tahun 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air yaitu ≥4.

Tempat yang potensial sebagai sumber air bersih adalah sungai Selokan Mataram. Selokan Mataram merupakan salah satu *landmark* Yogyakarta yang digunakan sebagai saluran irigasi bagi pertanian, tempat edukasi, tempat mandi dan mencuci bagi sebagian masyarakat di sekitar Selokan Mataram. Namun kondisi Selokan Mataram saat ini mengalami penurunan kualitas, yaitu kadar klor bebas (0,1 mg/L) dan jumlah coliform (2000/mL untuk fecal coliform dan 10.000/mL untuk total coliform) yang melebihi ambang batas (Kusumawati dkk.

2019). Kadar klorin yang tinggi menyebabkan peningkatan kadar logam dalam perairan karena klor dapat mengikat logam. Pencemaran klorin diduga berasal dari limbah domestik, karena salah satu sumber klor bebas dalam perairan adalah bahan pembersih rumah tangga (Tanjung dan Suwito, 2018). Sedangkan jumlah coliform yang melebihi ambang batas menunjukkan Selokan Mataram banyak tercemar saluran *septic tank* masyarakat (Kusumawati dkk. 2019).

Proses pengolahan air baku yang digunakan oleh pemerintah meliputi prasedimentasi, koagulasi, flokulasi, sedimentasi, filtrasi, desinfeksi, kemudian disalurkan ke pelanggan (Fauziah dan Iw, 2017). Koagulasi merupakan proses fisikokimia dari pencampuran bahan koagulan dalam air dengan pengadukan cepat guna mendistabilisasi koloid dan solid halus serta masa inti partikel, kemudian membentuk mikro flok (Rahimah, 2016). Flokulasi adalah proses pembentukan flok dari pengadukan perlahan terhadap mikro flok yang dihasilkan dari proses koagulasi (Suharto, 2017). Koagulan adalah bahan kimia yang mempunyai kemampuan menetralkan muatan koloid dan mengikat partikel tersebut sehingga dapat membentuk gumpalan atau flok (Hammer, 1986). Koagulan yang digunakan dalam pengolahan air minum pemerintah adalah koagulan kimia seperti PAC dan alum. Meskipun bekerja dengan baik, namun dosis berlebih menghasilkan lumpur dalam jumlah besar yang tidak terurai (He *et al*., 2016), bersifat toksik, dan memiliki harga lebih mahal (Hendrawati dkk. 2015). Selain itu, kadar aluminium yang tinggi dalam air minum dapat menyebabkan gangguan neurologis seperti Alzheimer (Wang *et al*., 2010). Melihat fakta ini, diperlukan alternatif pengganti koagulan kimia yang tidak berbahaya dan ekonomis yaitu koagulan alami.

Koagulan alami yang sudah banyak digunakan dalam pengolahan air adalah *Moringa oleifera*. *Moringa oleifera* dapat digunakan sebagai koagulan karena mengandung senyawa polielektrolit berupa protein yang memiliki kemampuan sama dengan koagulan kimia dengan mekanisme utama adalah *polymer bridging* dan muatan netralisasi (Abidin *et al.*, 2011). Pengolahan air koloid menggunakan serbuk biji *Moringa oleifera* mampu mengurangi kekeruhan mencapai 84% dan kontamisai bakteri *E. coli* mencapai 88%. Sedangkan dalam

pengujian pada air sungai mampu mengurangi kekeruhan mencapai 76% dan pengurangan *E. coli* mencapai 93% (Pritchard *et al*., 2010). Beberapa penelitian menunjukkan bahwa efektivitas koagulasi meningkat apabila menggunakan koagulan yang diekstrak. Hal ini terjadi karena kelarutan protein dalam koagulan meningkat. Metode yang paling banyak digunakan adalah dengan larutan garam (*salt extraction*). Efisiensi koagulasi dapat ditingkatkan dengan mengekstrak komponen aktif dalam biji kelor menggunakan garam (*salt extraction*) dengan hasil penurunan kekeruhan mencapai 94% (Okuda *et al*., 1999). Madrona *et al*., (2012) dalam laporan penelitiannya menunjukkan penggunaan koagulan *Moringan oleifera* yang diekstrak dengan NaCl konsentrasi 1 M mampu mengurangi kekeruhan sebesar 99,8%. Selain konsentrasi ekstraksi koagulan, ukuran partikel koagulan juga berpengaruh pada hasil koagulasi. Semakin kecil ukuran partikel koagulan, maka kemampuan koagulasi semakin meningkat. Hal ini terjadi karena semakin kecil ukuran partikel maka semakin besar luas permukaan sehingga zat aktif dalam koagulan lebih banyak dan dapat berinteraksi dengan partikel koloidal dalam air. Seperti pada penelitian yang dilakukan oleh Haslinah (2020) menyebutkan bahwa penggunaan koagulan yang disaring 120 mesh bekerja lebih baik dari 60 mesh dengan hasil penurunan COD mencapai 86,4%.

Proses koagulasi menghasilkan limbah sekunder berupa endapan lumpur (He *et al*., 2016). Parameter yang digunakan untuk menentukan performa koagulasi yaitu *sludge volume index* (SVI) dan *sludge mass*. SVI digunakan untuk menghitung volume lumpur yang dinyatakan dalam satuan mL/g (Feria-díaz *et al*., 2017). SVI menunjukkan keadaan morfologi dan kemampuan pengendapan agregat (flok berukuran besar) (Mudenur *et al*., 2016). Nilai SVI yang baik untuk proses koagulasi berada dalam kisaran 50 mL/g – 80 mL/g (Oladoja and Aliu, 2009).

Bahan alam yang berpotensi sebagai koagulan alami adalah biji Lamtoro dan biji Turi. Biji Lamtoro (*Leucaena leucocephala*) dan biji Turi (*Sesbania grandiflora*) merupakan tanaman jenis biji polong-polongan dari keluarga *Fabaceae* yang banyak dijumpai di negara tropis. Lamtoro dan Turi memilki

kandungan protein cukup tinggi. Protein merupakan senyawa yang berperan aktif sebagai koagulan karena merupakan polielektrolit sehingga dapat menetralkan koloidal dalam air sungai. Penelitiam sebelumnya menyebutkan kandungan protein dari biji Lamtoro dan biji Turi masing-masing sebesar 31% dan 36,21% (Argadyasto, 2015); (Towaha dan Rusli, 2010). Biji lamtoro atau *white propinac* digunakan sebagai koagulan terbukti efisien dalam mengurangi kekeruhan air sungai sebesar 76% pada dosis 50 mg/L (Al-mamun dan Basir, 2017). Kristianto *et al*., (2018) dalam laporan penelitiannya menyatakan serbuk lamtoro pada dosis 1 g/L mampu mengurangi kekeruhan mencapai 87,6%. Selain kandungan protein yang cukup tinggi, pemanfaatan biji Lamtoro dan biji Turi masih belum optimal.

Berdasarkan latar belakang di atas, maka dilakukan penelitian ini terkait aktivitas koagulasi ekstrak NaCl biji lamtoro dan biji turi dalam pengolahan air sungai Selokan Mataram sehingga dapat memenuhi standar air bersih berdasarkan permenkes RI nomor 37 tahun 2017 tentang standar baku mutu kesehatan lingkungan dan persyaratan kesehatan air untuk keperluan hygiene sanitasi, kolam renang, *solus per aqua*, dan pemandian umum.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, rumusan masalah pada penelitian ini adalah :

1. Bagaimana pengaruh ukuran partikel dan konsentrasi ekstrak koagulan alami dalam pengolahan air sungai?
2. Bagaimana kinerja koagulan alami biji Lamtoro dan biji Turi ditinjau dari nilai *sludge volume index* dan *sludge mass*?
3. Bagaimana performa proses koagulasi pada pengolahan air sungai dilihat dari nilai turbiditas, *Total Dissolved Solid* (TDS), pH, DO dan efek Tyndall dalam pengolahan air?

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan uraian di atas, penelitian ini direncanakan dengan tujuan sebagai berikut :

1. Mengetahui pengaruh ukuran partikel dan konsentrasi NaCl dalam pengolahan air sungai.
2. Mengetahui kinerja koagulan alami biji Lamtoro dan biji Turi ditinjau dari nilai *sludge volume index* (SVI) dan *sludge mass*.
3. Mengetahui performa proses koagulasi pada pengolahan air sungai berdasarkan parameter kekeruhan, *Total Dissolved Solid* (TDS), pH, DO dan efek Tyndall.

1.4 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi terkait efektivitas penggunaan koagulan alami dari biji lamtoro dan biji turi dalam pengolahan air sungai terutama bagi masyarakat. Selain itu, menjadi alternatif dalam mengurangi efek samping penggunaan koagulan kimia pada pengolahan air.

BAB II
TINJAUN PUSTAKA

2.1 Ekstraksi Koagulan Alami

Koagulan alami yang berasal dari tanaman mengandung bahan aktif berupa polifenol, polisakarida, dan protein. Bahan aktif berupa protein paling banyak digunakan karena hanya membutuhkan perlakuan yang sederhana (Kristianto dkk. 2019). Salah satu perlakuan yang umum digunakan adalah ekstraksi dengan garam. Faktor yang mempengaruhi proses ekstraksi koagulan adalah konsentrasi garam yang digunakan. Peningkatan konsentrasi NaCl pada ekstraksi protein kacang *walnut* dari 0-1 M memberikan hasil semakin tinggi konsentrasi garam, jumlah protein yang terekstrak semakin banyak karena faktor *salting in* (Hu *et al*., 2017).

Okuda *et al*. (1999) melakukan variasi garam (NaCl, KCl, KNO_3, dan $NaNO_3$) untuk ekstraksi protein dari koagulan *Moringa oleifera*. Hasil analisis menunjukkan performa yang sama dari masing-masing garam yaitu penurunan kekeruhan 95% pada limbah sintetik kaolin. Penelitian lain tentang penggunaan variasi garam yang dilakukan oleh Birima *et al*. (2013) untuk ekstrasi kacang tanah dan (Dalvand *et al*., 2016) untuk ekstraksi *Moringan stenopelata*. Oleh karena itu, ekstraksi protein dari koagulan alami umumnya menggunakan larutan garam NaCl. Penggunaan NaCl didasarkan pada hasil penelitian sebelumnya dan ketersediaannya yang melimpah serta harga yang relatif murah. Selain jenis garam, dilakukan analisis dengan variasi konsentrasi. Aktivitas koagulasi optimum terjadi pada konsentrasi 1 M (Okuda *et al.*, 1999). Al-mamun and Basir (2017) menggunakan ekstrak NaCl biji *Leucaena leucocephala* 1 M sebagai koagulan alami dalam pengolahan air sungai mampu mengurangi kekeruhan mencapai 76%. Sedangkan penggunaan larutan NaCl 1 M untuk ekstraksi koagulan alami *Samanea saman* mampu menurunkan kekeruhan 76,64% pada limbah sintetik kaolin (Ansori, 2014).

2.2 Aplikasi Koagulan Alami pada Pengolahan Air Keruh

Salah satu kemajuan besar dalam teknologi pengolahan air bersih adalah penggunaan koagulan alami (Othmani *et al*., 2020). Koagulan alami dapat diperoleh dengan memanfaatkan ekstraksi dari tanaman, hewan dan mikroorganisme (Saravanan *et al*., 2017). Koagulan alami dari tanaman banyak digunakan karena ketersediaan bahan yang melimpah, terutama di daerah tropis (Choy *et al*., 2015). Salah satu bahan alam yang dapat digunakan sebagai koagulan alami adalah *Moringa oleifera*. Hal ini karena *Moringa oleifera* mengandung protein yang merupakan polielektrolit kationik. Gugus yang berperan dalam proses koagulasi adalah karboksil, hidroksil, dan amida (Prihatinningtyas, 2013). Ketiga polimer tersebut adalah polielektrolit yang merupakan protein terlarut pada proses pemurnian air (Pritchard *et al*., 2010). Mekanisme koagulasi flokulasi yang terjadi pada koagulan alami adalah netralisasi muatan dan *polymer bridging* (Abidin *et al*., 2011).

Penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Poumaye *et al*. (2012) manyatakan bahwa biji kelor efektif untuk mengatasi kekeruhan pada air sungai hingga 98%, mengurangi kontaminasi bakteri *Streptokokus, Clostridium*, dan *Escherichia coli* mencapai 62%, 95% dan 47%. Selain itu, pemurnian air menggunakan biji kelor sebagai koagulan alami menghasilkan volume lumpur yang rendah, tidak menganggu pH air yang diolah serta ramah lingkungan (Camacho *et al*., 2016). Selain *Moringa oleifera*, beberapa penelitian telah dilakukan untuk mengeksplorasi kemampuan kacang-kacangan sebagai koagulan alami dalam pengolahan air. *Leucaena leucocephala* diketahui efektif menurunkan nilai kekeruhan pada air sungai sebesar 76% (Al-mamun and Basir, 2017). Penelitian yang dilakukan oleh Ansori (2014) menunjukkan bahwa penggunaan biji *Samanea saman* sebagai koagulan mampu menurunkan kekeruhan limbah buatan mencapai 76,64%. Koagulan alami *Vicia faba* mampu menurunkan kekeruhan mencapai 89,3% dan total koliform 89,52% (Rajput *et al*., 2012). Aplikasi koagulan alami dalam pengolahan air ditunjukkan dalam Table 1.

Tabel 1. Aplikasi koagulan alami pada pengolahan air

Koagulan	Sampel	Sediaan	Dosis	Hasil
[a]*Cicer arietinum*	air keruh sintetik (95 NTU)	Ekstrak akuades 1% b/v	100 mL/L	Pengurangan kekeruhan 95,89%, total coliform 90,47%
[b]*Arachis hypogaea*	air sungai (~250 NTU)	Ekstrak akuades		Pengurangan kekeruhan 25%, pengurangan Pb ~50%, Cr ~40%, dan Zn ~25%
Leucaena leucocephala	[c]air keruh (340 NTU)	Ekstrak akuades 5% b/v	15 mL/L	Pengurangan kekeruhan 47,06%
	[d]air sungai (319 NTU)	Ekstrak NaCl 1 M	50 mg/L	Pengurangan kekeruhan 76%
Moringa oleifera	[e]air keruh sintetik (100 NTU)	Ekstrak akuades 1% b/v	100 mL/L	Pengurangan kekeruhan 94,1%, total coliform 96%
	[f]air sungai M'poko (121 NTU)	Ekstrak akuades 16 g/L	8 mL	Pengurangan kekeruhan 98%, mengurangi 62% *Streptokokus*, 95% *Clostridium* dan 47% *Escherichia coli*.
[g]*Samanea saman*	air keruh buatan	Ekstrak NaCl 1 M	160 mL/L	Pengurangan kekeruhan 76,64%
[h]*Psophocarpus tetragonolobus*	air danau (99 NTU)	Ekstrak akuades 1%	60 mL/L	Pengurangan kekeruhan 60%
Vicia faba	[i]air keruh (45 NTU)	Ekstrak NaCl	0,125 mL/L	Pengurangan kekeruhan 51,5%
	[j]air sintetik kaolin (100 NTU)	Ekstrak akuades	100 mL/L	Pengurangan kekeruhan 89,3%, total coliform 89,52%

Referensi : [a](Asrafuzzaman *et al.*, 2011); [b](Sotheeswaran *et al.*, 2011); [c](Arianti dan Ratnayani, 2017); [d](Al-mamun and Basir, 2017); [e](Asrafuzzaman *et al.*,2011); [f](Poumaye *et al.*, 2012); [g](Ansori, 2014); [h](Kamel *et al.*, 2018); [i](Kukic *et al.*, 2015); [j](Rajput *et al.*, 2012)

2.3 Faktor yang Mempengaruhi Koagulasi

Parameter yang berpengaruh dalam proses koagulasi adalah dosis koagulan dan pH larutan. Penentuan skenario penambahan dosis terbagi menjadi tiga, yaitu pada dosis dibawah titik optimum, titik optimum, dan berlebih (Choy *et al*., 2015). Penambahan dosis koagulan yang terlalu rendah menyebabkan proses koagulasi tidak maksimal, karena koagulan tidak cukup untuk menetralkan muatan permukaan koloid. Penambahan koagulan dengan dosis berlebih dapat menurunkan performa dan efektivitas koagulasi, karena koagulan yang menempel pada permukaan koloid terlalu banyak. Hal ini menyebabkan gaya tolak-menolak elektrostatik muncul kembali yang dikenal dengan restabilisasi koloid (Kristianto dkk. 2019). Selain dosis koagulan, pH larutan berperan penting dalam proses koagulasi, terutama ketika menggunakan protein sebagai bahan aktif koagulan. Protein memiliki sifat sebagai molekul amfoterik atau memiliki muatan positif dan negatif tergantung pada pH larutan. Secara umum, proses koagulasi dilakukan dibawah nilai pH isoelektrik (pI), sehingga protein bermuatan positif dan dapat menetralisasi koloid yang umumnya bermuatan negatif. Nilai pI protein tergantung dari asam amino penyusunnya (Audain *et al*., 2016). Beberapa nilai pI dari koagulan alami disajikan dalam Tabel 2.

Tabel 2. Nilai pI koagulan alami

Koagulan alami	pI	Referensi
Moringa oleifera	10-11	(Ndabigengesere *et al*., 1995)
Psophocarpus tetragonolobus	3,5-5,0	(Makeri *et al*., 2017)
Phaseolus vulgaris	4,0-5,5	(Antov *et al*., 2010)
Vicia faba	4,0-5,3	(Fernandez-Quintela *et al*., 1997)
Glycine max	3,5-5,0	(Makeri *et al*., 2017)

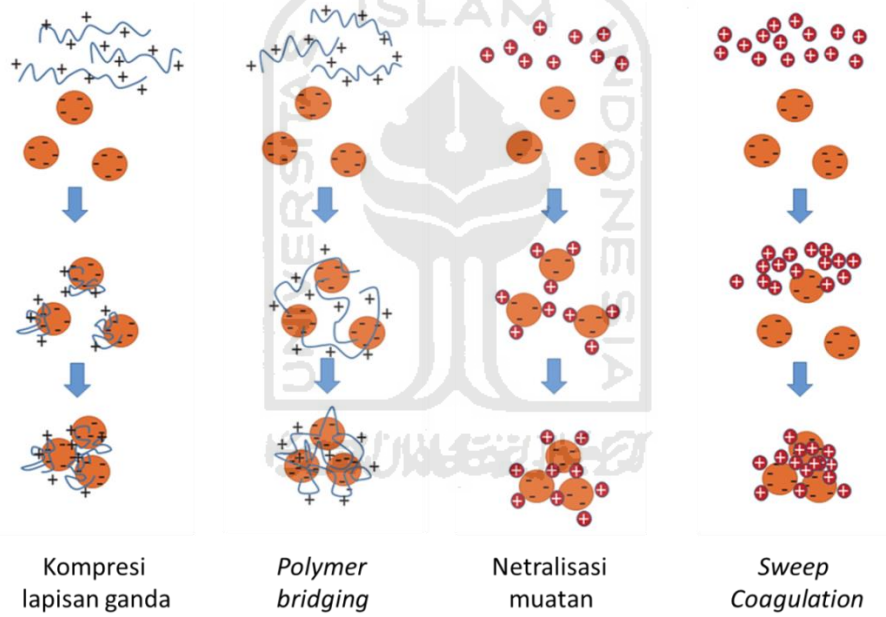
Abd Razak *et al*. (2018) memanfaatkan *Leucaena leucocephala* sebagai koagulan dalam pengolahan limbah kromium dengan variasi dosis dan pH. Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa dosis dan pH mempengaruhi hasil penurunan nilai parameter. Dosis optimum (400-600 mg/L) mampu mengurangi nilai TSS, kekeruhan, COD, BOD, dan kromium masing-masing 45%; 31,4%; 38,5%; 27,5% dan 4,05%. Sedangkan pH optimum yaitu pada rentang pH 2-4 (asam) dengan

penurunan nilai TSS, COD, BOD, kekeruhan dan kadar kromium mencapai 33,3%; 26,8%; 33,75%; 31,4% dan 14,06% (Abd Razak *et al*., 2018). Berdasarkan hasil tersebut, dosis dan pH optimum sangat mempengaruhi proses koagulasi.

BAB III
DASAR TEORI

3.1 Koagulasi dan Flokulasi

Koagulasi merupakan proses fisikokimia dari pencampuran bahan koagulan dalam limbah dengan pengadukan cepat guna mendistabilisasi koloid dan solid halus serta masa inti partikel, kemudian membentuk mikro flok. Flokulasi adalah proses pembentukan flok dari pengadukan perlahan terhadap mikro flok yang dihasilkan dari proses koagulasi (Rahimah, 2016). Proses koagulasi flokulasi secara umum adalah serangkaian proses yang meliputi destabilisasi muatan partikel dengan penambahan koagulan.



Gambar 1. Mekanisme koagulasi.

Terdapat empat mekanisme koagulasi yaitu kompresi lapisan ganda, *polymer bridging*, netralisasi muatan, dan *sweep coagulation* (Bolto and Gregory, 2007) yang ditunjukkan pada Gambar 1. Kompresi lapisan ganda disebabkan karena konsentrasi elektrolit yang tinggi dalam larutan. Konsentrasi ionik yang tinggi disebabkan karena kompresi dalam volume lapisan ganda mengelilingi partikel koloid, sehingga menurunkan gaya tolak partikel. Fenomena tersebut dapat membuat koloid menjadi tidak stabil dan menaikan kemungkinan koagulasi,

yang diikuti flokulasi. *Polymer bridging* terjadi ketika polimer (polielektrolit) membentuk rantai molekul dan menjembatani beberapa partikel koloid untuk berikatan. Polimer yang teradsorpsi akan menyerang situs kosong dari partikel koloid lainnya sehingga membentuk suatu jembatan antar partikel dan membentuk partikel dengan ukuran besar. Netralisasi muatan terjadi karena perbedaan muatan molekul ion yang besar dengan partikel koloid. *Sweep coagulation* umumnya terjadi karena penambahan garam logam yang membentuk hidroksida yang akan mengelilingi partikel koloid sehingga terjadi pengendapan. Keberhasilan dari proses koagulasi flokulasi ditentukan dari beberapa faktor, yaitu:

1) Dosis koagulan

Penambahan koagulan yang banyak belum tentu memberikan hasil yang terbaik. Dosis koagulan yang dibutuhkan dalam pengolahan tidak didasarkan pada nilai kekeruhan tetapi harus ada uji secara laboratorium dengan menggunakan metode *jartest*. Jika kekeruhan dalam air disebabkan oleh dominasi lumpur halus atau kasar maka kebutuhan dosis koagulan hanya sedikit, tetapi jika kekeruhan akibat adanya koloid maka dibutuhkan dosis yang besar (Khasanah, 2018).

2) Pengadukan

Pengadukan dalam proses koagulasi flokulasi untuk membantu proses reaksi pada penetralan muatan partikel-partikel dalam air. Waktu detensi pengadukan bergantung pada sasaran atau target. Selain waktu, kecepatan pengadukan mempengaruhi hasil koagulasi. Kecepatan pengadukan yang tepat sangat dibutuhkan. Kecepatan terlalu tinggi dapat menyebabkan flok-flok yang sudah terbentuk akan terpecah kembali dan menghambat proses pengendapan (Khasanah, 2008).

3) pH

pH memiliki pengaruh yang cukup penting dalam proses koagulasi flokulasi karena terdapat beberapa koagulan yang hanya dapat bekerja pada pH tertentu.

4) Alkalinitas

Alkalinitas harus ada dalam air. Berfungsi untuk menghancurkan asam yang dilepas oleh koagulan dalam air sehingga proses koagulasi dapat berjalan dengan efektif (Wang *et al*., 2007).

5) Temperatur

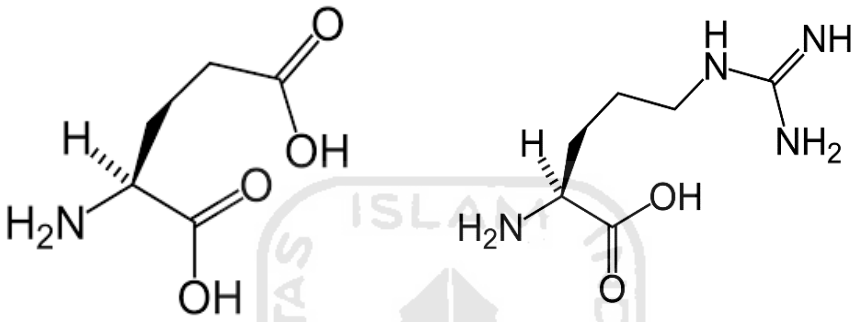
Koagulasi lebih cepat terbentuk pada suhu kamar atau suhu ruang. Suhu tinggi dapat melarutkan kembali koagulasi yang terbentuk, sedangkan pada suhu rendah dapat menghambat laju penggumpalan sehingga pembentukan flok menjadi lebih lama (Khasanah, 2018).

3.2 Koagulan Kimia dan Alami

Valensi ion akan berpengaruh pada proses koagulasi. Ion yang memiliki muatan yang berlawanan dengan koloid akan diendapkan. Semakin besar valensi koagulasi, efektivitas gaya koagulan semakin besar (Siregar, 2005). Koagulan adalah bahan kimia yang mempunyai kemampuan menetralkan muatan koloid dan mengikat partikel tersebut sehingga dapat membentuk gumpalan atau flok (Hammer, 1986). Koagulan kimia yang sudah popular digunakan yaitu aluminium sulfat ($AL_2(SO)_4$), besi (III) klorida ($FeCl_3$), besi (II) sulfat ($FeSO_4$), dan polialuminium klorida ($Al_2(OH)_{20}Cl_4$) (Triarmadja, 2019). Namun, koagulan tersebut memiliki kekurangan yaitu terjadi perubahan karakteristik fisika-kimia seperti pH dan konduktivitas dalam hasil pengolahan. Selain itu, menghasilkan lumpur berlebih saat penggunaan dosis tinggi dan kadar aluminium yang tinggi dapat menyebabkan gangguan neurologis seperti Alzheimer (Wang *et al*., 2010). Sehingga dibutuhkan koagulan alami untuk menggantikan koagulan kimia.

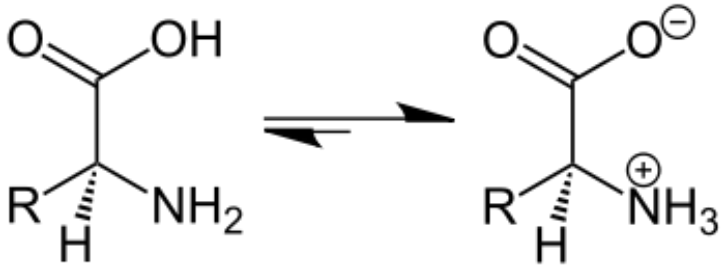
Bahan alam dapat digunakan sebagai koagulan apabila mengandung senyawa makromolekul seperti polisakarida, polifenol, atau protein (Kristianto dkk. 2019). Tanin merupakan sumber polifenol yang biasa digunakan sebagai koagulan alami. Tanin yang tidak mengalami modifikasi terlebih dahulu hanya digunakan sebagai pembantu koagulan, yaitu dimanfaatkan untuk menurunkan dosis alum (Singh *et al*., 2016). Poliksakarida pada tanaman banyak dijumpai sebagai pembentuk struktur dinding sel (selulosa, kitin) dan cadangan makanan (pati) (Guo *et al*., 2017). Polisakarida sebagai bahan aktif koagulan tidak dapat langsung digunakan, sehingga diperlukan modifikasi (Kristianto *dkk*., 2019). Protein dapat dijadikan sebagai koagulan alami karena merupakan polielektrolit kationik. Protein tersusun atas asam amino kationik yang tersusun membentuk

rantai protein, yang dibedakan berdasarkan komposisi, urutan dan jumlah asam aminonya. Semakin banyak komposisi asam amino kationik dalam protein, maka semakin tinggi potensi dan kemampuannya sebagai koagulan (Purnomo dkk. 2012). Protein terdiri dari beberapa asam amino, namun yang paling banyak terkandung dalam biji-bijian adalah glutamat, arginine, asparkat, dan metionin (Sitompul, 1997). Struktur glutamat dan ariginin ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Struktur asam amino asam glutamat (kiri) dan ariginin (kanan).

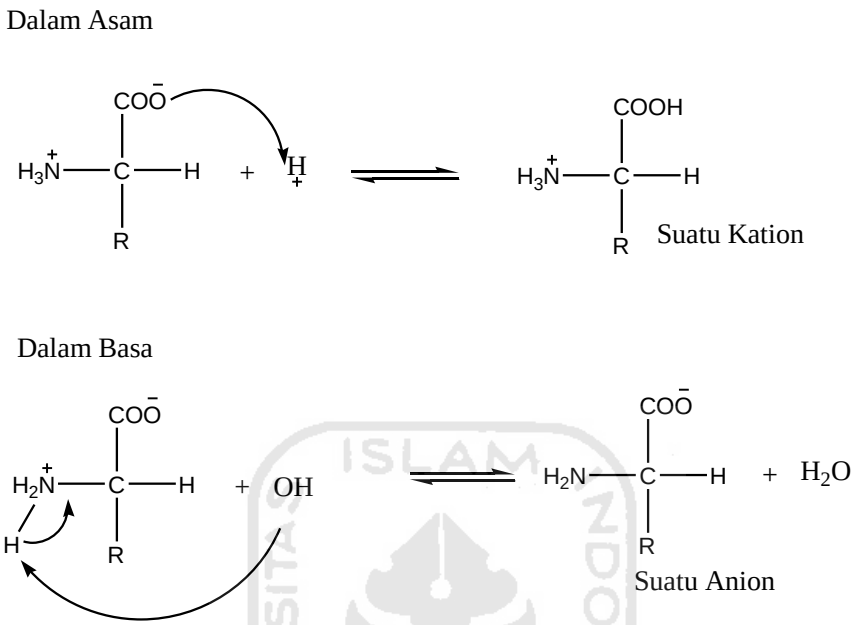
Rantai cabang pada senyawa asam glutamat bermuatan negatif pada gugus karboksil, sedangkan senyawa ariginin bermuatan positif pada gugus guinidio. Asam amino jika dilarutkan dalam air maka gugus fungsi akan mengalami ionisasi atau disosiasi. Asam amino selalu dalam bentuk ion dan memiliki dua kutub jika berada dalam larutan netral (zwitter ion) seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3 (Kuchel, & Ralston, 2006).



Gambar 3. Asam amino dalam bentuk zwitter ion.

Molekul asam amino mengandung ion karboksilat ($-COO^-$) dan ion ammonium ($-NH_3^+$), karena bersifat amfoter yang artinya asam amino dapat bereaksi dengan

asam atau basa yang menghasilkan kation atau anion (Mark dkk, 2000). Gambar 4 menunjukkan mekanisme asam amino dalam suasana asam dan basa.



Gambar 4. Asam amino yang bersifat amfoter.

3.3 Air Bersih

Standar baku mutu kesehatan lingkungan untuk media air dengan keperluan sebagai *hygiene* sanitasi meliputi parameter fisik, biologi, dan kimia yang berupa parameter wajib dan parameter tambahan. Parameter wajib merupakan parameter yang harus diperiksa secara berkala sesuai dengan ketentuan perundang-undangan. Sedangkan parameter tambahan hanya diwajibkan untuk pemeriksaan dikondisi geohidrologi yang mengindikasikan adanya potensi pencemaran. Air untuk keperluan *hygiene* sanitasi digunakan untuk pemeliharaan kebersihan, dan dapat digunakan sebagai air baku. Tabel 3 menunjukkan parameter wajib untuk air higiene sanitasi menurut peraturan menteri kesehatan Republik Indonesia nomor 32 tahun 2017 tentang standar baku mutu kesehatan lingkungan dan persyaratan kesehatan air untuk keperluan hygiene sanitasi, kolam renang, *solus per aqua*, dan pemandian umum.

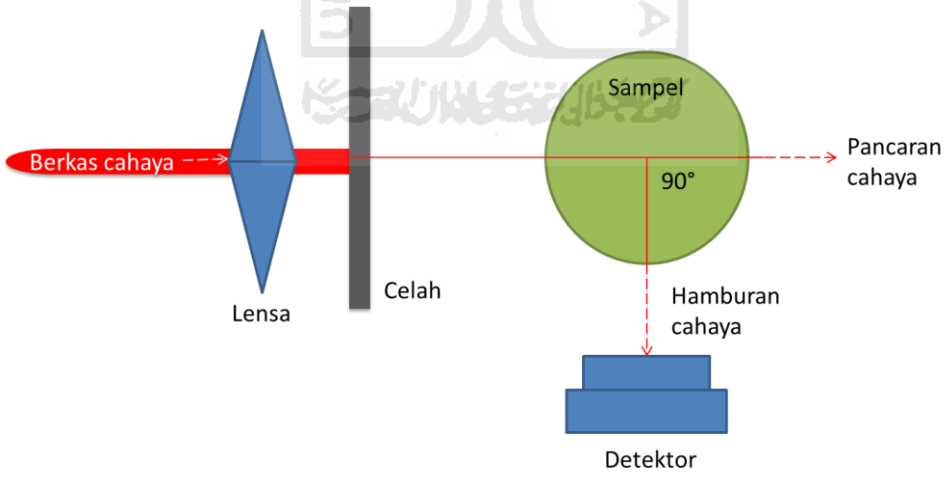
Tabel 3. Parameter standar baku mutu kesehatan lingkungan untuk media air keperluan higiene sanitasi berdasarkan permenkes RI nomor 37 tahun 2017.

No	Parameter	Unit	Standar Baku Mutu (kadar maksimum)
Wajib – Fisik dan Biologi			
1	Kekeruhan	NTU	25
2	Warna	TCU	50
3	Zat padat terlarut (Total Dissolved Solid)	mg/l	1000
4	Suhu	°C	Suhu udara ± 3
5	Rasa	-	Tidak berasa
6	Bau	-	Tidak berbau
7	Total coliform	CFU/100 ml	50
8	E.coli	CFU/100 ml	0
Wajib – Kimia			
1	pH	mg/l	6,5 – 8,5
2	Besi	mg/l	1
3	Fluorida	mg/l	1,5
4	Kesadahan ($CaCO_3$)	mg/l	500
5	Mangan	mg/l	0,5
6	Nitrat, sebagai N	mg/l	10
7	Nitrit, sebagai N	mg/l	1
8	Sianida	mg/l	0,1
9	Detergen	mg/l	0,05
10	Pestisida total	mg/l	0,1
Tambahan			
1	Air raksa	mg/l	0,001
2	Arsen	mg/l	0,5
3	Cadmium	mg/l	0,005
4	Kromium (valensi 6)	mg/l	0,05
5	Selenium	mg/l	0,01
6	Seng	mg/l	15
7	Sulfat	mg/l	400
8	Timbal	mg/l	0,05
9	Benzene	mg/l	0,01
10	Zat organik (KMnO4)	mg/l	10

3.4 Kekeruhan

Kekeruhan merupakan salah satu parameter penting dalam mengukur kualitas air yang dapat diukur menggunakan turbidimeter. Kekeruhan terbentuk karena adanya penyebaran partikel (melayang) serta terurai secara halus dalam media pendispersi. Kekeruhan merupakan sifat optik pada air yang ditentukan berdasarkan perbandingan cahaya yang diserap dengan cahaya yang dipancarkan oleh bahan-bahan yang terkandung dalam air (Ethica, 2018).

Prinsip umum turbidimeter adalah sinar yang datang mengenai partikel ada yang diserap dan ada yang diteruskan, dan sinar yang diteruskan digunakan sebagai dasar pengukuran (Day dan Underwood, 2002). Alat akan memancarkan cahaya pada sampel, lalu cahaya tersebut diserap, dipantulkan, atau menembus sampel. Cahaya yang menembus sampel akan diukur dan ditransfer dalam bentuk angka (Wulandari dkk, 2014). Tingkat kekeruhan ditentukan dengan satuan pengukuran yaitu Nephelometric Turbidity Unit (NTU). Berdasarkan standar ISO 7027, desain alat turbidimeter bergantung pada teknologi nefelometrik walaupun menggunakan inframerah sebagai sumber cahaya monokromatiknya. Skema alat turbidimetri ditunjukkan pada Gambar 5.



Gambar 5. Skema alat turbidimeter berdasarkan standar ISO 7027.

3.5 TDS (*Total Dissolved Solid*)

Total Dissolved Solid merupakan salah satu parameter penting dalam menentukan kualitas air. TDS adalah padatan terlarut yang mencakup mineral, garam, logam, kation, dan anion yang terlarut dalam air. *Dissolved solid*

mengandung beberapa zat organik, anorganik, atau material yang terlarut dalam sebuah larutan dengan diameter < 10-3 µm (Mukhtasor, 2007). Sumber utama TDS dalam perairan adalah limbah hasil kegiatan pertanian, limbah rumah tangga, dan limbah industri. Peningkatan konsentrasi TDS dapat berbahaya karena dapat memicu perubahan salinitas, perubahan komposisi ion dan toksisitas masing-masing ion. Perubahan salinitas berdampak buruk pada keseimbangan biota air, biodiversitas, dan menyebabkan toksisitas pada tahapan pertumbuhan suatu mikroorganisme (Weber-Scannel, 2007).

3.6 *Sludge Volume Index* (SVI) dan *Sludge Mass*

SVI merupakan indikator kualitas pengendapan dari lumpur. SVI memberikan gambaran tentang karakteristik lumpur. Lumpur yang mengandung mikroorganisme dan berserabut memberikan volume yang besar tetapi memiliki massa yang kecil. Sedangkan jika lumpur banyak mengandung padatan atau butiran tanah maka memberikan volume rendah tetapi massa yang tinggi (Tandoi *et al*., 2006). SVI adalah volume endapan dalam satuan mL dari 1 gram padatan lumpur kering setelah 30 menit pengendapan dalam silinder ukur 1000 mL. SVI dihitung dengan membagikan padatan lumpur yang terbentuk setelah 30 menit dengan *mixed liquor suspended solid* (MLSS) dan dikali 1000. Bagian dari perhitungan SVI adalah MLSS (sebagai penyebut). Semakin rendah nilai mg/L MLSS maka akan menghasilkan kalkulasi nilai SVI yang tinggi (Clifton, 1998).

Sludge mass merupakan salah satu parameter untuk menentukan kemampuan koagulan alami karena menunjukkan massa endapan yang terbentuk pada proses koagulasi. Semakin rendah endapan yang dihasilkan, maka semakin baik kinerja koagulan dalam proses koagulasi. Salah satu faktor yang mempengaruhi massa endapan adalah dosis koagulan (Nurkomala dkk, 2017). Penelitian sebelumnya menggunakan koagulan PAC dengan hasil semakin tinggi dosis yang digunakan maka semakin tinggi massa endapan yang dihasilkan (Nurkomala dkk, 2017). Penelitian lainnya membandingkan penggunaan koagulan PAC dan kacang arab dengan hasil koagulan kacang arab memberikan massa endapan yang lebih rendah dari PAC. Pembentukan lumpur yang semakin sedikit

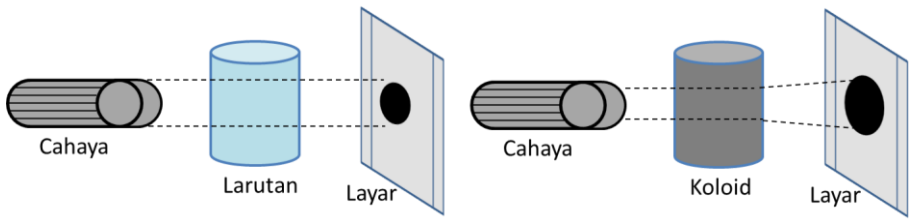
mengurangi limbah sekunder dan biaya penanganan limbah (Putra *et al*., 2020). Penggunaan koagulan alami sebagai pengganti koagulan kimia karena bersifat *biodegradable*, lebih aman untuk kesehatan, dan ketersediaannya yang melimpah (Prihatinningtyas, 2013).

3.7 Efek Tyndall

Efek Tyndall merupakan efek yang terjadi ketika suatu larutan terkena cahaya. Semakin jernih larutan maka sinar yang dipancarkan tidak akan dihamburkan. Sedangkan jika larutan tersebut keruh maka akan terjadi penghamburan cahaya yang disebabkan adanya partikel koloid seperti pada Gambar 6. Prinsip kerja pada pengukuran efek Tyndall yaitu sinar dari senter digunakan sebagai sumber cahaya (I). Kemudian cahaya dilewatkan kesampel dalam kuvet kaca. Ketika cahaya melewati kuvet sampel sebagian akan ditransmisikan dengan intensitas sebesar Io dan sebagian akan direfleksikan dengan intensitas sebesar Ip. Berdasarkan peristiwa tersebut, dapat dituliskan hubungan secara matematis sebagai berikut:

$I = 1o + Ip$ ……(1)

Pengukuran intensitas cahaya yang diteruskan menggunakan alat luxmeter yang hasilnya langsung dapat dibaca. Alat ini mengubah energi cahaya menjadi energi listrik. Energi listrik dalam bentuk arus digunakan untuk menggerakkan jarum skala. Energi listrik diubah menjadi angka yang dapat dibaca pada layar monitor (Parera dkk, 2018).



Gambar 6. Prinsip pengujian efek Tyndall. Larutan bening akan meneruskan cahaya, larutan koloid akan menghamburkan cahaya.

3.8 *Fourier Transform Infrared Spectroscopy (*FTIR)

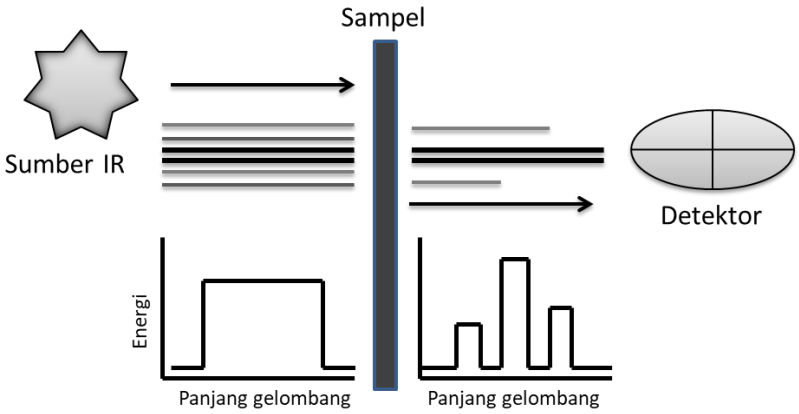
Spektroskopi inframerah merupakan metode yang digunakan untuk mengamati interaksi molekul dengan radiasi elektromagnetik pada daerah panjang

gelombang 0.75 - 1.000 μm atau pada bilangan gelombang 12800 - 10 cm^{-1}. Prinsip dasar spektroskopi inframerah adalah interaksi antara vibrasi atom-atom dalam molekul dengan mengadsorpsi radiasi gelombang elektromagnetik inframerah sehingga menyebabkan eksitasi energi vibrasi molekul ketingkat energi vibrasi yang lebih tinggi. Daerah infra merah terbagi menjadi tiga yaitu daerah dekat, tengah, dan jauh seperti yang ditunjukkan pada Tabel 4 (Sastrohamidjojo, 2018). Penggunaan paling banyak adalah daerah tengah dengan kisaran bilangan gelombang 4000 sampai 670 cm^{-1} atau panjang gelombang 2,5 sampai 15 μm. Kegunaan yang paling penting adalah untuk identifikasi senyawa organik karena memiliki spektrum yang kompleks.

Tabel 4. Daerah spektrum inframerah

Daerah	Panjang Gelombang (μm)	Bilangan Gelombang (cm^{-1})	Frekuensi (Hz)
Dekat	0,78 – 2,5	12800 – 4000	$3,8x10^{14} – 1,2x10^{14}$
Tengah	2,5 – 50	4000 – 200	$1,2x10^{14} – 6,0x10^{14}$
Jauh	50 – 1000	200 – 10	$6,0x10^{14} – 3,0x10^{14}$

Prinsip kerja spektrofotometer FTIR yaitu sinar infra merah ditembakan melewati celah menuju sampel. Celah berfungsi untuk mengontrol jumlah energi yang disampaikan kesampel. Sebagian sinar infra merah diserap oleh sampel dan yang lainnya ditransmisikan melalui permukaan sampel. Sinar infra merah yang ditransmisikan akan lolos ke detektor dan sinyal yang terukur kemudian dikirim dan terbaca di komputer seperti yang ditunjukkan pada Gambar 7 (Thermo, 2001).



Gambar 7. Skema prinsip kerja spektrofotometer FTIR.

Radiasi inframerah yang melalui suatu cuplikan menyebabkan molekul-molekul atom dapat mengabsorpsi energi sehingga terjadi transisi diantara tingkat vibrasi (*ground state*) dan tingkat vibrasi tereksitasi (*excited state*). Proses absorpsi energi dapat dideteksi oleh spektrofotometer inframerah yang membentuk suatu plot dari jumlah radiasi yang diteruskan melalui cuplikan sebagai fungsi frekuensi atau panjang gelombang radiasi. Plot tersebut merupakan spektrum inframerah yang memberikan informasi tentang gugus fungsional dalam suatu molekul (Nazar, 2018).

BAB IV
METODE PENELITIAN

4.1 Alat dan Bahan

4.1.1. Alat

Alat yang digunalan dalam penelitian ini meliputi peralatan gelas, blender, alat pengaduk magnetik, corong Imhoff sedimentasi (1000 mL, Duran) turbidimeter (Waterproof Portable TN100 Eutech, Netherland), pH/EC/TDS meter (Hanna HI 9813-5, Romania), ayakan ukuran 200 dan 250 mesh (Test Sieve, Indonesia), oven (Memmert, Jerman), neraca analitik (KERN EMB, Jerman), Lux meter (Light Meter Lutron LX-103, Taiwan), senter power lite, DO meter (Lutron DO-5510, Taiwan), instrumentasi *Fourier Transform Infrared Spectroscopy* (FTIR Perkin Elmer Spectrum, Versi 10.5.1., USA).

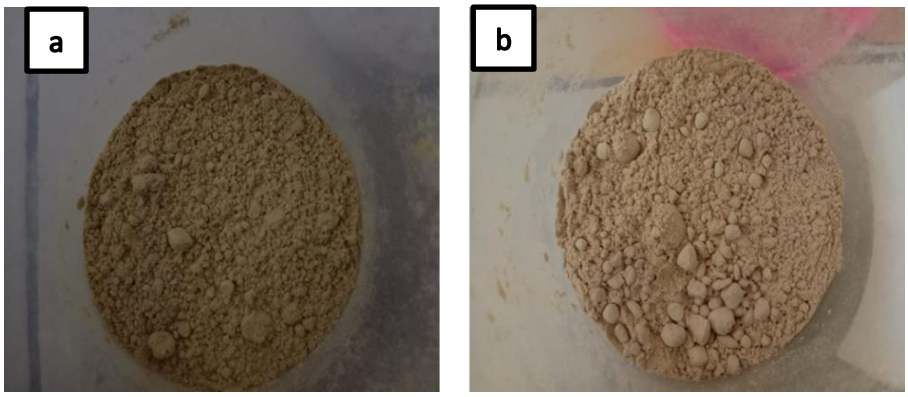
4.1.2. Bahan

Bahan yang digunakan meliputi biji lamtoro (*Leucaena leucocephala*), biji turi (*Sesbania grandiflora*) diperoleh dari pohon yang tersedia di Pemalang, Jawa Tengah, natrium klorida (NaCl 99.99%, Merck, Germany), natrium hidroksida (NaOH Merck, Germany), asam klorida (HCl 37%, Mallinckrodt, Britania Raya), air keran yang diambil di laborataorium terpadu, air sungai selokan mataram yang diambil di Desa Trihanggo pada titik koordinat 7°45'08.3"S 110°20'36.8"E, akuades, kertas saring, kertas saring Whatman No. 42 (GE Healthcare, Britania Raya) larutan Buffer pH 4, 7, 10 (Merck, Germany).

4.2 Cara Kerja

4.2.1 Persiapan koagulan alami

Biji lamtoro (*Leucaena leucocephala*), dan biji turi (*Sesbania grandiflora*) yang sudah tua dan kering kemudian dihancurkan menggunakan blender sampai menjadi serbuk halus, kemudian disaring melalui ayakan 200 mesh (ukuran partikel 74 µm) dan 250 mesh (ukuran partikel 63 µm).



Gambar 8. Koagulan alami biji Lamtoro (a) dan biji Turi (b) yang telah dihaluskan dan disaring 250 mesh.

4.2.2 Karakterisasi Koagulan Alami

4.2.2.1 Analisis FTIR

Instrumen FTIR digunakan untuk menganalisis gugus fungsi. Sampel serbuk biji lamtoro dan biji turi sebanyak ±0,1 g diletakkan diatas sampel holder, kemudian dilakukan pengepresan sampai nilai *force gauge* pada tekanan 60 newton untuk memastikan kontak yang baik antara sampel dengan kristal. Pengujian dilakukan dalam rentang bilangan gelombang 4000 cm^{-1} sampai 400 cm^{-1}. Spektrum IR yang dihasilkan kemudian dianalisis untuk mengetahui gugus fungsi yang terkandung dalam sampel.

4.2.2.2 Analisis Proksimat

Uji proksimat dilakukan untuk mengetahui % kadar air, % kadar abu, dan % protein, % lemak, dan % karbohidrat pada sampel. Pengujian % kadar air dilakukan dengan metode thermogravimetri yaitu dengan menguapkan air dari bahan dengan pemanasan sampai berat konstan dan air sudah habis menguap. Pengujian kadar abu dilakukan dengan cara kering yaitu dengan dipanaskan pada suhu 110 °C kemudian diarangkan pada suhu 200-300 °C dan diabukan pada suhu 500-600 °C. Pengujian kadar protein digunakan analisa Kjeldahl yang terdiri dari tiga tahap, yaitu destruksi, destilasi, dan titrasi (Rosaini dkk. 2015).

4.2.3 Preparasi Sampel

Sampel air sungai diambil di Sungai Selokan Mataram pada lanjutan hulu selokan bagian tengah tepatnya di Dusun Salakan, Desa Trihanggo, Kecamatan

Gamping, Kabupaten Sleman, DIY. Air sungai bagian permukaan diambil kemudian ditampung dalam jerigen yang sebelumnya sudah dibilas terlebih dahulu dengan air sungai. Pengambilan sampel dilakukan sebanyak dua kali yaitu pada hari Sabtu, 15 Februari 2020 pukul 13.23 WIB, dan hari Senin, 20 Juli 2020 pukul 07.30 WIB. Sampel air sungai kemudian dilakukan analisis beberapa parameter yaitu nilai kekeruhan, pH, TDS, EC, suhu, dan DO.



Gambar 9. Titik pengambilan sampel air sungai Selokan Mataram pada titik koordinat 7°45'08.3"S 110°20'36.8"E.

4.2.4 Ekstraksi biji Lamtoro (*Leucaena leucocephala)* dan biji Turi (*Sesbania grandiflora*) dengan pelarut NaCl

Serbuk koagulan dibuat suspensi 1% b/v dengan menambahkan sebanyak 1 g serbuk dilarutkan dalam 100 mL larutan 1,5 M NaCl Larutan diaduk selama 15 menit kemudian dilakukan penyaringan, filtrat yang diperoleh digunakan sebagai koagulan (Aslamiah dkk, 2013). Perlakuan yang sama dibuat untuk konsentrasi larutan 1,0 M NaCl; 0,5 M NaCl; dan 0,0 M NaCl.

4.2.5 Penentuan konsentrasi ekstrak NaCl optimum

Sampel air keruh sebanyak 500 mL dimasukan ke dalam gelas beker dan ditambahkan koagulan alami dengan konsentrasi masing-masing 0,0 M; 0,5 M; 1,0 M; dan 1,5 M. Dilakukan proses koagulasi dengan pengadukan cepat selama 5 menit kemudian dilanjutkan proses flokulasi dengan pengadukan lambat selama

30 menit. Selanjutkan proses pengendapan dilakukan selama 60 menit. Kemudian dilakukan analisis penurunan kekeruhan dan nilai TDS.

4.2.6 Proses koagulasi flokulasi dengan variasi dosis dalam konsentrasi optimum

Sampel air sungai sebanyak 500 mL dalam gelas beker ditambahkan ekstrak koagulan alami 1 M (konsentrasi optimum) dengan variasi dosis 1 mL; 2 mL; 3 mL; 5 mL; dan 10 mL. Dilakukan pengadukan cepat (proses koagulasi) selama 5 menit dan dilanjut pengadukan lambat (proses flokulasi) selama 30 menit. Setelah proses koagulasi dan flokulasi selesai dilakukan proses sedimentasi selama 60 menit. Kemudian dilakukan analisis beberapa parameter seperti kekeruhan, TDS, efek Tyndall, DO, EC, *sludge mass*, dan SVI.

4.2.7 Variasi pH pada dosis optimum

Disiapkan gelas beker yang berisi sampel air sungai sebanyak 500 mL, kemudian sampel diatur dalam keadaan pH 5, 7 dan 9 dengan penambahan 1,0 M NaOH dan 1,0 M HCl. Setelah pH sampel sudah sesuai kemudian ditambahkan koagulan pada dosis optimum. Dilakukan pengadukan cepat selama 5 menit dilanjutkan dengan pengadukan lambat selama 30 menit. Setelah proses koagulasi dan flokulasi selesai dilakukan proses sedimentasi selama 60 menit. Kemudian dilakukan analisis beberapa parameter seperti kekeruhan, TDS, efek tyndall, DO, EC, *sludge mass*, dan SVI.

4.3 Analisis Performa Koagulasi

4.3.1 Analisis kekeruhan air sampel sebelum dan sesudah proses koagulasi

Sebelum dilakukan analisis kekeruhan, terlebih dahulu dilakukan kalibrasi pada alat turbidimeter dengan standar 800 NTU, 100 NTU, 20 NTU, dan 0,02 NTU. Dimasukkan sampel air kedalam botol kuvet sampai tanda batas kemudian dibaca dan dicatat hasil yang muncul. Pengukuran nilai kekeruhan dilakukan dengan pengulangan 3 kali.

4.3.2 Analisis nilai TDS dan EC sampel sebelum dan sesudah proses koagulasi flokulasi

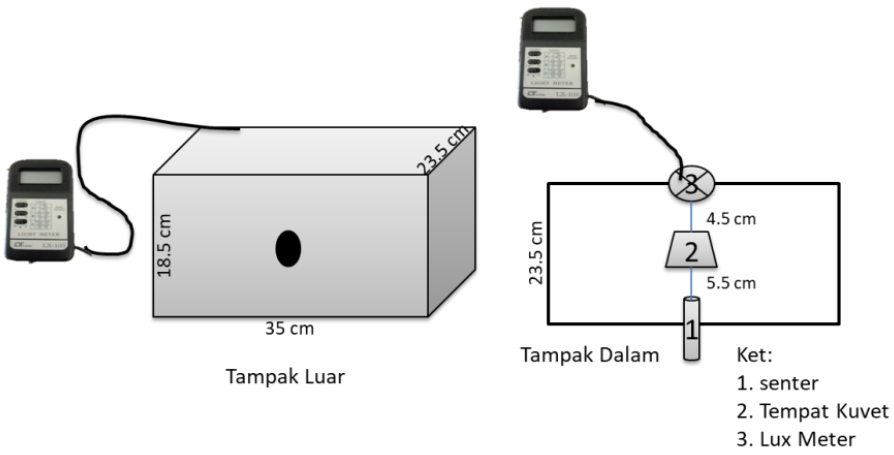
Sebelum dilakukan pengukuran TDS dan EC, terlebih dahulu dilakukan kalibrasi alat TDS/EC meter dengan larutan standar yaitu dengan rendam elektroda kedalam larutan standar beberapa menit lalu tekan tombol ppm untuk TDS dan mS/cm untuk EC. Putar tombol TDS/EC kalibrasi sampai nilai yang terbaca sesuai dengan nilai standar yang digunakan. Dimasukan sampel air dalam botol analisis sebanyak 10 mL kemudian dimasukkan alat TDS/EC meter dan dicatat nilai yang muncul. Pengukuran dilakukan dengan pengulangan 3 kali.

4.3.3 Analisis derajat keasaman (pH) pada air sampel sebelum dan sesudah proses koagulasi flokulasi

Sebelum digunakan untuk mengukur nilai pH, elektroda pada alat pH meter dibilas terlebih dahulu dengan aquades dan dibersihkan dengan tisu. Sebanyak 20 mL sampel dimasukan dalam gelas beker. Dimasukkan elektroda pH meter kedalam sampel kemudian dicatat hasil yang muncul. Pengukuran dilakukan dengan pengulangan 3 kali.

4.3.4 Analisis efek Tyndall

Dimasukan sampel kedalam kuvet kemudian letakkan pada *chamber* yang sudah tersedia, tutup rapat. Kemudian nyalakan lux meter dan diatur pada posisi yang sesuai dan nyalakan senter. Nilai akan terbaca pada layar lux meter. Sebelum sampel dianalisis terlebih dahulu dilakukan pengukuran nilai efek Tyndall dari aquades sebagai nilai blanko (Parera, 2018). Reaktor pengukuran efek Tyndall ditunjukkan pada Gambar 10.



Gambar 10. Reaktor pengukuran efek Tyndall

4.3.5 Analisis SVI

Sampel air setelah proses koagulasi flokulasi dan sudah dianalis nilai kekeruhan, TDS, dan pH kemudian dilakukan pengukuran SVI. Sampel hasil proses dimasukan kedalam corong Imhoff sedimentasi 1000 mL kemudian dilakukan sedimentasi sampai semua partikel mengendap dan dilihat volume endapan (Said, 2007). Nilai SVI ditentukan dengan menggunakan rumus pada persamaan 2.

$$\text{SVI} = \frac{\text{SV}\left(\frac{\text{mL}}{\text{L}}\right)\text{x } 1000}{\text{MLSS}\left(\frac{\text{mg}}{\text{L}}\right)} \text{ mL/g} \quad \text{.....(2)}$$

Keterangan :

SV : Volume endapan lumpur pada corong Imhoff setelah pengendapan (mL/L).

1000 : Faktor konversi (mg) ke (g).

MLSS : adalah *mixed liqour suspended solid* (mg/L).

4.3.6 Analisis *sludge mass*

Pengukuran massa endapan dilakukan setelah proses analisis SVI. Sampel disaring dengan corong Buchner, dan hasil endapan yang digunakan untuk analisis. Perhitungan *sludge mass* dilakukan dengan menimbang *sludge* basah kemudian dikeringkan sampai diperoleh berat konstan kemudian ditimbang kembali (Putra *et al*., 2020). Nilai *sludge mass* dapat ditentukan dengan menggunakan rumus pada persamaan 3.

$$\text{Sludge Mass (\%)} = \frac{\text{W1 (mg)} - \text{W2 (mg)}}{\text{W1 (mg)}} \text{.....(3)}$$

Keterangan :

W1 : Endapan lumpur basah setelah disaring dari proses pengendapan di corong Imhoff (mg).

W2 : Endapan lumpur kering setelah dioven (mg).

BAB V
HASIL DAN PEMBAHASAN

5.1. Karakterisasi Sampel Air Selokan Mataram

Pengujian kualitas air sungai mengacu pada Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia No 32 Tahun 2017 tentang standar baku mutu kesehatan lingkungan dan persyaratan kesehatan air untuk keperluan higiene sanitasi, kolam renang, *solus per aqua*, dan pemandian umum. Hasil karakterisasi air sungai Selokan Mataram ditunjukkan pada Tabel 5. Pengambilan sampel dilakukan sebanyak dua kali dilokasi yang sama.

Tabel 5. Karakterisasi sampel air sungai Selokan Mataram

No	Parameter	Satuan	Hasil Uji		Standar Permenkes
			Sampling 1	Sampling 2	No.32 Tahun 2017
1	Temperatur	°C	28	26,8	Suhu udara ±3
2	Kekeruhan	NTU	395	250	25
3	TDS	mg/L	115	126	1000
4	EC	µS/cm	-	243	-
5	DO	mg/L	7,1	7,8	≥4*****
6	pH	-	7,8	8,7	6,5-8,5

*****Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 82 Tahun 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air.

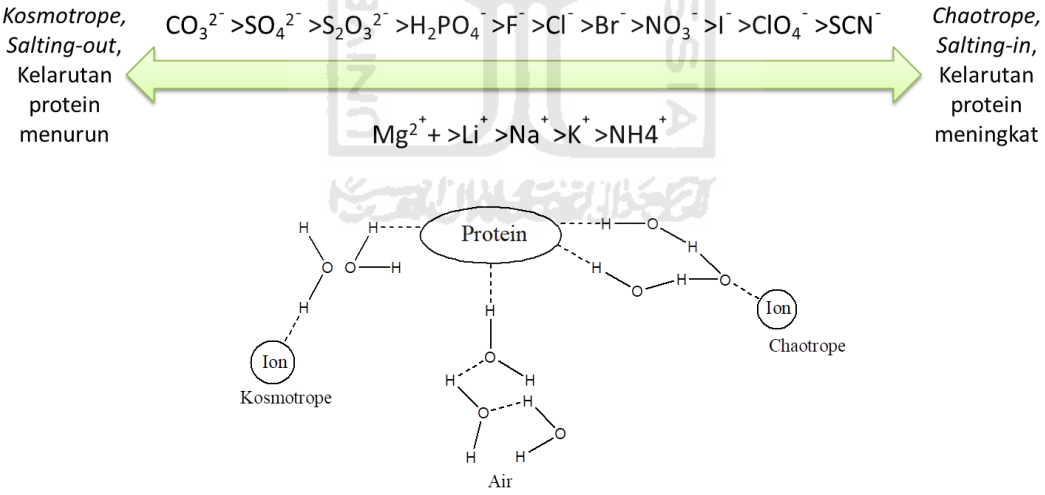
Faktor utama untuk menentukan kualitas air bersih adalah nilai kekeruhan. Batas maksimum nilai kekeruhan air untuk keperluan higiene sanitasi yang diatur dalam Permenkes no 32 tahun 2017 adalah 25 NTU. Berdasarkan hasil pengujian, air sungai Selokan Mataram memiliki nilai kekeruhan diatas batas maksimum, sehingga dibutuhkan pengolahan terlebih dahulu sebelum digunakan. Selain nilai kekeruhan, parameter yang air bersih yang perlu diperhatikan adalah nilai TDS dan pH. Nilai TDS yang tinggi dapat menyebabkan perubahan salinitas yang berdampak buruk pada biota air, biodiversitas, dan toksisitas mikroorganisme (Weber-Scannel, 2007). Sumber TDS pada perairan disebabkan oleh bahan

organik seperti daun, lumpur, plangton, limbah industri, kotoran, limbah rumah tangga, dan limbah hasil pertanian. Sedangkan sumber anorganik berasal dari batuan dan udara yang mengandung kalsium bikarbonat, sulfur, besi fosfor, dan mineral lainnya (Ningrum, 2018). Selain mempengaruhi nilai TDS, limbah organik dan anorganik yang dibuang ke sungai dapat meningkatkan pH air (Hanisa dkk, 2017). Perubahan pH dan nilai TDS pada sungai Selokan Mataram dipengaruhi oleh aktivitas pertanian dan pemukiman (Kusumawati dkk, 2019). Nilai oksigen terlarut dalam standar baku air golongan 2 berdasarkan Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 82 Tahun 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air yaitu ≥4. Hasil pengujian menunjukkan bahwa nilai oksigen terlarut dalam sungai Selokan Mataram memenuhi standar.

5.2. Ekstraksi Koagulan dengan Pelarut NaCl

Ekstraksi biji koagulan menggunakan larutan NaCl dengan variasi konsentrasi 1,5 M; 1,0 M; 0,5 M; dan 0,0 M. Penggunaan variasi konsentrasi larutan NaCl bertujuan untuk mengetahui konsentrasi optimum yang digunakan untuk proses koagulasi pada air sungai. Proses ekstraksi dibantu dengan pengadukan yang bertujuan untuk memaksimalkan proses ekstraksi karena terjadi tumbukan antara partikel dengan pelarut yang lebih intensif. Senyawa dalam biji Lamtoro dan biji Turi yang berperan sebagai koagulan adalah protein yang merupakan polielektrolit kationik. Berdasarkan hasil pengujian proksimat, kadar protein dalam biji Lamtoro yaitu 25,3% dan kadar protein dalam biji Turi yaitu 30,8%. Kelarutan protein semakin tinggi dengan meningkatnya kadar elektrolit dilingkungannya, sehingga dilakukan ekstraksi menggunakan NaCl untuk memisahkan protein yang berperan sebagai koagulan alami dalam biji Lamtoro dan biji Turi (Okuda *et al*, 1999). Garam yang dapat digunakan untuk ekstraksi protein adalah NaCl, KNO_3, KCl, NH_4Cl dan $NaNO_3$. Garam yang paling baik dalam ekstraksi protein yaitu NaCl, NH_4Cl, dan $NaNO_3$ (Birima *et al.*, 2013). Pengaruh jenis garam (anion dan kation) dan interaksi dalam ekstraksi protein dinyatakan dalam deret Hofmeister yang ditunjukkan pada Gambar 11.

Interaksi protein dan garam dalam air dikenal dengan istilah *salting-in* dan *salting-out*. Interaksi ini terjadi karena sifat garam digolongkan menjadi kosmotrope (terhidrasi kuat) dan chaostrope (terhidrasi lemah). NaCl akan terbentuk menjadi ion-ion yaitu Na^+ dan Cl^- ketika larut dalam air. Ion yang larut dalam air akan berinteraksi dengan protein sehingga kelarutan protein meningkat. Peristiwa ini dikenal dengan istilah *salting-in*. Ion-ion tambahan melindungi berbagai muatan ionik protein, sehingga mengurangi daya tarik antar molekul protein (kekuatan tersebut dapat menyebabkan agregasi dan presipitasi). Namun, jika kadar garam yang ditambahkan meningkat, maka kelarutan protein kembali berkurang dan dapat mengendap yang disebut dengan peristiwa *salting out* (Malle *et al*., 2015). Peristiwa *salting out* terjadi karena persaingan antara ion garam yang ditambahkan dan zat terlarut lainnya (molekul protein) untuk berikatan dengan molekul pelarut air. Garam akan membentuk ikatan yang lebih stabil dengan air (terhidrasi kuat), sehingga terjadi peningkatan sifat hidrofobik protein dan afinitas antar molekul protein yang menyebabkan terjadinya agregasi (Wingfield, 2016).



Gambar 11. Pengaruh jenis garam dan interaksi protein dengan larutan garam.

5.3. Karakterisasi Koagulan

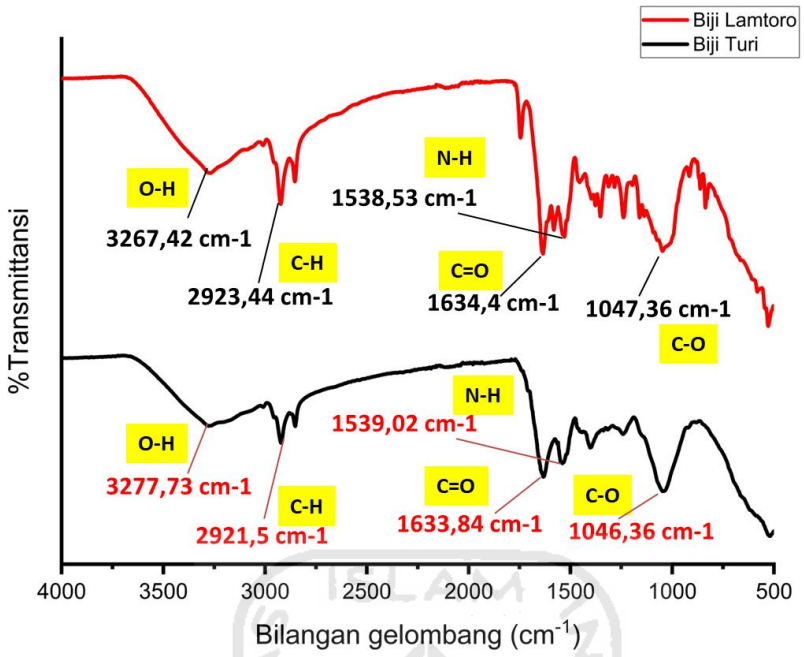
5.3.1 Analisis menggunakan spektofotometri FTIR

Tujuan karakterisasi menggunakan FTIR untuk mengetahui informasi tentang gugus fungsi suatu molekul yang memiliki daerah vibrasi tertentu. Hasil dari karakterisasi FTIR berupa spektrum inframerah hubungan relatif %

transmitansi dan bilangan gelombang. Nilai % transmitansi yang tinggi menunjukkan jumlah energi yang diserap oleh atom atau molekul rendah. Senyawa organik dapat menyerap gelombang elektromagnetik pada daerah inframerah. Radiasi inframerah tidak dapat mengeksitasi elektron karena energi yang tidak cukup sehingga menyebabkan senyawa organik bervibrasi. Gugus fungsi pada koagulan alami adalah –COOH dan –NH yang menyimpulkan kemungkinan interaksi intramolekular antara polimer koagulan dengan partikel dalam larutan (Kumar *et al.,* 2017). Gambar 12 menunjukkan spektra IR dari koagulan alami biji Lamtoro dan biji Turi.

Hasil interpretasi gugus fungsi pada koagulan biji Lamtoro diperoleh puncak serapan pada 3267,42 cm^{-1} yang menunjukkan vibrasi ulur gugus –OH dari asam karboksilat, diperkuat dengan vibrasi ulur C=O dari asam karboksilat yang muncul pada serapan 1634,4 cm^{-1}, dan vibrasi ulur gugus C-H alkana pada serapan 2923,44 cm^{-1}. Gugus lain yang ditemukan yaitu C-O pada bilangan gelombang 1047,36. Selain itu, terdapat intensitas serapan pada bilangan gelombang 1538,53 cm^{-1} yang menandakan adanya gugus N-H amina sekunder. Sedangkan hasil interpretasi dari koagulan biji Turi menunjukkan vibrasi ulur dari gugus –OH asam karboksilat pada bilangan gelombang 3277,73 cm^{-1}, diperkuat dengan vibrasi ulur gugus C=O dari asam karboksilat pada serapan 1633,84 cm^{-1}. Serapan pada bilangan gelombang 2921,5 cm^{-1} menunjukkan vibrasi ulur dari gugus C-H alkana. Selain itu ditemukan serapan pada bilangan gelombang 1046,36 cm^{-1} karena vibrasi ulur dari gugus C–O dan gugus N-H amina sekunder yang muncul pada bilangan gelombang 1539,02 cm^{-1}.

–OH dan C=O menegaskan bahwa terdapat gugus karboksil, N-H menegaskan terdapat gugus amina. Senyawa aktif yang berperan dalam proses koagulasi adalah protein yang molekulnya terdiri dari unsur C, H, N, O, S. Protein terdiri dari beberapa asam amino, namun yang paling banyak terkandung dalam biji-bijian adalah glutamat, asparkat, arginine, dan metionin (Sitompul, 1997). Asam amino memiliki dua gugus fungsi yaitu $–NH_2$ dan –COOH. Sehingga dapat disimpulkan bahwa polimer yang terdapat pada koagulan alami biji Lamtoro dan biji Turi adalah protein.



Gambar 12. Spekta IR koagulan alami biji Lamtoro dan biji Turi. Terdapat serapan puncak yang menandakan gugus O-H, C=O, N-H, dan C-O.

5.3.2 Analisis Proksimat

Analisis proksimat merupakan pengujian kimiawi untuk mengetahui kandungan nutrien suatu bahan. Pengujian dilakukan untuk mengetahui karakteristik sampel biji Lamtoro dan biji Turi dan dibandingkan dengan biji kelor yang sudah umum digunakan sebagai koagulan alami. Fraksi nutrien yang diuji yaitu kadar air, abu, protein, lemak, dan karbohidrat. Hasil analisis proksimat dari fraksi nutrien ditunjukkan pada Tabel 6.

Tabel 6. Kandungan proksimat koagulan alami *Moringa oleifera*, *Leucaena leucocephala* dan *Sesbania grandiflora*

Sampel	Kadar Air (%b/b)	Kadar Abu (%b/b)	Protein (%)	Lemak (%)	Karbohidrat (%)
Moringa oleifera	6,2497	4,2759	35,140	[a]36,10	[b]22,29
Leucaena leucocephala	8,7160	3,0753	25,321	6,9732	55,9145
Sesbania grandiflora	9,5527	3,7568	30,808	2,8447	53,0378

[a](Prihatini, 2014); [b](Baptista *et al*., 2017)

Perhitungan kadar air penting dilakukan untuk mengetahui kualitas mutu dari sampel koagulan. Suatu bahan dapat dikatakan baik dan dapat disimpan dalam waktu yang lama apabila memiliki kadar air kurang dari 10%, karena pada tingkat tersebut sampel bahan dapat terhindar dari pertumbuhan jamur (Sutrisna, 2016). Kadar air biji Lamtoro sebesar 8,7% dan biji Turi sebesar 9,5%. Hasil kadar air menunjukkan bahwa biji Lamtoro dan biji Turi memiliki kandungan air mendekati 10% yang artinya ketahanan terhadap pertumbuhan jamur tidak lama. Pengujian kadar abu digunakan untuk mengetahui total mineral dalam koagulan. Hasil kadar abu biji Lamtoro sebesar 3,07% dan biji Turi sebesar 3,75%. Semakin tinggi kadar abu menandakan jumlah mineral dalam koagulan semakin tinggi. Mineral yang tinggi dapat menyebabkan peningkatan nilai padatan terlarut dan konduktivitas listrik dalam air (Meride and Ayenew, 2016).

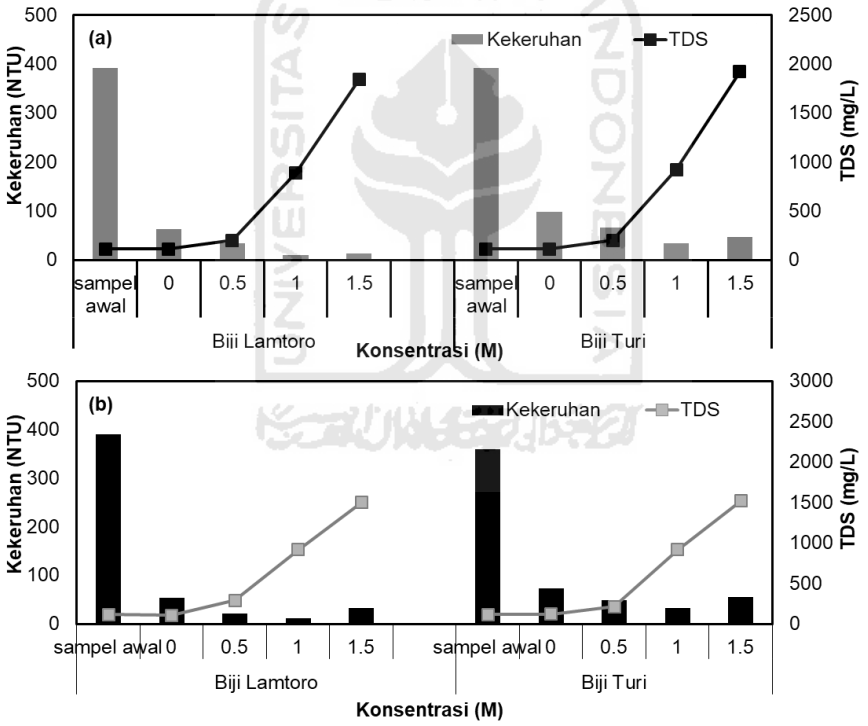
Kandungan yang digunakan sebagai koagulan adalah protein dan polisakarida. Protein merupakan polielektrolit kationik yang memiliki gugus fungsi karboksil dan amino. Penggunaan protein sebagai bahan aktif koagulan terbilang sederhana. Biji Lamtoro mengandung protein sebesar 25,321% dan biji Turi mengandung protein sebesar 30,808%. Sedangkan polisakarida merupakan karbohidrat yang tersusun atas atom karbon (C), hidrogen (H), dan oksigen (O). Poliksakarida pada tanaman banyak dijumpai sebagai pembentuk struktur dinding sel (selulosa, kitin) dan cadangan makanan (pati) (Xing *et al*., 2013) Polisakarida sebagai bahan aktif koagulan tidak dapat langsung digunakan, sehingga diperlukan modifikasi (Kristianto dkk. 2019).

5.4. Optimasi Koagulan

5.4.1 Penentuan konsentrasi optimum ekstrak NaCl dan pengaruh ukuran partikel terhadap penurunan kekeruhan dan nilai TDS

Pengaruh konsentrasi koagulan 250 mesh (63 µm) dan 200 mesh (74 µm) terhadap nilai kekeruhan dan TDS ditunjukkan pada Gambar 13. Hasil analisis menunjukkan bahwa semakin tinggi konsentrasi NaCl maka semakin besar kemampuan untuk mengurangi kekeruhan, namun ketika mencapai titik optimum tidak terjadi penurunan yang signifikan. Seperti yang terlihat pada gambar 13,

terjadi penurunan kekeruhan dari konsentrasi 0,0 M sampai 1,0 M kemudian terjadi peningkatan kembali pada konsentrasi 1,5 M. Kandungan aktif dalam koagulan (protein) menetralkan muatan partikel koloid dalam air sungai sehingga koloid dapat mengendap dan menyebabkan penurunan kekeruhan. Semakin tinggi konsentrasi NaCl maka nilai TDS semakin besar yang disebabkan kandungan mineral dan senyawa ionik larut dalam air. Konsentrasi optimum dari setiap koagulan adalah 1,0 M karena kemampuan dalam mengurangi kekeruhan air paling besar. Ekstrak NaCl biji Lamtoro dan biji Turi 63 µm mampu mengurangi kekeruhan mencapai 97,63% dan 91,55%. Sedangkan ekstrak NaCl biji Lamtoro dan biji Turi 74 µm mampu mengurangi kekeruhan mencapai 97,11% dan 89,45%.



Gambar 13. Pengaruh konsentrasi koagulan 63 µm (a) dan 74 µm (b) terhadap nilai kekeruhan dan TDS

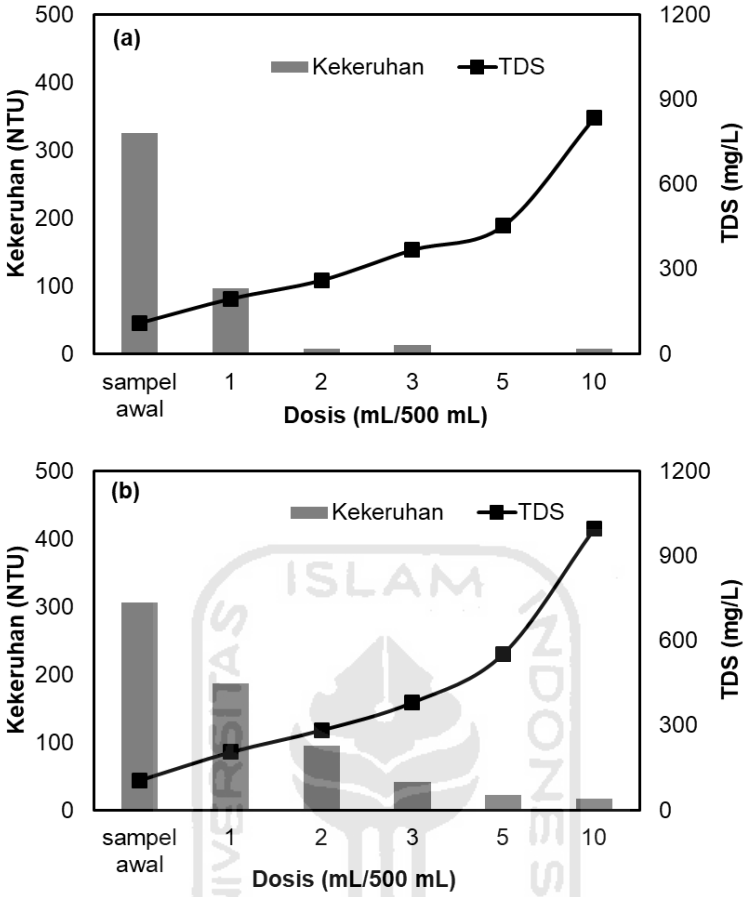
Berdasarkan hasil yang diperoleh, ukuran partikel koagulan mempengaruhi kemampuan dalam mengurangi kekeruhan. Ukuran partikel 63 µm (250 mesh) memiliki kemampuan yang lebih baik dibandingkan dengan 74 µm (200 mesh). Hal tersebut terjadi karena semakin kecil ukuran partikel maka luas

permukaanya semakin besar. Semakin besar luas permukaan partikel koagulan maka interaksi zat aktif dalam koagulan semakin besar saat diekstraksi dengan NaCl. Zat aktif yang terekstrak berinteraksi dengan partikel kontaminan dalam air keruh sehingga dapat mengurangi nilai kekeruhan. Hasil interaksi tersebut terlihat pada Gambar 13 bahwa koagulan 63 µm mampu mengurangi kekeruhan lebih besar dibandingkan koagulan 74 µm.

5.4.2 Pengaruh dosis terhadap nilai kekeruhan dan TDS

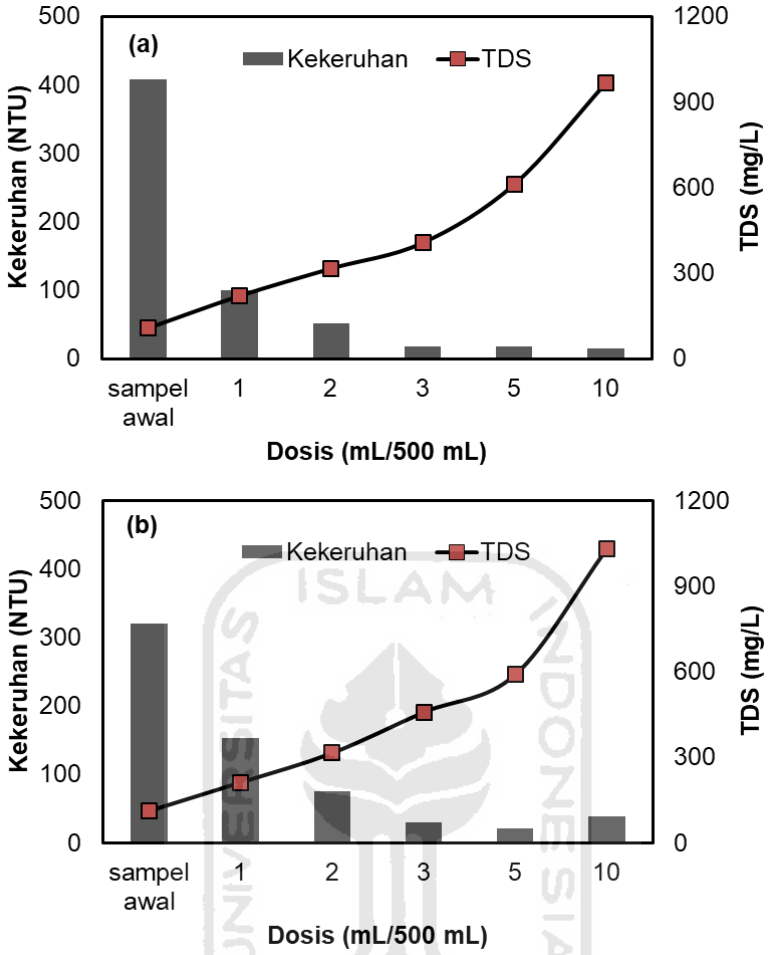
Gambar 14 menunjukkan pengaruh dosis koagulan 63 µm terhadap kekeruhan dan TDS. Semakin tinggi dosis yang ditambahkan, maka semakin besar kemampuan dalam menurunkan kekeruhan. Dosis optimum pada ekstrak koagulan biji Lamtoro yaitu 5 mL dengan nilai penurunan kekeruhan mencapai 99,7% dan nilai TDS sebesar 454 mg/L. Sedangkan dosis optimum ekstrak koagulan biji Turi (*Sesbania grandiflora*) yaitu 10 mL dengan penurunan kekeruhan mencapai 94,26% dan nilai TDS 996 mg/L. Hasil analisis menunjukkan bahwa penggunaan koagulan ekstrak NaCl biji Lamtoro lebih efektif dalam mengurangi kekeruhan dan nilai TDS yang dihasilkan lebih kecil dibandingkan koagulan ekstrak NaCl biji Turi.

Gambar 15 menunjukkan pengaruh dosis koagulan 74 µm terhadap nilai kekeruhan dan TDS. Dosis optimum pada koagulan biji Lamtoro yaitu 10 mL dengan penurunan kekeruhan sebesar 96,40% dan nilai TDS 996 mg/L. Sedangkan dosis optimum koagulan biji Turi yaitu 5 mL dengan nilai penurunan kekeruhan sebesar 93,76% dan nilai TDS 589 mg/L. Hasil analisis menunjukkan bahwa penggunaan koagulan ekstrak NaCl biji Lamtoro lebih efektif dalam mengurangi nilai kekeruhan dibandingkan biji Turi, namun dosis yang digunakan lebih besar. Sedangkan pengaruhnya terhadap nilai TDS, koagulan ekstrak NaCl biji Turi lebih efektif dibandingkan biji Lamtoro karena nilai yang dihasilkan lebih rendah.



Gambar 14. Pengaruh dosis koagulan 63 µm biji Lamtoro (a) dan biji Turi (b) terhadap kekeruhan dan TDS.

Hasil analisis pengaruh dosis terhadap kekeruhan air pada kedua koagulan yang diekstrak dengan NaCl hampir sama dengan kemampuan biji kelor dalam mengurangi kekeruhan (Magaji *et al.*, 2015). Hal ini berkaitan dengan sifat protein dalam koagulan yang telah dipelajari sebelumnya (Putra *et al.*, 2020). Penurunan disebabkan karena kandungan protein sebagai polielektrolit kationik yang merupakan komponen aktif dalam biji Lamtoro dan biji Turi. Polielektrolit kationik bekerja sebagai koagulan melalui mekanisme netralisasi muatan atau *polymer bridging* (Abidin *et al.*, 2011). Polielektrolit kationik akan mengikat koloid yang bermuatan negatif sehingga terjadi destabilisasi muatan koloid (Heredia *et al.*, 2010).



Gambar 15. Pengaruh dosis koagulan 74 µm biji Lamtoro (a) dan biji Turi (b) terhadap kekeruhan dan TDS.

Beberapa penelitian menunjukkan bahwa ekstraksi protein dengan NaCl memberikan hasil penurunan kekeruhan yang signifikan (Vicky *et al.*, 2017). Penggunaan ekstrak NaCl *Cicer arietinum* dalam pengolahan air keruh dapat menurunkan kekeruhan hingga 95,89% (Asrafuzzaman *et al.*, 2011). Al-mamun dan Basir (2017) dalam penelitiannya melaporkan bahwa penggunaan ekstrak NaCl *Leucaena leucocephala* mampu mengurangi kekeruhan air sungai mencapai 76%.

Selain kekeruhan, parameter air bersih yang perlu diperhatikan adalah nilai TDS. Hasil analisis menunjukkan bahwa dosis koagulan mempengaruhi nilai TDS. TDS dipengaruhi oleh kandungan mineral, makromolekul bermuatan dan senyawa ionik lain yang dapat dilarutkan atau terdisosiasi menjadi larutan

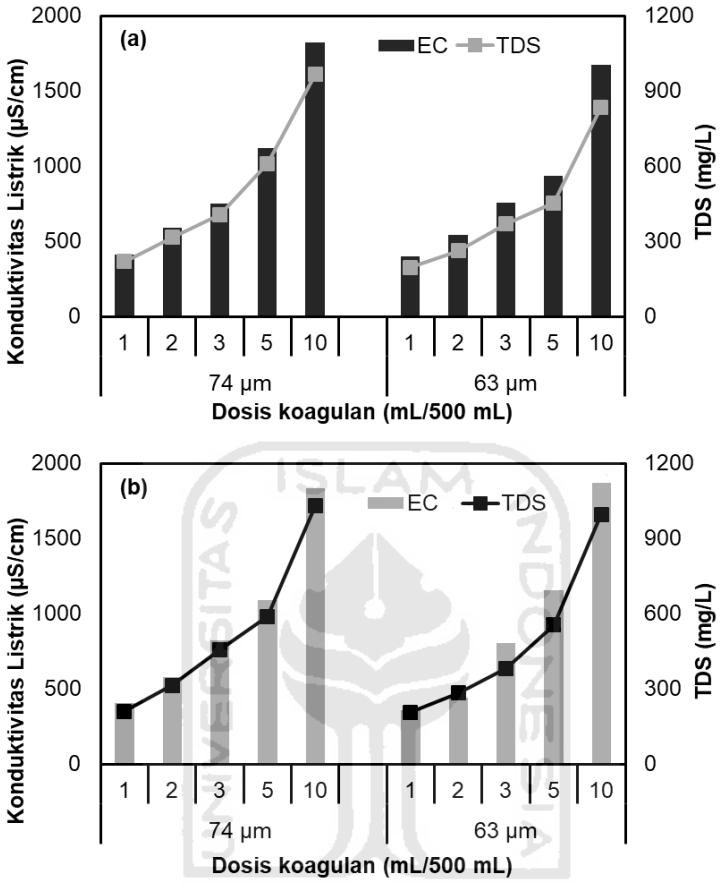
(Kristianto, 2017). Semakin banyak dosis koagulan yang digunakan maka nilai TDS akan meningkat karena senyawa ionik yang larut semakin banyak. Selain itu, nilai TDS yang tinggi disebabkan oleh sisa koagulan dalam air yang tidak mengikat koloid. Menurut Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia, nomor 32 tahun 2017 tentang standar kualitas kesehatan lingkungan dan persyaratan kesehatan air untuk kebersihan sanitasi, kolam renang, solus per aqua, dan pemandian umum serta regulasi dari WHO tentang batas maksimum untuk parameter TDS adalah 1000 mg/L (Permenkes RI, 2017) (WHO, 1996).

5.4.3 Pengaruh dosis terhadap nilai konduktivitas listrik dan TDS

Konduktivitas merupakan ukuran terhadap konsentrasi total elektrolit dalam air. Kandungan elektrolit merupakan garam-garam terlarut dalam air yang berkaitan dengan kemampuan menghantarkan listrik. Semakin besar garam-garam terlarut yang dapat terionisasi, semakin tinggi nilai konduktivitas dan semakin baik daya hantar listrik air tersebut (Desmiarti *dkk.*, 2012). Konduktivitas listrik (*Electrical conductivity*) adalah kemampuan air dalam menghantarkan arus listrik. Semakin besar garam terlarut yang terionisasi, maka nilai EC semakin tinggi. Batas maksimum nilai TDS dalam air bersih untuk sanitasi yaitu 1500 µS/cm (WHO, 1996).

Gambar 16 menunjukkan pengaruh dosis terhadap nilai EC larutan dan TDS. Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai EC dan TDS berbanding lurus. Semakin tinggi dosis maka terjadi peningkatan nilai EC dan TDS. Peningkatan nilai EC disebabkan karena koagulan yang digunakan adalah ekstrak kasar NaCl. NaCl adalah garam yang larut dalam air dan membentuk ion Na^+ dan Cl^-. Nilai konduktivitas listrik juga berhubungan dengan nilai TDS dalam air. Semakin tinggi nilai TDS maka semakin tinggi nilai EC (Meride and Ayenew, 2016). TDS yang tinggi pada hasil pengolahan disebabkan oleh padatan terlarut sisa koagulan yang tidak mengikat koloid dalam air. Nilai EC pada sampel air sungai sebesar 243 µS/cm. Setelah proses koagulasi mengalami peningkatan sampai dengan 930 µS/cm dan 1840 µS/cm pada dosis optimum koagulan biji Lamtoro 63 µm dan 74 µm. Sedangkan pada koagulan biji Turi 63 µm dan 74 µm mengalami

peningkatan masing-masing mencapai 1870 µS/cm dan 1090 µS/cm. Koagulan dengan nilai EC terbaik yaitu biji Lamtoro 63 µm karena dibawah 1500 µS/cm.



Gambar 16. Pengaruh dosis koagulan biji Lamtoro (a) dan biji Turi (b) terhadap nilai EC dan TDS.

5.4.4 Penentuan pH optimum

Pengukuran pH larutan bertujuan untuk mengetahui efektivitas dari koagulan yang ditinjau dari kemampuan menurunkan kekeruhan dan pH akhir dari sampel air sungai yang diolah. Pengaruh pH pada dosis optimum yaitu 5 mL untuk koagulan biji Lamtoro dan 10 mL untuk koagulan biji Turi ditunjukkan pada Tabel 7.

Hasil pH optimum menunjukkan bahwa koagulan bekerja lebih maksimal pada kondisi asam yaitu pH 5. Kandungan utama dalam koagulan alami biji Lamtoro dan biji Turi adalah protein yang memiliki muatan ganda. Protein pada suasana asam akan bermuatan positif sehingga semakin besar kemampuan menetralkan partikel koloid dalam sampel (Okaiyeto *et al.*, 2016). Selain itu,

muatan positif dalam protein menyebabkan peningkatan nilai akhir pH sampel setelah proses koagulasi. Protein akan bermuatan negatif dalam suasana basa yang menyebabkan penurunan nilai pH (Oliyaei and Ghorbani, 2019) seperti yang terjadi pada pH 9.

Tabel 7. Pengaruh pH terhadap hasil koagulasi

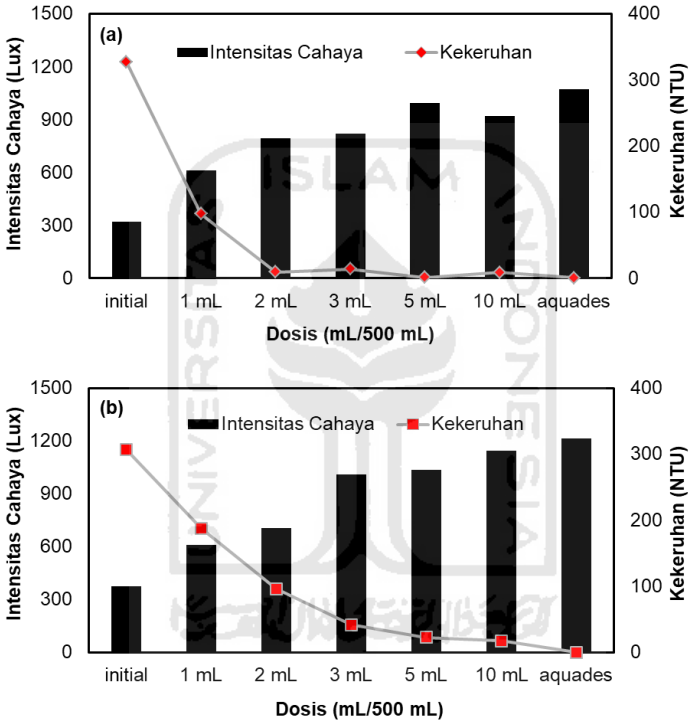
pH sampel	Kekeruhan awal (NTU)	TDS awal (mg/L)	Variasi pH	Kekeruhan akhir (NTU)	TDS akhir (mg/L)	pH akhir
Koagulan biji Lamtoro dosis 5 mL						
8,7	371,67	122	5	3,28	931	6,8
8,6			7	16,19	931	8,3
8,7			9	27,7	955	8,9
Koagulan biji Turi dosis 10 mL						
8,7	371,67	122	5	12,14	913	6,7
8,8			7	50,16	926	8,2
8,8			9	62,73	1000	8,8

Proses koagulasi dapat berjalan optimum dibawah nilai pH isoelektrik (pI) koagulan. Penelitian tentang penggunaan biji asam jawa (*Tamarindus indica L.*) dan biji kecipir (*Psophocarpus tetragonolobus L.*) sebagai koagulan dalam perbaikan air tanah diperoleh hasil optimum pada pH asam yaitu pada pH 3. Hal ini terjadi karena koagulan biji kecipir memiliki nilai pI pada kondisi asam yaitu pada 3,5-5,0. Koagulan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu biji Lamtoro (*Leucaena leucocephala*) dan biji Turi (*Sesbania grandiflora*) merupakan tanaman yang sejenis dengan biji kecipir karena biji-bijian tersebut berasal dari keluarga yang sama yaitu *Fabaceae.* Penelitian sebelumnya menggunakan biji Lamtoro sebagai koagulan dalam pengolahan limbah kromium bekerja optimum pada kondisi asam yaitu pada rentang pH 2-4 (Abd Razak *et al*., 2018).

5.4.5 Pengaruh dosis terhadap efek Tyndall

Pengaruh dosis koagulan 63 µm dan 74 µm terhadap efek Tyndall ditunjukkan pada Gambar 17 dan Gambar 18. Hasil penelitian menunjukkan bahwa semakin tinggi dosis, nilai intensitas cahaya semakin besar. Nilai terbaik yang paling mendekati nilai akuades adalah intensitas cahaya pada dosis

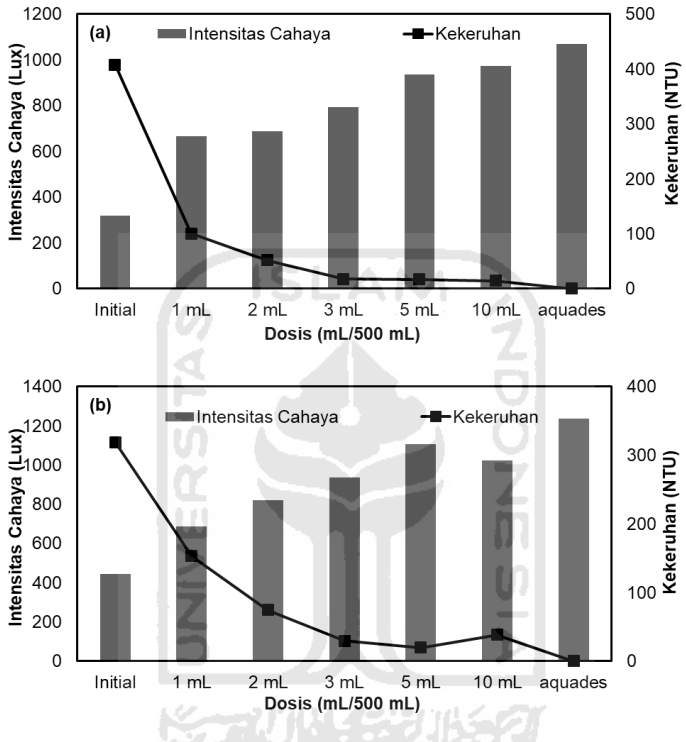
optimum. Hasil ini sebanding dengan nilai kekeruhan yang semakin kecil. Sinar diarahkan kedalam kuvet yang berisi sampel air. Setelah mengenai kuvet kaca sinar akan ditransmisikan dan sebagian lagi akan direfleksikan. Sinar yang ditransmisikan akan diteruskan menuju medium. Ketika sinar mengenai medium sampel air, maka ada yang diteruskan dan ada yang dihamburkan (Yuniarti, 2007). Semakin banyak partikel dalam sampel maka sinar yang terhambur akan semakin banyak dan nilai efek Tyndall akan semakin kecil.



Gambar 17. Efek Tyndall koagulan 63 µm biji Lamtoro (a) dan biji Turi (b).

Nilai kekeruhan disebabkan oleh partikel koloid dalam air. Ketika ditambah koagulan, maka akan terjadi proses netralisasi muatan koloid dalam air sehingga koloid mengendap dan kekeruhan air berkurang. Nilai intensitas cahaya yang rendah menandakan terdapat partikel koloid dalam air. Partikel koloid kemudian merefleksikan cahaya yang diarahkan kesampel sehingga transmisi cahaya ke alat lux meter semakin sedikit. Nilai intensitas cahaya yang tinggi menunjukkan bahwa kekeruhan dalam air sungai rendah. Kekeruhan yang rendah dikarenakan semakin banyak partikel koloid yang diendapkan dari reaksi

netralisasi muatan pada proses koagulasi. Ketika cahaya diarahkan kesampel air sungai, hamburan cahaya oleh partikel koloid semakin rendah sehingga lebih banyak yang ditransmisikan ke alat lux meter. Semakin tinggi cahaya yang ditangkap oleh lux meter maka semakin besar nilai intensitas cahaya. Hal ini yang menyebabkan terjadi peningkatan nilai intensitas cahaya pada grafik.

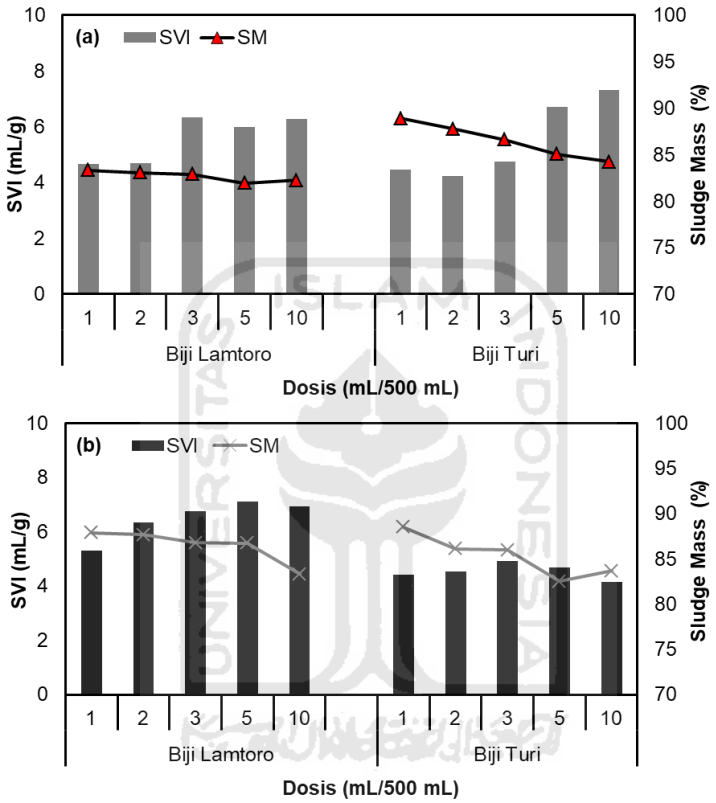


Gambar 18. Efek Tyndall koagulan 74 µm biji Lamtoro (a) dan biji Turi (b).

5.4.6 Analisis SVI dan *sludge mass* (%)

Proses koagulasi flokulasi menghasilkan limbah sekunder berupa endapan lumpur. Hasil yang diharapkan dalam proses ini adalah semakin rendah massa lumpur yang dihasilkan. Parameter yang dapat digunakan untuk menentukan karakteristik pengendapan koloid dan lumpur yang dihasilkan adalah *Sludge Volume Index* (SVI) dan *sludge mass* (SM). SVI menunjukkan keadaan morfologi dan kemampuan pengendapan agregat (flok berukuran besar) pada air (Mudenur *et al.*, 2016). Nilai SVI dan SM berbanding terbalik. Nilai SM yang rendah akan memberikan kalkulasi nilai SVI yang tinggi (Clifton, 1998). Nilai SVI

menunjukkan kemampuan koloid dalam air untuk mengendap, semakin besar nilai SVI maka kemampuan koloid untuk mengendap semakin baik. Sedangkan SM adalah massa lumpur kering yang dihasilkan dari proses koagulasi. Nilai SVI yang baik untuk proses koagulasi berada dalam kisaran 50 mL/g – 80 mL/g (Oladoja and Aliu, 2009); (Mudenur *et al.*, 2016).



Gambar 19. Pengaruh dosis koagulan 63 µm (a) dan 74 µm (b)

Gambar 19 menunjukkan pengaruh dosis terhadap nilai SVI dan SM (%) pada koagulan yang diekstrak dengan NaCl 1 M. Koagulan 63 µm memiliki nilai SVI (4,67 mL/g – 6,29 mL/g) untuk koagulan biji Lamtoro dan (4,23 mL/g –7,32 mL/g) untuk koagulan biji Turi. Sedangkan nilai SVI pada koagulan biji Lamtoro 74 µm yaitu (5,31 mL/g – 7,11 mL/g) dan biji Turi yaitu (4,15 mL/g – 4,93 mL/g). Hasil keseluruhan analisis SVI memiliki nilai rendah (<70 mL/g) yang menunjukkan bahwa kondisi sampel air sungai didominasi oleh flok-flok kecil (Janczukowicz *et al.*, 2001). Partikel atau flok kecil yang tidak dapat membentuk

agregat dan sulit mengendap akan menyebabkan peningkatan nilai kekeruhan dalam air (Patel and Vashi, 2012).

Sludge mass menunjukkan jumlah lumpur yang terbentuk pada proses koagulasi. Koagulan 63 µm memiliki nilai *sludge mass* (81,95% – 82,26%) untuk koagulan biji Lamtoro dan (84,21% – 88,91%) untuk koagulan biji Turi. Sedangkan nilai *sludge mass* pada koagulan biji Lamtoro 74 µm yaitu (83,31% – 87,90%) dan biji Turi yaitu (82,49% – 88,50%). Analisis yang menghasilkan *sludge mass* paling rendah yaitu koagulan biji Lamtoro 63 µm dengan nilai SM 81,95%.

5.5. Aplikasi pada Air Sungai Selokan Mataram

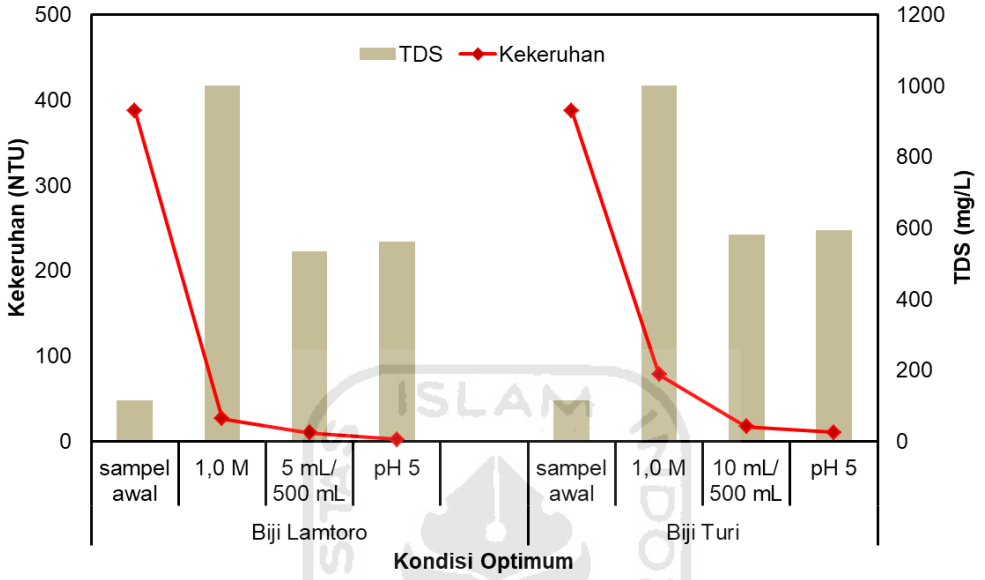
5.5.1 Pengaruh konsentrasi, dosis, dan pH larutan optimum terhadap nilai kekeruhan dan TDS

Pengaruh konsentrasi, dosis, dan pH optimum terhadap kekeruhan dan TDS ditunjukkan pada Gambar 20. Konsentrasi optimum ekstrak NaCl (1,0 M) koagulan biji Lamtoro mampu menurunkan kekeruhan sebesar 93,20% dan koagulan biji Turi mampu menurunkan kekeruhan mencapai 79,80%. Dosis optimum koagulan biji Lamtoro (5 mL/500 mL) dan biji Turi (10 mL/500 mL) mampu menurunkan kekeruhan mencapai 97,42% dan 95,52%. pH optimum yaitu pH 5 koagulan biji Lamtoro mampu menurunkan kekeruhan mencapai 99,4% dan biji Turi mampu menurunkan kekeruhan mencapai 97,23%. pH air setelah pengolahan mengalami perubahan yaitu dari pH 5 menjadi pH 6,5. Penggunaan dosis dan pH optimum menyebabkan nilai TDS semakin tinggi namun masih dalam ambang batas sesuai dengan Permenkes RI No. 32 tahun 2017 yaitu <1000 mg/L.

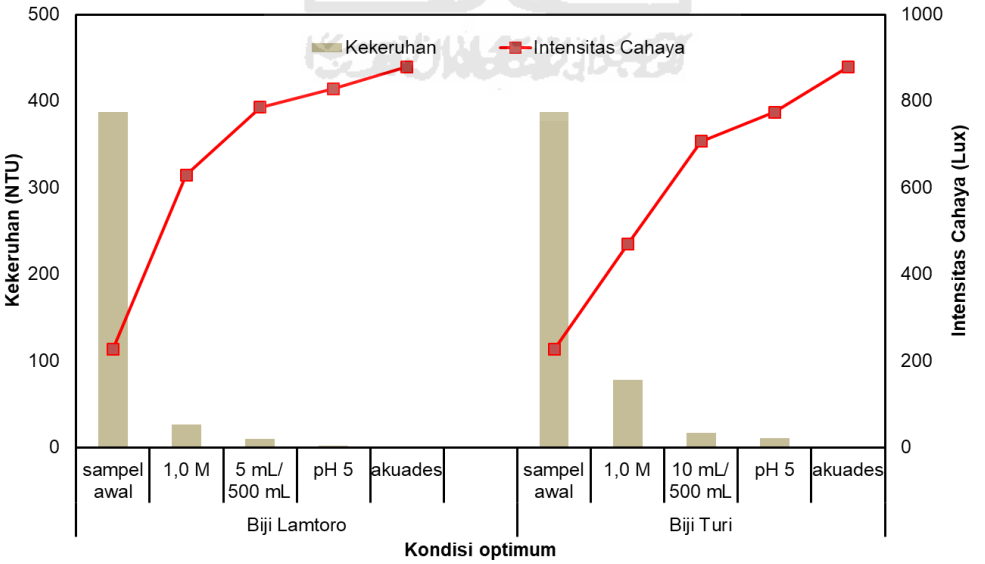
5.5.2 Efek Tyndall

Gambar 21 menunjukkan pengaruh konsentrasi, dosis, dan pH optimum koagulan terhadap kekeruhan dan efek Tyndall. Nilai intensitas cahaya sampel air sungai pada pH optimum (pH 5) koagulan biji Lamtoro memberikan nilai tertinggi yaitu sebesar 828,67 lux sedangkan pada koagulan biji Turi memberikan nilai 774,33 lux. Nilai ini berbanding lurus dengan kekeruhan yang semakin kecil.

Semakin banyak partikel dalam air maka sinar yang terhambur akan semakin banyak dan nilai efek Tyndall akan semakin kecil. Hal ini menyebabkan intensitas cahaya yang diteruskan akan semakin rendah.



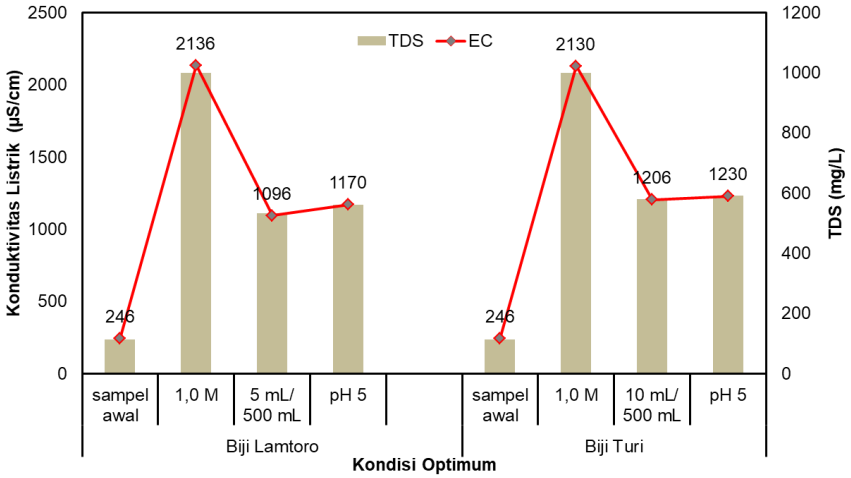
Gambar 20. Pengaruh kondisi optimum pada proses koagulasi terhadap nilai kekeruhan dan TDS pada sampel air Selokan Mataram.



Gambar 21. Pengaruh kondisi optimum pada proses koagulasi terhadap nilai kekeruhan dan efek Tyndall pada sampel air Selokan Mataram.

5.5.3 Pengaruh konsentrasi, dosis, dan pH larutan optimum terhadap nilai konduktivitas listrik dan TDS

Gambar 22 menunjukkan pengaruh konsentrasi, dosis, dan pH optimum terhadap nilai konduktivitas listrik (*Electrical Conductivity*). Konduktivitas listrik adalah kemampuan air untuk menghantarkan aliran listrik. Konduktivitas merupakan ukuran terhadap konsentrasi total elektrolit dalam air. Kandungan elektrolit merupakan garam-garam terlarut dalam air yang berkaitan dengan kemampuan menghantarkan listrik. Semakin besar garam-garam terlarut yang dapat terionisasi, semakin tinggi nilai EC dan semakin baik daya hantar listrik air tersebut (Desmiarti *dkk.*, 2012). Peningkatan nilai EC disebabkan karena koagulan yang digunakan diekstrak dengan NaCl. NaCl adalah garam yang larut dalam air dan membentuk ion Na^+ dan Cl^-. Nilai konduktivitas listrik juga berhubungan dengan nilai total padatan terlarut (TDS) dalam air. Semakin tinggi nilai TDS maka semakin tinggi nilai EC (Meride and Ayenew, 2016). TDS yang tinggi pada hasil pengolahan disebabkan oleh padatan terlarut sisa ekstrak koagulan yang tidak mengikat koloid dalam air. Proses koagulasi pada kondisi asam pH 5 menghasilkan nilai EC dan TDS koagulan biji Lamtoro masing-masing yaitu 1170 µS/cm dan 561 mg/L. Sedangkan koagulan biji Turi menghasilkan nilai EC dan TDS masing-masing 1230 µS/cm dan 593 mg/L. Nilai EC dan TDS yang diperoleh memenuhi standar regulasi WHO yaitu kurang dari 1500 µS/cm dan 1000 mg/L.

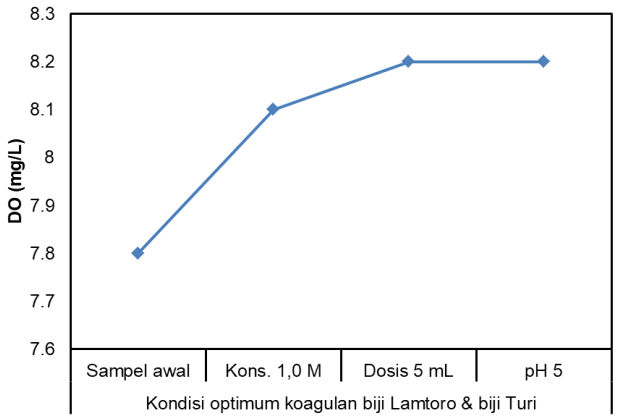


Gambar 22. Pengaruh kondisi optimum pada proses koagulasi terhadap nilai konduktivitas listrik dan TDS pada air Selokan Mataram.

5.5.4 Pengaruh konsentrasi, dosis, dan pH larutan optimum terhadap nilai DO

Nilai oksigen terlarut dalam standar baku air golongan 2 berdasarkan Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 82 Tahun 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air yaitu ≥4. Dosis dan pH optimum yang digunakan dapat menaikkan nilai oksigen terlarut dalam air yang ditunjukkan pada Gambar 23. Dosis dan pH optimum (5 mL/ pH 5) koagulan biji Lamtoro dan biji Turi memberikan hasil peningkatan nilai DO yang sama yaitu sebesar 5,13% dengan nilai 8,2 mg/L dari nilai awal 7,8 mg/L.

BOD atau *Biochemical Oxygen Demand* menunjukkan jumlah oksigen terlarut yang dibutuhkan oleh mikroorganisme untuk mendekomposisi bahan organik pada kondisi aerobik (Umaly and Cuvin, 1988; Metcalf and Eddy, 1991). COD atau *Chemical Oxygen Demand* adalah jumlah oksigen yang dibutuhkan untuk mendekomposisi seluruh bahan organik yang terdapat dalam air (Boyd, 1990). Semakin rendah nilai DO dalam air, maka kandungan bahan organik semakin tinggi karena oksigen dibutuhkan untuk mendegradasi bahan organik tersebut. Sebaliknya, jika nilai DO tinggi maka bahan organik yang terkandung dalam air rendah. Oksigen terlarut dibutuhkan untuk pernapasan, proses metabolisme atau energi untuk pertumbuhan dan pembiakan (Salmin, 2005). Sehingga kandungan oksigen terlarut sangat penting karena menjadi salah satu komponen dalam keberlangsungan mahluk hidup yang ada pada perairan.



Gambar 23. Pengaruh kondisi optimum proses koagulasi terhadap nilai DO pada sampel air Selokan Mataram.

5.5.5 SVI dan SM (%)

Tabel 7 menunjukkan hasil SVI dan SM (%) sampel air Selokan Mataram pada konsentrasi, dosis, dan pH optimum. Semakin besar nilai SVI maka *sludge mass* yang terbentuk semakin kecil. Hasil analisis menunjukkan bahwa penggunaan koagulan biji Lamtoro konsentrasi 1,0 M, dosis 5 mL/500 mL pada kondisi asam (pH 5) menghasilkan massa endapan sebesar 77,04%. Sedangkan koagulan ekstrak NaCl biji Turi konsentrasi 1,0 M, dosis 10 mL/500 mL pada pH 5 menghasilkan massa endapan sebesar 77,66%.

Tabel 8. Hasil SVI dan sludge mass sampel air sungai Selokan Mataram pada konsentrasi, dosis, dan pH optimum

Kondisi optimum	Koagulan				pH akhir
	Biji Lamtoro (5 mL)		Biji Turi (10 mL)		
	SM (%)	SVI (mL/g)	SM (%)	SVI (mL/g)	
Konsentrasi 1,0 M	80,65	4,51	80,67	4,00	8,5
Dosis	79,00	4,77	78,59	3,54	7,7
pH 5	77,04	5,82	77,66	5,14	6,5

BAB VI
PENUTUP

6. 1 Kesimpulan

Kesimpulan dari penelitian yang telah dilakukan yaitu:

1) Ukuran partikel dan konsentrasi ekstrak koagulan alami mempengaruhi hasil koagulasi. Semakin tinggi konsentrasi NaCl dan semakin kecil ukuran partikel, kemampuan dalam mengurangi kekeruhan semakin baik. Meskipun efektif dalam pengurangan kekeruhan, namun dapat meningkatkan nilai TDS. Konsentrasi ekstrak koagulan optimum yaitu 1,0 M dengan ukuran partikel koagulan 63 µm.
2) Kinerja koagulan alami semakin baik jika nilai SVI semakin besar dan *sludge mass* yang terbentuk semakin kecil. Koagulan biji Lamtoro menghasilkan nilai SVI 5,82 mL/g dan *sludge mass* sebesar 77,04%. Sedangkan koagulan biji Turi menghasilkan nilai SVI 5,14 mL/g dan *sludge mass* sebesar 77,66%. Hasil analisis menunjukkan koagulan biji Lamtoro memiliki kinerja lebih baik dibandingkan dengan koagulan biji Turi.
3) Metode koagulasi pada pengolahan air Selokan Mataram menggunakan koagulan ekstrak NaCl 1,0 M biji Lamtoro dengan dosis 5 mL pada pH 5 memberikan hasil penurunan kekeruhan mencapai 99,4%, nilai TDS 561 mg/L, pH akhir air 6,5, dan nilai DO 8,2 mg/L. Sedangkan pengolahan menggunakan biji Turi dengan dosis 10 mL pada pH 5 memberikan hasil penurunan kekeruhan mencapai 97,23%, nilai TDS 593 mg/L, pH akhir air 6,5, dan nilai DO 8,2 mg/L. Selain kekeruhan, parameter untuk menentukan kualitas air sungai yaitu efek Tyndall. Nilai efek Tyndall berpengaruh pada kualitas air, karena larutan mengandung partikel koloid sehingga cahaya yang dihamburkan semakin besar. Koagulan biji Lamtoro dan biji Turi masing-masing menghasilkan nilai efek Tyndall dengan kenaikan intensitas cahaya dari 226,44 lux menjadi 828.67 lux dan 774.33 lux. Hasil analisis menunjukkan bahwa koagulan alami biji Lamtoro dan biji Turi efektif dalam pengolahan air sungai menjadi air bersih sesuai standar Permenkes RI No.37

tahun 2017 tentang standar baku mutu kesehatan lingkungan dan persyaratan kesehatan air untuk keperluan hygiene sanitasi, kolam renang, *solus per aqua*, dan pemandian umum.

6. 2 Saran

Perlu dilakukan kajian ulang tentang pemanfaatan biji Lamtoro dan biji Turi sebagai koagulan alami dan pengaruhnya terhadap kenaikan nilai TDS. Kenaikan nilai TDS dimungkinkan karena konsentrasi NaCl yang digunakan untuk mengesktrak koagulan terlalu tinggi sehingga dibutuhkan penelitian lebih lanjut.

DAFTAR PUSTAKA

Abd Razak, N.H., Khairuddin, N., Ismail, K.N., Musa, M., 2018, Coagulant from Leucaena leucocephala for Chromium Removal, *IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering*., 358, 12025.

Abidin, Z. Z., Ismail, N., Yunus, R., Ahamad, I. S. and Idris, A., 2011, A preliminary study on *Jatropha curcas* as coagulant in wastewater treatment, *Environmental Technology*., 32(9), 971-977.

Al-mamun, A., and Basir, A.T.A., 2017, White popinac as potential phyto-coagulant to reduce turbidity of river water, *ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences*., 11, 7180–7183.

Antov, M.G., Sćiban, M.B., Petrović, N.J., 2010, Proteins from common bean (*Phaseolus vulgaris*) seed as a natural coagulant for potential application in water turbidity removal, *Bioresource technology.*, 101, 2167–2172.

Argadyasto, Retnani, Y., dan Diapari, D., 2015, Pengolahan daun lamtoro secara fisik dengan bentuk mash, pellet dan wafer terhadap performa domba, *Buletin Makanan Ternak* 102(1)., 19–26.

Arianti, N.K., Ratnayani, K., 2017, Skrining potensi jenis biji polong-polongan (famili *Fabaceae*) dan biji labu-labuan (famili *Cucurbitaceae*) sebagai koagulan alami pengganti tawas, *Jurnal Kimia.*, 11, 15–22.

Aslamiah, S.S., Yulianti, E., Jannah, A., 2013, Aktivitas koagulasi ekstrak biji kelor (*Moringa oleifera* L.) dalam larutan NaCl terhadap limbah cair IPALl PT. Sier Pier Pasuruan, *Alchemy*., 2, 178–183.

Asrafuzzaman, M., Fakhruddin, A.N.M., Hossain, M.A., 2011, Reduction of turbidity of water using locally available natural coagulants, *ISRN Microbiology*, 632189.

Audain, E., Ramos, Y., Hermjakob, H., Flower, D.R., Perez-Riverol, Y., 2016, Accurate estimation of isoelectric point of protein and peptide based on amino acid sequences, *Bioinformatics*., 32, 821–827.

Baptista, A.T.A., Silva, M.O., Gomes, R.G., Bergamasco, R., Vieira, M.F. dan Vieira, A.M.S., 2017, Protein fractionation of seeds of *Moringa oleifera* lam and its application in superficial water treatment, *Separation and Purification Technology*., 180, 114-124.

Birima, A., Hammad, H., Desa, M., Muda, Z., 2013, Extraction of natural coagulant from peanut seeds for treatment of turbid water. *Earth Environmental Science*., 16.

Bolto B. and Gregory J., 2007, Organic polyelectrolytes in water treatment, *Water Research*, 41, 2301–2324.

Boyd, C.E., 1990, *Water quality in ponds for aquaculture*, Alabama Agricultural Experiment Station, Auburn University, Alabama, 482 p.

Camacho, F.P., Sousa, V.S., Bergamasco, R., Teixeira, M.R., 2016, The use of Moringa oleifera as a natural coagulant in surface water treatment, *Chemical Engineering Journal.*, 313, 226-237.

Choy, S.Y., Prasad, K.M.N., Wu, T.Y., Ramanan, R.N., 2015, A review on common vegetables and legumes as promising plant-based natural coagulants in water clarification. *International Journal of Environmental Science and*

Technology., 12, 367–390.

Clifton, J., 1998, *Wastewater treatment plant operation*, second edition, Univ. of Florida DCE: Kendall Hunt Publishing, Amerika, 157 p.

Dalvand, A., Gholibegloo, E., Ganjali, M.R., Golchinpoor, N., Khazaei, M., Kamani, H., Hosseini, S.S., Mahvi, A.H., 2016, Comparison of *Moringa stenopetala* seed extract as a clean coagulant with Alum and *Moringa stenopetala*-Alum hybrid coagulant to remove direct dye from Textile Wastewater, *Environmental Science and Pollution Research*., 23(16), 16396—16405.

Day, R. A. and A. L. Underwood, 2002, *Analisis Kimia Kuantitatif*, Edisi Keenam, Penerbit Erlangga, Jakarta, pp. 382.

Desmiarti, R., Praputri, E., Saputra, E.R., Rahmi, I.Y., 2012, Pengolahan air sungai dengan metoda koagulasi, flokulasi, dan filtrasi, *Prosiding Seminar Nasional ReSaTek II*, pp. 1–10.

Ethica, S.N., 2018, *Buku referensi bioremediasi limbah biomedik cair*, Deepublish, Yogyakarta, 5 p.

Fauziah, N.R., dan Iw, H.R., 2017, Tinjauan pengolahan air minum di PDAM Kabupaten Kebumen tahun 2017, *Keslingmas*., 37, 354–363.

Feria-díaz, J.J., Ramírez-montoya, J., Ballut-dajut, G., 2017, Comparison of the Sludge Volume Index (SVI) between a natural coagulant and aluminum sulfate, *nternational Journal of ChemTech Research CODEN (USA): IJCRGG, ISSN*., 10, 1037–1043.

Fernandez-Quintela, A., Macarulla, M. T., Barrio, A. S. D. and Martinez, J. A., 1997, Composition and functional properties of protein isolates obtained from commercial legumes grown in Northern Spain, *Plant Foods for Human Nutrition*., 51(14), 331–342.

Hammer, M.J., 1986, *Water and Wastewater Technology*, Prentice-Hall Int. Inc., New Jersey, 22 p.

Hanisa, E., Nugraha, W.D., dan Sarminingsih, A., 2017, Penentuan status mutu air sungai berdasarkan metode indeks kualitas air–national sanitation foundation (IKA-NSF) sebagai pengendalian kualitas lingkungan (Studi Kasus : Sungai Gelis, Kabupaten Kudus, Jawa Tengah), *Jurnal Teknik Lingkungan*, 6, 1.

Haslinah, A., 2020, Ukuran partikel dan konsentrasi koagulan serbuk biji Kelor (Moringa oleifera) terhadap penurunan persentase COD dalam limbah cair industri tahu, *ILTEK: Jurnal Teknologi*, *15*(01), 50-53.

He, X., Cai, R., Wang, F., Feng, X., 2016, Comparative experiment of coagulant for the pretreatment of coagulation air floatation for slaughter wastewater, in: *2nd International Conference on Machinery, Material Engineering, Chemical Engineering and Biotechnology*., 467–469.

Hendrawati, Sumarni, S., Nurhasni, 2015, Penggunaan Kitosan sebagai Koagulan Alami dalam Perbaikan Kualitas Air Danau, *Jurnal Kimia VALENSI*, 1(1), 1-11.

Heredia, J. B., Martin, J. S. and Munoz, M. C. G., 2010, New coagulant agents from tannin extracts : Preliminary optimisation studies, *Chemical Engineering Journal*, 162(3), 1019-1025.

Hu, H., Fan, T., Zhao, X., Zhang, X., Sun, Y., 2017, Influence of pH and salt

concentration on functional properties of walnut protein from different extraction methods, *Journal of food science and technology*, *5*4(9), 2833-2841..

Janczukowicz, W., Szewczyk, M., Krzemieniewski, M., Pesta, J., 2001, Settling properties of activated sludge from a Sequencing Batch Reactor (SBR), *Polish Journal of Environmental Studies*, 10(1), 15–20.

Kamel, S., Zaki, Z.Z.., J, K., 2018. The effectiveness of *Psophocarpus tetragonolobus*'s seed as turbidity removal. *International Journal of Engineering & Technology*, 7(3.11), 144-146.

Khasanah, U., 2008, *Efektifitas biji kelor (Moringa oleifera) sebagai koagulan fosfat dalam limbah cair rumah sakit (studi kasus di RSU Dr. Saiful Anwar Malang)*, Skripsi, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri (UIN) Maulana Malik Ibrahim, Malang.

Kristianto, H., 2017, The potency of Indonesia native plants as natural coagulant : a mini review, *Water Conservation Science and Engineering*, 2(2), 51-60.

Kristianto, H., Paulina, S., Soetedjo, J.N.M., 2018, Exploration of various indonesian indigenous plants as natural coagulants for synthetic turbid water, *International Journal of Technology*., 3, 464–471.

Kristianto, H., Prasetyo, S., Sugih, A.K., 2019, Pemanfaatan ekstrak protein dari kacang-kacangan sebagai koagulan alami : review, *Jurnal Rekaya Proses*., 13, 65–80.

Kuchel, P., dan Ralston, G.B., 2006, *Schaum's Easy outline Biokimia*, Penerbit Erlangga, Jakarta, 13 p.

Kukic, D. V., Scibana, M.B., Prodanovica, J.M., Tepic, A.N., Vasi, M.A., 2015, Extracts of fava bean (*Vicia faba* L.) seeds as natural coagulants, *Ecological Engineering.*, 84, 229–232.

Kumar, V., Othman, N. and Asharuddin, S., 2017, Applications of natural coagulants to treat wastewater–a review, *MATEC Web of Conferences ISCEE.*, 06016, 1–9.

Kusumawati, P., Rif'an, A.A., Sugiarto, E., 2019, Potensi Selokan Mataram: ulasan keadaan fisik dan kualitas airnya, *Jurnal Pendidikan Geografi*., 9251, 108–118.

Madrona, G.S., Branco, I.G., Seolin, V.J., De, B., 2012, Evaluation of extracts of *Moringa oleifera* Lam seeds obtained with NaCl and their effects on water treatment, *Acta Science*., 34, 289–293.

Magaji, U. F., Sahabi, D.M., Abubakar, M.K., Muhammad, A.B., 2015, Biocoagulation activity of *Moringa oleifera* seeds for water treatment, *The International Journal Of Engineering And Science (IJES).*, 4, 19–26.

Makeri, M.U., Mohamed, S.A., Karim, R., Ramakrishnan, Y., Muhammad, K., 2017, Fractionation, physicochemical, and structural characterization of winged bean seed protein fractions with reference to soybean, *International journal of food properties*, 20(sup2), 2220-2236.

Malle, D., Telussa, I. and Lasamahu, A. A., 2015, Isolation and characterization of papain from the latex of papaya (*Carica papaya* L.), *Indonesian Journal of Chemical Research*, 2(2), 182-189.

Mark, D.B., Mark, A.D., & Smith, C.M., 2000, Biokimia kedokteran dasar, ECG,

Jakarta, 66 p.

Metcalf and Eddy, 1991, *Wastewater Engineering: treatment, disposal, reuse*. 3rd ed. (Revised by: G. Tchobanoglous and F.L. Burton). McGraw-Hill, Inc. New York, Singapore. 1334 p.

Meride, Y. and Ayenew, B., 2016, Drinking water quality assessment and its effects on residents health in Wondo genet campus, Ethiopia, *Environmental Systems Research*., 5(1), 1–7.

Mudenur, C., Sorokhaibam, L.G., Bhandari, V., Raja, S., Ranade, V. V, 2016, Green approach to dye wastewater treatment using biocoagulants, *ACS Sustainable Chemistry & Engineering*, 4(5), 2495-2507.

Mukhtasor, 2007, *Pencemaran pesisir dan laut*, PT. Pradnya Paramita, Jakarta.

Muoio, R., Caretti, C., Rossi, L., Santianni, D., Lubello, C., 2020, A novel procedure applied to treated water turbidity and gastrointestinal diseases, *International Journal of Hygiene and Environmental Health*. 223(1), 281–288.

Nazar, Muhammad, 2018, Spektroskopi molekul, Syiah Kuala University Press, Aceh, 28-33 p.

Ndabigengesere, A., Narasiah, K. S. and Talbot, B. G., 1995, Active agents and mechanism of coagulation of turbid waters using *Moringa oleifera*, *Water Research*., 29(2), 703-710.

Ningrum, S. O., 2018, Analisis kualitas badan air dan kualitas air sumur di sekitar pabrik gula rejo agung baru kota Madiun, *Jurnal Kesehatan Lingkungan.*, 10(1), 1–12.

Nurkomala, A., Nurdiani, A., Padmadinata, L.D., Ahmad, M.N., Budiastuti, H., 2017, Evaluasi kinerja unit koagulasi flokulasi pada instalasi pengolahan air limbah (IPAL) industri penyamakan kulit di Garut, *Prosiding Seminar Nasional Rekayasa Proses Industri Kimia*, 1, 89-95.

Okaiyeto, K., Nwodo, U.U., Okoli, S.A., Mabinya, L.V., Okoh, A.I., 2016, Implications for public health demands alternatives to inorganic and synthetic flocculants : bioflocculants as important candidates, *Microbiology Open*, 5(2), 177–211.

Okuda, T., Baes, A.U., Nishijima, W., Okada, M., 1999, Improvement of extraction method of coagulation active components from *Moringa oleifera* seed, *Water Research.*, 33(15), 3373–3378.

Oladoja, N.A., Aliu, Y.D., 2009, Snail shell as coagulant aid in the alum precipitation of malachite green from aqua system, *Journal of Hazardous Materials*, 164(2-3), 1496-1502.

Oliyaei, N. and Ghorbani, M., 2019, Effect of salt and alkaline on the physicochemical properties of the protein isolates extracted from lanternfish (*Benthosema pterotum*), *Iranian Journal of Fisheries Sciences.*, 18(2), 371–385.

Othmani, B., Graça, M., Moncef, R., 2020, Toward green technology : a review on some efficient model plant-based coagulants/flocculants for freshwater and wastewater remediation. *Clean Technologies and Environmental Policy*.

Parera, L.M., Tupan, H.K., Puturuhu, V., 2018, Pengaruh intensitas penerangan pada laboratorium dan bengkel jurusan teknik elektro, *Jurnal simetrik*, 8(1).

Patel, H., and Vashi, R. T., 2012, Removal of Congo Red dye from its aqueous solution using natural coagulants, *Journal of Saudi Chemical Society*., 16(2), pp. 131–136.

Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 32 Tahun 2017 Tentang Standar Baku Mutu Kesehatan Lingkungan dan Persyaratan Kesehatan Air untuk Keperluan Higiene Sanitasi, Kolam Renang, Solus Per Aqua dan Pemandian Umum. 20 Juni 2017. Berita Negara Republik Indonesia Tahun 2017 Nomor 864. Jakarta.

Poumaye, N., Mabingui, J., Lutgen, P., Bigan, M., 2012, Contribution to the clarification of surface water from the Moringa oleifera : Case M'Poko River to Bangui, Central African Republic, *Chemical Engineering Research and Design*, 90(12), 2346-2352.

Prihatini, P.Y., 2014, *Efektivitas ekstrak larutan NaCl biji kelor (Moringa oleifera L.) tanpa lemak sebagai koagulan air sungai bengawan solo*, Skripsi, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri (UIN) Maulana Malik Ibrahim, Malang.

Prihatinningtyas, E., 2013, Aplikasi koagulan alami dari tepunga jagung dalam pengolahan air bersih, *Jurnal Teknosains*., 2, 93–102.

Pritchard, M., Craven, T., Mkandawire, T., Edmondson, A.S., Neill, J.G.O., 2010, A comparison between *Moringa oleifera* and chemical coagulants in the purification of drinking water – An alternative sustainable solution for developing countries, *Physics and Chemistry of the Earth, Parts A/B/C*, 35(13-14), 798-805.

Purnomo, Hadi, dan Suzana Suradja, 2012, Pengaruh penambahan tepung biji kelor (*Moringa oleifera*) bebas minyak sebagai koagulan alami pada pengolahan limbah air penggilingan tempe, *Prosiding Seminar Nasional Kimia Unesa*: 142–50.

Putra, R. S., Ayu, M. and Amri, R. Y., 2020, Performance comparison between biocoagulant based on protein and tannin compared with chemical coagulant, *Key Engineering Materials.*, 840, pp. 29–34.

Putra, R.S., Iqbal, A.M., Arirahman, I., and Sobari, M., 2020, Electroflotation-biocoagulant process using chickpea (*Cicer arietinum*) for laboratory wastewater treatment, *AIP Conference Proceedings*, 2242, 040028.

Rahimah, Z., Heldawati, H., Syauqiah, I., 2016, Pengolahan limbah deterjen dengan metode koagulasi - flokulasi menggunakan koagulan kapur dan PAC, *Jurnal Konversi*, 5, 13–19.

Rajput, S., Bapat, K., Choubey, S., 2012, Bioremediation natural way for water treatment, *Journal of Bioogical and Chemical Research*., 29(2), 86–99.

Rosaini, H., Rasyid, R., Hagramida, V., 2015, Penetapan kadar protein secara Kjeldahl beberapa makanan olahan kerang remis (*Corbiculla moltkiana Prime*.) dari danau Singkarak, *Jurnal Farmasi Higea*, 7(2), 120-127.

Said, N.I., dan Utomo, K., 2007, Pengolahan air limbah domestik dengan proses lumpur aktif yang diisi dengan media bioball, *Jurnal Air Indonesia.*, 3(2).

Salmin, 2005, Oksigen terlarut (DO) dan kebutuhan oksigen biologi (BOD) sebagai salah satu indikator untuk menentukan kualitas perairan, *Oseana*., 30(3), 21–26.

Saravanan, J., Priyadharshini, D., Soundammal, A., Sudha, G., Suriyakala, K., 2017, Wastewater treatment using natural coagulants, *SSRG International Journal of Civil Engineering*,., 4(3), 40–42.

Sarkar, U., and Sawardekar, S.S., 2019. Estimation of total fats in Sesbania grandiflora L. *International Journal of Scientific Research*, 8(11).

Sastrohamidjojo, H., 2018, *Dasar-dasar spektroskopi*, UGM PRESS, Yogyakarta, 47 p.

Sayudi, S., Herawati, N. dan Ali, A., 2015, *Potensi biji lamtoro gung dan biji kedelai sebagai bahan baku pembuatan tempe komplementasi*. Skripsi, Fakultas Pertanian, Universitas Riau.

Singh, R., Kumar, S. and Garg, M., 2016, Domestic wastewater treatment using tanfloc: A tannin based coagulant, *in: N. J. Raju(Eds.), Geostatistical and geospatial approaches for the characterization of natural resources in the environment*, Springer.

Sitompul, S., 1997, Komposisi asam amino dari biji-bijian dan kacang-kacangan, *Lokakarya Fungsional Non Peneliti*, 98-102.

Sotheeswaran, S., Nand, V., Matakite, M., Kanayathu, K., 2011, *Moringa oleifera* and other local seeds in water purification in developing countries, *Research Journal of chemistry and environment*, 15(2), 135-138.

Suharto, 2017, *Bioteknologi dalam bahan bakar nonfosil*, Penerbit Andi, Yogyakarta, 76 p.

Sutrisna, E.M., 2016, *Herbal medicine: suatu tujuan farmakologis*, Muhammadiyah University Press, Surakarta, 22 p.

Tandoi, V., Jenkins, D., Wanner, J., 2006, *Activated sludge separation problems*, IWA publishing, London, 102 p.

Tanjung, R.H.R. dan Suwito, 2018, Pemantauan kualitas perairan sungai di Kabupaten Jayapura, *Jurnal Avogadro*., 2, 48–56.

Thermo Nicolet, 2001, Introduction to Fourier Transform Infrared Spectrometry, *Thermo Nicolet Corporation*, Madison, USA, 2 p.

Towaha, J., dan Rusli, 2010, Potensi biji Turi untuk substitusi kedelai pada pembuatan kecap, *Tanaman Rempah dan Industri*, 1 (16).

Triarmadja, R., 2019, *Teknik Penyediaan Air Minum Perpipaan*, UGM Press, Yogyakarta, 82 p.

Umaly, R.C., and Ma L.A.C., 1988, *Limnology: Laboratory and field guide, Physico-chemical factors, Biological factors*. National Book Store, Inc. Publishers. Metro Manila. 322 p.

Vicky, K., Norzila, O., and Syazwani, A., 2017, Applications of natural coagulants to treat wastewater − a review, *ISCEE*, 103.

Wang, L.K., Hung, Y.T., & Shammas, N.K., 2007, *Physicochemical treatment processes (Vol. 3)*, Springer Science & Business Media, Berlin, Jerman, 118 p.

Wang, W., Yang, H., Wang, X., Jiang, J., Zhu, W., 2010, Factors effecting aluminum speciation in drinking water by laboratory research, *Journal Environmental Science*., 22, 47–55.

Weber-Scannell, P.K., L.K. Duffy, 2007, Effect of total dissolved solids on aquatic organisms: a review of literature and rrecommendation for salmonid

species, *American Journal of Environmental Sciences*, 3(1), 1-6.

Wingfield, P. T., 2016, Protein precipitation using ammonium sulfate, *Current Protocols in Protein Science*., 84(1), p. A.3F.1-A.3F.9.

World Health Organization (WHO), 1996, Guidelines for Drinking-Water Quality. Vol. 2, Health Criteria and Other Supporting Information, 2nd ed., World Health Organization (WHO), Geneva. (Diakses 8 September 2020).

Wulandari, dkk., 2014, *Instrumentasi Alat Laboratorium : Turbidimeter dan Densitometer*, Poltekes Banjarmasin, Banjarmasin, 5 p.

Xing, X., Cui, S. W., Nie, S., Phillips, G. O., Goff, H. D., & Wang, Q., 2013, A review of isolation process, structural characteristics, and bioactivities of water soluble polysaccharides from Dendrobium plants, *Bioactive Carbohydrates and Dietary Fibre*, 1(2), 131-147.

Yuniarti, Bernadeta., 2007, *Pengukuran tingkat kekeruhan air menggunakan turbidimeter menggunakan prinsip hamburan cahaya*, Skripsi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Sanata Dharma, Yogyakarta.

LAMPIRAN

Lampiran 1. Hasil pengaruh konsentrasi dan ukuran partikel terhadap kekeruhan dan TDS

a. Kekeruhan / Koagulan 63 µm (250 mesh)

NTU awal	konsentrasi koagulan (M)	NTU akhir (Lamtoro)			Rata-rata	% penurunan NTU
		I	II	III		
391	0	63.8	60.8	62	62.2± 1.5	84.09 ± 0.39
391	0.5	35.3	33.9	34.4	34.53 ± 0.71	91.17 ± 0.18
391	1	9.48	8.69	9.53	9.23 ± 0.47	97.64 ± 0.12
390.67	1.5	12.18	12.6	12.19	12.32 ± 0.24	96.85 ± 0.06

NTU awal	konsentrasi koagulan (M)	NTU akhir (Turi)			Rata-rata	% penurunan NTU
		I	II	III		
391	0	97.30	98.00	99.10	98.13 ± 0.91	74.90 ± 0.23
391	0.5	66.30	66.70	66.10	66.37 ± 0.31	83.03 ± 0.08
391	1	33.30	32.70	33.10	33.03 ± 0.31	91.55 ± 0.08
390.67	1.5	47.50	47.60	46.80	47.3 ± 0.44	87.89 ± 0.11

b. Kekeruhan / koagulan 74 µm (200 mesh)

NTU awal	konsentrasi koagulan (M)	NTU akhir (Lamtoro)			Rata-rata	% penurunan NTU
		I	II	III		
390.67	0	53.7	53.7	53.7	53.7 ± 0.00	86.25 ± 0
390.67	0.5	21.5	21.6	21.2	21.43 ± 0.21	94.51± 0.05
390.67	1	11.35	11.21	11.3	11.29 ± 0.07	97.11 ± 0.02
390.67	1.5	33.3	32.1	32.4	32.6 ± 0.62	91.66 ± 0.16

NTU awal	konsentrasi koagulan (M)	NTU akhir (Turi)			Rata-rata	% penurunan NTU
		I	II	III		
315.67	0	73.5	74.9	73	73.8 ± 0.98	76.62 ± 0.31
315.67	0.5	49.1	51.7	48.6	49.8 ± 1.66	84.22 ± 0.53
315.67	1	36.6	34.4	28.9	33.3 ± 3.97	89.45 ± 1.26
315.67	1.5	55.4	54.4	55.9	55.23 ± 0.76	82.50 ± 0.24

c. TDS / koagulan 63 µm

TDS awal (mg/L)	konsentrasi koagulan (M)	TDS akhir Lamtoro			Rata-rata
		I	II	III	
111	0	109	109	109	109 ± 0
111	0.5	198	198	198	198 ± 0
111	1	889	889	889	889 ± 0
113	1.5	1840	1840	1840	1840 ± 0

TDS awal (mg/L)	konsentrasi koagulan (M)	TDS akhir Turi			Rata-rata
		I	II	III	
111	0	109	109	109	109 ± 0
111	0.5	199	199	199	199 ± 0
111	1	921	921	921	921 ± 0
113	1.5	1920	1920	1920	1920 ± 0

d. TDS / koagulan 74 µm

TDS awal (mg/L)	konsentrasi koagulan (M)	TDS akhir Lamtoro			Rata-rata
		I	II	III	
115	0	110	110	110	110 ± 0
115	0.5	291	291	291	291 ± 0
115	1	920	920	920	920 ± 0
115	1.5	1500	1500	1500	1500 ± 0

TDS awal (mg/L)	konsentrasi koagulan (M)	TDS akhir Turi			Rata-rata
		I	II	III	
115	0	121	121	121	121 ± 0
115	0.5	215.67	215.67	215.67	215.67 ± 0
115	1	920	920	920	920 ± 0
115	1.5	1523.33	1523.33	1523.33	1523.33 ± 0

$$\% \text{ Penurunan} = \frac{\text{Kekeruhan awal} - \text{Kekeruhan akhir}}{\text{Kekeruhan awal}} x\ 100\%$$

Lampiran 2. Pengaruh dosis terhadap kekeruhan

a. Koagulan 63 µm

NTU Awal	Variasi Dosis (mL)	NTU Akhir Lamtoro			Rata-Rata	Penurunan (%)
		I	II	III		
326	1	95.8	99.8	95.6	97.07 ± 2.36	70.22 ± 0.73
326	2	9	8.04	8.77	8.6 ± 0.50	97.36 ± 0.15
326	3	13.52	13.55	13.26	13.44 ± 0.15	95.88 ± 0.05
326	5	0.8	0.64	0.8	0.75 ± 0.09	99.77 ± 0.03
326	10	8.13	7.99	8.12	8.08 ± 0.07	97.52 ± 0.02

NTU Awal	Variasi Dosis (mL)	NTU Akhir Turi			Rata-rata	Penurunan (%)
		I	II	III		
307	1	193	185	185	187.67 ± 0.57	38.87 ± 1.50
307	2	96.8	97	94.8	96.2 ± 1.21	68.66 ± 0.40
307	3	41.8	42	42.2	42 ± 0.2	86.32 ± 0.07
307	5	22.7	22.7	22.2	22.53 ± 0.28	92.66 ± 0.09
307	10	17.44	17.66	17.73	17.61 ± 0.15	94.26 ± 0.05

b. Koagulan 74 µm

NTU Awal	variasi dosis (mL)	NTU Akhir Lamtoro			Rata-rata	Penurunan (%)
		1	2	3		
408	1	99.5	102	99.9	100.47 ± 1.34	75.38 ± 0.33
408	2	50.7	52.5	51.9	51.7 ± 0.91	87.33 ± 0.22
408	3	17.7	18.18	18.07	17.98 ± 0.25	95.59 ± 0.06
408	5	17.11	17.69	17.24	17.35 ± 0.30	95.75 ± 0.07
408	10	14.48	14.63	14.98	14.7 ± 0.25	96.4 ± 0.06

NTU Awal	variasi dosis (mL)	NTU Akhir Turi			Rata-rata	Penurunan (%)
		1	2	3		
319.33	1	153	153	153	153 ± 0.0	52.09 ± 0
319.33	2	78.9	73.2	71.4	74.5 ± 3.91	76.67 ± 1.23
319.33	3	30.4	28.5	30.2	29.7 ± 1.04	90.7 ± 0.33
319.33	5	19.6	20.5	19.7	19.93 ± 0.49	93.76 ± 0.15
319.33	10	39	39.3	37.2	38.5 ± 1.13	87.94 ± 0.36

Lampiran 3. Pengaruh dosis terhadap nilai TDS

a. Koagulan 63 µm

TDS Awal	Variasi Dosis (mL)	TDS Akhir Lamtoro			Rata-rata
		I	II	III	
110.67	1	197	195	196	196 ± 1
110.67	2	263	261	261	261.67 ± 1.15
110.67	3	368	368	370	368.67 ± 1.15
110.67	5	455	454	453	454 ± 1
110.67	10	835	836	834	835 ± 1

TDS awal	Variasi Dosis (mL)	TDS Akhir Turi			Rata-rata
		I	II	III	
107	1	207	206	206	206.33 ± 0.57
107	2	285	284	283	284 ± 1
107	3	382	381	380	381 ± 1
107	5	555	554	554	554.33 ± 0.57
107	10	994	998	996	996 ± 2

b. Koagulan 74 µm

TDS Awal	Variasi Dosis (mL)	TDS Akhir Lamtoro			Rata-rata
		I	II	III	
107	1	220	220	220	220 ± 0
107	2	316	316	316	316 ± 0
107	3	406	406	406	406 ± 0
107	5	611	611	611	611 ± 0
107	10	966	966	966	966 ± 0

TDS Awal	Variasi Dosis (mL)	TDS Akhir Turi			Rata-rata
		I	II	III	
111	1	211	211	211	211 ± 0
111	2	314	314	314	314 ± 0
111	3	457	457	457	457 ± 0
111	5	589	589	589	589 ± 0
111	10	1030	1030	1030	1030 ± 0

Lampiran 4. Pengaruh dosis terhadap nilai konduktivitas listrik

Nilai EC awal air sungai = 243 µS/cm

a. Koagulan 63 µm

Dosis (mL)	Konduktivitas Listrik (Lamtoro)			Rata-rata
	I	II	III	
1	400	400	400	400 ± 0
2	540	540	550	543.33 ± 5.77
3	750	760	760	756.67 ± 5.77
5	940	930	930	933.33 ± 5.77
10	1670	1680	1670	1673.33 ± 5.77

Dosis (mL)	Konduktivitas Listrik (Turi)			Rata-rata
	I	II	III	
1 ml	350	360	360	356.67 ± 5.77
2 ml	440	440	440	440 ± 0
3 ml	830	780	810	806.67 ± 5.77
5 ml	1180	1130	1160	1156.67 ± 5.77
10 ml	1860	1880	1870	1870 ± 10

b. Koagulan 74 µm

Dosis (mL)	Konduktivitas listrik (Lamtoro)			Rata-rata
	I	I	II	
1	410	410	410	410 ± 0
2	590	580	600	590 ± 10
3	750	760	740	750 ± 10
5	1120	1120	1120	1120 ± 0
10	1820	1830	1840	1830 ± 10

Dosis (mL)	Konduktivitas listrik (Turi)			Rata-rata
	I	II	III	
1	410	400	400	403.33 ± 5.77
2	580	580	580	580 ± 0
3	820	820	820	820 ± 0
5	1090	1090	1090	1090 ± 0
10	1836	1836	1838	1836.67 ± 1.15

Lampiran 5. Pengaruh pH terhadap kekeruhan dan TDS

a. Koagulan Lamtoro

NTU awal	pH	NTU akhir			Rata-rata
		I	II	III	
371.67	5	3.39	3.79	2.68	3.28 ± 0.45
371.67	7	17.76	15.78	15.03	16.19 ± 1.15
371.67	9	28.2	27.4	27.5	27.7 ± 0.35

TDS awal	pH	TDS Akhir			Rata-rata
		I	II	III	
112	5	931	931	931	931 ± 0
112	7	931	931	931	931 ± 0
112	9	955	955	955	955 ± 0

b. Koagulan Turi

NTU awal	pH	NTU akhir			Rata-rata
		I	II	III	
371.67	5	12.1	12.48	11.84	12.14 ± 0.26
371.67	7	51.5	50.9	48.1	50.16 ± 1.48
371.67	9	60.9	64.5	62.8	62.73 ± 1.47

TDS awal	pH	TDS Akhir			Rata-rata
		I	II	III	
112	5	913	913	913	913 ± 0
112	7	926	926	926	926 ± 0
112	9	1000	1000	1000	1000 ± 0

Lampiran 6. Pengaruh dosis terhadap efek Tyndall

a. Koagulan Lamtoro

Dosis	Efek Tyndall (63 µm)			Rata-rata	Kekeruhan
	I	II	III		
initial	370	280	300	316.67 ± 47.25	326.00
1 mL	630	570	630	610 ± 34.64	97.07
2 mL	820	810	750	793.33 ± 37.85	8.60
3 mL	800	820	840	820 ± 20	13.44
5 mL	990	1050	940	993.33 ± 55.07	0.75
10 mL	847	942	970	919.67 ± 64.46	8.08
aquades	1072	1069	1067	1069.33 ± 2.51	0.24

Dosis	Efek Tyndall (74 µm)			Rata-rata	Kekeruhan
	I	II	III		
Initial	312	292	353	319 ± 31.09	408.00
1 mL	651	701	644	665.33 ± 31.08	100.47
2 mL	590	754	722	688.67 ± 86.93	51.70
3 mL	742	744	892	792.67 ± 86.03	17.98
5 mL	915	964	928	935.67 ± 25.38	17.35
10 mL	990	945	984	973 ± 24.43	14.70
aquades	1069	1072	1067	1069.33 ± 2.51	0.24

b. Koagulan Turi

Dosis	Efek Tyndall (63 µm)			Rata-rata	Kekeruhan
	I	II	III		
Initial	378	388	364	376.67 ± 12.05	307.00
1 mL	571	586	674	610.33 ± 55.64	187.67
2 mL	686	710	722	706 ± 18.33	96.20
3 mL	986	994	1046	1008.67 ± 32.57	42.00
5 mL	1029	1033	1039	1033.67 ± 5.03	22.53
10 mL	1080	1166	1181	1142.33 ± 54.5	17.61
aquades	1251	1182	1212	1215.00	0.24

Dosis	Efek Tyndall (74 µm)			Rata-rata	Kekeruhan
	I	II	III		
Initial	455	468	415	446 ± 27.62	319.33
1 mL	705	653	702	686.67 ± 29.19	153.00
2 mL	935	767	763	821.67 ± 98.16	74.50
3 mL	951	905	950	935.33 ± 26.27	29.70
5 mL	1133	1087	1100	1106.67 ± 23.71	19.93
10 mL	1052	1013	1006	1023.67 ± 24.78	38.50
aquades	1220	1318	1170	1236 ± 75.28	0.24

Lampiran 7. SVI dan *sludge mass*

a. Koagulan Lamtoro 63 µm

Dosis (mL)	Sludge basah (mg)	Sludge kering (mg)	Volume lumpur (mL)	Kekeruhan sampel	Nilai SVI (mL/g)	Sludge mass (%)
1	1923	321	3	97.07	4.67	83.31
2	2009	340	3.2	13.44	4.71	83.08
3	1934	331	4.2	8.6	6.19	82.89
5	2077	375	4.5	0.75	6.00	81.95
10	1928	342	4.3	8.08	6.29	82.26

b. Koagulan Turi 63 µm

Dosis (mL)	Sludge basah (mg)	Sludge kering (mg)	Volume lumpur (mL)	Kekeruhan sampel (NTU)	Nilai SVI (mL/g)	Sludge mass (%)
1	1713	190	1.8	187.67	4.47	88.91
2	1740	213	1.7	96.2	4.23	87.76
3	1567	210	2	42	4.76	86.60
5	1497	224	3	22.53	6.70	85.04
10	1514	239	3.5	17.61	7.32	84.21

c. Koagulan Lamtoro 74 µm

Dosis (mL)	sludge basag (mg)	sludge kering (mg)	Volume lumpur (mL)	Kekeruhan sampel (NTU)	Nilai SVI (mL/g)	Sludge mass (%)
1	1479	179	1.9	100.47	5.31	87.90
2	1727	213	2.7	51.70	6.34	87.67
3	1626	215	2.9	17.98	6.74	86.78
5	1696	225	3.2	17.35	7.11	86.73
10	1558	260	3.6	14.70	6.92	83.31

d. Koagulan Turi 74 µm

Dosis (mL)	sludge basag (mg)	sludge kering (mg)	Volume lumpur (mL)	Kekeruhan sampel (NTU)	Nilai SVI (mL/g)	Sludge mass (%)
1	1478	170	1.5	153	4.41	88.50
2	1426	198	1.8	74.5	4.55	86.12
3	1445	203	2	29.7	4.93	85.95
5	1399	245	2.3	19.93	4.69	82.49
10	1549	253	2.1	38.5	4.15	83.67

Perhitungan nilai SVI

$$\text{SVI} = \frac{\text{Volume lumpur } \left(\frac{\text{mL}}{\text{L}}\right) \text{x1000 } \left(\frac{\text{mg}}{\text{g}}\right)}{\text{Sludge kering/0.5 } \left(\frac{\text{mg}}{\text{L}}\right)} \text{ mL/g}$$

Perhitungan *Sludge mass*

$$\text{Sludge Mass (\%)} = \frac{\text{Sludge basah (mg)} - \text{Sludge kering (mg)}}{\text{Sludge Basah (mg)}} x100$$

Lampiran 8. Pengaruh kondisi optimum terhadap parameter lingkungan

a. Konsentrasi optimum

Kondisi awal air sungai				Rata-rata
Kekeruhan	391	380	390	387 ± 6.06
TDS	111	113	114	112.67 ± 1.52
EC	240	250	250	246.67 ± 5.77
DO	7.8	7.8	7.8	7.8 ± 0
pH	8.7	8.7	8.7	8.7 ± 0

Parameter	Hasil koagulasi koagulan Lamtoro			Rata-rata
Kekeruhan	26.3	26.5	26.1	26.3 ± 0.2
TDS	1000	999	1000	999.67 ± 0.57
EC	2140	2130	2140	2136.67 ± 5.77
DO	8.1	8.1	8.1	8.1 ± 0
pH	8.5	8.5	8.5	8.5 ± 0

Parameter	Hasil koagulasi koagulan Turi			Rata-rata
Kekeruhan	76.7	80.9	76.9	78.17 ± 1.93
TDS	1000	1000	999	999.67 ± 0.47
EC	2140	2130	2120	2130 ± 8.16
DO	8.1	8.1	8.1	8.1 ± 0
pH	8.5	8.5	8.5	8.5 ± 0

Efek Tyndall				Rata-rata
Aquades	700	696	710	702 ± 7.21
Sampel	219	227	245	230.33 ± 13.31
Lamtoro	665	619	603	629 ± 32.18
Turi	447	488	474	469.67 ± 20.84

$$\%\ \text{Penurunan kekeruhan koagulan Lamtoro} = \frac{387 - 26{,}3}{387} x\ 100 = 93{,}20\%$$

$$\%\ \text{Penurunan kekeruhan koagulan Turi} = \frac{387 - 78{,}17}{387} x\ 100 = 79{,}80\%$$

b. Dosis optimum

Kondisi awal air sungai				Rata-rata
Kekeruhan	391	380	390	387 ± 6.08
TDS	111	113	114	112.67 ± 1.52
EC	240	250	250	246.67 ± 5.77
DO	7.7	7.7	7.7	7.7 ± 0
pH	7.6	7.6	7.6	7.6 ± 0

Parameter	Hasil koagulasi koagulan Lamtoro			Rata-rata
Kekeruhan	10.11	9.93	9.92	9.99 ± 0.10
TDS	522	540	540	534 ± 10.39
EC	1110	1090	1090	1096.67 ± 11.54
DO	8.2	8.2	8.2	8.2 ± 0
pH	7.8	7.8	7.8	7.8 ± 0

Parameter	Hasil koagulasi koagulan Turi			Rata-rata
Kekeruhan	17.44	17.18	17.33	17.32 ± 0.13
TDS	581	581	581	581 ± 0
EC	1210	1200	1210	1206.67 ± 5.77
DO	8.2	8.2	8.2	8.2 ± 0
pH	7.7	7.7	7.7	7.7 ± 0

Intensitas cahaya (Efek Tyndall)				Rata-rata
Aquades	912	848	808	856 ± 52.45
Sampel	198	273	265	245.33 ± 41.18
Lamtoro	762	798	797	785.67 ± 20.5
Turi	655	723	743	707 ± 46.13

$$\%\ \text{Penurunan kekeruhan koagulan Lamtoro} = \frac{387 - 9{,}99}{387} x\ 100 = 97{,}42\%$$

$$\%\ \text{Penurunan kekeruhan koagulan Turi} = \frac{387 - 17.32}{387} x\ 100 = 95{,}52\%$$

c. pH Optimum koagulasi (pH 5)

Kondisi awal air sungai				Rata-rata
Kekeruhan	391	380	390	387 ± 6.08
TDS	111	113	114	112.67 ± 1.52
EC	240	250	250	246.67 ± 5.77
DO	8.3	8.3	8.3	8.3 ± 0
pH	7.3	7.3	7.3	7.3 ± 0

Parameter	Hail koagulasi koagulan Lamtoro			Rata-rata
Kekeruhan	2.36	2.5	2.12	2.33 ± 0.19
TDS	561	561	561	561 ± 0
EC	1170	1170	1170	1170 ± 0
DO	8.2	8.2	8.2	8.2 ± 0
pH	6.5	6.5	6.5	6.5 ± 0

Parameter	Hasil koagulasi koagulan Turi			Rata-rata
Kekeruhan	10.79	10.76	10.62	10.72 ± 0.09
TDS	593	593	593	593 ± 0
EC	1230	1230	1230	1230 ± 0
DO	8.2	8.2	8.2	8.2 ± 0
pH	6.5	6.5	6.5	6.5 ± 0

Efek Tyndall				Rata-rata
Aquades	876	856	905	879 ± 24.63
Sampel	213	222	176	203.67 ± 24.37
Lamtoro	842	823	821	828.67 ± 11.59
Turi	769	778	776	774.33 ± 4.73

$$\%\ \text{Penurunan kekeruhan koagulan Lamtoro} = \frac{387 - 2{,}33}{387} x\ 100 = 99{,}40\%$$

$$\%\ \text{Penurunan kekeruhan koagulan Turi} = \frac{387 - 10{,}72}{387} x\ 100 = 97{,}23\%$$

d. SVI dan sludge mass

Konsentrasi optimum

Koagulan	SV (mL/L)	Sludge basah (mg)	Sludge kering (mg)	SVI (mL/g)	Sludge mass (%)
Lamtoro	2.3	1319.2	255.2	4.51	80.65
Turi	2	1291.7	249.7	4.00	80.67

Dosis optimum

Koagulan	SV (mL/L)	Sludge basah (mg)	sldge kering (mg)	SVI (mL/g)	Sludge mass (%)
Lamtoro	2.5	1246.8	261.8	4.77	79
Turi	2	1318.2	282.2	3.54	78.59

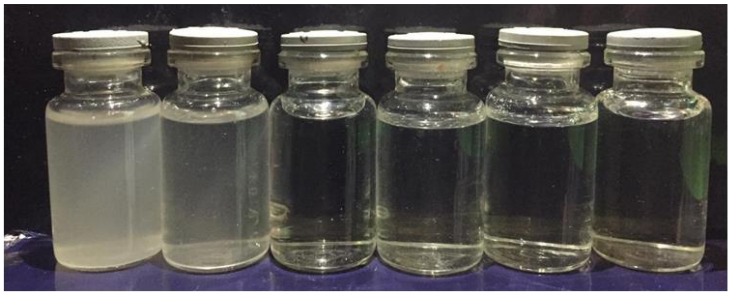
pH optimum

Koagulan	SV (mL/L)	Sludge basah (mg)	Sludge kering (mg)	SVI (mL/g)	Sludge mass (%)
Lamtoro	3.5	1309.9	300.7	5.82	77.04
Turi	3	1305.7	291.7	5.14	77.66

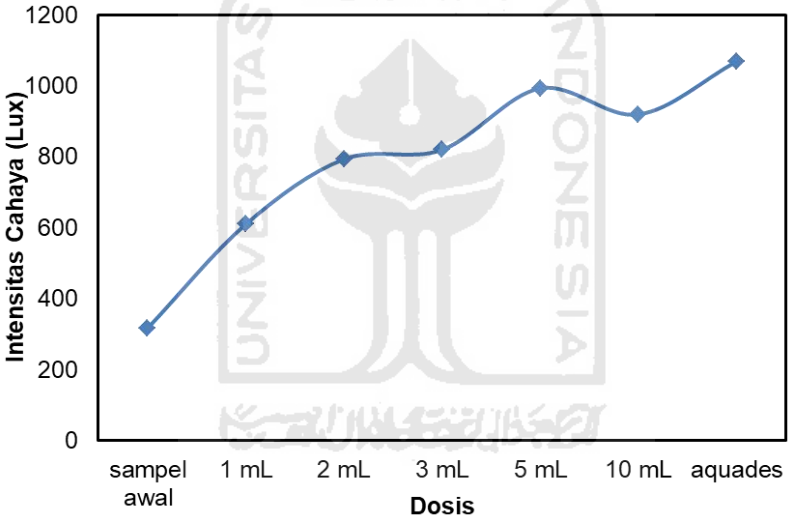
Lampiran 9. Gambar air sungai sebelum dan sesudah pengolahan

a. Koagulan 63 µm, variasi dosis

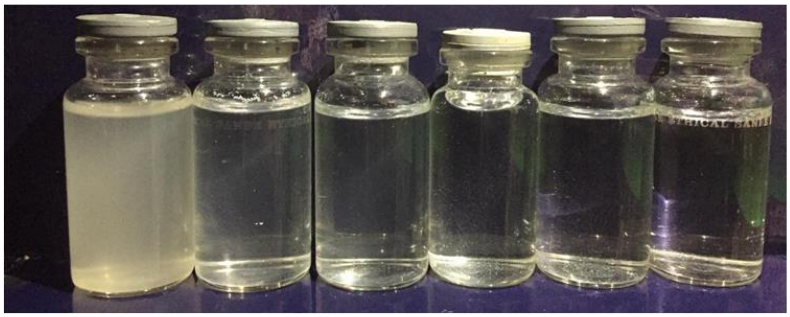
(a) Leucaena leucocephala



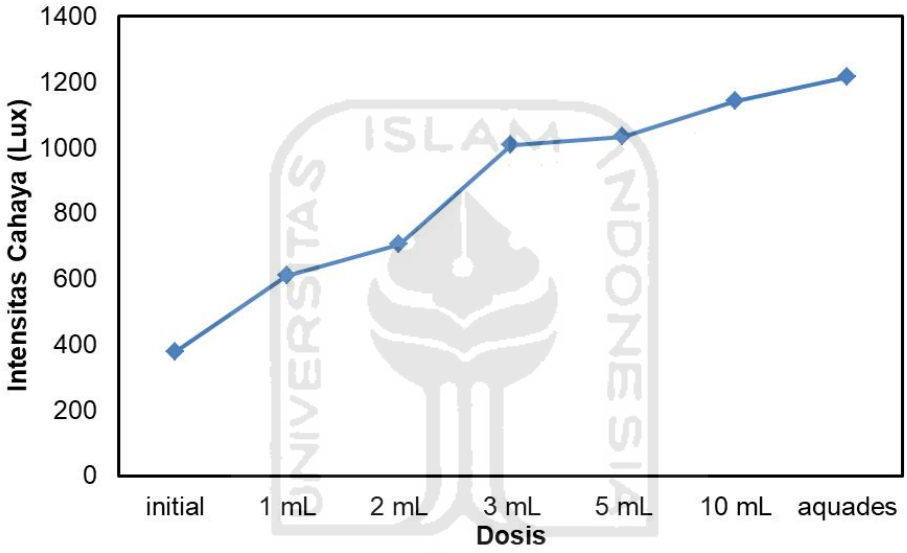
Initial 1 mL 2 mL 3 mL 5 mL 10 mL



(b) Sesbania grandiflora



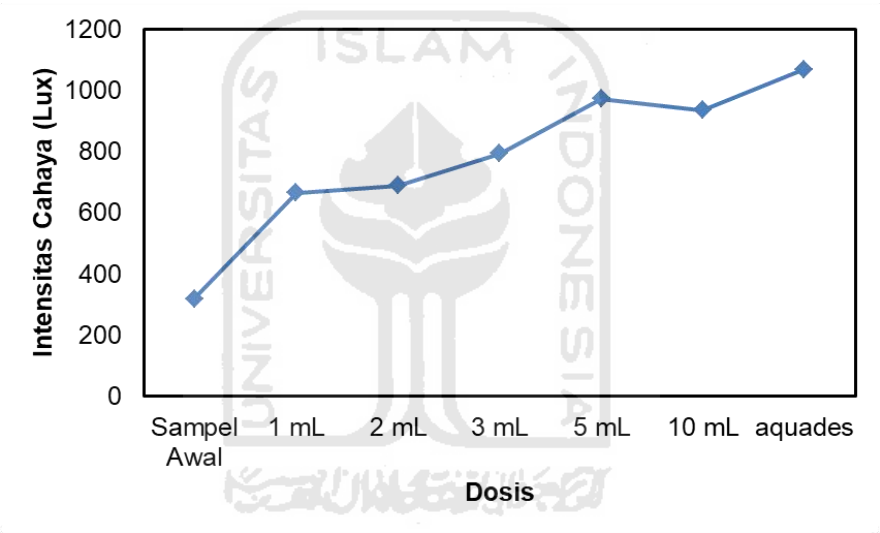
Initial 1 mL 2 mL 3 mL 5 mL 10 mL



b. Koagulan 74 µm, variasi dosis

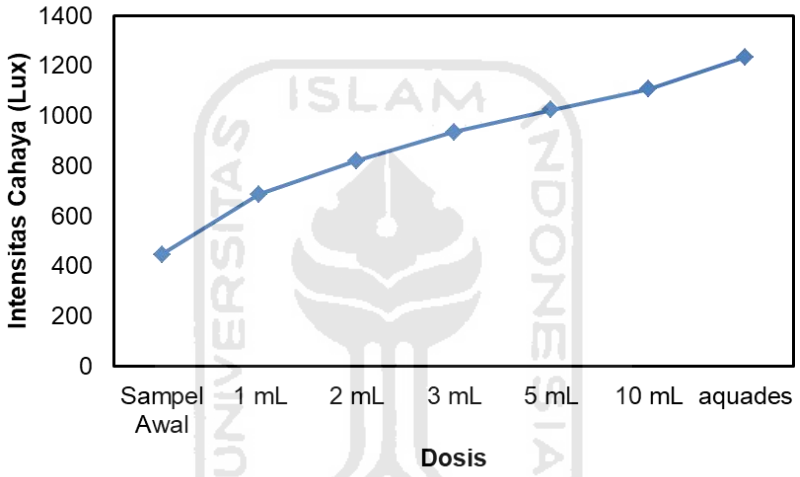
(a) Leucaena leucocephala





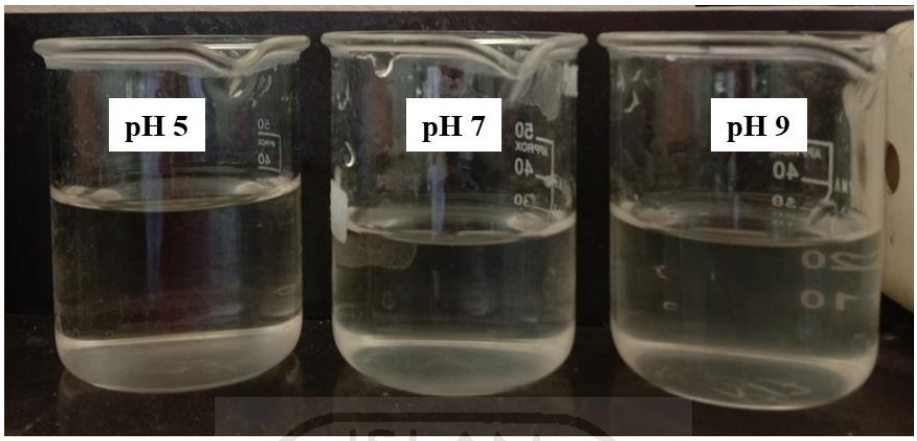
(b) Sesbania grandiflora

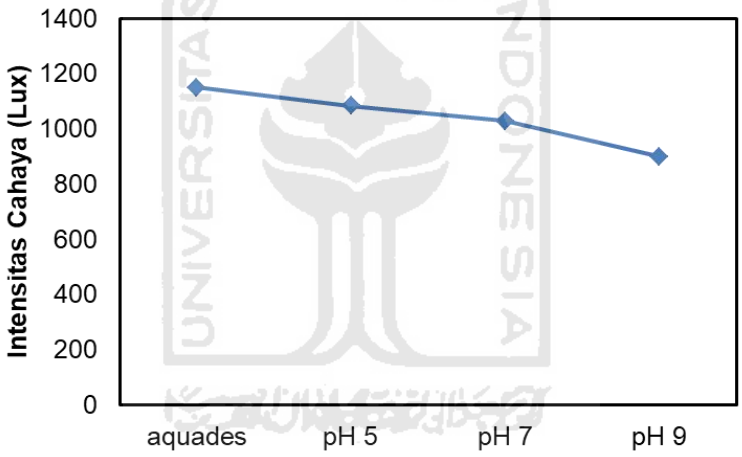




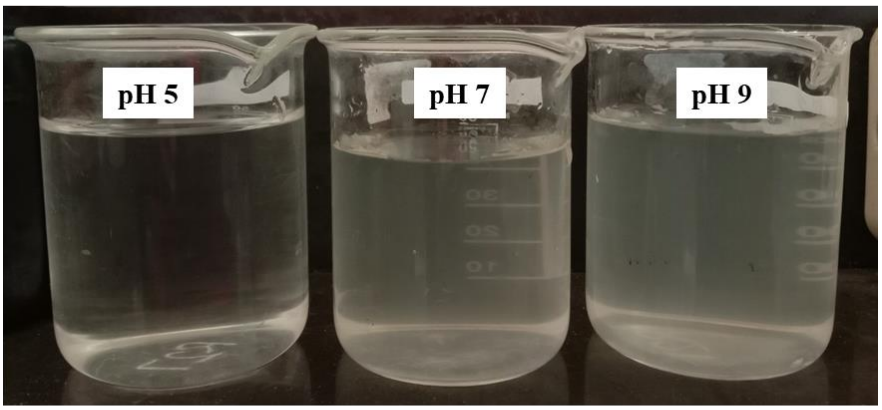
c. Koagulan 63 µm / variasi pH

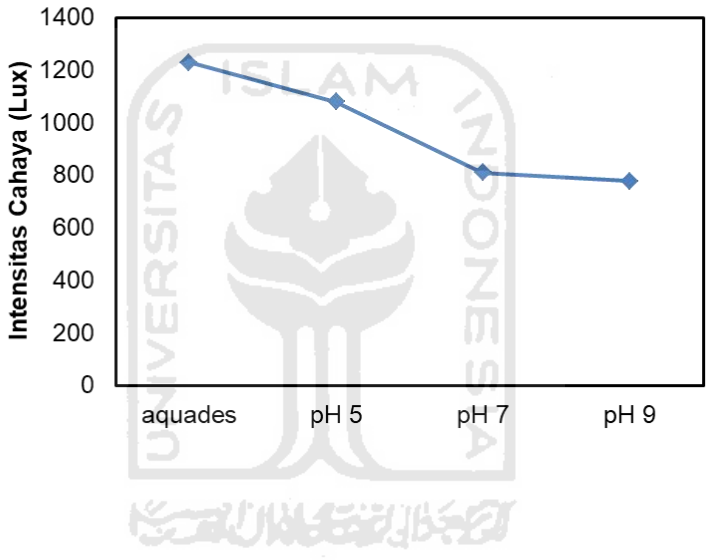
(a) Leucaena leucocephala





(b) Sesbania grandiflora





Lampiran 10. Perhitungan massa NaCl untuk Pembuatan Larutan NaCl

Larutan NaCl 1,5 M

Diketahui : Mr NaCl = 58,44 g/mol
V larutan = 100 mL (0,1 L)

Ditanya : Berapa massa NaCl yang dibutuhkan untuk membuat larutan NaCl 1,5 M 100 mL?

Jawab :

Mol NaCl (n) = M x V (L)
= 1,5 mol/L x 0,1 L
= 0,15 mol

Massa NaCl = n x Mr
= 0,15 mol x 58,44 g/mol
= 8,766 g

Larutan NaCl 1,0 M

Diketahui : Mr NaCl = 58,44 g/mol
V larutan = 100 mL (0,1 L)

Ditanya : Berapa massa NaCl yang dibutuhkan untuk membuat larutan NaCl 1,0 M 100 mL?

Jawab :

Mol NaCl (n) = M x V (L)
= 1,0 mol/L x 0,1 L
= 0,1 mol

Massa NaCl = n x Mr
= 0,1 mol x 58,44 g/mol
= 5,844 g

Larutan NaCl 0,5 M

Diketahui : Mr NaCl = 58,44 g/mol
V larutan = 100 mL (0,1 L)

Ditanya : Berapa massa NaCl yang dibutuhkan untuk membuat larutan NaCl 0,5 M 100 mL?

Jawab :

Mol NaCl (n) = M x V (L)
= 0,5 mol/L x 0,1 L
= 0,05 mol

Massa NaCl = n x Mr
= 0,05 mol x 58,44 g/mol
= 2,922 g