

EFEKTIFITAS EKSTRAK LARUTAN NaCl BIJI KELOR (*Moringa oleifera* L.) TANPA LEMAK SEBAGAI KOAGULAN AIR SUNGAI BENGAWAN SOLO

SKRIPSI

Oleh:

YUDITA PRIHATINI P.

NIM. 09630011



**JURUSAN KIMIA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI (UIN) MAULANA MALIK IBRAHIM
MALANG
2014**

**EFEKTIFITAS EKSTRAK LARUTAN NaCl BIJI KELOR (*Moringa
oleifera* L.) TANPA LEMAK SEBAGAI KOAGULAN AIR SUNGAI
BENGAWAN SOLO**

SKRIPSI

Diajukan Kepada:

**Universitas Islam Negeri (UIN) Maulana Malik Ibrahim Malang
Untuk Memenuhi Salah Satu Persyaratan dalam
Memperoleh Gelar Sarjana Sains (S.Si)**

Oleh :

Yudita Prihatini P.

NIM. 09630011

**JURUSAN KIMIA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI (UIN) MAULANA MALIK IBRAHIM
MALANG
2014**

EFEKTIFITAS EKSTRAK LARUTAN NaCl BIJI KELOR (*Moringa oleifera* L.) TANPA LEMAK SEBAGAI KOAGULAN AIR SUNGAI BENGAWAN SOLO

SKRIPSI

Oleh:

Yudita Prihatini P.

NIM. 09630011

Telah disetujui oleh:

Pembimbing I

Eny Yulianti, M.Si
NIP. 197606112005012006

Pembimbing II

A. Ghannim Fasya, M.Si
NIP.198206162006041002

Mengetahui,
Ketua Jurusan Kimia
Fakultas Sains dan Teknologi
Universitas Islam Negeri (UIN) Maulana Malik Ibrahim Malang

Elok Kamilah Hayati, M.Si
NIP. 19790620 200604 2 002

EFEKTIFITAS EKSTRAK LARUTAN NaCl BIJI KELOR (*Moringa
oleifera* L.) TANPA LEMAK SEBAGAI KOAGULAN AIR SUNGAI
BENGAWAN SOLO

SKRIPSI

Oleh:

Yudita Pribatini P.
NIM. 09630011

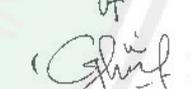
Telah Dipertahankan di Depan Dewan Penguji Tugas Akhir dan
Dinyatakan Diterima Sebagai Salah Satu Persyaratan Untuk
Memperoleh Gelar Sarjana Sains (S.Si)

Malang, Januari 2014

Susunan Dewan Penguji

Tanda Tangan

- | | |
|--------------------------|--|
| 1. Penguji Utama | : Akyunul Jannah, S.Si,M.P
NIP. 19750410 200501 2 009 |
| 2. Ketua Penguji | : Susi Nurul Khalifah, M.Si
NIPT. 2013091022317 |
| 3. Sekretaris/Pembimbing | : Eny Yullianti, M.Si
NIP. 19760611 200501 2 006 |
| 4. Anggota | : A. Ghanaim Fasya, M.Si
NIP. 19820616 200604 1 002 |
| 5. Anggota/Konsultan | : Rifatul Mahmudah
LB. 30023 |

()
()
()
()
()

Mengetahui dan Mengesahkan
Ketua Jurusan Kimia



Elok Hamidah Hayati, M.Si
NIP. 19790620 200604 2 002

SURAT PERNYATAAN

ORISINALITAS PENELITIAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Yudita Prihatini P.

NIM : 09630011

Fakultas/Jurusan : Sains dan Teknologi/Kimia

Judul Penelitian : Efektifitas Ekstrak Larutan NaCl Biji Kelor (*Moringa oleifera* L.) Tanpa Lemak sebagai Koagulan Air Sungai Bengawan Solo

Menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa hasil penelitian saya ini tidak terdapat unsur-unsur penjiplakan karya penelitian atau karya ilmiah yang pernah dilakukan atau dibuat oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis dikutip dalam naskah ini dan disebutkan dalam sumber kutipan dan daftar pustaka.

Apabila ternyata hasil penelitian ini terbukti terdapat unsur-unsur jiplakan, maka saya bersedia untuk mempertanggungjawabkan, serta diproses sesuai peraturan yang berlaku.

Malang, Januari 2014

Yang Membuat Pernyataan,

Yudita Prihatini P.
NIM. 09630011

Lembar Persembahan

Rasa Syukur yang mendalam, kupersembahkan karya ini kepada:

Kedua Orang tuaku. Ayah dan Ibuku, yang telah memberikan dukungan Doa, usaha, pengorbanan, kasih sayang, moral maupun materiil dalam setiap langkahku

Adikku tersayang, adek Dena dan Deva. Doa dan tawa selalu memberikan hiburan dan keceriaan disetiap hari-hari kita

Terimakasih kepada bu Eny Yulianti, M.Si dan bu Rifatul Mahmudah, M.Si yang telah sabar membimbing dan memberikan semangat.

Keluarga besarku yang telah memberikan dukungan moral maupun materiil.

Teman-teman terdekatku Lia, umi khamidah, hesti, lu'ul, Icus, Afi, Devi, Mia dan Nadhifah. Saudara organisasiku Dek Dwi, kakak Czhang, Haris, mas Aan, Subur, Anam, Putra, Udin, Imron, dan lainnya. Tak cukup kata-kata untuk menggambarkan persahabatan dan Persaudaraan diantara kita, kecuali rasa syukur kuucapkan kepada Allah SWT karena telah mengenal kalian. Semoga kita selalu dipertemukan dalam keadaan kebaikan dan lebih baik. Smg semuanya, sukses selalu ya... ^^

Teman-temanku Kimia khususnya (Chusnan, Maksun, David, Ikhya, Farid, Ody, taufik, Annadiyatul, Erwanto, Mas Amri dan Mas Hendi) dan teman-teman kos 611 J. Terimakasih atas dukungan dan motivasinya, semoga kita bisa slalu menjaga silaturahmi kita... ^^

MOTTO:

إِنَّ اللَّهَ لَا يُغَيِّرُ مَا بِقَوْمٍ حَتَّىٰ يُغَيِّرُوا مَا بِأَنْفُسِهِمْ

“Sesungguhnya Allah tidak akan merubah keadaan suatu kaum kecuali mereka berusaha merubahnya sendiri”

Ilmu tanpa Agama buta, Agama tanpa Ilmu lumpuh. Usaha tanpa Doa hampa, Doa tanpa Usaha Kosong.

Disetiap kesulitan pasti datang kemudahan. Sabar bukanlah diam, Sabar adalah bergerak.

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadirat Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan karunia-Nya sehingga skripsi dengan judul **“Efektifitas Ekstrak Larutan NaCl Biji Kelor (*Moringa oleifera* L.) Tanpa Lemak sebagai Koagulan Air Sungai Bengawan Solo”** ini selesai dengan baik. Shalawat serta salam senantiasa tercurahkan kepada Nabi Muhammad SAW yang telah membimbing kita ke jalan yang diridhoi oleh Allah SWT.

Skripsi ini merupakan salah satu syarat menyelesaikan program S-1 (Strata-1) di Jurusan Kimia Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri (UIN) Maulana Malik Ibrahim Malang. Seiring dengan terselesaikannya penyusunan skripsi ini, dengan penuh rasa hormat, penulis mengucapkan terima kasih kepada :

1. Semua keluarga besarku, khususnya orang tuaku (Bpk. Rohmad S.Pd dan B.Tutik Puji Astuti).
2. Eny Yulianti, M.Si, selaku Pembimbing Utama yang selalu sabar dalam memberikan bimbingan dan dukungan dalam menyelesaikan skripsi ini.
3. A. Ghanaim Fasya, M.Si, selaku Pembimbing Agama.
4. Rif'atul Mahmudah, M.Si, selaku Konsultan.
5. Akyunul Jannah, S.Si, M.P, selaku Penguji Utama.
6. Susi Nurul Khalifah, M.Si, selaku Ketua Penguji.

Yang telah memberikan bimbingan, motivasi, doa, dukungan serta bantuan materiil kepada penulis dalam menyelesaikan skripsi ini. Penulis juga mengucapkan terima kasih sedalam-dalamnya kepada semua pihak, khususnya kepada :

1. Prof. Dr. H. Mudjia Raharjo, M.Si selaku Rektor Universitas Islam Negeri (UIN) Maulana Malik Ibrahim Malang.
2. Dr. drh. Hj. Bayyinatul Muchtaromah, M.Si selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi UIN Maulana Malik Ibrahim Malang.
3. Elok Kamilah Hayati, M.Si selaku Ketua Jurusan Kimia UIN Maulana Malik Ibrahim Malang.

4. Seluruh Dosen pengajar khususnya di Jurusan Kimia yang telah memberikan ilmunya kepada penulis selama kuliah di UIN Maulana Malik Ibrahim Malang.
5. Seluruh staf Laboratorium dan staf administrasi Jurusan Kimia UIN Maulana Malik Ibrahim Malang, Terimakasih atas bantuannya.
6. Teman-teman Kimia khususnya (Lia, Umi, Hesti dan Lu'ul) dan saudara-saudaraku organisasi PSHT UIN Malang.
7. Semua pihak yang tidak tertulis, terima kasih atas bantuan dan dukungannya.

Penulis menyadari sepenuhnya bahwa skripsi ini masih jauh dari kesempurnaan. Oleh karena itu, penulis mengharapkan saran dan kritik yang bersifat membangun kedepannya. Akhirnya, penulis berharap semoga skripsi ini dapat diterima dan hasilnya dapat bermanfaat.

Malang, 23 Januari 2014

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
SURAT PERNYATAAN	ii
LEMBAR PERSETUJUAN	iii
LEMBAR PENGESAHAN	iv
LEMBAR PERSEMBAHAN	v
HALAMAN MOTTO	vi
KATA PENGANTAR	vii
DAFTAR ISI	x
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR GAMBAR	xiv
DAFTAR LAMPIRAN	xv
ABSTRAK	xvi
BAB I PENDAHULUAN	
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	5
1.3. Tujuan Penelitian	5
1.4. Batasan Masalah	5
1.5. Manfaat Penelitian	6
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1. Pemanfaatan Tumbuhan dalam Perspektif Islam	7
2.2. Kelor (<i>Moringa oleifera</i> L.)	9
2.2.1 Biji Kelor sebagai Koagulan	11
2.3. Koagulasi dan Flokulasi	12
2.4. Air Bengawan Solo	16
2.4.1. Parameter Kualitas Air	16
2.4.1.1. Kekeruhan	16
2.4.1.2. Derajat Keasaman (pH)	17
2.5. Jar Test	18
2.6. Spektrofotometer UV-Vis	18
2.7. Kjeldahl-Nessler	19
2.8. Spektrofotometer Inframerah (FTIR)	20
BAB III METODE PENELITIAN	
3.1. Waktu dan Tempat	23
3.2. Alat dan Bahan.....	23
3.2.1. Alat	23
3.2.2. Bahan	23
3.3. Rancangan Penelitian	23
3.4. Tahapan Penelitian	24
3.5. Prosedur Penelitian	25

3.5.1 Pengambilan dan Preparasi Sampel	25
3.5.2 Analisis Kadar Air Koagulan Biji Kelor	25
3.5.3 Preparasi Koagulan Kelor	26
3.5.4 Analisis Koagulan dengan Spektrofotometri FTIR	31
3.5.5 Teknik Analisis Data	32
 BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	
4.1. Preparasi Sampel	33
4.2. Analisis Kadar Air Biji Kelor (<i>Moringa oleifera</i> L.)	34
4.3. Preparasi Koagulan Biji Kelor (<i>Moringa oleifera</i> L.)	35
4.4. Analisis Kadar Lemak Menggunakan Ekstraksi Soxhlet	37
4.5. Analisis Kadar Protein	38
4.5.1. Analisis Kadar Protein Metode Lowry	38
4.5.2. Analisis Kadar Protein Metode Kjeldahl-Nessler	42
4.6. Koagulasi dan Flokulasi (Jar Test)	44
4.6.1. Penentuan Konsentrasi Optimum Larutan Pengekstrak (NaCl) Biji Kelor (<i>Moringa oleifera</i> L.).....	44
4.6.2. Penentuan Konsentrasi Koagulan Optimum Biji Kelor (<i>Moringa oleifera</i> L.)	48
4.6.3. Penentuan Variasi pH Optimum Sampel	52
4.7. Analisis FTIR	54
4.8. Hasil Penelitian dalam Perspektif Islam	58
 BAB V PENUTUP	
5.1. Kesimpulan	64
5.2. Saran	64
 DAFTAR PUSTAKA	 65

DAFTAR TABEL

Tabel 4.1 Perbandingan konsentrasi larutan pengestrak (NaCl) pada biji kelor terhadap penurunan nilai kekeruhan	45
Tabel 4.2 Hasil Variasi pH Sampel Air Bengawan Solo	52

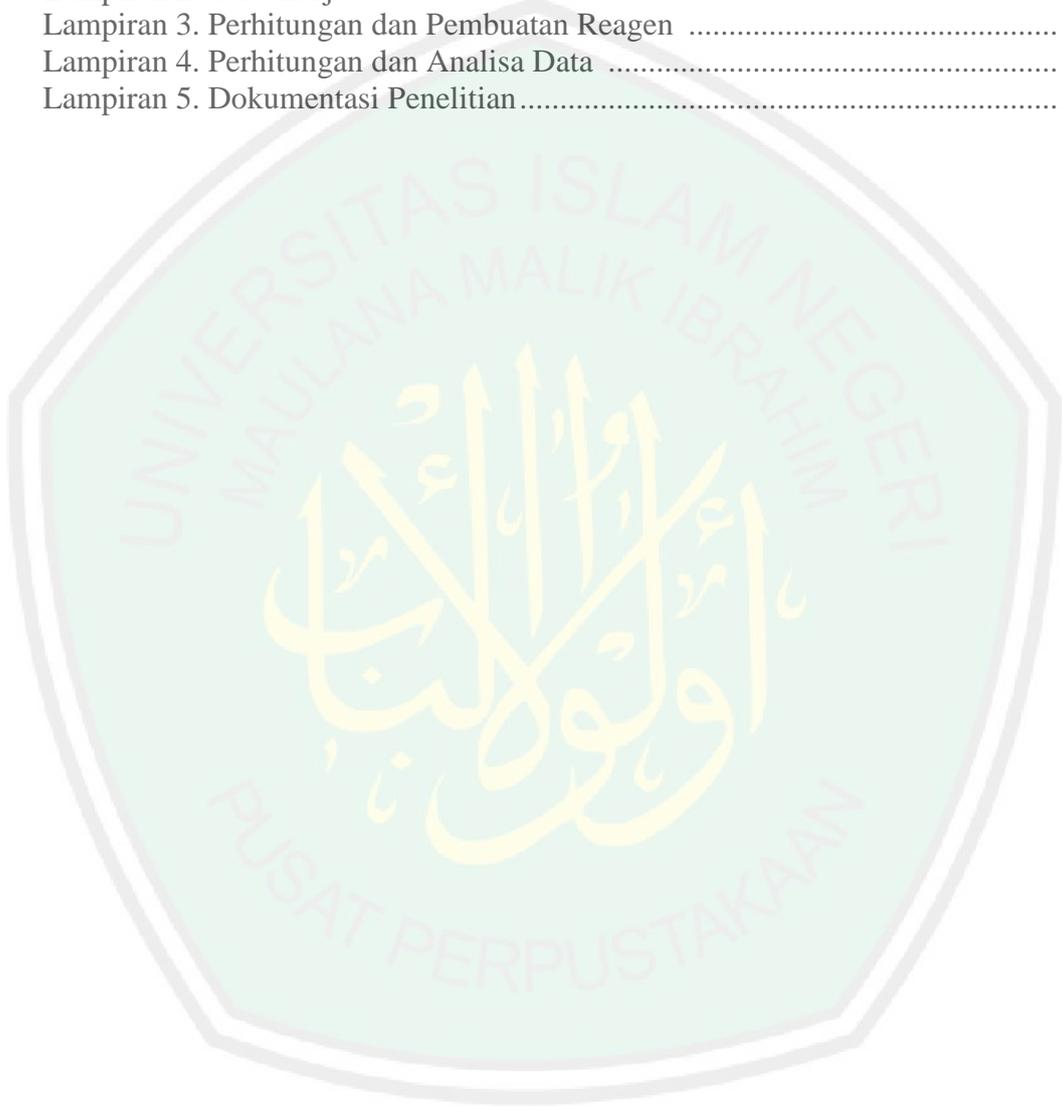


DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	a. Daun dan bunga kelor	10
	b. Buah tanaman kelor	10
	c. Biji kelor kering	10
	d. Biji kelor yang dikupas	10
Gambar 2.2	Mekanisme Koagulasi	13
Gambar 4.1.	Bak penampung pertama <i>Water Treatment</i> air Sungai Bengawan Solo Pusdiklat Migas Cepu	33
Gambar 4.2	Reaksi Protein dengan kation dari garam	36
Gambar 4.3	Kompleks protein dengan Cu^{2+} dalam reagen Lowry B	40
Gambar 4.4	Kurva standar protein (BSA)	41
Gambar 4.5	Hubungan konsentrasi garam dengan kelarutan protein	47
Gambar 4.6	Grafik hubungan pengaruh konsentrasi koagulan terhadap kekeruhan	49
Gambar 4.7	Pengaruh konsentrasi koagulan terhadap perubahan pH	51
Gambar 4.8	Hasil Spektra FTIR dari Koagulan (A), Kaolin (B) dan Endapan hasil koagulasi (C)	56
Gambar 4.9	A. Spektra koagulan kelor (Kwaambwa, 2008), B. Spektra koagulan dalam penelitian	57

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Bagan Alur Penelitian	70
Lampiran 2. Cara Kerja	71
Lampiran 3. Perhitungan dan Pembuatan Reagen	77
Lampiran 4. Perhitungan dan Analisa Data	80
Lampiran 5. Dokumentasi Penelitian	101



ABSTRAK

Sari, Yudita, P. P. R. 2014. **Efektifitas Ekstrak Larutan NaCl Biji Kelor (*Moringa oleifera* L.) Tanpa Lemak sebagai Koagulan Air Sungai Bengawan Solo.**

Pembimbing I: Eny Yulianti, M.Si; Pembimbing II: A. Ghanaim Fasya, M.Si; Konsultan: Rif'atul Mahmudah, M.Si

Kata Kunci: Biji Kelor (*Moringa oleifera* L.), Koagulan, Kekeruhan dan pH.

Biji kelor (*Moringa oleifera* L.) merupakan salah satu tumbuhan yang dikenal berpotensi sebagai koagulan. Penelitian ini bertujuan untuk meningkatkan kemampuan koagulasi dengan cara penghilangan lemak (*delipidation*) dan ekstraksi NaCl selanjutnya diidentifikasi dengan FTIR.

Penghilangan lemak pada biji kelor (*Moringa oleifera* L.) dilakukan dengan metode soxhletasi menggunakan pelarut petroleum eter. Biji kelor diekstraksi menggunakan larutan NaCl dengan variasi konsentrasi (0; 0,5; 1 dan 2 M), hasil terbaik kemudian digunakan sebagai koagulan. Efektifitas biji kelor sebagai koagulan dilihat dari parameter kekeruhan dan pH dapat diketahui dengan memvariasikan konsentrasi koagulan (10, 30, 50, 70 dan 90 ml/L) serta variasi pH sampel (4, 5, 6, 7, 8, 9 dan 10). Identifikasi gugus fungsi dari koagulan, sampel buatan (kaolin) dan endapan hasil koagulan menggunakan FTIR.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa koagulan biji kelor hasil ekstraksi larutan NaCl dapat menurunkan kekeruhan hingga 99,97% sedangkan sampel ekstraksi air mampu menurunkan kekeruhan hingga 91,29%. Konsentrasi koagulan terbaik adalah 10 mL/L dapat menurunkan kekeruhan sampel air sebesar 99,92 % sedangkan parameter pH tidak menunjukkan pengaruh yang nyata. Hasil variasi pH sampel air menunjukkan bahwa pada pH 7 koagulan mampu menurunkan kekeruhan air paling besar dibandingkan pH lainnya yaitu sebesar 99,69 %. Konsentrasi koagulan terbaik diterapkan juga pada sampel buatan (kaolin) yang selanjutnya diidentifikasi gugus fungsinya. Hasil identifikasi gugus fungsi koagulan membuktikan adanya gugus fungsi amina dari protein muncul pada bilangan gelombang 2000-500.

ABSTRACT

Rahmasari, Yudita, P. P. 2014. **Extract Effectivity of NaCl Solution Merunggai Seed (*Moringa oleifera* L.) Without Lipid as Water Coagulant of Bengawan Solo River.**

Supervisor I: Eny Yulianti, M.Si; Supervisor II: A. Ghanaim Fasya, M.Si; Consultant: Rif'atul Mahmudah, M.Si

Keywords: Meringa Seed (*Moringa oleifera* L.), Coagulant, River Water.

Moringa oleifera L. is one of plant known as the coagulant potential. This study aims to improve the ability of coagulation by means of the removal of fat (delipidation) and NaCl extraction are further identified by FTIR.

Removal of fat in the seeds of Moringa (*Moringa oleifera* L.) was conducted using soxhletasi using petroleum ether solvent. Moringa seeds extracted using NaCl solution with various concentration (0, 0.5, 1 and 2 M), the best results are then used as a coagulant. The effectiveness of moringa seed as coagulant views of turbidity and pH parameters can be determined by varying the concentration of coagulant (10, 30, 50, 70 and 90 ml / L) and sample pH variation (4, 5, 6, 7, 8, 9 and 10) . Identification of functional groups coagulant, artificial samples (kaolin) and precipitated coagulant using FTIR results.

The results showed that moringa seed coagulant extracted NaCl solution can reduce turbidity up to 99.97% while the sample is able to decrease the turbidity of water extraction up to 91.29%. The best coagulant concentration was 10 mL / L can reduce the turbidity of water samples at 99.92% and pH parameters showed no significant effect. The results of variation of pH of water samples showed that at pH 7 coagulant able to reduce the turbidity of water other than pH that is equal to 99.69%. The best coagulant concentration applied also to the artificial samples (kaolin), hereinafter identified cluster functions. The results of the identification of functional groups coagulant prove the amine functional groups of the protein appears at wave number 2000-500.

الملخص

راحماساري، ي.ف.ف ٢٠١٤ . فعالية بذور المورينجا استخراج كلوريد الصوديوم الحل (المورينجا أولي فيرا) باعتبارها الدهون تجلط الدم بدون مياه نهر سولو.

المشرفة الأول عيني يوليتي الماجستير، المشرف الثاني: أ. غنائم فشا الماجستير، المستشار: رفعة المحموده الماجستير

الكلمات الأساسية: بذور المورينجا (المورينجا أولي فيرا) ، تجلط الدم، مياه نهر بذور المورينجا (المورينجا أولي فيرا) هو واحد من النباتات المعروفة باسم المحتملة تجلط الدم .تهدف هذه الدراسة إلى تحسين قدرة التخثر عن طريق إزالة الدهون إزالة الشحميات واستخراج كلوريد الصوديوم ويتم تحديد مزيد من قبل التخثر وقد أجريت إزالة الدهون في بذور المورينجا (المورينجا أولي فيرا) باستخدام سوكل تاسي باستخدام المذيبات اثير البترول. بذور المورينجا المستخرجة باستعمال محلول كلوريد الصوديوم مع مختلف التركيز (٥٠، ١٠٠، ١٥٠، ٢٠٠، ٣٠٠، ٤٠٠، ٥٠٠، ٦٠٠، ٧٠٠، ٨٠٠، ٩٠٠، ١٠٠٠) . تحديد المجموعات الوظيفية تجلط الدم، عينات اصطناعية (الكاولين) وعجلت تجلط الدم باستخدام نتائج التخثر. أظهرت النتائج أن بذور المورينجا تجلط الدم المستخرجة حل كلوريد الصوديوم يمكن أن تقلل العكارة تصل إلى ٩٧.٩٩٪ في حين أن العينة هي قادرة على خفض تعكر استخراج المياه تصل إلى ٢٩.٩١٪ . كان أفضل تركيز تخثر ١٠ مل / ل يمكن أن تقلل من التعكر من عينات المياه في ٩٢.٩٩٪ وأظهرت المعلمات درجة الحموضة ليس له تأثير كبير . أظهرت النتائج تباين درجة الحموضة لعينات المياه التي في درجة الحموضة 7 تجلط الدم قادرة على الحد من تعكر المياه الأخرى من درجة الحموضة التي تساوي ٦٩.٩٩٪ . تطبيق أفضل تركيز تجلط الدم أيضا إلى عينات اصطناعية (الكاولين)، وظائف العنقودية التي تم تحديدها فيما بعد . نتائج تحديد المجموعات الوظيفية تخثر إثبات المجموعات الوظيفية أمين من البروتين يظهر في موجة رقم ٢٠٠٠-٥٠٠

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Berbagai makhluk hidup di muka bumi ini baik manusia, hewan maupun tumbuhan bergantung pada air. Air merupakan sumber daya alam yang sangat diperlukan dan harus dilindungi agar tetap bisa dimanfaatkan. Air yang tidak tercemar bersifat tidak berwarna, tidak berasa dan tidak berbau (Muhammad, 2011).

Sungai Bengawan Solo digunakan sebagai sarana irigasi, bahan baku di perusahaan air minum di Cepu dan sumber air baku untuk industri-industri di sekitarnya misalnya industri tekstil, industri pangan maupun industri pertambangan dan lain-lain. Antonius (2009) dalam surat kabar Kompas Ngawi menyebutkan bahwa pada tahun 2006 dan 2007 pencemaran yang terjadi pada aliran sungai Bengawan Solo tergolong berat. Hasil pemantauan Perum Jasa Tirta I di Bojonegoro menyatakan bahwa kadar logam pada air sungai Bengawan Solo telah melebihi ambang batas yang diijinkan yaitu klorin mencapai 0,3 mg/L (yang diijinkan adalah $\leq 0,03$ mg/L), flourida mencapai 1,196 mg/L (yang diijinkan adalah 0,50 mg/L), dan tembaga mencapai 0,04 mg/L (yang diijinkan adalah 0,02 mg/L). Pemantauan yang telah dilakukan oleh Perum Jasa Tirta I Surakarta dilihat dari beberapa parameter fisik dan kimia menunjukkan pencemaran pada kelas 1 dan kelas 2 yang terdiri dari klorin bebas, deterjen, fosfat, minyak/lemak, BOD (*Biochemical Oxygen Demand*), COD (*Chemical Oxygen Demand*), DO (*Dissolved Oxygen*), besi, krom dan tembaga yang telah melampaui ambang batas.

Air yang telah tercemar akan sulit untuk dikembalikan menjadi air bersih. Pencemaran air dapat diketahui dari perubahan warna, bau, maupun kadar bahan polutan lain di dalamnya seperti logam-logam, bahan organik ataupun organisme yang beraktivitas di dalamnya sehingga kita dapat menjaga kelestarian air demi kepentingan bersama. Pengelolaan atau pelestarian lingkungan dalam hal ini adalah air, juga mendapat teguran dari Allah SWT melalui firmanNya dalam surat ar Rum ayat 41:

ظَهَرَ الْفَسَادُ فِي الْبَرِّ وَالْبَحْرِ بِمَا كَسَبَتْ أَيْدِي النَّاسِ لِيُذِيقَهُمْ بَعْضَ الَّذِي عَمِلُوا
لَعَلَّهُمْ يَرْجِعُونَ

“Telah nampak kerusakan di darat dan di laut disebabkan karena perbuatan tangan manusia, supaya Allah merasakan kepada mereka sebahagian dari (akibat) perbuatan mereka, agar mereka kembali (ke jalan yang benar)” (QS ar Rum: 41).

Ayat di atas menegaskan bahwa manusia diciptakan selain untuk beribadah kepada Allah SWT juga sebagai khalifah di bumi yang bertugas memanfaatkan, mengelola dan memelihara alam semesta. Keserakahan dan perlakuan buruk sebagian manusia terhadap alam dapat menyengsarakan manusia itu sendiri dan salah satu contohnya adalah air yang tercemar. Akibat kerusakan lingkungan ini, manusia sebagai khalifah di muka bumi senantiasa dianjurkan untuk membenahi ataupun menanggulangnya.

Pencemaran air dapat dicegah maupun ditanggulangi salah satunya dengan proses pengolahan air menggunakan koagulan. Koagulan adalah bahan kimia yang memiliki kemampuan menetralkan muatan koloid dan mengikat partikel sehingga mudah membentuk gumpalan atau flok (Hammer, 1996). Koagulan

digunakan secara luas dalam pengolahan air limbah maupun air minum. Proses koagulasi didasarkan atas penggumpalan partikel-partikel dalam suatu sistem koloid sehingga dapat terjadi proses pengendapan (Kurniawati, 2004). Proses koagulasi – flokulasi merupakan salah satu cara pengolahan limbah cair untuk menghilangkan partikel - partikel yang terdapat di dalamnya.

Koagulan dapat diklasifikasikan menjadi koagulan alami dan sintetik (Katayon *et al.*, 2005). Koagulan sintetik yang umumnya dipakai adalah garam-garam aluminium sulfat “alum” dan Poli Aluminium Klorida (PAC) (Okuda *et al.*, 2001). Penjernihan dengan aluminium ini juga digunakan oleh unit pengadaan air (*Water Treatment Plant*) di industri minyak dan gas Cepu karena air baku yang digunakan berasal dari air sungai Bengawan Solo yang belum bebas dari pencemaran air sehingga sebelum digunakan airnya dilakukan proses penjernihan.

Penjernihan air dengan menggunakan koagulan aluminium sulfat (tawas) sangat diminati karena tawas dikenal sebagai koagulan yang murah dan mudah diperoleh, tetapi penggunaan tawas sebagai koagulan dapat menimbulkan dampak negatif. Penggunaan tawas dalam waktu tertentu lama - kelamaan akan menimbulkan polutan aluminium yang menyebabkan pencemaran lingkungan. Beberapa penelitian menyebutkan bahwa penggunaan aluminium sebagai koagulan dapat menyebabkan penyakit Alzheimer dan bersifat karsinogenik yang kuat (Mccollister *et al.*, 1964) sehingga diperlukan koagulan alami untuk meminimalisir dampak negatif tersebut. Koagulan alami biasanya berasal dari mikroorganisme, hewan maupun tumbuhan (Lee *et al.*, 1995) yang aman terutama bagi kesehatan manusia.

Moringa oleifera merupakan salah satu tumbuhan yang efektif sebagai koagulan alami. *Moringa oleifera* mempunyai kemampuan sebagai koagulan alternatif dalam pengolahan limbah terutama pada tingkat kekeruhan air yang tinggi (Muyubi dan Evison, 1995).

Moringa oleifera mengandung protein sehingga dapat digunakan sebagai koagulan alami yang dapat meminimalisir polutan air. Hidayat (2006) menyatakan bahwa protein yang terkandung biji kelor berperan sebagai koagulan yang bersifat polielektrolik kationik. Hasil penelitian Husin dan Pandia (2005) menunjukkan bahwa biji kelor dengan waktu pengendapan efektif adalah 4 - 6 jam dapat menurunkan pH sebesar 7,63 %, TDS 72,13 %, dan TSS 78,28 %. Hartati *et al.*, (2008) melaporkan bahwa pada konsentrasi optimum biji kelor 37.500 ppm dapat menurunkan kandungan TSS sebesar 95,57 %, nitrogen total 54,84 %, COD 71,23 %, BOD 78,25 %, dan fenol 78,19 %.

Protein pada *Moringa oleifera* dapat terekstrak baik oleh garam. Hal ini disebabkan kadar elektrolit dalam garam dapat meningkatkan kelarutan protein. Okuda, *et al.* (1999) melaporkan bahwa koagulan biji kelor yang diekstrak menggunakan NaCl 1 M dapat menurunkan kekeruhan mencapai 95 % pada dosis 4 mL/L, sedangkan biji kelor yang diekstrak dengan air hanya mampu menurunkan kekeruhan sebesar 78 % pada dosis 32 mL/L. Hal ini menunjukkan bahwa kelarutan protein yang terkandung dalam *Moringa oleifera* semakin meningkat apabila diekstrak dengan garam.

Moringa oleifera adalah tumbuhan tropis, kaya kandungan kalsium, zat besi, vitamin, mineral, karbohidrat, lemak dan protein (Hidayat, 2006). Serbuk biji

kelor tanpa kulit mempunyai kandungan lemak dan protein masing-masing dalam % berat yaitu 21,1 dan 27,1 (Ndabigengesere *et al.*, 1995 dalam Pandia dan Husin, 2005). Sifat fisik lemak apabila dibiarkan dalam jangka waktu lama akan menimbulkan bau yang tidak enak disebabkan oleh oksidasi lemak menjadi asam lemak bebas ataupun adanya penguraian lemak oleh bakteri (Poedjiadi, 2002), untuk mengatasi hal tersebut maka biji kelor dapat dikurangi atau dihilangkan kadar lemaknya dengan menggunakan metode soxhletasi (Sastrohamidjojo, 2001)

Beberapa hasil penelitian di atas menunjukkan bahwa koagulan alternatif dari biji kelor ini cukup efektif dalam menurunkan kadar polutan dalam air. Pada penelitian ini, biji kelor terlebih dahulu dilakukan proses penghilangan lemak kemudian diekstrak dalam konsentrasi NaCl terbaik sehingga ekstrak yang diperoleh selanjutnya digunakan sebagai koagulan dengan memvariasikan konsentrasi koagulan dan pH untuk mengetahui efektifitasnya dengan parameter pH dan kekeruhan air Sungai Bengawan Solo.

1.2. Rumusan Masalah

1. Berapakah konsentrasi terbaik koagulan ekstrak larutan NaCl biji kelor tanpa lemak sebagai koagulan air Sungai Bengawan Solo?
2. Berapakah variasi pH sampel optimum ekstrak larutan NaCl biji kelor tanpa lemak sebagai koagulan air Sungai Bengawan Solo terhadap pengaruh parameter kekeruhan dan pH setelah koagulasi?

1.3. Tujuan Penelitian

1. Mengetahui konsentrasi terbaik koagulan ekstrak larutan NaCl biji kelor tanpa lemak melalui konsentrasi terbaik sebagai koagulan.

2. Mengetahui variasi pH sampel optimum ekstrak larutan NaCl biji kelor tanpa lemak melalui pH optimum sebagai koagulan terhadap pengaruh parameter kekeruhan dan pH setelah koagulasi.

1.4. Batasan Masalah

1. Sampel utama yang digunakan adalah biji kelor (*Moringa oleifera* L.) yang diperoleh dari daerah Kertosono kabupaten Nganjuk.
2. Sampel air yang digunakan adalah air dari sungai Bengawan Solo.
3. Kondisi yang diamati adalah konsentrasi koagulan dan pH optimum dalam proses koagulasi dari kekeruhan air sungai Bengawan Solo.
4. Pelarut yang digunakan untuk mengekstrak biji kelor adalah konsentrasi NaCl terbaik.

1.5 Manfaat Penelitian

1. Memberikan informasi tentang efektifitas ekstrak NaCl biji kelor sebagai koagulan alternatif.
2. Memberikan informasi kepada masyarakat tentang pemanfaatan ekstrak larutan NaCl biji kelor sebagai koagulan, sehingga dapat menaikkan nilai ekonomis biji kelor.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Pemanfaatan Tumbuhan dalam Perspektif Islam

Islam merupakan salah satu agama yang menuntun pada taraf hidup yang maju dan modern, mengubah dari pemikiran-pemikiran jahiliah ke pemikiran yang benar, baik dan maju. Ajaran Islam menegaskan agar manusia mau memahami isi dunia dengan pengetahuan yang luas. Segala sesuatu yang diciptakan Allah SWT merupakan nikmat yang tidak sia-sia. Dalam firman Allah SWT surat Ali ‘Imran ayat 190–191:

إِنَّ فِي خَلْقِ السَّمَوَاتِ وَالْأَرْضِ وَأَحْتِلَافِ اللَّيْلِ وَالنَّهَارِ لَآيَاتٍ لِّأُولِي الْأَلْبَابِ ﴿١٩٠﴾ الَّذِينَ
 يَذْكُرُونَ اللَّهَ قِيَمًا وَقُعُودًا وَعَلَىٰ جُنُوبِهِمْ وَيَتَفَكَّرُونَ فِي خَلْقِ السَّمَوَاتِ وَالْأَرْضِ رَبَّنَا مَا
 خَلَقْتَ هَذَا بَطْلًا سُبْحَانَكَ فَقِنَا عَذَابَ النَّارِ ﴿١٩١﴾

“Sesungguhnya dalam penciptaan langit dan bumi, dan silih bergantinya malam dan siang terdapat tanda-tanda bagi orang-orang yang berakal, (yaitu) orang-orang yang mengingat Allah sambil berdiri atau duduk atau dalam keadan berbaring dan mereka memikirkan tentang penciptaan langit dan bumi (seraya berkata): "Ya Tuhan Kami, Tiadalah Engkau menciptakan ini dengan sia-sia, Maha suci Engkau, Maka peliharalah Kami dari siksa neraka” (QS Ali ‘Imran: 190 – 191).

Firman Allah SWT dalam surat Ali ‘Imran ayat 190–191 di atas menjelaskan bahwa penciptaan alam semesta ini adalah tanda-tanda kebesaran dan keagungan Allah SWT. Manusia diciptakan mempunyai akal sepantasnya untuk selalu berpikir mencari tahu atas penciptaanNya dengan ilmu pengetahuan masing-masing. Bagi orang-orang yang berfikir (Ulul Albab), Allah menciptakan

alam semesta beserta isinya adalah peristiwa yang tidak mungkin terjadi secara kebetulan. Ulul albab (أولو الألباب) adalah orang yang selalu mengingat (berdzikir) kepada Allah SWT di setiap waktu dan keadaannya dengan akal pikirannya untuk mengambil manfaat atau faedah dari setiap penciptaanNya (Shihab, 2002).

Tumbuhan adalah salah satu sumber daya alam penting yang mewujudkan kebesaran ciptaan Allah SWT. Firman Allah SWT surat Thaahaa ayat 53:

الَّذِي جَعَلَ لَكُمُ الْأَرْضَ مَهْدًا وَسَلَكَ لَكُمْ فِيهَا سُبُلًا وَأَنْزَلَ مِنَ السَّمَاءِ مَاءً فَأَخْرَجْنَا بِهِ
أَنْزُوجًا مِّنْ نَّبَاتٍ شَتَّى ﴿٥٣﴾

“Yang telah menjadikan bagimu bumi sebagai hamparan dan yang telah menjadikan bagimu di bumi itu jalan-jalan, dan menurunkan dari langit air hujan. Maka Kami tumbuhkan dengan air hujan itu berjenis-jenis dari tumbuh-tumbuhan yang bermacam-macam” (QS Thaahaa: 53).

Salah satu bukti akan kebenaran janjiNya akan ciptaanNya yaitu menumbuhkan berbagai macam tumbuh-tumbuhan yang baik akibat proses percampuran tanah (di bumi) dengan air hujan dari langit (Shihab, 2002). Kekuasaan Allah SWT ini juga dipertegas dalam firmanNya surat Luqman ayat 10:

خَلَقَ السَّمَوَاتِ بِغَيْرِ عَمَدٍ تَّرَوْنَهَا ۗ وَالْقَىٰ فِي الْأَرْضِ رَواسِيًا أَنْ تَمِيدَ بِكُمْ ۖ وَنَثَّ فِيهَا مِن كُلِّ دَابَّةٍ
وَأَنْزَلْنَا مِنَ السَّمَاءِ مَاءً فَأَنْبَتْنَا فِيهَا مِن كُلِّ زَوْجٍ كَرِيمٍ ﴿١٠﴾

“Dia menciptakan langit tanpa tiang yang kamu melihatnya dan Dia meletakkan gunung-gunung (di permukaan) bumi supaya bumi itu tidak menggoyangkan kamu; dan memperkembang biakkan padanya segala macam jenis binatang. dan Kami turunkan air hujan dari langit, lalu Kami tumbuhkan padanya segala macam tumbuh-tumbuhan yang baik” (QS Luqman: 10).

Kitab al Qur'an yang penuh dengan ilmu pengetahuan telah menjelaskan mengenai beberapa jenis tumbuhan yang mempunyai berbagai manfaat yang berbeda-beda. Firman Allah SWT dalam surat Luqman ayat 10 tersebut juga menjelaskan bahwa Allah SWT menciptakan alam semesta ini dengan keseimbangannya agar susunan alam semesta ini saling menguatkan. Langit untuk melindungi bumi dan gunung-gunung untuk menjaga geologi tanah terutama dalam hal ini tanah yang ditanami tumbuhan-tumbuhan dan segala macam jenis binatang, ini adalah rezeki, nikmat yang diberikan Allah SWT. Salah satunya adanya tumbuhan yang baik adalah tumbuhan kelor.

Pemanfaatan tumbuhan kelor ini biasa digunakan oleh masyarakat sebagai bahan makanan (sayuran), obat, bahkan dengan kemajuan pengetahuan kelor digunakan sebagai salah satu alternatif bahan pelestarian lingkungan (pengolahan lingkungan) contohnya sebagai koagulan (penjernihan) untuk perbaikan lingkungan. Secara tidak langsung al Qur'an telah menyampaikan bukti tanda-tanda kebesaran Allah dengan ilmu pengetahuan, teknologi dan sosial sebagai perangkat untuk menafsirkan al Qur'an dengan pemahaman bidang ilmu yang lebih luas akan makna ayat-ayat al Qur'an (Pasya, 2004).

2.2. Kelor (*Moringa oleifera* L.)

Tanaman kelor berasal dari daerah sekitar Himalaya dan berkembang sampai ke benua Afrika dan Asia Barat. Sifat kelor yang mudah tumbuh pada tanah kering dan gersang, menjadikan tanaman ini ditanam untuk program pemulihan keadaan geografis di negara Afrika (Ulfah, 2009).

Moringa oleifera L. mempunyai nama lokal yaitu kelor (Jawa, Sunda, Bali, Lampung), Kerol (Bugis), Marangghi (Madura), Moltong (Flores), Kelo (Gorontalo), Keloro (Bugis), Kawano (Sumba), Onggo (Bima), Hau fo (Timor). Tanaman kelor mempunyai ketinggian batang 7-11 meter (Suriawiria, 2005). Kelor dapat berkembang biak dengan baik pada daerah 300-500 meter di atas permukaan laut (Joomla, 2008). Kelor yang terdapat di Indonesia sudah banyak dibudidayakan sebagai tanaman sayur yang dikenal tidak beracun, ramah lingkungan dan perkembangannya dapat diperoleh dari cara stek (Winarno, 2002). Tanaman kelor dapat dilihat pada Gambar 2.1 dibawah ini:



Gambar 2.1 a. Biji kelor kering, b. Biji kelor yang dikupas

Kelor merupakan tumbuhan tropis dari famili Moringaceae yang dalam perkembangannya sebagai sayuran, tumbuhan medis, dan sumber minyak sayur (Morton dalam Katayon, 2005). Taksonomi tanaman kelor (*Moringa oleifera* L.) adalah sebagai berikut (Cronquist, 1991) :

Kindom	: Plantae
Divisio	: Magnoliophyta
Class	: Magnoliopsida
Subclass	: Dilleniidae
Ordo	: Capparales
Family	: Moringaceae
Genus	: Moringa
Spesies	: <i>Moringa oleifera</i> Lamk

Kelor merupakan tumbuhan multiguna, dari semua bagian tumbuhan kelor dapat dimanfaatkan. Daunnya dapat sebagai antibakteri, antitumor, antihipertensi, antianemia, antioksidan, mengobati penyakit Herpes simplex Virus (HSV-1), bronkitis, disentri dan sebagainya. Kulit kayunya dapat dimanfaatkan sebagai antitumor, epilepsi, dan sakit kepala. Akarnya dapat dimanfaatkan diare, asma, diuretik dan bunganya bermanfaat sebagai antitumor. Bijinya banyak mengandung mineral, vitamin dan dapat dimanfaatkan sebagai antibiotik (Fahey, 2005).

2.2.1. Biji kelor sebagai koagulan

Tumbuhan kelor yang sangat multiguna ini mempunyai peluang besar menjadi tanaman paling populer dari tumbuhan tropis yang kurang dimanfaatkan. Biji kelor mempunyai kandungan protein yang tinggi (Winarno, 2002). Protein yang terkandung pada biji kelor berperan sebagai koagulan yang bersifat polielektrolit kationik dengan menetralkan muatan-muatan partikel koloid sehingga dapat menimbulkan terjadinya flok yang membesar dan mengendap yang aman berbadang lurus dengan semakin lamanya waktu pengendapan (Hidayat, 2006). Kelarutan protein ini akan semakin tinggi dengan semakin bertambahnya kadar elektrolit dilingkungan sekitarnya (Okuda, 1999). Kelarutan suatu protein dapat ditingkatkan dengan penambahan garam melalui proses salting-in.

Penelitian tentang biji kelor ini sangat banyak, salah satunya yang efektif sebagai bioflokulan. Bioflokulan merupakan eksplorasi dari sumber-sumber alami untuk mendapatkan agen flokulan alternatif. Penelitian Hidayat (2003),

menunjukkan bahwa proses pengolahan limbah pulp dan kertas menunjukkan bahwa dalam konsentrasi 1500 ppm dalam 8 menit 20 detik penyisihan yang dicapai yaitu 75% COD; 81,49% BOD; 18,45% TSS; 91,74% turbiditasnya dan 67,79% nilai warna. Aplikasinya dalam limbah tekstil pada penelitian yang dilakukan oleh Chandra (1998) menunjukkan bahwa biji kelor dapat menurunkan kandungan lumpur limbah menjadi 70 ml per liter, 62% BOD dan menghasilkan degradasi warna sampai 98%, mampu menurunkan nilai kekeruhan sebesar 80,7% (Aslamiah, 2013). Penguraian secara biologis dengan dosis 150 mg/L menunjukkan penyisihan 90% turbiditas; 40% TDS; 83% TSS; 61,5% BOD dan 19% COD, hasil penelitian tersebut dilakukan pada proses pengolahan air lindi TPA Benowo (Dwiryanti, 2005).

Konsentrasi koagulan biji kelor dapat digunakan secara optimal sesuai karakteristik air. Hasil penelitian Nugeraha, dkk. (2010) dengan menggunakan perbedaan karakteristik air limbah yang berbeda untuk menentukan dosis optimum dan efektivitas biji kelor menunjukkan bahwa dengan tiga sumber sampel yaitu sampel A, B, dan C. Pada sampel A terjadi penurunan 99,93% TSS; 99,71% total Fe dan 10,84% total Mn dengan dosis optimum 1,50 gr/L. Pada sampel B terjadi penurunan 91,52% TSS, 85,47% total Fe dan 0,53% total Mn dengan dosis optimum 0,50 gr/L. Pada sampel C terjadi penurunan sebesar 99,29% TSS; 99,43% total Fe dan 50,54% total Mn dengan dosis optimum 1,25gr/L. Penelitian ini dapat menunjukkan kinerja biji kelor akan dipengaruhi karakteristik sumber air limbah dan sifat polutan yang berbeda pada tiap sampel yang berbeda. Pada penelitian ini juga didapatkan informasi bahwa dengan

penambahan koagulan biji kelor tidak terlalu signifikan terhadap perubahan pH sehingga meminimalisir penggunaan bahan kimia khususnya untuk kontrol pH setelah dilakukan proses koagulasi. Penelitian yang dilakukan oleh Aslamiah (2013) menunjukkan bahwa penggunaan koagulan biji kelor dengan dosis sebesar 80 mL/L membuat sampel air limbah berada pada pH 7,34 yang mampu menurunkan nilai kekeruhan sebesar 80,7 %.

Biji kelor selain mengandung vitamin dan karbohidrat juga mengandung lemak. Serbuk biji kelor tanpa kulit mempunyai kandungan lemak dan protein masing-masing dalam % berat yaitu 21,1 dan 27,1 (Ndabigengesere dkk 1995 dalam Pandia dan Husin, 2005). Hasil penelitian Rizky dan Aslamiah (2013) menunjukkan kadar proteinnya sebesar 3348 ppm dan kadar lemaknya 800 ppm. Besarnya kandungan protein ini yang dimungkinkan berperan sebagai koagulan, untuk memaksimalkan peran koagulan biji kelor tersebut perlu dilakukan ekstraksi kandungan organik lainnya selain protein salah satunya penghilangan lemak. Penurunan kandungan organik (produk minyak) atau penghilangan lemak dapat melalui proses penghilangan lemak (*delipidation*) (Ali *et al.*, 2009 dan Okuda, 2001). Hal ini dilakukan dalam penelitian Okuda (2001), dengan cara mengisolasi dan mempurifikasi ekstrak biji kelor dengan tahapan *dialysis*, *deionized*, *delipidation* dan pertukaran ion menunjukkan bahwa koagulan biji kelor dengan pengestrak NaCl 1 M dapat menurunkan kekeruhan sebesar mencapai 95 % pada dosis 4 mL/L. Hasil penelitian lain menunjukkan bahwa biji kelor yang melalui proses penghilangan lemak menggunakan pelarut n-Heksan

dapat menghilangkan kekeruhan mencapai 96,23% pada konsentrasi ekstrak NaCl 1 M (Ali *et al.*, 2009).

2.3. Koagulasi dan Flokulasi

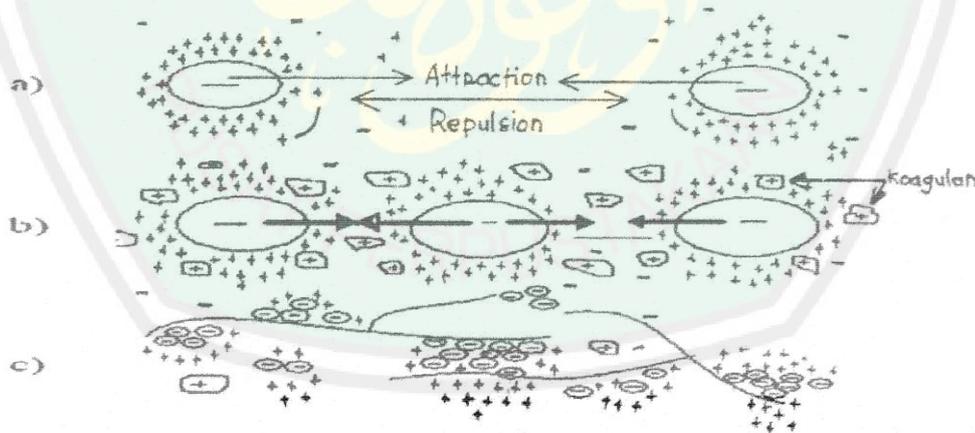
Koagulasi dan flokulasi merupakan serangkaian proses yang meliputi penstabilan partikel untuk pertumbuhan partikel dan interaksi kontak diantara partikel-partikel koloid sehingga terjadi proses pengendapan flok-flok. Tujuan utama koagulasi dan flokulasi yaitu agar terpisahkan koloid yang terdapat pada air baku.

Koagulasi adalah destabilisasi partikel yang mengelilingi permukaan karena adanya interaksi lapisan ganda yang bermuatan listrik yang telah diberikan koagulan. Proses koagulasi memiliki dua langkah yang penting yaitu (Notodarmojo *et al.*, 2004) :

1. Partikel dalam air sampel yang diolah secara kimiawi untuk membuat keadaan yang tidak stabil. Hal ini termasuk juga dalam penambahan satu atau lebih bahan kimia dalam bak *rapid mixing*.
2. Destabilisasi partikel yang nantinya akan menyebabkan adanya kontak dari masing-masing partikel sehingga terjadi pembentukan agregat dan ini terjadi di bak flokulasi dengan pengadukan lambat.

Sedangkan flokulasi merupakan partikel yang terdestabilisasi dan diikuti pembentukan endapan flok. Mekanisme koagulasi dan flokulasi terdiri dari 3 tahap (Hammer 1996 dalam Aslamiah, 2013):

1. Kondisi dimana tidak stabil yang artinya partikel koloid dalam air yang bermuatan listrik sama (misalnya negatif), akan saling tolak menolak dan tidak dapat mendekat.
2. Kondisi destabilisasi koloid yaitu jika ditambahkan ion logam, misalnya yang berasal dari PAC atau dengan menambahkan biokoagulan seperti *Moringa oleifera*, maka akan terjadi pengurangan gaya repulsi sesama koloid yang menyebabkan koloid saling mendekat dan membentuk mikroflokk.
3. Mikroflokk-mikroflokk tersebut cenderung untuk bersatu dan membentuk makroflokk karena sudah mengalami destabilisasi dan akhirnya mengendap. Oleh karena itu proses koagulasi dan flokulasi dapat terjadi berurutan atau dapat pula terjadi secara bersamaan.



Gambar 2.2 Mekanisme Koagulasi a) gaya yang ditunjukkan oleh partikel koloid pada kondisi stabil. b) destabilisasi partikel koloid oleh penambahan koagulan. c) pembentukan flokk-flokk yang terikat membentuk benang panjang (Hammer, 1996 dalam Aslamiah, 2013).

Beberapa faktor yang mempengaruhi kecepatan pengendapan (koagulasi) partikel koloid (Kurniawati, 2004) yaitu:

1. Konsentrasi koagulan

Penetralan muatan negatif dari partikel koloid ini akan mempengaruhi kemampuan koagulasi, sehingga banyaknya partikel yang ternetralkan akan semakin banyak dengan meningkatnya konsentrasi yang diberikan, tetapi hal ini tidak selalu berbanding lurus karena dengan tipe partikel yang berbeda diperlukan koagulan yang berbeda pula (yang lebih sesuai/lebih spesifikasi koagulan).

2. pH lingkungan

pH ini keadaannya akan berdampak sebaliknya dengan kondisinya, artinya dengan pH rendah koagulan akan bermuatan positif sehingga semakin besar pula upaya penetralan partikel.

3. Efek pengadukan

Tujuan dari pengadukan adalah untuk meningkatkan interaksi persinggungan antara koagulan dengan partikel koloid sehingga didapat hasil optimal penetralan muatan negatif dari partikel.

4. Urutan penambahan bahan pengolah

Urutan penambahan pereaksi disini agar daya netralisasi koagulan yang ditambahkan dapat diberdayakan secara baik.

Mekanisme destabilisasi koloid dibagi menjadi 4 tipe, yaitu (Amirtharajah O'Melia (1990); dan Raju (1995) dalam Hidayat (2006)):

- a. Kompresi (penekanan) lapisan ganda. Interaksi koagulan terhadap satu partikel koloid murni bersifat elektrostatik. Ion koagulan yang memiliki muatan elektrik yang sama dengan koloid akan ditolak, sedangkan yang memiliki muatan elektrik berbeda akan ditarik. Apabila koagulan dengan

konsentrasi tinggi ditambahkan ke dalam dispersi koloid, maka konsentrasi ion berbeda akan meningkat sehingga ketebalan lapisan ganda akan berkurang.

- b. Adsorpsi dan netralisasi muatan. Muatan elektrik partikel koloid dapat dinetralisasi oleh molekul yang berbeda muatan yang memiliki kemampuan mengadsorpsi koloid.
- c. Penjaringan dalam suatu presipitasi. Konsentrasi koagulan yang memadai atau berlebihan, diperlukan untuk membentuk endapan logam hidroksida, sehingga partikel koloid dapat dijaring dan mengendap bersama.
- d. Adsorpsi dan jembatan antar partikel. Polimer organik sintesis sering digunakan sebagai agen destabilisasi dalam pengolahan air dan air limbah. Polimer ini mempunyai rantai panjang, muatan polimer dapat mendestabilisasi koloid melalui formasi jembatan. Salah satu sisi muatan rantai polimer dapat melekat atau mengadsorpsi pada satu sisi koloid. Sementara sisi molekul polimer lain meluas ke dalam larutan. Bila sisi yang meluas ini berikatan dengan koloid akan terikat bersama secara efektif dan disebut flok.

Proses koagulasi dan flokulasi dapat dijelaskan secara umum yaitu serangkaian proses yang meliputi destabilisasi muatan partikel karena adanya penambahan koagulan. Penyebaran pusat-pusat aktif partikel yang tidak stabil akan saling mengikat partikel-partikel pada air keruh (pembentukan inti endapan) kemudian proses pengendapan flok-flok (penggabungan inti endapan) dan yang terakhir terjadi proses pengendapan flok pada bak pengendapan (Metcalf, 1994).

2.4. Air Sungai Bengawan Solo

Sumber daya air dalam Undang-Undang Nomor 7 tahun 2004 tentang wilayah sungai adalah kesatuan wilayah pengelolaan sumber daya air dalam satu atau lebih daerah aliran sungai dan/atau pulau-pulau kecil yang luasnya kurang dari atau sama dengan 2.000 km². Sungai mengalir dari hulu dalam kondisi kemiringan lahan yang curam berturut-turut menjadi agak curam, agak landai, landau dan relatif rata. Sejalan dengan alur aliran air daerah hilir merupakan tempat akhir dari suplai proses pembuangan limbah cair yang berasal dari hulu (Wiwoho, 2005 dalam Yuliasuti, 2011).

Sungai Bengawan Solo mengalir dari perbatasan Provinsi Jawa Tengah dengan Provinsi Jawa Timur (desa Laren) sampai muara (PERGUB/JATIM/No.61/2010). Sungai Bengawan Solo digunakan sebagai sarana irigasi, bahan baku di perusahaan air minum di Cepu dan sumber air baku untuk industri-industri di sekitarnya misalnya industri tekstil, industri pangan maupun industri pertambangan dan lain-lain. Aktifitas penggunaan air tersebut menghasilkan limbah, apabila pembuangan limbah tersebut tidak dilakukan proses pengolahan terlebih dahulu dapat menyebabkan pencemaran air sehingga perlu diperhatikan kualitas air sungai tersebut.

Kualitas air dapat diketahui dengan uji bau, warna, suhu, kekeruhan, padatan terlarut, pH, oksigen terlarut, BOD, kadar logam didalamnya maupun keberadaan plankton dan bakteri (Yuliasuti, 2011). Pada penelitian yang telah dilakukan Khoiroh dan Hadi (2010), karakteristik air PDAM Cepu memiliki tingkat kekeruhan antara (100-200) NTU. Pencemaran air Sungai Bengawan Solo

dalam surat kabar Kompas Ngawi Antonius (2009) menyebutkan bahwa pada tahun 2006 dan 2007 pencemaran yang terjadi pada aliran sungai Bengawan Solo tergolong berat. Hasil pemantauan Perum Jasa Tirta I di Bojonegoro menyatakan bahwa kadar logam pada air sungai Bengawan Solo telah melebihi ambang batas yang diijinkan yaitu Klorin mencapai 0,3 mg/L (yang diijinkan adalah $\leq 0,03$ mg/L), Flourida mencapai 1,196 mg/L (yang diijinkan adalah 0,50 mg/L), dan Tembaga mencapai 0,04 mg/L (yang diijinkan adalah 0,02 mg/L). Pemantauan yang telah dilakukan oleh Perum Jasa Tirta I Surakarta dilihat dari beberapa parameter fisik dan kimia menunjukkan pencemaran pada kelas 1 dan kelas 2 yang terdiri dari klorin bebas, deterjen, phospat, minyak/lemak, BOD, COD, DO, besi, krom dan tembaga yang telah melampaui ambang batas.

2.4.1. Parameter Kualitas Air

Air merupakan salah satu sumber daya alam yang sangat penting, contohnya sumber air yang berasal dari sungai untuk sumber air minum. Pentingnya peran air dalam kehidupan sehari-hari diperlukan adanya pengelolaan dan pengendalian pencemaran air. Hal ini juga diatur oleh menteri kesehatan nomor 907 tahun 2002 tentang syarat-syarat dan pengawasan kualitas air minum seperti pada Tabel 2.1:

Tabel 2.1. Parameter Pengawasan Kualitas Air Minum

Parameter	Satuan	Kadar Maksimum yang diperbolehkan
Kesadahan	mg/l	500
Sodium	mg/l	200
pH	-	6,5-8,5
Warna	TCU	15
Kekeruhan	NTU	5
Temperatur	°C	Suhu udara ± 3 °C
Klorida	mg/l	250

Sumber: Keputusan Menteri Kesehatan no:907/Menkes/SK/VII/2002

Salah satunya menyebutkan kadar maksimum yang diperbolehkan pada parameter kesadahan 500 mg/l, kekeruhan 5 NTU, pH sebesar 6,5-8,5 dan warna yaitu 15 TCU (Lampiran 6). Adapun parameter yang digunakan dalam penelitian ini adalah kekeruhan dan pH air.

2.4.1.1. Kekeruhan

Kekeruhan dapat dilihat dari banyaknya cahaya yang diserap dan dipantulkan oleh bahan-bahan yang terdapat di dalam air karena adanya sifat optis air. Kekeruhan ini terjadi karena adanya korelasi positif dari suspensi dari bahan organik maupun anorganik yang terdapat di air, sehingga semakin tinggi nilai padatan tersuspensi berbanding lurus dengan nilai kekeruhan tetapi padatan terlarut tidak selalu sebanding dengan tingginya kekeruhan (Effendi, 2003).

Kekeruhan berbanding lurus dengan konsentrasi dan ketebalan. Kekeruhan akan menghambat penyinaran matahari ke dalam perairan. Prinsip spektroskopi absorpsi dapat digunakan pada turbidimeter. Turbidimeter merupakan alat yang digunakan untuk menganalisa kekeruhan. Pengukuran alat ini adalah absorpsi dari partikel yang tersuspensi (Khopkar, 2003).

2.4.1.2. Derajat Keasaman (pH)

Derajat keasaman (pH) merupakan suatu parameter penting untuk menentukan kadar asam/basa dalam air. Penentuan pH merupakan tes yang paling penting dan paling sering digunakan pada kimia air. pH digunakan pada penentuan alkalinitas, CO₂, serta dalam kesetimbangan asam basa. Pada temperatur yang diberikan, intensitas asam atau karakter dasar suatu larutan diindikasikan oleh pH dan aktivitas ion hidrogen. Perubahan pH air dapat menyebabkan berubahnya bau, rasa, dan warna. Pada proses pengolahan air

seperti koagulasi, desinfeksi, dan pelunakan air, nilai pH harus dijaga sampai rentang dimana organisme partikulat terlibat (Effendi, 2003).

Air minum sebaiknya netral, tidak asam/basa, untuk mencegah terjadinya pelarutan logam berat dan korosi jaringan distribusi air minum. pH standar untuk air minum sebesar 6,5 – 8,5. Air adalah bahan pelarut yang baik sekali, maka dibantu dengan pH yang tidak netral, dapat melarutkan berbagai elemen kimia yang dilaluinya.

Mackereth *et al.* (1989) dalam Effendi (2003) berpendapat bahwa pH juga berkaitan erat dengan karbondioksida dan alkalinitas. Semakin tinggi nilai pH, semakin tinggi pula nilai alkalinitas dan semakin rendah kadar karbondioksida bebas. Larutan yang bersifat asam (pH rendah) bersifat korosif. pH juga mempengaruhi toksisitas suatu senyawa kimia. Toksisitas logam memperlihatkan peningkatan pada pH rendah.

2.5 Jar Test

Jar Test merupakan percobaan proses pengolahan air dan air limbah untuk menentukan kondisi operasi optimum yang dilakukan dengan skala laboratorium. Jar test digunakan untuk menentukan dosis koagulan yang optimum dengan alat *Floc tester* yang dilengkapi dengan alat-alat gelas dan pengaduk yang sempurna, tetapi dapat dilakukan juga secara sederhana menggunakan pengaduk sederhana misalnya *bamboo*.

Metode *jar test* dengan dibubuhkannya koagulan ke sampel untuk dilakukan pengadukan di laboratorium yang berguna untuk mensimulasi kondisi pengadukan. Alat ini memberikan keefektifitasan pada intensitas pengadukan dan waktu pengadukan sehingga mempengaruhi ukuran flok dan densitas. Selain itu

juga dapat digunakan untuk menguji beberapa variasi dosis koagulan yang sesuai dengan mengatur juga kecepatan dan waktu pengadukan (Lee, 1999).

2.6. Spektrofotometer UV-Vis

Spektrofotometer merupakan suatu instrumen fisika kimia yang mempunyai monokromator celah (*slit*) pada bidang datar yang lebarnya bisa diatur. Spektrofotometer merupakan instrumen fisika kimia yang mempunyai detektor yang bersifat fotoelektrik atau bersifat sensing foton (Sastrohamidjojo, 2001).

Spektrofotometer UV-Vis dapat digunakan untuk analisis kualitatif maupun kuantitatif (Rohman *et al.*, 2010). Analisis kuantitatif dengan mengetahui spektrum absorbansi hingga diperoleh λ maks dari unsur atau senyawa. λ maks berarti menunjukkan absorbansi maksimum selanjutnya dibuat kurva standart (dengan membuat preparasi larutan standart) dan kurva standart lalu dihitung nilai konsentrasi sampel (Basset, 2000). Jumlah radiasi yang terabsorpsi oleh sampel dalam hukum Lambert beer dijadikan dasar analisis kuantitatif spektrofotometer dengan rumus (Rohman *et al.*, 2010) :

$$A = \log 1/T = \log I/I_0 = a.b.c = -\log T$$

Keterangan: A = Absorbansi
 a = Absorpsivitas
 b = Tebal kuvet
 c = Konsentrasi larutan (mol/L)
 T = Transmittan

Pembacaan serapan menggunakan UV Vis ini dapat mendukung analisis protein dengan metode Lowry yang merupakan salah satu metode untuk menentukan kadar protein dalam suatu bahan. Pembentukan senyawa kompleks

yang bereaksi dengan reagen lowry yang menimbulkan warna dapat di analisis serapannya menggunakan UV Vis.

2.7. Kjeldahl-Nessler

Metode kjeldahl adalah salah satu metode analisis protein selain metode spektrofotometer ataupun Lowry. Metode kjeldahl merupakan analisis untuk menentukan nitrogen total pada asam amino, protein, dan senyawa yang mengandung nitrogen. Prinsip analisa dalam metode ini adalah zat organik yang mengandung N, dirubah menjadi amoniak. Proses tersebut melalui beberapa tahap yang melibatkan beberapa pereaksi yaitu H_2SO_4 dan katalis (Alaerts dan Santika, 1989).

Ketelitian dan batas deteksi metode ini mempunyai ketepatan analisa berkisar antara 9 sampai 50 %. Selanjutnya, N-amoniak yang terlarut hasil destruksi tanpa destilasi dapat ditentukan dengan cara Nessler. Destilasi dilakukan ketika sampel hasil destruksi masih cukup keruh > 10 NTU, sehingga ketika sampel < 10 NTU proses dapat langsung dilanjutkan analisa menggunakan Nessler (Alaerts dan Santika, 1989).

Metode Nessler didalamnya terjadi reaksi antara NH_3 dengan reagen nessler yang menyebabkan sampel larutan bersifat basa yang menghasilkan warna kuning-coklat. Warna yang terbentuk tersebut dapat dilihat serapannya sehingga dapat ditentukan kadar NH_3 yang terkandung dalam sampel, karena intensitas yang terjadi berbanding lurus dengan konsentrasi NH_3 dalam sampel (Alaerts dan Santika, 1989).

2.8. Spektrofotometer Inframerah (FTIR)

Spektrofotometer Fourier Transform Infra Red (FTIR) merupakan pengembangan spektrofotometer inframerah dalam sistem optiknya, adalah salah satu instrumen yang digunakan untuk menganalisis atau mengidentifikasi senyawa secara kualitatif dan kuantitatif yang dilengkapi dengan pustaka yang bervariasi untuk berbagai jenis senyawa organik maupun anorganik (Mulja, 1995).

Metode spektroskopi inframerah adalah suatu metode yang meliputi teknik serapan (*absorption*), teknik emisi (*emission*), teknik fluoresensi (*fluorescence*) dengan komponen medan listrik yang banyak berperan dalam spektroskopi. Berdasarkan pembagian daerah panjang gelombang, instrumentasi dan spektrum inframerah dibagi atas 3 daerah yaitu daerah inframerah dekat, pertengahan dan jauh (Day, 1989).

Metode spektroskopi inframerah dapat digunakan untuk mengidentifikasi suatu senyawa yang belum diketahui. Metode ini banyak dipakai karena (Skoog, 1998) :

1. Cepat dan relatif murah.
2. Dapat digunakan untuk mengidentifikasi gugus fungsional dalam molekul.
3. Spektrum inframerah yang dihasilkan oleh suatu senyawa adalah khas. Oleh karena itu dapat menyajikan sebuah sidik jari untuk senyawa tersebut.

Adapun kelebihan utama dari spektrofotometer Fourier Transform Infra Red (FTIR) adalah (Skoog, 1998):

1. Dapat digunakan pada semua frekuensi dari sumber cahaya secara simultan sehingga analisis dapat dilakukan lebih cepat dari pada menggunakan cara pemindaian.
2. Sensitifitas dari metode FTIR lebih besar dari pada cara dispersi (infra Red), sebab radiasi yang masuk ke sistem detektor lebih banyak (karena tanpa harus melalui celah).

Proses penyerapan energi akan menaikkan amplitudo gerakan vibrasi ikatan dalam molekul. Namun tidak semua ikatan dalam molekul dapat menyerap energi inframerah hanya ikatan yang mempunyai momen dipol yang dapat menyerap radiasi IR. Besarnya perbedaan muatan dan jarak antara dua inti dapat menentukan momen dipol. Sedangkan molekul-molekul yang tidak mempunyai momen dipol tidak akan terjadi rotasi vibrasi karena tidak menyerap radiasi inframerah, posisi relatif atom dalam molekul tidaklah tetap tapi berfluktasi secara kontinu (Skoog, 1998).

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Waktu dan Tempat

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Dasar Kimia dan Water Treatment pusdiklat migas Cepu, Blora-Jawa Tengah dan Laboratorium Kimia UIN Malang pada bulan Juli-November 2013.

3.2. Alat dan Bahan

3.2.1. Alat

Alat-alat yang digunakan pada penelitian ini adalah seperangkat alat nephelometric, seperangkat pH meter, seperangkat ekstraksi soxhlet, seperangkat alat kjeldahl, seperangkat spektrofotri FTIR, botol plastik sampel, cawan penguap, pipet volume 25 ml, oven, beaker glass 100 ml, labu ukur 50 ml, erlenmeyer 100 ml dan 250 ml, gelas ukur 50 ml, 100 ml dan 150 ml, hot plate, mikro pipet, buret 50 ml, labu ukur 100 ml.

3.2.2. Bahan

Bahan-bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah biji kelor, sampel air, aquades, tissue, NaCl, BSA (bovin serum albumin), petroleum-ether, H₂SO₄, NaOH, reagen Lowry A, reagen Lowry B, tablet kjeldahl, reagen nessler, asam trikloroasetat (TCA).

3.3. Rancangan Penelitian

Penelitian ini dilakukan melalui pengujian eksperimental di laboratorium. Sampel yang diambil adalah air sungai Bengawan Solo yang ditampung oleh

pusdiklat migas dan biji kelor sebagai bahan koagulannya. Tahap pertama yang dilakukan adalah preparasi sampel kemudian preparasi sampel koagulan, dilanjutkan dengan penentuan kadar air sampel basah dan sampel kering dari sampel koagulan. Kemudian serbuk sampel diekstraksi soxhlet dengan pelarut 170 mL petroleum eter, suhu 30 °C sampai diperoleh filtrat yang pucat. Kemudian sampel sebelum dan sesudah soxhlet di analisis kadar lemak dengan metode soxhletasi dan proteinnya dengan metode kjedahl-nessler.

Residu yang diperoleh selanjutnya dilakukan 4 variasi konsentrasi larutan NaCl untuk mengetahui konsentrasi terbaiknya yang akan digunakan untuk mengekstrak bahan koagulan dengan menggunakan konsentrasi koagulan tetap. Kemudian dilakukan analisis kadar protein pada konsentrasi larutan NaCl terbaik. Konsentrasi larutan NaCl terbaik dipakai untuk proses selanjutnya yaitu proses koagulasi-flokulasi dilakukan dengan alat *jar test*. Konsentrasi koagulan yang digunakan adalah 5 variasi koagulan sehingga diperoleh konsentrasi koagulan optimum yang kemudian digunakan untuk mengetahui pH terbaik koagulan dari 5 variasi pH. Kemudian analisis spektrofotometri FTIR, pada analisis ini sampel yang dipakai adalah koagulan hasil ekstraksi larutan NaCl terbaik dan endapan koagulasi. Data kualitas parameter didapat dari analisis kualitas kekeruhan dan pH sampel.

3.4. Tahapan Penelitian

- Preparasi sampel
- Analisis kadar Air
- Preparasi koagulan kelor

- Percobaan koagulasi (*Jar Test*)
- Analisis FTIR
- Analisis data

3.5. Prosedur Penelitian

3.5.1 Pengambilan dan Preparasi Sampel

Sampel air baku yang digunakan adalah air sungai Bengawan Solo diambil menggunakan alat yang telah tersedia (botol plastik sampel dan gayung dengan pegangan panjang). Botol dan gayung dibilas dengan air sampel sampai minimal tiga kali pembilasan. Air sampel diambil dengan gayung dan dimasukkan dalam botol plastik. Kemudian botol yang telah terisi ditutup kembali dan diletakkan dilemari pendingin dengan suhu $4\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ (Clesceri, *et al.*, 1998).

3.5.2 Analisis Kadar Air Koagulan Biji Kelor

Analisis kadar air dilakukan pada biji kelor (*Moringa olifera* L.). Analisa kadar air dilakukan dengan metode *thermografi* yaitu dengan pemanasan, dilakukan pada sampel basah dan sampel kering (hasil preparasi). Sebelumnya cawan ditimbang terlebih dahulu, kemudian dipanaskan dalam oven pada suhu $100\text{-}105\text{ }^{\circ}\text{C}$ sekitar 15 menit untuk menghilangkan kadar airnya. Cawan yang telah dipanaskan disimpan dalam desikator sekitar 10 menit. Cawan tersebut selanjutnya ditimbang dan dilakukan perlakuan sama sampai diperoleh berat cawan konstan (berat cawan kosong).

Sampel biji kelor ditumbuk kasar menggunakan mortar, kemudian ditimbang sebanyak 5 gram. Sampel biji kelor dimasukkan ke dalam cawan yang telah diketahui berat konstannya dan dikeringkan dalam oven pada suhu $100\text{-}105$

°C selama ± 1 jam untuk menghilangkan kadar air dalam sampel, kemudian sampel disimpan dalam desikator sekitar ± 30 menit dan ditimbang, perlakuan ini diulangi sampai didapatkan berat konstan. Kadar air dalam sampel biji kelor dihitung menggunakan rumus berikut :

$$\text{Kadar air} = \frac{(b-c)}{(b-a)} \times 100 \%$$

Keterangan : a = berat konstan cawan kosong

b = berat cawan + sampel sebelum dikeringkan

c = berat konstan cawan + sampel setelah dikeringkan

$$\text{Faktor koreksi} = \frac{100}{100 - \% \text{ kadar air}}$$

3.5.3 Preparasi Koagulan Kelor

Buah kelor yang sudah tua di pohon kemudian dikupas bijinya lalu dibersihkan dari kulit arinya (berwarna coklat) sehingga diperoleh biji kelor yang berwarna putih. Selanjutnya dihaluskan sampai menjadi serbuk dengan menggunakan cawan porselen dan alunya sehingga didapat serbuk biji kelor. Kemudian dilanjutkan proses ekstraksi lemak dan protein, ekstraksi lemak dilakukan dengan metode soxhletasi menggunakan soxhlet yaitu ditimbang sebanyak 10 gram dimasukkan dalam labu pemanas lalu ditambahkan 170 mL petroleum eter kemudian diuapkan dengan suhu 30 °C melalui 3 kali siklus masing-masing 30 menit sampai pelarut berwarna pucat sehingga didapat terpisahnya filtrat dan residunya sedangkan analisis protein menggunakan metode Lowry dan Kjeldahl-Nessler. Residu hasil ekstraksi lemak biji kelor dapat disimpan disuhu ruangan 23 ± 2 °C maupun langsung digunakan untuk langkah percobaan berikutnya yaitu proses koagulasi flokulasi.

3.5.3.1. Uji Kadar Protein dan Lemak

3.5.3.1.1. Analisis Kadar Protein Larutan Ekstrak NaCl Biji Kelor Metode Lowry

i. Penentuan Panjang Gelombang Optimum Analisis Protein

Larutan stok Bovine Serum Albumin (BSA) 300 ppm (30 mg BSA/100 mL) dipipet sebanyak 1 mL dan dimasukkan ke dalam tabung reaksi. Selanjutnya ditambahkan 8 mL reagen Lowry B, divorteks dan didiamkan 15 menit. Kemudian ditambahkan 1 mL reagen Lowry A, divorteks lalu didiamkan selama 20 menit. Panjang gelombang yang dipakai 400 – 800 nm hingga diketahui panjang gelombang optimumnya. Blanko dibuat sama kecuali larutan ekstrak NaCl biji kelor diganti dengan air. Lalu dibuat kurva antara panjang gelombang pada sumbu X dengan absorbansi pada sumbu Y.

ii. Pembuatan Kurva Standar Protein

Disiapkan 6 tabung reaksi, masing-masing diisi larutan BSA dengan konsentrasi 10, 60, 120, 180, 240 dan 300 mg/L yang telah disiapkan sebelumnya sebanyak 1 mL. Selanjutnya ditambahkan 8 mL reagen Lowry B, divorteks dan didiamkan 15 menit. Kemudian ditambahkan 1 mL reagen Lowry A, divorteks dan didiamkan selama 20 menit. Panjang gelombang yang dipakai adalah panjang gelombang optimumnya.

iii. Analisis Kadar Protein Sebelum Soxhlet

Sebanyak 1 gram serbuk biji kelor sebelum Soxhlet ditimbang dan dilarutkan dalam air secukupnya, kemudian diaduk-aduk selanjutnya disaring. Filtrat diencerkan sampai 100 mL dan pipet 1 mL kemudian ditambahkan 8 mL reagen Lowry B, divorteks dan didiamkan 15 menit. Selanjutnya ditambahkan 1

mL reagen Lowry A, divorteks dan didiamkan selama 20 menit. Serapannya diukur pada panjang gelombang optimumnya.

iv. Analisis Kadar Protein Sesudah Soxhlet

Sebanyak 5 gram serbuk biji kelor sesudah soxhlet ditimbang dan dilarutkan dalam air secukupnya, kemudian diaduk-aduk selanjutnya disaring. Filtrat diencerkan sampai 100 mL dan pipet 1 mL kemudian ditambahkan 8 mL reagen Lowry B, divorteks dan didiamkan 15 menit. Selanjutnya ditambahkan 1 mL reagen Lowry A, divorteks dan didiamkan selama 20 menit. Serapannya diukur pada panjang gelombang optimumnya.

v. Analisis Kadar Protein Larutan ekstrak NaCl biji kelor

Larutan ekstrak NaCl biji kelor dipipet sebanyak 1 mL kemudian ditanda bataskan pada labu takar 10 mL. Kemudian dipipet sebanyak 1 mL dan dimasukkan dalam tabung reaksi. Selanjutnya ditambahkan 8 mL reagen Lowry B, divorteks dan didiamkan 15 menit. Setelah 15 menit, ditambahkan 1 mL reagen Lowry A, divorteks dan didiamkan selama 20 menit. Serapannya diukur pada panjang gelombang optimumnya. Nilai absorbansi yang diperoleh, diplotkan pada grafik kurva standar hingga diperoleh kadar protein. Kadar protein dikalikan factor pengenceran (10/1) sehingga diperoleh kadar protein larutan ekstrak NaCl biji kelor.

3.5.3.1.2. Analisis Kadar Protein Larutan Ekstrak NaCl Biji Kelor Metode Kjeldahl-Nessler

Larutan ekstrak NaCl biji kelor dipipet sebanyak 1 mL kemudian ditanda bataskan pada labu takar 10 mL. Kemudian dipipet sebanyak 1 mL dan dimasukkan dalam labu kjeldahl (tabung destruksi) kemudian ditambahkan 1 gr

tablet kjeldahl selanjutnya ditambahkan 10 ml H_2SO_4 lalu dipanaskan (didestruksi) sampai warna larutan menjadi jernih. Kemudian dibiarkan dingin selanjutnya ditambahkan 40 ml NaOH 25 % kemudian diencerkan 100 ml lalu disentrifusi hingga warna sampel menjadi bening kemudian ditambahkan 0,5 ml reagen nessler dan tartrat kemudian dianalisis serapan sampel menggunakan spektrofotometer digital.

3.5.3.2. Analisis Kuantitatif Lemak (Woodman, 1941)

Penentuan kadar ini dilakukan sebelum dan sesudah sampel ekstraksi soxhlet. Analisis penentuan kadar lemak dalam sampel dengan langkah pertama yaitu ditimbang 2 gram sampel yang telah dihaluskan dan dimasukkan ke dalam tabung ekstraksi soxhlet dalam thimble. Kemudian ditimbang labu ekstraksi yang telah dikeringkan lalu dimasukkan pelarut petroleum ether secukupnya. Kemudian dirangkai alat ekstraksi soxhlet. Ekstraksi dilakukan pada suhu $30\text{ }^{\circ}\text{C}$ sampai pelarut berwarna pucat. Kemudian pelarut yang telah mengandung lemak dipindahkan dalam botol yang bersih dan diketahui beratnya yang kemudian diuapkan dengan penangas air sampai agak pekat dan kemudian dikeringkan dalam oven $100\text{ }^{\circ}\text{C}$ sampai berat konstan. Berat residu tersebut dinyatakan sebagai berat lemak.

3.5.3.2. Koagulasi Flokulasi

3.5.3.2.1. Penentuan Konsentrasi Optimum Larutan Pengekstrak NaCl Biji Kelor

Proses koagulasi dalam perlakuan disini pertama ditimbang 1 g serbuk hasil ekstraksi soxhlet kemudian diekstrak dengan 100 mL larutan NaCl

konsentrasi 0; 0,5; 1 dan 2 M, digunakan magnetik stirer untuk mencampurnya selama 10 menit. Kemudian digunakan filtratnya sebagai koagulan (Ali *et.al.*, 2009) dengan disiapkan beaker glass berisi 1000 ml sampel kemudian ditambahkan koagulan kelor kedalam sampel dengan konsentrasi koagulan 30ml/L dan diletakkan pada slot *jar test*. Sampel diaduk dengan pengadukan cepat dengan kecepatan 150 rpm selama 2 menit. Kemudian dilanjutkan proses flokulasi pengadukan secara lambat dengan diturunkan kecepatannya sampai 30 rpm selama 30 menit. Kemudian dilanjutkan proses sedimentasi selama 1 jam. Kemudian filtrat diukur kekeruhannya sehingga didapat konsentrasi ekstrak larutan NaCl terbaik.

3.5.3.2.2. Penentuan Konsentrasi koagulan optimum

Sampel disiapkan beaker glass berisi 1000 ml kemudian ditambahkan koagulan kelor kedalam sampel dengan variasi konsentrasi koagulan 10, 30, 50, 70 dan 90 mL/L dan diletakkan pada slot *jar test*. Sampel diaduk dengan pengadukan cepat dengan kecepatan 150 rpm selama 2 menit. Kemudian dilanjutkan proses flokulasi pengadukan secara lambat dengan diturunkan kecepatannya sampai 30 rpm selama 30 menit. Kemudian dilanjutkan proses sedimentasi selama 1 jam. Kemudian filtrat diukur kekeruhannya sehingga didapat konsentrasi koagulan terbaik. Konsentrasi terbaik selanjutnya digunakan untuk langkah berikutnya menentukan pH optimum.

3.5.3.2.3. Penentuan pH optimum

Sampel disiapkan dalam 1000 mL beaker glass dengan konsentrasi optimum koagulan diatur pH larutannya dengan variasi yaitu 4, 5, 6, 7 dan 8.

Kemudian diletakkan pada slot jar tester. Sampel diaduk dengan pengadukan cepat dengan kecepatan 150 rpm selama 2 menit. Kemudian dilanjutkan proses flokulasi pengadukan secara lambat dengan diturunkan kecepatannya sampai 30 rpm selama 30 menit. Kemudian dilanjutkan proses sedimentasi selama 1 jam. Kemudian filtrat diukur kekeruhannya sehingga didapat pH koagulan terbaik.

3.5.3.2.4. Pembuatan Sampel Buatan (Kaolin)

Serbuk kaolin ditimbang 10 gr (Katayama Chemical dalam Okuda, 2001) kemudian ditambahkan 1000 ml air kran selanjutnya di stirer selama 1 jam kemudian didiamkan selama 24 jam. Kemudian suspensi di encerkan dengan 200 ml air kran untuk selanjutnya digunakan sebagai kekeruhan sampel buatan.

3.5.3.2.5. Pengukuran Kekeruhan

Dihidupkan unit Nephelometrik (diperhatikan tegangan yang diperlukan alat) dan dibiarkan alat menyala selama 30 menit untuk memanaskan alat. Sebelumnya perlu dilakukan standarisasi alat dengan memposisikan switch range kekeruhan pada posisi terendah dan lubang cell dalam keadaan tertutup. Switch “Zero” diputar sehingga diperoleh pembacaan stabil “0,00” pada layar. Selanjutnya cell tempat sampel dibilas dengan sampel homogen yang akan digunakan sehingga perlu dilakukan pengocokan sampel samapi gelembung – gelembung udarnya hilang sebelum digunakan. Selanjutnya cell diisi dengan sampel minimum 80 % volume dan dimasukkan dalam lubang cell dan tutup. Nilai kekeruhan sampel dicatat setelah diperoleh pembacaan yang stabil (bila tidak diperoleh pembacaan nilai kekeruhan, dipindah switch range ke posisi

kekeruhan yang lebih tinggi). Bila sampel diencerkan, nilai kekeruhan dikalikan dengan jumlah pengenceran sebagai nilai kekeruhan sampel.

3.5.3.2.6. Pengukuran pH

Dihidupkan pHmeter lalu distandarisasi pH meter menggunakan larutan buffer pH 4.00 dan 7.00 kemudian dibilas elektroda pH dengan akuades. Dibilas beaker gelas dengan sampel air lalu dituang sampel ke dalam beaker gelas secukupnya sehingga ujung elektroda dapat tercelup sampel. Dichelupkan elektroda ke dalam gelas beaker dan aduk perlahan dicatat nilai pH stabil pada kisaran 0,02 satuan pH selama 1 menit.

3.5.5. Analisis Koagulan dengan Spektrofotometri FTIR

Sampel bubuk 1-2 mg per 200 mg KBr, setelah homogenisasi dengan mortar batu dan alu, kemudian sampel campuran ditekan sehingga menjadi pelet dengan menggunakan tekan hidrolis 15 ton kemudian pelet diletakkan pada kerangka yang tersedia lalu kerangka diletakkan pada spektrofotometer, dianalisis dan diambil spektrumnya. Selanjutnya diidentifikasi gugus fungsional dari spektrum inframerah dengan menggunakan tabel korelasi.

3.5.6. Teknik Analisis Data

Hasil dari penelitian ini akan disajikan dalam bentuk tabel, grafik dan analisis statistik ANOVA *one way* sehingga diketahui F hitung, jika mempunyai beda nyata dilanjutkan uji Beda Nyata Terkecil (BNT) kemudian dideskripsikan hasilnya.

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Preparasi Sampel

Sampel yang digunakan dalam penelitian ini adalah air sungai Bengawan Solo yang ditampung oleh pusdiklat. Air yang berasal dari sungai bengawan solo ini diduga mengandung berbagai macam polutan yang berbahaya. Preparasi sampel air dilakukan dengan mengambil sampel air menggunakan alat berupa botol penampung yang sebelumnya dibilas dengan larutan HCl (0,01 N) untuk menghilangkan pengotor-pengotor yang terdapat pada botol sampel. Hal ini dilakukan untuk menghindari jika pada botol sampel terdapat bahan-bahan anorganik atau logam yang dapat larut dalam asam. Kemudian botol sampel dikeringkan dan dibilas dengan air sungai yang akan diambil. Pembilasan botol penampung dengan air sampel dilakukan hingga tiga kali bertujuan untuk meminimalisir adanya kontaminasi dari air selain sampel air yang diinginkan. Sampel air bengawan solo ditunjukkan pada Gambar 4.1.



Gambar 4.1 Bak penampung pertama *Water Treatment* air Sungai Bengawan Solo Pusdiklat Migas Cepu

4.2. Analisis Kadar Air Biji Kelor (*Moringa oleifera* L.)

Analisis kadar air dilakukan untuk mengetahui kadar kandungan air dalam sampel koagulan biji kelor (*Moringa oleifera* L.). Biji kelor diambil yang sudah tua di pohon dan kulit bijinya berwarna coklat (Nbigengesere *et al.*, 1995), bebas dari penyakit. Kadar air dalam sampel biji kelor ini dapat mempengaruhi proses ekstraksi soxhlet yang akan dilakukan karena kandungan air ini akan menghalangi pelarut petroleum eter untuk mengeskrak senyawa yang diinginkan yaitu lemak.

Analisis kadar air dilakukan dengan metode *gravimetri* yaitu menggunakan proses pemanasan dan penimbangan. Sampel biji kelor dipanaskan dalam oven pada suhu 100-105 °C sehingga kandungan air dalam sampel biji kelor tersebut menguap. Proses penguapan kandungan air ini dilakukan hingga berat sampel biji kelor konstan (Winarno, 2002). Analisis kadar ini dilakukan dengan menimbang berat cawan hingga konstan, selanjutnya ditimbang sampel biji kelor yang telah dipanaskan menggunakan oven pada suhu 100-105 °C. Perlakuan ini diulang sampai didapatkan berat yang konstan.

Kadar air yang diperoleh sebesar 3,25 %. Hasil kadar air ini menunjukkan bahwa sampel biji kelor memiliki kandungan air yang cukup rendah sehingga tidak akan mengganggu proses ekstraksi dan ekstraksi pun dapat berjalan lebih maksimal. Kadar air yang diperoleh pada perhitungan tersebut adalah kurang dari 10 % sehingga sampel dapat disimpan dalam waktu relatif lama (Soetarno dan Soediro, 1997). Perhitungan kadar air sampel biji kelor dapat dilihat pada Lampiran 4.1.

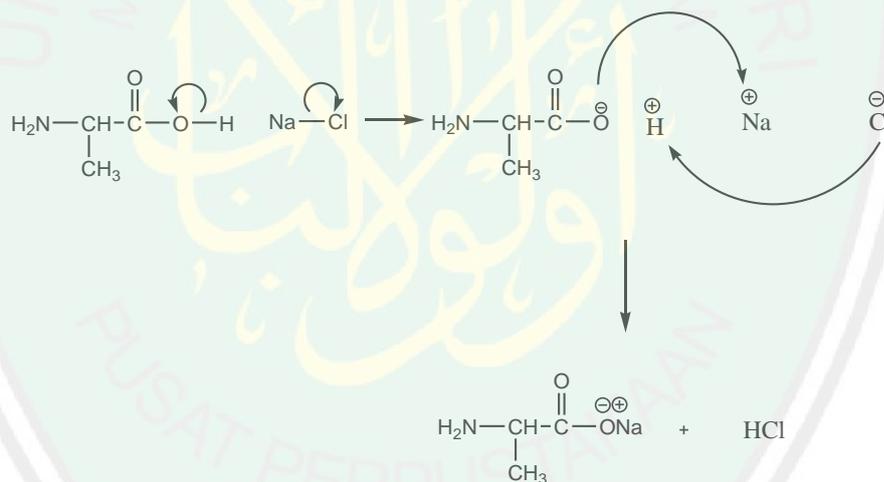
4.3. Preparasi Koagulan Biji Kelor (*Moringa oleifera* L.)

Biji kelor yang digunakan sebagai sampel diperoleh dari Kertosono kabupaten Nganjuk yaitu berupa buah (biji) yang sudah tua di pohon. Preparasi koagulan biji kelor (*Moringa oleifera* L.) dilakukan dengan cara pengupasan kulit dari biji kelor. Proses pengupasan ini bertujuan untuk mengambil bagian dalam biji kelor yang berwarna putih. Biji kelor tersebut selanjutnya dihaluskan hingga berbentuk serbuk. Hal ini dilakukan dengan tujuan untuk memperluas permukaan sampel biji kelor, sehingga kontak antara sampel biji kelor dengan pelarut saat proses ekstraksi lebih maksimal dan senyawa yang dapat terekstrak pun juga lebih maksimal. Proses ekstraksi lemak dilakukan dengan metode soxhlet menggunakan pelarut petroleum eter (Ndabigengesere, 1998).

Penggunaan metode ekstraksi soxhlet ini karena senyawa yang diinginkan (lemak) merupakan senyawa bersifat non polar sehingga pelarut yang digunakan adalah petroleum eter yang juga bersifat non polar. Penggunaan petroleum eter selain karena sifatnya non polar tapi juga titik didih pelarut ini lebih rendah sehingga bersifat volatil dibandingkan pelarut non polar lainnya seperti kloroform dan n-heksana yaitu secara berurutan sebesar 60 °C, 62 °C dan 69 °C. Uap kloroform bersifat membius dan bila terkena cahaya dan udara dapat membentuk gas fosgen yang beracun (Mulyono, 2005), bersifat karsinogenik, dan n-heksana lebih toksik daripada petroleum eter (MSDS-Science-Lab.com).

Ekstraksi soxhlet dilakukan sebanyak tiga kali siklus (Ali, 2001). Hal ini dimaksudkan agar lemak terekstrak sempurna oleh petroleum eter. Hasil ekstraksi soxhlet ini berupa residu biji kelor dan selanjutnya diuapkan pelarutnya pada suhu

30 °C agar residu tersebut bebas dari petroleum eter. Residu yang telah bebas dari pelarut petroleum eter tersebut selanjutnya diekstraksi dengan menggunakan pelarut NaCl. Ekstraksi menggunakan NaCl ini bertujuan untuk mengekstrak senyawa yang dapat berperan sebagai koagulan. Menurut Okuda (1999) kelarutan suatu protein akan semakin tinggi dengan semakin bertambahnya kadar elektrolit di lingkungan sekitarnya, sehingga dilakukan proses ekstraksi menggunakan garam NaCl untuk memisahkan kandungan protein yang berperan sebagai koagulan dalam biji kelor, sehingga dugaan interaksi protein dengan ion-ion garam terlihat pada gambar 4.2



Gambar 4.2. Interaksi protein dengan NaCl

NaCl yang terlarut dalam air akan berbentuk ion-ion yaitu ion Na^+ maupun Cl^- (Yudi, 2010). Protein adalah senyawa yang diduga berperan sebagai koagulan dalam biji kelor. Protein bersifat polielektrolit kationik yang mampu menetralkan muatan-muatan partikel koloid dalam sampel air (Hidayat, 2006). Kelarutan protein dalam pelarut garam pada penelitian ini menggunakan prinsip metode

salting-in yaitu turunya daya elektrostatis antara molekul disekelilingnya sehingga dapat meningkatkan kelarutan protein dalam pelarut (Kurniati, 2009).

4.4. Analisis Kadar Lemak Menggunakan Ekstraksi Soxhlet (Sudarmadji, *et al.*, 1997)

Analisis kadar lemak juga dilakukan untuk mengetahui kandungan lemak dalam biji kelor (*Moringa oleifera L.*). Lemak biasanya dikatakan sebagai komponen yang larut dalam pelarut organik (seperti eter, kloroform, n-heksan) atau yang tidak larut dalam air. Senyawa dalam golongan ini meliputi monogliserol, diasilgliserol, triasilgliserol, fosfolipid, asam lemak bebas, sterol, karotenoid, dan vitamin A dan D.

Proses ekstraksi soxhlet dilakukan dengan menggunakan pelarut petroleum eter (PE) karena petroleum eter bersifat non polar sehingga lemak dalam biji kelor yang juga bersifat non polar dapat terekstrak sesuai dengan prinsip *like dissolve like*. Ekstraksi dilakukan sebanyak tiga kali siklus hingga diperoleh pelarut yang pekat. Hal ini menunjukkan bahwa lemak yang terkandung dalam biji kelor benar-benar terekstrak sempurna oleh pelarut. Hasil ekstraksi lemak kemudian diuapkan dalam suhu ruang selama 5 hari agar pelarutnya benar-benar telah menguap karena petroleum eter bersifat volatil. Penguapan ini dilakukan pada lemari asam. Selisih antara berat cawan kosong dan cawan yang berisi sampel dan pelarut setelah penguapan merupakan berat lemak yang terkandung di dalam sampel.

Hasil kadar lemak dalam biji kelor (*Moringa oleifera L.*) diperoleh sebesar 36,10 % (perhitungan pada Lampiran 4). Kadar lemak dalam biji kelor ini berbeda dengan penelitian Ndabigengesere *et al.*, (1995) dalam Husin dan Pandia (2005) yang melaporkan bahwa serbuk biji kelor tanpa kulit mempunyai kandungan

lemak yaitu 21,10 %. Perbedaan ini dimungkinkan karena biji kelor yang digunakan diambil dari tempat yang berbeda.

Selanjutnya hasil ekstrak biji kelor tersebut diambil 2 gram dan diekstraksi kembali untuk memastikan lemak yang terkandung dalam residu biji kelor benar-benar hilang. Hasil yang diperoleh adalah kadar lemak sebesar 0,23 % (perhitungan pada Lampiran 4). Hasil ini jauh lebih kecil dibandingkan dengan kandungan lemak hasil ekstraksi yang pertama yaitu sebesar 36,10 %. Hal ini menunjukkan bahwa lemak yang terkandung pada biji kelor setelah proses ekstraksi soxhlet yang pertama sudah cukup minimal.

Ekstraksi lemak ini dilakukan untuk mengetahui kadar lemak yang ada dalam biji kelor sekaligus proses penghilangan lemak. Proses penghilangan lemak juga dilakukan oleh Okuda (2000) menyebutkan bahwa terdapat perbedaan aktivitas penurunan kekeruhan air yang menggunakan koagulan tanpa lemak dibandingkan koagulan yang masih terdapat kandungan lemaknya yaitu secara berurutan *specific activity* sebesar 7,40 dan 0,26 (unit/mg) dalam 1 L air sampel.

4.5. Analisis Kadar Protein

4.5.1 Analisis Kadar Protein Metode Lowry (Sudarmadji, *et al.*, 1997)

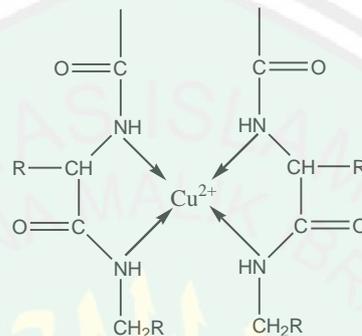
Analisis kadar protein dalam biji kelor (*Moringa oleifera L.*) dilakukan bertujuan untuk mengetahui besarnya kandungan protein dalam biji kelor. Penentuan kadar protein ini dilakukan terhadap sampel biji kelor untuk mengetahui besarnya perbedaan kandungan protein dalam biji kelor (*Moringa oleifera L.*) sebelum ekstraksi soxhlet, sebelum dan sesudah dilakukan ekstraksi menggunakan NaCl.

Analisis kadar protein ini menggunakan metode Lowry. Prinsip metode Lowry terdapat pada penentuan konsentrasi protein yang mengandung gugus fenolik dalam asam amino. Metode ini menggunakan spektrofotometer UV-Vis untuk menganalisis serapan dari sampel uji.

Pembacaan analisis kadar protein ini sebelumnya dilakukan penentuan panjang gelombang maksimum (Gandjar dan Rohman, 2008) dari kurva standart yang akan digunakan. Kurva standart yang digunakan pada penelitian ini adalah BSA (*Bovine Serum Albumin*). BSA digunakan sebagai standart relatif protein (Kirschner, 2007) karena protein murni yang digunakan sebagai kurva standart dan juga bersifat sangat stabil sulit diperoleh (Estey *et al.*, 2006).

Sampel yang dianalisis adalah sampel larutan koagulan (protein terlarut dalam pelarut) dan sampel serbuk (protein terlarut dalam air). Sampel yang digunakan berupa larutan, sehingga sampel yang berbentuk serbuk harus dilarutkan dalam air terlebih dahulu. Sampel koagulan yang berupa larutan maupun serbuk selanjutnya ditambahkan reagen Lowry B yang terdiri dari larutan Na_2CO_3 2 % dalam NaOH 0,1 N, $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ 1 % dan Na-K-tartrat 2 % dengan perbandingan 100:1:1. Larutan Na_2CO_3 berfungsi sebagai garam yang mengkoordinasikan reaksi dalam suasana basa bersama NaOH. Larutan Na-K-tartrat berfungsi mencegah terjadinya pengendapan kuprooksida dalam reagen Lowry, dan larutan CuSO_4 berfungsi untuk mereduksi fosfotungstat fosfomolibdat. Selanjutnya divorteks untuk mereaksikan sampel dengan reagen sehingga keduanya dapat tercampur sempurna. Selanjutnya didiamkan selama 15 menit pada suhu kamar agar reaksi berjalan sempurna. Reaksi yang terjadi adalah

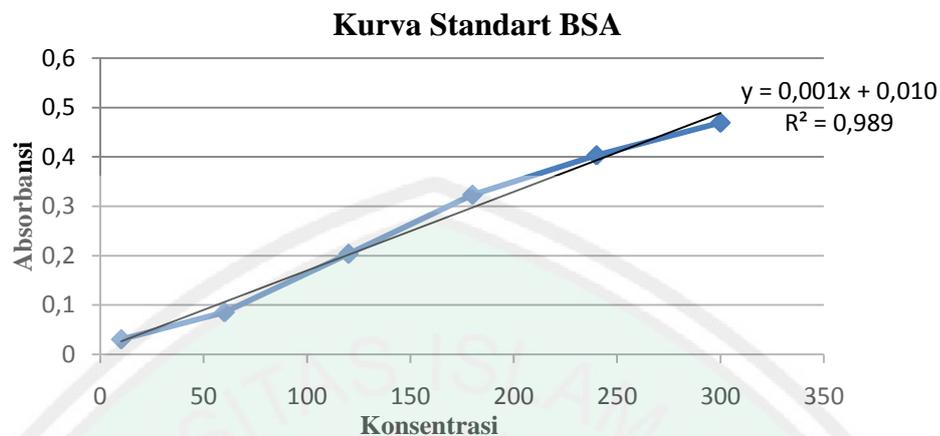
ikatan koordinasi dari ion kopri pada CuSO_4 karena adanya asam amino dalam protein yang membentuk kompleks yang memberikan warna ungu pucat pada sampel. Kompleks tersebut ditunjukkan pada Gambar 4.3.



Gambar 4.3 Kompleks protein dengan Cu^{2+} dalam reagen Lowry B (Clark, 1964)

Perlakuan selanjutnya yaitu ditambahkan Lowry A kemudian divorteks dan didiamkan selama 20 menit. Fosfomoblidat dan fosfostungstat akan tereduksi oleh kompleks protein bersama ion Cu^+ menjadi tungstat dan molybdenum yang menimbulkan warna biru yang kemudian dapat dianalisis kalorimetri. Kandungan residu triptofan dan tirosin ini mempengaruhi kekuatan warna biru yang ditimbulkan reaksi tersebut.

Hasil dari pembuatan kurva standart BSA berupa nilai absorbansi dan diperoleh panjang gelombang maksimum yaitu 742,1 nm dengan warna biru keunguan pada sampel. Kurva standart BSA ditunjukkan pada Gambar 4.4.



Gambar 4.4 Kurva standar protein (BSA)

Kurva standart BSA tersebut dapat diperoleh persamaan linear $y = 0,001x + 0,010$ dengan korelasi nilai korelasi sebesar 0,989 (98,9 %). Kurva standart ini digunakan untuk menentukan konsentrasi protein dari koagulan biji kelor.

Hasil persamaan linear tersebut didapatkan kadar protein dalam biji kelor (*Moringa oleifera L.*) sebelum dilakukan ekstraksi soxhlet adalah sebesar 505 ppm dan setelah ekstraksi soxhlet sebesar 771 ppm, sedangkan setelah dilakukan ekstraksi menggunakan NaCl adalah sebesar 2244 ppm. Hasil ini menunjukkan bahwa kadar protein dalam biji kelor (*Moringa oleifera L.*) sebelum dan sesudah diekstraksi menggunakan larutan NaCl menunjukkan perbedaan yang cukup besar. Hasil kadar protein sebelum ekstraksi NaCl maupun sesudah NaCl sebenarnya tidak bisa dibandingkan karena preparasi yang dilakukan pada sampel adalah berbeda. Selain preparasi yang berbeda, hasil ini masih diragukan karena analisis tidak ada pengulangan uji terhadap sampel, sehingga diperlukan analisis ulang.

4.5.2 Analisis Kadar Protein Metode Kjeldahl-Nessler (Alaerts dan Santika, 1987)

Penentuan kadar protein pada penelitian ini selain menggunakan metode Lowry juga digunakan metode kjeldahl-nessler untuk mengetahui kadar protein yang terkandung dalam sampel biji kelor. Analisis kjeldahl pada umumnya digunakan untuk mengetahui Nitrogen total (N-total) yang terkandung pada sampel uji. Prinsip metode kjeldahl adalah pendestruksian sampel menggunakan asam sulfat kuat sehingga melepaskan nitrogen yang dapat ditentukan kadar proteinnya. Metode ini melalui beberapa tahap yaitu destruksi, netralisasi kemudian dikombinasi dengan spektrofotometer untuk menganalisis serapan dari sampel uji (Alaerts dan Santika, 1987).

Sampel yang digunakan untuk analisis adalah sampel larutan koagulan dan sampel serbuk sebelum dan sesudah ekstraksi soxhlet. Sampel yang berbentuk serbuk sebelumnya dilarutkan dalam larutan TCA untuk melarutkan protein yang terkandung dalam serbuk biji kelor. Kemudian larutan dari koagulan maupun serbuk, masing-masing ditambahkan 1 gr tablet kjeldahl yang sering disebut campuran selen yang terdiri dari 2,5 gr serbuk SeO_2 , 100 gr K_2SO_4 dan 20 gr $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ dan 10 ml H_2SO_4 pekat. Asam sulfat ini berperan sebagai pemecah komponen makanan yang selanjutnya campuran selen berfungsi sebagai katalis dan mempercepat titik didih sampel. Selanjutnya larutan sampel bening hasil destruksi kemudian dibiarkan dingin selanjutnya ditambahkan NaOH 25 %. Larutan NaOH berfungsi sebagai penetral larutan hasil destruksi agar larutan bersifat netral yang kemudian dilakukan analisis serapan uji menggunakan spektrofotometer digital dengan panjang gelombang 490 nm. Sebelum sampel

dianalisis menggunakan spektrofotometer digital ini, sampel ditambahkan 0,5 ml reagen nessler dan 1 ml tartrat untuk mencegah pengendapan. Penambahan ini berfungsi untuk menentukan jumlah ammonia nitrogen yang terlarut dalam air, dengan terbentuknya warna kuning karena bereaksi dengan pereaksi nessler kemudian dihitung kadarnya.

Hasil analisis uji protein didapatkan kadar protein dalam biji kelor (*Moringa oleifera L.*) sebelum dilakukan soxhlet adalah sebesar 1,18 % sedangkan setelah dilakukan ekstraksi soxhlet adalah sebesar 2,80 % dan kadar protein setelah dilakukan ekstraksi larutan NaCl mempunyai kadar protein sebesar 26,62 %. Hasil analisis kadar protein ini menunjukkan bahwa ketika sebelum dan sesudah ekstraksi soxhlet memiliki perbedaan yang jauh. Hal ini menunjukkan bahwa proses ekstraksi soxhlet tidak mengganggu kadar protein dalam sampel biji kelor.

Kadar protein biji kelor yang diekstrak dengan larutan NaCl lebih besar daripada kadar protein biji kelor sebelum diekstrak NaCl. Hal ini menunjukkan bahwa peristiwa *salting-in* yaitu kelarutan protein dalam pelarut dapat meningkat dengan penambahan garam pada konsentrasi optimumnya, khususnya dalam penelitian ini adalah protein dalam biji kelor (*Moringa oleifera L.*) yang diekstrak dengan larutan NaCl 1M. Ndabigengesere *et, al.*, (1995) dalam Husin dan Pandia (2005) melaporkan bahwa serbuk biji kelor tanpa kulit mempunyai kandungan protein sebesar 27 %. Kadar protein sebelum ekstraksi soxhlet dan setelah ekstraksi NaCl dalam penelitian ini tidak sepenuhnya bisa dibandingkan, karena preparasi sampel antara keduanya berbeda.

4.6. Koagulasi dan Flokulasi (Jar Test)

Pada tahapan penelitian koagulasi dan flokulasi (jar test) ini terdiri dari beberapa tahapan yaitu penentuan konsentrasi larutan NaCl optimum, penentuan konsentrasi koagulan optimum dan penentuan pH optimum. Parameter yang diuji adalah kekeruhan dan pH.

4.6.1. Penentuan Konsentrasi Optimum Larutan Pengekstrak (NaCl) Biji Kelor (*Moringa oleifera* L.).

Serbuk biji kelor yang telah dilakukan proses dilipid menggunakan soxhlet ditimbang sebanyak 1 gr dan diekstrak dalam 100 mL larutan NaCl dengan konsentrasi 0; 0,5; 1 dan 2 M. Dari konsentrasi tersebut didapatkan konsentrasi optimum. Campuran yang terdiri dari sampel dan NaCl kemudian di aduk dengan magnetik stirrer selama 10 menit untuk memaksimalkan proses ekstraksi, kemudian disaring untuk memisahkan filtrat dan residunya. Selanjutnya filtrat digunakan sebagai koagulan (Okuda *et al.*, 1999). Hasil variasi konsentrasi larutan pengestrak NaCl dapat dilihat pada Tabel 4.1.

Tabel 4.1 Perbandingan konsentrasi larutan pengestrak (NaCl) pada biji kelor terhadap penurunan nilai kekeruhan

Konsentrasi Larutan Pengekstrak (NaCl) Biji Kelor (M)	Kekeruhan Awal Air	Kekeruhan Sampel Air Setelah Koagulasi (NTU)			Rata-rata	Porsentase Penurunan (%)
		I	II	III		
0	124	10,40	10,20	10,67	10,80	91,29
0,5		1,20	1,00	1,24	1,15	99,08
1		0,32	0,34	0,34	0,39	99,73
2		0,45	0,43	0,42	0,44	99,64

Pada tabel 4.1 kekeruhan awal dari sampel air sungai yaitu 124 NTU, kemudian setelah ditambahkan koagulan dengan variasi konsentrasi menghasilkan nilai penurunan kekeruhan yang berbeda. Konsentrasi larutan NaCl 0; 0,5; 1M dan 2M secara berurutan mampu menurunkan nilai kekeruhan yaitu 92,37 %; 99,07 %; 99,73 % dan 99,64%. Konsentrasi tersebut juga menyebabkan perubahan pH yang berbeda, secara berurutan adalah 7,29; 7,24; 7,28 dan 7,29.

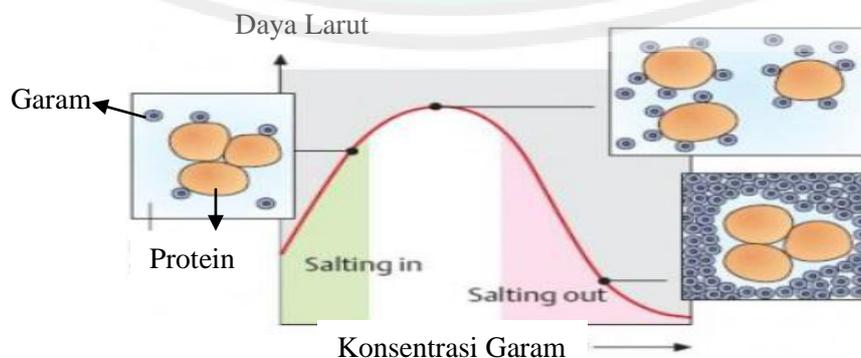
Analisis data dilakukan menggunakan Analisis Ragam Satu Arah (*One Way Anova*) dengan taraf kepercayaan 1 % untuk mengetahui pengaruh konsentrasi larutan pengestrak (NaCl) terhadap kekeruhan air setelah koagulasi (NTU). Hasil analisis data pada Lampiran 4.3.4 menunjukkan bahwa $F_{hitung} > F_{tabel}$ sehingga H_0 ditolak, yang artinya variasi konsentrasi larutan pengestrak (NaCl) 0, 0,5, 1, dan 2 M berpengaruh sangat nyata terhadap kekeruhan air, sehingga perlu dilanjutkan dengan uji BNT (Beda Nyata Terkecil) yang merupakan uji lanjutan yang dilakukan untuk mengetahui konsentrasi yang memberikan pengaruh terhadap kekeruhan air tersebut.

Hasil uji BNT menunjukkan bahwa pada konsentrasi ekstrak larutan NaCl 1 M menunjukkan penurunan kekeruhan air yang paling tinggi. Hasil kali kelarutan (K_{sp}) dari NaCl dapat digunakan untuk menentukan kemampuan mengekstrak protein secara optimum. Kelarutan protein akan meningkat karena adanya ion anorganik dari NaCl yang dapat mengikat permukaan protein dan mencegah penggabungan molekul protein, hal ini dikenal dengan proses *salting-in* (Alzahrani, 2009). Pada konsentrasi garam yang tinggi, garam akan lebih besar mengikat air sehingga molekul protein akan bergabung dan mengendap, hal ini

dikenal dengan proses *salting-out*. Kemampuan ekstrak NaCl optimum tersebut, dalam penelitian disini dapat dilihat dari kemampuan dalam menurunkan kekeruhan.

Dari data tersebut terlihat bahwa pada larutan NaCl konsentrasi 1 M merupakan konsentrasi terbaik untuk menurunkan kekeruhan sampel. Dimana awal kekeruhan air adalah 124 NTU mampu diturunkan kekeruhannya sebesar 99,73 %. Kemampuan menurunkan kekeruhan ini berbeda pada penelitian Aslamiah (2013), yaitu hanya sebesar 74,6 %. Kemampuan penurunan kekeruhan yang berbeda ini, dimungkinkan karena kekeruhan awal pada sampel berbeda dan proses preparasi koagulan yang berbeda pula dan sebesar 99,8 % dapat diturunkan kekeruhannya pada konsentrasi koagulan yang sama dengan besar protein terekstrak sebesar 4,49 mg/L yang diperkirakan sebagai koagulan (Madrona, *et al.*, 2012).

Proses ekstraksi protein dalam biji kelor didasarkan pada kelarutannya dalam pelarut. Kelarutan protein dipengaruhi oleh adanya ion anorganik dari suatu garam. Kelarutan protein akan terus berubah sejalan dengan perubahan konsentrasi garam. Proses ini dapat dilihat pada Gambar 4.5.



Gambar 4.5 Hubungan konsentrasi garam dengan kelarutan protein (Alzahrani, 2009)

Penambahan garam pada konsentrasi rendah dapat mempengaruhi muatan protein yang menimbulkan protein larut dalam larutan garam yang disebut dengan metode *salting-in*. Apabila konsentrasi garam semakin tinggi maka kelarutan protein akan turun, pada konsentrasi garam yang lebih tinggi protein akan mengendap, hal ini disebut dengan *salting-out* (Kurniati, 2009). Kelarutan protein dapat menurun dalam garam berkonsentrasi tinggi (Aisjah, 1990 dalam Kurniati, 2009).

Parameter selanjutnya adalah pH sampel setelah koagulasi. Perubahan pH yang terjadi tidak signifikan. Hal ini dapat dilihat dari uji statistik yang menunjukkan bahwa $F_{hitung} < F_{tabel}$ sehingga H_0 diterima, yang artinya bahwa konsentrasi larutan pengestrak yang berbeda tidak memberikan pengaruh yang sangat nyata terhadap pH sampel air. Hal ini berarti bahwa pemberian konsentrasi larutan pengestrak yang berbeda tidak dapat mempengaruhi pH air tersebut. Hasil analisis data penentuan konsentrasi larutan pengestrak terhadap pH sampel air pada Lampiran 4.3.5.

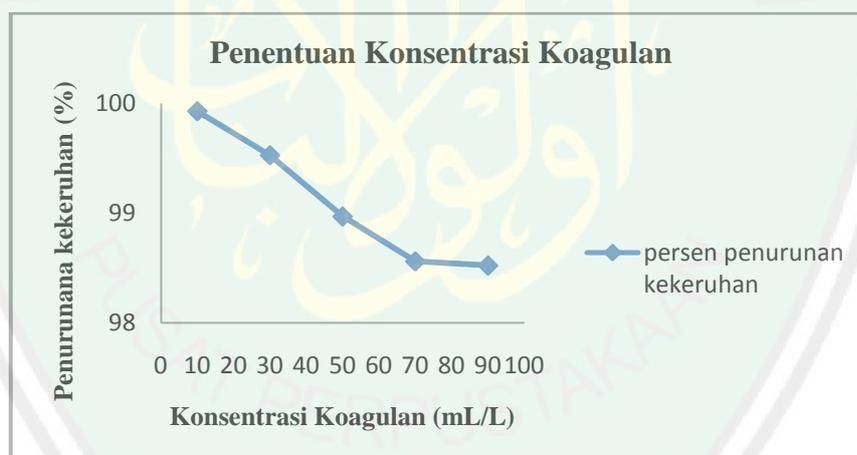
4.6.2. Penentuan Konsentrasi Koagulan Optimum Biji Kelor (*Moringa oleifera* L.).

Koagulan kelor dibuat variasi konsentrasi yaitu 10, 30, 50, 70, dan 90 mL/L dengan tujuan untuk menentukan konsentrasi terbaik koagulan sehingga mampu melakukan koagulasi dan flokulasi dalam menurunkan kekeruhan.

Sampel koagulan kelor dari masing-masing konsentrasi tersebut diuji dalam jar test dengan pengadukan 150 rpm untuk meningkatkan interaksi persinggungan antara koagulan dengan partikel koloid sehingga dapat terjadi

proses koagulasi yang maksimal. Penurunan kecepatan pengadukan secara bertahap bertujuan agar terjadi proses pembentukan flok (flokulasi) dari koagulan kelor, dan selanjutnya terjadi proses pengendapan (sedimentasi) sehingga dari masing-masing konsentrasi koagulan kelor tersebut dapat diukur kemampuan koagulasi dan flokulasinya tersebut.

Konsentrasi koagulan kelor yang digunakan mempengaruhi efektifitas koagulasi yang terjadi dalam sampel air. Konsentrasi koagulan yang mampu menghasilkan kekeruhan paling rendah dari variasi konsentrasi yang ada merupakan konsentrasi koagulan optimum. Hasil penentuan konsentrasi koagulan optimum ditunjukkan pada Gambar 4.6 :



Gambar 4.6 Grafik hubungan pengaruh konsentrasi koagulan terhadap kekeruhan

Hasil penentuan konsentrasi koagulan optimum pada gambar grafik 4.6 menunjukkan bahwa dari masing-masing variasi konsentrasi yaitu 10, 30, 50, 70, dan 90 mL/L yang mampu menurunkan kekeruhan paling rendah adalah pada konsentrasi 10 mL/L. Data tersebut juga diuji statistika, hasil analisis data pada Lampiran 4.3.5 menunjukkan bahwa $F_{hitung} > F_{tabel}$ sehingga H_0 ditolak, yang artinya variasi konsentrasi koagulan biji kelor 10, 30, 50, 70, dan 90 mL/L

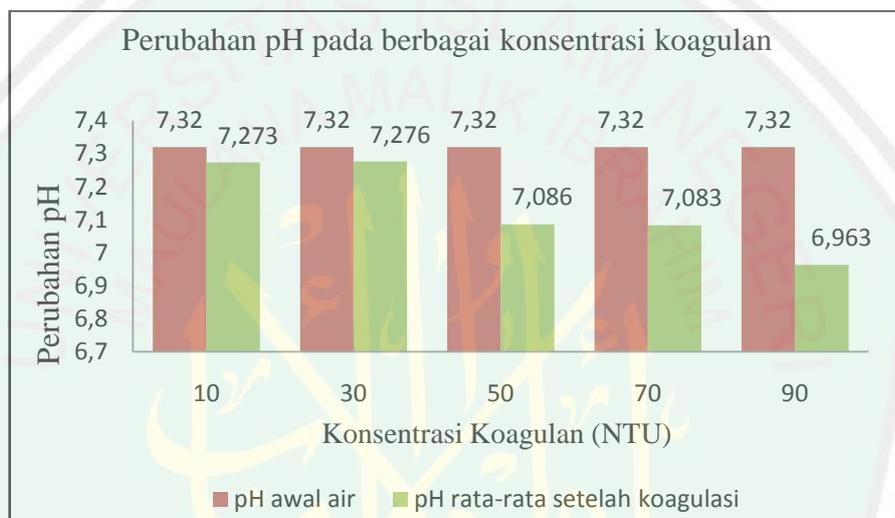
berpengaruh sangat nyata terhadap kekeruhan sampel air, sehingga perlu dilanjutkan dengan uji BNT (Beda Nyata Terkecil) yang merupakan uji lanjutan yang dilakukan untuk mengetahui konsentrasi mana yang memberikan pengaruh terhadap kekeruhan air tersebut.

Hasil uji BNT menunjukkan bahwa pada konsentrasi 10 mL/L (perhitungan pada lampiran 4) mampu menghasilkan kekeruhan paling rendah sehingga persentase penurunan kekeruhannya pun paling tinggi dibandingkan konsentrasi lainnya. Hal ini menunjukkan bahwa pada konsentrasi 10 mL/L koagulan kelor mampu melakukan koagulasi dan flokulasi yang paling baik diantara konsentrasi lainnya, sehingga koagulan kelor pada konsentrasi 10 mL/L tersebut mampu menurunkan kekeruhan sampel air hingga 99,92 %.

Hasil konsentrasi terbaik dalam penelitian ini berbeda dengan konsentrasi terbaik pada penelitian Okuda (1999) dimana kekeruhan awal sampel yaitu 50 NTU dan proses koagulan dilakukan purifikasi dapat menurunkan kekeruhan sebesar 95 % dengan konsentrasi yang terbaik adalah 30 ml/L. Perbedaan ini dimungkinkan karena konsentrasi koagulan yang diberikan tidak semuanya mengalami interaksi antara koagulan dengan partikel polutan. Kekeruhan misalnya, semakin banyaknya kekeruhan yang dapat diturunkan tidak selalu berbanding lurus dengan banyaknya konsentrasi koagulan yang diberikan. Koagulan yang tidak berinteraksi dengan partikel polutan tersebut dimungkinkan tidak berperan sebagai koagulan tetapi akan menambah meningkatnya kekeruhan. Kekeruhan dapat diturunkan secara optimum dengan menggunakan konsentrasi koagulan yang sesuai dengan air yang akan mengalami proses pengolahan air.

Sehingga sebelum dilakukan proses pengolahan air menggunakan koagulan, perlu diperhatikan konsentrasi koagulan.

Parameter selanjutnya adalah pH. Pengaruh berbagai variasi konsentrasi koagulan terhadap perubahan pH tidak terlalu signifikan. Perubahan pH dapat dilihat pada Gambar 4.7 berikut :



Gambar 4.7 Pengaruh konsentrasi koagulan terhadap perubahan pH

Gambar 4.7 tersebut pH setelah koagulasi menunjukkan yang tidak terlalu jauh dengan pH awal. Hasil analisis data penentuan konsentrasi koagulan biji kelor terhadap pH sampel air pada Lampiran 4.3.5 menunjukkan bahwa $F_{hitung} < F_{tabel}$ sehingga H_0 diterima, yang artinya bahwa konsentrasi koagulan biji kelor yang berbeda tidak memberikan pengaruh yang sangat nyata terhadap pH sampel air. Hal ini menunjukkan bahwa pemberian konsentrasi koagulan biji kelor yang berbeda tidak dapat mempengaruhi pH air tersebut, sehingga pH sampel air tidak mengalami perubahan yang signifikan.

Perubahan pH yang tidak signifikan ini juga terjadi pada penelitian Nugeraha *et al.*, (2010) yang menunjukkan bahwa secara keseluruhan pH setelah penambahan koagulan biji kelor perubahan pH akhir tidak jauh dengan pH awal sebelum koagulasi.

4.6.3. Penentuan variasi pH Optimum Sampel.

Ukuran keasaman atau kebasaaan suatu bahan ditunjukkan oleh pH. Kurniawati (2004) menyatakan bahwa kecepatan koagulasi partikel koloid dalam air limbah salah satunya dipengaruhi oleh pH lingkungan. Keadaan pH akan berdampak sebaliknya dengan kondisinya, artinya dengan pH rendah koagulan akan bermuatan positif sehingga semakin besar pula upaya penentralan partikel.

Pengukuran pH dilakukan bertujuan untuk mengetahui efektifitas dari koagulan kelor menurunkan pH sampel air hingga diperoleh pH yang mendekati pH 7 (netral). Pengukuran pH terhadap sampel air yang telah diberi koagulan kelor sehingga dapat diketahui bagaimana koagulan kelor tersebut dapat berperan menurunkan pH sampel air tersebut melalui proses koagulasi dan flokulasi.

Biji kelor (*Moringa oleifera L.*) dapat berperan sebagai koagulan dengan baik jika pH dari larutan koagulan dengan sampel air merupakan pH yang optimum. pH yang digunakan dalam penentuan pH optimum ini yaitu pH 4, 5, 6, 7, dan 8. Perlakuan pH yang mampu menghasilkan kekeruhan paling rendah terhadap sampel air merupakan pH optimum. Hasil penentuan pH Sampel optimum ditunjukkan pada Tabel 4.2.

Tabel 4.2. Hasil Variasi pH Sampel Air Bengawan Solo

Variasi pH	Perubahan pH	Penurunan Kekeruhan (%)
4	4,47	99,68
5	5,40	99,64
6	6,48	99,60
7	7,01	99,69
8	7,88	99,55
9	9,00	99,59
10	9,92	99,38

Hasil penentuan pH optimum pada Tabel 4.2 menunjukkan bahwa dari masing-masing variasi pH yang digunakan yaitu 4, 5, 6, 7, dan 8 yang menghasilkan kekeruhan paling rendah adalah pada pH 7. Setiap variasi pH terlihat bahwa ada perubahan pH menuju pH netral. Data tabel 4.2 tersebut dapat kita lihat antara pH 4 dan pH 7 beda selisihnya tidak banyak, akan tetapi dilihat dari perubahan pH yang menunjukkan lebih mendekati pH netral adalah pH 7. Hasil ini menunjukkan bahwa pada pH 7 biji kelor (*Moringa oleifera L.*) mampu berperan sebagai koagulan secara maksimal sehingga proses koagulasi dan flokulasi juga terjadi lebih maksimal dan kekeruhan sampel air pun lebih rendah.

Hasil penelitian tersebut juga didukung dengan data uji statistika untuk mengetahui sampel mana yang memberikan pengaruh pada variasi pH sampel. Hasil analisis data penentuan pH sampel air terhadap kekeruhan sampel air pada Lampiran 4.3.6 menunjukkan bahwa $F_{hitung} < F_{tabel}$ sehingga H_0 diterima, yang artinya bahwa pH air sampel yang berbeda tidak memberikan pengaruh yang sangat nyata terhadap kekeruhan sampel air. Hal ini menunjukkan bahwa pemberian pH air sampel yang berbeda tidak dapat mempengaruhi kekeruhan air tersebut, sehingga kekeruhan sampel air tidak mengalami perubahan yang signifikan.

Hasil analisis data penentuan pH sampel air terhadap pH sampel air setelah koagulasi pada Lampiran 4.3.6 menunjukkan bahwa $F_{hitung} > F_{tabel}$ sehingga H_0 ditolak, yang artinya variasi pH sampel air berpengaruh sangat nyata terhadap pH sampel air setelah koagulasi, sehingga perlu dilanjutkan dengan uji BNT (Beda Nyata Terkecil) yang merupakan uji lanjutan yang dilakukan untuk mengetahui pH mana yang memberikan pengaruh terhadap pH sampel air setelah koagulasi tersebut. Hasil uji BNT menunjukkan bahwa pada variasi pH sampel air 5, 6, 7, 8, 9 dan 10 adalah berpengaruh sangat nyata terhadap pH sampel air yang dihasilkan dibanding pH 4.

Keunggulan koagulan biji kelor dibandingkan dengan koagulan sintetik dapat terlihat jelas pada pH. Pada koagulan kelor pH sampel setelah proses koagulasi lebih menuju pH netral, berbeda dengan koagulan tawas yang sangat menurunkan pH sampel setelah proses koagulasi. Hal ini sesuai dengan penelitian Nugeraha, *et al.*, (2010) bahwa koagulan kelor yang digunakan untuk mengolah limbah kegiatan penambangan batubara menunjukkan sampel pH awal 7,43 setelah ditambahkan biji kelor, pH akhir cenderung turun seiring dengan peningkatan konsentrasi koagulan biji kelor yang ditambahkan yaitu berkisar 7,00 – 7,41 sehingga dengan penggunaan koagulan biji kelor ini mempunyai kelebihan yaitu dapat menghemat penggunaan bahan kimia untuk kontrol pH setelah proses koagulasi.

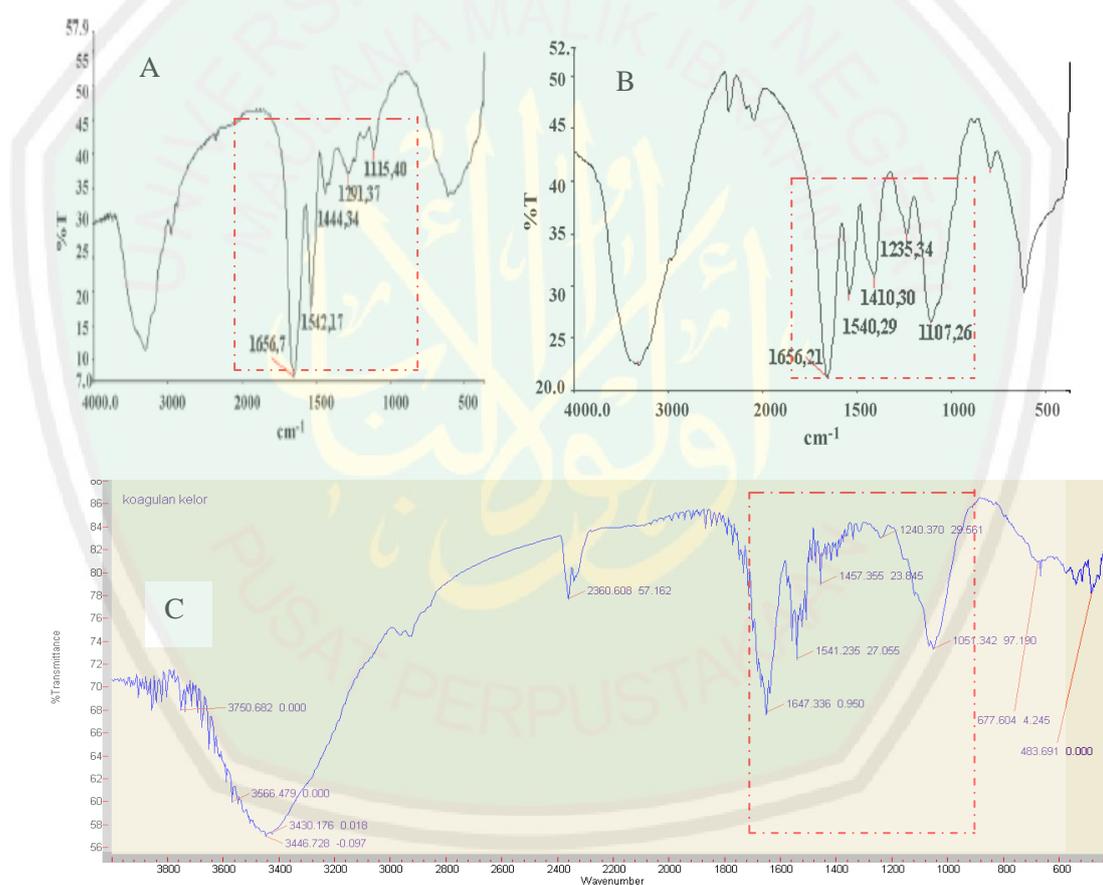
4.7. Analisis FTIR

Identifikasi menggunakan FTIR bertujuan untuk mendapatkan keterangan keberadaan gugus fungsional dari suatu molekul yang memiliki daerah vibrasi yang khas (Wahyudi, 2004). Berdasarkan komposisi yang ada dalam biji kelor yang memiliki kandungan protein perlu ada kajian lebih dengan pengamatan FTIR.

Sampel FTIR yang dianalisis adalah koagulan, kaolin dan endapan hasil koagulasi. Kaolin digunakan untuk sampel buatan sebagai pengganti air bengawan solo. Analisis FTIR dilakukan untuk mengetahui gugus fungsi dan pergeseran serapan. Jenis sampel yang dianalisis yaitu berupa padatan sehingga antar ketiganya dapat dibandingkan hasil spektranya. Koagulan merupakan jenis sampel larutan sehingga perlu dilakukan sentrifugasi untuk mendapatkan padatan dari koagulan tersebut agar dapat di analisis FTIR berupa padatan. Analisis FTIR sampel padatan diperlukan penambahan KBr ketika pembuatan pelet untuk menghindari pelet yang mudah retak. Pembuatan pelet ini dilakukan menggunakan mesin pengepres dengan tekanan 80 torr agar sampel yang akan dianalisis FTIR benar-benar kering dan hasil spektra tidak memberikan serapan yang lebar karena terkontaminasi oleh air dari sampel yang basah. Gambar spektra yang muncul dari koagulan, kaolin dan endapan hasil koagulasi tersebut masing-masing dapat dilihat gugus fungsinya. Salah satunya spektra koagulan yang dibandingkan spektra protein dalam penelitian kwaamba (2008) seperti pada Gambar 4.8

Spektra koagulan hasil analisa FTIR didapatkannya adanya gugus OH dan amina pada pita serapan range $4000-3200\text{ cm}^{-1}$, terdapat serapan yang tajam pada

pita serapan 2360 cm^{-1} yang menunjukkan adanya amina primer, gugus karbonil (C=O) pada pita serapan 1647 cm^{-1} , CH_2 bending pada pita serapan 1457 cm^{-1} , amida yang ditunjukkan pada pita serapan 1541 cm^{-1} , pita serapan CO straching, 1240 cm^{-1} alkohol (C–O) dan 677 cm^{-1} menunjukkan CH. Spektra koagulan pada penelitian ini tidak jauh beda dengan spektra pada penelitian Kwaamba yang ditunjukkan pada Gambar 4.8 :

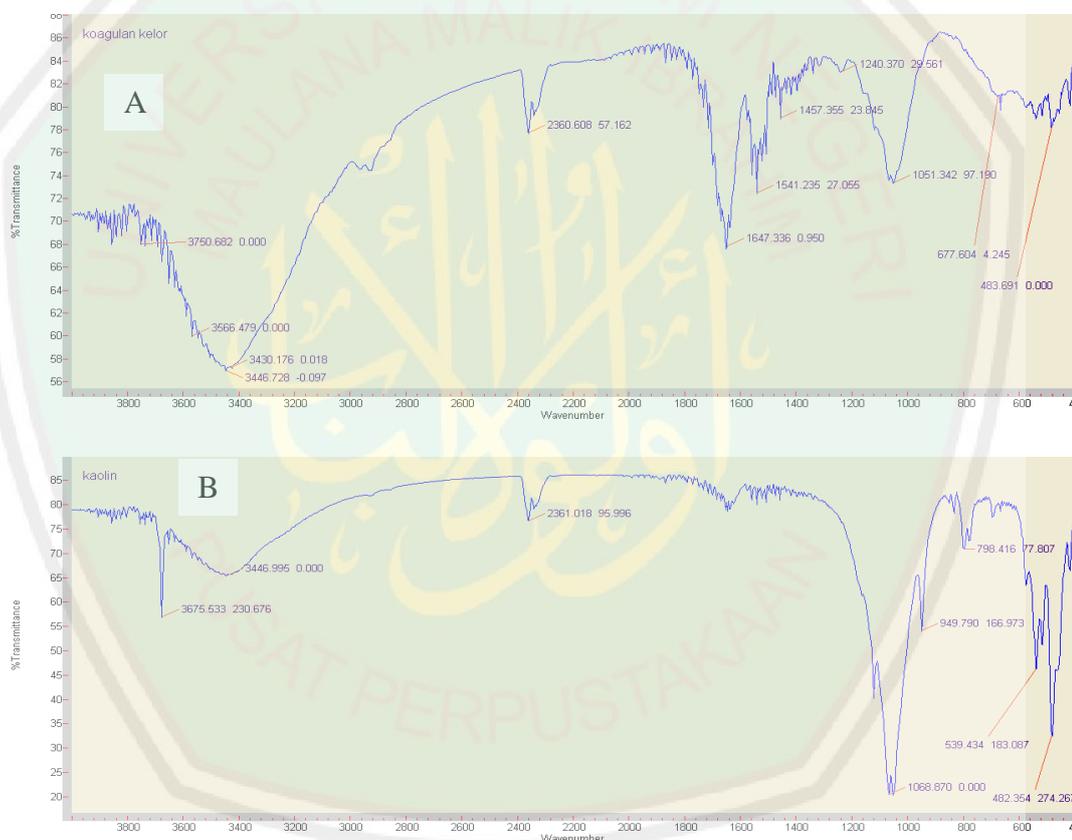


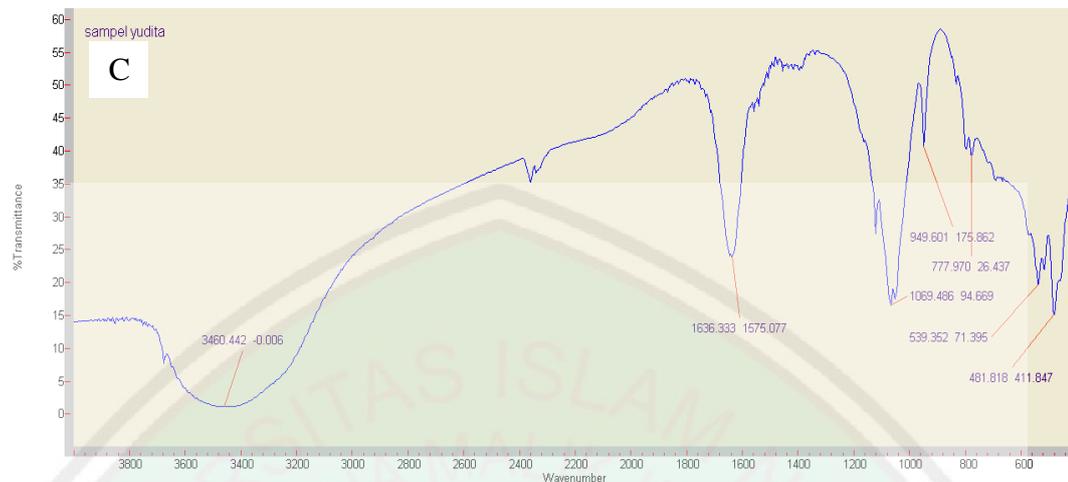
Gambar 4.8: A. Spektra protein standar dan B. koagulan telur (Kwaambwa, 2008), C. Spektra koagulan ekstrak larutan NaCl

Spektra koagulan dari penelitian Kwaamba tidak jauh berbeda serapannya yang muncul pada standart protein yang digunakan. Daerah serapan tersebut muncul pada bilangan gelombang $2000\text{--}500$ seperti yang terlihat pada Gambar

4.8 yang ditunjukkan dengan garis putus-putus, daerah tersebut menyatakan gugus fungsi dari protein. Daerah serapan tersebut juga tidak jauh berbeda dengan serapan yang muncul pada spektra koagulan larutan NaCl yang diperkirakan sebagai gugus fungsi dari protein yang berperan sebagai koagulan.

Spektra koagulan ini juga dibandingkan dengan sampel buatan (kaolin) dan endapan hasil koagulasi, spektra ketiganya dapat dilihat pada Gambar 4.9 :





Gambar 4.9 Hasil Spektra FTIR dari (A)Koagulan ekstrak larutan NaCl, (B) Kaolin dan (C) Endapan hasil koagulasi.

Gambar spektra yang muncul dari koagulan, kaolin dan endapan hasil koagulasi tersebut masing-masing dapat dilihat gugus fungsinya sehingga dapat dilihat pergeseran serapan dari spektra.

Spektra kaolin terbaca adanya vibrasi ulur H-O-H pada pita serapan 3446 cm^{-1} , vibrasi Si-O-Al^{VI} pada pita serapan $539,43 \text{ cm}^{-1}$ dan juga pita serapan $482,35 \text{ cm}^{-1}$ yang menunjukkan vibrasi ulur Si-O. Endapan hasil koagulasi juga diujikan menggunakan FTIR. Sampel ini diperkirakan adalah hasil interaksi antara kaolin sebagai sampel kekeruhan buatan dan koagulan biji kelor. Spektra endapan koagulasi terdapat pita serapan 3460 cm^{-1} , 1636 cm^{-1} , 1069 cm^{-1} , $946,6 \text{ cm}^{-1}$, $777,9 \text{ cm}^{-1}$, $539,3 \text{ cm}^{-1}$, $481,8 \text{ cm}^{-1}$. Serapan pada 3460 cm^{-1} dan serapan 1069 cm^{-1} dari endapan hasil koagulasi diperkirakan adanya gaya Van der Wals yaitu interaksi antara molekul-molekul polar yang berbeda (gaya dipole-dipol) pada koagulan dan kaolin, tetapi pergeseran ini lebih cenderung pada pergeseran dari spektra

kaolin, sehingga untuk mengetahui interaksi koagulan dengan kaolin ini tidak bisa dilakukan karena peran koagulan tidak terlihat besar dari pergeseran serapannya.

Protein merupakan salah satu makromolekul atau suatu molekul yang besar yang terdiri banyak molekul asam amina (lebih dari seratus asam amino) (Poedjiadi, 2009). Asam amino adalah asam karboksilat yang mempunyai gugus amino, sedangkan asam amino yang terdapat pada protein mempunyai gugus $-NH_2$. Asam amino ditinjau dari struktur gugus $-R$ dibagi menjadi 7 kelompok yaitu asam amino dengan rantai samping yang merupakan rantai karbon alifatik, yang mengandung beberapa gugus (gugus hidroksil, atom belerang, asam atau amida, basa, cincin aromatik) dan yang membentuk ikatan dengan atom N pada gugus amino (Poedjiadi, 2009).

Penelitian sebelumnya oleh Rizqi (2013) menunjukkan bahwa ada salah satu kelompok asam amino yang mempunyai kadar asam amino yang besar dibanding dengan kelompok asam amino lainnya dalam larutan ekstrak NaCl yang berperan sebagai koagulan yaitu L-lisin. Lisin merupakan asam amino yang bersifat basa yang mempunyai gugus $-NH_2$ lebih dari satu, hal ini kemungkinan terjadi pada range $4000\text{ cm}^{-1} - 3200\text{ cm}^{-1}$ yang menunjukkan OH dan NH karena pada range tersebut muncul beberapa serapan yaitu pada koagulan pita serapan $3566,48\text{ cm}^{-1}$; $3446,73\text{ cm}^{-1}$; $3430,18\text{ cm}^{-1}$; serapan pada kaolin pita serapan 3447 cm^{-1} dan serapan pada endapan hasil koagulan serapan pita $3460,442\text{ cm}^{-1}$.

4.8. Hasil Penelitian dalam Prespektif Islam

Pemanfaatan tumbuhan kelor di kehidupan sehari-hari masih sangat rendah. Tumbuhan kelor hanya dikenal sebagai tanaman pagar, padahal jika manusia mau berfikir lebih mendalam banyak manfaat yang dapat diambil dari tumbuhan kelor salah satunya pada bagian bijinya. Biji kelor yang sudah tua berwarna coklat bebas dari penyakit (Katayon, 1998) mempunyai kandungan protein yang tinggi (Winarno, 2002). Protein yang terkandung pada biji kelor berperan sebagai koagulan (Hidayat, 2006).

Kelor adalah salah satu tumbuhan yang dapat menurunkan kekeruhan air (Hidayat, 2006). Bijinya mengandung zat aktif yang dapat digunakan sebagai koagulan alamiah pada proses penjernihan air minum (Rambe, 2005). Berdasarkan hasil penelitian ini, ternyata kelor dapat menurunkan kekeruhan air sungai dan dapat menjadikan pH sampel menuju pH netral. Hal ini berbanding terbalik dengan koagulan tawas yang menyebabkan perubahan pH sampel yang sangat besar sehingga cenderung basa. Perubahan pH yang jauh dengan pH netral ini tidak diinginkan karena air yang telah dijernihkan nantinya akan dikonsumsi sehingga selayaknya mendekati standart air baku. Hal ini dibuktikan dari uji kekeruhan dan pH pada air sungai yang menunjukkan bahwa dengan konsentrasi koagulan kelor sebesar 10 ml/L dapat menurunkan kekeruhan mencapai 99,93 % dan pada variasi pH terlihat jelas bahwa pH sampel setelah proses koagulasi cenderung menuju pH netral, berbeda dengan tawas yang mana pH pada sampel setelah proses koagulasi cenderung menurun dratis.

Firman Allah SWT surat ar Ra'd ayat 11:

إِنَّ اللَّهَ لَا يُغَيِّرُ مَا بِقَوْمٍ حَتَّىٰ يُغَيِّرُوا مَا بِأَنْفُسِهِمْ ۗ وَإِذَا أَرَادَ اللَّهُ بِقَوْمٍ سُوءًا فَلَا مَرَدَّ لَهُ ۗ وَمَا لَهُم مِّن دُونِهِ مِن وَالٍ ﴿١١﴾

“Sesungguhnya Allah tidak merobah keadaan sesuatu kaum sehingga mereka merobah keadaan yang ada pada diri mereka sendiri. dan apabila Allah menghendaki keburukan terhadap sesuatu kaum, Maka tak ada yang dapat menolaknya; dan sekali-kali tak ada pelindung bagi mereka selain Dia” (QS ar Ra'd: 11).

Ayat ini menjelaskan bahwa Allah SWT tidak akan merubah keadaan mereka (suatu kaum), selama mereka tidak merubah sebab-sebab kemunduran mereka. Kata keadaan dalam surat tersebut tidak hanya menjelaskan tentang keadaan visual suatu kaum tersebut tetapi juga meliputi keadaan iman, keadaan sosial ekonomi maupun keadaan alam.

Penelitian ini adalah salah satu usaha merubah keadaan alam menjadi lebih baik dan salah satu upaya pemanfaatan sumber daya lokal yang dapat memberikan nilai lebih pada tumbuhan itu sendiri yang dapat dimanfaatkan dan dikembangkan oleh masyarakat luas, sehingga di setiap waktu kondisi kita diperintahkan untuk selalu ingat kepada Allah SWT salah satunya dengan memikirkan penciptaanNya, salah satunya adalah tumbuhan. Memikirkan di sini salah satunya dengan memelihara, melestarikan dan mencari informasi faedah dari tumbuhan tersebut. Sebagaimana Allah SWT telah menerangkan dalam al Qur'an surat asy Syu'ara ayat 7:

أَوَلَمْ يَرَوْا إِلَى الْأَرْضِ كَمْ أَنْبَتْنَا فِيهَا مِن كُلِّ زَوْجٍ كَرِيمٍ ﴿٧﴾

“Dan Apakah mereka tidak memperhatikan bumi, berapakah banyaknya Kami tumbuhkan di bumi itu pelbagai macam tumbuh-tumbuhan yang baik?” (QS asy Syu’ara: 7).

Dalam tafsir Nurul Quran (Imani, 2005) dijelaskan bahwa untuk menciptakan kemaslahatan bagi seluruh umat manusia, kita dituntut untuk berfikir atas penciptaan segala macam tanaman adalah sebagai tanda-tanda kekuasaan Allah SWT. Allah SWT menumbuhkan dari bermacam-macam tumbuhan yang baik yakni subur dan bermanfaat (Shihab, 2002). Seperti halnya tanaman kelor yang mempunyai banyak memberikan manfaat terhadap manusia yang digunakan untuk konsumsi sebagai sayuran, obat-obatan, bahan baku pembuatan kosmetik maupun salah satu bahan sebagai penjernih air.

Manusia yang memiliki pemahaman yang terbatas sering berfikir bahwa penciptaan alam semesta ini hanya menjadi hiasan semata di bumi atau bahkan hanya menjadi pengganggu, tidak ada nilai yang lebih berharga yang bisa diambil dan dimanfaatkan untuk kemaslahatan kehidupan manusia di bumi ini sehingga kurangnya rasa syukur atas penciptaanNya. Al Qur’an memang tidak menjelaskan secara detail faedah dari setiap penciptaan Allah sehingga manusia sebagai khalifah mempunyai tugas untuk berfikir, mengkaji dan mengembangkan penelitian untuk mendapatkan faedah dari hasil penciptaan Allah tersebut. Firman Allah SWT surat al An’am ayat 99 :

وَهُوَ الَّذِي أَنْزَلَ مِنَ السَّمَاءِ مَاءً فَأَخْرَجْنَا بِهِ نَبَاتَ كُلِّ شَيْءٍ فَأَخْرَجْنَا مِنْهُ خَضِرًا نُخْرُجُ مِنْهُ حَبًّا مُتَرَاكِبًا وَمِنَ النَّخْلِ مِنَ النَّخْلِ قِنَوانٌ دَانِيَةٌ وَجَنَّتِ مِنْ

أَعْنَابٍ وَالزَّيْتُونَ وَالرُّمَّانَ مُشْتَبِهًا وَغَيْرَ مُتَشَبِهٍ^ط أَنْظُرُوا إِلَى ثَمَرِهِ إِذَا أَثْمَرَ وَيَنْعِهِ^ع
 إِنَّ فِي ذَٰلِكُمْ لَآيَاتٍ لِّقَوْمٍ يُؤْمِنُونَ ﴿٩٩﴾

“Dan Dialah yang menurunkan air hujan dari langit, lalu Kami tumbuhkan dengan air itu segala macam tumbuh-tumbuhan Maka Kami keluarkan dari tumbuh-tumbuhan itu tanaman yang menghijau. Kami keluarkan dari tanaman yang menghijau itu butir yang banyak; dan dari mayang korma mengurai tangkai-tangkai yang menjulai, dan kebun-kebun anggur, dan (kami keluarkan pula) zaitun dan delima yang serupa dan yang tidak serupa. perhatikanlah buahnya di waktu pohonnya berbuah dan (perhatikan pulalah) kematangannya. Sesungguhnya pada yang demikian itu ada tanda-tanda (kekuasaan Allah) bagi orang-orang yang beriman” (QS al An’am: 99).

Surat al An’am ayat 99 tersebut menjelaskan proses penciptaan buah yang tumbuh dan berkembang melalui beberapa fase, hingga fase kematangan. Pada saat mencapai fase kematangan itu, suatu jenis buah mengandung komposisi gizi optimum yang mengandung komposisi zat gula, minyak, protein, karbohidrat dan komposisi zat gizi lainnya. Tanaman ini tumbuh dengan bantuan matahari untuk membantu pembentukan cadangan makanan bagi tumbuhan dan air hujan sebagai sumber airnya. Hal ini juga didukung dalam firman Allah SWT surat an Nahl ayat 11:

يُنَبِّتُ لَكُمْ بِهِ الزَّرْعَ وَالزَّيْتُونَ وَالنَّخِيلَ وَالْأَعْنَابَ وَمِنْ كُلِّ الثَّمَرَاتِ إِنَّ فِي
 ذَٰلِكَ لَآيَةً لِّقَوْمٍ يَتَفَكَّرُونَ ﴿١١﴾

“Dia menumbuhkan bagi kamu dengan air hujan itu tanam-tanaman; zaitun, korma, anggur dan segala macam buah-buahan. Sesungguhnya pada yang demikian itu benar-benar ada tanda (kekuasaan Allah) bagi kaum yang memikirkan” (an Nahl: 11).

Surat an Nahl ayat 11 tersebut menyebutkan tanaman dari yang paling cepat layu, panjang usianya dan yang paling banyak manfaatnya seperti zaitun,

kurma dan anggur (Shihab, 2002). Bagi manusia yang berfikir akan tanda-tanda kekuasaanNya pasti akan dapat mengambil pelajaran dan manfaat terhadap segala ciptaanNya.

Perkembangan ilmu pengetahuan membuktikan bahwa ayat-ayat di atas mengisyaratkan adanya ilmu-ilmu struktur dan keturunan lingkungan, tingkatan bumi yang merupakan hakikat yang belum disingkap manusia. Segala sesuatu yang nampak di mata insan yang berada di langit dan di bumi dikembalikan kepada Allah SWT. Apabila ditemukan manfaatnya bagi kesejahteraan manusia itupun adalah rahmat dan kasih sayang Allah SWT untuk manusia. Sehingga melalui kegiatan berfikir, merenungkan dan menganalisis ciptaan-ciptaan Allah SWT semua dikembalikan pula kepada Allah SWT dengan diikuti rasa tawakkal yang memberikan kepada manusia kekuatan iman dan mengakui kelemahan diri (tidak sombong) dihadapan kebesaran Allah SWT.

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang didapatkan, maka dapat disimpulkan bahwa:

- a. Pada variasi konsentrasi koagulan dengan parameter kekeruhan didapatkan konsentrasi koagulan terbaik sebesar 10 mL/L dengan penurunan kekeruhan sebesar 99,92 % sedangkan pada parameter pH tidak menunjukkan pengaruh yang nyata perubahan pH-nya.
- b. Pada variasi pH sampel dengan parameter kekeruhan, hasilnya tidak terlihat signifikan. Sedangkan pada parameter pH menunjukkan bahwa pada pH sampel 4 yang menunjukkan perubahan yang signifikan menuju pH netral.

5.2 Saran

- a. Perlu dilakukan analisis lebih lanjut dengan parameter-parameter kualitas air lain seperti kadar klorin, deterjen, logam, bakteriologis, dan lain-lain sesuai dengan peraturan pemerintah tentang kualitas air karena koagulan memiliki kemampuan masing-masing terhadap parameter kualitas air.
- b. Perlu dilakukan analisis karakterisasi penyusun zat organik koagulan larutan ekstrak NaCl serbuk biji kelor tanpa lemak seperti Karbohidrat maupun analisis lemak dengan metode *Folch* dan protein dengan metode biuret, bradford.

DAFTAR PUSTAKA

- Alaert, G. dan Santika, S. S. 1984. *Metode Penelitian Air*. Surabaya: Usaha Nasional.
- Ali, E.; Suleyman, A. M.; Hamzah, M. S.; Alam, Z., dan Saleh, M. 2010. Production of Natural Coagulant from Moringa Oleifera Seed for Application in Treatment of Low Turbidity Water. *Journal Water Resource and Protection*. Vol. 2 : 259 – 266.
- Alzahrani, Z. 2009. *College of Science-Department of Biochemistry.com*
- Amdani, K. 2004. Pemanfaatan Biji Kelor (*Moringa oleifera*) sebagai koagulan dalam Proses Koagulasi Limbah Cair Industri Karet. *Jurnal Penelitian* . Medan : Universitas Sumatra Utara.
- Anonimous. 2012. *Khasiat Daun Kelor Untuk Penyakit Medis Dan Gangguan Sihir*. <http://quranic-healing.blogspot.com/2012/10/khasiat-daun-kelor-untuk-penyakit-medis.html>. Diakses tanggal 10 Maret 2013.
- Antonius, P. 2009. *Sungai Bengawan Solo Tercegar Berat*. Ngawi : Harian Kompas Ngawi
- AOAC. 1970. *Official Methods of Analysis of Association of Official Analytical Chemists*. Association of Official Analytical Chemists. Washington DC.
- Aslamiah, S. S. 2013. Aktivitas Koagulasi Ekstrak Biji Kelor (*Moringa oleifera*) dalam Larutan NaCl terhadap Limbah Cair IPAL PT SIER PIER Pasuruan. *Skripsi Tidak Diterbitkan*. Malang : UIN Maulana Malik Ibrahim Malang.
- Basset, J. D. 2000. *Buku Ajar Vogel Kimia Analisis Kuantitatif Anorganik*. Jakarta: Buku Kedokteran EGC.
- Chandra, A. 1998. Penentuan Dosis Optimum Koagulan Ferro sulfat – kapur, Flokulan Chemifloc dan Besfloc serta Biofloculan Moringa Oleifera Dalam Pengolahan limbah cair Pabrik Tekstil. *Skripsi Tidak Diterbitkan*. Jurusan Teknik Kimia. Bandung: UNPAR.
- Cronquist. 1991. *An Integrated System of Classification of Flowering Plant*, New York : Colombia University Press.
- Davis, M. L. dan Cornwell, D. A. 1991. *Introduction to Environmental Engineering 2nd ed*. New York : McGraw-Hill, Inc.

- Day, U. 1989. *Analisis Kimia Kuantitatif Edisi Kelima*. Jakarta : Erlangga.
- Dwiryanti, D. 2005. *Pengolahan Lindi dengan Biji Moringa oleifera Lamk dan Membran Mikrofiltrasi*. Makalah Seminar Kimia Lingkungan VII Surabaya.
- Effendi, H. 2003. *Telaah Kualitas Air*. Yogyakarta : Kanisius.
- Fahey, J. W. 2005. *Moringa oleifera : A Review of the Medical Evidence for Its Nutritional, Therapeutic, and Prophylactic Properties. Part 1*. USA.
- Gandjar, I. G. dan Rochman, A. 2009. *Kimia Farmasi Analisis*. Yogyakarta : Pustaka Pelajar.
- Hammer, M. J. dan Hammer, M. J. Jr. 1996. *Water and Wastewater Technology, Third Edition*. Prentice Hall International Edition.
- Hartati, E.; Mumun S., dan Windi N. S. 2008. *Perbaikan Kualitas Air Limbah Industri Farmasi Menggunakan Koagulan Biji Kelor (Moringa oleifera L) dan PAC (Poly Aluminium Chloride)*. Bandung : Jurusan Teknik Lingkungan, Institut Teknologi Nasional (ITENAS).
- Hendayana, S. 2006. *Kimia Pemisahan Metode Kromatografi dan Elektroforesis Modern*. Bandung : PT Remaja Rosdakarya.
- Hidayat, S. 2006. Pemberdayaan Masyarakat Bantaran Sungai Lematang dalam Menurunkan Kekeruhan Air dengan Biji Kelor (*Moringa oleifera* Lam.) sebagai Upaya Pengembangan Proses Penjernihan Air. *Disertasi Tidak Diterbitkan*. Malang : Program Studi Setara Jurusan Pendidikan Biologi Universitas Negeri Malang.
- Hidayat, S. 2003. *Efektifitas Bioflokulan Biji Moringa Oleifera Dalam Proses Pengolahan Limbah Cair Industri Pulp Dan Kertas*. [http:// digilib. Itb.ac.ai/go.php](http://digilib.itb.ac.ai/go.php). Diakses tanggal 15 Maret 2013.
- Husin, A. dan Pandia, S. 2005. *Pengaruh Massa dan Ukuran Biji Kelor pada Proses Penjernihan Air*. Medan: Fakultas Teknik USU.
- Irianty, R. S. 2010. Pengaruh Massa Biji Kelor (*Moringa oleifera* Lamk) dan Waktu Pengendapan Pada Pengolahan Air Gambut. *Jurnal Sains Dan Teknologi*. No : 82-86.
- Joomla. 2008. *Biji Kelor Bisa Jernihkan Air*. <http://jongjava.com>. Diakses tanggal 16 Maret 2013.

- Karuniastuti, N. 2003. Minimasi Potensi Pencemaran Aluminium Dan Limbah Back Wash Filter Di PUSDIKLAT MIGAS CEPU. *Tesis* Tidak Diterbitkan. Semarang : UNDIP.
- Katayon, S.; M. J. Megat Mohn Noor, M.; Asma, L. A.; Abdul Ghani, A. M.; Thamer, I.; Azni, J.; Ahmad, B. C.; Khor, A. M. Suleyman. 2005. Effect of storage conditions of *Moringa oleifera* seeds on its performance in coagulation. *Bioresource Technology*. Vol. 97: 1455-1460.
- Khopkar. 2003. *Konsep Dasar Kimia Analitik*. Jakarta : Universitas Indonesia.
- Kurniawati, V. 2004. Penggunaan Beberapa Koagulan Untuk Pengolahan Limbah Cair Pabrik Slondok. *Skripsi* Tidak Diterbitkan. Semarang : Jurusan Kimia UNDIP.
- Kwaambwa dan Maikokera. 2008. Infrared and Circular Dichroism Spectroscopic Characterisation of Secondary Structure Components of a Water Treatment Coagulant Protein Extracted from *Moringa oleifera* seeds. *Colloids and Surfaces*. Science Direct.
- Lailatul, M. 2008. Efektifitas Bioflokulan Biji Kelor (*Moringa olifera* L.) Dalam Mengurangi Kadar Cr (VI). *Skripsi* Tidak Diterbitkan. Malang : Jurusan Kimia UIN Maulana Malik Ibrahim Malang.
- Lee, C. C. 1999. *Handbook of Environmental Engineering Calculations*. USA : McGraw-Hill.
- Lee, S. H.; Lee, S. O.; Jang, K. L., dan Lee, T. H. 1995. Microbial flocculant from *Arcaudendron* SP-49. *Biotechnol. Lett.* 17, 95–100.
- Madrona, G. S.; Branco, I. G.; Seolin, V. J.; Filho, A. A.; Fagundes-Klen, M. R. dan Bergamasco, R. 2012. Evaluation of Extracts of *Moringa oleifera* Lam Seeds Obtained with NaCl and Their Effect on Water Treatment. *J. Maringa*, v. 34 n. 3. Brazil: Acta Scientiarum.
- Mccollister, D. D.; Oyen, E., dan Rowe, V. K. 1964. Toxicology of Acrylamide. *Toxicol. Appl. Pharmacol.* Vol. 6 : 172±181.
- Metcalf dan Eddy. 1994. *Wastewater Engineering Treatment Disposal Reuse, 3th ed.* Singapore : McGraw-Hill Book.
- Muhammad, A. 2011. *Keajaiban Air*. Bandung : Media Pustaka.
- Mukarromah, L. 2008. Efektifitas Bioflokulan Biji Kelor (*Moringa oleifera* Lamk.) Dalam Mengurangi Kadar Cr (VI). *Skripsi* Tidak Diterbitkan. Malang: UIN Maulana Malik Ibrahim Malang.

- Mulja, M. S. 1995. *Analisis Instrumental*. Surabaya : Air Langga Press.
- Mulyono, HAM. 2008. *Kamus Kimia*. Jakarta : Bumi Aksara.
- Muyubi, S. A., dan Evison, L. M. 1995. Optimizing Physical Parameters Affecting Coagulant of Turbid Water with *Moringa oleifera* Seeds. *Water Res.* 29: 2689-2695.
- Ndabigengeser, A., dan Narasiah, K. S. 1998. Quality of Water Treated by Coagulation using *Moringa oleifera*. *Water Research*. Vol. 32, No. 3. England: Pergamon Press.
- Ndabigengeser, A., Narasiah, K. S., dan Talbot, B. G. 1995. Active Agents and Mechanism of Coagulation of Turbid Water using *Moringa oleifera*. *Water Research*. Vol 29, No.2. England : Pergamon Press.
- Notodarmojo; Suprihanto; Andriani, A., dan Anne, J. 2004. *Kajian Unit Pengolahan Menggunakan Media Berbutir dengan Parameter Keketuhan, TSS, Senyawa Organik dan pH*. Bandung : ITB.
- Nugeraha; Sumiyati, S., dan Samudro. G. 2010. Pengolahan Air Limbah Kegiatan Penambangan Batubara Menggunakan Biokoagulan : Studi Penurunan Kadar TSS, Total Fe dan Total Mn Menggunakan Biji Kelor (*Moringa oleifera*). *Jurnal Teknik Lingkungan*. Semarang : UNDIP.
- Okuda, T.; Baes, A. U.; Nishijima, W., dan Okada, M. 1999. Improvement of Extraction Method of Coagulant Active Components from *Moringa oleifera* Seed. *Water research*. Vol. 33, No. 15. England : Pergamon Press.
- Okuda, T.; Baes, A.; Nishijima, W., dan Okada, M. 2001. Isolation and Characterization of Coagulant Extracted from *Moringa oleifera* Seeds by Salt Solution. *Water Research*. Vol 35, No. 2. England : Pergamon Press.
- Pasya, A. F. 2004. *Dimensi sains al-Qur'an Menggali Ilmu Pengetahuan dari al-Qur'an*. Solo: Tiga Serangkai.
- Poedjiadi, A. 2002. *Dasar-Dasar Biokimia*. Jakarta : UI-Press.
- Rahardjanto. 2004. *The Effectivity Of Bioflocculant Moringa Oleifera For The Remediation Physicochemical Characteristics Of Textile Industry Wastewater*, <http://digilib.bi.itb.ac.id/go.php?id=jbptitbbi-gdl-s2-2004-abdulkadir-55&node=1576&start=11>. Diakses 20 Februari 2013.
- Rambe, A. M. 2009. Pemanfaatan Biji Kelor (*Moringa oleifera*) sebagai Koagulan Alternatif dalam Proses Penjernihan Limbah Cair Industri Tekstil. *Thesis*

Tidak Diterbitkan. Medan: Sekolah Pasca Sarjana Universitas Sumatra Utara.

Rizqi, Wadziatir. 2013. Pemanfaatan Larutan Ekstrak NaCl Biji Kelor (*Moringa Oleifera*) Sebagai Koagulan Alami Pada Limbah Cair Pt Cheil Jedang Indonesia – Jombang. *Skripsi*. Tidak Diterbitkan. Malang : UIN Maulana Malik Ibrahim Malang.

Sastrohamidjojo. 2001. *Spektroskopi*. Yogyakarta : Liberty.

Sciencelab.com. Diakses pada Juli 2013.

Socrates, G. 1994. *Infrared Spectroscopy*. Chicester : John Willey and Sons.

Shihab, M. Q. 2002. *Tafsir Al-Misbah Pesan, Kesan dan Keserasian al-Qur'an*. Jakarta : Lentera Hati.

Skoog, D. H., dan Holler, F. J. 1998. *Principles of Instrumental Analysis Edition 5*. Philaelphiad : Harcourt Brace Company.

Sudarmadji, S.; Haryono, B., dan Suhardi. 2007. *Prosedur Analisa Untuk Bahan Makanan dan Pertanian*. Yogyakarta : Liberty.

Suharman, M. 1995. *Analisis Instrumental*. Surabaya : Airlangga Press.

Suriawiria. 2005. *Manfaat Daun Kelor*. <http://keris.blogs.ie/2005/03/15/manfaat-daun-kelor>. Diakses pada tanggal 10 Mei 2013.

Ulfah, S. 2009. Efektifitas Biji Kelor (*Moringa oleifera*) Terhadap penurunan Kadar Besi (Fe). *Karya Tulis Ilmiah*. Semarang : UNMUH Semarang.

Winarno, F. G. 2002. *Kimia Pangan dan Gizi*. Jakarta : PT. Gramedia Pustaka Utama.

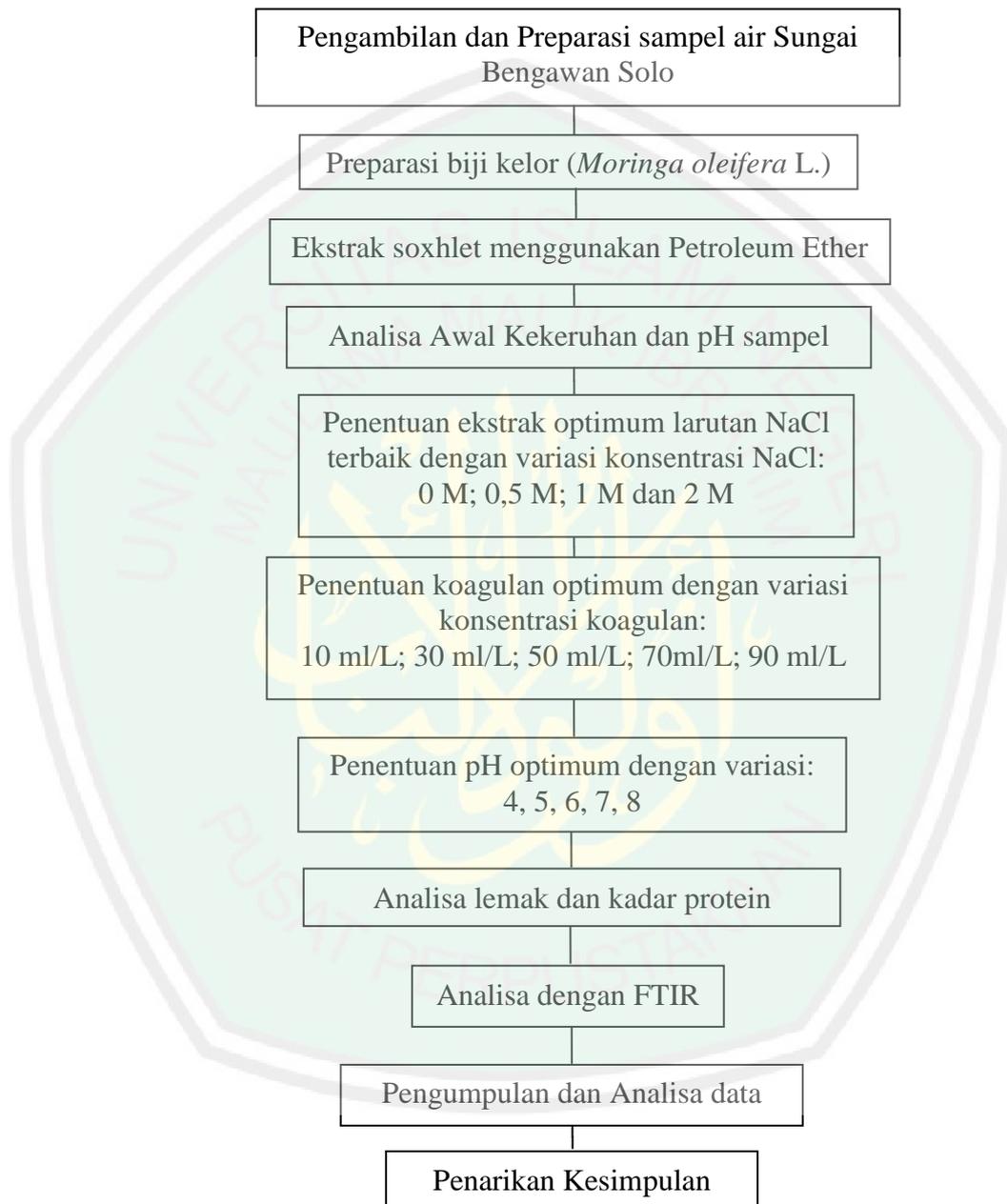
Winarno. 2006. *Tanaman Obat-Obatan Tradisional*. www.digilib.ac.id/ind/pd.obatradisonal/view&=8933.php/id. Diakses 17 Februari 2012.

Wiwoho. 2005. *Model Identifikasi Daya Tampung Beban Cemar Sungai Dengan Qual2e – Study Kasus Sungai Babon*. Semarang : UNDIP.

Yudi, Ahmad. 2011. Pembuatan Dan Karakterisasi Karbon Aktif Dari Ban Bekas Dengan Nacl Sebagai Bahan Pengaktif Pada Temperatur Aktivasi Fisika 600 °C Dan 650 °C. *Skripsi*. Tidak Diterbitkan. Malang : UIN Maulana Malik Ibrahim Malang.

Yulastuti, E. 2011. Kajian Kualitas Air Sungai Ngringo Karanganyar dalam Upaya Pengendalian Pencemaran Air. *Tesis* Tidak Diterbitkan. Semarang : UNDIP.



LAMPIRAN 1. Bagan Alur Penelitian

Lampiran 2. Cara Kerja

1. Preparasi Sampel

Sampel

- Disiapkan botol dan tutup.
- Botol dimasukkan kedalam air dibawah permukaan air.
- Setelah terisi penuh, botol diangkat.
- Botol ditutup.

Hasil

2. Ekstraksi Lemak Biji Kelor (Proses Dilipid menggunakan Soxhlet)

Biji Kelor

- diambil buah kelor yang sudah tua dipohon dan diambil bijinya
- dikupas kulit luarnya sehingga diperoleh biji kelor yang berwarna putih
- diblender sampai ukuran lewat 40 mesh
- ditimbang sampel 10 g dan dimasukkan dalam *thimble* ekstraksi
- dipasang semua perangkat ekstraksi soxhlet
- diekstraksi dengan pelarut Petroleum Ether sampai pelarut berubah warna pucat
- didapat Filtrat dan residu

Residu

Filtrat

- Dikering anginkan didalam lemari asam selama 5 hari

Hasil

3. Preparasi Koagulan Kelor

Sampel

- Sampel ekstraksi (residu) ditimbang sebanyak 1 gr
- diekstrak dalam larutan NaCl 0; 0,5; 1 dan 2 M sebanyak 100 mL
- diaduk dengan menggunakan *magnetik stirrer* selama 10 menit kemudian disaring
- diambil filtratnya dan dipakai sebagai koagulan

Hasil

4. Analisis Kadar Air Biji Kelor (AOAC, 1990)

Biji kelor

- dihaluskan dengan mortar
- dimasukkan ke dalam cawan yang telah diketahui berat konstannya
- ditimbang sebanyak 5 g
- dikeringkan di dalam oven pada suhu 100-105 °C selama sekitar ± 15 menit
- didinginkan dalam desikator selama ± 10 menit
- ditimbang
- dipanaskan kembali dalam oven ± 15 menit
- didinginkan dalam desikator dan ditimbang kembali
- diulangi perlakuan ini sampai tercapai berat konstan
- dihitung kadar airnya menggunakan rumus berikut:

$$\text{Kadar air} = \frac{(b - c)}{(b - a)} \times 100\%$$

Keterangan: a = berat konstan cawan kosong
 b = berat cawan + sampel sebelum dikeringkan
 c = berat konstan cawan + sampel setelah dikeringkan

$$\text{Faktor koreksi} = \frac{100}{100 - \% \text{ kadar air}}$$

$$\% \text{ Kadar air terkoreksi} = \text{Kadar air} - \text{Faktor koreksi}$$

Hasil

5. Proses Koagulasi dan Flokulasi Kelor pada Sampel Air Sungai (*Jar Test*)

Sampel

- disiapkan *beaker glass* berisi 1000 mL sampel dan diletakkan pada slot *jar tester*
- diaduk dengan kecepatan 150 rpm selama 2 menit dan ditambahkan koagulan
- diturunkan kecepatan pengadukan menjadi 30 rpm selama 30 menit sebagai pengadukan lambat
- dilakukan proses sedimentasi selama 1 jam
- dilakukan analisa parameter kualitas air pada sampel setelah penambahan koagulan

Hasil

6. Pengukuran Parameter Kualitas Air Sebelum dan Sesudah Dikoagulasi dengan Kelor

➤ Analisis Kekeruhan pada Air

Sampel

- dikocok sampel sampai homogeny
- diambil sebanyak 100 mL
- diletakkan dalam wadah transparan
- diproyeksikan sumber cahaya melalui sampel air limbah yang disimpan dalam wadah transparan
- dicatat hasil yang muncul pada layar alat

Hasil

➤ **Analisis pH pada Air**

Sampel

- Dihidupkan pHmeter yang telah distandarisasi larutan buffer pH 4 dan 7
- Dibilas elektroda pH dengan akuades
- Dichelupkan elektroda ke dalam beaker glass yang berisi sampel
- Diaduk perlahan
- dicatat nilai pH stabil selama 1 menit

Hasil

7. Karakterisasi Sebelum Dan Sesudah Ekstrak Larutan NaCl Biji Kelor

➤ **Analisa Kadar Lemak Biji Kelor Secara Soxhletasi**

Biji Kelor

- diambil buah kelor yang sudah tua dipohon dan diambil bijinya
- dikupas kulit luarnya sehingga diperoleh biji kelor yang berwarna putih
- diblender sampai ukuran lewat 40 mesh
- ditimbang sampel 2 g dan dimasukkan dalam *thimble* ekstraksi
- dipasang semua perangkat ekstraksi soxhlet
- diekstraksi dengan pelarut Petroleum Ether sampai pelarut berubah warna pucat
- petroleum ether yang telah mengandung lemak dan minyak dipindahkan ke dalam botol timbang yang bersih dan diketahui beratnya
- kemudian diuapkan pelarut sampai berat konstan
- berat residu yang sudah konstan dalam botol dinyatakan sebagai berat lemak dan minyak

Hasil

➤ **Analisis Protein dengan Metode Lowry**

- Penentuan Panjang Gelombang Maksimum Larutan BSA

Larutan stok BSA 300 ppm

- dipipet 1 mL ke dalam tabung reaksi
- ditambahkan 8 mL reagen Lowry B
- divorteks
- didiamkan selama 15 menit
- ditambahkan 1 mL reagen Lowry A
- divorteks
- didiamkan selama 20 menit
- diukur absorbansinya pada panjang gelombang 400-800 nm menggunakan spektrofotometer UV-Vis
- dibuat kurva antara panjang gelombang pada sumbu X dan absorbansi pada sumbu Y

Hasil

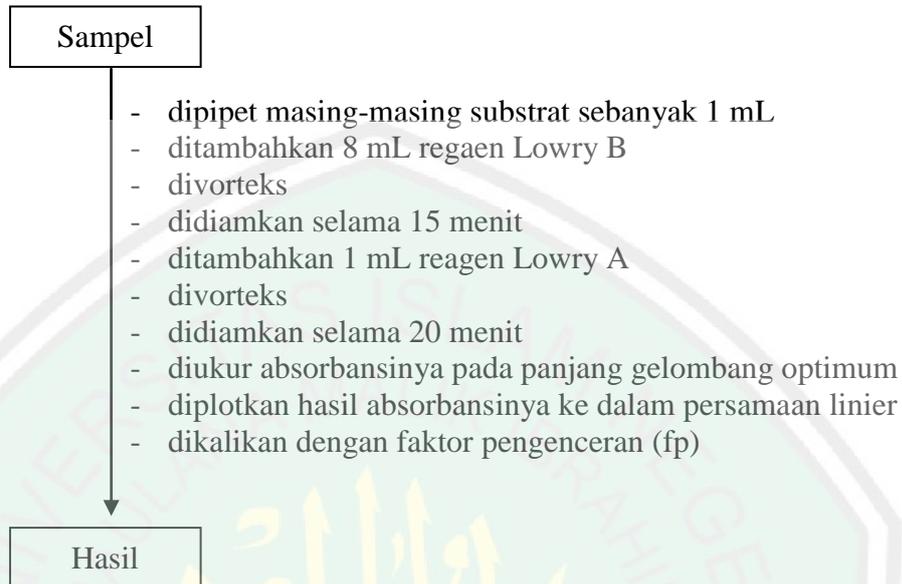
- Pembuatan Kurva Baku Larutan BSA

Larutan BSA 10, 60, 120, 180, 240 dan 300 ppm

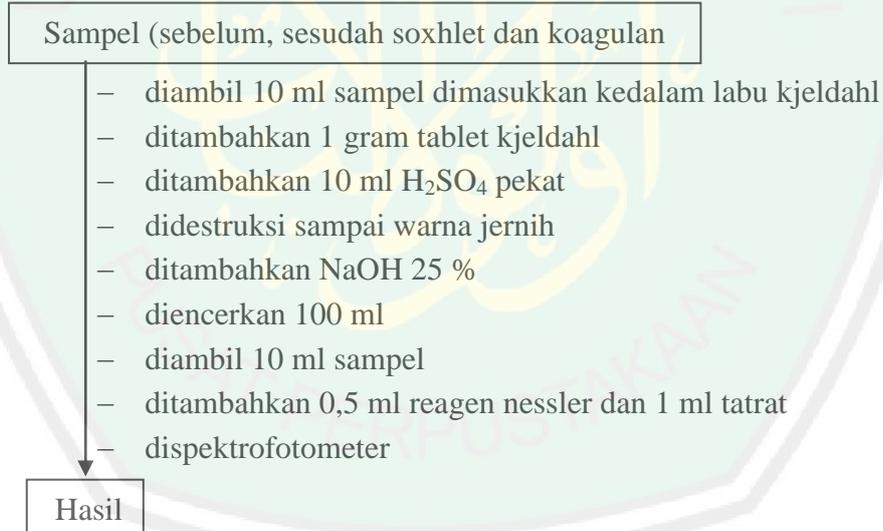
- diambil masing-masing sebanyak 1 mL
- ditambahkan 8 mL reagen Lowry B
- divorteks
- didiamkan selama 15 menit
- ditambahkan 1 mL reagen Lowry A
- divorteks
- didiamkan selama 20 menit
- diukur absorbansinya pada panjang gelombang optimum

Hasil

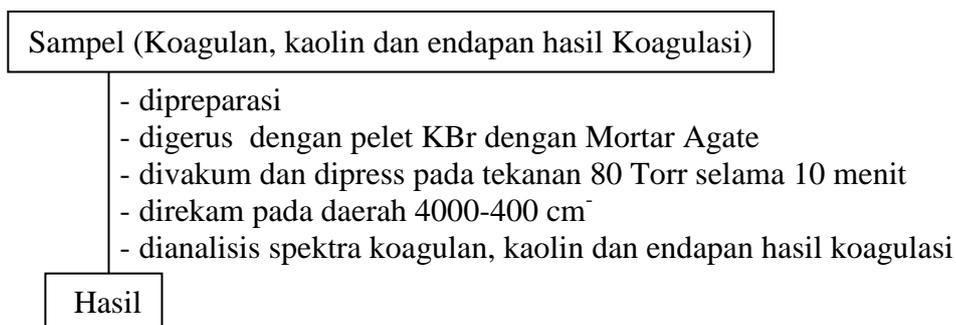
- Analisis Kadar Protein dengan Metode Lowry



➤ Analisa Kadar Protein Metode Kjeldahl-Nessler



➤ Analisa FTIR



Lampiran 3. Perhitungan dan Pembuatan Reagen

1. Pembuatan NaCl 1 M

Diketahui : Mr NaCl = 49,46 gr/mol

Volume yang diambil = 100 mL = 0,1 L

Ditanya : berat NaCl yang diperlukan untuk membuat NaCl 0,1 M?

$$\begin{aligned} \text{Mol NaCl (n)} &= M \times V \text{ (L)} \\ &= 1 \text{ mol/L} \times 0,1 \text{ L} \\ &= 0,1 \text{ mol} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Massa NaCl} &= n \times \text{Mr} \\ &= 0,1 \text{ mol} \times 49,46 \text{ gr/mol} \\ &= 4,946 \text{ gr} \end{aligned}$$

Padatan NaCl ditimbang sebanyak 4,946 gr. Dilarutkan dalam gelas beker yang berisi akuades 50 mL. Diaduk-aduk sampai larut sempurna dan dipindahkan dalam labu ukur 100 mL. Ditambahkan akuades sampai tanda batas dan dihomogenkan.

2. Pembuatan larutan H₂SO₄ (1:2)

Sebanyak 66 mL aquades dimasukkan ke dalam labu takar 100 mL. Labu takar direndam dengan air dingin, kemudian ditambahkan H₂SO₄ p.a. sedikit demi sedikit sambil dikocok-kocok sampai tanda batas kemudian dihomogenkan.

3. Pembuatan larutan NaOH 0.1 N

$$\text{Mr NaOH} = 40 \text{ g/mol}$$

$$\text{Valensi NaOH} = 1$$

$$\text{Volume NaOH} = 100 \text{ mL} = 0,1 \text{ L}$$

$$N = \frac{\sum \text{mol ekuivalen zat terlarut}}{1 \text{ L larutan}}$$

$$\text{Berat ekuivalen (BE)} = \frac{Mr}{\text{valensi}}$$

$$0,1 \text{ N} = \frac{n_{ek}}{0,1 \text{ L}}$$

$$\text{BE} = \frac{40 \text{ g/mol}}{1}$$

$$n_{ek} = 0,01 \text{ mol}$$

$$\text{BE} = 40 \text{ g/mol}$$

$$\text{gr} = \text{mol} \times \text{BE}$$

$$\text{gr} = 0,01 \text{ mol} \times 40 \text{ g/mol}$$

$$\text{gr} = 0,4 \text{ gr}$$

Jadi, untuk membuat larutan NaOH 1 N, diambil sebanyak 0,4 g kristal NaOH, dilarutkan dengan aquades kemudian dimasukkan ke dalam labu ukur 100 mL, diatanda bataskan dan dihomogenkan. Larutan disimpan dalam botol penampung dan disimpan pada suhu kamar.

4. Pembuatan Larutan Standar BSA (Apriyantono, *et al.*, 1989)

Larutan stok Bovine Serum Albumin (BSA) diperoleh dengan menimbang 30 mg BSA yang dilarutkan dengan aquades, kemudian dimasukkan ke dalam labu ukur 100 mL dan ditambahkan aquades hingga tanda batas. Kemudian larutan glukosa BSA dengan konsentrasi 10, 60, 120, 180, 240 dan 300 ppm dibuat dengan menggunakan rumus pengenceran.

a. Konsentrasi 300 ppm

$$V_1 \times M_1 = V_2 \times M_2$$

$$V_1 \times 300 \text{ ppm} = 10 \times 300 \text{ ppm}$$

$$V_1 = 10 \text{ mL}$$

b. Konsentrasi 240 ppm

$$V_1 \times M_1 = V_2 \times M_2$$

$$V_1 \times 300 \text{ ppm} = 10 \times 240 \text{ ppm}$$

$$V_1 = 8 \text{ mL}$$

c. Konsentrasi 180 ppm

$$V_1 \times M_1 = V_2 \times M_2$$

$$V_1 \times 300 \text{ ppm} = 10 \times 180 \text{ ppm}$$

$$V_1 = 6 \text{ mL}$$

d. Konsentrasi 120 ppm

$$V_1 \times M_1 = V_2 \times M_2$$

$$V_1 \times 300 \text{ ppm} = 10 \times 120 \text{ ppm}$$

$$V_1 = 4 \text{ mL}$$

e. Konsentrasi 60 ppm

$$V_1 \times M_1 = V_2 \times M_2$$

$$V_1 \times 300 \text{ ppm} = 10 \times 60 \text{ ppm}$$

$$V_1 = 2 \text{ mL}$$

f. Konsentrasi 10 ppm

$$V_1 \times M_1 = V_2 \times M_2$$

$$V_1 \times 300 \text{ ppm} = 10 \times 10 \text{ ppm}$$

$$V_1 = 0,33 \text{ mL}$$

5. Pembuatan Reagen Lowry (Sudarmadji, *et al.*, 1997)

a. Lowry A

larutan stok asam phospo-tungstic-phospo-molybdic yang ada di pasaran, diencerkan dengan air (1:1).

b. Lowry B

sebanyak 100 mL larutan Na_2CO_3 2 %, dicampurkan dalam larutan NaOH 0,1 N dengan 1 mL $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ 1 % dan 1,0 mL natrium-kalium-tartrat 2 %. Larutan harus disiapkan baru (tidak disimpan).

Lampiran 4. Perhitungan dan Analisa Data

1. Perhitungan Kadar Air Biji Kelor

Tabel 1. Hasil Penimbangan Cawan Kosong

Pengulangan	I	II	III	IV	V	Rata-rata
Cawan 1	162,063	162,071	162,059	162,067	162,060	162,06
Cawan 2	164,022	164,010	164,010	163,990	164,000	164,00
Cawan 3	160,310	160,321	160,308	160,283	160,309	160,30
Cawan 4	154,637	154,621	154,640	154,619	154,620	154,62
Cawan 5	152,920	152,925	152,930	152,923	152,920	152,921

Tabel 2. Hasil Penimbangan Cawan Dan Sampel Setelah Pengeringan

Pengulangan	1	2	3	4	5	Rata-rata
Cawan +sampel 1	167,86	167,89	167,84	167,91	167,91	167,90
Cawan +sampel 2	168,88	168,9	168,86	168,84	168,85	168,85
Cawan +sampel 3	165,15	165,17	165,14	165,12	165,14	165,14
Cawan +sampel 4	159,49	159,46	165,44	165,46	165,46	163,46
Cawan +sampel 5	157,8	157,77	157,77	157,8	157,75	157,76

Keterangan :tanda kuning menunjukkan angka yang konstan

Tabel 3. Hasil Perhitungan Kadar Air

Pengulangan	I	II	III	IV	V
Berat Cawan (gr)	162,06	164,00	146,30	154,62	152,92
Berat Cawan + sampel sebelum dikeringkan (gr)	167,06	169,01	151,30	159,62	157,92
Berat Cawan + sampel setelah dikeringkan (gr)	166,897	168,85	151,14	159,46	157,76
Kadar Air (%)	3,25	3,29	3,25	3,25	3,25

$$\text{Kadar air} = \frac{(b - c)}{(b - a)} \times 100 \%$$

Keterangan: a = berat konstan cawan kosong

b = berat cawan + sampel sebelum dikeringkan

c = berat konstan cawan + sampel setelah dikeringkan

Pengulangan I:

$$\begin{aligned} \text{Kadar air} &= \frac{(167,06 - 166,897)}{(167,06 - 162,06)} \times 100 \% \\ &= 3,25 \% \end{aligned}$$

Rata – rata

$$= \frac{\text{kadar air ulangan I} + \text{ulangan II} + \text{ulangan III} + \text{ulangan IV} + \text{ulangan V}}{5}$$

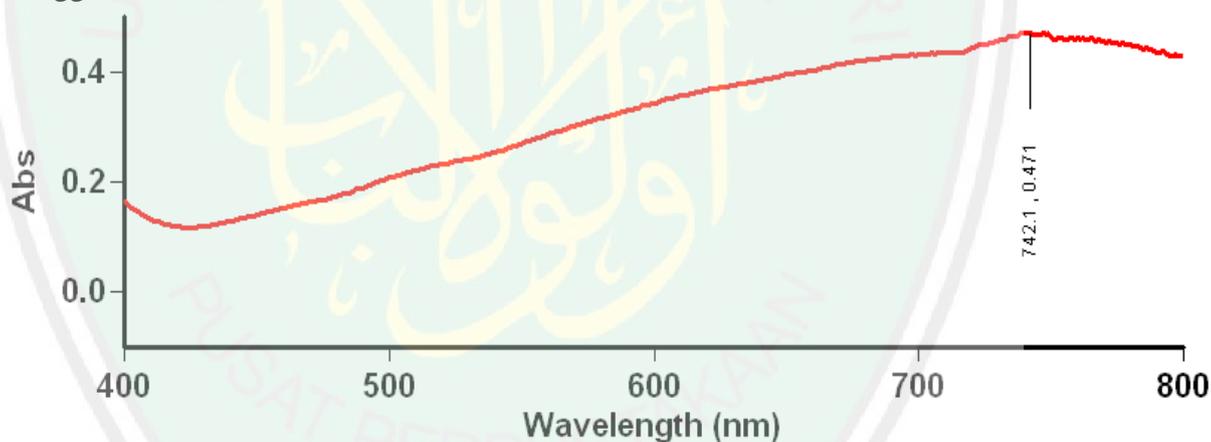
$$\begin{aligned} \text{Rata – rata} &= \frac{3,25 \% + 3,29 \% + 3,25 \% + 3,25 \% + 3,25 \%}{5} \\ &= 3,2570 \% \end{aligned}$$

2. Hasil Karakterisasi Larutan Ekstrak NaCl Biji Kelor

➤ Penentuan Protein Menggunakan Metode Lowry

- Penentuan Panjang Gelombang Optimum

Tanggal Analisa : 13 November 2013



Scan Analysis Report

Sample Name: Protein

Collection Time 11/13/2013 11:45:08 PM

Peak Table

Peak Style Peaks

Peak Threshold 0.0100

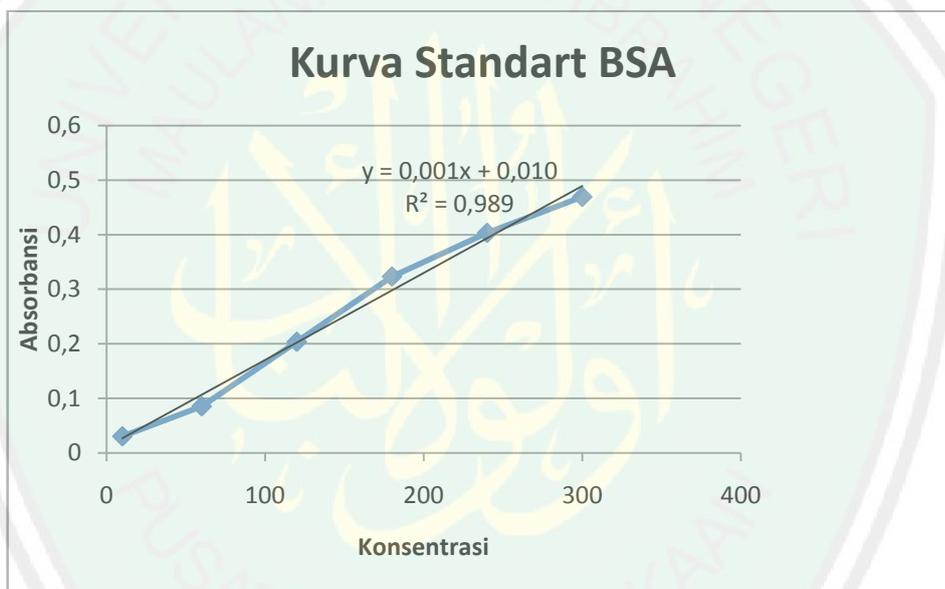
Range 799.9nm to 400.1nm

Wavelength (nm)	Abs
742.1	0.471

- **Penentuan Kurva Standar Larutan BSA (*Bovine Serum Albumin*)**

Tabel data Absorbansi Larutan BSA λ 742 nm

Konsentrasi (ppm)	Absorbansi
10	0,0306
60	0,0855
120	0,2037
180	0,3233
240	0,4032
300	0,4693



- **Perhitungan Konsentrasi Protein dalam Larutan Ekstrak NaCl Biji Kelor**

Analisis kadar protein larutan ekstrak NaCl biji kelor menggunakan metode Lowry. Perolehan absorbansi yang diperoleh selanjutnya diplotkan ke dalam persamaan linier kurva standar protein yaitu $y = 0,001x + 0,010$ dengan y adalah absorbansi dan x merupakan variabel yang dicari yakni kadar protein:

$$y = ax + b$$

$$y = 0,001x + 0,010$$

$$0,0605 = 0,001x + 0,010$$

$$0,0605 - 0,010 = 0,001x$$

$$0,051 / 0,001 = x$$

$$50,5 = x$$

$$\begin{aligned} \text{Konsentrasi protein sampel} &= \text{kadar protein} \times \text{faktor pengenceran} \\ &= 50,0 \times 10 \\ &= 505 \text{ ppm} \end{aligned}$$

Tabel 1. Data Absorbansi Sampel Larutan Ekstrak NaCl Biji Kelor

Sampel	Absorbansi (y)	Konsentrasi protein sampel (ppm)
Sebelum Soxhlet	0,0605	505
Setelah Soxhlet	0,0871	771
Larutan Ekstrak NaCl 1 M	0,2344	2244

➤ **Penentuan Kadar Protein Metode Kjeldahl (Alaerts dan Santika, 1987)**

Tabel 1. Analisis Protein

Sampel	Berat awal (gram)	Absorbansi	Kadar (%)	Kadar Protein rata-rata (%)
Sebelum soxhlet	1,0041	0,112	1,19	1,18
	1,0065	0,109	1,16	
	1,0054	0,111	1,18	
Setelah soxhlet	1,0082	0,265	2,80	2,8
	1,0064	0,267	2,82	
	1,0073	0,264	2,78	
Ekstrak larutan NaCl	1,0039	0,251	26,66	26,62
	1,0039	0,252	26,45	
	1,0039	0,249	26,77	

Misal: Perhitungan kadar protein serbuk biji kelor pada ulangan I sebelum soxhlet

Berat serbuk biji kelor awal = 1.0041 gr

Absorbansi serbuk biji kelor = 0.112

Pengenceran = 1000 ml

Faktor konversi = 6.25

Besar slop spektrofotometer digital = 0.0586

$$\text{Kadar Protein} = \frac{\frac{\text{absorbansi}}{\text{Slop}} \times \text{pengenceran} \times \text{faktor konversi} \times 100 \%}{\text{Berat sampel} \times 10^6}$$

$$\begin{aligned} \text{Kadar Protein} &= \frac{0,112}{0,0586} \times 1000 \times 625 \times 100 \% \\ &= \frac{1,0041 \times 10^6}{10^6} \\ &= 1,18966 \% \\ &= 1,19 \% \end{aligned}$$

Kadar protein yang diperoleh adalah sebesar 1,19 %

- **Penentuan Lemak Menggunakan Metode Soxhlet (Sudarmadji *et al.*, 1997)**

Tabel 1. Analisis Lemak

Lemak ke	Berat Serbuk Kelor Awal	Berat Setelah Soxhlet (Residu)	Kadar Lemak
1	10,034	3,641	36,2866
2	20,005	7,173	35,8660
3	30,0502	10,823	36,0164
4	30,138	10,915	36,2167
5	30,0951	10,839	36,0158
6	30,534	11,007	36,0483
7	30,0417	10,951	36,4527
8	23,9052	8,587	35,9211
Total	204,8032	73,936	
Rendemen	36,100998		

Tabel 2. Analisis lemak sampel residu

Lemak ke	Berat Residu	Berat Setelah Soxhlet Ke-2 (Residu)	Kadar Lemak
1	2,0034	0,0093	0,464
2	2,0019	0,0084	0,419
3	2,0025	0,0088	0,439

Misal: Perhitungan persentase serbuk biji kelor yang terekstrak pada ulangan 1

Berat serbuk biji kelor awal = 10,034 gr

Berat serbuk biji kelor setelah soxhlet = 3,641 gr

$$\begin{aligned} \text{Kadar Lemak} &= \frac{3,6411}{10,034} \\ &= 36,29\% \end{aligned}$$

3. Penentuan Variasi Konsentrasi Larutan NaCl

Tabel 1. Data variasi konsentrasi NaCl terhadap kekeruhan

Konsentrasi Larutan Pengekstrak (NaCl) Biji Kelor (M)	Kekeruhan Awal Air	Kekeruhan Air (NTU) Setelah Koagulasi			Rata-rata	Persentase Penurunan (%)
		I	II	III		
0	124	10,4	11,2	10,8	8,7097	91,2903
0,5		1,2	1	1,24	1,1467	99,0753
1		0,32	0,36	0,36	0,3467	99,7204
2		0,46	0,43	0,42	0,4367	99,6478

Tabel 2. Data variasi konsentrasi NaCl terhadap pH

Konsentrasi Larutan Pengekstrak (NaCl) Biji Kelor (M)	pH Awal Air	pH Sampel Air			Rata-rata
		I	II	III	
0	7,32	7,31	7,28	7,27	7,28
0,5		7,24	7,21	7,27	7,24
1		7,24	7,22	7,25	7,23
2		7,27	7,29	7,30	7,28

4. Penentuan Variasi Konsentrasi Koagulan

Tabel 1. Data variasi konsentrasi koagulan terhadap kekeruhan

Konsentrasi Koagulan Biji Kelor (ml/L)	Kekeruhan Awal Air	Kekeruhan Air Setelah Koagulasi (NTU)			Rata-rata	Persentase Penurunan (%)
		I	II	III		
10	124	0,12	0,08	0,08	0,0933	99,9247
30		0,67	0,5	0,6	0,5900	99,5242
50		1,2	1,28	1,36	1,2800	98,9677
70		1,8	1,76	1,8	1,7867	98,5591
90		1,9	1,8	1,8	1,8333	98,5215

Tabel 2. Data variasi konsentrasi koagulan terhadap pH

Konsentrasi Koagulan Biji Kelor (ml/L)	pH Awal Air	pH Air Setelah Koagulasi			Rata-rata
		I	II	III	
10	7,32	7,27	7,26	7,29	7,273
30		7,27	7,28	7,28	7,276
50		7,04	7,09	7,13	7,086
70		7,08	7,08	7,09	7,083
90		6,95	6,99	6,95	6,963

5. Penentuan Variasi pH

Variasi pH	pH awal	pH setelah koagulasi	Rata-rata	Kekeruhan Setelah Koagulasi	Persen Penurunan Kekeruhan	Rata-rata
4	4,03	4,38	4,47	0,4	99,6774	99,68817
	4,04	4,51		0,37	99,7016	
	4,01	4,52		0,39	99,6855	
5	5,02	5,39	5,40	0,48	99,6129	99,64247
	5,05	5,37		0,39	99,6855	
	5,04	5,45		0,46	99,6290	
6	6,03	6,53	6,48	0,46	99,6290	99,60753
	6,02	6,42		0,54	99,5645	
	6,01	6,49		0,46	99,6290	
7	7,01	7	7,01	0,38	99,6935	99,69355
	7,01	7,01		0,36	99,7097	
	7,02	7,03		0,4	99,6774	
8	8	7,78	7,88	0,72	99,4194	99,55914
	8	7,9		0,58	99,5323	
	8,01	7,96		0,34	99,7258	
9	9	8,94	9,00	0,44	99,6452	99,5914
	9	9,03		0,68	99,4516	
	9	9,04		0,4	99,6774	
10	10	9,83	9,92	0,78	99,3710	99,3871
	10	9,95		0,74	99,4032	
	10	9,98		0,76	99,3871	

6. Data Uji Statistik

➤ Penentuan Variasi Konsentrasi Larutan NaCl terhadap Kekeruhan

Konsentrasi Larutan Pengekstrak (NaCl) Biji Kelor (M)	Kekeruhan Air (NTU) Setelah Koagulasi			Total	Rata-rata
	I	II	III		
0	10,40	11,20	10,80	32,40	10,80
0,5	1,20	1,00	1,24	3,44	1,15
1	0,32	0,36	0,36	1,17	0,39
2	0,46	0,43	0,42	1,31	0,44
Total	12,38	12,99	12,82	38,32	

$$\begin{aligned}
 FK &= Y^2 / rp \\
 &= (38,32)^2 / 3 \times 4 \\
 &= 122,37
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 JK_{\text{total}} &= \sum i \sum j Y^2 - FK \\
 &= 10,40^2 + 11,20^2 + \dots + 0,42^2 - 122,37 \\
 &= 355,1025 - 122,37 \\
 &= 232,73
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 JK_{\text{perlakuan}} &= \frac{\sum i (\sum j Y_{ij})^2}{r} - FK \\
 &= 32,4^2 + 3,44^2 + \dots + 1,31^2 / 3 - 122,37 \\
 &= 1064,6786 / 3 - 122,37 \\
 &= 354,8928 - 122,37 \\
 &= 232,52
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 JK_{\text{ulangan}} &= \frac{\sum i (\sum i Y_{ij})^2}{p} - FK \\
 &= 12,38^2 + 12,99^2 + 12,82^2 / 4 - 122,37 \\
 &= 486,3569 / 4 - 122,37 \\
 &= 121,5892 - 122,37 \\
 &= -0,77
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 JK_{\text{galat}} &= JK_{\text{total}} - JK_{\text{perlakuan}} - JK_{\text{ulangan}} \\
 &= 232,73 - 232,52 - (-0,77) = 0,98
 \end{aligned}$$

Tabel Analisis Ragam Satu Arah (One way Anova)

SK	Db	JK	KT	F	
				Hitung	Tabel 1%
Perlakuan	3	232,52	77,50	484,41	9,78
Ulangan	2	-0,77	-0,39	-2,44	10,92
Galat	6	0,98	0,16		
Total	11	232,73	21,16		

Berdasarkan analisis ragam di atas, nilai $F_{hitung} > F_{tabel}$ (3,6) maka dapat disimpulkan bahwa pemberian larutan pengestrak (NaCl) biji kelor dengan konsentrasi yang berbeda berpengaruh sangat nyata ($p < 0,01$) pada kekeruhan sampel air (NTU) sehingga dilakukan pengujian lebih lanjut dengan uji BNT (Beda Nyata Terkecil) untuk mengetahui perlakuan mana yang berpengaruh.

$$\begin{aligned}
 \text{BNT} &= t_{tabel}^{(0,01/2)} (6) \sqrt{2KTG/n} \\
 &= 3,707 \times \frac{\sqrt{2 \times 0,16}}{3} \\
 &= 1,21
 \end{aligned}$$

Tabel Hasil Uji BNT

Perlakuan dan Nilai Tengahnya	Perlakuan dan Nilai Tengahnya			
	(1)	(2)	(3)	(4)
(1) 10,80	10,80	1,15	0,39	0,44
(2) 1,15	-	-	-	-
(3) 0,39	9,65*	-	-	-
(4) 0,44	10,41*	0,76	-	0,05
	10,36*	0,71	-	-

Keterangan : *) = berbeda sangat nyata pada taraf 0,01

Jadi konsentrasi larutan pengestrak 0 M berpengaruh sangat nyata ($p < 0,01$) terhadap kekeruhan sampel air dibandingkan dengan konsentrasi lainnya yaitu menghasilkan kekeruhan sampel air paling tinggi.

➤ **Penentuan Variasi Konsentrasi Larutan NaCl terhadap pH**

Konsentrasi Larutan Pengekstrak (NaCl) Biji Kelor (M)	pH Sampel Air			Total	Rata-rata
	I	II	III		
0	7,31	7,28	7,27	21,86	7,28
0,5	7,24	7,21	7,27	21,72	7,24
1	7,24	7,22	7,25	21,71	7,23
2	7,27	7,29	7,30	21,86	7,28
Total	29,09	29,00	29,09	87,15	

$$\begin{aligned}
 FK &= Y^2 / rp \\
 &= (87,15)^2 / 3 \times 4 \\
 &= 632,93
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 JK_{\text{total}} &= \sum i \sum j Y^2 - FK \\
 &= 7,31^2 + 7,28^2 + \dots + 7,30^2 - 632,93 \\
 &= 632,9375 - 632,93 \\
 &= 0,0075
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 JK_{\text{perlakuan}} &= \frac{\sum i (\sum j Y_{ij})^2}{r} - FK \\
 &= 21,86^2 + 21,72^2 + \dots + 21,86^2 / 3 - 632,93 \\
 &= 1898,8017 / 3 - 632,93 \\
 &= 632,9339 - 632,93 \\
 &= 0,0039
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 JK_{\text{ulangan}} &= \frac{\sum i (\sum i Y_{ij})^2}{p} - FK \\
 &= 29,09 + 29,00^2 + 29,09^2 / 4 - 632,93 \\
 &= 2533,4562 / 4 - 632,93 \\
 &= 633,364 - 632,93 \\
 &= 0,43
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 JK_{\text{galat}} &= JK_{\text{total}} - JK_{\text{perlakuan}} - JK_{\text{ulangan}} \\
 &= 0,0075 - 0,0039 - 0,43 = -0,42
 \end{aligned}$$

Tabel Analisis Ragam Satu Arah (One way Anova)

SK	db	JK	KT	F	
				Hitung	Tabel 1%
Perlakuan	3	0,0039	0,013	-0,18	9,78
Ulangan	2	0,43	0,21	-3,00	10,92
Galat	6	-0,42	-0,07		
Total	11	0,0075	0,0006		

Berdasarkan analisis ragam di atas, nilai $F_{hitung} < F_{tabel}$ (3,6) maka dapat disimpulkan bahwa pemberian larutan pengekstrak (NaCl) biji kelor dengan konsentrasi yang berbeda tidak berpengaruh sangat nyata ($p < 0,01$) terhadap pH sampel air.

➤ **Penentuan Variasi Konsentrasi Koagulan terhadap Kekeruhan**

Konsentrasi Koagulan Biji Kelor (mL/L)	Kekeruhan Air (NTU) Setelah Koagulasi			Total	Rata-rata
	I	II	III		
10	0,12	0,08	0,08	0,28	0,09
30	0,67	0,50	0,60	1,77	0,59
50	1,20	1,28	1,36	3,84	1,28
70	1,80	1,76	1,80	5,36	1,78
90	1,90	1,80	1,80	5,50	1,83
Total	5,69	5,64	5,64	16,75	

$$\begin{aligned}
 FK &= Y^2 / rp \\
 &= (16,75)^2 / 3 \times 5 \\
 &= 18,70
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 JK_{total} &= \sum i \sum j Y^2 - FK \\
 &= 0,12^2 + 0,08^2 + \dots + 1,80^2 - 18,70 \\
 &= 25,6817 - 18,70 \\
 &= 6,97
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 JK_{perlakuan} &= \frac{\sum i (\sum j Y_{ij})^2}{r} - FK \\
 &= \frac{0,28^2 + 1,77^2 + \dots + 5,50^2}{3} - 18,70 \\
 &= \frac{76,9765}{3} - 18,70
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= 25,658 - 18,70 \\
 &= 6,95 \\
 JK_{\text{ulangan}} &= \frac{\sum i(\sum iY_{ij})^2}{p} - FK \\
 &= \frac{5,69^2 + 5,42^2 + 5,64^2}{5} - 18,70 \\
 &= \frac{93,5621}{5} - 18,07 \\
 &= 18,712 - 18,07 \\
 &= 0,01 \\
 JK_{\text{galat}} &= JK_{\text{total}} - JK_{\text{perlakuan}} - JK_{\text{ulangan}} \\
 &= 6,97 - 6,95 - 0,01 = 0,01
 \end{aligned}$$

Tabel Analisis Ragam Satu Arah (One way Anova)

SK	db	JK	KT	F	
				Hitung	Tabel 1%
Perlakuan	4	6,95	1,74	348	7,01
Ulangan	2	0,01	0,005	5	8,65
Galat	8	0,01	0,001		
Total	14	6,97	0,49		

Berdasarkan analisis ragam di atas, nilai $F_{\text{hitung}} > F_{\text{tabel}} (4,8)$ maka dapat disimpulkan bahwa pemberian koagulan biji kelor dengan konsentrasi yang berbeda berpengaruh sangat nyata ($p < 0,01$) terhadap kekeruhan sampel air (NTU) sehingga dilakukan pengujian lebih lanjut dengan uji BNT (Beda Nyata Terkecil) untuk mengetahui perlakuan mana yang berpengaruh.

$$\begin{aligned}
 BNT &= t_{\text{tabel}}^{(0,01/2)} (8) \sqrt{2KTG/n} \\
 &= 3,355 \times \frac{\sqrt{2 \times 0,001}}{3} \\
 &= 0,086
 \end{aligned}$$

Tabel Hasil Uji BNT

Perlakuan dan Nilai Tengahnya	Perlakuan dan Nilai Tengahnya				
	(1) 0,09	(2) 0,59	(3) 1,28	(4) 1,78	(5) 1,83
(1) 0,09	-	0,50*	1,19*	1,69*	1,74*
(2) 0,59	-	-	0,69*	1,19*	1,24*
(3) 1,28	-	-	-	0,50*	0,55*
(4) 1,78	-	-	-	-	0,04
(5) 1,83	-	-	-	-	-

Keterangan : *) = berbeda sangat nyata pada taraf 0,01

Jadi koagulan biji kelor dengan konsentrasi 30, 50, 70, dan 90 mL/L berpengaruh sangat nyata ($p < 0,01$) terhadap kekeruhan sampel air dibandingkan dengan konsentrasi lainnya yaitu menghasilkan kekeruhan sampel air paling tinggi.

➤ **Penentuan Variasi Konsentrasi Koagulan terhadap pH**

Konsentrasi Koagulan Biji Kelor (mL/L)	pH Sampel Air			Total	Rata-rata
	I	II	III		
10	7,27	7,26	7,29	21,82	7,27
30	7,27	7,28	7,28	21,83	7,28
50	7,04	7,09	7,13	21,26	7,09
70	7,08	7,08	7,09	21,25	7,08
90	6,95	6,99	6,95	20,89	6,96
Total	35,61	35,70	35,74	107,05	

$$\begin{aligned}
 FK &= Y^2 / rp \\
 &= (107,05)^2 / 3 \times 5 \\
 &= 763,98
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 JK_{\text{total}} &= \sum i \sum j Y^2 - FK \\
 &= 7,27^2 + 7,26^2 + \dots + 6,95^2 - 763,98 \\
 &= 771,2975 - 763,98 \\
 &= 7,32
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 JK_{\text{perlakuan}} &= \frac{\sum i (\sum j Y_{ij})^2}{r} - FK \\
 &= 21,82^2 + 21,83^2 + \dots + 20,89^2 / 3 - 763,98
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= 2292,6035/3 - 763,98 \\
 &= 764,201 - 763,98 \\
 &= 0,22 \\
 JK_{\text{ulangan}} &= \frac{\sum i(\sum iY_{ij})^2}{p} - FK \\
 &= 35,61^2 + 35,70^2 + 35,74^2/5 - 763,98 \\
 &= 3819,9097/5 - 763,98 \\
 &= 763,981 - 763,98 \\
 &= 0,001 \\
 JK_{\text{galat}} &= JK_{\text{total}} - JK_{\text{perlakuan}} - JK_{\text{ulangan}} \\
 &= 7,32 - 0,22 - 0,001 = 7,09
 \end{aligned}$$

Tabel Analisis Ragam Satu Arah (One way Anova)

SK	db	JK	KT	F	
				Hitung	Tabel 1%
Perlakuan	4	0,22	0,05	0,05	7,01
Ulangan	2	0,001	0,0005	0,0005	8,65
Galat	8	7,09	0,88		
Total	14	7,32	0,52		

Berdasarkan analisis ragam di atas, nilai $F_{\text{hitung}} < F_{\text{tabel}} (4,8)$ maka dapat disimpulkan bahwa pemberian koagulan biji kelor dengan konsentrasi yang berbeda tidak berpengaruh sangat nyata ($p < 0,01$) terhadap pH sampel air.

➤ **Penentuan Variasi pH terhadap pH setelah Koagulasi**

Variasi pH	Kekeruhan Air (NTU) Setelah Koagulasi			Total	Rata- rata
	I	II	III		
4	4,38	4,51	4,52	13,41	4,47
5	5,39	5,37	5,45	16,21	5,40
6	6,53	6,42	6,49	19,44	6,48
7	7,00	7,01	7,03	21,04	7,01
8	7,78	7,90	7,96	23,64	7,88
9	8,94	9,03	9,04	27,01	9,00
10	9,83	9,95	9,98	29,76	9,92
Total	49,85	50,19	50,47	150,51	

$$FK = Y^2 / rp$$

$$= (150,51)^2 / 3 \times 7$$

$$= 1.078,73$$

$$JK_{\text{total}} = \sum i \sum j Y^2 - FK$$

$$= 4,38^2 + 4,51^2 + \dots + 9,98^2 - 1.078,73$$

$$= 1.145,8027 - 1.078,73$$

$$= 67,07$$

$$JK_{\text{perlakuan}} = \frac{\sum i (\sum j Y_{ij})^2}{r} - FK$$

$$= 13,41^2 + 16,21^2 + \dots + 29,76^2 / 3 - 1.078,73$$

$$= 3.437,2347 / 3 - 1.078,73$$

$$= 1.143,7449 - 1.078,73$$

$$= 67,01$$

$$JK_{\text{ulangan}} = \frac{\sum i (\sum j Y_{ij})^2}{p} - FK$$

$$= 49,85^2 + 50,19^2 + 50,47^2 / 7 - 1.078,73$$

$$= 7.551,2795 / 7 - 1.078,73$$

$$= 1.078,75 - 1.078,73$$

$$= 0,02$$

$$JK_{\text{galat}} = JK_{\text{total}} - JK_{\text{perlakuan}} - JK_{\text{ulangan}}$$

$$= 67,07 - 67,01 - 0,02 = 0,04$$

Tabel Analisis Ragam Satu Arah (One way Anova)

SK	db	JK	KT	F	
				Hitung	Tabel 1%
Perlakuan	6	67,01	11,17	3.723,3	4,82
Ulangan	2	0,02	0,01	3,3	6,93
Galat	12	0,04	0,003		
Total	20	67,07	3,35		

Berdasarkan analisis ragam di atas, nilai $F_{hitung} > F_{tabel}$ (6,12) maka dapat disimpulkan bahwa variasi pH berpengaruh sangat nyata ($p < 0,01$) terhadap pH setelah koagulasi sehingga dilakukan pengujian lebih lanjut dengan uji BNT (Beda Nyata Terkecil) untuk mengetahui perlakuan mana yang berpengaruh.

$$\begin{aligned} \text{BNT} &= t_{tabel}^{(0,01/2)} (12) \sqrt{2KTG/n} \\ &= 3,055 \times \frac{\sqrt{2 \times 0,003}}{3} \\ &= 0,137 \end{aligned}$$

Tabel Hasil Uji BNT

Perlakuan dan Nilai Tengahnya	Perlakuan dan Nilai Tengahnya						
	(1) 4,47	(2) 5,40	(3) 6,48	(4) 7,01	(5) 7,88	(6) 9,00	(7) 9,92
(5) 4,47	-	0,93	2,01	2,54	3,41	4,53	5,45
(6) 5,40	-	-	1,08	1,61	2,48	3,60	4,52
(7) 6,48	-	-	-	0,53	1,40	2,52	3,44
(8) 7,01	-	-	-	-	0,87	1,99	2,91
(9) 7,88	-	-	-	-	-	1,12	2,04
(10) 9,00	-	-	-	-	-	-	0,92
(11) 9,92	-	-	-	-	-	-	-

Keterangan : *) = berbeda sangat nyata pada taraf 0,01

Jadi pH 5, 6, 7, 8, 9, dan 10 berpengaruh sangat nyata ($p < 0,01$) terhadap pH sampel air setelah koagulasi dibandingkan dengan pH 4.

➤ Variasi pH terhadap Kekeruhan Air

Variasi pH	Kekeruhan Air (NTU) Setelah Koagulasi			Total	Rata- rata
	I	II	III		
4	0,40	0,37	0,39	1,16	0,39
5	0,48	0,39	0,46	1,33	0,44
6	0,46	0,54	0,46	1,46	0,49
7	0,38	0,36	0,40	1,14	0,38
8	0,72	0,58	0,34	1,64	0,55
9	0,44	0,68	0,40	1,52	0,51
10	0,78	0,74	0,76	2,28	0,76
Total	2,78	3,66	3,21	10,53	

$$\begin{aligned}
 FK &= Y^2 / rp \\
 &= (10,53)^2 / 3 \times 7 \\
 &= 5,28
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 JK_{\text{total}} &= \sum i \sum j Y^2 - FK \\
 &= 0,40^2 + 0,37^2 + \dots + 0,76^2 - 5,28 \\
 &= 5,7119 - 5,28 \\
 &= 0,43
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 JK_{\text{perlakuan}} &= \frac{\sum i (\sum j Y_{ij})^2}{r} - FK \\
 &= 1,16^2 + 1,33^2 + \dots + 2,28^2 / 3 - 5,28 \\
 &= 16,7441 / 3 - 5,28 \\
 &= 5,58 - 5,28 \\
 &= 0,30
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 JK_{\text{ulangan}} &= \frac{\sum i (\sum j Y_{ij})^2}{p} - FK \\
 &= 2,78^2 + 3,66^2 + 3,21^2 / 7 - 5,28 \\
 &= 31,4201 / 7 - 5,28 \\
 &= 4,49 - 5,28 \\
 &= -0,79
 \end{aligned}$$

$$JK_{\text{galat}} = JK_{\text{total}} - JK_{\text{perlakuan}} - JK_{\text{ulangan}}$$

$$= 0,43 - 0,30 - (-0,79) = 0,92$$

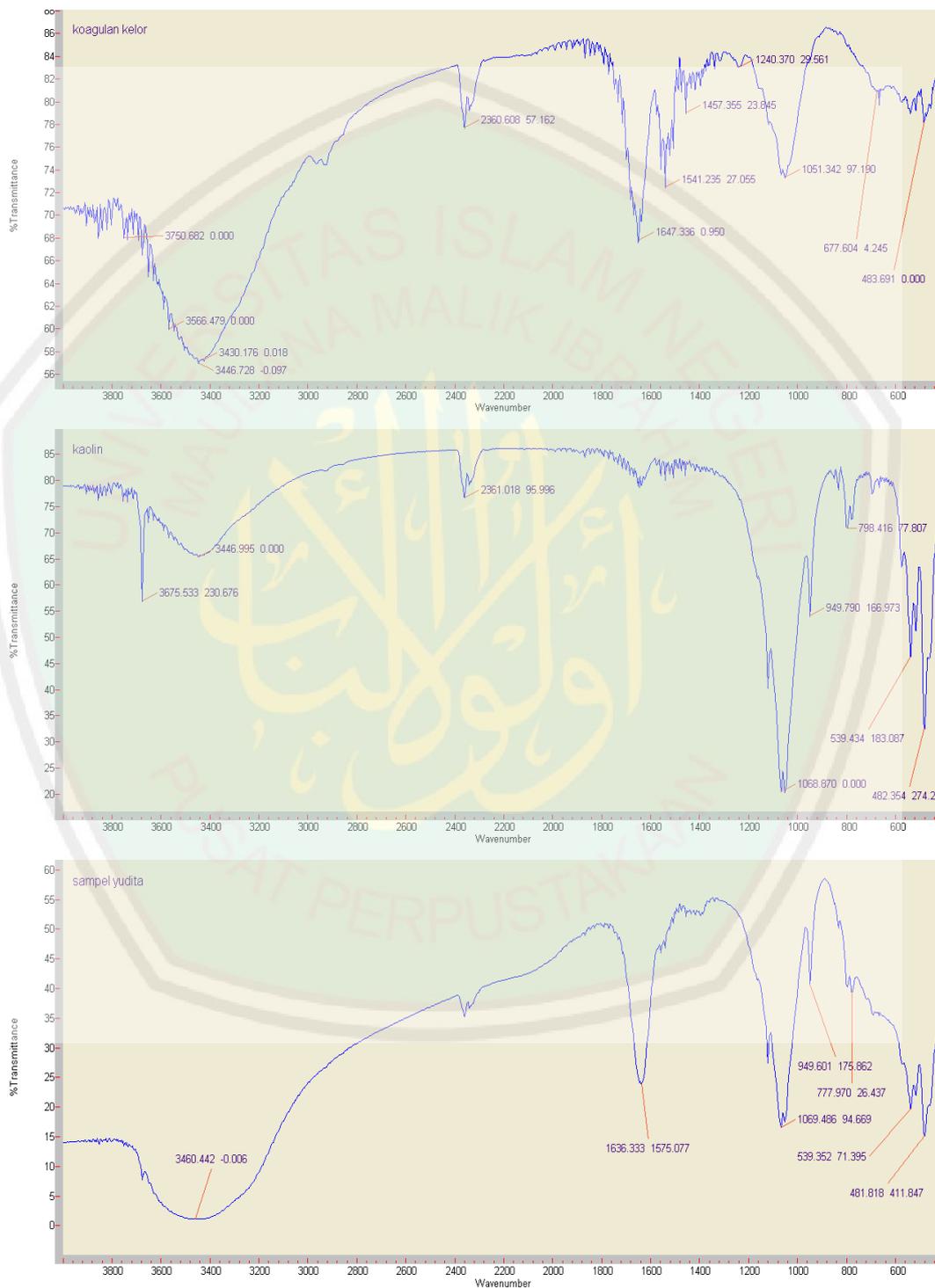
Tabel Analisis Ragam Satu Arah (One way Anova)

SK	db	JK	KT	F	
				Hitung	Tabel 1%
Perlakuan	6	0,30	0,05	0,625	4,82
Ulangan	2	(-0,79)	(-0,39)	(-4,875)	6,93
Galat	12	0,92	0,08		
Total	20	0,43	0,02		

Berdasarkan analisis ragam di atas, nilai $F_{\text{hitung}} < F_{\text{tabel}} (6,12)$ maka dapat disimpulkan bahwa variasi pH tidak berpengaruh sangat nyata ($p < 0,01$) terhadap kekeruhan air.

7. Penentuan Gugus Fungsi

➤ Spektra FTIR



➤ Tabel Pembacaan Hasil FTIR

Koagulan	Endapan Koagulasi	Range (cm)	Intensitas	Gugus fungsi	Sumber Referensi	Kaolin	Sumber Referensi
3750,68	3460,442	4000 - 3200		OH dan NH Amina	Socrates	3447	
3566,48			sedang				
3446,73			sedang				
3430,18			sedang				
2360,61	-	2500-2000	tajam	NH (Amina primer)			
1647,34	1636,33	1620-1690	sedang-lemah	Alkenil CC rangkap 2 straching		-	
1541,24	-	1650-1658		amida	kwaanbwa	-	
1457,36	-	1480-1150	sedang	CH2 bending	Socrates	-	
1240,37	1069,49	1000-1300	tajam	CO		1068,87	
1051,34			tajam				
-	946,601					949,790	
-	777,97	900-670		CH		798,416	
677,604	-					-	
-	539,352					539,434	
483,691	481,818					482,354	

Lampiran 5. Dokumentasi Penelitian



Biji kelor sebelum dikupas



Biji kelor setelah dikupas



Bak Penampung pertama air



Ekstraksi Soxhlet



Sampel sebelum koagulasi



Sampel setelah proses koagulasi



Serbuk biji kelor + larutan



Sampel buatan



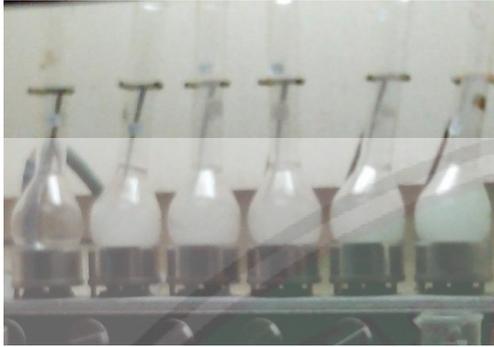
Kertas saring



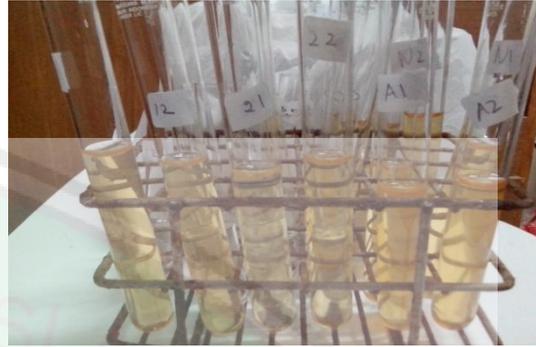
Larutan TCA



Sampel Serbuk + TCA



Destruksi Kjeldahl



Sampel + Reagen Nessler+Tarat



Spektrofotometer