

STUDI PENURUNAN LOGAM BERAT Cu^{2+} dan Cd^{2+} DENGAN MENGGUNAKAN LIMBAH KULIT PISANG KEPOK (*Musa acuminata*)

Abdul Hakim¹, Sri Subekti^{1,2}, Noor Erma Nasution Sugijanto^{1,3*}

¹ Program Studi Bioteknologi Perikanan dan Kelautan Sekolah Pasca Sarjana, Universitas Airlangga, Surabaya

² Fakultas Perikanan dan Kelautan, Universitas Airlangga, Surabaya

³ Fakultas Farmasi, Universitas Airlangga, Surabaya

e-mail: abdulhakim606060@gmail.com

Abstrak

Pengolahan limbah logam berat umumnya dilakukan menggunakan bahan-bahan biologi sebagai adsorben.. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui perbandingan penurunan kadar logam berat tembaga (Cu^{2+}) dan kadmium (Cd^{2+}) menggunakan limbah kulit pisang kepok (*Musa acuminata*). Hasil penelitian menunjukkan persentase rata-rata penurunan kadar logam berat Cu^{2+} masing-masing pada penyaringan pertama dan kedua dengan kulit pisang yang di alkalisasi NaOH sebesar 62,40% dan 47,78%, sedangkan pada kulit pisang tanpa NaOH 25,44% dan minus 8,17%. Pada logam berat Cd^{2+} untuk masing-masing penyaringan pertama dan kedua dengan kulit pisang yang dialkalisasi dengan NaOH diperoleh persentase penurunan sebesar 99,21 dan 99,18%, sedangkan dengan kulit pisang tanpa NaOH didapatkan persentase penurunan 99,18% dan 99,08%.

Kata kunci : logam berat, Cu^{2+} , Cd^{2+} , *Musa acuminata*, NaOH

Abstract

This research was performed to compare the heavy metals concentration reduction of Copper (Cu^{2+}) and Cadmium (Cd^{2+}) using Saba banana peel waste (*Musa acuminata*).

The research showed that the average reduction level of heavy metal Cu^{2+} in the first and second application of adsorbent using Saba banana peel treated with NaOH (62.40%, 47.78%) and Saba banana peel waste without NaOH treatment (25.44%, -8.17%). The average reduction level of heavy metal Cd^{2+} in the first and second application of Saba banana peel waste with NaOH treatment (99.21, 99.18%), Saba banana peel waste without NaOH (99.18%, 99.08%).

Keywords: Heavy metal, Cu^{2+} , Cd^{2+} , *Musa acuminata*, NaOH

1. PENDAHULUAN

Peraturan pemerintah nomor 82 Tahun 2001 mengenai pengelolaan kualitas air dan pencemaran air, menyatakan bahwa pencemaran air adalah masuknya atau dimasukkannya makhluk hidup, zat energi atau komponen lain ke dalam air oleh kegiatan

manusia, sehingga kualitas perairan turun sampai pada tingkat tertentu yang menyebabkan air tidak dapat berfungsi sesuai peruntukannya. Permasalahan yang menjadi perhatian utama saat ini adalah pencemaran yang dihasilkan melalui kegiatan manusia seperti sampah

pemukiman, sedimentasi, filtrasi, industri dan pemupukan serta pestisida menyumbang limbah yang diantaranya mengandung logam berat. Limbah yang mengandung logam berat mengakibatkan permasalahan serius bagi lingkungan hidup (Marganof, 2007).

Limbah logam berat yang dapat merusak lingkungan diantaranya adalah Hg, Cd, Cu, Pb dan Zn. Semua jenis limbah ini merupakan katagori limbah Bahan Berbahaya Beracun (B3) (Charlena, 2004). Logam tembaga (Cu) terdapat dalam air, tanah dan udara baik dalam bentuk ion maupun senyawa. Logam Cu termasuk logam berat esensial, jadi meskipun beracun tetapi dibutuhkan manusia dalam jumlah kecil. Secara alamiah Cu masuk ke perairan melalui peristiwa erosi, pengikisan batuan, ataupun di atmosfer yang dibawa turun oleh air hujan.

Berdasarkan keputusan menteri negara KLH Kep.02/Men-KLH/1998 tentang Pedoman Penetapan Baku Mutu Lingkungan, keberadaan Cu dalam lingkungan diharapkan nihil sedangkan batas maksimal yang diperbolehkan adalah 1 mg/l (Khasanah, 1998). Toksisitas logam Cu^{2+} pada manusia, menimbulkan gejala keracunan seperti sakit perut, mual, muntah, diare dan beberapa kasus yang parah dapat menyebabkan gagal ginjal dan kematian (Darmono, 2004).

Kadmium (Cd) merupakan logam alami yang ditemukan dalam kerak bumi. Sumber pencemaran kadmium antara lain melalui penggunaan pupuk fosfat, buangan industri yang menggunakan bahan bakar batu bara dan minyak. Limbah buangan Cd dikawasan industri tidak boleh melampaui batas mutu limbah cair Cd 0,01 mg/L (Badan Standarisasi Nasional, 2009). Efek akut yang diakibatkan oleh paparan kadmium akan mengakibatkan iritasi lokal. Kadmium yang termakan akan mengakibatkan efek mual, muntah-muntah dan nyeri lambung dan jika terhirup menyebabkan edema paru-paru dan pneumonitis. Mengingat bahaya logam berat dalam pencemaran air yang menjadi masalah untuk kelangsungan fungsi ekosistem dan biodiversitas, perlu upaya mengatasinya, untuk itulah penelitian ini dilakukan.

Pengolahan limbah logam berat umumnya dilakukan menggunakan bahan-bahan biologi sebagai adsorben. Proses ini menunjukkan kemampuan biomass untuk mengikat logam berat dari larutan melalui langkah-langkah

metabolisme atau berdasarkan sifat kimia-fisika. Keuntungan proses ini biayanya relatif murah, efisiensi tinggi pada larutan encer, meminimalisasi pembentukan lumpur serta kemudahan dalam proses regenerasi (Ashraf, 2010).

Limbah kulit pisang merupakan biomassa yang awalnya diperoleh dari pisang yang telah diambil dagingnya. Kulit pisang mengandung zat pektin yang terdiri dari asam galakturonat. Asam galakturonat ini dapat mengikat ion logam, muatan negatif pada asam galakturonat, mengikat ion positif dari logam yang terdapat di dalam air sehingga unsur pencemaran dalam air dapat terikat (Hewwet, *et al.*, 2011). Komposisi korteks pisang kaya akan zat tepung dan selulosa. Dilaporkan bahwa bahan-bahan ini bisa mengikat Cd dan Pb lebih baik daripada logam-logam lain (Khalil *et al.*, 2006)

Penelitian yang dilakukan oleh Vargas, *et al.*, (2011) pada 3 jenis korteks buah yang berbeda yaitu kulit pisang, korteks lemon dan korteks jeruk. Hasil penelitian menunjukkan rata-rata penurunan kadar logam menggunakan korteks kulit pisang sekitar 65 mg/g untuk Pb dan Cd tapi hanya 36 mg/g pada Cu, pada korteks lemon (Pb 77,6 mg/g, Cu 70,4 mg/g, Cd 12 mg/g) dan pada korteks jeruk (Pb 76,8 mg/g, Cu 67,2 mg/g, Cd 28,8 mg/g).

Penelitian yang dilakukan oleh Dody Kresna Wijaya (2013) menggunakan larutan Cu^{2+} dengan konsentrasi 50 ppm, dengan variasi jenis kulit pisang kepok, ambon dan klutuk. Hasil penurunan kadar Cu^{2+} kulit pisang ditetapkan kadarnya menggunakan *spektrofotometri* dengan larutan NH_4OH 5% dan Na Dietil Ditiokarbonat. Rata-rata persentase penurunan Cu^{2+} dengan variasi kulit pisang kepok, kulit pisang ambon dan klutuk adalah 46,20%, 49,87% dan 38,89%. Persentase penurunan kadar Cu^{2+} yang optimum pada kulit pisang ambon dihubungkan dengan banyaknya kandungan asam galakturonat dan selulosa yang dapat menurunkan kadar Cu^{2+} .

Penelitian Nugraha (2009) dengan judul kandungan logam berat pada air dan sedimen di perairan Socah dan Kwanyar kabupaten Bangkalan menunjukkan kandungan kadmium di air laut daerah Socah berkisar antara 0 – 0,0001 ppm (mg/L). Sementara itu kandungan kadmium

air laut di daerah Kwanyar berkisar antara 0,015 – 0,018 ppm (mg/L). Kandungan kadmium dalam sedimen di perairan Socah berkisar antara 0,36 – 0,38 mg/L, sedang di daerah Kwanyar berkisar antara 0,51 – 0,56 mg/L. Kandungan logam berat kadmium pada air di perairan Socah dan Kwanyar masih dibawah ambang batas baku mutu air laut, sedangkan kandungan logam berat di sedimen melebihi ambang batas baku mutu air laut untuk biota laut. Secara umum, kandungan logam berat di sedimen lebih tinggi dari pada kandungan logam berat di air. Telah terbukti dari berbagai penelitian tersebut diatas, logam berat telah mencemari lingkungan perairan, untuk itu perlu dicarikan solusinya melalui penelitian ini. Dalam penelitian ini logam Cu^{2+} dan Cd^{2+} digunakan sebagai model logam berat. Kulit pisang kepok yang digunakan sebagai bahan adsorben diperoleh dari pasar Pacar Keling, Surabaya. Kulit pisang sebelum digunakan dikeringkan pada $60^{\circ}C$ selama 6 hari dan dihomogenkan dengan diserbuk dan diayak dengan ayakan mesh 100, selanjutnya digunakan sebagai adsorban untuk menyerap Cd^{2+} dan Cu^{2+} .

Penelitian ini diharapkan dapat dijadikan acuan dalam upaya penurunan kadar logam berat Cu^{2+} dan Cd^{2+} pada air yang tercemar sehingga dapat memperbaiki kualitas air.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Baku Mutu Air Perikanan

Berdasarkan Keputusan Menteri Negara Kependudukan dan Lingkungan hidup Nomor : KEP-06/MENKLH/2007 tentang baku mutu air limbah bagi usaha dan/atau kegiatan pengolahan hasil perikanan adalah ukuran batas atau kadar unsur pencemar dan/atau jumlah unsur pencemar yang ditenggang keberadaannya dalam air limbah yang akan dibuang atau dilepas ke dalam sumber air dari suatu usaha dan/atau kegiatan. Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 01 Tahun 2010 tentang tata laksana pengendalian pencemaran air, menjelaskan bahwa :

1. Air adalah semua air yang terdapat di atas dan di bawah permukaan tanah, kecuali air laut dan air fosil.
2. Mutu air adalah kondisi kualitas air yang diukur dan/atau diuji berdasarkan parameter-parameter tertentu dan metode tertentu berdasarkan peraturan perundang-undangan.
3. Air limbah adalah sisa dari suatu hasil usaha dan/atau kegiatan yang berwujud cair.
4. Baku mutu air limbah adalah ukuran batas atau kadar polutan yang ditenggang untuk dimasukkan ke media air.
5. Pengendalian pencemaran air adalah upaya pencegahan dan penanggulangan pencemaran air serta pemulihan kualitas air untuk menjamin kualitas air agar sesuai dengan baku mutu air.

Tabel 1. Baku mutu air limbah bagi usaha dan/ atau kegiatan pengolahan hasil perikanan yang melakukan satu jenis kegiatan pengolahan berdasarkan peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup No: 06 / 2007

Parameter	Kegiatan Pembekuan				Kegiatan Pengalengan				Pembuatan Tepung Ikan	
	Kadar (mg/L)	Beban Pencemaran (kg/ton)			Kadar (mg/L)	Beban Pencemaran (kg/ton)			Kadar (mg/L)	Beban pence- maran (kg/ton)
		Ikan	Udang	Lain- lain		Ikan	Udan g	Lain- lain		
pH	6-9									
TSS	100	1	3	1,5	100	1,5	3	2	100	1,2
Sulfida	-	-	-	-	1	0,015	0,03	0,02	1	0,012
Amonia	10	0,1	0,3	0,15	5	0,075	0,15	0,1	5	0,06
Klor bebas	1	0,01	0,03	0,015	1	0,015	0,03	0,02	-	-
BOD	100	1	3	1,5	75	1,125	2,25	1,5	100	1,2
COD	200	2	6	3	150	2,25	4,5	3	300	3,6
Minyak- lemak	15	0,15	0,45	0,225	15	0,225	0,45	0,3	15	0,18

Kuantitas air limbah (m ³ /ton)		10	30	15			30	20		12
--	--	----	----	----	--	--	----	----	--	----

2.2 Pencemaran Logam Berat

Logam berat merupakan bahan pencemar yang berbahaya bagi manusia. Bahan pencemar yang berasal dari industri juga dapat meresap ke dalam air tanah menjadi sumber air minum, mencuci, memasak, mandi, dan bersuci. Air tanah yang telah tercemar sangat sulit untuk dipulihkan kembali menjadi air bersih. Logam adalah unsur alam yang dapat diperoleh dari laut, erosi batuan, tambang vulkanik dan lain-lain. Logam berat termasuk dalam kelompok pencemar, hal itu dikarenakan adanya zat dari logam berat yang tidak terurai dan mudah diabsorpsi serta memiliki sifat yang membahayakan. Beberapa logam berat yang beracun tersebut adalah As, Cd, Cr, Cu, Pb, Hg, Ni dan Zn. Logam-logam tertentu akan berbahaya apabila ditemukan dalam konsentrasi tinggi dalam lingkungan. Hal ini dikarenakan logam tersebut mempunyai sifat merusak tubuh makhluk hidup (Sony, 2009). Beberapa logam berat sangat dibutuhkan untuk pertumbuhan biologis, misalnya pertumbuhan alga sebagai tumbuhan air namun jika jumlahnya berlebihan akan mempengaruhi kegunaannya karena yang timbul justru daya racun yang dimiliki logam berat tersebut. Dalam hal ini jumlah logam berat dalam air limbah harus dikendalikan sebelum dibuang ke lingkungan luar yang luas (Sugiharto, 1987).

Logam tembaga (Cu²⁺) merupakan logam esensial yang diperlukan makhluk hidup untuk pertumbuhannya (Siska, 2009). Cu²⁺ terdapat dalam air, tanah, dan udara baik dalam bentuk ion maupun persenyawaan. Semakin meningkatnya aktivitas dan tuntutan kesejahteraan manusia akan berdampak pada peningkatan pencemaran berbagai jenis logam, diantaranya logam Cu. Secara alamiah Cu masuk ke dalam perairan dari peristiwa erosi, pengikisan batuan ataupun dari atmosfer yang dibawa turun oleh air hujan, sedangkan dari aktivitas manusia seperti kegiatan industri, pertambangan maupun industri galangan kapal beserta kegiatan di pelabuhan merupakan salah satu jalur yang mempercepat terjadinya peningkatan kelarutan Cu²⁺ dalam perairan. Biota air sangat peka terhadap kelebihan Cu²⁺ dalam perairan sebagai tempat hidupnya.

Konsentrasi Cu²⁺ terlarut yang mencapai 0,01 ppm akan menyebabkan kematian bagi fitoplankton. Dalam tenggang waktu 96 jam biota yang tergolong dalam Mollusca akan mengalami kematian bila ada Cu yang terlarut dalam badan air (Siska, 2009). Dalam jumlah besar tembaga (Cu) dapat menyebabkan rasa yang tidak enak di lidah, selain dapat menyebabkan kerusakan pada hati (Sutrisno, 2004). Menurut Palar (2008), sesuai dengan sifatnya sebagai logam berat beracun, Cu dapat mengakibatkan keracunan (toksisitas) secara akut dan kronis. Menurut Widowati (2006) paparan Cu dalam waktu lama bisa menimbulkan gejala seperti: Iritasi pada hidung, tenggorokan, mulut dan mata, sakit kepala, sakit lambung, kehilangan keseimbangan, muntah dan diare. Paparan Cu dosis besar dapat menyebabkan kerusakan hati, ginjal, bahkan menyebabkan kematian. Cu juga dapat menimbulkan alergi pada kulit. Keracunan Cu bisa menimbulkan kerusakan otak, demielinasi, penurunan fungsi ginjal dan pengendapan Cu dalam kornea mata. Keracunan kronis Cu pada manusia dapat menimbulkan penyakit Wilson's dan Kinsky.

Gejala klinis pada keracunan akut Cu, antara lain kolik abdomen, muntah, gastroenteritis diikuti diare, feses dan muntahan yang berwarna hijau-kebiruan. Gejala lain adalah shock berat, suhu tubuh turun secara drastis dan denyut jantung yang meningkat. Penderita akan mengalami kolaps dan kematian setelah 24 jam semenjak munculnya gejala-gejala tersebut. Gejala keracunan akut Cu antara lain muntahan berwarna hijau-kebiruan, hipotensi, melena, koma dan penyakit kuning (Widowati, 2006).

Salah satu logam berat yang berbahaya lainnya yaitu kadmium (Cd²⁺). Kadmium banyak digunakan sebagai zat warna dan juga dalam industri. Sumber pencemaran kadmium antara lain dari penggunaan pupuk fosfat, buangan industri yang menggunakan bahan bakar batu bara dan minyak. Kegiatan inilah menghasilkan limbah buangan mengandung kadmium (Cd). (Anggaini, 2007).

Kadmium adalah salah satu logam berat dengan penyebaran yang sangat luas di alam, logam ini bernomor atom 48, berat atom 112,40

Kadmium merupakan logam lunak (ductile) berwarna putih perak dan mudah teroksidasi oleh udara bebas dan amonia (NH₃). Di lingkungan alami yang bersifat basa, kadmium mengalami hidrolisis, terabsorpsi oleh padatan tersuspensi dan membentuk ikatan kompleks dengan bahan organik. Di perairan alami, kadmium (Cd) membentuk ikatan kompleks dengan ligan baik organik maupun anorganik yaitu Cd²⁺, Cd(OH)⁺, CdCl⁺, CdCO₃ dan Cd organik (Sanusi, 2006).

Keberadaan kadmium di alam berhubungan erat dengan hadirnya logam Pb dan Zn. Dalam industri pertambangan, Pb dan Zn proses pemurniannya akan selalu memperoleh hasil samping kadmium yang terbuang dalam lingkungan. Kadmium masuk ke dalam tubuh manusia melalui makanan dan minuman yang terkontaminasi. Mengukur kadmium *intake* ke dalam tubuh manusia perlu dilakukan pengukuran kadar Cd dalam makanan yang dimakan atau kandungan Cd dalam feses (Palar, 2008). Sekitar 5% dari diet kadmium, diabsorpsi dalam tubuh. Sebagian besar Cd masuk melalui saluran pencernaan, tetapi keluar lagi melalui feses sekitar 3-4 minggu kemudian dan sebagian kecil dikeluarkan melalui urine (Palar, 2008).

Kadmium lebih beracun bila terhisap melalui saluran pernafasan dari pada melalui saluran pencernaan. Kasus keracunan akut kadmium kebanyakan dari menghisap debu dan asap kadmium, terutama kadmium oksida (CdO). Beberapa jam setelah menghisap, korban akan mengeluh gangguan saluran pernafasan, nausea, muntah, kepala pusing dan sakit pinggang. Kematian disebabkan karena terjadinya oedema paru-paru. Apabila pasien tetap bertahan hidup, akan terjadi emfisema atau gangguan paru-paru yang dapat jelas terlihat. Keracunan kronis terjadi bila inhalasi Cd dosis kecil dalam waktu lama dan gejalanya juga berjalan kronis. Kadmium dapat menyebabkan nefrotoksistitas (toksik ginjal) dengan gejala proteinuria, glikosuria dan aminoasiduria disertai penurunan laju filtrasi glomerulus ginjal. Kasus keracunan Cd kronis juga menyebabkan gangguan kardiovaskuler dan hipertensi. (Darmono, 1995).

2.3 Kulit Pisang

Komponen biokimia kulit pisang antara lain selulosa, hemiselulosa, pigmen klorofil dan zat pektin yang mengandung asam galakturonat, arabinosa, galaktosa dan rhamnosa (Hewwet *et al.*, 2011). Selulosa merupakan senyawa organik yang terdapat pada dinding sel bersama lignin yang berperan dalam mengokohkan struktur tumbuhan. Dilihat dari strukturnya, selulosa mempunyai potensi yang cukup besar untuk dijadikan sebagai penjerap karena adanya gugus OH yang terikat dapat berinteraksi dengan mekanisme yang terjadi antara gugus -OH yang terikat pada permukaan dengan ion logam yang bermuatan positif (kation), hal ini merupakan mekanisme pertukaran ion (Sutrisno, 2004).

Tabel 2. Tabel ini menunjukkan beberapa komponen yang terkandung dalam kulit pisang pada setiap 100 g/buah (Dewanti, 2008)

No	Kandungan Kulit Pisang	Kadar
1	Karbohidrat %	18,90
2	Air %	73,60
3	Lemak %	1,34
4	Protein %	2,15
5	Pati %	11,48
6	Abu %	1,03
7	Gula reduksi %	7,62
8	Serat kasar %	1,52
9	Mineral	
	a. Vitamin C (mg/100g)	36
	b. Kalsium (Ca) (mg/100g)	31
	c. Besi (Fe) (mg/100g)	26

Pektin merupakan salah satu senyawa yang terdapat pada dinding sel tumbuhan. Pektin merupakan polimer dari asam D-galakturonat yang dihubungkan oleh ikatan 1,4 β glikosidik dan banyak terdapat pada lamela tengah dinding sel tumbuhan. Selama ini pektin banyak dimanfaatkan dalam industri makanan, farmasi dan kosmetik, namun bila dingat bahwa struktur komponen pektin juga mengandung gugus aktif, maka pektin juga dapat digunakan sebagai salah satu sumber biosorben.

Salah satu keunggulan pektin mampu menyerap logam berat. Hal ini dikarenakan pektin mengandung gugus karboksilat. Gugus karboksilat dari pektin ini dapat bereaksi dengan ion logam berat untuk membentuk senyawa kompleks yang tidak larut dalam air dan dapat

diekskresikan melalui feses. Reaktifitas pektin terhadap ion logam berat sangat tergantung pada derajat esterifikasinya (Kupchik, 2005).

Asam galakturonat merupakan pengikat kuat ion logam. Berdasarkan hasil penelitian, selulosa juga memungkinkan pengikatan logam berat. Limbah kulit pisang yang dicincang dapat dipertimbangkan untuk mengekstraksi tembaga dan ion timbal pada air yang terkontaminasi. Dibutuhkan waktu sekitar 30 menit untuk konsentrasi Cu^{2+} dan Pb^{2+} untuk mencapai keseimbangan. Kulit buah yang salah satunya kulit pisang dapat digunakan sebagai ekstraktor logam berat (Hewwet *et al.*, 2011).

Penelitian yang dilakukan oleh Vargas *et al* (2011) menggunakan limbah kulit pisang dari daerah Maroko mampu menurunkan kadar logam berat Cu, Cd dan Pb yang terkandung dalam air dengan signifikan. Komposisi korteks pisang kaya zat tepung dan selulosa, bahan-bahan ini bisa mengikat Cd dan Pb lebih baik daripada logam-logam lain (Khalil *et al.*, 2006)

Menurut Castro *et al* (2011) kulit pisang dapat dimanfaatkan dalam mengikat Tembaga (Cu^{2+}) dari air sungai Prana Brazil yang tercemar dengan tembaga. Hasilnya lebih baik dibandingkan dengan bahan penyaring yang biasa digunakan seperti silika dan karbon. Kulit pisang ini dapat digunakan hingga 11 kali proses penjernihan.

2.4 Atomic Absorption Spectrophotometry (AAS)

Teknik analisa dari Atomic Absorption Spectrophotometry (AAS) pertama kali diperkenalkan oleh Welsh (Australia) pada tahun 1955 merupakan suatu metode analisis yang didasarkan pada proses penyerapan energi radiasi oleh atom-atom yang berada pada tingkat energi dasar (*ground state*) (Basset, 2004).

Spektrofotometer serapan atom (AAS) merupakan tehnik analisis kuantitatif dari unsur-unsur logam yang pemakaiannya sangat luas, diberbagai bidang karena prosedurnya selektif, spesifik, biaya analisa relatif murah, sensitif tinggi (dalam kadar ppm-ppb), dapat dengan mudah membuat matriks yang sesuai dengan standar. Waktu analisis AAS sangat cepat dan mudah dilakukan. Analisis AAS pada umumnya digunakan untuk analisis logam. Teknik AAS menjadi alat canggih dalam analisis, ini disebabkan karena sebelum pengukuran tidak

selalu memerlukan pemisahan unsur yang ditentukan karena kemungkinan penentuan satu unsur logam dengan kehadiran unsur logam lain dapat dilakukan, asalkan katoda yang diperlukan tersedia.

Lampu katoda merupakan sumber cahaya pada AAS. Lampu katoda memiliki masa pakai atau umur pemakaian selama 1000 jam. Lampu katoda pada setiap unsur yang akan diuji berbeda-beda tergantung unsur yang akan diuji, seperti lampu katoda Cu^{2+} , hanya bisa digunakan untuk pengukuran unsur Cu. Lampu katoda terbagi menjadi dua macam, yaitu Lampu katoda monologam, digunakan untuk mengukur 1 unsur dan lampu katoda multilogam, digunakan untuk pengukuran beberapa logam sekaligus

Tabung gas pada AAS yang digunakan berisi gas asetilen. Gas asetilen memiliki kisaran suhu $\pm 2000^{\circ}\text{K}$ ada juga tabung gas yang berisi gas N_2O yang lebih panas dari gas asetilen dengan kisaran suhu $\pm 3000^{\circ}\text{K}$. Regulator pada tabung gas asetilen berfungsi untuk pengaturan banyaknya gas yang akan dikeluarkan dan gas yang berada di dalam tabung. Spedometer pada bagian kanan regulator merupakan pengatur tekanan yang berada di dalam tabung. Gas ini merupakan bahan bakar dalam Spektrofotometer serapan atom (AAS)

Burner merupakan bagian terpenting di dalam unit karena burner berfungsi sebagai tempat pencampuran gas asetilen agar tercampur merata dan dapat terbakar pada pemantik api secara baik dan merata. Lubang yang berada pada burner, merupakan lubang pemantik api

Berkas cahaya dari lampu katoda berongga akan dilewatkan melalui celah sempit dan difokuskan menggunakan cermin menuju monokromator. Monokromator dalam alat AAS akan memisahkan, mengisolasi dan mengontrol intersitas energi yang diteruskan ke detektor. Monokromator yang biasa digunakan ialah monokromator *difraksi grating*

Detektor merupakan alat yang mengubah energi cahaya menjadi energi listrik, yang memberikan isyarat listrik

berhubungan dengan daya radiasi yang diserap oleh permukaan yang peka. Detektor AAS tergantung jenis monokromatornya, jika monokromatornya sederhana yang biasa dipakai untuk analisa alkali, detektor yang digunakan adalah barrier *layer cell*. Sistem pembacaan merupakan bagian yang menampilkan suatu angka atau gambar yang dapat dibaca oleh mata. *Ducting* merupakan bagian cerobang asap untuk menyedot asap atau sisa pembakaran pada AAS. Asap yang dihasilkan diolah sedemikian rupa di dalam ducting, agar asap yang dihasilkan tidak berbahaya.

Keunggulan dari *Atomic Absorption Spectrophotometry* (AAS) adalah selektivitas dan kepekaannya yang tinggi karena dapat menentukan unsur dengan kadar ppm hingga ppb, cepat dan pengerjaannya relatif sederhana dan tidak diperlukan pemisahan unsur logam

3. METODE PENELITIAN

3.1 Desain Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode eksperimental laboratorik yg di rancang dengan Rancangan Acak Lengkap (RAL), untuk menentukan konsentrasi penurunan kadar logam berat Cu^{2+} dan Cd^{2+} menggunakan serbuk kulit Pisang Kepok (*Musa acuminata*). Kadar logam berat dianalisis menggunakan AAS selanjutnya diuji statistik dengan ANOVA Replikasi dilakukan tiga kali.

3.2 Alat dan Bahan

Kulit Pisang Kepok (*Musa acuminata*) diperoleh dari pasar Pacar Keling di Surabaya. Bahan kimia yang digunakan $3\text{CdSO}_4 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$, $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$, HNO_3 , H_2SO_4 , NaOH (Merck, Darmstadt, Germany), Aquadem (PT Brataco Surabaya). Timbangan analitik Ohaus (A214T), oven Venticell MMM Med Center, Furnace Thermolyne model no S48010-26, kolom Pyrex NS 12,5 mm, diameter dalam 1,75 cm tinggi 15 cm, AAS ContrAA700 Analytikjena.

3.3 Persiapan Kulit Pisang

Kulit pisang yang sudah di bersihkan dioven suhu 60°C , selanjutnya dihaluskan dan diayak dengan mesh 100. Serbuk yang diperoleh

dibagi dua, sebagian langsung digunakan dan sebagian lagi di alkalisasi dengan NaOH . Serbuk yang dialkalisasi dengan NaOH 0,5N dibilas air suling empat kali dikeringkan suhu 40°C (Vargas, *et al.*, 2011 dengan modifikasi).

3.3 Pembuatan Larutan Uji Cu^{2+}

Ditimbang $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ 0,3947 gram dilarutkan dalam 1000,0 ml diperoleh larutan induk 1004,32 ppm. Dipipet 10,0 ml larutan induk diencerkan dengan HNO_3 1% hingga 1000,0 ml, diperoleh larutan Cu^{2+} dengan kadar 10,04 ppm.

3.4. Pembuatan Larutan Uji Cd^{2+}

Ditimbang 376,5 mg $3\text{CdSO}_4 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$ dilarutkan dalam 1000 ml, diperoleh larutan induk 1649,8 ppm. Dipipet 25 ml larutan induk diencerkan dengan HNO_3 1% hingga 500 ml diperoleh larutan Cd^{2+} 82,49 ppm.

3.5 Preparasi untuk Kolom Kulit Pisang

Serbuk kulit pisang ditimbang dengan teliti masing-masing $\pm 1,5$ gram dan dimasukkan ke dalam enam buah kolom. Tiga buah kolom untuk serbuk kulit pisang yang sudah direndam dengan NaOH 0,5 N dan tiga kolom kulit pisang tanpa NaOH . Masing-masing serbuk kulit pisang yang telah diberi NaOH dibilas empat kali menggunakan air suling dimasukkan kembali ke dalam oven dengan suhu 40°C sampai kering kembali (Vargas, *et al.*, 2011). Ke dalam kolom-kolom yang sudah disiapkan diletakkan sampel serbuk kulit pisang dan ditambahkan masing-masing 25,0 ml larutan logam Cu^{2+} dan perlakuan yang sama untuk larutan Cd^{2+} selanjutnya didiamkan selama 30 menit sampai semua matriks terbasahi. Kolom dibuka krannya dan dialirkan kemudian ditampung dalam gelas beker dan dimasukkan ke dalam botol sampel dan diberi label untuk dianalisis dengan AAS. Kolom diisi lagi dengan perlakuan yang sama untuk evaluasi proses penyaringan yang kedua kalinya.

3.6 Analisis Data

Dalam penelitian ini dilakukan uji statistik ANOVA

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Kadar Air Kulit Pisang

Setelah dilakukan pengeringan pada suhu 60°C selama 6 hari dengan replikasi tiga kali (Farmakope Indonesia IV, 1995), didapatkan kadar air pada Kulit Pisang sebagai berikut :

Tabel 3 Kadar Air Kulit Pisang	
Kadar Air Kulit Pisang	
Rerata	1,8375
SD	0,0053

Penentuan kadar air dilakukan pada 60°C sampai berat konstan, sebab kulit pisang mengandung karbohidrat tinggi (Dewanti, 2008) pada 105°C terjadi pengurangan.

4.2 Kadar Abu Kulit Pisang

Hasil penentuan kadar abu Kulit Pisang, ditabelkan sebagai berikut :

Tabel 4 Kadar Abu Kulit Pisang	
Kadar Abu Kulit Pisang	
Rerata	11,6361
SD	0,0264

Kadar abu yang cukup tinggi dalam serbuk kulit pisang disebabkan kandungan mineralnya cukup besar (Dewanti, 2008).

4.3 Kadar Logam Berat Cu²⁺ Dalam Serbuk Kulit Pisang

Tabel 5. Kadar logam berat Cu²⁺ dalam serbuk kulit pisang yang digunakan sebagai adsorban.

Replikasi	Serbuk Kulit Pisang
1	0,1632 ppm / 3,2619 µg/g*
2	0,1243 ppm / 2,4833 µg/g *
3	0,1339 ppm / 2,6644 µg/g *

Keterangan : * < limit of determination
 Cu²⁺: 0,0294 mg/L
 Limit deteksi Cu²⁺: 0,0078 ppm = 0,0078 mg/L

Tabel 6. Kadar logam berat Cd²⁺ dalam serbuk yang digunakan sebagai adsorban

Replikasi	Serbuk Kulit Pisang
1	Tidak terdeteksi
2	Tidak terdeteksi
3	Tidak terdeteksi

Keterangan: limit deteksi Cd²⁺: 0,0094 mg/L

Tabel 5 menunjukkan bahwa kadar logam berat Cu²⁺ terdeteksi pada serbuk Kulit Pisang pada ketiga replikasi yang dilakukan dengan rata-rata sebesar 0,14 ppm namun kadar logam tersebut < limit determinasinya. Sementara itu serbuk kulit pisang tidak terdeteksi adanya Cd²⁺. Setelah diketahui kandungan logam berat Cu²⁺ dan Cd²⁺ pada serbuk yang akan dijadikan percobaan, berikut diberikan hasil penyaringan larutan uji Cu²⁺ dan Cd²⁺ pada masing-masing perlakuan.

4.4 Larutan Uji Cu²⁺ dan Cd²⁺ dengan adsorban serbuk kulit pisang

Tabel 7. Hasil penentuan kadar larutan uji Cu²⁺ setelah penyaringan dengan serbuk kulit Pisang

Kadar Awal Larutan uji Cu ²⁺ (10,04 ppm)				
Penyaringan pertama	Kulit Pisang dengan NaOH	Penurunan kadar Cu ²⁺ (%)	Kulit Pisang tanpa NaOH	Penurunan kadar Cu ²⁺ (%)
Rerata	3,91 ppm	62,40	7,75 ppm	25,44
SD	0,651	6,25	1,73	16,7
Penyaringan kedua				
Rerata	5,43 ppm	47,78	11,25 ppm	- 8,17
SD	0,373	3,58	8,57	82,5

Tabel 8. Hasil penentuan kadar larutan uji Cd²⁺ setelah penyaringan dengan serbuk kulit Pisang

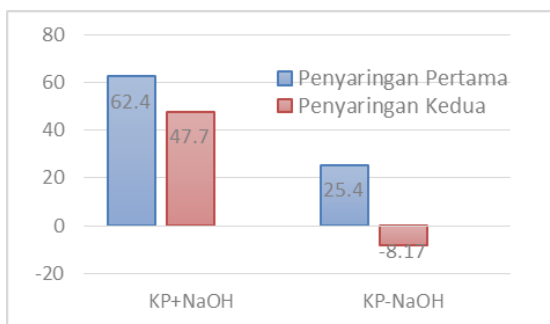
Kadar Awal Larutan uji Cd ²⁺ (82,7ppm)				
Penyaringan pertama	Kulit pisang dengan	% penurunan kadar Cd ²⁺	Kulit pisang tanpa NaOH	% penurunan kadar Cd ²⁺

	NaOH			
Rerata	0,646 ppm	99,21	0,669 ppm	99,18
SD	0,050	0,057	0,103	0,125
Penyaringan kedua				
Rerata	0,6761 ppm	99,18	0,7601 ppm	99,08
SD	0,083	0,098	0,082	0,100

4.5 Penyerapan logam Cu^{2+} dan Cd^{2+}

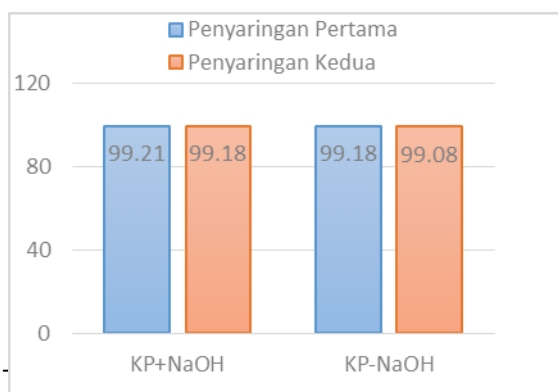
Hasil penyaringan larutan uji Cu^{2+} dan Cd^{2+} serbuk kulit pisang dengan perlakuan dengan NaOH menjelaskan bahwa kulit pisang dengan NaOH rata-rata lebih baik dalam penurunan kadar Cu^{2+} dan Cd^{2+} dibandingkan tanpa NaOH.

Penurunan kadar logam berat Cu^{2+} pada penyaringan pertama dan kedua dengan penambahan NaOH dan tanpa NaOH digambarkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Grafik penurunan kadar logam berat Cu^{2+} pada penyaringan pertama dan penyaringan kedua dengan adsorben Kulit Pisang dengan NaOH dan tanpa NaOH.

Penurunan kadar logam berat Cd^{2+} pada penyaringan pertama dan kedua dengan penambahan NaOH dan tanpa NaOH digambarkan dalam grafik berikut



Gambar 2. Grafik penurunan kadar logam berat Cd^{2+} pada penyaringan pertama dan penyaringan kedua dengan adsorben Kulit Pisang dialkalisasi NaOH dan tanpa NaOH

Berdasarkan Gambar 1 dapat dilihat Kulit Pisang tanpa penambahan NaOH menurunkan kadar logam Cu^{2+} pada penyaringan pertama sebesar 25,4%, sedangkan pada penyaringan kedua bahkan menyebabkan peningkatan kadar Cu^{2+} dalam cairan sebesar 8,17%. Hal ini disebabkan terjadinya sumbangan kadar logam yang ada yang diserap pada penyaringan pertama. Penambahan NaOH pada Kulit Pisang dapat meningkatkan penurunan kadar logam Cu^{2+} , hingga mencapai 62,4% pada penyaringan pertama, sedangkan pada penyaringan kedua dapat menyerap logam Cu^{2+} sebesar 47,7%. Penyaringan pertama memberikan penurunan kadar logam Cu^{2+} lebih besar dibandingkan penyaringan kedua hal ini disebabkan serbuk Kulit Pisang mengalami kejenuhan sehingga tidak mampu lagi menyerap logam berat lebih banyak.

Berdasarkan Gambar 2 dapat dilihat bahwa adsorben yang memiliki penurunan terendah terhadap logam berat Cd^{2+} pada penyaringan pertama yaitu Kulit Pisang tanpa penambahan NaOH sebesar 99,18%. Pada penyaringan kedua Kulit Pisang tanpa penambahan NaOH memiliki penurunan terendah terhadap kadar logam Cd^{2+} sebesar 99,08%. Penurunan logam berat paling baik dari Kulit Pisang diperoleh pada perlakuan terhadap penyerapan Cd^{2+} . Hal ini sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Widjaya (2013) yang menunjukkan penurunan logam berat tersebut terjadi karena kulit pisang mengandung selulosa dan polisakarida. Senyawa karbohidrat tersebut memiliki

gugus negatif yang dapat menyerap ion positif dari logam berat untuk membentuk senyawa kompleks. Selain itu senyawa pektin yang terkandung dalam kulit pisang setelah diionisasi dengan NaOH memberikan gugus dengan muatan-muatan negatif sehingga dapat mengikat kation logam berat. Hasil penelitian ini juga menunjukkan kulit pisang dapat menurunkan kadar logam berat Cd^{2+} lebih baik dari pada Cu^{2+} .

Penurunan logam berat tersebut terjadi karena kulit pisang mengandung bahan reaktif seperti selulosa dan polisakarida, untuk membentuk senyawa kompleks dengan logam. Sejalan dengan penelitian Vargas, *et al.*, (2011) hasil penelitian ini juga menunjukkan Kulit Pisang dapat menurunkan kadar logam berat Cd^{2+} lebih baik dari pada Cu^{2+} .

Limbah kulit pisang merupakan biomassa yang diperoleh dari pisang yang telah diambil dagingnya. Kulit pisang mengandung zat pektin yang terdiri dari asam galakturonat. Asam galakturonat ini dapat mengikat ion logam. Muatan negatif pada asam galakturonat, mengikat ion positif dari logam yang terdapat di dalam air sehingga unsur pencemaran dalam air dapat diikat. Di dalam kulit pisang juga terkandung selulosa yang memiliki kemampuan mengikat logam, dengan menggunakan prinsip absorpsi. Selulosa memiliki dua gugus yaitu gugus fungsi karboksil dan gugus fungsi hidroksil. Selulosa merupakan polimer yang bersifat

selektif terhadap senyawa polar. Air adalah senyawa polar sehingga air dapat melewati pori-pori selulosa namun senyawa polutan akan tertahan (Hewwet, *et al.*, 2011). Komposisi korteks pisang yang kaya zat tepung dan selulosa, yang mana dilaporkan bahwa bahan-bahan ini bisa mengikat Cd^{2+} dan Pb^{2+} lebih baik daripada logam-logam lain (Khalil *et al.*, 2006).

Metode kolom yang digunakan untuk menghilangkan pencemaran logam berat dari air merupakan pendekatan yang tepat untuk menghasilkan penyerapan logam yang baik. Metode ini diharapkan dapat digunakan pada skala industri untuk menangani air yang terkontaminasi dengan menggunakan bahan baku adsorben dari limbah kulit pisang yang dibuang.

Setelah didapatkan hasil analisis kuantitatif, selanjutnya dilakukan uji ANOVA untuk mengetahui perbedaan rata-rata penurunan kadar Cu^{2+} dan Cd^{2+} . Hasil analisa menunjukkan bahwa untuk logam Cu^{2+} diperoleh nilai 0,143, nilai ini lebih besar dari 0,05. Artinya H_0 diterima yang berarti bahwa tidak terdapat perbedaan rata-rata antar sampel yang digunakan dalam penelitian yang meliputi kulit pisang dengan NaOH, kulit pisang tanpa NaOH. Hasil untuk logam Cd^{2+} diperoleh nilai sig= 0.220, nilai ini lebih besar dari 0,05. Artinya H_0 diterima yang berarti bahwa tidak terdapat perbedaan rata-rata antar sampel yang digunakan dalam penelitian yang meliputi kulit pisang dengan NaOH dan kulit pisang tanpa NaOH.

Table 9 Hasil uji ANOVA sebelum penyaringan

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	5,005	1	5,005	3,308	0,143
Within Groups	6,051	4	1,513		
Total	11,057	5			

Penurunan kadar Cu^{2+} pada penyaringan pertama, dengan menggunakan tingkat signifikansi sebesar 0,05 dan berdasarkan uji ANOVA satu arah didapatkan harga $p\text{-value}=0,143>0,05$ sehingga keputusan yang diambil yaitu H_0 diterima.

Disimpulkan rata-rata penurunan Cu^{2+} pada penyaringan pertama kulit pisang dengan NaOH, dan kulit pisang tanpa NaOH adalah sama. Hal tersebut terlihat pada *post hoc test* yang memiliki 3 subset (kelompok) berdasarkan uji homogenitas variansi yaitu

pada kelompok pertama yaitu kulit pisang tanpa NaOH yang memiliki rata-rata penurunan Cu^{2+} pada penyaringan pertama sebesar 25,4%, sedangkan pada kelompok kedua beranggotakan kulit pisang ditambah NaOH dengan rata-rata penurunan Cu^{2+}

pada penyaringan pertama sebesar 52,4%, Pembentukan kelompok berdasarkan *post hoc test* dapat dilihat bahwa rata-rata penurunan Cu^{2+} penyaringan pertama tertinggi ada pada kelompok kedua.

Table 10 Data uji ANOVA sesudah penyaringan

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	8,664	1	8,664	2,105	0,220
Within Groups	16,464	4	4,116		
Total	25,128	5			

Penurunan kadar Cu^{2+} pada penyaringan kedua, dengan menggunakan tingkat signifikansi sebesar 0,05 dan berdasarkan uji ANOVA satu arah didapatkan $p\text{-value}=0,220>0,05$ sehingga keputusan yang diambil yaitu H_0 diterima. Disimpulkan bahwa rata-rata persentase hasil sesudah penyaringan antara kelompok kontrol dan kelompok eksperimen adalah sama.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

Adsorban kulit pisang dengan perlakuan NaOH dapat menurunkan kadar Cu^{2+} hingga mencapai 62,4%, sedangkan adsorban kulit pisang tanpa NaOH hanya dapat menurunkan kadar Cu^{2+} sebesar 25,4% pada penyaringan pertama

Adsorban kulit pisang dengan perlakuan NaOH dapat menurunkan kadar Cd^{2+} hingga mencapai 99,21%, sedangkan adsorban kulit pisang tanpa perlakuan NaOH juga dapat menurunkan kadar Cd^{2+} sampai 99,18%. Pada penyaringan pertama dan pada penyaringan kedua masing-masing dapat menurunkan 99,18% dan 99,08% untuk kulit pisang tanpa NaOH.

Adsorban kulit pisang sangat efektif digunakan untuk menurunkan kadar logam Cd^{2+} dibandingkan dengan logam Cu^{2+}

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih disampaikan kepada Staf Laboratorium Analis Fakultas Farmasi atas bantuan penggunaan alat dan bahan.

DAFTAR PUSTAKA

- Anggraini, D. 2007. Analisis Kadar Logam Berat Pb, Cd, Cu dan Zn pada Air Laut, Sedimen dan Lokan (*Geloina coxans*) di Perairan Pesisir Dumai, Riau. Fakultas Perikanan. UNRI. Pekanbaru. Tesis
- Ashraf, MA., Maah, MJ., Yusoff, I., 2010. Study of Banana peel (*Musa sapientum*) as a Cationic Biosorben, American-Eurasian J. Agric and Environ. Sci : 7-17
- Basset, J., Denney, R.C., Jeffery, G.H dan Mendham, J. 2004. Buku Ajar Vogel kimia analisis kuantitatif, edisi keempat, terjemahan Hadyana Pudjahatmaka. Jakarta : EGC
- Castro, R. S. D., Caetano, L., Farreina, G., Padilha, P. M., Saeki, M. J., Zara, L. F., Martines, M. A. U., and Castro, G. R. (2011) Banana Peel Applied to The Solid Phase Extraction off Copper and lead From river water: Preconcentration of Metal Ions With a Fruit Waste. Industrial and Engineering Chem Res. 50 (6) : 3446-3451. Retrieved from puns.acs.org/IECR, Diakses 24 Desember 2015
- Charlena, 2004 Pencemaran Logam Berat Timbal (Pb) dan Kadmium (Cd) Pada Sayur-sayuran. Falsafah Sain (PSL 702) Program Pascasarjana/S3/ Institut Pertanian Bogor : 3

- Darmono, 1995. *Logam Dalam Sistem Biologi Makhluk Hidup*. UI Press. Jakarta
- Darmono, 2004. *Lingkungan Hidup dan Pencemaran, Hubungannya dengan Toksisitas Logam Senyawa*. UI Press. Jakarta : 55-56, 65-69
- Dewanti, 2008. *Limbah Kulit Pisang Kepok Sebagai Bahan Baku Pembuatan Etanol*. UPN Veteran. Jawa Timur : 6
- Farmakope Indonesia IV, 1995, Departemen Kesehatan Republik Indonesia.
- Widjaya, 2013. *Penurunan Kadar Logam Tembaga (Cu²⁺) Dalam Air Dengan Menggunakan Variasi Jenis Kulit Pisang*. Universitas Muhammadiyah Semarang. Tesis
- Hewett, Emma., 2011. *Banana Peel Heavy Metal Water Filter*. STEM Research. <https://id.scribd.com/document/101530616/Banana-Peel>. Diakses 19 November 2015 : 1-14
- Keputusan Menteri Negara Kependudukan dan Lingkungan hidup Nomor 06, 2007. *Baku Mutu Air Limbah Bagi Usaha Dan/Atau Kegiatan Pengelolaan Hasil Perikanan*. Kantor Menteri Negara Lingkungan Hidup, Jakarta
- Keputusan Menteri Negara Kependudukan dan Lingkungan hidup Nomor 02, 1998. *Penetapan Baku Mutu Lingkungan*. Kantor Menteri Negara Lingkungan Hidup, Jakarta
- Khalil, H.P.S., Alwani, M., Mohd, A.K., 2006. *Chemical composition, anatomy, lignin distribution, and cell wall structure of Malaysian plant waste fibers*. *BioResearch* 1 : 220–232.
- Khasanah, M, 1998. *Metode Analisis Tembaga (II) Dalam Air Laut Secara Spektrofotometri Serapan Atom Melalui Ekstraksi Dengan 1-(2 pyridylaze-2-naftol)-n-butanol*, Universitas Airlangga, Surabaya, 3(2) : 29-34
- Kupchick, L. A., Kartel, N. T., Bogdanov, E. S., Begdanova, O. V., and Kupchick, M. P, 2005. *Chemical Modification of Pectin To Improve it's Sorption Properties*. *Rusian J* 79(3) : 457
- Marganof, 2007. *Pengaruh Penambahan Tepung Kulit Pisang Raja (Musa paradisiaca) Terhadap Daya Terima Kue Donat*. Sekolah Pascasarjana Institut Pertanian Bogor : J 1-3
- Palar, H. 2008. *Pencemaran dan Toksikologi Logam Berat*, edisi kedua. Jakarta. Rineka Cipta : 10-62
- Pemerintah Republik Indonesia, 2010. *Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 01 Tahun 2010 Tentang Tata Laksana Pengendalian Pencemaran Air*, Jakarta.
- Pemerintah Republik Indonesia, 2001. *Peraturan Pemerintah No 82/2001 tentang pengelolaan kualitas air dan pencemaran air*.
- Sanusi, H, 2006. *Kimia Laut. Proses Kimia Fisika dan Interaksinya Dengan Lingkungan*. Pratono T, Supriyono E., Editor. Institut Pertanian Bogor : 188
- Siska, 2009. *Kandungan Logam Tembaga (Cu) dalam Enceng Gondok (Eichhornia crassipes Solms), Perairan dan Sedimen Berdasarkan Tata Guna Lahan di Sekitar Sungai Banger Pekalongan (Siska Setyowati, Nanik Heru Suprapti dan Erry Wiryani) Lab. Ekologi dan Biosistematik, Jurusan Biologi, Fakultas MIPA. Universitas Diponegoro : J 1-2*
- Sony, 2009. *Penentuan Kadar Logam Seng (Zn) dan Tembaga (Cu) Dalam Air PAM Hasil Penyaringan Yamaha Water*

Purifier Tipe Drinking Stand. Fakultas
Matematika dan Ilmu Pengetahuan
Alam. Universitas Sumatra Utara.
Medan : J 1, 6-7

Sugiharto, 1987. Dasar-Dasar Pengelolaan Air
Limbah, Universitas Indonesia Press,
Jakarta.

Sutrisno, C., Totok, Ir, 2004. Teknologi
Penyediaan Air Bersih. Cetakan Kelima.
Jakarta. Rineka Cipta : 8, 12-20, 26-32

Vargas K.K., Monica C.L, Silvia R.T., Erick
R.Bandala and Jose Luis S.S, 2011.
Biosorption of heavy metals in polluted
water, using different waste fruit cortex.
Grupo de Investigación en Energía y
Ambiente, Universidad de Las
Américas, Mexico. Physics and
Chemistry of the Earth : ELSEVIER:
37-39

Nugraha , 2009. Kandungan Logam Berat Pada
Air dan Sedimen di Perairan Socah Dan
Kwanyar Kabupaten Bangkalan. Jurnal.
Jurusan Ilmu Kelautan Universitas
Trunojoyo : 158-164

Widowati.W, 2006. Efek Toksik Logam
Pencegahan dan Penanggulangan
Pencemaran. Yogyakarta : Penerbit
Andi