

Potensi Limbah Kulit Kakao (*Theobroma Cacao*) Sebagai Pengikat Cemar Logam Berat Timbal (Pb) Pada Air

Peneliti : Anita D Moelyaningrum¹
Mahasiswa terlibat : Yuniar Sulistyo², Dita Wahyu S³
Sumber Dana : Sumber dana kerjasama DIPA Universitas Jember
Tahun Anggaran 2013 Nomor DIPA-
023.04.2.414.995/2013 Mei 2013

¹. Bagian Kesehatan Lingkungan dan K3, Fak Kesehatan Masyarakat Universitas Jember.

². Minat Kesehatan Lingkungan Fak Kesehatan Masyarakat Universitas Jember.

³. Minat Kesehatan Lingkungan Fak Kesehatan Masyarakat Universitas Jember.

ABSTRAK

Produksi kakao di Indonesia pada tahun 2002 mencapai 625,064 ton (Deptan, 2002). Kabupaten Jember merupakan salah satu kabupaten penghasil buah kakao (*Theobroma Cacao*) yang cukup besar. Limbah utama dari produksi kakao adalah kulit buahnya yang mencapai 75%. Limbah kulit kakao memiliki kandungan peptin yang tinggi yaitu sebesar $\pm 12,67\%$ yang berpotensi sebagai pengikat logam berat.

Tujuan penelitian ini untuk menganalisis potensi pemanfaatan limbah kulit kakao dari kabupaten jember sebagai pengikat cemaran logam berat timbal (Pb) pada air. Kandungan pektin yang tinggi dari kulit kakao diperkirakan dapat mengikat cemaran logam.

Penelitian ini merupakan penelitian eksperimental murni (*True Eksperimental*) dengan bentuk *Posttest Only Control Group Design*. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah Rancangan Acak Kelompok (RAK) dimana percobaan dilakukan dengan tiga macam perlakuan, satu kontrol dan enam pengulangan. Pengamatan secara kuantitas dan kualitas air cemaran timbal dilakukan selama 2 x 24 jam.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa semakin banyak limbah kulit kakao yang dipaparkan pada air tercemar maka volume air menjadi semakin berkurang dan semakin keruh, namun tidak ditemukan perubahan bau pada semua kelompok. Data

semua kelompok berdistribusi normal. Dari uji one way anova menunjukkan terdapat perbedaan yang signifikan antara kelompok Kontrol, P1, P2, P3. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut terkait mutu dan jumlah kandungan Pektin pada limbah kulit kakao dari Kabupaten Jember, menemukan bentuk yang paling sesuai dan stabil dalam penggunaan limbah kulit kakao sebagai pengikat cemaran logam berat timbal (Pb) pada air serta modifikasi limbah kulit kakao dengan bahan lain untuk mendapatkan kualitas air bersih atau air minum yang sesuai standart kesehatan.

Kata kunci : theobroma cacao, logam berat timbal (Pb), air

Executive Summary

Potensi Limbah Kulit Kakao (*Theobroma Cacao*) Sebagai Pengikat Cemaran Logam Berat Timbal (Pb) Pada Air

Peneliti : Anita D Moelyaningrum¹
Mahasiswa terlibat : Yuniar Sulisty², Dita Wahyu S³
Sumber Dana : Sumber Dana Kerjasama DIPA Universitas Jember
Tahun Anggaran 2013 Nomor DIPA-
023.04.2.414.995/2013 Mei 2013
Kontak Email : anita_dm_skm@yahoo.com atau
aghazi911@gmail.com

¹. Bagian Kesehatan Lingkungan dan K3, Fak Kesehatan Masyarakat Universitas Jember.

². Minat Kesehatan Lingkungan Fak Kesehatan Masyarakat Universitas Jember.

³. Minat Kesehatan Lingkungan Fak Kesehatan Masyarakat Universitas Jember.

LATAR BELAKANG DAN TUJUAN

Indonesia merupakan salah satu negara penghasil kakao terbesar ke tiga di dunia. Produksi Kakao atau coklat di Indonesia mengalami pertumbuhan yang signifikan mencapai 3,5% setiap tahun.

Kabupaten Jember merupakan salah satu kabupaten penghasil buah kakao (*Theobroma Cacao*). Baik untuk konsumsi domestik maupun untuk ekspor. Salah satu potensi perkebunan di Jember yakni kakao dengan luas perkebunan 4.641 hektar dan dalam setiap hektarnya produktivitas tanaman perkebunan kakao yang dikelola oleh PTPN XII mencapai 3,27 ton. Sedang yang dikelola oleh PDP dan swasta masing-masing mencapai 4,93 ton dan 7,67 ton (Website resmi kabupaten Jember, 2012). Tingginya tingkat produksi buah kakao di kabupaten Jember maka berbanding lurus dengan meningkatnya limbah kulit kakao. Sampai saat ini pemanfaatan kulit buah kakao di perkebunan-perkebunan besar adalah sebagai pupuk tanaman dengan cara ditimbun di sela-sela tanaman kakao. Kulit buah kakao beratnya mencapai 75% seluruh berat buah, sehingga dapat dikatakan bahwa limbah utama pengolahan buah

kakao adalah kulit (cangkangnya). Kulit kakao mengandung pektin yang tinggi. Kandungan pektin di dalam kulit kakao sebesar $\pm 12,67\%$.

Universitas jember sebagai universitas yang fokus pada pembangunan agroindustri, senantiasa perlu melakukan inovasi terkait berdayanya hasil perkebunan termasuk pengelolaan dan pemanfaatan berbagai limbah agroindustri seperti kulit kakao. Limbah kulit kakao masih memiliki manfaat yang luar biasa dalam bidang kesehatan lingkungan. Menurut Ashraf (2010), pektin memiliki potensi sebagai pengikat cemaran logam berat. Pektin dapat berfungsi sebagai adsorben melalui proses *biosorption* yang menunjukkan kemampuan biomass untuk mengikat logam berat dari dalam larutan melalui langkah-langkah metabolisme atau kimia-fisika.

Logam berat merupakan cemaran berbahaya baik secara akut atau kronis jika masuk ke dalam tubuh. Kontak antara manusia dan logam berat Pb secara terus menerus akan menimbulkan berbagai dampak kesehatan. Timbal tidak dapat terurai secara biologis dan toksisitasnya tidak berubah sepanjang waktu. Logam berat timbal (Pb) merupakan logam berat non essential yang tidak diperlukan oleh tubuh sehingga memiliki tingkat bahaya yang sangat tinggi. Timah Hitam atau Pb adalah logam berat yang masih banyak tersebar di lingkungan. Hal ini disebabkan Pb masih banyak digunakan baik dalam industri maupun perlengkapan rumah tangga.

Kegiatan manusia baik secara sadar maupun tidak sering kali mengemisikan logam berat timbal ke lingkungan yang kemudian dapat masuk kedalam tubuh dan menimbulkan intoksikan. Sumber paparan timbal selain dari Industri dan bahan bakar, juga dapat berasal dari perlengkapan rumah tangga yang ada disekitar kita. Beberapa perlengkapan rumah tangga juga teridentifikasi mengandung Pb seperti cat (EHC-WHO 3,1977), Baterai, keramik, maupun kosmetik. Dimana perilaku personal higienis sangat terkait terhadap pencegahan paparan timah dari peralatan rumah tangga.

Tingginya limbah kulit kakao di kabupaten jember dan masih banyaknya cemaran logam berat timbal (Pb) pada perairan, mendorong peneliti untuk menganalisis potensi pektin limbah kulit kakao dalam mengikat cemaran logam berat timbal (Pb). Adapun tujuan penelitian ini adalah:

1. Menganalisis potensi pektin pada limbah kulit kakao untuk menurunkan cemaran logam berat timbal pada air.

2. Menganalisis penurunan kadar cemaran timbal dalam air oleh pektin limbah kulit kakao.
3. Menganalisis jumlah pektin limbah kulit kakao yang paling tepat dalam menurunkan cemaran logam timbal pada air.
4. Menganalisis ketahanan/ masa pakai limbah kulit kakao dalam penurunan kadar cemaran timbal pada air.
5. Menganalisis kuantitas dan kualitas fisik-kimia air tercemar sebelum dan sesudah dipapar limbah kulit kakao pada tiap kelompok perlakuan.

METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini merupakan penelitian eksperimental murni (*True Eksperimental*) dengan bentuk *Posttest Only Control Group Design*. Pada desain ini terdapat dua kelompok yang masing masing dipilih secara random, yaitu kelompok pertama diberi perlakuan (P) dan kelompok yang tidak diberi perlakuan disebut kelompok kontrol, serta pengaruh adanya perlakuan (treatment). Dalam penelitian ini, pengaruh treatment dianalisis dengan uji beda (Sugiono, 2011). Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah Rancangan Acak Kelompok (RAK) dimana percobaan dilakukan dengan tiga macam perlakuan dan satu kontrol. Perlakuan dengan memanfaatkan limbah kulit kakao yang kaya peptin dicampurkan dengan air yang mengandung cemaran timbal (Pb) sebanyak 1 liter dan diamati selama 2 x 24 jam. Kontrol adalah air baku dengan mengandung cemaran timbal tanpa adanya perlakuan. Kelompok perlakuan 1 (P1) adalah kelompok air baku yang mengandung timbal dipapar dengan kulit kakao sebanyak 100 gr/ lt. Kelompok perlakuan 2 (P2) adalah kelompok air baku yang mengandung timbal dipapar dengan kulit kakao sebanyak 300 gr/ lt, sedangkan kelompok perlakuan 3 (P3) adalah kelompok air baku yang mengandung cemaran timbal dipapar dengan kulit kakao sebanyak 600gr/ lt. Dilakukan pengulangan atau replikasi pengamatan dan pengukuran pada tiap kelompok sebanyak enam kali sehingga total sampel adalah 24 sampel. Limbah Kulit kakao yang digunakan adalah limbah kulit kakao yang ditemukan di Kabupaten Jember yang kupas tipis pada kulit arinya dan dipotong sebesar $\pm 1 \times 2$ cm kemudian dilakukan penimbangan untuk setiap perlakuan.

Metode yang dilakukan adalah analisa kadar logam berat timbal (Pb) pada air sebelum dan sesudah dipapar limbah kulit kakao. Pemeriksaan kadar timbal pada air dilakukan dengan analisa AAS (*Atomic Absorption Spectrophotometer*) di laboratorium Balai Besar Laboratorium Kesehatan Surabaya.

PEMAPARAN HASIL

Tanaman kakao merupakan tanaman yang banyak ditemukan di kabupaten jember Jawa Timur. Setelah diambil bijinya, kulit kakao tidak dimanfaatkan sehingga menjadi limbah. Limbah kulit kakao ini tinggi kandungan pektin, dimana pektin ternyata memiliki banyak manfaat dalam bidang industri makanan maupun farmasi. Pektin juga dapat mengikat logam (Asraf, 2010). Timbal (Pb) merupakan salah satu logam berat pencemar yang sangat toksik dan banyak tersebar ditemukan di alam.

Sumber cemaran timbal dapat berasal dari alat rumah tangga, cemaran udara dari bensin bertimbal, sampah baterai dll. Dari studi pendahuluan tahun 2012 ditemukan bahwa salah satu sumber cemaran timbal pada air terjadi di sekitar tempat pembuangan akhir sampah (TPA) pakusari Kabupaten Jember. Hal ini terjadi karena bercampurnya sampah organik dan anorganik di TPA yang kemudian bercampur dengan hujan masuk ke tanah dan kemudian masuk ke badan air.

Timbal memiliki efek toksik yang besar ketika masuk kedalam tubuh manusia. Timbal dapat memberikan efek akut maupun kronis. Efek akut yaitu jika timbal masuk kedalam tubuh dalam jumlah besar dalam jangka waktu singkat akan muncul efek kesehatan. Efek akut dari paparan timbal dapat berupa gangguan syaraf seperti sakit kepala, bingung, pikiran kacau, sering pingsan dan koma, gangguan gastrointestinal seperti kram perut, kolik, sembelit, mual, muntah dan sakit perut yang hebat. Sedangkan efek kronis yaitu paparan Pb dalam jumlah sedikit namun terus menerus dapat mengakibatkan kelelahan, kelesuan, infertilitas pada lelaki, sakit kepala, sulit konsentrasi, daya ingat terganggu, sulit tidur dll (Widowati et al., 2008)

Limbah kulit buah kakao mencapai 75% seluruh berat buah, hanya 25% yang dimanfaatkan dan diolah sebagai coklat. Limbah kulit kakao tersebut mengandung pektin sebanyak 12,67% yang berpotensi dapat dimanfaatkan untuk pengikat cemaran logam timbal (Pb).

Penelitian ini dilakukan memaparkan air yang mengandung cemaran timbal (Pb) dengan limbah kulit kakao yang telah dikupas tipis dan dipotong dengan ukuran $\pm 1 \times 2$ cm kemudian selain dilakukan pengukuran kemampuan limbah kulit kakao sebagai pengikat cemaran logam berat timbal pada air, juga dilakukan pengamatan secara fisik terkait kualitas fisik yaitu kekeruhan dan pengukuran volume yang diamati selama 2 x 24 jam.

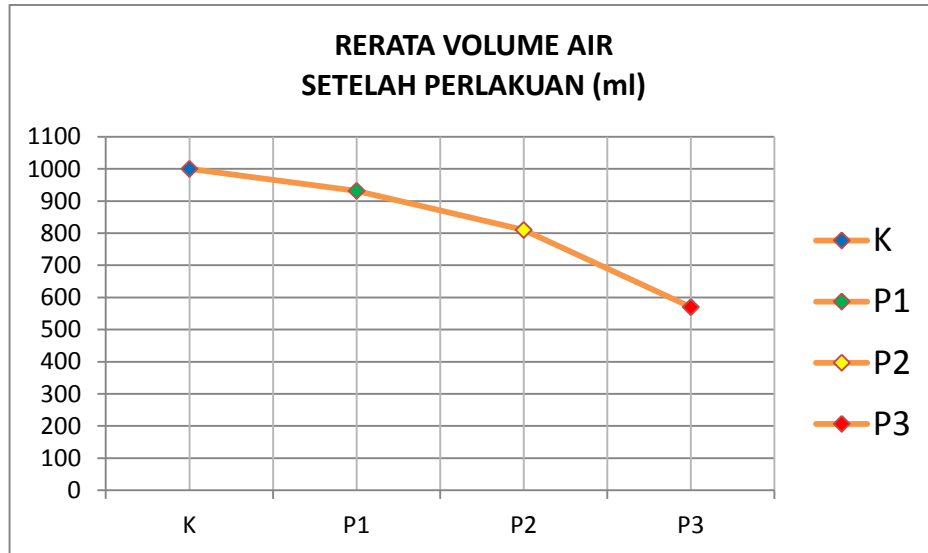
Hasil Pengukuran Kuantitas dan Kualias Fisik air pada setiap Kelompok (K, P1, P2, P3)

Pada kelompok perlakuan 1 (P1), yaitu kelompok air yang di papar limbah kulit 100gr/ lt terdapat penurunan kualitas air secara fisik yaitu sedikit keruh berwarna kecoklatan dibandingkan dengan kelompok kontrol. Sedangkan rerata penurunan kuantitas air setelah 2 x 24 jam adalah 68,3 ml (6,83 %). Tidak terdapat perubahan bau pada P1 dibandingkan dengan kelompok kontrol. Pada kelompok perlakuan 2 (P2) yaitu kelompok air bertimbal dengan pemaparan limbah kulit kakao 300gr/lt selama 2 x 24 jam, terdapat penurunan kualitas air secara fisik yaitu lebih keruh dibandingkan dengan kelompok P1. Namun demikian tidak ada perubahan pada kualitas bau. Sedangkan setelah 2 x 24 jam diukur volume air diperoleh rerata penurunan sebanyak 190 ml (19%). Pemaparan limbah kulit kakao pada 600 gr/ lt pada air dengan cemaran logam berat timbal (Pb), yaitu perlakuan pada P3, terjadi penurunan rerata kuantitas air yang paling besar. Volume air sebelum dipapar limbah kulit kakao mengalami penurunan yang paling besar dibandingkan kelompok yang lain yaitu sebesar 430 ml (43%).

Pemberian limbah kulit kakao diduga memberikan warna kecoklatan pada air. Pektin merupakan zat yang terkandung dalam kulit buah. Dimana pektin merupakan golongan polimer heterosida yang banyak ditemukan pada kulit buah. Wujud peptin berwarna putih hingga coklat terang, cenderung memberikan rasa lengket dan sering digunakan dalam bidang industri pangan maupun non pangan sebagai pembentuk jeli, pengental maupun stabilisasi produk tertentu (Towle & Christensen, 1973).

Limbah kulit kakao yang digunakan tidak mengalami perlakuan apapun, hanya dilakukan pengupasan tipis pada kulit ari dan dipotong dengan ukuran $\pm 1 \times 2$

cm. Volume air baku dengan cemaran timbal (Pb) juga menurun sebanding dengan jumlah limbah kulit kakao yang dipaparkan dalam pengamatan 2 x 24 jam. Hal ini dikarenakan air menjadi mengental sehingga didapatkan volume air yang berkurang. Adapun rerata volume air setelah pengamatan 2 x 24 jam dapat dilihat pada gambar 1.



Gambar 4.1 Grafik Rerata Volume Air tanpa Perlakuan (Kontrol), P1, P2, P3 setelah diamati 2 x 24 jam

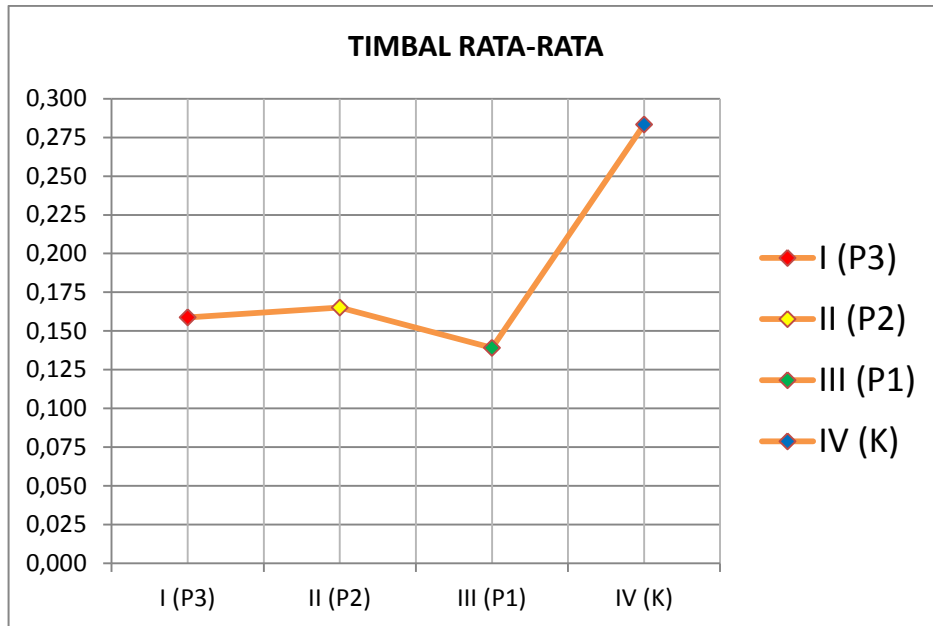
Hasil Pengukuran Kadar Cemaran Logam Berat Timbal (Pb) Air Baku tanpa Limbah Kulit Kakao (K), P1, P2, dan P3

Air bersih dan air minum memiliki standart persyaratan kesehatan. Hal ini dimaksudkan untuk memberikan perlindungan terhadap kesehatan masyarakat Indonesia. Timbal (Pb) merupakan logam berat yang sering berada pada lingkungan. Timbal (Pb) sering ditemukan pada udara, air dan tanah dimana akan menjadi sumber paparan pada manusia. Timbal (Pb) merupakan logam berat yang sangat beracun terhadap tubuh makhluk hidup. Proses masuknya cemaran logam berat timbal dapat berasal dari inhalasi atau saluran pernafasan, dari ingesti atau saluran pencernaan maupun masuk melalui kulit. Oleh karena sifatnya yang sukar terdegradasi dan mengalami biomagnifikasi maka timbal memiliki sifat yang sangat toksik.

Berdasarkan Peraturan Menteri Kesehatan nomor 416 tahun 1990 tentang standart kualitas air bersih dan air minum, maka ditetapkan bahwa standar kualitas air minum untuk logam berat timbal (Pb) adalah 0,05 mg/ lt; Keputusan Menteri Kesehatan Nomor 907 tahun 2002 tentang syarat pengawasan air minum menyatakan bahwa standar minimal logam berat timbal (Pb) pada air minum sebesar 0,01 mg/ lt; dimana kemudian peraturan tersebut diperbaharui dengan Peraturan Menteri Kesehatan Nomor 492 tahun 2010 tentang syarat kualitas air minum dengan batas maksimal cemaran logam berat timbal (Pb) sebesar 0,01 mg/ lt. Peraturan terhadap standar minimal kandungan logam berat timbal pada air semakin ketat karena timbal semakin terbukti menimbulkan efek toksik pada lingkungan, makhluk hidup dan manusia.

Air baku dalam penelitian ini adalah kelompok kontrol (K) tanpa perlakuan dengan kulit kakao, dimana dilakukan pengukuran kadar timbal (Pb) dalam air sebanyak enam kali pengulangan. Kadar timbal (Pb) pada air diukur dengan Spektrofotometri Serapan Atom (SSA). Kelompok kontrol ini akan digunakan sebagai pembanding terhadap kelompok perlakuan1, perlakuan2, perlakuan3. Kelompok perlakuan ini, akan mengalami pemaparan limbah kulit kakao dengan berat 100 gr/ lt, 300 gr/lt dan 600gr/ lt.

Rerata hasil pengukuran kadar cemaran logam berat timbal (Pb) pada air kontrol sebanyak enam kali pengukuran adalah 0,283 mg/ lt. Rerata hasil pengukuran kadar logam berat timbal (Pb) pada air pada perlakuan pertama (P1) adalah 0,139 mg/lt. Rerata kadar timbal kelompok perlakuan 2 (P2) dengan pengulangan pengukuran enam kali adalah 0,165 mg/ lt. Sedangkan dari enam kali pengukuran, didapatkan rerata kadar timbal pada P3 adalah 0,159 mg/lt. Data secara lengkap dapat dilihat pada gambar 2.



Gambar 2 Grafik Rerata Kadar Logam Berat Timbal (Pb) pada Air Baku dengan Perlakuan P1,P2, P3

Analisa Uji Perbedaan Konsentrasi

Uji Normalitas Data

Dari hasil uji normalitas Kolmogorov Smirnov didapatkan bahwa data dari semua kelompok berdistribusi normal (Sig $p=0,2$ dengan $\alpha > 0,05$). Data secara lengkap dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 1. Hasil Uji Normalitas Data

kelompok		Tests of Normality					
		Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
		Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
kadarPb	Tanpa perlakuan (kontrol)	,165	6	,200*	,981	6	,955
	Perlakuan 1	,246	6	,200*	,849	6	,153
	Perlakuan 2	,289	6	,128	,841	6	,132
	Perlakuan 3	,336	6	,033	,812	6	,076

a. Lilliefors Significance Correction

*. This is a lower bound of the true significance.

Uji One Way Anova

Dilakukan uji analisa *anova one way* untuk melihat bagaimana perbedaan antar kelompok. Standart deviasi terbesar ada pada kelompok kontrol (0,099) artinya semakin besar standart deviasi menunjukkan data semakin tidak seragam (bervariasi) pada pengulangan pengukuran pada kelompok kontrol. Nilai anova menunjukkan bahwa nilai F hitung 7,125 dengan sig 0,002 dengan demikian dapat disimpulkan bahwa H_0 ($< 0,05$) ditolak atau terdapat perbedaan yang signifikan antara kelompok Kontrol, P1, P2, P3.

Selanjutnya, melalui Uji Post Hoc LSD dilakukan untuk mengetahui apakah ada perbedaan antar kelompok. Dari hasil uji LSD diperoleh hasil bahwa kelompok kontrol dengan perlakuan 1 memiliki mean difference 0,144167 dengan sig $p=0,00$, Sedangkan mean difference kelompok kontrol dengan perlakuan 2 adalah 0,118167 dengan sig $p= 0,003$ dan mean difference kelompok kontrol dengan P3 adalah 0,124497 dengan sig 0,002. Hal ini menunjukkan bahwa kelompok kontrol berbeda secara signifikan dengan kelompok P1, P2 dan P3 ($\alpha= 0,05$). Data secara lengkap dapat dilihat pada tabel 2

Tabel 2. Perbedaan Kelompok Kontrol dengan P1, P2, P3

(I) Kelompok	(J) Perlakuan	Mean Difference (I-J)	Sig
Tanpa Perlakuan (kontrol)	Perlakuan 1	0.144167*	0,00
	Perlakuan 2	0.118167*	0,003
	Perlakuan 3	0.124497*	0,002

Sedangkan kelompok perlakuan 1 dibandingkan dengan kelompok perlakuan 2 dan 3 memiliki mean difference -0,026 dan -0,0196 dengan sig $p= 0,462$ dan $p = 0,577$ (sig $\alpha= 0,05$). Hal ini menunjukkan bahwa kelompok P1 tidak berbeda secara signifikan dengan kelompok P2 dan P3, namun berbeda secara signifikan dengan kelompok kontrol yang memiliki $p=0,000$ dengan mean difference -0,1441667. Data secara lengkap dapat dilihat pada tabel 3

Tabel 3. Perbedaan Kelompok P1 dengan Kontrol P2, P3

(I) Kelompok	(J) Perlakuan	Mean Difference (I-J)	Sig
Perlakuan1	kontrol	-0,1441667	0,000
	Perlakuan 2	-0,0260000	0,462
	Perlakuan 3	-0,0196667	0,577

Kelompok P2 secara signifikan berbeda dengan kontrol ($p=0,00$), namun tidak berbeda secara signifikan dengan kelompok perlakuan 1 ($p= 0,462$) dan

perlakuan 3 ($p=0,577$) dengan masing masing mean difference $-0,1181667$ dan $0,0063333$. Adapun data secara lengkap dapat dilihat pada tabel 4

Tabel 4 Perbedaan Kelompok P2 dengan kelompok Kontrol, P1, P2

(I) Kelompok	(J) Perlakuan	Mean Difference (I-J)	Sig
Perlakuan2	kontrol	$-,1181667^*$	0,00
	Perlakuan 1	,0260000	0,462
	Perlakuan 3	,0063333	0,577

Pada kelompok P3 yaitu pemberian perlakuan air tercemar timbal dengan limbah kulit kakao sebesar 600mg/lt menunjukkan bahwa yang tidak ada beda secara signifikan antara P1 dan P2 yaitu $p=0,577$ dan $p=0,857$ namun ada beda secara sig dengan kelompok kontrol ($p=0,002$). Dimana Mean different antara kelompok P3 dengan kelompok kontrol adalah $-0,1245000$. Adapun data secara lengkap dapat dilihat pada tabel 5

Tabel 5 Perbedaan Kelompok P3 dengan K, P1, P2

(I) Kelompok	(J) Perlakuan	Mean Difference (I-J)	Sig
Perlakuan3	kontrol	$-,1245000^*$,002
	Perlakuan 1	,0196667	,577
	Perlakuan 2	$-,0063333$,857

SIMPULAN

Berdasarkan hasil kajian di atas terkait potensi Limbah kulit kakao sebagai pengikat cemaran logam berat timbal (Pb) pada air maka dapat terdapat beberapa hal yang dapat disimpulkan yaitu :

1. Kuantitas air baku dengan kandungan timbal (Pb) semakin menurun dengan semakin banyaknya paparan limbah kulit kakao yang diberikan karena mengalami pengentalan.
2. Limbah kulit kakao memberikan warna kecoklatan pada air.
3. Limbah kulit kakao masih memiliki kualitas yang baik secara fisik (rupa, tekstur) meskipun telah direndam dalam air selama 2×24 jam.
4. Terdapat perbedaan yang signifikan antara kelompok kontrol (K), perlakuan 1 (P1), perlakuan 2 (P2), perlakuan3(3).
5. Kelompok P1 tidak berbeda secara signifikan dengan kelompok P2 dan P3.
6. Kelompok P2 tidak berbeda secara signifikan dengan kelompok P3.

Adapun saran yang dapat diberikan antara lain adalah sebagai berikut:

1. Perlu melakukan uji laboratorium terhadap mutu dan jumlah kandungan Pektin pada limbah kulit kakao dari Kabupaten Jember.
2. Perlu penelitian lebih lanjut terkait bentuk yang paling sesuai dan stabil dalam penggunaan limbah kulit kakao sebagai pengikat cemaran logam berat timbal (Pb) pada air.

KATA KUNCI : *Theobroma cacao*, Logam berat timbal (Pb), Air

REFERENSI

1. Asraf, 2010. Universitas Sumatera Utara, 2011. *Kandungan Pektin Memiliki Daya Serap terhadap Logam Tembaga dan Seng*. [serial online] <http://repository.usu.ac.id/bitstream/123456789/22340/4/Chapter%20I.pdf> [21 Januari 2013].
2. Ciptakarya. 2007. Jember [serial online]. <http://ciptakarya.pu.go.id/profil/profil/barat/jatim/jember.pdf> [diakses tanggal 10 Februari 2013)
3. EHC, WHO., (2006). *Elemental Speciation In Human Health Risk Assessment*. Environmental Health Criteria 234. <http://www.inchem.org/documents/ehc/ehc/ehc003.htm>. (Sitasi 20/01/09)
4. Widowati W, Astiana Sastiono, Raymond Jusuf., (2008). *Efek Toksik Logam. Pencegahan dan Penanggulangan Pencemaran*. Penerbit Andi. Yogyakarta.
5. Ellyta Sari , Erti Praputri, Ade Rahmat dan Arif Okdiansyah 2012. *Peningkatan Kualitas Pektin dari Kulit Kakao melalui Metode Ekstraksi dengan Penambahan NaHSO₃*. PROSIDING SNTK TOPI 2012. Pekanbaru, 11 Juli 2012. ISSN. 1907 – 0500.
6. Peraturan Menteri Kesehatan nomor 416 tahun 1990 tentang Syarat Syarat dan Pengawasan Kualitas Air.
7. Keputusan Menteri Kesehatan Nomor 907 tahun 2002 tentang Syarat dan Pengawasan Kualitas Air Minum.
8. Peraturan Menteri Kesehatan Nomor 492 tahun 2010 tentang Persyaratan Kualitas Air Minum.