

PENGGUNAAN ASAP CAIR TEMPURUNG KELAPA UNTUK MENURUNKAN KADAR TIMBAL (Pb) PADA BIJI KEDELAI (*Glycine max*)

Utilization of Coconut Shell Liquid Smoke to Reduce Lead (Pb) Levels in Soybean Seeds (*Glycine max*)

Sri Hartati¹, Purnama Darmadji², Yudi Pranoto²

¹Balai Besar POM di Semarang, Jl. Madukoro Blok AA-BB No. 8 Semarang 50144

²Jurusan Teknologi Pangan dan Hasil Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Gadjah Mada,

Jl. Flora No. 1. Bulaksumur, Yogyakarta 55281

Email: srihartati.bpom@gmail.com

ABSTRAK

Telah dilakukan penelitian tentang khelasi logam berat Pb pada biji kedelai dengan menggunakan asap cair tempurung kelapa. Tujuan penelitian adalah untuk evaluasi efektivitas asap cair dalam menurunkan kadar logam berat Pb pada biji kedelai, evaluasi perubahan komponen penyusun asap cair setelah digunakan untuk khelasi logam berat Pb, dan evaluasi pengaruh dari komponen penyusun asap cair dalam menurunkan kadar logam Pb pada biji kedelai. Biji kedelai direndam dalam asap cair tempurung kelapa dengan variasi konsentrasi 0% (kontrol atau aquademineralisa); 12,5%; 25%; 50%; dan 100% selama 2 jam. Parameter yang diamati adalah penurunan kadar Pb pada biji kedelai, perubahan pH, senyawa fenol, karbonil, dan asam yang terdapat dalam asap cair setelah proses khelasi, dan pengaruh komponen senyawa fenol, karbonil, dan asam terhadap penurunan kadar logam Pb pada biji kedelai. Penelitian ini menggunakan rancangan acak lengkap (RAL) dengan tiga kali ulangan. Model percobaan dibuat dengan biji kedelai yang dicemari larutan Pb(NO₃)₂ konsentrasi 2 ppm. Hasil penelitian menunjukkan bahwa semakin tinggi konsentrasi asap cair yang digunakan untuk perendaman maka penurunan kadar logam berat Pb juga semakin besar. Asap cair dengan konsentrasi 100% (tanpa pengenceran) memberikan efek penurunan kadar logam berat Pb yang paling baik yaitu sebesar 63,41%. Adanya kenaikan pH, penurunan kadar fenol, penurunan karbonil, dan penurunan kadar asam pada asap cair yang telah digunakan untuk perendaman menunjukkan bahwa komponen asap cair tersebut telah berhasil mengkhelat logam Pb pada biji kedelai. Komponen senyawa fenol memberikan efek penurunan kadar Pb yang paling tinggi yaitu 50,09%, diikuti oleh komponen asam sebesar 45,67%, dan komponen karbonil sebesar 42,21%.

Kata kunci: Asap cair, Pb, karbonil, asam, fenol, khelasi

ABSTRACT

Liquid smoke of coconut shell has functional properties as bioflavor, preservative, and chelating agent, because it contains the active compounds of phenol, carbonyl, and acid. But the use of liquid smoke as chelating agent had not been developed. A study on chelation of heavy metal Pb by coconut shell liquid smoke on soybean seeds has been conducted. The aimed of the study was to evaluate the effectiveness of liquid smoke in the reducing heavy metals Pb in soybean seeds, evaluate the change in the components of the liquid smoke was used for chelation heavy metals Pb, and evaluate the influence of the phenol, carbonyl, and acid components in the chelation heavy metals Pb in soybean seeds. Liquid smoke of coconut shell pyrolysis has a specific gravity of 1.01 g/ml, pH 1.81, phenol 1.20%, carbonyl 5.75%, and acid compounds 8.40%. Soybean seeds soaked in coconut shell liquid smoke with various concentration of 0% (control/aquademineralisa); 12.5%; 25%; 50%; and 100% for 2 hours. Levels of heavy metals Pb was analyzed by Atomic Absorption Spectrophotometer. The changes of liquid smoke compounds such as pH, specific gravity, phenol, carbonyl, and acid was analyzed. The influence of the components of liquid smoke to the reduction of the heavy metals Pb was also analyzed. Model experiment was made from soybean seeds that have been contaminated by Pb (NO₃)₂ standard solutions with a concentration of 2 ppm. The results showed the higher the concentration of liquid smoke is used for soaking the decreased levels of heavy metals Pb is also getting bigger. The liquid smoke 100% (without

dilution) gives the best reducing effect that can reduce heavy metal Pb 63.41%. An increase in pH, a decrease in phenol levels, decreased levels of the carbonyl, and decreased levels of the acid in liquid smoke that used for soaking indicates that the component has been successfully chelated the heavy metals Pb in soybean seeds. The phenol components of liquid smoke give the highest reducing effect 50.09%, followed by acid compounds 45.67%, and carbonyl compounds 42.21%.

Keywords: Liquid smoke, Pb, carbonyl, acid, phenol, chelation

PENDAHULUAN

Pencemaran lahan pertanian berasal dari sumber alami (geogenik) seperti pelapukan batuan yang mengandung logam berat, dan sumber antropogenik seperti penggunaan pupuk dan pestisida, pencemaran dari asap kendaraan bermotor, dan asap serta limbah dari pabrik. Logam berat tidak dapat didegradasi dan cenderung diakumulasi di dalam organisme sehingga dapat menimbulkan berbagai macam penyakit dan kerusakan. Salah satu jenis logam berat yang sering ditemukan mencemari lahan pertanian adalah logam timbal atau Pb (Widowati dkk., 2008; Yu dkk., 2013; Ping dkk., 2013).

Semua tumbuhan mempunyai kemampuan menyerap logam, tetapi dalam jumlah yang bervariasi. Kedelai merupakan salah satu tanaman pangan yang tidak lepas dari bahaya cemaran logam berat seperti Pb. Ketika tanaman dihadapkan pada paparan logam berat yang tinggi, maka spesies tanaman yang berbeda akan memiliki strategi yang berbeda terhadap stress yang diinduksi oleh logam tersebut. Secara garis besar, tanaman dapat dibedakan dalam empat kelompok: spesies yang sensitif terhadap logam, spesies yang resisten terhadap logam, spesies non-hiperakumulator yang toleran terhadap logam, dan spesies hiperakumulator yang hipertoleran terhadap logam. Lahan pertanian yang tercemar logam berat timbal akan menghasilkan produk tanaman pangan yang tercemar pula (Lin dan Aarts, 2012).

Salah satu strategi yang umum terjadi dalam menghindari masuknya logam berat ke dalam sel akar adalah melalui pemerangkapan di dalam lingkungan apoplastik dengan mengikatnya pada asam organik yang dikeluarkan atau pada gugus anionik dari dinding sel. Sebagian besar logam berat yang masuk ke dalam tanaman akan disimpan di dalam dinding sel, dimana logam berat akan didetoksifikasi oleh kompleksasi dengan asam amino, asam organik atau peptida pengikat logam dan atau disimpan di dalam vakuola (Rascio dan Navari-Izzo, 2011).

Berdasar hasil penelitian Priyadi dkk. (2013), diperoleh kadar cemaran logam Pb pada biji kedelai dari lahan intensifikasi sebesar 0,48 ppm, sedangkan Andriyanto (2012), mendapatkan kadar cemaran logam Pb pada biji kedelai dari lahan intensifikasi sebesar 0,63 ppm. Berdasarkan persyaratan

Standar Nasional Indonesia (SNI) Nomor 7387 Tahun 2009 tentang batas cemaran logam berat dalam pangan dinyatakan bahwa batas maksimal cemaran logam Pb pada biji kedelai adalah sebesar 0,50 ppm (Anonim, 2009).

Penelitian yang dilakukan di Provinsi Cordoba Argentina, menunjukkan bahwa kadar cemaran logam Pb pada biji kedelai melebihi 0,2 ppm. Kadar 0,2 ppm merupakan batasan maksimum kontaminan dalam bahan makanan yang ditetapkan oleh Uni Eropa. Kulit kedelai memiliki kadar logam Pb yang paling tinggi dibandingkan dengan bagian tanaman yang lainnya (Salazar dkk., 2012). Hasil ini lebih tinggi dari pada hasil penelitian yang telah dilakukan oleh Lavado dkk. (2001) di Pergamino (propinsi Buenas Aires, Argentina), yang menemukan kadar cemaran logam Pb pada biji kedelai 0,85 ppm, pada batang tanaman kedelai 0,69 ppm, dan pada akar tanaman kedelai 3,51 ppm. Menurut Salazar dkk. (2012), perpindahan logam dari tanah ke dalam tanaman merupakan proses yang kompleks yang dipengaruhi oleh beberapa faktor, baik faktor alami maupun antropogenik, seperti kapasitas absorpsi tanah, kondisi redoks, bahan organik, dan pH.

Penelitian yang dilakukan di propinsi Guangdong Cina Selatan, menunjukkan bahwa kadar cemaran logam Pb pada biji kedelai yang disampling di daerah Fandong melebihi 0,2 ppm, sedangkan biji kedelai yang disampling di daerah Zhongxin tidak melebihi 0,2 ppm. Kadar 0,2 ppm merupakan batasan maksimum kontaminan dalam bahan makanan yang ditetapkan oleh pemerintah Cina. Akar tanaman kedelai memiliki kadar logam Pb yang paling tinggi dibandingkan dengan bagian tanaman yang lainnya. Bagian daun tanaman kedelai menjadi tidak aman sebagai pakan binatang karena kadar logam Pb yang tinggi (Ping dkk., 2013).

Asap cair hasil pirolisa tempurung kelapa telah banyak dimanfaatkan sebagai bioflavor, pembentuk warna pada produk asapan, pengawet makanan, pengawet kayu, dan penggumpalan lateks. Namun, penggunaan asap cair tempurung kelapa sebagai *chelating agent* belum banyak dikembangkan. Sifat fungsional yang dimiliki asap cair tempurung kelapa sebagai *chelating agent* disebabkan karena kandungan senyawa fenol, karbonil, dan asam yang dimilikinya (Darmadji, 2009). Sejauh mana peranan dari masing-masing komponen asap cair tempurung kelapa tersebut dalam proses penurunan kadar logam berat Pb belum diketahui secara

pasti. Tujuan penelitian adalah untuk mengevaluasi efektifitas asap cair dalam menurunkan kadar logam berat Pb pada biji kedelai, mengevaluasi perubahan komponen penyusun asap cair setelah digunakan untuk khelasi logam berat Pb, dan mengevaluasi pengaruh komponen penyusun asap cair dalam menurunkan kadar logam Pb pada biji kedelai.

METODE PENELITIAN

Bahan Penelitian

Bahan utama yang digunakan pada penelitian ini adalah asap cair yang diperoleh dari hasil pirolisis tempurung kelapa dan kedelai varietas Anjasmoro yang diperoleh dari petani di daerah Prambanan, Kabupaten Sleman, Yogyakarta. Bahan kimia yang digunakan adalah larutan standar Pb(NO₃)₂ 1000 mg/L (Merck, Germany), HNO₃ (Merck, Germany), HCl (Merck, Germany), HClO₄ (Merck, Germany), fenol (Merck, Germany), aseton (Merck, Germany), asam asetat (Merck, Germany), asam oksalat (Merck, Germany), 2,4-dinitrophenyl hydrazine (Merck, Germany), KOH (Merck, Germany), Na₂CO₃ (Merck, Germany), Folin-ciocalteau (Merck, Germany).

Jalannya Penelitian

Penyerapan Pb oleh biji kedelai. Seratus g biji kedelai kering, utuh, dan berkulit direndam dalam larutan standar Pb(NO₃)₂ dengan konsentrasi 2 ppm selama 2 jam disertai pengadukan dengan skala kecepatan 600 rpm. Selanjutnya biji kedelai dikeringkan dalam *cabinet dryer* suhu 50°C selama 24 jam. Kedelai yang telah dikeringkan diukur kadar logam Pbnya dengan alat AAS.

Pengikatan logam berat oleh asap cair. Pengikatan logam berat Pb dilakukan menurut metode Li dkk. (2010) modifikasi Andriyanto (2012) sebagai berikut: 5 g biji kedelai yang telah menyerap Pb, direndam dalam 25 ml asap cair tempurung kelapa dengan variasi konsentrasi berturut-turut 12,5%; 25%; 50%; dan 100%. Untuk perlakuan kontrol digunakan 25 ml aquademineralisata (aquadem). Larutan diaduk menggunakan *magnetic stirrer* dengan skala kecepatan 600 rpm selama 2 jam. Selanjutnya kedelai ditiriskan dan dicuci dengan 15 ml aquademineralisata, sebanyak 2 kali. Setelah itu kedelai dikeringkan dalam *cabinet dryer* pada suhu 50°C selama 24 jam. Untuk verifikasi hasil uji asap cair tempurung kelapa dipersiapkan pula larutan perendam dari fenol, aseton, dan asam asetat dengan kadar yang sama dengan kadar fenol, aseton, dan asam asetat dari asap cair tempurung kelapa.

Destruksi basah. Destruksi basah dilakukan pada biji kedelai hasil perlakuan perendaman dalam larutan Pb(NO₃)₂ 2 ppm, asap cair tempurung kelapa, fenol, aseton, dan asam asetat dengan metode Anonim (2011). Sampel biji kedelai ditimbang sebanyak 1 g, kemudian dimasukkan ke dalam labu erlenmeyer. Sampel didestruksi dengan 10 ml campuran larutan HNO₃ pekat dan HClO₄ pekat dengan perbandingan 2:1 (v/v), di atas pemanas listrik bersuhu 120°C selama 30 menit (sampai larutan jernih dan timbul asap putih) di dalam ruang asam.Labu erlenmeyer diturunkan dari pemanas listrik dan dibiarkan dingin. Larutan yang telah didestruksi dipindahkan ke dalam labu takar 25 ml dan ditambah aquadem sampai tanda (volume tepat 25 ml). Jika larutan keruh maka larutan disaring dengan kertas saring Whatman No. 42. Absorbansi sampel diukur dengan spektrofotometer serapan atom (AAS) pada panjang gelombang 283,3 nm.

Kadar hemiselulosa, selulosa, dan lignin tempurung kelapa. Analisis kadar hemiselulosa, selulosa, dan lignin tempurung kelapa dilakukan dengan metoda fraksinasi dari Chesson (1978) dalam Datta (1981). Serbuk tempurung kelapa ditimbang sebanyak 1-5 g (a) kemudian dimasukkan ke dalam gelas beker, ditambah aquades sebanyak 150 ml dan dipanaskan pada penangas air pada suhu 100°C selama 2 jam. Sampel yang sudah berbentuk bubur disaring kemudian dicuci dengan aquades sampai volume filtrat tepat 300 ml. Residu dikeringkan dalam oven dengan suhu 105°C sampai mencapai berat konstan (b). Residu yang sudah kering dimasukkan ke dalam labu erlenmeyer 250 ml, kemudian ditambah 150 ml H₂SO₄ 1 N dan direfluk di atas penangas air pada suhu 100°C selama 1 jam. Selanjutnya larutan disaring dan residu dicuci dengan aquades panas sampai volume filtrat mencapai 300 ml (netral). Residu dikeringkan dan ditimbang (c). Residu kering dimasukkan lagi ke dalam erlenmeyer 250 ml dan ditambah 10 ml H₂SO₄ 72% (v/v) dan didiamkan selama 4 jam pada suhu kamar, kemudian ditambah 150 ml H₂SO₄ 1 N dan direfluks pada pendingin balik pada suhu 100°C selama 1 jam. Selanjutnya larutan disaring dan dicuci dengan air panas sampai netral (volume filtrat mencapai 400 ml). Residu dikeringkan dan ditimbang (d) dan selanjutnya diabukan dan ditimbang (e).

$$\text{Kadar fraksi larut air panas} = \frac{a-b}{a} \times 100\% \text{ (b/b) (1)}$$

$$\text{Kadar fraksi hemiselulosa} = \frac{b-c}{a} \times 100\% \text{ (b/b) (2)}$$

$$\text{Kadar fraksi selulosa} = \frac{c-d}{a} \times 100\% \text{ (b/b) (3)}$$

$$\text{Kadar fraksi lignin} = \frac{d-e}{a} \times 100\% \text{ (b/b) (4)}$$

Keterangan: a = Berat kering bahan
 b = Berat kering setelah diekstraksi dengan aquades
 c = Fraksi yang larut dalam H₂SO₄ 1 N
 d = Fraksi yang larut dalam H₂SO₄ 72% (v/v)
 e = Kadar abu bahan

Kadar fenol. Kadar fenol asap cair tempurung kelapa ditetapkan dengan metode spektrofotometri menurut Senter dkk. (1989) dengan modifikasi. Asap cair 1 ml diencerkan sampai volume menjadi 100 ml, kemudian diambil 20 ml dan diencerkan sampai volume menjadi 100 ml sehingga diperoleh faktor pengenceran 500x. Larutan hasil pengenceran diambil 1 ml dan ditambah larutan 5 ml Na_2CO_3 alkali 2% dan dibiarkan 10 menit. Sampel ditambah larutan folin ciocalteau 0,5 ml, divortex, dan dibiarkan selama 30 menit. Absorbansi sampel ditera pada panjang gelombang 750 nm. Konsentrasi fenol dihitung berdasarkan kurva standar yang diperoleh dari fenol murni dengan rumus :

$$\text{Kadar fenol (\%)} = \frac{A \times F_p \times 100\%}{\text{mg sampel}} \dots\dots\dots (5)$$

Keterangan: A = Bobot fenol sampel yang diukur (mg)
 Fp = Faktor pengenceran

Kadar karbonil. Kadar karbonil asap cair tempurung kelapa diukur dengan metoda kolorimetri menurut Lappin dan Clark (1995). 5ml asap cair diencerkan sampai volume tepat 100 ml, kemudian diambil 5 ml dan diencerkan lagi sampai volume tepat 100 ml sehingga diperoleh faktor pengenceran 400x. Larutan hasil pengenceran larutan diambil 1 ml dan dicampur dengan 1 ml 2,4-dinitrophenyl hidrazine dan 50 μl HCl pekat, kemudian dipanaskan pada suhu 50°C selama 30 menit. Campuran didinginkan dan ditambah 8 ml larutan KOH 1 N. Absorbansi sampel ditera pada panjang gelombang 480 nm (kuning) dengan spektrofotometer. Kadar karbonil dihitung berdasarkan kurva standar yang diperoleh dari aseton murni dengan rumus:

$$\text{Kadar karbonil (\%)} = \frac{A \times F_p \times 100\%}{\text{mg sampel}} \dots\dots\dots (6)$$

Keterangan: A = Bobot karbonil sampel yang diukur (mg)
 Fp = Faktor pengenceran

Kadar total asam. Kadar total asam asap cair tempurung kelapa ditetapkan dengan metode titrasi asam basa dengan indikator fenolftalein (Anonim, 1995). Asap cair 1 ml ditambahkan aquades sampai volume 100 ml kemudian dicampur sampai homogen, larutan ini diambil 20 ml dan ditambahkan 3 tetes indikator PP. Titrasi dengan NaOH 0,1N sampai berwarna merah muda.

$$\text{Kadar asam(\%)} = \frac{V \times N \times \text{BM} \times F_p \times 100\%}{\text{mg sampel}} \dots\dots\dots (7)$$

Keterangan: V= Volume NaOH (ml)
 N= Normalitas NaOH (N)
 BM= Berat molekul asam asetat
 Fp= Faktor pengenceran

Penurunan kadar logam Pb oleh asap cair tempurung kelapa. Analisis kandungan logam berat Pb pada biji kedelai hasil perlakuan percobaan menggunakan alat *Atomic Absorption Spectrofotometer* (AAS) dengan mengacu pada metode Anonim (2011).

Perubahan pH, kadar fenol, karbonil, dan asam pada larutan asap cair tempurung kelapa setelah perendaman. Asap cair tempurung kelapa yang telah digunakan untuk perendaman biji kedelai kering berkulit diukur perubahan pHnya dengan pH meter, kadar fenol dan karbonilnya dengan metoda spektrofotometri, dan kadar total asam dengan metoda titrasi.

Penurunan kadar logam Pb oleh fenol, aseton, dan asam asetat. Analisis kadar logam Pb biji kedelai hasil perendaman dalam fenol, aseton, dan asam asetat dengan *Atomic Absorption Spectrofotometer* (AAS) mengacu pada metoda Anonim (2011).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kadar Hemiselulosa, Selulosa, dan Lignin Tempurung Kelapa

Tempurung kelapa yang digunakan dalam penelitian ini memiliki kadar hemiselulosa 27,08%, selulosa 27,43%, dan lignin 28,86%. Menurut Woodroof (1970), tempurung kelapa memiliki kandungan hemiselulosa sekitar 29,27% dan selulosa 33,61%. Sedangkan kandungan lignin tempurung kelapa adalah 23,84% (Darmadji, 2002). Hasil yang berbeda ini dapat disebabkan karena perbedaan jenis dan varietas tempurung kelapa, kelembaban serta umur tempurung kelapa.

Kadar Fenol

Fenol dihasilkan dari dekomposisi lignin yang terjadi pada suhu 300°C dan berakhir pada suhu 450°C (Girard, 1992). Kadar fenol asap cair tempurung kelapa 1,20%. Menurut Darmadji (2002), kadar fenol hasil redestilasi asap cair tempurung kelapa pada suhu kurang dari 100°C adalah 3,90%. Hasil yang lebih rendah ini dapat disebabkan karena perbedaan jenis dan varietas tempurung kelapa, kelembaban dan umur tempurung kelapa, temperatur pirolisa, serta jumlah oksigen dalam generator asap (Guillen dkk., 1995; Guillen dan Manzanos, 1996; Maga, 1987; Girard, 1992).

Kadar Karbonil

Kadar karbonil dari asap cair tempurung kelapa sebesar 5,75%. Selama pirolisa maka selulosa diubah menjadi senyawa karbonil. Semakin tinggi kadar selulosa tempurung kelapa maka akan semakin tinggi pula kadar karbonil yang

dihasilkan. Menurut Darmadji (2002), kadar karbonil hasil redestilasi asap cair tempurung kelapa pada suhu kurang dari 100°C adalah 7,10%. Hasil yang lebih rendah ini dapat disebabkan karena perbedaan jenis dan varietas tempurung kelapa, kelembaban dan umur tempurung kelapa, temperatur pirolisa, serta jumlah oksigen dalam generator asap (Guillen dkk., 1995; Guillen dan Manzanos, 1996; Maga, 1987; Girard, 1992).

Kadar Total Asam

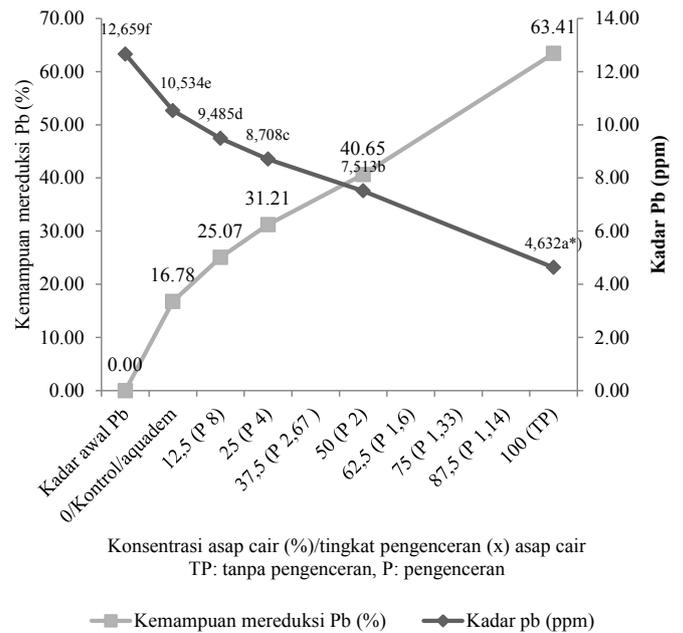
Kadar asam dari asap cair tempurung kelapa sebesar 8,40%. Menurut Girard (1992), kandungan asam asap cair yang utama adalah asam asetat yang dihasilkan dari pirolisa selulosa. Pemecahannya terjadi dalam dua tahap, yaitu reaksi hidrolisis selulosa menjadi glukosa yang dilanjutkan dengan pirolisa menjadi asam-asam, air, furan, dan fenol. Bahan dengan kandungan selulosa yang tinggi akan menghasilkan total asam yang tinggi pula. Menurut Darmadji (2002), kadar asam hasil redestilasi asap cair tempurung kelapa pada suhu kurang dari 100°C adalah 7,25%. Perbedaan hasil ini dapat disebabkan karena perbedaan jenis dan varietas tempurung kelapa, kelembaban dan umur tempurung kelapa, temperatur pirolisa, serta jumlah oksigen dalam generator asap (Guillen dkk., 1995; Guillen dan Manzanos, 1996; Maga, 1987; Girard, 1992).

Penurunan Kadar Logam Pb Biji Kedelai oleh Asap Cair Tempurung Kelapa

Berdasarkan hasil analisis menggunakan Spektrofotometer Serapan Atom (AAS-flame) sebagaimana disajikan dalam Gambar 1, diketahui bahwa semakin tinggi konsentrasi asap cair tempurung kelapa maka penurunan kadar logam Pb pada biji kedelai juga semakin besar. Jadi konsentrasi asap cair mempengaruhi daya khelasinya. Asap cair tempurung kelapa 100% (tanpa pengeceran) memberikan efek penurunan kadar logam Pb yang paling besar yaitu 63,41%. Menurut Andriyanto (2012), asap cair tempurung kelapa 100% dapat menurunkan kadar logam Pb pada kedelai sebesar 68,19%. Perbedaan ini dapat disebabkan karena perbedaan komposisi komponen penyusun asap cair yang digunakan untuk proses khelasi. Kadar komponen-komponen senyawa fenol, karbonil, dan asam yang ada dalam asap cair mempengaruhi daya khelasi asap cair tempurung kelapa.

Asap cair tempurung kelapa mengandung komponen utama fenol, karbonil, dan asam (Budijanto dkk., 2008). Komponen asap cair tersebut berperan penting dalam pengikatan logam Pb yang ada pada biji kedelai. Senyawa fenol memiliki gugus hidroksil yang mampu mengikat logam Pb melalui gugus hidroksilnya. Adapun senyawa karbonil memiliki gugus karbonil yang mampu mengikat logam Pb

melalui gugus karbonilnya. Adapun senyawa asam yang memiliki gugus karboksil, mampu mengikat logam Pb melalui gugus karboksilatnya (Krowiak dan Reddy, 2013; Muller dkk., 1997 dalam Mawarti dkk., 2006).



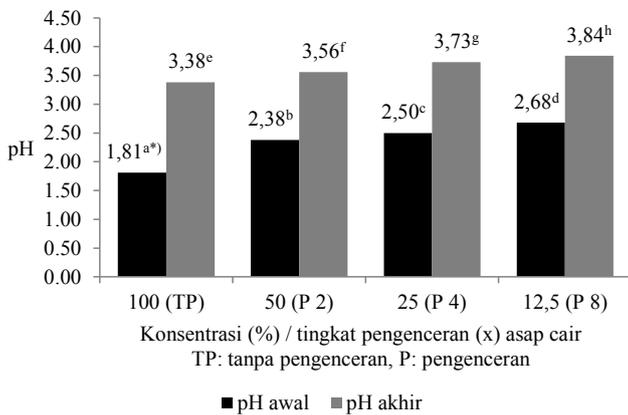
* Tanda huruf yang berbeda menunjukkan hasil yang berbeda nyata pada α 5%

Gambar 1. Reduksi kadar logam Pb oleh asap cair tempurung kelapa

Khelasi adalah reaksi keseimbangan antara ion logam dengan agen pengikat (pengkhelat) yang dicirikan dengan terbentuknya lebih dari satu ikatan antara logam tersebut dengan molekul agen pengkhelat dan menyebabkan terbentuknya struktur cincin yang mengelilingi logam tersebut. Atom hidrogen (H) pada gugus karboksil (-COOH) dapat dilepaskan sebagai ion H⁺ (proton) atau dengan kata lain terjadi disosiasi gugus karboksil. Gugus karboksilat (-COO⁻) terdeprotonisasi menjadi ion karboksilat (-COO⁻), ion tersebut akan mengkhelat Pb, sehingga terjadi ikatan elektrostatik (karena perbedaan muatan) yaitu Pb⁺ dan -COO⁻ (Marshall dkk., 1999 dalam Li dkk., 2010). Khelasi logam berat dipengaruhi oleh beberapa faktor, terutama variabel yang mempengaruhi aktivitas gugus fungsional pengkhelat yaitu: derajat keasaman (pH), konsentrasi pengkhelat, waktu kontak, dan jenis senyawa pengkhelat (Shaha dkk., 2008).

Perubahan pH Asap Cair Tempurung Kelapa Setelah Digunakan untuk Perendaman

Asap cair tempurung kelapa yang telah digunakan untuk perendaman kedelai telah mengalami perubahan pH, dimana pHnya semakin tinggi (Gambar 2).



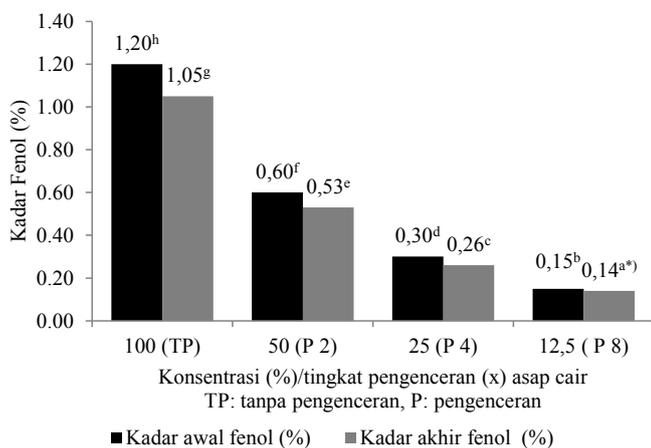
*) Tanda huruf yang berbeda menunjukkan hasil yang berbeda nyata pada α 5%

Gambar 2. Perubahan pH asap cair tempurung kelapa setelah perendaman

Hal ini menunjukkan bahwa telah terjadi deprotonasi (yaitu pelepasan sebuah proton atau kation hidrogen H⁺ dari sebuah molekul membentuk konjugat basa) gugus fungsi hidroksil, karbonil, dan karboksil yang ada dalam komponen asap cair tempurung kelapa, karena adanya mekanisme khelasi logam berat Pb selama perendaman.

Kadar Fenol Asap Cair Tempurung Kelapa Setelah Digunakan untuk Perendaman

Asap cair tempurung kelapa yang telah digunakan untuk perendaman biji kedelai mengalami penurunan kadar fenol seperti terlihat pada Gambar 3. Penurunan kadar fenol terbesar terjadi pada asap cair tempurung kelapa dengan konsentrasi 50% (tingkat pengenceran 2x) dan 25% (faktor pengenceran = 4x) yaitu sebesar 12,31%. Penurunan kadar fenol asap cair setelah perendaman menunjukkan bahwa senyawa fenol yang merupakan salah satu komponen utama penyusun asap



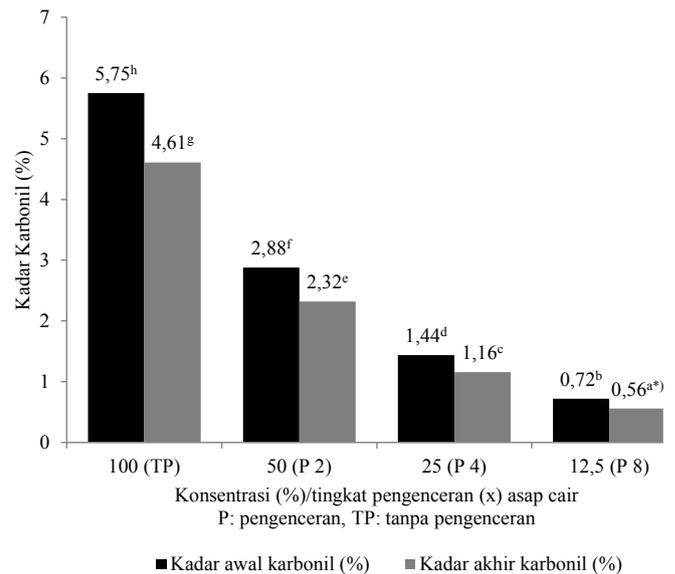
*) Tanda huruf yang berbeda menunjukkan hasil yang berbeda nyata pada α 5%

Gambar 3. Penurunan kadar fenol asap cair tempurung kelapa setelah perendaman

cair tempurung kelapa telah bereaksi dengan logam Pb yang terdapat dalam biji kedelai membentuk kompleks Pb-fenol, sehingga kadar logam Pb pada biji kedelai turun.

Kadar Karbonil Asap Cair Tempurung Kelapa Setelah Perendaman

Kadar karbonil asap cair tempurung kelapa yang telah digunakan untuk perendaman biji kedelai telah mengalami penurunan sebagaimana disajikan dalam Gambar 4. Penurunan kadar karbonil terbesar terjadi pada asap cair tempurung kelapa dengan konsentrasi 12,5% (faktor pengenceran = 8x) yaitu sebesar 21,78%. Penurunan kadar karbonil asap cair setelah perendaman biji kedelai menunjukkan bahwa senyawa karbonil merupakan salah satu komponen utama penyusun asap cair tempurung kelapa telah bereaksi dengan logam berat Pb kedelai membentuk kompleks Pb-karbonil, sehingga kadar logam Pb pada biji kedelai turun.



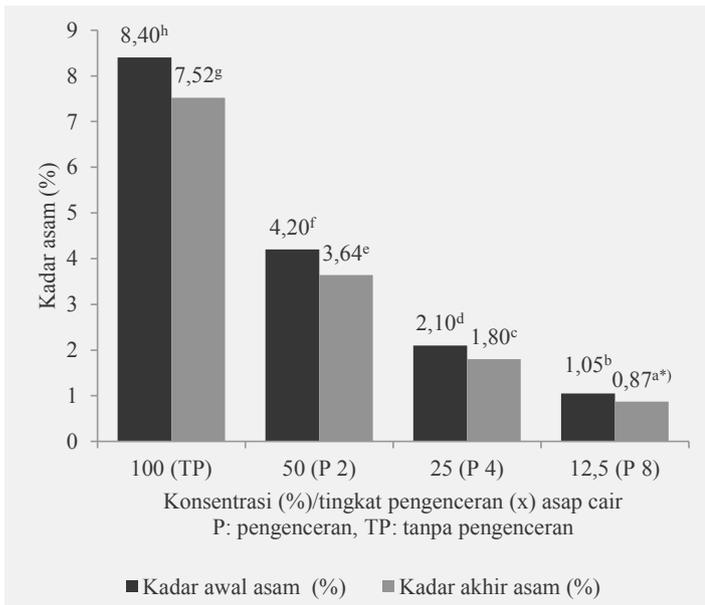
*) Tanda huruf yang berbeda menunjukkan hasil yang berbeda nyata pada α 5%

Gambar 4. Penurunan kadar karbonil asap cair tempurung kelapa setelah perendaman

Kadar Asam Asap Cair Tempurung Kelapa Setelah Digunakan Untuk Perendaman

Kadar asam asap cair tempurung kelapa yang telah digunakan untuk perendaman biji kedelai telah mengalami penurunan, sebagaimana terlihat pada Gambar 5. Penurunan kadar asam terbesar terjadi pada asap cair tempurung kelapa dengan konsentrasi 12,5% (faktor pengenceran = 8x) yaitu sebesar 17,48%. Penurunan kadar asam pada asap cair setelah perendaman menunjukkan bahwa senyawa asam sebagai salah satu komponen utama penyusun asap cair tempurung

kelapa telah bereaksi dengan logam Pb yang terdapat pada biji kedelai membentuk kompleks Pb-karboksilat, sehingga kadar logam Pb pada biji kedelai turun.



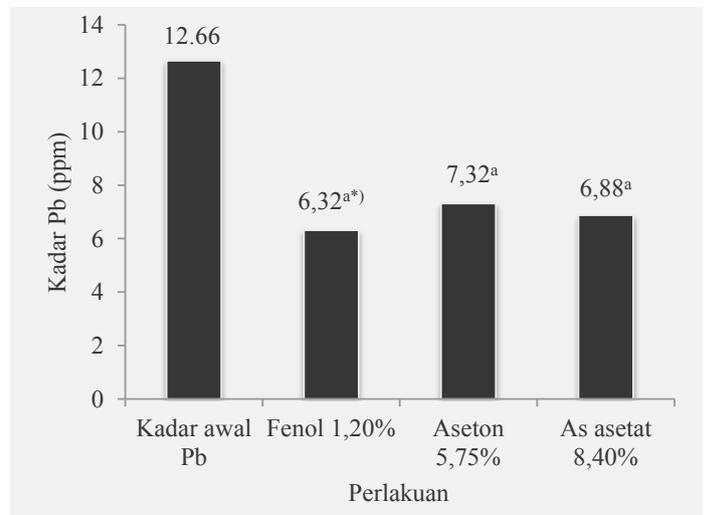
*) Tanda huruf yang berbeda menunjukkan hasil yang berbeda nyata pada α 5%

Gambar 5. Penurunan kadar asam asap cair tempurung kelapa setelah perendaman

Penurunan Kadar Logam Pb oleh Fenol, Aseton, dan Asam Asetat

Komponen-komponen senyawa utama penyusun asap cair yaitu senyawa fenol, karbonil, dan asam berperan penting dalam proses khelasi. Untuk mengetahui pengaruh dari masing-masing komponen asap cair baik senyawa fenol, karbonil, maupun asam terhadap penurunan kadar logam Pb biji kedelai, maka dilakukan khelasi dengan menggunakan fenol, aseton, dan asam asetat.

Sebagaimana tersaji pada Gambar 6, diketahui bahwa komponen asap cair tempurung kelapa, baik fenol, karbonil, maupun asam memberikan efek penurunan kadar logam Pb biji kedelai. Senyawa fenol dengan konsentrasi 1,20% dapat menurunkan kadar logam Pb pada kedelai dari 12,66 ppm menjadi 6,32 ppm, atau sebesar 50,09%. Aseton dengan konsentrasi 5,75% dapat menurunkan kadar logam Pb pada kedelai dari 12,66 ppm menjadi 7,31 ppm, atau sebesar 42,21%. Adapun asam asetat dengan konsentrasi 8,40% dapat menurunkan kadar logam Pb pada kedelai dari 12,66 ppm menjadi 6,88 ppm, atau sebesar 45,67%. Fenol memberikan efek penurunan kadar logam Pb yang paling besar yaitu 50,09% diikuti oleh asam asetat sebesar 45,67% dan aseton sebesar 42,21%.



*) Tanda huruf yang berbeda menunjukkan hasil yang berbeda nyata pada α 5%

Gambar 6. Penurunan kadar logam Pb biji kedelai oleh fenol, aseton, dan asam asetat

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa senyawa fenol, aseton dan asam asetat memberikan efektivitas khelasi yang berbeda, sekaligus membuktikan bahwa jenis senyawa pengkhelat dan konsentrasi senyawa pengkhelat mempengaruhi proses khelasi yang terjadi.

KESIMPULAN

Asap cair tempurung kelapa dapat menurunkan kadar Pb pada biji kedelai. Perendaman biji kedelai dalam asap cair tanpa pengenceran memberikan efek penurunan kadar Pb yang paling tinggi yaitu sebesar 63,41%. Kenaikan pH, penurunan kadar fenol, karbonil, dan asam pada asap cair tempurung kelapa setelah digunakan untuk perendaman biji kedelai, menunjukkan bahwa komponen asap cair tersebut telah berhasil mengkhelat Pb yang ada pada biji kedelai. Komponen asap cair tempurung kelapa baik senyawa fenol, karbonil, maupun asam berpengaruh terhadap penurunan kadar Pb pada biji kedelai. Senyawa fenol konsentrasi 1,20% memberikan efek penurunan kadar Pb biji kedelai yang paling tinggi yaitu sebesar 50,09%, diikuti oleh asam asetat konsentrasi 8,40% sebesar 45,67%, dan aseton konsentrasi 5,75% sebesar 42,21%.

DAFTAR PUSTAKA

- Andriyanto, O. (2012). *Pengikatan Timbal (Pb) dan Kadmium (Cd) pada Biji Kedelai (Glycine max) Menggunakan Asam Asetat dan Asap Cair*. Skripsi. Jurusan Teknologi Pangan dan Hasil Pertanian. Fakultas Teknologi Pertanian. Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Anonim (1995). *Association of Official Analytical Chemistry: Official Methods of Analysis. 23th edition*. Benyamin Franklin, Washington DC.
- Anonim (2009). *Standar Nasional Indonesia No. 7387 Tahun 2009. Tentang Batas Cemaran Logam Berat dalam Pangan*. Badan Standarisasi Nasional, Jakarta.
- Anonim (2011). *Uji Logam Timbal (Pb) dan Krom (Cr) dalam Beras dengan Metoda Spektrofotometri Serapan Atom (AAS)*. Laboratorium Penelitian dan Pengujian Terpadu. Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Budijanto, S., Hasbullah, R., Prabawati, S., Setyadjit, Sukarno dan Zuraida, I. (2008). Identifikasi dan uji keamanan asap cair tempurung kelapa untuk produk pangan. *Jurnal Pascapanen* **5**(1): 32-40.
- Darmadji, P. (2002). Optimasi proses pembuatan tepung asap. *Agritech* **22**(4): 172-176.
- Darmadji, P. (2009). *Teknologi Asap Cair dan Aplikasinya pada Pangan dan Hasil Pertanian*. Pidato Pengukuhan Jabatan Guru Besar dalam Bidang Teknologi Pangan dan Hasil Pertanian. Fakultas Teknologi Pertanian. Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Datta, R., (1981). Acidogenic fermentation of lignocelluloses acid yield and conversion of component. *Biotechnology and Bioengineering* **23**: 2167-2170.
- Girard, J.P. (1992). *Smoking in Technology of Meat Products*. Clermont Ferrand, Ellis Horwood, New York.
- Guillen, M. D., Manzanos, M. J. dan Zabala, L. (1995). Study of a commercial liquid smoke flavouring by means of gas chromatography-mass spectrometry and fourier transform infrared spectroscopy. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* **43**: 463-468.
- Guillen, M.D. dan Manzanos, M.J. (1996). Characterization of the components of asalty smoke flavouring preparation. *Food Chemistry* **58**: 97-102.
- Hanafiah, K.A. (2010). *Rancangan Percobaan (Teori dan Aplikasi)*. Edisi ketiga. PT. Rajawali Pers, Jakarta.
- Krowiak, A.W. dan Reddy, D.H.K. (2013). Removal of microelemental Cr(III) and Cu(II) by using soybean meal waste - anusual isotherms and insights of binding mechanism. *Bioresource Technology* **127**: 350-35.
- Lappin, G.R. dan Clark, L. C. (1951). Colorimetric methods for determination of traces carbonyl compound. *Analytical Chemistry* **23**: 541-542.
- Lavado, R.S., Porcelli, C.A. dan Alvarez, L. (2001). Nutrient and heavy metal concentration and distribution in corn, soybean and wheat as affected by different tillage system in the Argentine Pampas. *Journal Soil and Tillage Research* **62**: 55-60.
- Li, Q., Chai, L., Wang, Q., Yang, Z., Yan, H. dan Wang, Y. (2010). Fast esterification of spent grain for enhanced heavy metal ions adsorption. *Bioresource Technology* **101**: 3796-3799.
- Lin, Y.F. dan Aarts, M.G.M. (2012). The molecular mechanism of zinc and cadmium stress response in plants. *Journal Cellular and Molecular Life Sciences* **69**: 3187-3206.
- Maga, J.A. (1987). *Smoke in Food Processing*. CRC Press Inc., Florida.
- Marwati, T., Rusli, M.S. dan Mulyono, E. (2006). Pemucatan minyak daun cengkeh dengan metoda khelasi menggunakan asam sitrat. *Jurnal Teknologi Industri Pertanian* **17**(2): 61-68.
- Ping, Z., Zhi-An, L., Bi, Z., Han-Pin, Z. dan Gang, W. (2013). Heavy metal contamination in soil and soybean near the Dabaoshan Mine, South China. *Pedosphere* **23**(3): 298-304.
- Priyadi, S., Darmadji, P., Santoso, U. dan Hastuti, P. (2013). Khelasi plumbum (Pb) dan kadmium (Cd) menggunakan asam sitrat pada biji kedelai. *Agritech* **33**(4): 410-413.
- Rascio, N. dan Navari-Izzo, F. (2011). Heavy metal hyperaccumulating plants: how and why do they do it? And what makes them so interesting? *Plant Science* **180**: 169-181.
- Shaha, B.A., Shahb, A.V., Bhandaria, B.N. dan Bhatta, R.R. (2008). Synthesis, characterization and chelation ion-exchange studies of a resin copolymer derived from 8-hydroxyquinoline-formaldehyde-catechol. *Journal of The Iranian Chemical Society* **5**(2): 252-261.
- Salazar, M.J., Rodriguez, J.H., Nieto, G.L. dan Pignata, M.L. (2012). Effects of heavy metal concentrations (Cd, Zn and Pb) in agricultural soils near different emission sources on quality, accumulation and food safety in soybean [*Glycine max* (L.) Merrill]. *Journal of Hazardous Materials* **233**: 244-253.
- Senter, S.D., Robertson, J.A. dan Meredith, F.I. (1989). Phenolic compound of the mesocarp of cresthaven peaches during storage and ripening. *Journal of Food Science* **54**: 1259-1268.

- Widowati, W., Sastiono, A. dan Jusuf, R. (2008). *Efek Toksik Logam. Pencegahan dan Penanggulangan Pencemaran*. Edisi I. Penerbit Andi, Yogyakarta.
- Woodroof, J.G. (1970). *Coconuts: Production, Processing, Products*, Second Edition. The AVI Publishing Company, Westport.
- Yu, X., Tong, S., Ge, M., Wu, L., Zuo, J., Cao, C. dan Song, W. (2013). Adsorption of heavy metal ions from aqueous solution by carboxylated cellulose nanocrystals. *Journal of Environmental Sciences* **25**(5): 933-943.