

ANALISIS KADAR LOGAM BERAT PADA LIMBAH INDUSTRI KELAPA SAWIT BERDASARKAN HASIL PENGUKURAN ATOMIC ABSORPTION SPECTROPHOTOMETRY (AAS)

Junika Wulandari¹, Asrizal², Zuhendri³

¹⁾Mahasiswa Fisika, FMIPA Universitas Negeri Padang

²⁾Staf Pengajar Jurusan Fisika, FMIPA Universitas Negeri Padang

¹junika_wulandari92@yahoo.com

ABSTRACT

Liquid waste of industry palm oil is the most abundant waste produced among other types of waste which is about 60% from 100% processing of fresh fruit bunches. Generally, industrial liquid waste contains heavy metals. Heavy metals are toxic if it exceeds the required levels. To determine levels of heavy metals to the purpose of research is to test the linearity and sensitivity of heavy metals by AAS method, determine the metal content determine danger. Type of this research is laboratory experiment. Samples testing was conducted Baristand Padang. There were two samples group, those are waste palm oil of industry and well water around of waste. Analisis data techniques which were used linear regression methods and correlation methods. Based on data analysis can be presented three results from research. First, test the linearity and sensitivity test on the validation of methods of analysis of Cu, Cd, Pb and Zn meet the requirements of its use. Second, the levels of Cu, Cd, Pb and Zn in the samples of waste palm oil and water well below the limit of detection of smaller instruments. Finally, the levels of Cu, Cd, Pb and Zn in samples of palm oil waste and water wells are not dangerous because it does not exceed the requirements of Regulation of the Minister of Environment of the Republic of Indonesia Number 5 of 2014 concerning water quality standard of waste and Government Regulation No. 82 of 2001 concerning the management of quality water and water pollution control.

Keyword : Heavy metal, Metal content, Industrial waste, AAS

PENDAHULUAN

Perkembangan industri kelapa sawit berlangsung sangat cepat di Indonesia saat ini. Pembangunan pabrik-pabrik kelapa sawit semakin meningkat sebagai akibat dari semakin tingginya produksi tandan buah segar yang dihasilkan. Hal tersebut terjadi dilatarbelakangi oleh tingginya kebutuhan konsumen akan produk turunan dari minyak kelapa sawit itu sendiri. Industri kelapa sawit membawa pengaruh yang baik terhadap konsumen, distributor, dan produsen serta pemasukan devisa negara yang tinggi. Pengolahan kelapa sawit tidak hanya menghasilkan minyak kelapa sawit, namun juga menghasilkan limbah.

Limbah pada dasarnya adalah bahan yang terbuang atau dibuang dari suatu sumber hasil aktivitas manusia, maupun proses-proses alam yang belum mempunyai nilai ekonomi, bahkan mempunyai nilai ekonomi yang negatif. Nilai ekonomi yang negatif, karena pengolahan memerlukan biaya yang besar disamping juga mencemari lingkungan. Limbah yang berasal dari beberapa industri telah diketahui memiliki potensi besar yang dapat mencemari lingkungan. Limbah industri itu dapat berupa limbah cair, padat dan gas. Limbah Industri yang berupa limbah cair biasanya sangat berbahaya dalam keseharian, misalnya dapat menye-

babkan gatal-gatal. Limbah cair dapat mencemari aliran sungai atau sumber air yang biasa digunakan oleh masyarakat sekitar^[4].

Limbah industri kelapa sawit merupakan limbah yang dihasilkan pada saat proses pengolahan kelapa sawit. Limbah jenis ini digolongkan dalam tiga jenis yaitu limbah padat, limbah cair dan limbah gas. Limbah yang dihasilkan dari proses pengolahan minyak sawit (CPO) dan inti sawit (kernel) di pabrik kelapa sawit (PKS) termasuk limbah cair. Beberapa limbah yang digolongkan sebagai limbah padat yaitu tandan kosong kelapa sawit (TKKS), cangkang atau tempurung, serabut atau serat dan sludge atau lumpur. Limbah gas dapat berasal dari gas cerobong dan uap air buangan pabrik kelapa sawit^[14].

Limbah cair dari kelapa sawit perlu menjadi pusat perhatian. limbah cair dalam pabrik kelapa sawit merupakan limbah yang paling banyak dihasilkan diantara jenis limbah lainnya yaitu sekitar 60% pada setiap 100% proses pengolahan tandan buah segar^[5]. Umumnya limbah cair industri mengandung logam berat seperti Cd, Fe, Cu, Cr, Zn, Ni dan lain sebagainya^[12]. Limbah cair tersebut jika dibuang ke lingkungan secara langsung dapat merusak sumber daya alam dan lingkungan, seperti gangguan pencemaran alam dan pengurasan sumber daya alam, yang nantinya dapat menurunkan kualitas lingkungan antara lain pencemaran tanah, air, dan

udara bahkan bisa beracun bagi manusia karena di dalam limbah cair bisa mengandung logam berat yang berbahaya dengan konsentrasi tinggi.

Logam menurut pengertian orang awam adalah barang yang padat dan berat yang biasanya selalu digunakan oleh orang untuk perhiasan, yaitu besi, baja, emas, dan perak. Padahal masih banyak logam lain yang penting dan sangat kecil serta berperan penting dalam proses biologis makhluk hidup misalnya, selenium, kobalt, mangan dan beberapa unsur lainnya. Dalam sistem berkala periodik, ada 94 dari 106 unsur tergolong dalam unsur logam. Logam itu sendiri digolongkan kedalam dua kategori, yaitu logam berat dan logam ringan

Logam berat adalah unsur yang mempunyai densitas lebih dari 5 gr/cm³. Dalam kadar rendah logam berat pada umumnya sudah beracun bagi tumbuhan dan hewan, termasuk manusia. Termasuk logam berat yang sering mencemari lingkungan ialah Hg, Cr, Cd, As, dan Pb. Logam berat termasuk zat pencemar karena sifatnya yang stabil dan sulit untuk diuraikan. Banyaknya sumber logam berat di alam, meningkatkan pencemaran logam berat khususnya pada perairan yang akan terakumulasi pada rantai makanan hingga biota di perairan tersebut. Biota perairan yang telah tercemar logam berat akan mengalami gangguan pertumbuhan hingga kematian^[13].

Masing-masing logam berat memiliki dampak negatif terhadap manusia jika dikonsumsi dalam jumlah yang besar dan waktu yang lama. Pb dalam segala bentuk bersifat racun yang berbahaya bagi kesehatan tubuh. Keracunan yang ditimbulkan oleh persenyawaan logam Pb dapat terjadi karena masuknya persenyawaan logam Pb tersebut ke dalam tubuh. Masuknya Pb kedalam tubuh terabsorpsi sangat lambat, sehingga terjadi penumpukan dan menjadi dasar timbulnya keracunan. Proses masuknya Pb ke dalam tubuh dapat melalui beberapa jalur yaitu melalui makanan dan minuman, udara perembesan atau penetrasi pada selaput atau lapisan kulit (Farida, 2013). Manusia bila tercemar oleh Pb yang berlangsung dalam jangka waktu yang lama dapat mengganggu kesehatan, menurunkan kemampuan belajar, dan Pb dapat menghambat sistem pembentukan Hb dalam darah merah, sumsum tulang, merusak fungsi hati dan ginjal serta penyebab kerusakan saraf^[8].

Logam kadmium jika berakumulasi dalam jangka waktu yang lama dapat menghambat kerja paru-paru, bahkan mengakibatkan kanker paru-paru, mual, muntah, diare, kram, anemia, dermatitis, pertumbuhan lambat, kerusakan ginjal dan hati, dan gangguan kardiovaskuler. Kadmium dapat pula merusak tulang (osteomalacia, osteoporosis) dan meningkatkan tekanan darah. Gejala umum keracunan Kadmium adalah sakit di dada, nafas sesak (pendek), batuk-batuk, dan lemah.

Tembaga yang tidak berikatan dengan protein merupakan zat racun. Mengonsumsi sejumlah kecil

tembaga yang tidak berikatan dengan protein dapat menyebabkan mual dan muntah. Kelebihan tembaga dalam tubuh manusia bisa merusak ginjal, menghambat pembentukan air kemih dan menyebabkan anemia karena pecahnya sel-sel darah merah. Pengumpulan tembaga dalam otak, mata dan hati dapat menyebabkan sirosis^[7].

Seng adalah unsur kimia dengan lambang kimia Zn, nomor atom 30, dan massa atom relatif 65,39. Seng termasuk unsur logam berat. Kelebihan seng (Zn) dapat mempengaruhi metabolisme kolesterol, mengubah nilai lipoprotein, dan dampaknya dapat mempercepat timbulnya aterosklerosis. Dosis konsumsi seng (Zn) sebanyak 2 gram atau lebih dapat menyebabkan muntah, diare, demam, kelelahan yang sangat, anemia, dan gangguan reproduksi.

Kandungan logam berat pada limbah industri kelapa sawit dikatakan berbahaya jika melebihi baku mutu air limbah yang telah ditetapkan oleh Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia nomor 5 tahun 2014. Sumber daya air yang tercemar oleh unsur-unsur logam berat dari limbah cair industri kelapa sawit baru dapat dikatakan layak digunakan oleh manusia apabila unsur-unsur yang dikandungnya sudah memenuhi standar baku mutu air.

Untuk meneliti tingkat bahaya atau tidaknya logam berat yang dihasilkan dari limbah industri kelapa sawit maka dibutuhkan alat ukur kadar logam berat. Salah satu alat yang digunakan adalah Atomic Absorption Spectrophotometry (AAS). AAS merupakan suatu metode pengukuran yang didasarkan pada jumlah radiasi yang diserap oleh atom-atom bila sejumlah radiasi dilewatkan melalui sistem yang mengandung atom-atom itu. Jumlah radiasi yang terserap sangat tergantung pada jumlah atom itu untuk menyerap radiasi. Dengan mengukur intensitas radiasi yang diserap (absorbansi) maka konsentrasi unsur dalam cuplikan dapat diketahui. Metode Spektrofotometri serapan atom ini merupakan salah satu metode analisis yang dapat digunakan untuk menentukan unsur-unsur didalam suatu bahan bahkan dapat menganalisis sampel dalam jumlah sedikit, karena metode ini memiliki kepekaan, ketelitian dan selektifitas yang sangat tinggi^[10].

Tujuan dari penelitian ini adalah: menguji linearitas dan sensitivitas (batas deteksi dan batas kuantitasi) logam Cu, Cd, Pb dan Zn dengan AAS, menyelidiki kadar logam Cu, Cd, Pb dan Zn dari limbah cair industri kelapa sawit dan air sumur menggunakan instrumen AAS, dan menyelidiki bahaya atau tidaknya logam yang terkandung pada limbah kelapa sawit dan air sumur.

METODE PENELITIAN

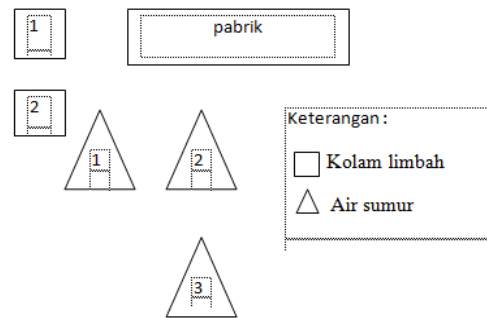
Penelitian ini dilakukan di salah satu pabrik kelapa sawit Pasaman Barat sebagai tempat pengambilan sampel. Setelah itu sampel dibawa ke Balai Riset dan Standarisasi Industri Ulu Gadut

Padang dan diperiksa kadar logam berat menggunakan AAS. Penelitian ini memerlukan alat dan bahan. Peralatan yang akan digunakan didalam penelitian ini adalah AAS, Pemanas, Erlemeyer, Lampu Hollow Katoda Cu, Cd, Pb dan Zn, dan alat-alat gelas lainnya. Bahan utama yang diperlukan dalam penelitian ini adalah Limbah industri kelapa sawit dan air sumur yang diambil di Pasaman Barat. Bahan-bahan kimia yang digunakan adalah Asam nitrat pekat, Aquades dan larutan standar Cu, Cd, Pb dan Zn.

Variabel penelitian ini terdiri dari variabel bebas dan variabel terikat. Variabel bebas adalah variabel yang akan diteliti pengaruhnya terhadap variabel terikat. Variabel bebas dalam penelitian ini yaitu : 2 buah sampel limbah kelapa sawit dari 2 kolam yang berbeda yaitu kolam limbah yang baru dikeluarkan dari pabrik dan kolam limbah yang siap dialirkan ke lahan perkebunan kelapa sawit dan 3 sampel air sumur dari 3 sumur yang berbeda. Variabel terikat adalah variabel yang menjadi titik pusat penelitian. Variabel terikat pada penelitian ini yaitu konsentrasi Pb, Cu, Cd dan Zn sebagai hasil analisis dengan AAS.

Teknik pengambilan sampel yaitu berdasarkan pertimbangan tertentu (*purposive sampling*). Jenis sampel yang diteliti yaitu limbah cair pabrik kelapa sawit dan air sumur. Denah pengambilan sampel dapat diperlihatkan pada Gambar 1. Pengambilan sampel limbah cair pabrik kelapa sawit dilakukan di dua kolam. Kolam pertama dengan kode sampel A yaitu kolam limbah yang baru dikeluarkan dari pabrik. Kolam kedua dengan kode sampel B yaitu kolam limbah yang siap dialirkan ke lahan perkebunan kelapa sawit. Setiap kolam diambil satu sampel. Sifat fisis yang dapat diamati oleh indra pada sampel A yaitu berwarna orange pekat, berminyak dan berbau busuk. Sedangkan sifat fisis sampel B yaitu orange pekat, tidak berminyak dan berbau. Jarak antara pabrik dengan kolam pembuangan limbah sekitar 15 meter.

Pengambilan sampel air sumur dilakukan ditiga sumur berdasarkan jarak air sumur dengan kolam limbah cair pabrik. Setiap sumur diambil satu sampel. Sampel air sumur pertama dengan kode sampel C diambil dengan jarak sekitar 5 meter dari kolom sampel B. Sifat fisis sampel C yang dapat diamati oleh indra yaitu pertama berwarna (keruh) dan tidak berbau. Sampel air sumur kedua dengan kode sampel D diambil dengan jarak sekitar 7 meter dari sampel. Sifat fisis sampel D yaitu tidak berwarna dan tidak berbau. Sampel air sumur ketiga dengan kode sampel E diambil dengan jarak sekitar 200 meter dari sampel B. Sifat fisis sampel E yaitu tidak berwarna dan tidak berbau.



Gambar 1. Denah Pengambilan Sampel

Prosedur kerja analisis Cu, Cd, Pb dan Zn dapat ditentukan sebagai berikut :

a. Preparasi Sampel dengan Metode Destruksi Basah

Sampel limbah kelapa sawit diambil sebanyak 100 mL kemudian dimasukkan dalam Erlenmeyer dengan ditambah dengan 10 mL HNO₃ pekat. Campuran dipanaskan perlahan-lahan sampai mendidih. Destruksi dihentikan setelah diperoleh larutan yang jernih, kemudian didinginkan. Setelah dingin disaring dengan kertas Whatman no.40, lalu sampel dimasukkan dalam labu takar 100 mL dan ditambahkan akuades sampai batas tanda.

b. Pembuatan Kurva Kalibrasi

Kurva kalibrasi unsur Pb, Cu, Zn dan Cd diperoleh dengan mengukur serapan larutan standar masing-masing unsur pada kondisi optimum unsur Larutan Cu standar, Cd standar, Pb standar dan Zn standar dengan seri kadar masing-masing larutan yaitu larutan Cu kadar 0,5; 1;1,5; 2; dan 2,5 mg/L, larutan Cd kadar 0,2; 0,4; 0,6; 0,8 dan 1 mg/l, larutan Pb kadar 1; 2; 3; 4 dan 5 mg/L dan larutan Zn kadar 0,2; 0,4; 0,6 dan 0,8 mg/L diinjeksikan pada alat AAS. Hasil absorbansi digunakan untuk membuat kurva kalibrasi dan persamaan regresi linear, nilai kemiringan dan perpotongan.

Persamaan garis regresi untuk kurva kalibrasi dapat diturunkan dari persamaan $y = ax + b$, dimana a adalah kemiringan dan b adalah perpotongan. Secara statistik harga a dan b diperoleh dari persamaan berikut :

$$a = \frac{n(\sum xy) - (\sum x)(\sum y)}{n(\sum x^2) - (\sum x)^2} \dots \dots \dots (1)$$

Disisi lain harga b diperoleh dari substitusi persamaan regresi :

$$b = \bar{y} - a \dots \dots \dots (2)$$

c. Analisis Kualitatif dan Kuantitatif Kandungan Logam Berat

Untuk analisis kualitatif, larutan uji dari hasil destruksi basah diukur serapannya pada alat AAS. Apabila ada serapan yang terbaca pada panjang gelombang masing-masing unsur logam Pb, Cu, Cd dan Zn, maka cuplikan tersebut positif mengandung timbal. Untuk analisis kuantitatif,

konsentrasi standar masing-masing logam Pb, Cu, Cd dan Zn diukur serapannya pada alat AAS sehingga diperoleh persamaan kurva kalibrasi yaitu $y = ax + b$.

Validasi metoda analisis adalah suatu tindakan penilaian terhadap parameter tertentu, berdasarkan percobaan laboratorium, untuk membuktikan bahwa parameter tersebut memenuhi persyaratan untuk penggunaannya. Validasi Linearitas adalah kemampuan metode analisis yang memberikan respon yang secara langsung atau dengan bantuan transformasi matematik yang baik, proporsional terhadap konsentrasi analit dalam sampel. Linearitas biasanya dinyatakan dalam istilah variansi sekitar arah garis regresi yang dihitung berdasarkan persamaan matematik data yang diperoleh dari hasil uji analit dalam sampel dengan berbagai konsentrasi analit. Perlakuan matematik dalam pengujian linearitas adalah melalui persamaan garis lurus dengan metode kuadrat terkecil antara hasil analisis terhadap konsentrasi analit. Dalam beberapa kasus, untuk memperoleh hubungan proporsional antara hasil pengukuran dengan konsentrasi analit, data yang diperoleh diolah melalui transformasi matematik dulu sebelum dibuat analisis regresinya. Dalam praktek, digunakan satu seri larutan yang berbeda konsentrasinya antara 50 – 150% kadar analit dalam sampel. Di dalam pustaka, sering ditemukan rentang konsentrasi yang digunakan antara 0 –200%.

Sebagai parameter adanya hubungan linier digunakan koefisien korelasi (r) pada analisis regresi linier $y = a + bx$. Hubungan linier yang ideal dicapai jika nilai $b = 0$ dan $r = +1$ atau -1 bergantung pada arah garis (Harmita, 2004). Sedangkan nilai a menunjukkan kepekaan analisis terutama instrumen yang digunakan. Rumus yang digunakan dalam perhitungan koefisien korelasi adalah:

$$r = \frac{n(\sum xy) - (\sum x)(\sum y)}{\sqrt{[n(\sum x^2) - (\sum x)^2][n(\sum y^2) - (\sum y)^2]}} \dots\dots\dots(4)$$

Apabila nilai koefisien korelasi (r) di antara 0,90-0,95 maka kurva dikatakan cukup linier, jika nilai r berada di antara 0,95 – 0,99 maka kurva dikatakan baik dan jika nilai r lebih dari 0,99 maka kurva dikatakan memiliki linieritas yang sangat baik.

Uji sensitivitas dapat dilakukan dengan menentukan batas deteksi dan batas kuantitasi. Batas deteksi adalah jumlah terkecil analit dalam sampel yang dapat dideteksi yang masih memberikan respon signifikan. Batas deteksi merupakan parameter uji batas. Batas kuantitasi diartikan sebagai kuantitas terkecil analit dalam sampel yang masih dapat memenuhi kriteria cermat dan seksama. Dengan metode statistik, LOD dan LOQ dapat ditentukan dari hasil kurva kalibrasi yang diperoleh. Rumus untuk perhitungan LOD dan LOQ adalah sebagai berikut:

Rumus standar deviasi :

$$SD = \sqrt{\frac{\sum (y - y_i)^2}{n-2}} \dots\dots\dots(5)$$

Rumus batas deteksi :

$$LOD = \frac{3xSD}{slope} \dots\dots\dots(6)$$

Rumus batas Kuantitasi :

$$LOQ = \frac{10xSD}{slope} \dots\dots\dots(7)$$

Uji sensitivitas pada validasi metode analisis dapat dikatakan terpenuhi apabila batas deteksi dan batas kuantitasi masing-masing logam lebih rendah dari konsentrasi terendah yang digunakan untuk kurva kalibrasi. Dengan demikian konsentrasi pengukuran, respon yang diberikan masih signifikan dan memberikan hasil yang tergolong cermat dan seksama.

HASIL DAN PEMBAHASAN

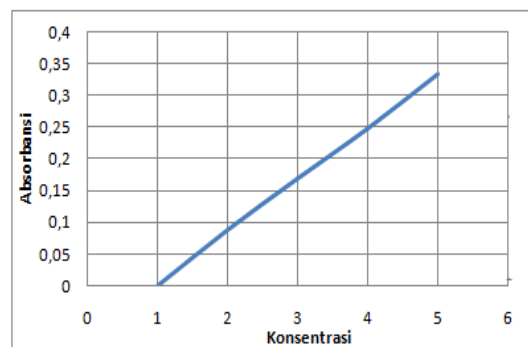
1. Hasil Penelitian

Sampel uji pertama adalah Cu. Larutan Cu standar dengan konsentrasi 0,5000; 1,0000; 1,5000; 2,0000; 2,5000 mg/L diinjeksikan pada alat AAS. Hasil absorbansi yang terbaca pada AAS untuk masing-masing larutan Cu standar yaitu 0,0884; 0,1698; 0,2490; 0,3350; 0,3965. Hasil absorbansi ini digunakan untuk membuat kurva kalibrasi dan persamaan garis regresi linear. Data hasil pengukuran absorbansi larutan standar Cu dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Data Hasil Pengukuran Absorbansi Larutan Standar Cu

Sampel	Konsentrasi Cu (mg/L)	Absorbansi Rata-Rata
standar 1	0,5000	0,0884
standar 2	1,0000	0,1698
standar 3	1,5000	0,2490
standar 4	2,0000	0,3350
standar 5	2,5000	0,3965

Hasil pengukuran absorbansi larutan standar Cu yang diplotkan terhadap konsentrasi larutan standar sehingga diperoleh suatu kurva kalibrasi berupa garis linear. Kurva kalibrasi larutan standar Cu dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Kurva kalibrasi Larutan Standar Cu

Linieritas kurva kalibrasi dapat dilihat dari nilai koefisien korelasi (r) pada persamaan garis regresi linier. Persamaan garis regresi linier dihitung dari konsentrasi larutan standar Cu (mg/L) sebagai

variabel x dan serapan sebagai variabel y, sehingga persamaan garis linear untuk standar Cu yaitu :

$$y = 0,15628 x + 0,01332 \dots \dots \dots (7)$$

Dari persamaan 7 akan didapatkan nilai kemiringan (a), perpotongan (b) dan koefisien korelasi (r). Nilai kemiringan dari garis linear adalah 0,15628. Nilai kemiringan menunjukkan kepekaan analisis terutama instrumen yang digunakan. Nilai b mendakati 0 yaitu 0,01332 dan nilai r 0,999. Dengan demikian, garis persamaan kurva kalibrasi yang dibuat untuk logam Cu dapat dinyatakan linear.

Uji sensitivitas dilakukan dengan menghitung batas deteksi (LOD) dan kuantitasi (LOQ). Batas deteksi adalah jumlah terkecil analit dalam sampel yang dapat dideteksi yang masih memberikan respon signifikan. Batas kuantitasi adalah kuantitas terkecil analit dalam sampel yang masih dapat memenuhi kriteria cermat dan seksama.

Penentuan batas deteksi dan batas kuantitasi diperoleh dengan cara perhitungan statistik. Dari hasil perhitungan, untuk Cu diperoleh LOD = 0,1361 mg/L dan LOQ = 0,45367 mg/L. Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa batas deteksi dan batas kuantitasi Cu lebih rendah dari konsentrasi terendah yang digunakan untuk kurva kalibrasi, yaitu 0,5 mg/L. Dengan demikian persyaratan uji sensitivitas terpenuhi karena pada setiap konsentrasi pengukuran, respon yang diberikan masih signifikan dan memberikan hasil yang tergolong cermat dan seksama.

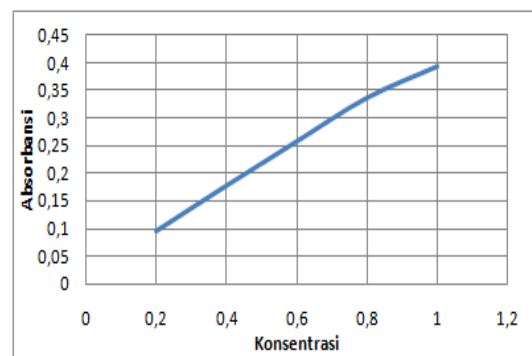
Berdasarkan hasil data analisis, sampel kadarnya tidak melebihi standar maksimal Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia Nomor 5 Tahun 2014 tentang baku mutu air limbah dan Peraturan Pemerintah Nomor 82 Tahun 2001 tentang pengelolaan kualitas air dan pengendalian pencemaran air yaitu 2,00 mg/L dan 0,02 mg/L. Kadar logam Cu pada sampel A yaitu -0,0814 mg/L, sampel B -0,07755, sampel C -0,0814, sampel D -0,0814, dan sampel E -0,08779. Jumlah kadar logam Cu pada semua sampel belum dapat ditetapkan secara akurat karena masih dibawah batas kuantitasi, dimana hasil tersebut belum dapat memenuhi kriteria cermat dan seksama. Dengan demikian, jumlah kadar logam Cu pada sampel dibawah batas deteksi instrumen yaitu 0,0063 mg/L.

Sampel uji kedua adalah Cd. Larutan Cd standar dengan konsentrasi 0,2000; 0,4000; 0,6000; 0,8000; 1,0000 mg/L diinjeksikan pada alat AAS. Hasil absorbansi yang terbaca pada AAS untuk masing-masing larutan Cd standar yaitu 0,0941; 0,1773; 0,2580; 0,3376; 0,3945. Hasil absorbansi ini digunakan untuk membuat kurva kalibrasi dan persamaan garis regresi linear. Data pengukuran absorbansi larutan standar Cd dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Data Hasil Pengukuran Absorbansi Larutan Standar Cd

Sampel	Konsentrasi Cd (mg/L)	Absorbansi Rata-Rata
standar 1	0,2000	0,0941
standar 2	0,4000	0,1773
standar 3	0,6000	0,2580
standar 4	0,8000	0,3376
standar 5	1,0000	0,3951

Hasil pengukuran absorbansi larutan standar Cd yang diplotkan terhadap konsentrasi larutan standar sehingga diperoleh suatu kurva kalibrasi berupa garis linear. Kurva kalibrasi larutan standar Cd dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Kurva kalibrasi Larutan Standar Cd

Linieritas kurva kalibrasi dapat dilihat dari nilai koefisien korelasi (r) pada persamaan garis regresi linier. Persamaan garis regresi linier dihitung dari konsentrasi larutan standar Cd (mg/L) sebagai variabel x dan serapan sebagai variabel y sehingga persamaan garis regresi linear untuk standar Cd

$$y = 0,38115 x + 0,02373 \dots \dots \dots (8)$$

Dari persamaan 8 akan didapatkan nilai kemiringan (a), perpotongan (b) dan koefisien korelasi (r). Nilai kemiringan dari garis linear adalah 0,38115. Nilai kemiringan menunjukkan kepekaan analisis terutama instrumen yang digunakan. Nilai b mendakati 0 yaitu 0,02373 dan nilai r 0,998. Dengan demikian, garis persamaan kurva kalibrasi yang dibuat untuk logam Cd dapat dinyatakan linear.

Uji sensitivitas dilakukan dengan menghitung batas deteksi (LOD) dan kuantitasi (LOQ). Batas deteksi adalah jumlah terkecil analit dalam sampel yang dapat dideteksi yang masih memberikan respon signifikan. Batas kuantitasi adalah kuantitas terkecil analit dalam sampel yang masih dapat memenuhi kriteria cermat dan seksama.

Penentuan batas deteksi dan batas kuantitasi diperoleh dengan cara perhitungan statistik. Dari hasil perhitungan, untuk Cd diperoleh LOD = 0,070736 mg/L dan LOQ= 0,0235786 mg/L. Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa batas deteksi dan batas kuantitasi Cd lebih rendah dari konsentrasi terendah yang digunakan untuk kurva kalibrasi, yaitu 0,2 mg/L. Dengan demikian persyaratan uji sensi-

tivitas terpenuhi karena pada setiap konsentrasi pengukuran, respon yang diberikan masih signifikan dan memberikan hasil yang tergolong cermat dan seksama.

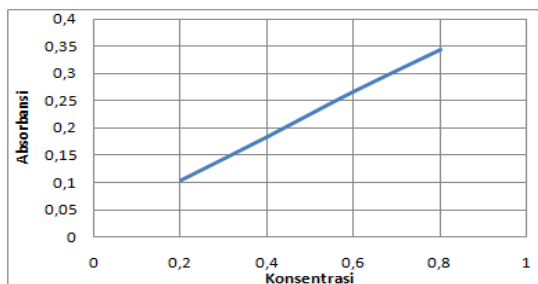
Berdasarkan hasil data analisis, sampel kadarnya tidak melebihi standar maksimal Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia Nomor 5 Tahun 2014 tentang baku mutu air limbah dan Peraturan Pemerintah Nomor 82 Tahun 2001 tentang pengelolaan kualitas air dan pengendalian pencemaran air yaitu 0,05 mg/L dan 0,01 mg/L. Kadar logam Cd pada sampel A yaitu -0,0586 mg/L, sampel B -0,0617 mg/L, sampel C -0,0612 mg/L, sampel D -0,0625 mg/L, dan sampel E -0,0607 mg/L. Jumlah kadar logam Cd pada semua sampel belum dapat ditetapkan secara akurat karena masih dibawah batas kuantitasi, dimana hasil tersebut belum dapat memenuhi kriteria cermat dan seksama. Dengan demikian, jumlah kadar logam Cd pada sampel dibawah batas deteksi instrumen yaitu 0,0012 mg/L.

Sampel uji ketiga yaitu Pb. Larutan Pb standar dengan konsentrasi 1,0000; 2,0000; 3,0000; 4,0000; 5,0000 mg/L diinjeksikan pada alat AAS. Hasil absorbansi yang terbaca pada AAS untuk masing-masing larutan Cu standar yaitu 0,0534; 0,0988; 0,1486; 0,1951; 0,2324. Hasil absorbansi ini digunakan untuk membuat kurva kalibrasi dan persamaan garis regresi linear. Data pengukuran absorbansi larutan standar dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Data Hasil Pengukuran Absorbansi Larutan Standar Pb

Sampel	Konsentrasi Pb (mg/L)	Absorbansi Rata-Rata
standar 1	1,0000	0,0534
standar 2	2,0000	0,0988
standar 3	3,0000	0,1486
standar 4	4,0000	0,1951
standar 5	5,0000	0,2324

Hasil pengukuran absorbansi larutan standar Pb yang diplotkan terhadap konsentrasi larutan standar sehingga diperoleh suatu kurva kalibrasi berupa garis linear. Kurva kalibrasi larutan standar Pb dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Kurva kalibrasi Larutan Standar Pb

Linieritas kurva kalibrasi dapat dilihat dari nilai koefisien korelasi (r) pada persamaan garis

regresi linier. Persamaan garis regresi linier dihitung dari konsentrasi larutan standar Pb (mg/L) sebagai variabel x dan serapan sebagai variabel y sehingga persamaan garis regresi linear untuk standar Pb yaitu :

$$y = 0,04543 x + 0,00937 \dots \dots \dots (9)$$

Dari persamaan 9 akan didapatkan nilai kemiringan (a), perpotongan (b) dan koefisien korelasi (r). Nilai kemiringan dari garis linear adalah 0,4543. Nilai kemiringan menunjukkan kepekaan analisis terutama instrumen yang digunakan. Nilai b mendakati 0 yaitu 0,00937 dan nilai r 0,999. Dengan demikian, garis persamaan kurva kalibrasi yang dibuat untuk logam Pb dapat dinyatakan linear.

Uji sensitivitas dilakukan dengan menghitung batas deteksi (LOD) dan kuantitasi (LOQ). Batas deteksi adalah jumlah terkecil analit dalam sampel yang dapat dideteksi yang masih memberikan respon signifikan. Batas kuantitasi adalah kuantitas terkecil analit dalam sampel yang masih dapat memenuhi kriteria cermat dan seksama.

Penentuan batas deteksi dan batas kuantitasi diperoleh dengan cara perhitungan statistik. Dari hasil perhitungan, untuk Pb diperoleh LOD = 0,025754 mg/L dan LOQ = 0,8585 mg/L. Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa batas deteksi dan batas kuantitasi Pb lebih rendah dari konsentrasi terendah yang digunakan untuk kurva kalibrasi, yaitu 1 mg/L. Dengan demikian persyaratan uji sensitivitas terpenuhi karena pada setiap konsentrasi pengukuran, respon yang diberikan masih signifikan dan memberikan hasil yang tergolong cermat dan seksama.

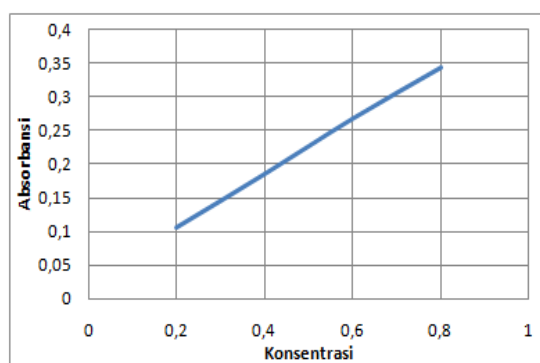
Berdasarkan hasil data analisis, sampel kadarnya tidak melebihi standar maksimal Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia Nomor 5 Tahun 2014 tentang baku mutu air limbah dan Peraturan Pemerintah Nomor 82 Tahun 2001 tentang pengelolaan kualitas air dan pengendalian pencemaran air yaitu 0,10 mg/L dan 0,03 mg/L. Kadar logam Pb pada sampel A yaitu -0,2386 mg/L, sampel B -0,2138 mg/L, sampel C -0,2047 mg/L, sampel D -0,2029 mg/L, dan sampel E -0,2341 mg/L. Jumlah kadar logam Pb pada semua sampel belum dapat ditetapkan secara akurat karena masih dibawah batas kuantitasi, dimana hasil tersebut belum dapat memenuhi kriteria cermat dan seksama. Dengan demikian, jumlah kadar logam Pb pada sampel dibawah batas deteksi instrumen yaitu 0,0050 mg/L.

Sampel uji keempat yaitu Zn. Larutan Pb standar dengan konsentrasi 0,2000; 0,4000; 0,6000; 0,8000 mg/L diinjeksikan pada alat AAS. Hasil absorbansi yang terbaca pada AAS untuk masing-masing larutan Cu standar yaitu 0,1050; 0,1852; 0,2683; 0,0,3448. Hasil absorbansi ini digunakan untuk membuat kurva kalibrasi dan persamaan garis regresi linear. Data pengukuran absorbansi larutan standar Zn dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Data Hasil Pengukuran Absorbansi Larutan Standar Zn

Sampel	Konsentrasi Zn (mg/L)	Absorbansi Rata-Rata
standar 1	0,2000	0,1050
standar 2	0,4000	0,1852
standar 3	0,6000	0,2683
standar 4	0,8000	0,3448

Hasil pengukuran absorbansi larutan standar Zn yang diplotkan terhadap konsentrasi larutan standar sehingga diperoleh suatu kurva kalibrasi berupa garis linear. Kurva kalibrasi larutan standar Zn dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Kurva kalibrasi Larutan Standar Zn

Linieritas kurva kalibrasi dapat dilihat dari nilai koefisien korelasi (r) pada persamaan garis regresi linier. Persamaan garis regresi linier dihitung dari konsentrasi larutan standar Zn (mg/L) sebagai variabel x dan serapan sebagai variabel y sehingga persamaan garis regresi linear untuk standar Zn yaitu :

$$y = 0,40125 x + 0,0252 \dots \dots \dots (10)$$

Dari persamaan 10 akan didapatkan nilai kemiringan (a), perpotongan (b) dan koefisien korelasi (r). Nilai kemiringan dari garis linear adalah 0,40125. Nilai kemiringan menunjukkan kepekaan analisis terutama instrumen yang digunakan. Nilai b mendakati 0 yaitu 0,0252 dan nilai r 1. Dengan demikian, garis persamaan kurva kalibrasi yang dibuat untuk logam Zn dapat dinyatakan linear.

Uji sensitivitas dilakukan dengan menghitung batas deteksi (LOD) dan kuantitasi (LOQ). Batas deteksi adalah jumlah terkecil analit dalam sampel yang dapat dideteksi yang masih memberikan respon signifikan. Batas kuantitasi adalah kuantitas terkecil analit dalam sampel yang masih dapat memenuhi kriteria cermat dan seksama.

Penentuan batas deteksi dan batas kuantitasi diperoleh dengan cara perhitungan statistik. Dari hasil perhitungan, untuk Zn diperoleh LOD = 0,01488 mg/L dan LOQ = 0,049595 mg/L. Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa batas deteksi dan batas kuantitasi Zn lebih rendah dari konsentrasi terendah yang digunakan untuk kurva kalibrasi, yaitu 0,2 mg/L. Dengan demikian persyaratan uji

sensitivitas terpenuhi karena pada setiap konsentrasi pengukuran, respon yang diberikan masih signifikan dan memberikan hasil yang tergolong cermat dan seksama.

Berdasarkan hasil data analisis, sampel kadarnya tidak melebihi standar maksimal Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia Nomor 5 Tahun 2014 tentang baku mutu air limbah dan Peraturan Pemerintah Nomor 82 Tahun 2001 tentang pengelolaan kualitas air dan pengendalian pencemaran air yaitu 5,00 mg/L dan 0,05 mg/L. Kadar logam Zn pada sampel A yaitu 0,1209 mg/L, sampel B -0,0506 mg/L, sampel C -0,00598 mg/L, sampel D -0,0491mg/L, dan sampel E -0,05632 mg/L. Jumlah kadar logam Zn pada semua sampel belum dapat ditetapkan secara akurat karena masih dibawah batas kuantitasi, dimana hasil tersebut belum dapat memenuhi kriteria cermat dan seksama. Dengan demikian, jumlah kadar logam Zn pada sampel dibawah batas deteksi instrumen yaitu 0,0045 mg/L

2. Pembahasan

Berdasarkan hasil penelitian, uji linearitas dan uji sensitivitas pada validasi metode analisis logam Cu, Cd, Pb dan Zn memenuhi persyaratan untuk penggunaannya. Uji linearitas pada validasi metode analisis dilakukan dengan menghitung koefisien korelasi (r). Garis dinyatakan memenuhi uji linearitas apabila nilai r lebih dari 0,99. Nilai linearitas dari logam Cu, Cd, Pb dan Zn masing-masing 0,999, 0,998, 0,999 dan 1. Sedangkan Uji sensitivitas pada validasi metode analisis dapat dikatakan terpenuhi apabila batas deteksi dan batas kuantitasi masing-masing logam lebih rendah dari konsentrasi terendah yang digunakan untuk kurva kalibrasi. Dengan demikian konsentrasi pengukuran, respon yang diberikan masih signifikan dan memberikan hasil yang tergolong cermat dan seksama.

Dari data hasil, konsentrasi Cu, Cd, Pb dan Zn pada sampel limbah kelapa sawit dan air sumur dibawah batas deteksi dan batas kuantitasi dari validasi metode analisis. Sehingga, konsentrasi pengukuran tidak memberikan respon yang signifikan dan tidak memberikan hasil yang tergolong cermat dan seksama. Untuk itu diperlukan pengukuran dengan penggunaan AAS nyala dengan teknik Teknik Vapour Hyride Generation Accessoris (VHGA). AAS dengan teknik VHGA memiliki batas deteksi yang dihasilkan hingga mencapai ng/ml.

Kandungan logam pada sampel limbah cair kelapa sawit dan air sumur tidak berbahaya. Hal ini dikarenakan tidak melebihi persyaratan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia Nomor 5 Tahun 2014 tentang baku mutu air limbah dan Peraturan Pemerintah Nomor 82 Tahun 2001 tentang pengelolaan kualitas air dan pengendalian pencemaran air. Dengan demikian, dapat disimpulkan

bahwa limbah cair kelapa sawit dan air sumur tidak tercemar logam berat.

KESIMPULAN

Dari hasil penelitian yang dilakukan diperoleh kesimpulan sebagai berikut. Pertama, uji linearitas dan uji sensitivitas pada validasi metode analisis logam Cu, Cd, Pb dan Zn memenuhi persyaratan penggunaannya. Kedua, kadar Cu, Cd, Pb dan Zn pada sampel limbah kelapa sawit dan air sumur dibawah batas deteksi instrumen yaitu kadar Cu yaitu <0.0063 mg/l, Cd yaitu <0.0012, Pb yaitu <0.0050 dan Zn yaitu <0.0045. Ketiga, kadar Cu, Cd, Pb dan Zn pada sampel limbah kelapa sawit dan air sumur tidak berbahaya karena tidak melebihi persyaratan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia Nomor 5 Tahun 2014 tentang baku mutu air limbah dan Peraturan Pemerintah Nomor 82 Tahun 2001 tentang pengelolaan kualitas air dan pengendalian pencemaran air.

Berdasarkan pembahasan yang telah dilakukan dapat dikemukakan empat saran. Pertama, Jurusan Fisika, untuk mengembangkan dan menerapkan materi perkuliahan mengenai instrument AAS. Kedua kelompok elektronika dan Instrumentasi, untuk mengembangkan instrumen untuk mengukur kadar unsure. Ketiga, peneliti selanjutnya untuk meneliti parameter-parameter lain untuk menentukan berbahaya atau tidak limbah dan air tersebut, misalnya kadar COD, BOD, dan parameter lainnya. Keempat, Analis untuk menguji kadar logam dengan menggunakan AAS dengan teknik VHGA.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Andreas Josef Ridwan. 2011. *Analisis Logam Timbal (Pb) dan Kadmium (Cd) pada Ikan Kering (stolephorus spp.) dan Ikan Asin Tenggiri (scomberomorus sp.) di Muara Angke dengan Spektrofotometer Serapan Atom*. FMIPA: UI.
- [2] Aris, Septiyani. 2011. *Spektrofotometer Serapan Atom*. Banjarmasin: politeknik kesehatan
- [3] Aurelia Anggit. 2013. *Analisis Krom (Iii) Dengan Metode Kopersipitasi Menggunakan Nikel Dibutilditiokarbamat Secara Spektrofotometri Serapan Atom*. FMIPA: UNS.
- [4] Daud Satria Putra, Ardian Putra. 2014. *Analisis Pencemaran Limbah Cair Kelapa Sawit Berdasarkan Kandungan Logam, Konduktivitas, Tds Dan Tss*. Jurnal Fisika Unand Vol. 3, No. 2, April 2014.
- [5] Didik Budianta. 2004. *Pengaruh Pemberian Limbah Cair Pabrik Kelapa Sawit Untuk Pupuk Cair Terhadap Kualitas Air*. Jurnal Pengelolaan Lingkungan dan Sumber Daya Alam, 2 (3), September 2014,147-154
- [6] Cahyady boby. 2009. *Studi tentang Kesensitifan Spektrofotometer Serapan Atom (SSA) Teknik Vapour Hydride Generation Accesories (VHGA) Dibandingkan dengan SSA Nyala pada Analisa Unsur Arsen (As) yang terdapat dalam Air Minum*. Medan : USU
- [7] Fatimah Rahmayani. 2009. *Analisa Kadar Besi (Fe) dan Tembaga (Cu) dalam Air Zam-Zam secara Spektrofotometri Serapan Atom (SSA)*. Medan :USU
- [8] Firmansyah, M.A.dkk. 2012. *Analisis Kadar Logam Berat Timbal di Mata Air Pengunungan Guci dengan Metode Spektrofotometri Serapan Atom*. Jurnal Pharmacy. Vol.09 No. 03 Desember 2012
- [9] Harmita. 2004. *Petunjuk Pelaksanaan Validasi Metode dan Cara Perhitungannya*. Majalah Ilmu Kefarmasian, Vol. I, No.3, Desember 2004, 117 - 135
- [10] Jaya Farida, dkk. 2013. *Penetapan Kadar Pb Pada Shampoo Berbagai Merk Dengan Metode Spektrofotometri Serapan Atom*. Pharmacia Vol. 3, No. 2, 2013 : 9-13
- [11] Junaidi, dkk. 1907. *Analisis Teknologi Pengolahan Limbah Cair pada Industri Tekstil (Studi Kasus PT. Iskandar Indah Printing Textile Surakarta)*. Jurnal PRESIDIASI Vol.1 No.1 September 2006, ISSN 1907-187X
- [12] Kusmiyati, dkk. 2012. *Pemanfaatan Karbon Aktif Arang Batubara (Kaab) Untuk Menurunkan Kadar Ion Logam Berat Cu²⁺ Dan Ag⁺ Pada Limbah Cair Industri*. Reaktor, Vol. 14 No. 1, April 2012, Hal. 51-60
- [13] Sandro Satria Rio, dkk 2013. *Analisa Kandungan Kadar Logam Berat Pada Daging Kepiting (Scylla Serrata) Di Perairan Muara Sungai Banyuasin*. Volume II, No 01, November 2013.
- [14] Sapto Prayitno, dkk. 2008. *Produktivitas Kelapa Sawit (elaeis guineensis jacq.) Yang Dipupuk Dengan Tandan Kosong Dan Limbah Cair Pabrik Kelapa Sawit*. Ilmu Pertanian Vol. 15 No. 1, 2008 : 37 - 48
- [15] Setyanto,A.D. 2013. *Memperkenalkan Kembali Metode Eksperimen dalam Kajian Komunikasi*. Jurnal Ilmu Komunikasi. Volume 3, Nomor 1 , Juni 2065: 37 – 48.
- [16] Supriyanto.dkk. 2007. *Analisis Cemar Logam Berat Pb, Cu, dan Cd pada Ikan Air Tawar dengan Metode Spektrometri Nyala Serapan Atom (SSA)*. Jurnal Seminar Nasional III SDM Teknologi Nuklir Yogyakarta, 21-22 November 2007.
- [17] Syafridiman. 2007. *Toksitas Limbah Industri Kelapa Sawit terhadap Kelimpahan Algae Hijau (Ulothrix Implexa)*. Berkala Perikanan Terubuk, Februari 2007, hlm 1-18