



## Pengaruh pH terhadap Adsorpsi Ion $\text{Cu}^{2+}$ oleh Polifenol Kluwak (*Pangium edule R.*) dengan Pembentukan Kompleks

Nur Vita Sari<sup>✉</sup>, Eko Budi Susatyo, dan F. Widhi Mahatmanti

Jurusan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Semarang  
Gedung D6 Kampus Sekaran Gunungpati Telp. (024)8508112 Semarang 50229

### Info Artikel

Diterima Juni 2018

Disetujui September 2018

Dipublikasikan November 2018

#### Keywords:

polifenol  
adsorption  
ion  $\text{Cu}^{2+}$   
complex compounds

### Abstrak

Ion  $\text{Cu}^{2+}$  di perairan merupakan jenis limbah B3 (Bahan Beracun dan Berbahaya). Salah satu upaya mengurangi limbah B3 dengan adsorpsi. Adsorpsi ion  $\text{Cu}^{2+}$  oleh ligan senyawa polifenol dari ekstrak kluwak (*Pangium edule R.*) kemungkinan dapat membentuk interaksi senyawa kompleks. Interaksi tersebut terjadi antara senyawa polifenol terhadap ion  $\text{Cu}^{2+}$  yang teradsorpsi. Tujuan penelitian ini untuk mengetahui interaksi adsorpsi ion  $\text{Cu}^{2+}$  oleh senyawa polifenol. Senyawa polifenol yang didapat direaksikan dengan ion  $\text{Cu}^{2+}$  serta memvariasi pH. Interaksi antara ion  $\text{Cu}^{2+}$  dengan senyawa polifenol diuji menggunakan spektrofotometer UV-Vis dengan menganalisis perbandingan massa. Hasil penelitian menunjukkan adsorpsi optimum ion  $\text{Cu}^{2+}$  terjadi dua prediksi interaksi kimia yakni reaksi penukaran ion pada perbandingan massa 1:1 dan reaksi pembentukan senyawa kompleks pada perbandingan massa 1:2. Adanya variasi pH mempengaruhi interaksi yang terjadi antara ion  $\text{Cu}^{2+}$  dan senyawa polifenol. Pembentukan interaksi senyawa kompleks antara ion  $\text{Cu}^{2+}$  dengan senyawa polifenol yang terbentuk pada pH optimum terjadi pada perbandingan massa Cu:ligan (1:2) dengan bentuk geometri tetrahedral.

### Abstract

The  $\text{Cu}^{2+}$  ion in the water is a type of B3 waste (toxic and hazardous materials). One of the effort to reduce B3 waste is by adsorption. Adsorption of  $\text{Cu}^{2+}$  ions by ligands of polifenol compounds from kluwak extract (*Pangium edule R.*) may form complex interactions. The interaction occurs between the polyphenolic compounds against the adsorbed  $\text{Cu}^{2+}$  ions. The purpose of this research is to interaction that occurs on adsorption of  $\text{Cu}^{2+}$  ion by polyphenol compounds. The obtained polyphenol compounds are reacted with  $\text{Cu}^{2+}$  ion as well as varying the pH. The interaction between  $\text{Cu}^{2+}$  ion with polyphenol compounds is tested using UV-Vis spectrophotometer by analyzing the mass ratio. The results showed that the optimum adsorption of  $\text{Cu}^{2+}$  ion had two predictions of chemical interaction that are ion exchange reaction at mass ratio of 1:1 and the reaction of complex compound formation at the mass ratio of 1:2. The presence of pH variation affects the interaction that occurs between  $\text{Cu}^{2+}$  ion and polyphenol compounds. The interaction between complex compounds of  $\text{Cu}^{2+}$  ion and polyphenol compounds formed at pH optimum occurs in the mass ratio of Cu: ligand (1:2) on the form of tetrahedral geometry.

© 2018 Universitas Negeri Semarang

✉ Alamat korespondensi:  
Gedung D6 Lantai 2 Kampus Sekaran, Gunungpati, Semarang 50229  
E-mail: nur.vitasari01@gmail.com

## Pendahuluan

Kluwak (*Pangium edule Reinw*) merupakan produk pangan yang dimanfaatkan sebagai bumbu penyedap masakan maupun sebagai pewarna alami karena kluwak banyak mengandung senyawa polifenol, senyawa polifenol ini yang menyebabkan daging kluwak berwarna coklat kehitaman. Penelitian oleh Dhianawaty (2015) uji toksisitas ekstrak biji kluwak (*Pangium edule R.*) didapat hasil penelitian bahwa dalam kluwak mengandung polifenol ekivalen tanin sebanyak 16,0 ppm.

Polifenol adalah kelompok zat kimia yang ditemukan pada tumbuhan. Zat ini memiliki tanda khas yaitu memiliki banyak gugus phenol dalam molekulnya. Polifenol sering terdapat dalam bentuk glikosida polar dan mudah larut dalam pelarut polar (Hosttetman *et al.*, 1985). Beberapa golongan bahan polimer penting dalam tumbuhan seperti lignin, melanin dan tanin adalah senyawa polifenol dan kadang-kadang satuan fenolitik dijumpai pada protein, alkaloid dan terpenoid (Harbone, 1987). Senyawa polifenol sangat peka terhadap oksidasi enzim dan mungkin hilang pada proses isolasi akibat kerja enzim fenolase yang terdapat dalam tumbuhan. Ekstraksi senyawa polifenol dari tumbuhan dengan etanol panas biasanya mencegah terjadinya oksidasi enzim. Senyawa polifenol berupa senyawa aromatik sehingga semuanya menunjukkan serapan kuat di daerah spektrum UV (Harbone, 1987).

Polifenol berperan dalam memberi warna pada suatu tumbuhan seperti warna daun saat musim gugur. Polifenol banyak ditemukan dalam buah-buahan, sayuran serta biji-bijian. Rata-rata manusia mengkonsumsi polifenol dalam sehari sebanyak 23 mg. Khasiat dari polifenol adalah menurunkan kadar gula darah dan efek melindungi terhadap berbagai penyakit seperti kanker. Polifenol membantu melawan pembentukan radikal bebas dalam tubuh sehingga dapat memperlambat penuaan dini (Ryanata, 2015).

Dewasa ini polifenol banyak dimanfaatkan sebagai adsorben logam berat seperti timbal (Pb), Cr (III), Cr (IV), Fe (III), dan Zn (II). Selain itu, polifenol juga dapat dimanfaatkan sebagai adsorben logam Cu. Tembaga (Cu) di dalam air biasanya dalam bentuk ion  $\text{Cu}^+$  ataupun  $\text{Cu}^{2+}$ , tercemarnya perairan oleh ion Cu mengakibatkan matinya biota perairan karena daya racun yang dimiliki oleh Cu (Palar, 1994). Sesuai dengan sifatnya sebagai logam berat beracun, Cu dapat mengakibatkan keracunan akut dan kronis (Widowati *et al.*, 2008).

Menurut penelitian yang dilakukan Kartikaningsih *et al.*, (2014) senyawa polifenol kulit kayu bakau diaplikasikan sebagai adsorben Cu dan Pb, didapat hasil penelitian adsorpsi logam berat menggunakan polifenol yakni 79,94% logam Pb dan 43,75% Cu. Sementara penelitian Karamac (2009) khelat dari Cu(II), Zn(II), dan Fe(II) dengan tanin kacang-kacangan didapat hasil bahwa khelat Cu-tanin, Fe-tanin dan Zn-tanin sebesar 100%, 90%, dan 84%. Berdasarkan latar belakang di atas akan dilakukan penelitian pengaruh pH terhadap aktivitas senyawa polifenol dan aplikasinya sebagai adsorben dari logam ion  $\text{Cu}^{2+}$  dengan pembentukan senyawa kompleks.

## Metode

Peralatan yang diperlukan dalam penelitian ini adalah vakum evaporator, neraca analitik, spektrofotometer UV-Vis *Thermo Scientific Genesys 10uv*. Bahan yang digunakan dalam penelitian adalah kluwak, *n*-heksana, etanol, indikator pH, indikator indigocarmin,  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ,  $\text{FeCl}_3$ ,  $\text{KMnO}_4$ , HCl dengan *grade pro analyst* buatan *Merck* dan aquademin.

Panjang gelombang maksimum adsorpsi ion  $\text{Cu}^{2+}$  oleh senyawa polifenol dilakukan dengan cara membuat larutan  $\text{Cu}^{2+}$  1 ppm dan larutan polifenol 25 ppm larutan tersebut digunakan untuk pengukuran absorbansi perbandingan massa 1:1. Masing-masing larutan 45, 35, 25, 20, 15, 10, dan 5 mL kemudian memasukkan ke dalam labu ukur 50 mL dan menambahkan aquades hingga tanda batas, sehingga diperoleh larutan standar ion  $\text{Cu}^{2+}$  0,9; 0,7; 0,5; 0,4; 0,3; 0,2; dan 0,1 ppm. Selanjutnya mencampurkan 10 mL dari masing-masing larutan standar ion  $\text{Cu}^{2+}$  dengan 10 mL polifenol 25 ppm dan mengukur absorbansinya pada rentang panjang gelombang 200 sampai 500 nm dengan skala kenaikan 5 nm menggunakan spektrofotometer UV-Vis untuk menentukan panjang gelombang optimum kompleks ion Cu-Polifenol (Supriyanto, 2011).

Penentuan pH optimum bertujuan mengetahui adsorpsi optimum larutan  $\text{Cu}^{2+}$  oleh pembentukan kompleks dengan ligan senyawa polifenol. Metode ini dilakukan dengan cara memvariasikan pH larutan kompleks dengan skala kenaikan 1 dari pH 1 hingga pH 7 disertakan juga pH 9 dan pH 12 dengan mengukur absorbansinya menggunakan panjang gelombang maksimum untuk mendapatkan pH optimum kompleks (Supriyanto, 2011).

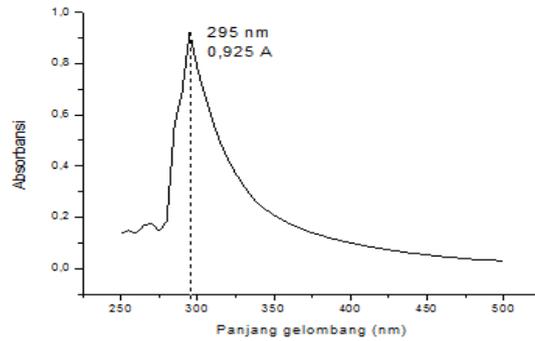
Dasar metode Job's adalah metode variasi *continue*, dalam metode ini dilakukan sederet pengamatan yang kuantitas molar pereaksinya berubah-ubah. Pembentukan kompleks Cu-polifenol dilakukan menggunakan metode Job's untuk meramalkan geometri sistem yang menyatakan

perbandingan pereaksi dalam senyawa. Pada pengamatan ini dapat diketahui interaksi antara ion logam dengan ligan.

Penentuan banyaknya massa ligan dalam ion kompleks dilakukan dengan membuat masing-masing larutan sebanyak 4 seri larutan  $\text{Cu}^{2+}$ , 4 seri larutan senyawa polifenol, dan 4 seri larutan kompleks dengan komposisi perbandingan massa. Mengaduk larutan-larutan tersebut hingga homogen. Menentukan dan mencatat serapan dari masing-masing larutan pada panjang gelombang maksimum. Membuat grafik antara absorbansi Vs massa pereaksi (volume pereaksi); kemudian dari grafik tersebut ditentukan perbandingan banyaknya massa ion  $\text{Cu}^{2+}$ , dan senyawa polifenol dalam ion kompleks yang terbentuk (Harera, 2015).

### Hasil dan Pembahasan

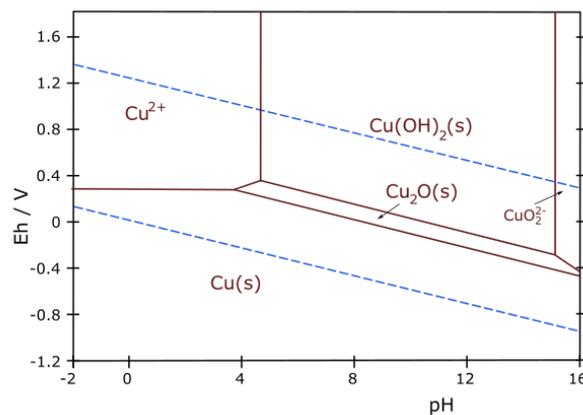
Pengukuran panjang gelombang maksimum dilakukan pada larutan campuran Cu dengan senyawa polifenol dengan perbandingan massa 1:1. Rentang panjang gelombang yang digunakan adalah 200 sampai 500 nm. Hasil yang diperoleh ditampilkan pada Gambar 1.



**Gambar 1.** Panjang gelombang maksimum adsorpsi ion  $\text{Cu}^{2+}$  oleh senyawa polifenol

Berdasarkan Gambar 1 menunjukkan bahwa panjang gelombang maksimum adsorpsi ion  $\text{Cu}^{2+}$  oleh senyawa polifenol adalah 295 nm. Pada pengukuran adsorpsi ion  $\text{Cu}^{2+}$  oleh senyawa polifenol diperoleh absorbansi yang semakin menurun setelah panjang gelombang 295 nm. Hasil tersebut menunjukkan bahwa pada panjang gelombang 295 nm adsorpsi ion  $\text{Cu}^{2+}$  oleh senyawa polifenol menyerap sinar secara optimum. Terjadinya absorbansi sinar oleh suatu molekul organik didasarkan atas kemampuan elektron untuk tereksitasi ke tingkat energi yang lebih tinggi.

Adsorpsi ion  $\text{Cu}^{2+}$  oleh senyawa polifenol dari ekstrak kluwak memungkinkan terjadinya beberapa interaksi, salah satunya interaksi yang dipengaruhi oleh faktor pH sehingga ion  $\text{Cu}^{2+}$  mengalami perubahan spesi. Perubahan spesi pada ion  $\text{Cu}^{2+}$  dapat dilihat pada Gambar 2 diagram Pourbaix.

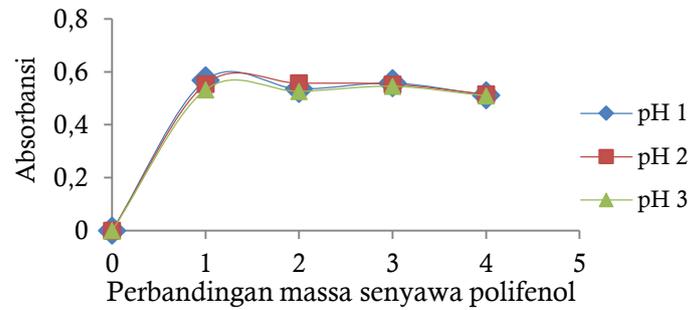


**Gambar 2.** Diagram Pourbaix Cu (Kekki, 2015)

Berdasarkan Gambar 2 menunjukkan bahwa ion  $\text{Cu}^{2+}$  dapat mengalami reduksi oleh pengaruh pH. Perubahan spesi ion  $\text{Cu}^{2+}$  menjadi ion  $\text{Cu}^+$ , dan berubah menjadi  $\text{Cu}(\text{OH})_2$  dikarenakan peranan dari variasi pH. Keberadaan ion  $\text{Cu}^{2+}$  dipengaruhi pH asam dari rentang pH 1 sampai pH 4, sedangkan pada pH 5 terjadi peralihan antara ion  $\text{Cu}^{2+}$  menjadi ion  $\text{Cu}^+$ , dan spesi  $\text{Cu}_2\text{O}$  terjadi pada pH 6 dan  $\text{Cu}(\text{OH})_2$  dengan pH 12. Prediksi interaksi pada adsorpsi ion  $\text{Cu}^{2+}$  dengan senyawa polifenol dipengaruhi oleh

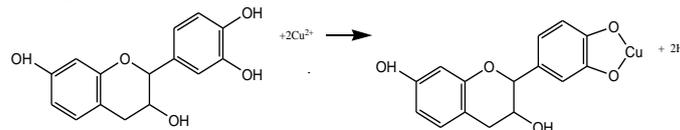
variasi pH. Adanya variasi pH berpengaruh terhadap perubahan spesi ion  $\text{Cu}^{2+}$  dan interaksi kimia yang terjadi pada adsorpsi ion  $\text{Cu}^{2+}$  dengan senyawa polifenol. Interaksi yang dapat terjadi pada adsorpsi tersebut yakni interaksi penukaran ion dan interaksi pembentukan senyawa kompleks.

Penentuan prediksi interaksi penukaran ion dan pembentukan senyawa kompleks dilakukan dengan menentukan perbandingan massa antara ion  $\text{Cu}^{2+}$  dengan senyawa polifenol. Penentuan perbandingan massa dilakukan dengan metode Job's. Metode ini dilakukan dengan sederet pengamatan kuantitas massa pereaksi yang bervariasi. Metode Job's dapat diamati dengan adanya interaksi antara ion  $\text{Cu}^{2+}$  dengan ligan. Massa ion  $\text{Cu}^{2+}$  tetap sedangkan massa ligan dalam senyawa polifenol divariasikan. Hasil metode Job's adsorpsi ion  $\text{Cu}^{2+}$  terhadap senyawa polifenol pada pH 1-3 dapat dilihat pada Gambar 3, 4 dan 5.



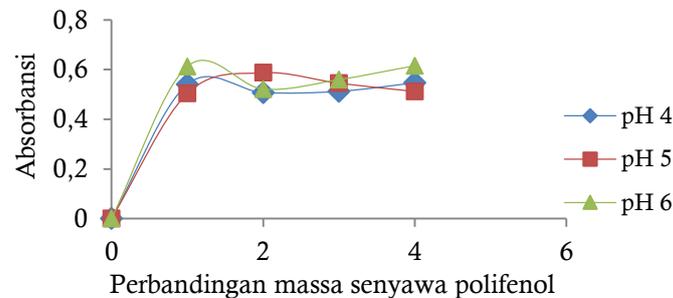
**Gambar 3.** Hasil metode Job's pada pH 1-3

Gambar 3 menunjukkan adsorpsi ion  $\text{Cu}^{2+}$  terhadap senyawa polifenol. Berdasarkan Gambar tersebut didapat perbandingan massa optimum ion  $\text{Cu}^{2+}$  terhadap senyawa polifenol pada pH 1-3 adalah 1:1. Prediksi interaksi yang terjadi pada perbandingan massa 1:1 adalah penukaran ion. Prediksi interaksi penukaran ion dapat dilihat pada Gambar 4.



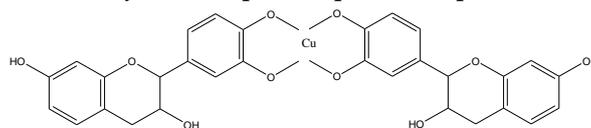
**Gambar 4.** Prediksi interaksi penukaran Ion

Hasil metode Job's adsorpsi ion  $\text{Cu}^{2+}$  terhadap senyawa polifenol pada pH 4-6 disajikan pada Gambar 5.

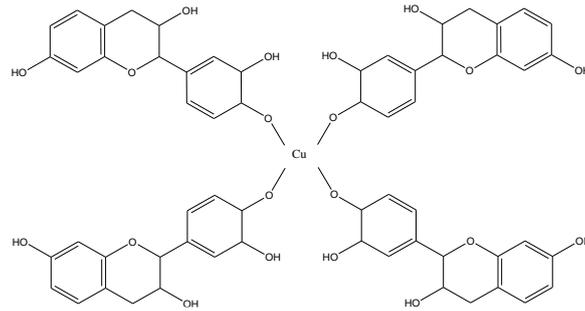


**Gambar 5.** Hasil metode Job's pada pH 4 dan 5

Gambar 5 menunjukkan perbandingan massa ion  $\text{Cu}^{2+}$  dengan senyawa polifenol pada pH 4 dan 5 didapat perbandingan massa optimum yang berbeda. Perbandingan massa pada pH 5 terjadi perbandingan 1:2, dengan prediksi pembentukan senyawa kompleks. Pada pH 4 dan 6 perbandingan massa campuran ion  $\text{Cu}^{2+}$  dengan senyawa polifenol adalah 1:4. Prediksi interaksi yang terjadi pada perbandingan massa 1:4 adalah pembentukan senyawa kompleks yang tidak stabil karena adanya interaksi antar ion dengan energi kuat. Hasil prediksi pembentukan senyawa kompleks dapat dilihat pada Gambar 6 dan 7.

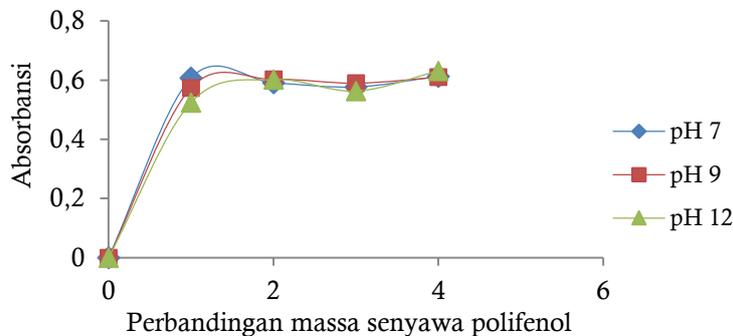


**Gambar 6.** Prediksi pembentukan kompleks 1:2



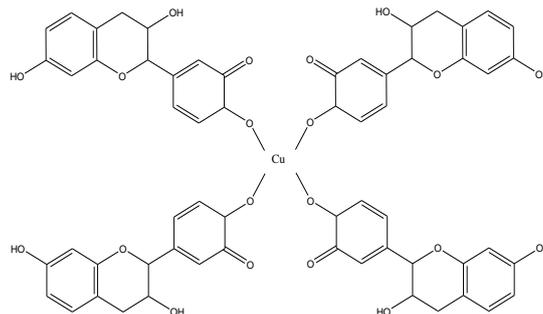
**Gambar 7.** Prediksi pembentukan kompleks 1:4

Pembentukan kompleks yang terjadi pada pH 4 yakni interaksi pembentukan senyawa kompleks dengan perbandingan massa 1:4. Hasil pembentukan senyawa kompleks pada pH ini disebabkan ion  $\text{Cu}^{2+}$  dalam kondisi optimum, sehingga orbital kosong pada ion  $\text{Cu}^{2+}$  relatif lebih banyak membutuhkan donor. Ligan pada senyawa polifenol juga mulai berkurang sehingga persaingan dengan ion  $\text{H}^+$  berkurang dan ligan cenderung terionisasi dengan melepas ion  $\text{H}^+$ . Muatan pada ligan senyawa polifenol menjadi negatif sehingga terjadi interaksi elektrostatis antara ligan dengan ion  $\text{Cu}^{2+}$  (Harbone, 1987). Hasil metode Job's adsorpsi  $\text{Cu}^{2+}$  terhadap senyawa polifenol pada pH 7, 9 dan 12 dapat dilihat pada Gambar 8.



**Gambar 8.** Hasil metode Job's pada pH 7, 9, dan 12

Pada Gambar 8 menunjukkan perbandingan massa optimum antara ion  $\text{Cu}^{2+}$  dengan senyawa polifenol pada pH 7, 9, dan 12 didapat 1:4. Speasi ion  $\text{Cu}^{2+}$  yang berubah menjadi ion  $\text{CuO}_2$  dan  $\text{Cu}(\text{OH})_2$  pada pH 6 dan 12, mempengaruhi adsorpsi pada ion  $\text{Cu}^{2+}$  dan pembentukan senyawa kompleks. Prediksi senyawa kompleks yang terjadi pada pH 6-12 ditunjukkan pada Gambar 9.

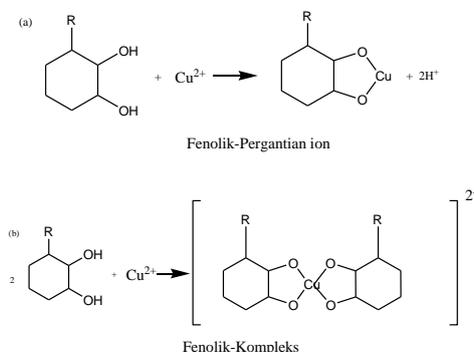


**Gambar 9.** Prediksi pembentukan kompleks 1:4 pada pH 6-12

Berdasarkan Gambar 9 pembentukan kompleks yang terjadi pada pH 6 sampai pH 12 yakni terjadi ikatan kompleks dengan perbandingan massa 1:4. Hasil ini karena pada pH tinggi spesi ion  $\text{Cu}^{2+}$  mengalami hidrolisis menjadi  $\text{Cu}_2\text{O}$  (Ghazy dan Er-Morsy, 2009). Ion  $\text{Cu}^{2+}$  terhidrolisis mengurangi muatan positifnya menjadi +1 sehingga interaksinya dengan ligan dari ekstrak berkurang. Pada pH 12 jumlah ion  $\text{Cu}^{2+}$  yang teradsorpsi cenderung meningkat. Hal ini disebabkan karena sudah mulai terbentuk spesies  $\text{Cu}(\text{OH})_2$  yang mengendap. Pengendapan ini akan mempengaruhi interaksi ligan dengan ion  $\text{Cu}^{2+}$  dalam larutan, semakin banyak ion  $\text{Cu}^{2+}$  yang mengendap maka ion  $\text{Cu}^{2+}$  di dalam larutan semakin berkurang. Hal tersebut mempengaruhi ion  $\text{Cu}^{2+}$  yang teradsorpsi oleh ligan dalam pembentukan senyawa kompleks. Berkurangnya ion  $\text{Cu}^{2+}$  yang tersisa di dalam larutan, menyebabkan adsorpsi yang terukur akan meningkat. Meningkatnya serapan ini bukan disebabkan karena adsorpsi oleh ligan (terbentuknya

kompleks), namun karena terjadinya pengendapan terlebih dahulu. Bentuk spesi ion  $\text{Cu}(\text{OH})_2$  ini termasuk asam hipotetis yakni ion  $\text{Cu}^{2+}$  yang mengalami pengendapan terlebih dahulu kemudian dapat terurai kembali membentuk senyawa lain.

Terbentuknya interaksi adsorpsi ion  $\text{Cu}^{2+}$  dengan senyawa polifenol untuk meramalkan geometri sistem yang menyatakan perbandingan pereaksi dalam senyawa. Prediksi geometri senyawa kompleks ion  $\text{Cu}^{2+}$  dengan senyawa polifenol yaitu  $[\text{Cu}(\text{polifenol})_2]$  yang mempunyai struktur tetrahedral. Struktur tersebut ditunjukkan pada Gambar 10.



**Gambar 10.** Gambar struktur kompleks  $[\text{Cu}(\text{polifenol})_2]$  (Sengil,2009)

### Simpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan, maka dapat disimpulkan bahwa adsorpsi ion  $\text{Cu}^{2+}$  oleh senyawa polifenol terjadi melalui interaksi penukaran ion dan pembentukan senyawa kompleks yang dipengaruhi oleh variasi pH dengan bentuk geometri tetrahedral.

### Daftar Pustaka

- Dhianawaty, D. 2015. Kandungan Total Polifenol dan Aktivitas Antioksidan dari Ekstrak Metanol Akar *Imperata cylindrica* (L) Beauv. (Alang-alang). *Jurnal kimia*, 47(1): 60-64
- Hagerman, A.E., C.T. Robbins, Y. Weerasuriya, T.C.Wilson, and C. McArthur. 1992. Tannin Chemistry Inrelation to Digestion. *Journal of Range Management*, 45(1): 57-62
- Harbone, J.B. 1987. *Metode Fitokimia, Penuntun Modern Menganalisa Tumbuhan*, Edisi ke-2 Terjemahan Kosasih Padmawinata. Bandung: Institut Teknologi Bandung Press
- Harera, L.R., Tety, S., Meyliana, W. 2015. Sintesis Cu(II)-Imprinted Polymers untuk Ekstraksi Fasa Padat dan Prakonsentrasi Ion Tembaga(II) dengan Ligan Pengkhat 4-(2-Pyridylazo) Recorcinol. *Jurnal al Kimiya*, 2(1): 30-39
- Hayati, E.K. 2007. *Dasar-Dasar Analisis Spektroskopi*. Malang: Universitas Islam Negeri Malang
- Hostettman, K., Hostettman, M., Marston, A. 1985. *Cara Kromatografi Preparatif: Penggunaan pada Isolat Senyawa Alam*. Terjemahan Kosasih Padmawinata. Bandung: Institut Teknologi Bandung
- Karamac, M. 2009. Chelation of Cu(II), Zn(II), and Fe(II) by Tannin Constituents of Selected Edible Nuts. *International Journal Molecul Science*, 10: 5485-5497
- Kartikaningsih, D., M.A.A. Bachroni. & Y.C. Danarta. 2014. Pengambilan Polifenol dari Kulit Kayu Bakau dan Pemanfaatnya sebagai Adsorben Logam Berat Cuprum (Cu) dan Timbal (Pb). *Jurnal Sains dan Teknologi*, 10(1): 37-41
- Kekki, A. Jari, A. & Olof, F. 2015. Copper Deposition on Stainless Steel Sheets in Copper Nitrat Solution. *Physicochem. Problem Mineral Process*, 51(1): 247-256
- Palar, 1994. *Pencemaran dan Toksikologi Logam Berat*. Jakarta: Rineka Cipta
- Robinson, T. 1995. *Kandungan Organik Tumbuhan Tinggi*. Edisi ke-4 Terjemahan Kosasih Padmawinata. Bandung: Institut Teknologi Bandung Press
- Ryanata, E. 2015. Penentuan Jenis Polifenol dan Penetapan Kadar Polifenol dari Kulit Buah Pisang Masak (*Musa Paradisiaca. L*) secara Spektrofotometri dan Permanganometri. *Calyptra: Jurnal Ilmiah Mahasiswa Universitas Surabaya*, 4(1): 1-16

- Sengil, I.A., Mahmut, O., & Harun, T. 2009. Kinetic and Isotherm Studies of Cu(II) Biosorption onto Valonia Tannin Resin. *Journal of Hazardous Materials*, 162(2): 1046–1052
- Sibuea, F.S.Y. 2015. Ekstraksi Polifenol dari Kluwak (*Pangium Edule R.*) Menggunakan Pelarut Etanol dan Aquades serta Aplikasinya sebagai Pewarna Makanan. *Jurnal Bahan Alam Terbarukan*, 1(2): 2407-2370
- Sulistianingsih, M., A. Wibowo N.J., & Felicia Z. 2014. Uji Toksisitas Ekstrak Biji Kluwak (*Pangium Edule Reinw.*) sebagai Moluskisida Keong Mas (*Pomacea Caniculata Lamarck*, 1804.) pada Tanaman Padi. *Jurnal. Bahan Alam Terbarukan*, 1(2): 2407-2370
- Supriyanto, R. 2011. Studi Analisis Spesiasi Logam Cr (III) dan Cr (IV) dengan Asam Tanat dari Ekstrak Gambir menggunakan Spektrofotometri UV-Vis. *Jurnal Sains MIPA*, 17(1): 35-42
- Widowati., Sastino., dan R, Jusuf. 2008. *Efek Toksik Logam*. Yogyakarta: Penerbit ANDI