

REDUKSI KURKUMIN: KAJIAN AWAL ELEKTROSINTESIS DALAM SISTEM ETANOL

Didik Setiyo Widodo, Abdul Haris dan Nawatuttuqoh

Laboratorium Kimia Analitik Jurusan Kimia Fakultas MIPA Universitas Diponegoro Semarang

ABSTRAK

Telah dilakukan suatu kajian pendahuluan reduksi kurkumin dalam sistem larutan etanol dengan pendekatan elektrokimia. Kurkumin telah banyak digunakan dalam bidang pangan dan farmasi dan sebagian kecil analisis kimia. Dalam bidang kimia, kurkumin telah digunakan sebagai pereduksi logam dan pengkhelat ion-ion logam. Aplikasi yang beragam ini didasarkan pada keberadaan gugus β -diketon yang dalam tinjauan reaksi reduksi dan oksidasi gugus ini dapat mengalami serangan elektron dan/ atau membentuk ikatan dengan substansi lain. Untuk mengkaji lebih lanjut dan memperkaya aplikasi senyawa ini berikutnya dilakukan modifikasi gugus tersebut untuk membentuk suatu dimer atau senyawaan lain dengan pendekatan elektrokimia. Penelitian ini bertujuan untuk memperoleh produk reduksi senyawa kurkumin untuk memperluas pemanfaatan kurkumin dalam bidang kimia, analisis kimia dan sintesis. Penelitian dilakukan dengan cara mengelektrolisis larutan kurkumin dalam sistem etanol pada potensial terkontrol 1,8 V dan 2,0 V dengan variasi elektroda kerja (C dan Cu) dan pH (1 dan 4) selama selama 2 jam dan hasil elektrolisis dianalisis dengan FTIR. Data yang diperoleh, elektrolisis pada potensial kerja 2,0 volt untuk pH 1 dan 1,8 volt untuk pH 4 melibatkan masing-masing satu elektron dan 3 elektron. Konfirmasi lanjut terhadap data FTIR disimpulkan bahwa produk dengan kode Pc-1 (proses pada pH 1) adalah suatu pinakol dan produk berkode Pc-2 (proses pada pH 4) merupakan senyawa siklis.

Kata kunci: kurkumin, elektrolisis, elektroreduksi

PRELIMINARY STUDY ON ELECTROREDUCTION OF CURCUMIN IN ETHANOLIC SOLUTION

ABSTRACT

A preliminary study on reduction of curcumin has been done in ethanolic media by electrochemical approach to form a more beneficial compound. Curcumin has widely been used in food, pharmacy and partly in chemical analysis. Curcumin can be used as metal ion reducing and metal ion chelating agent. All of the usage of curcumin is due to the presence of β -diketone group. This group can be electron-attacked or bond to a typical substrate. Based on the description, synthesis of a new compound is done by reducing curcumin. β -diketone of curcumin can be reduced electrochemically to form its dimer or other product depending on number electron evolved and pH. The objective of this study is to obtain products from reduction of curcumin with electrochemical approach so that it will broaden the use of curcumin in chemistry, analytical chemistry and synthesis. Research is conducted by electrolyzing curcumin solution in ethanolic media within 2 hours at application potential of 1.8 V and 2.0 V, pH of 1 and 4, and Cu and C as electrodes. Resulted precipitate was analyzed by FTIR. Data showed that electrolysis at pH 1 and 4 involved of 1 and 3 electrons, respectively. Crosschecking with the data from FTIR analysis, it could be concluded that product Pc-1 (obtained in pH 1) was a pinacol compound while product Pc-2 (obtained in pH 4) was a cyclic compound.

Keywords: Curcumin, electrolysis, electroreduction

PENDAHULUAN

Kurkumin adalah salah satu senyawa yang terkandung pada kunyit dan temulawak yang banyak terdapat di Indonesia sebagai salah satu sumber daya yang perlu dibudidayakan. Kurkumin telah banyak dimanfaatkan untuk

berbagai hal, seperti dalam bidang pangan sebagai pewarna makanan, dalam bidang farmasi untuk obat-obatan. Kurkumin mempunyai kemampuan untuk mereduksi dan mengkhelat ion-ion logam. Dalam bidang kimia, kurkumin telah dimanfaatkan untuk

mengekstrak ion-ion logam (Riyanto, 1998). Beberapa manfaat tersebut berhubungan dengan adanya gugus β -diketon pada struktur kurkumin. Akan tetapi pemanfaatan kurkumin dalam bidang kimia dapat dikatakan masih sedikit terutama dalam bidang kimia analisis dan sintesis. Sehingga penelitian tentang gugus β -diketon ini perlu dikaji lebih lanjut untuk dapat mengetahui manfaat lain yang terdapat pada kurkumin.

Kajian tersebut dapat dilakukan dengan pendekatan elektrokimia. Reaksi kimia biasa sering menemukan kesulitan dalam hal munculnya reaksi samping, perlunya kontrol temperatur dan penambahan reagen-reagen (dengan harga mahal) yang dapat mengganggu produk. Dengan pendekatan elektrokimia memungkinkan reaksi yang selektif tanpa pengaturan temperatur dan penambahan reagen mahal. Selain itu, reaksi yang terjadi dapat dikontrol dengan akurat dengan mengatur arus dan tegangan. Pendekatan ini belum banyak dilakukan oleh peneliti-peneliti terhadap kurkumin.

Evans dan Woodbury (1967) telah melakukan reduksi terhadap gugus β -diketon secara elektrokimia dalam media air-etanol 50%. Studi ini menyimpulkan bahwa gugus β -diketon dapat direduksi menjadi senyawa pinakol dimer. Produk reduksi lainnya bergantung pada kondisi reaksi, pH dan potensial katoda. Studi lain yang memberikan tekanan pada pemanfaatan struktur β -diketon sebagai molekul pengompleks dalam kimia analisis telah banyak dikembangkan, antara lain oleh Maki (1958), Yoshida dkk. (1972), Okafor (1981), Shintani dkk. (1991).

Kajian perluasan manfaat kurkumin ini dipusatkan pada perluasan pemanfaatan fungsi gugus β -diketon yang dimiliki. Adanya kesamaan gugus fungsi pada kurkumin dengan gugus fungsi pada senyawa yang dikaji Evans dan Woodbury (1967) di atas memungkinkan dilakukan proses serupa terhadap kurkumin untuk memperluas fungsi dan manfaat kurkumin di bidang kimia.

Pada penelitian ini dilakukan reduksi terhadap senyawa kurkumin dengan harapan dapat menghasilkan senyawa baru turunan kurkumin yang mempunyai manfaat besar dalam bidang kimia. Harapan penelitian ini adalah terbentuknya senyawa tetrol siklis dan dapat digunakan untuk adsorben dan pengkhelat.

METODE PENELITIAN

Alat dan Bahan

Peralatan yang dipergunakan pada penelitian ini meliputi pengaduk magnet dan peralatan gelas, elektroda tembaga dan karbon, elektroanalizer, multimeter, neraca analitik (Mettler-200), pH meter, FTIR. Bahan-bahan yang dibutuhkan adalah kurkumin p. a. (e-Merck), etanol p. a. 99%, asam sulfat pekat 12 N, dan akuades.

Prosedur

Preparasi Larutan Kurkumin. Sebanyak 10 mg kurkumin dilarutkan dalam 10 mL etanol dengan pengadukan magnetik. Kemudian larutan ini dicampurkan ke dalam etanol dalam gelas beaker 100 mL dan diasamkan sampai pH 1 dengan meneteskan asam sulfat. Larutan dipindahkan ke dalam labu takar 100 mL, diencerkan sampai tanda tera. Prosedur yang sama juga dilakukan untuk membuat larutan kurkumin pada pH 4.

Elektrolisis Pelarut. Elektrolisis pelarut dikerjakan dengan melakukan variasi potensial aplikasi yang terbaca pada alat elektroanalizer, mulai 0 volt. Volume larutan untuk elektrolisis 100 mL, pH 4 menggunakan katoda tembaga, anoda karbon. Setiap 5 menit potensial aplikasi dinaikkan 0,2 volt hingga 7 volt. Arus yang melewati larutan dan potensial aplikasi yang diukur dengan multimeter dicatat untuk dibuat grafik terhadap potensial untuk memperoleh ranah elektroaktif dari sistem. Hal serupa juga dikerjakan untuk sistem pelarut pada pH 1.

Elektrolisis kurkumin pada variasi potensial katoda. Sebanyak 100 mL larutan kurkumin yang akan dielektrolisis dibuat segar dalam etanol. Elektrolisis dikerjakan dalam sistem pH 4. Potensial aplikasi diatur mulai 0 volt dan dinaikkan secara teratur tiap 5 menit. Pada tiap tahap, arus yang mengalir dan potensial aplikasi yang terukur dicatat. Elektrolisis dihentikan bila pada panel multimeter potensial aplikasi terbaca 4 volt. Semua perubahan yang terjadi diamati dan dicatat. Elektrolisis juga dikerjakan untuk larutan kurkumin pada pH 1.

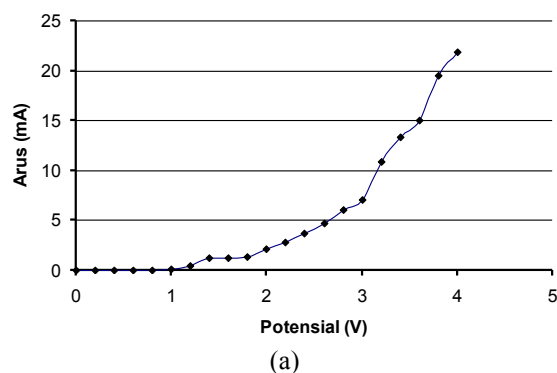
Menentukan waktu elektrolisis kurkumin pada potensial tetap. Sebanyak 100 mL larutan kurkumin dielektrolisis pada potensial tetap dan pH 1. Tegangan aplikasi yang terbaca pada elektroanalizer diatur pada 2,0 volt. Proses elektrolisis dikerjakan selama beberapa jam. Setiap 10 menit arus yang mengalir dicatat. Elektrolisis dihentikan apabila tak ada lagi perubahan arus seiring dengan waktu proses. Data arus (miliamper) dibuat grafik terhadap waktu elektrolisis (menit) untuk memperoleh waktu minimal berlangsungnya konversi dan

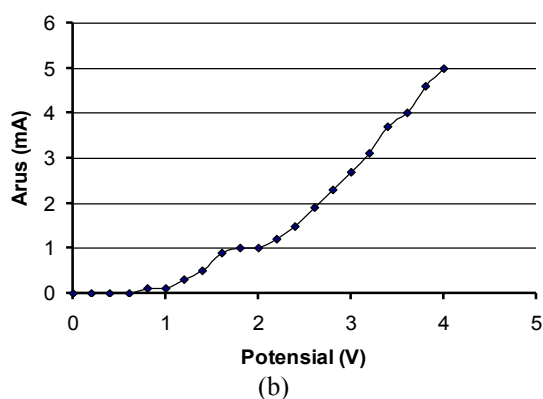
jumlah elektron yang terlibat dalam proses elektrolisis.

Elektrolisis kurkumin pada potensial terkontrol. Sebanyak 100 mL larutan kurkumin pH 1 dalam sistem etanol dielektrolisis dengan penggunaan katoda tembaga, anoda karbon. Potensial aplikasi dikontrol pada 2,0 volt. Setelah 2 jam, elektrolisis dihentikan dan endapan disaring dengan kertas saring sebagai produk reduksi kurkumin 1 (P-1). Prosedur serupa juga dikerjakan untuk larutan kurkumin pada kondisi pH 4. Endapan yang diperoleh diidentifikasi sebagai produk reduksi 2 (P-2). Produk elektrolisis dianalisis dengan menggunakan FTIR.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kajian terhadap data-data penelitian ini diarahkan pada diskusi pendahuluan reduksi kurkumin dengan pendekatan elektrosintesis. Media elektrolisis kurkumin yang digunakan adalah etanol, yang disiapkan secara segar untuk melarutkan kurkumin. Disain sel elektrolisis terdiri atas wadah gelas, elektroda kerja (tembaga) sebagai katoda dan elektroda *counter* (karbon) sebagai anoda. Elektrolisis dikerjakan pada pH 1 dan 4. Elektrolisis juga dikerjakan dengan perubahan disain sel elektrolisis, yaitu elektroda kerja (karbon) sebagai katoda dan anoda





Gambar 1. Kurva hubungan antara arus dan potensial katoda elektrolisis sistem pelarut (etanol) pada a) pH 1 dan b) pH 4

Elektrolisis pelarut dikerjakan dengan melakukan variasi potensial aplikasi selama elektrolisis berlangsung. Arus yang mengalir di dalam sistem elektrolisis pada potensial tertentu dicatat dan digambarkan sebagai kurva potensial terhadap arus. Kurva ini memberikan informasi tentang ranah elektroaktif sistem pelarut etanol untuk pH tertentu. Rentang potensial ini menggambarkan tingkat energi yang setara dengan energi untuk berlangsungnya proses transfer elektron. Besar dan lebar rentang potensial ini bersifat intrinsik untuk tiap-tiap pelarut dan dalam penerapannya bergantung pula pada komposisi sistem elektrolit pendukung dan sifat (*nature*) elektroda.

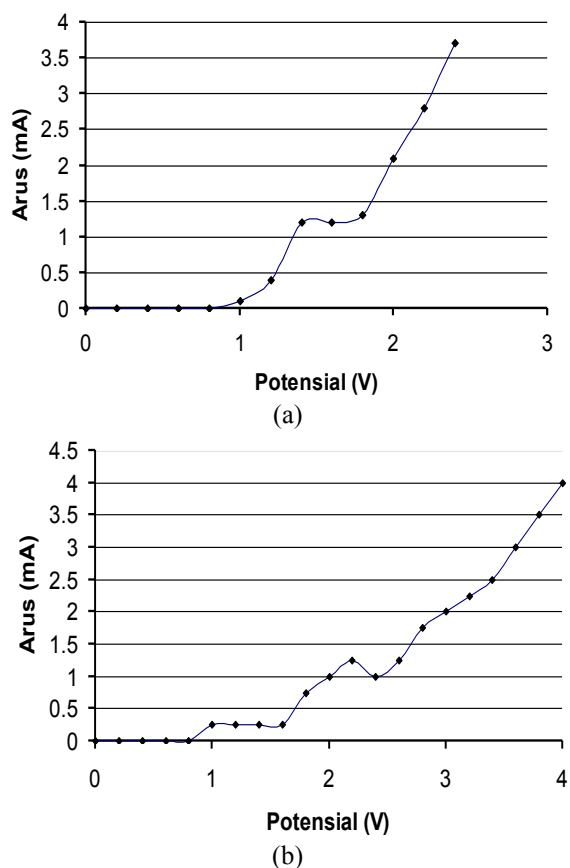
Elektrolisis kurkumin dikerjakan pada harga potensial yang masuk dalam ranah elektroaktif pelarut etanol. Elektrolisis yang dikerjakan di luar daerah ini akan mengakibatkan pelarut yang digunakan ikut terelektrolisis dan mekanisme reaksi elektrokimia yang dikaji menjadi bertambah rumit karena adanya kompetisi dan campur tangan reaksi kimia dengan produk atau spesies yang ada selama elektrolisis pelarut. Kurva arus terhadap potensial aplikasi pada elektrolisis larutan kurkumin, seperti disajikan

pada gambar 2, teramati bahwa alur kurva membentuk pola-pola gelombang. Pola ini memberikan informasi elektrokimiawi kurkumin.

Untuk menggambarkan pola-pola gelombang tersebut, dipandang suatu reaksi reduksi umum sebagai berikut:



Sampai harga potensial elektroda tertentu arus elektrolisis mulai mengalir dalam medium etanol. Pada potensial tetap, dengan pengadukan dan sistem mencapai keseimbangan maka reduksi akan berlangsung. Untuk harga $n > 1$, potensial tersebut tidak cukup negatif untuk terjadinya reaksi lanjut. Ketika potensial dinaikkan reduksi lebih lanjut akan berlangsung dengan melibatkan jumlah elektron yang lebih banyak, dan seterusnya hingga proses reduksi sempurna dengan diikuti reaksi kimia lanjutan. Karena tiap harga potensial jumlah elektron yang terlibat berbeda dan tetap untuk potensial tetap maka gelombang kurva yang terbentuk berpola sigmoid. Posisi relatif gelombang tersebut mengindikasikan perbandingan tingkat kemudahan proses pembentukan produk reduksi, sedangkan jumlah gelombang mengindikasikan jumlah produk atau jumlah tahap reduksi. Bila gelombang pertama adalah A dan gelombang kedua B maka produk A lebih mudah atau terlebih dahulu terbentuk. Besar relatif arus pada tiap gelombang tersebut menggambarkan perbandingan jumlah elektron yang dikonsumsi dalam proses reduksi kurkumin.

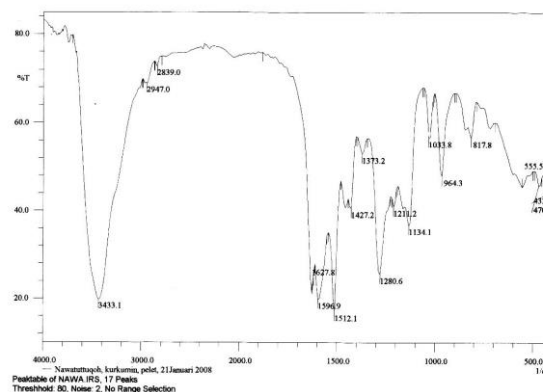


Gambar 2. Kurva hubungan antara arus dan potensial katoda pada elektrolisis larutan kurkumin a) pada pH 1, b) pada pH 4

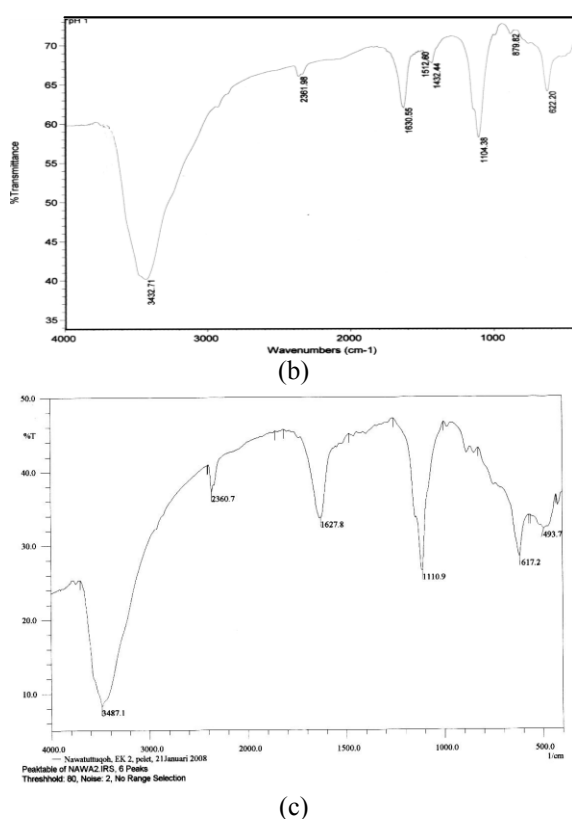
Dari gambar 2a dapat diperkirakan bahwa proses reduksi sempurna kurkumin dalam media etanol akan melewati satu tahap reaksi atau dimungkinkan terbentuknya satu macam produk reduksi untuk proses pada pH 1. Sedangkan dari gambar 2b pada pH 4 dapat diperkirakan bahwa proses reduksi sempurna kurkumin dalam media etanol akan melewati dua tahap reaksi atau dimungkinkan terbentuknya dua macam produk reduksi. Produk-produk tersebut secara teoritis dapat diperoleh secara selektif dengan mengelektrolisis kurkumin pada potensial tertentu atau arus tertentu. Produk yang digambarkan sebagai gelombang I dapat diperoleh dengan elektrolisis kurkumin pada potensial 1,0 V, gelombang II pada 2,0 V. Kesulitan teknis yang ditemui untuk proses yang

dikerjakan dengan alat yang tersedia adalah sulitnya menjaga proses-proses tersebut pada harga potensial atau arus tertentu dan tetap.

Untuk mengkaji lebih lanjut, disintesis produk kurkumin dengan cara mengelektrolisis kurkumin pada potensial terkontrol. Produk selanjutnya dianalisis dengan spektroskopi inframerah (IR). Elektrolisis pada potensial katoda 1,8 V, pH 1 menghasilkan produk Pc-1 dengan spektra inframerah disajikan pada gambar 3b dan pH 4 menghasilkan produk Pc-2 dengan spektra inframerah disajikan pada gambar 3c. Sementara gambar 3a menampilkan spektra inframerah kurkumin sebelum dielektrolisis. Inspeksi terhadap spektra-spektra tersebut menunjukkan bahwa produk reduksi kurkumin secara elektrokimia memiliki struktur yang berbeda dengan struktur substrat kurkumin sebelum dielektrolisis. Secara fisik pun kurkumin sebelum dan sesudah proses reduksi menampilkan warna dan tekstur yang berbeda. Kurkumin sebelum dielektrolisis berwarna kuning kemerahan. Sedangkan setelah dielektrolisis berwarna coklat.



(a)



Gambar 3. Spektra FTIR (a) kurkumin (Merck), (b) produk elektrolisis (Pc-1) pada pH 1, dan (c) produk elektrolisis (Pc-2) pada pH 4

Spektra kurkumin seperti disajikan pada Gambar 3(a) menunjukkan serapan pada daerah 3433,1 cm^{-1} yang merupakan karakteristik OH, baik substituen sistem aromatis ataupun kemungkinan adanya bentuk enol. Ikatan rangkap dua karbon-karbon ($\text{C} = \text{C}$) alifatis yang memiliki vibrasi rentang ikatan $= \text{C} - \text{H}$ terekam pada frekuensi 2947,0 cm^{-1} yang diperkuat oleh adanya serapan kuat pada 964,3 cm^{-1} akibat vibrasi lekuk $= \text{C} - \text{H}$ dalam bidang. Pita serapan karbonil $\text{C} = \text{O}$ berada pada 1627,8 cm^{-1} yang bergeser dari frekuensi standar karbonil karena adanya sistem konjugasi, berupa resonansi sistem β -diketon dengan ikatan rangka $\text{C} = \text{C}$ dan cincin aromatis serta adanya ikatan H (yang mencirikan kurkumin bentuk enol).

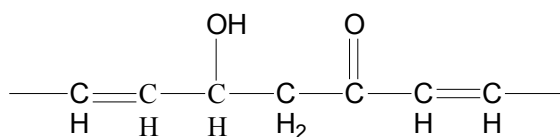
Pita-pita dalam daerah 3000 – 2800 cm^{-1} menunjukkan adanya rentangan ikatan $\text{C} - \text{H}$

sistem jenuh yang diperkuat adanya pita 1373,2 cm^{-1} yang merupakan indikasi CH_3 pada gugus OCH_3 dan pita 1427,2 cm^{-1} menunjukkan adanya gugus metilen – $\text{CH} -$. Sedangkan dua pita pada 1596,9 cm^{-1} dan 1512,1 cm^{-1} merupakan frekuensi rentangan simetris $\text{C} = \text{C}$ cincin aromatis. Substituen-substituen cincin ini memberikan pita pada frekuensi 817,8 cm^{-1} dan 470,6 cm^{-1} . Sementara itu rentangan simetris sistem C cincin – $\text{O} - \text{C}$ muncul pada daerah 1033,8 cm^{-1} . Dan rentangan simetris $\text{O} - \text{C} = \text{C}$ (cincin) pada daerah sekitar 1134,1 cm^{-1} . Pita-pita pada daerah 1200 – 1300 cm^{-1} muncul karena rentangan $\text{C} - \text{C}(\text{O}) - \text{C}$ dan/atau gerak melengkung sistem $\text{C} - \text{C}(\text{O}) - \text{C}$.

Pada gambar 3b spektra inframerah produk Pc-1 menunjukkan pita tajam pada 3432,71 cm^{-1} yang merupakan karakteristik rentangan OH. Karakter CO terekam di daerah 1630,55 cm^{-1} , pita ini bergeser dari pita normalnya yaitu 1715 cm^{-1} karena adanya konjugasi dengan ikatan rangkap dua sehingga serapan muncul lebih rendah. Pita kuat pada 1104,38 cm^{-1} disebabkan adanya ikatan $\text{C} - \text{O}$. Pita lemah pada 1512,00 cm^{-1} tidak dapat disimpulkan sebagai pita cincin benzen karena intensitasnya yang terlalu kecil. Pita pada 1432,44 cm^{-1} menunjukkan adanya gugus metilen sedangkan pita 2361,98 cm^{-1} adalah kemungkinan adanya overtone pita 1104,38 cm^{-1} .

Dari analisis tersebut dapat diinterpretasikan bahwa kemungkinan terjadi penyerangan elektron atau reduksi gugus keton menjadi $\text{C} - \text{OH}$. Hal ini ditunjukkan oleh melebarnya pita OH sehingga terjadi tumpang tindih dengan serapan 2927,66 cm^{-1} sedangkan pita $\text{C} = \text{O}$ melemah. Interpretasi ini mengarahkan pada

kemungkinan produk reduksi sebagaimana ditunjukkan pada penggalan struktur molekul berikut



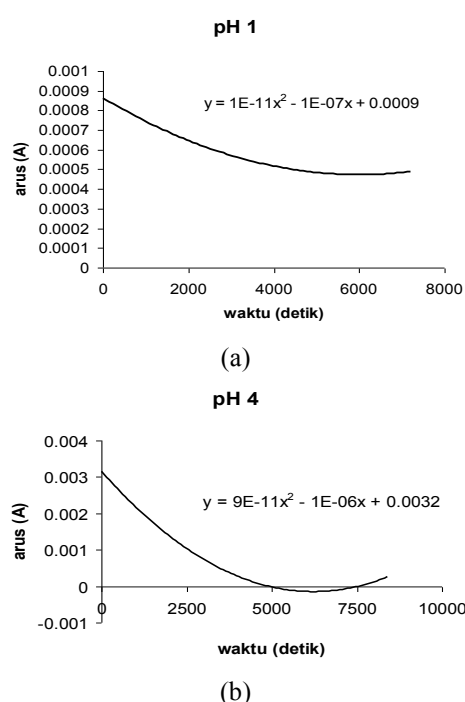
Memperhatikan jumlah elektron yang terlibat menurut perhitungan pada lampiran 1, produk elektrolisis kurkumin pada pH 1 melibatkan 1 buah elektron, sehingga diduga reduksi kurkumin pada pH 1 melalui mekanisme sebagaimana disajikan pada skema I (Bab II) yang menghasilkan pinakol. Spektra cincin yang tidak terdeteksi menunjukkan bahwa produk Pc-1 tidak mempunyai cincin benzen dalam strukturnya. Dari interpretasi spektra dan perhitungan jumlah elektron yang terlibat, terlihat bahwa produk Pc-1 mempunyai kesesuaian dengan mekanisme di atas. Sehingga dapat disimpulkan Pc-1 merupakan pinakol.

Dari gambar 3c, serapan lemah $1627,8 \text{ cm}^{-1}$ merupakan serapan dari ikatan rangkap dua. Gugus C – O memberikan serapan pada $1110,9 \text{ cm}^{-1}$. Dua pita $617,2 \text{ cm}^{-1}$ dan $493,7 \text{ cm}^{-1}$ tidak dapat disimpulkan sebagai serapan substituen benzena, penjelasan yang paling mungkin adalah keduanya merupakan serapan C – H miring luar bidang (Silverstein, 1981).

Karakter gerak melengkung C – C(O) – C pada $1200\text{-}1300 \text{ cm}^{-1}$ tak terekam, menyisakan frekuensi rentangan C – C – C sistem C – C(OR1) – C pada $1110,9 \text{ cm}^{-1}$. Hal ini menunjukkan adanya penyerangan oleh elektron pada gugus C = O juga terjadi pada produk Pc-2 yang ditunjukkan oleh melemahnya intensitas pita $1627,8 \text{ cm}^{-1}$. Tidak adanya pita aromatik

menyebabkan adanya dugaan bahwa cincin benzen telah hilang.

Gambar 4 di bawah memberikan data konfirmatif atas interpretasi FTIR di atas dengan jumlah elektron yang terlibat pada elektrolisis. Dengan cara integrasi, elektron yang terlibat pada elektrolisis larutan kurkumin pH 1 adalah 1 elektron dan pH 4 melibatkan 3 elektron yang diindikasikan dengan luas daerah di bawah kurva.



Gambar 4. Kurva arus terhadap waktu yang teramati pada elektrolisis larutan kurkumin pH 1 dan 4

Memperhatikan jumlah elektron yang terlibat tersebut, produk yang seharusnya diperoleh sebagai Pc-2 adalah suatu tetrol. Dari interpretasi spektra Pc-2 dapat dilihat bahwa terdapat ketidaksesuaian sehingga tidak dapat disimpulkan bahwa produk Pc-2 merupakan tetrol siklis yang diinginkan akan tetapi suatu senyawa siklis.

Usulan yang dikemukakan belum merupakan kesimpulan akhir dari kajian reduksi kurkumin ini, karena masih diperlukan data pendukung

tambahan untuk analisa GC/MS yang belum bisa dikerjakan.

KESIMPULAN

Konversi menggunakan katalis Ni/Zeolit memberikan hasil lebih banyak dibandingkan dengan konversi termal pada temperatur 350°C-550°C, sedangkan pada temperatur diatas 550°C terjadi sebaliknya.

DAFTAR PUSTAKA

- Arthur dan Rose, E., 1958, *The Condensed Chemical Dictionary*, Reinhold Publishing Cooperation, New York
- Bard, A.J., dan Faulkner, L.R., 1980, *Electrochemical Methods. Fundamental and Applications*, John Wiley & Sons, New York
- Brown, W. H., 1982, *Introduction to Organic Chemistry*, Willard Grant Press, Massachusetts
- Day, Jr, R.A dan Underwood, A.L., 2002, *Analisa Kimia Kuantitatif*, a.b. Dr. Ir. Iis Sopyan, M.Eng, Erlangga, Jakarta
- Evans, D.H. dan Woodbury, E.C., 1966, The Electrochemical Reduction of 1,3-Diphenyl-1,3-propanedione, *J. Am. Chem. Soc.*, 32,2158-2162
- Fessenden, R.J dan Fessenden, J.S., 1997, *Dasar-dasar Kimia Organik*, a.b. Dra. Sukmariah M, dkk., Binarupa aksara, Jakarta
- Fry, A.J., 1989, *Synthetic Organic Electrochemistry*, edisi ke-2, John Wiley & Sons, New York
- Lund, H dan Baizer, M.M., 1991, *Organic Electrochemistry*, Marcel Dekker Inc., New York
- Maki, G., 1958, *Ligand Field Theory of Ni (II) Complexes.II. Electronic Spectra and Structure Paramagnetic Chelates*, *J. Chem. Phys.*, March 28, 1958, 162-172
- Okafor, E.C., 1981, *The Metal Complexes of Heterocyclic β -diketones and Their Derivates-VI. The Synthesis, Structure and IR Spectral Studies of Some New Metal (II) Complexes of 1-phenyl-3-methyl-4-benzoyl-pyrazolon-5 (HPMBP)*, *Spectrochim. Acta*, 37 A, 11, 945-950
- Riyanto, A., 1998, *Ekstraksi Kobalt (II) dan Nikel (II) sebagai Kompleks Kurkumin*, Skripsi S-1, FMIPA UGM, Yogyakarta
- Shintani, N., Sone, K., Fukuda, Y., dan Oshashi, Y., 1991, *Studies on Mixed Chelates. XIX. 5-Coordinate Nickel (II) Complexes with N,N,N',N'',N'''-Pentamethyldiethylenetriamin and β -diketones*, *Bull. Chem. Soc. Jpn.*, 64,252-258
- Sastrohamidjojo, H., 1991, *Spektroskopi*, edisi ke-2, Liberty, Yogyakarta
- Silverstein, R. Milton, 1981, *Spectrometric Identification of Organic Compounds*, John Wiley & Sons, New York
- Utlely, J., 1994, *Applications of Electrochemistry to Organic Synthesis, chemistry and Industry*, 21 March 1994
- Yoshida, I. Kobayashi, H. dan Ueno, K., 1972, *Nickel (II) Complexes of 1,5-Dialkylpentane-2,4-diones*, *Bull. Chem. Soc. Jpn.*, 45, 1411-1417