



PENGARUH ASAM ASKORBAT PADA PEMBUATAN Cu_2O DAN APLIKASINYA SEBAGAI LAPIS TIPIS UNTUK PEMECAHAN AIR SECARA FOTOELEKTROKIMIA

Oleh

**Kharisma Luthfiaratri Rahayu¹, Abdul Haris², Gunawan³,
Khabibi⁴ & Didik Setiyo Widodo⁵**^{1,2,3,4,5}Departemen Kimia FSM Universitas Diponegoro

Jl. Prof. H Soedarto SH Tembalang Semarang

Email: ¹kharisma@live.undip.ac.id, ²a.haris@live.undip.ac.id, ³gunawan@live.undip.ac.id
⁴khabibi@live.undip.ac.id & ⁵widodo.ds@live.undip.ac.id**Abstrak**

Energi hidrogen mempunyai potensi yang besar untuk sumber energi terbarukan. Salah satu cara untuk memperoleh hidrogen adalah melalui proses pemecahan air secara elektrokimia untuk mengkonversi energi matahari menjadi hidrogen. Pada proses pemecahan air secara fotoelektrokimia, elektroda semikonduktor harus memiliki *bandgap* 1,5- 2,5 eV. Salah satu semikonduktor oksida logam berbasis tembaga adalah tembaga (I) oksida, yang memiliki bandgap sekitar 2;2,1;2,2;2,35 dan 2,45 eV. Tujuan penelitian ini adalah menentukan pengaruh asam askorbat dalam pembuatan semikonduktor Cu_2O , membuat semikonduktor lapis tipis Cu_2O dengan menggunakan metode *spin-coating* dan mengaplikasikannya sebagai fotokatoda dalam pemecahan air secara elektrokimia. Beberapa tahap penelitian yang dilakukan adalah pembuatan *spin coater home made*, sintesis serbuk Cu_2O dengan pencampuran Fehling A dan Fehling B serta ditambahkan asam askorbat sebagai agen pereduksi, pembuatan lapis tipis Cu_2O diatas *spin coating* dan terakhir proses *annealing*. Hasil dari penelitian ini adalah semikonduktor Cu_2O telah berhasil disintesis. Penambahan askorbat berpengaruh pada arus foton dan potensial onset semikonduktor Cu_2O yang diaplikasikan sebagai fotokatoda Cu_2O . Dari hasil sintesis, didapatkan Cu_2O pada C1 (konsentrasi lebih kecil dari Cu^{2+}) memiliki rendemen 95,69%, rendemen Cu_2O pada C2 (konsentrasi sama dengan Cu^{2+}) 96,2% dan rendemen untuk Cu_2O pada C3 (konsentrasi lebih besar dari Cu^{2+}) adalah 99,82%. Arus foton yang dihasilkan pada penambahan 3,6 dan 9 % larutan askorbat secara berturut – turut sebesar 1,18; 1,69 dan 1,78 mA/ cm^2 pada 0,3 V vs RHE (*Reversible Hydrogen Electrode*). Hasil analisis difraksi sinar X menunjukkan bahwa sampel mengandung Cu_2O C3 menunjukkan ukuran bulir rata-rata adalah 17,55 nm. Sedangkan, Cu_2O C1 memiliki ukuran bulir rata-rata 38,99 nm dan pada Cu_2O C2 menunjukkan ukuran bulir rata-rata 36,42 nm. Hasil analisis SEM menunjukkan adanya Cu_2O dengan morfologi berbentuk kubus dan *flower-like*.

Kata Kunci: Asam Askorbat, Cu_2O , Pemecahan Air Secara Elektrokimia & Semikonduktor**PENDAHULUAN**

Masalah Sumber energi fosil yang mampu memenuhi kebutuhan manusia dalam skala besar untuk beberapa tahun ke depan semakin lama semakin langka sehingga menyebabkan manusia masih bergantung pada sumber energi fosil. Manusia berusaha mencari energi pengganti yang ramah lingkungan dikarenakan semakin menipisnya cadangan energi fosil. Energi hidrogen mempunyai

potensi yang besar untuk sumber energi terbarukan [1]. Salah satu cara untuk memperoleh hidrogen adalah melalui proses pemecahan air secara elektrokimia. Pemecahan air secara fotoelektrokimia adalah metode untuk mengkonversi energi matahari menjadi hidrogen. Dalam pendekatan ini, sinar matahari diserap oleh semikonduktor pada elektrolis, sehingga menghasilkan energi untuk mendorong reaksi pemisahan air [2]. Pada



proses pemecahan air secara fotoelektrokimia, elektroda semikonduktor harus memiliki bandgap minimal 1,5- 2,5 eV [3]. Semikonduktor tembaga (I) oksida adalah semikonduktor tipe-p yang memiliki aplikasi dalam sel surya [4], fotokatalis [5], hibridioda [6], biosensor[7], gas sensor [8], pemecahan air secara fotoelektrokimia [9], dan baterai ion lithium[10]. Semikonduktor tembaga (I) oksida dapat diperoleh dengan berbagai metode yaitu ultrasonik spray, hidrotermal, sol gel, pengendapan, dan elektrodeposisi [11].

Pembuatan Cu_2O dilakukan dengan mereduksi Cu^{2+} menjadi ion Cu^+ antara lain dilakukan dengan agen pereduksi seperti hidrazin hidrat, glukosa [12], natrium borohidrida[13], tanaman yang mengandung kelompok aldehida seperti dan asam askorbat [14]. Pada penelitian sebelumnya dilakukan sintesis Cu_2O dengan glukosa sebagai gula pereduksi, namun dalam penelitian ini digunakan askorbat sebagai pengganti gula pereduksi menggunakan metode Fehling karena mempunyai sifat yang baik terutama dalam suasana basa. Sifat reduktor ini dapat digunakan untuk identifikasi karbohidrat maupun analisa kuantitatif. Sifat ini tampak pada reaksi redoks ion logam seperti Cu^{2+} yang terdapat pada sintesis reaksi-reaksi tertentu [15]. Sehingga, penelitian ini diharapkan memberi hasil yang lebih baik dari penelitian sebelumnya yang menggunakan glukosa sebagai pereduksi.

Asam askorbat (vitamin C) adalah lakton (ester-dalam asam hidroksikarbositat) dengan ciri-ciri ada gugus enadiol sebagai pereduksi kuat. Sifat reduksi ini tampak pada reaksi redoks seperti yang dapat mereduksi logam seperti Cu^{2+} yang menjadi Cu^+ maupun Cu [16].

Dalam penelitian ini, setelah diperoleh Cu_2O dengan cara menggunakan pereduksi asam askorbat, maka Cu_2O tersebut digunakan untuk preparasi pembuatan film tipis Cu_2O yang dilakukan melalui pendekatan spin-coating, karena dalam metode ini prosesnya

yang sederhana, morfologi baik, tidak membutuhkan suhu yang tinggi dan ramah lingkungan. Lapisan tipis yang dihasilkan dengan metode ini memiliki tingkat kehomogenan yang tinggi. Ketebalan lapisan yang diinginkan bisa dikontrol berdasarkan waktu dan kecepatan putaran dari alat spin coater [17].

Pembuatan lapis tipis sebagai sel surya dari bulk sintesis dengan protokol anti-pelarut telah menjadi metode paling efektif untuk mencapai photon to current conversion efficiency (PCE) lebih dari 20%. Oleh karena itu, keterbaruan dalam penelitian ini adalah pembentukan semikonduktor lapis tipis dari serbuk Cu_2O di atas kaca Fluorine Tin Oxide (FTO) yang sudah diperoleh melalui cara Fehling dengan pereduksi askorbat menggunakan metode spin coating dengan minyak atsiri sebagai larutan prekursor. Morfologi film kristal Cu_2O diukur dengan menggunakan scanning electron microscopy (SEM), sedangkan struktur kristal Cu_2O diamati dengan menggunakan X-Ray Diffractometer (XRD).

LANDASAN TEORI

Semikonduktor

Semikonduktor didefinisikan sebagai suatu bahan yang memiliki elektron minimal pada dua pita energi yang terpisah oleh suatu pita tanpa keberadaan elektron. Sifat elektronik semikonduktor ditandai oleh pita konduksi (*conduction band*) dan pita valensi (*valence band*). Pita konduksi merupakan pita molekul yang tidak berikatan (*antibonding*), sedangkan pita valensi merupakan pita orbital molekul yang berikatan (*bonding*). Tidak terdapat elektron antara pita valensi dan pita konduksi. Energi yang dibutuhkan elektron untuk dapat tereksitasi dari pita valensi ke pita konduksi disebut nilai *band gap*. Sebuah semikonduktor akan bersifat sebagai isolator pada temperatur yang sangat rendah dan pada temperatur ruang akan bersifat sebagai konduktor. Hal tersebut dikarenakan pada



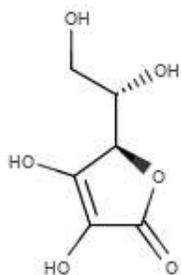
temperatur yang sangat rendah, elektron terikat kuat dengan ikatan kovalen dan tidak ada elektron yang bergerak bebas, sehingga keadaan pada pita valensi terisi penuh dan pita konduksi kosong. Berdasarkan muatan pembawanya, semikonduktor digolongkan menjadi semikonduktor tipe-*p* dan semikonduktor tipe-*n*. Semikonduktor tipe-*p* adalah semikonduktor yang di doping oleh atom akseptor (kekurangan elektron) sehingga bermuatan positif, sedangkan semikonduktor tipe-*n* adalah semikonduktor yang didoping oleh atom donor (kelebihan elektron) sehingga bermuatan negatif [18].

Semikonduktor memiliki struktur energi yang hampir sama dengan isolator, tetapi ruangnya tidak terlalu besar, biasanya energinya berkisar dari 0,5 sampai 0,3 eV. Contoh bahan semikonduktor adalah germanium, cadmium sulfida, silikon, tembaga. Salah satu contoh semikonduktor oksida logam berbasis tembaga adalah Tembaga (I) Oksida. Tembaga (I) Oksida merupakan tembaga yang bereaksi dengan oksigen membentuk oksidanya, berbentuk padatan berwarna merah bata. Tembaga (I) oksida adalah semikonduktor tipe-*p* yang memiliki energi bandgap sekitar 2,0;2,1;2,2;2,35 dan 2,45 eV [19].

Asam askorbat

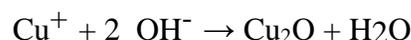
Asam askorbat (vitamin C) adalah lakton (ester-dalam asam hidroksikarbosilat) dengan ciri-ciri ada gugus enadiol sebagai pereduksi kuat. Pemanfaatan asam askorbat sangat bervariasi [20]. Vitamin C terdapat dalam dua bentuk di alam, yaitu asam L-askorbat (bentuk tereduksi) dan asamdehidro L-askorbat (bentuk teroksidasi).

Gambar 1. Struktur Asam askorbat



L-asam askorbat mudah dioksidasi secara bolak-balik menjadi asam dehidro L-askorbat yang tetap mempertahankan aktivitas vitamin C. Asam askorbat berbentuk kristal putih dengan berat molekul 176,13 gram/mol dan rumus molekul $C_6H_8O_6$ yang mudah teroksidasi secara reversible membentuk asam dehidro L-asam askorbat yang kehilangan 2 atom hidrogen. Sifat mereduksi ini disebabkan oleh adanya gugus aldehid dan keton bebas dalam molekul karbohidrat. Sifat ini tampak pada reaksi reduksi ion-ion logam seperti ion Cu^{2+} dan Ag^+ yang terdapat pada reaksi-reaksi tertentu, salah satunya melalui uji Fehling. Larutan Fehling A dan Fehling B dipanaskan dengan larutan glukosa akan menghasilkan endapan merah bata, sedangkan apabila digunakan larutan yang lebih encer misalnya larutan glukosa, endapan yang terjadi berwarna hijau kekuningan.

Pereaksi Fehling terdiri atas dua larutan yaitu larutan Fehling A dan larutan Fehling B. Larutan Fehling A adalah larutan $CuSO_4$ dalam air, sedangkan larutan Fehling B adalah larutan garam K- Natartrat dan NaOH dalam air. Kedua macam larutan ini disimpan terpisah dan baru dicampur menjelang digunakan untuk memeriksa suatu karbohidrat. Dalam pereaksi Fehling ini ion Cu^{2+} direduksi dengan askorbat menjadi ion Cu^+ yang dalam suasana basa akan menjadi Cu_2O .



Spin coating Lapis Tipis

Spin coating adalah metode penumbuhan lapisan tipis pada substrat dengan cara meneteskan cairan ke pusat substrat yang diputar. Substrat yang digunakan adalah kaca berpenghantar, misalnya kaca FTO (*Flourine Tin Oxyde*) dan ITO (*Indium Tin Oxyde*). Bahan yang digunakan sebagai lapisan tipis dideposisi atau diletakkan pada bagian tengah substrat baik dengan cara manual maupun bantuan robot. Material tersebut dituangkan di atas substrat. *Spin coating* didasarkan pada asumsi bahwa aliran larutan berada dalam kondisi stabil ketika gaya sentrifugal dan gaya



viskositas seimbang.

Pada efek ketebalan akhir lapisan tipis, asumsi yang menyertai adalah diawal proses efek aliran sangat dominan, dan pada proses selanjutnya efek penguapan menjadi sangat dominan. Titik perpindahan pada kondisi dimana laju penguapan dan laju aliran sama.

Metode ini menjadi solusi dari partikel zeolit dengan permukaan substrat yang lembut dan kemungkinan lapisan yang terbentuk juga lapisan yang lembut. Untuk menentukan ketebalan lapisan tipis disini sangat dipengaruhi oleh konsentrasi dari larutan dan kecepatan perputar *spin coating*.

Photoelectrochemical Water Splittin

Pemecahan air secara fotoelektrokimia adalah metode untuk mengonversi energi matahari menjadi bahan bakar hidrogen. Sinar matahari diserap oleh bahan semikonduktor yang bersentuhan dengan larutan elektrolit, menghasilkan *photovoltage* yang digunakan untuk mendorong reaksi pemecahan air.

Pada proses pemecahan air secara fotoelektrokimia, diperlukan dua semikonduktor dengan celah pita yang lebih kecil untuk menyerap sebagian besar spektrum matahari, yang sesuai dengan pita konduksi dan pita valensi sehingga dapat mempertahankan *photovoltage* yang cukup besar untuk reaksi pemecahan air. Suatu semikonduktor akan menyerap foton ($h\nu$) dari sinar ultraviolet (UV) atau visibel (Vis) yang selanjutnya meregenerasi elektron dan *hole*. Elektron (e^-) yang terdapat pada pita valensi fotokatalis tereksitasi ke pita konduksi membutuhkan energi, holes (lubang pada pita valensi) tetap berada pada pita valensi, hal inilah yang disebut *photoexcited* [21]

METODE PENELITIAN

Alat dan Bahan

Bahan yang digunakan meliputi: kaca FTO, K-Na tartrat (p.a., Merck), NaOH (p.a., Merck), asam askorbat (p.a., Merck), CuSO₄ (p.a., Merck), aseton, alkohol (p.a., Merck), HCl (p.a., Merck), akuades.

Alat-alat yang digunakan: seperangkat peralatan gelas (Pyrex), spin coater, digital multimeter (SINHWA DT9205A), Potentiostat (Core Sell CS 150), Spektrometri UV-Vis (Shimadzu), SEM EDX dan XRD.

Prosedur Penelitian

Penelitian ini diawali preparasi larutan, sintesis Cu₂O dengan larutan Fehling dan asam askorbat sebagai pereduksi, pembuatan lapis tipis Cu₂O dengan metode spin coating, kemudian dilanjutkan dengan annealing pada suhu 400°C. Setelah proses annealing, dilakukan karakterisasi dan pengukuran fotoelektrokimia.

Pembuatan Cu₂O. Pembuatan Cu₂O dilakukan dengan beberapa tahap, tahap pertama, yakni pembuatan serbuk Cu₂O dengan mereaksikan 50 mL CuSO₄ 1 M dengan 50 mL Fehling B yang terdiri atas K-Na tartrat dan NaOH dengan pengadukan selama 15 menit. Kemudian, dilakukan penambahan 50 mL askorbat dengan pengadukan selama 60 menit pada suhu 60°C pada konsentrasi antara lain C1 (konsentrasi lebih kecil dari Cu²⁺ atau konsentrasi askorbat sebesar 3%), C2 (konsentrasi sama dengan Cu²⁺, yakni 6%) dan C3 (konsentrasi lebih besar dari Cu²⁺, atau konsentrasi askorbat sebesar 9%) yang bertujuan untuk mengetahui pengaruh konsentrasi gula pereduksi terhadap kualitas semikonduktor Cu₂O. Tahap selanjutnya adalah penyaringan, pencucian dan pengovenan suhu 800°C selama 3 jam.

Pembuatan Lapis Tipis Cu₂O dengan Spin Coating. Serbuk Cu₂O yang telah didapatkan kemudian dilarutkan dalam minyak atsiri untuk dilanjutkan pada proses spin coating. Langkah selanjutnya adalah pembersihan kaca FTO berukuran 1 cm x 2 cm dengan 10 mL asam nitrat, aseton, etanol, dan akuades untuk menghilangkan pengotor. Kemudian dilakukan penetasan larutan Cu₂O diatas kaca FTO menggunakan metode spin coating dengan laju putar 500 rpm. Dilakukan evaporasi kaca setelah diberikan penetasan dengan dipanaskan pada hotplate selama 5 menit dengan temperature 100°C agar larutan Cu₂O



menempel. Setelah itu dilanjutkan tetes berikutnya hingga 50 kali penetesan. Setelah proses spin coating, dilanjutkan dengan annealing selama 60 menit pada suhu 400°C untuk menguapkan pengotor pada larutan Cu₂O.

Pengukuran Fotoelektrokimia. Pengukuran fotoelektrokimia menggunakan alat potensiostat dengan tiga elektroda. Cu₂O sebagai elektroda kerja, platina sebagai katoda dan Ag/AgCl sebagai elektroda referensi dalam larutan elektrolit 0,1 M natrium sulfat pH 9,0. Pengukuran dilakukan dengan potensial awal 0,5 V hingga potensial akhir 1,0 V vs Ag/AgCl dengan laju pemindaian 10 mV/s dalam kondisi dengan dan tanpa penyinaran menggunakan cahaya simulasi 1,5 AM (100 mW/cm²) setiap 5 detik. Pengukuran fotoelektrokimia terdiri dari pengukuran rapat arus, potensial onset, dan ABPE.

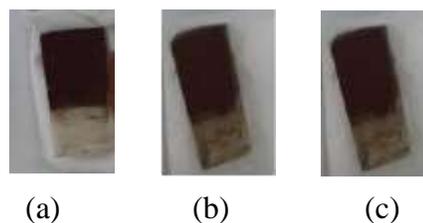
HASIL DAN PEMBAHASAN

Pembuatan semikonduktor lapis tipis Cu₂O dapat dilakukan dengan mereaksikan Fehling A dan B dengan asam askorbat menggunakan metode *spin coating*. Cu₂O pada penambahan asam askorbat C2 dihasilkan warna merah bata kuat dibandingkan pada konsentrasi askorbat dengan konsentrasi C1 maupun C3. Hal ini dapat disimpulkan bahwa tembaga akan tereduksi membentuk Cu₂O secara sempurna ketika penambahan konsentrasi asam askorbat saat equilibrium. Pada C1, warna nya lebih kecoklatan, karena kurangnya gula pereduksi sehingga pembentukan Cu₂O belum optimal. Sedangkan, pada C3 gula pereduksi terlalu banyak sehingga menyebabkan warna hasil sintesis berwarna oranye kekuningan. Dari hasil sintesis, didapatkan Cu₂O pada C1 memiliki rendemen 95,69%, rendemen Cu₂O pada C2 96,2% dan rendemen untuk Cu₂O pada C3 adalah 99,82%. Sehingga, rendemen paling banyak terdapat pada Cu₂O dengan penambahan askorbat lebih dari konsentrasi Cu²⁺.

Pembuatan lapis tipis semikonduktor Cu₂O dilakukan dengan metode *spin coating*

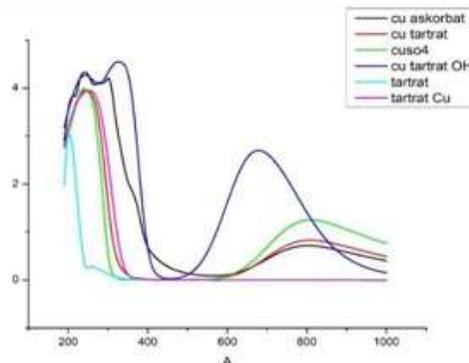
home made, yakni dengan kecepatan 500 rpm dengan melarutkan 100 mg Cu₂O hasil sintesis pada 2,5 mL minyak atsiri. Penambahan minyak atsiri berfungsi sebagai pelarut sehingga dapat menempelkan serbuk Cu₂O pada kaca FTO berukuran 1 cm x 2 cm yang sebelumnya telah dicuci dengan 10 mL asam nitrat, aseton, etanol dan akuades untuk menghilangkan pengotor. Kemudian, dilakukan proses spin coating dengan meneteskan 1 tetes larutan Cu₂O pada kaca FTO dengan kecepatan 500 rpm selama 15 detik.

Gambar 2. Hasil pelapisan semikonduktor pada FTO setelah annealing pada Cu₂O C1 (a); C2(b) dan C3 (c)



Analisis menggunakan spektrofotometri UV-Vis bertujuan untuk mengetahui pergeseran panjang gelombang antar reaktan dan interaksi yang terjadi antara satu reaktan dengan reaktan lain sehingga terjadi reaksi redoks yang dapat membentuk endapan Cu₂O. Hasil karakterisasi UV-Vis dapat dilihat pada Gambar 2. Akibat adanya pergeseran puncak, menyebabkan adanya reaksi pembentukan kompleks. Ion hidroksida menggantikan ion hidrogen dari ligan udara dan kemudian melekat pada ion tembaga.

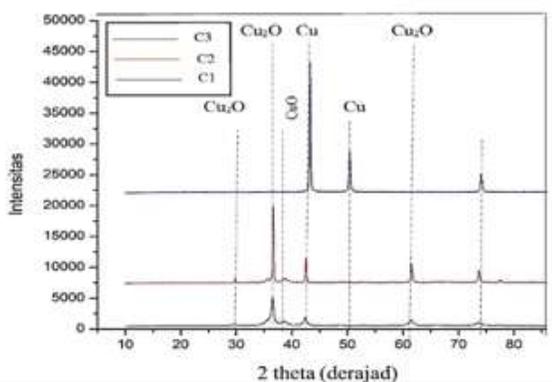
Gambar 3. Hasil karakterisasi UV-Vis





Struktur tembaga ditentukan melalui XRD. Gambar 4 menunjukkan pola XRD dari nanopartikel tembaga yang baru diproduksi dari sampel. Semua puncak difraksi dapat diindekskan dengan kristal kubus yang berpusat pada centre (Kartu JCPDS No. 85-1326), dan tidak ada bahwa nanokristalin Cu sangat berorientasi. Pada saat yang sama, tidak ada puncak karakteristik dari pengotor oksida yang dapat dideteksi. Ini menunjukkan bahwa tidak ada oksida tembaga yang terbentuk, dan hanya nanopartikel Cu murni dan CuO yang diperoleh dalam kondisi sintesis saat ini. Sedangkan, pada sintesis Cu₂O C1 (kurang dari equilibrium) dan C2 (pada saat equilibrium) dapat terlihat puncak dari Cu₂O.

Gambar 4. Hasil analisis XRD pada Cu₂O dengan konsentrasi askorbat C1 (hitam), C2(merah) dan C3 (biru)

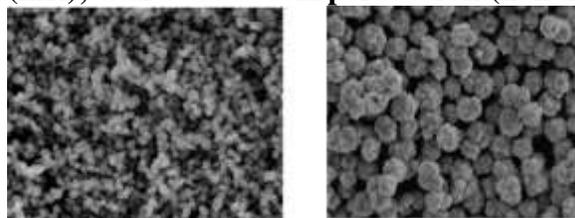


Analisis menggunakan XRD juga dapat digunakan untuk menghitung ukuran bulir rata-rata dari kristal yang terbentuk. Perhitungan ukuran bulir rata-rata didapatkan dari nilai FWHM (Full Width Half Maximum) Sesuai persamaan *Debye-Scherrer*, ukuran bulir kristal berbanding terbalik dengan nilai FWHM yaitu semakin besar nilai FWHM maka ukuran bulir kristal akan semakin kecil dan pola difraksi akan semakin besar, dan apabila nilai FWHM semakin kecil maka ukuran bulir kristal akan semakin besar dan pola difraksi semakin kecil. Hasil sintesis semikonduktor Cu₂O C3 menunjukkan ukuran bulir rata-rata adalah 17.55 nm. Sedangkan, Cu₂O C1 memiliki ukuran bulir rata-rata 38.99 nm dan pada Cu₂O

C2 menunjukkan ukuran ulir rata-rata 36.42 nm.

Hasil analisis SEM semikonduktor Cu₂O disajikan pada gambar 5. Hasil SEM menunjukkan morfologi dari permukaan Cu₂O C1 berbentuk kubus dengan panjang sisi. Pada Cu₂O C3 diketahui morfologi permukaan berbentuk *flower-like* yang lebih homogen.

Gambar 5. Cu₂O C1 3000 X perbesaran (kiri); Cu₂O C3 5000X perbesaran (kanan)



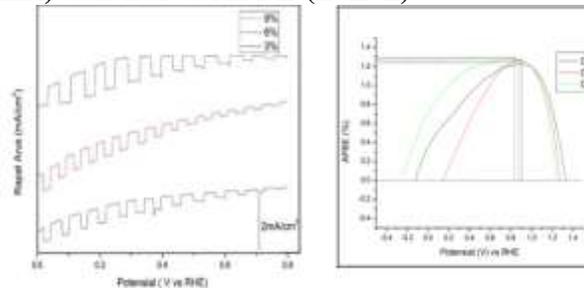
Karakterisasi dengan EDX digunakan untuk mengetahui komposisi unsur dari semikonduktor Cu₂O yang telah disintesis secara kuantitatif. Hasil analisis EDX dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil analisis EDX Semikonduktor Cu₂O

Unsur	Semikonduktor Cu ₂ O		
	C1 (%)	C2(%)	C3(%)
Cu	73,97	79.89	98,43
O	26,03	20.11	1,57

Pengukuran rapat arus dan potensial onset dilakukan dengan dan tanpa penyinaran setiap 5 detik dalam larutan Na₂SO₄ untuk mengetahui rapat arus sebenarnya pada aplikasi pemecahan air secara fotoelektrokimia. Hasil pengukuran rapat arus dalam larutan Na₂SO₄ disajikan dalam kurva J-V dan efisiensinya atau *Applied Bias Photon to Current Efficiency* (ABPE) dapat dilihat pada Gambar 6

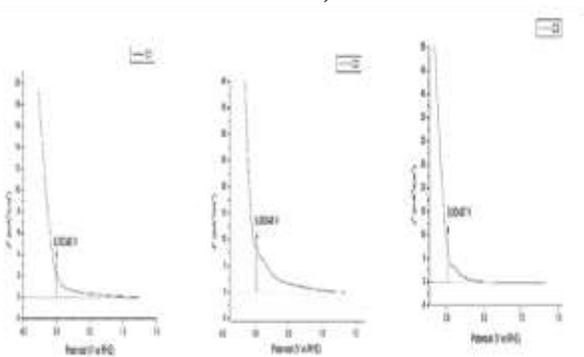
Gambar 6. Hasil pengukuran rapat arus (kiri) dan kurva ABPE (kanan)





Potensial *onset* mempengaruhi kinerja dari semikonduktor. Untuk dapat bekerja sebagai fotokatoda, harus mempunyai potensial *onset* lebih dari nol agar terjadi perpotongan antara potensial *onset* dan fotokatoda (*maximum operating current density*). Potensial onset Cu₂O C1, C2 dan C3 dapat dilihat pada Gambar 7.

Gambar 7. Kurva potensial onset semikonduktor Cu₂O dengan variasi konsentrasi askorbat C1; C2 dan C3



Dapat diketahui potensial pada semikonduktor Cu₂O dengan variasi penambahan konsentrasi larutan glukosa C1; C2 dan C3 secara berturut-turut adalah 0,00343 V; 0,00348 V dan 0,00487 V.

PENUTUP

Kesimpulan

Semikonduktor lapis tipis Cu₂O telah berhasil disintesis dengan metode spin coating. Hasil analisis difraksi sinar X menunjukkan bahwa sampel mengandung Cu₂O C1, C2 dan C3 menunjukkan ukuran bulir rata-rata secara berturut-turut adalah 38,99 nm; 36,42 nm dan 17,55 nm. Kemudian hasil analisis SEM EDX menunjukkan bahwa sampel mengandung unsur Cu dan O masing-masing sebesar 73,97%; 26,03%; 79,89% : 20,11% dan 98,43% : 1,57% serta morfologi berbentuk kubus dan *flower like*. Hasil arus foton pada penambahan konsentrasi C1, C2 dan C3 larutan askorbat secara berturut-turut sebesar 1.18; 1.69 dan 1.78 mA/ cm² pada 0.3 V vs RHE dan potensial onset yang dihasilkan pada penambahan konsentrasi C1, C2 dan C3 larutan askorbat secara berturut-turut sebesar 0,00343 V dengan

efisiensi 1,3 %; 0,00348 V dengan efisiensi 1,25 % V; dan 0,00487 V dengan efisiensi 1,28 % pada 0,011 V vs RHE

Saran

Penelitian dapat dikembangkan dengan mengaplikasikannya untuk pemisahan air pada reaktor yang lebih besar.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Sebastián, D., Suelves, I., Moliner, R., Lázaro, M. J., Stassi, A., Baglio, V., & Aricò, A. S. (2013). Optimizing the synthesis of carbon nanofiber based electrocatalysts for fuel cells. *Applied Catalysis B: Environmental*, 132, 22–27.
- [2] Septina, W., Prabhakar, R. R., Wick, R., Moehl, T., & Tilley, S. D. (2017). Stabilized solar hydrogen production with CuO/CdS heterojunction thin film photocathodes. *Chemistry of Materials*, 29(4), 1735–1743.
- [3] Choi, D. J., Kim, J.-K., Seong, H., Jang, M.-S., & Kim, Y.-H. (2015). The formation of Cu₂O nanoparticles in polyimide using Cu electrodes via chemical curing, and their application in flexible polymer memory devices. *Organic Electronics*, 27, 65–71. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.orgel.2015.09.007>
- [4] Vequizo, J. J. M., Zhang, C., & Ichimura, M. (2015). Fabrication of Cu₂O/Fe–O heterojunction solar cells by electrodeposition. *Thin Solid Films*, 597, 83–87.
- [5] Luo, Y., Huang, Q., Li, B., Dong, L., Fan, M., & Zhang, F. (2015). Synthesis and characterization of Cu₂O–modified Bi₂O₃ nanospheres with enhanced visible light photocatalytic activity. *Applied Surface Science*, 357, 1072–1079.
- [6] Izaki, M., Saito, T., Ohata, T., Murata, K., Fariza, B. M., Sasano, J., Shinagawa, T., & Watase, S. (2012). Hybrid Cu₂O Diode with Orientation-Controlled C60 Polycrystal. *ACS Applied Materials*



- Interfaces*, 4(7), 3558–3565. <https://doi.org/10.1021/am3006093>
- [7] Zhang, Z., Zhang, S., Liu, S., Wang, M., Fu, G., He, L., Yang, Y., & Fang, S. (2015). Electrochemical aptasensor based on one-step synthesis of Cu₂O aptamer nanospheres for sensitive thrombin detection. *Sensors and Actuators B: Chemical*, 220, 184–191.
- [8] Hsu, C.-L., Tsai, J.-Y., & Hsueh, T.-J. (2016). Ethanol gas and humidity sensors of CuO/Cu₂O composite nanowires based on a Cu through-silicon via approach. *Sensors and Actuators B: Chemical*, 224(C), 95–102. <https://doi.org/10.1016/j.snb.2015.10.018>
- [9] Kaviyarasan, K., Anandan, S., Mangalaraja, R. V., Sivasankar, T., & Ashokkumar, M. (2016). Sonochemical synthesis of Cu₂O nanocubes for enhanced chemiluminescence applications. *Ultrasonics Sonochemistry*, 29, 388–393.
- [10] Valvo, M., Rehnlund, D., Lafont, U., Hahlin, M., Edström, K., & Nyholm, L. (2014). The impact of size effects on the electrochemical behaviour of Cu₂O-coated Cu nanopillars for advanced Li-ion microbatteries. *Journal of Materials Chemistry A*, 2(25), 9574–9586.
- [11] Mahmood, J., Li, F., Jung, S.-M., Okyay, M. S., Ahmad, I., Kim, S.-J., Park, N., Jeong, H. Y., & Baek, J.-B. (2017). An efficient and pH-universal ruthenium-based catalyst for the hydrogen evolution reaction. *Nature Nanotechnology*, 12(5), 441.
- [12] Kouti, M., & Matouri, L. (2010). *Fabrication of nanosized cuprous oxide using fehling's solution.* [13]Zahmakiran, M., & Ozkar, S. (2009). Zeolite-confined ruthenium (0) nanoclusters catalyst: record catalytic activity, reusability, and lifetime in hydrogen generation from the hydrolysis of sodium
- [13] Arora, P., Singh, A. P., Mehta, B. R., & Basu, S. (2017). Metal doped tubular carbon nitride (tC₃N₄) based hematite photoanode for enhanced photoelectrochemical performance. *Vacuum*, 146, 570–577
- [14] Gopalakrishnan, K., Ramesh, C., Rangunathan, V., & Thamilselvan, M. (2012). Antibacterial activity of Cu₂O nanoparticles on *E. coli* synthesized from *Tridax procumbens* leaf extract and surface coating with polyaniline. *Digest Journal of Nanomaterials and Biostructures*, 7(2), 833–839.
- [15] Noh, H.-B., Lee, K.-S., Chandra, D. P., Won, M.-S., & Shim, Y.-B. (2013). Application of a Cu-Co alloy dendrite on glucose and hydrogen peroxide sensors. *Electrochimica Acta*, 61, 36–43. <https://doi.org/10.1016/j.electacta.2011.11.066>
- [16] Pehlivan, F. E. (2017). Vitamin C: An antioxidant agent. *Vitamin C*, 23–35.
- [17] Luurtsema, G. A. (1997). *Spin coating for rectangular substrates.* University of California Berkeley. Application Development for Skin Disease Using Backpropagation Neural Network Technique, *Journal of Information Technology*, vol 18, hal 152-159.
- [18] Hofmann, P. (2015). *Solid state physics: an introduction.* John Wiley & Sons
- [19] Serin, N., Serin, T., Horzum, Ş., & Celik, Y. (2005). Annealing effects on the properties of copper oxide thin films prepared by chemical deposition. *Semiconductor Science and Technology*, 20(5), 398.
- [20] I. N. Khamidah, M. C. Djunaidi, and K. Khabibi, "Pemanfaatan Kitosan Termodifikasi Asam Askorbat Sebagai Adsorben Ion Logam Kobalt (II) dan Nikel (II), (2017), " *Jurnal Kimia Sains dan Aplikasi*, vol. 14, no. 1, pp. 21-25, Apr. 2011.



-
- [21] Uemura, Y., Kido, D., Koide, A., Wakisaka, Y., Niwa, Y., Nozawa, S., Ichiyangi, K., Fukaya, R., Adachi, S., & Katayama, T. (2017). Capturing local structure modulations of photoexcited BiVO₄ by ultrafast transient XAFS. *Chemical Communications*, 53(53), 7314–7317.



HALAMAN INI SENGAJA DIKOSONGKAN