

SINTESIS DAN KARAKTERISASI NANOPARTIKEL CDSE QUANTUM DOTS (QDS)

Eka Suarso

Abstrak: Nanopartikel CdSe quantum dots (QDs) memiliki potensi aplikasi yang luar biasa ketika ukuran strukturnya berubah dari mikro menjadi nano. Pada penelitian ini, proses sintesis nanopartikel CdSe QDs dilakukan dengan menggunakan teknik sintesis kimia sederhana, melalui pemberian doping atom tembaga (Cu) dari larutan $\text{CuCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ kedalam material CdSe dan dengan memodifikasi larutan. Nanopartikel CdSe QDs yang dihasilkan bersifat aman (tidak beracun), murah, dan ramah lingkungan. Selanjutnya Nanopartikel CdSe QDs dikarakterisasi oleh spektrum ultraviolet-visibel (UV-Vis), fotoluminesensi (PL), dan X-ray diffraction (XRD). Nanopartikel CdSe yang diperoleh menunjukkan sifat PL yang baik, yaitu monodisperse, ukuran-dapat berubah dan memiliki sifat kristalinitas tinggi. Sedangkan nanopartikel CdSe QDs yang disintesis dengan doping Cu menunjukkan efek ukuran kuantum yang kuat, dengan ukuran partikel 1,2 nm dan menunjukkan warna emisi yang berbeda mencakup keseluruhan rentang cahaya tampak spectrum elektromagnetik dari biru hingga merah. Celah pita nanopartikel CdSe yang berdoping Cu menunjukkan pergeseran ke arah merah (20 nm) untuk 22,9 % doping Cu. Data XRD dari CdSe murni dan nanopartikel CdSe yang berdoping Cu menunjukkan dua puncak yang lebar pada $27,01^\circ$ dan pada $45,84^\circ$. Spektrum XRD dari nanopartikel CdSe yang disintesis melalui modifikasi larutan pada suhu 240°C adalah berbentuk kubik, sedangkan pada suhu 300°C berbentuk heksagonal. Ukuran kristalit nanopartikel CdSe yang diperoleh berkisar antara 26-92 nm.

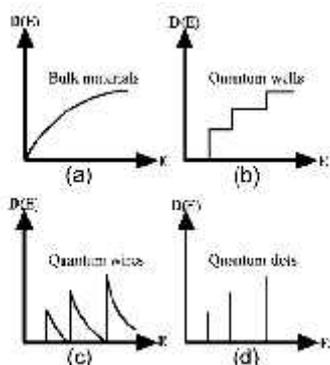
Kata kunci: Nanopartikel CdSe quantum dots (QDs), spektrofotometer ultraviolet-visibel (UV-Vis), fotoluminesensi (PL), X-ray diffraction (XRD)

Nanomaterial merupakan sebuah objek kajian baru dalam divais material, yang membuat para peneliti berusaha mengembangkan nanomaterial menjadi teknologi tepat guna. Bidang yang sedang berkembang belakangan ini adalah perubahan struktur mikro menjadi struktur nano. Dengan perubahan struktur diharapkan mampu memberikan perubahan yang signifikan terhadap perkembangan aplikasi industri

terutama dalam bidang elektronika, farmasi, kedokteran dan pertanian. Quantum Dots (QDs), yang dikenal juga sebagai nanokristal merupakan struktur nano semikonduktor yang membatasi gerakan elektron dalam ketiga arah spasial menuju sebuah daerah kecil semisal titik. Diameter titik-titik tersebut berukuran sekitar 2 sampai 10 nanometer, dengan keseluruhan titik mencakup 100 hingga 100.000 atom-

¹Staff Pengajar Program Studi Fisika FMIPA UNLAM

atom individu [1]. QDs adalah material semikonduktor, yang terdiri dari kelompok kristal periodik dari golongan II-VI, III-V, atau golongan IV-VI dalam sistem periodik unsur. Perubahan konduktivitas mereka dalam kaitannya dengan rangsangan eksternal seperti panas, cahaya, ataupun tegangan membuat material QDs memiliki sifat seperti halnya semikonduktor pada umumnya, yaitu sangat tergantung pada celah pita. Celah pita menentukan berapa banyak energi yang dibutuhkan untuk memindahkan elektron dari pita valensi ke pita konduksi [2]. QDs atau atom buatan (*artificial atomic*) memiliki ukuran yang hampir sama dengan atom tunggal, yaitu dalam orde nanometer. Hal ini menyebabkan QDs memiliki sifat-sifat yang menyerupai sifat sebuah atom, seperti efek terobosan, rapat keadaan, dan tingkatan-tingkatan energi.

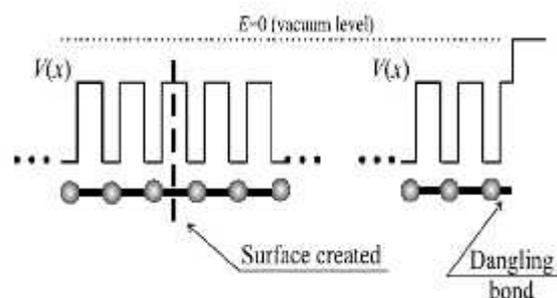


Gambar 1. Rapat keadaan elektronik $D(E)$ pada (a) material bulk, (b) *quantum wells*, (c) *quantum wires*, dan (d) *quantum dot*.

Gambar 1 menunjukkan rapat keadaan elektronik $D(E)$ dari material QDs jika dibandingkan dengan bentuk material lainnya [1].

Terdapat 2 fenomena penting yang mempengaruhi sifat dan karakter dari QDs, yaitu:

- a. "High dispersity" dari sistem kristal nano yang terjadi jika jumlah atom di permukaan sebanding dengan jumlah atom di dalam kisi-kisi kristal. Bila ukuran kristal mengecil hingga ke ukuran nanometer, rasio antara jumlah atom di permukaan dan yang berada di dalam kristal akan meningkat. Perubahan struktur atom mengakibatkan munculnya pita energi baru di dekat permukaan yang disebut keadaan permukaan. Keberadaan "keadaan permukaan" mengakibatkan terjadinya ketidakperiodikan dan perubahan susunan atom permukaan seperti pada Gambar 2.[3]



Gambar 2. Perubahan pada potensial elektron $V(x)$ pada rekonstruksi permukaan.

Fenomena lain yang terjadi ketika kristal mengecil ke ukuran nano adalah penurunan titik lebur. Semakin kecil ukuran kristal nano, maka makin besar kontribusi yang berasal dari energi permukaan terhadap seluruh energi sehingga penurunan titik lebur akan lebih besar [4].

- b. Peristiwa pengungkungan kuantum pada metal dan semikonduktor. Peristiwa ini merupakan istilah untuk pemisahan pita valensi dan konduksi yang muncul akibat ukuran nanopartikel sebanding dengan panjang gelombang de Broglie dari pembawa muatan. Pada semikonduktor, kuantisasi juga bergantung pada massa efektif (m^*) pembawa muatan.

Tingkat energi QDs dapat diprediksi dengan model partikel dalam kotak. Berhubung pembawa muatan dalam QDs mengalami pengungkungan tiga dimensi, maka tingkat energinya dapat dijelaskan dengan model sumur potensial tak hingga 3-dimensi berupa segi empat, seperti berikut:

$$E_{well,3D(cube)} = 3 \times E_{well,1D} = \frac{3h^2}{8md^2} \quad (1)$$

Jika model sumur potensialnya diasumsikan berbentuk bola dengan

diameter d , maka persamaan Schrödinger dapat diselesaikan dalam koordinat bola dengan memisahkan parameter jari-jari dan momentum sudut. Tingkat energi terendah (momentum sudut = 0) didefinisikan sebagai:

$$E_{well,3D(sphere)} = \frac{h^2}{2md^2} \quad (2)$$

Dalam semikonduktor QDs, persamaan celah energi, E_g (QD) memiliki beberapa suku yaitu celah energi, $E_{g(bulk)}$, energi pengungkungan untuk pembawa muatan, E_{well} , dan energi Coulomb dari interaksi elektron-hole, E_{Coul} [5]:

$$E_{g(QD)} = E_{g(bulk)} + E_{well} + E_{Coul} \quad (3)$$

Suku kedua dalam Persamaan (3) dapat ditulis:

$$E_{well} = E_{well(e^-)} + E_{well(h^+)}$$

atau
$$E_{well} = \frac{h^2}{2\mu d^2};$$

dengan
$$\frac{1}{\mu} = \frac{1}{m_e} + \frac{1}{m_h}$$

(4)

Untuk partikel yang besar (bulk: $d \rightarrow \infty$) E_{well} akan menuju nol. Suku ketiga, energi Coulomb dituliskan sebagai:

$$E_{Coul} = -1.8 \frac{e^2}{2\pi \epsilon \epsilon_0 d} \quad (5)$$

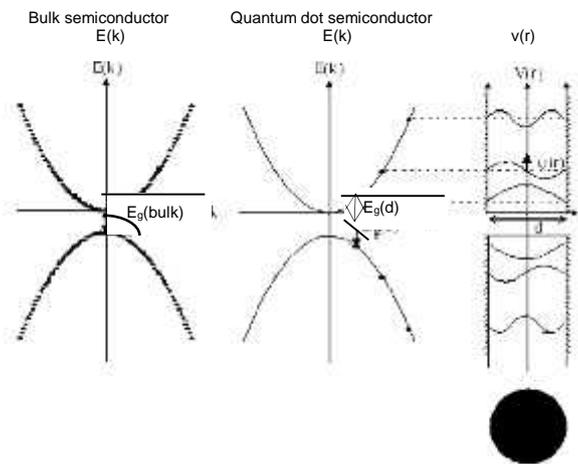
Suku ini dapat sangat menentukan karena jarak rata-rata

antara elektron dan “hole” dalam QDs sangatlah kecil, sehingga dengan mensubstitusi persamaan (4) dan (5) ke dalam (3), didapatkan:

$$E_g(dot) = E_g(bulk) + \frac{\hbar^2}{2\mu d^2} - 1.8 \frac{e^2}{0d} \quad (6)$$

Persamaan (6) menunjukkan bahwa QDs memiliki energi yang lebih

semikonduktor biasa adalah kuasi-kontinu, setiap titik pada pita energi mewakili satu keadaan, sedangkan semikonduktor QDs elektron terkungkung pada ruangan yang sangat kecil [6].



Gambar 3. Pembawa muatan bebas dalam semikonduktor bulk dan kuantum titik (QDs)

Gambar 3 menunjukkan pembawa muatan yang terkungkung oleh sumur potensial tak hingga dengan lebar d yang sesuai dengan diameter QDs. Pada QDs keadaan yang diperbolehkan adalah gelombang berdiri dengan amplitudo nol pada batas sumur potensial. Terlihat bahwa keadaan dasar elektron pada QDs memiliki energi lebih besar daripada bulk dengan tingkat energinya bersifat diskrit.

Cadmium selenide (CdSe) adalah material *quantum dot* dengan struktur kristal *wurtzite* yang

merupakan jenis semikonduktor II-VI. Semikonduktor CdSe memiliki band gap sekitar 1.74 eV pada suhu 300 K. Quantum dots (QDs) semikonduktor CdSe adalah material yang terjadi sebagai akibat adanya keadaan quantum atau disebabkan oleh efek pembatasan quantum yang menunjukkan suatu variasi warna yang berbeda ukuran, yang mana hampir menutupi keseluruhan daerah tampak. Material CdSe sering digunakan dalam bentuk nanomaterial (1-100 nm), sebab QDs CdSe dalam ukuran nano akan memperlihatkan efek

183 Jurnal Fisika FLUX, Vol. 10, No. 2, Agustus, 2013 (179-191)

pengurangan quantum (*quantum confinement effect*). Efek pengurangan

kuantum dikarenakan elektron di dalam material terkurung di dalam volume yang sangat kecil, dan bergantung kepada ukuran struktur yang terbentuk. Dengan demikian, sifat-sifat material CdSe dapat diatur bergantung ukuran [7].

METODE PENELITIAN

Penelitian ini bersifat eksperimental yang dilaksanakan di Laboratorium Fisika Universitas Lambung Mangkurat.

Pembuatan (Fabrikasi) Nanopartikel CdSe QDs

Langkah pertama dengan mengadopsi metode yang lazim digunakan, prosesnya sebagai berikut: QDs CdSe dipreparasi dengan menggunakan kadmium dimetil ($\text{Cd}(\text{CH}_3)_2$) atau CdO sebagai prekursor kadmium. Secara singkat QDs CdSe monodispersi diperoleh dengan mereaksikan prekursor kadmium dengan *trioctylphosphine selenide* dalam *trioctylphosphine oxide* (TOPO) pada temperatur 230°-310°C.

Langkah berikutnya adalah memperoleh nanopartikel CdSe QDs yang aman (tidak beracun), murah, dan ramah lingkungan yang dapat melalui 2

cara, yaitu cara pertama menggunakan teknik sintesis kimia sederhana, yaitu dengan memberikan doping atom tembaga (Cu) dari larutan $\text{CuCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ke dalam material CdSe, sehingga akan menghasilkan nanopartikel CdSe berdoping Cu. Proses ini memerlukan sejumlah $\text{CuCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ (x mmol) dan $(\text{CH}_3\text{COO})_2\text{Cd} \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ (2.2-x mmol) yang dilarutkan ke dalam 150 mL N,N *dimetil formamida* (DMF) untuk memperoleh konsentrasi doping yang berbeda. *Mercaptoethanol* (1,5 mL) ditambahkan ke dalam larutan, dan kemudian disiapkan larutan *natrium selenite* yang telah ditambahkan air suling setetes demi setetes selama hampir 5 menit. Larutan yang dihasilkan direfluks selama 3 jam agar menjadi bubuk (*powder*). Selanjutnya bubuk dicuci berulang kali dengan *methanol* dan dikeringkan dalam vakum [8].

Cara kedua memodifikasi larutan, sehingga diperoleh pelarut baru dengan titik didih tinggi; dengan langkah-langkah sebagai berikut: campuran 0,4 mmol CdO dan 2 mL OA dipanaskan sampai 150 °C di bawah Ar untuk mendapatkan persediaan larutan Cd yang jelas secara optik. Persediaan larutan Se dipersiapkan di dalam kotak sapu tangan (*glovebox*) dengan melarutkan 0,4 mmol *selenium* kedalam 1,5 mL TOP. Persediaan larutan Cd

dan Se dicampur dalam sebuah *glovebox*. 20 mL pelarut A dipanaskan di bawah aliran Ar sampai 240 °C, dan campuran persediaan larutan itu disuntikkan dengan cepat ke dalam pelarut A yang panas. Setelah injeksi, Suhu dijaga pada 230 °C untuk pertumbuhan Nanopartikel CdSe [9].

Prosedur Sintesis Nanopartikel CdSe

Larutan deposisi kimia dipersiapkan dengan cara mencampurkan larutan *Cadmium Nitiloacetate* dengan larutan *selenosulfat*. Larutan *Cadmium Nitiloacetate* dibuat dengan mengencerkan 0,5M CdSO₄ dan air, menambahkan 0,7 M larutan asam pottasium nitriiloastatik (K₃NTA). Larutan *selenosulfat* dibuat dengan cara mengaduk 0.2M Se dan 0.5M Na₂SO₃ pada suhu 70°C selama beberapa jam, membentuk foramsi Na₂SeSO₃. Prosedur terakhir, Lapisan deposisi kemudian ditempatkan pada pengontrol termal '*water bath*', pada temperatur 10 hingga 80°C dalam ruang gelap. Waktu deposisi bervariasi dari 10 jam hingga beberapa hari.

Pengujian spektrum serapan dengan spektroskopi UV-Vis

Nanopartikel CdSe QDs yang telah dibuat di atas kaca preparat

kemudian di ukur spektrum absorpsi optiknya dengan spektrofotometer UV-Vis dengan variasi terhadap ketebalan lapisan tipis. Selanjutnya lakukan analisa puncak serapan dengan metode permodelan Bruss dan Gauss fitting, maka ukuran nanopartikel CdSe QDs dapat ditentukan. Spektrofotometer UV-Vis dapat digunakan pula untuk menentukan lebar celah pita dari nanopartikel CdSe. Berdasarkan lebar celah tersebut, maka dapat dianalisis spektrum absorpsi dan luminesensi, sehingga sifat optik dari nanopartikel CdSe tersebut dapat diketahui.

Uji Karakterisasi dengan Difraksi Sinar-X

Struktur nanopartikel ditentukan dari analisis XRD yang dilakukan dengan difraktometer sinar-X menggunakan sumber sinar-X Cu. Serbuk nanopartikel CdSe yang terkumpul disebar pada substrat kaca dan data XRD disusun dengan langkah modus scan. Sampel dipreparasi dengan menyimpan film tipis dari masing-masing larutan pada wafer silicon.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pembentukan Pelarut Baru Alternatif untuk Sintesis

Melalui metode modifikasi larutan diperoleh hasil untuk pelarut baru A yang merupakan material pengganti dari rute TOP-TOPO untuk mensintesis nanopartikel CdSe. Pelarut baru ini merupakan suatu

bahan kimia yang bersifat ramah lingkungan dengan titik didih tinggi. Adapun perbandingan sifat titik beku, titik didih dan biaya untuk pelarut A terhadap pelarut lain ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1 Perbandingan pelarut yang digunakan untuk sintesis Nanopartikel CdSe

Pelarut	Titik beku (°C)	Titik didih (°C)	Biaya (US\$/Liter)
TOPO	52	>360	158
ODE	18	315	23
DTA	12	257	3
T66	6	359	10
Pelarut baru A	~ kurang dari 53	~386	<2

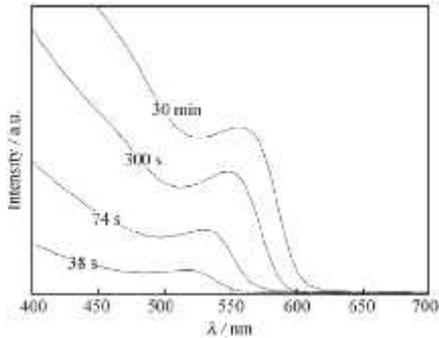
Berdasarkan data pada Tabel 1, pelarut baru hasil modifikasi memiliki berbagai kelebihan jika dibandingkan dengan rute TOPO atau material-material pengganti lainnya milik Asokan dkk., seperti oktadesin (ODE) dan cairan perpindahan panas DTA/T66, baik dari segi sifat maupun biaya. Kelebihan pelarut baru A dari segi biaya jauh lebih murah daripada DTA maupun T66. Pelarut baru A juga dapat mengurangi kesulitan operasi serta meminimalisir pencemaran dari sintesis. Disamping itu, pelarut baru A merupakan cairan yang aman dengan volatilitas yang sangat rendah serta dapat ditimbang dan dipindahkan dengan aman dan nyaman. Keuntungan lain dari proses modifikasi larutan ini adalah tidak hanya mengurangi biaya dan

pencemaran dari sintesis, tetapi juga membuat operasi jauh lebih sederhana.

Hasil Sintesis Nanopartikel CdSe QDs dengan Pelarut Baru

Warna larutan berubah secara cepat dari kuning menjadi oranye, lalu menjadi merah dan kemudian menjadi merah gelap segera setelah larutan baku disuntikkan. Sampel untuk spektroskopi UV-Vis telah dilakukan pada berbagai interval sesudah injeksi. Gambar 4 menyajikan perubahan sementara dari posisi puncak absorpsi pertama nanopartikel CdSe akibat ledakan dari pembentukan inti (nukleasi). Posisi puncak absorpsi pertama nanopartikel CdSe adalah bergantung terhadap ukuran. Akibatnya, hal ini menunjukkan

peningkatan ukuran nanopartikel CdSe akibat injeksi larutan baku.

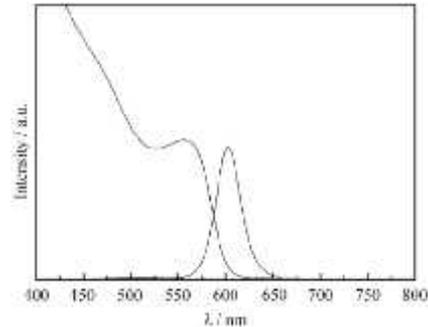


Gambar 4. Perubahan sementara spectral UV-Vis nanopartikel CdSe

Hasil Uji Karakterisasi UV-Vis Nanopartikel CdSe yang Disintesis dengan Pelarut Baru A

Sampel diambil setelah 5 menit injeksi dan dikarakterisasi dengan spektrofotometer PL. Gambar 5 melukiskan spektrum PL ternormalisasi. Hasilnya menunjukkan bahwa sifat emisi PL sangat baik sebagai preparasi nanopartikel CdSe. Pergeseran warna merah dari puncak PL yang telah ditemukan selanjutnya dibandingkan dengan puncak serapan UV-Vis. Pergeseran ini adalah akibat dari

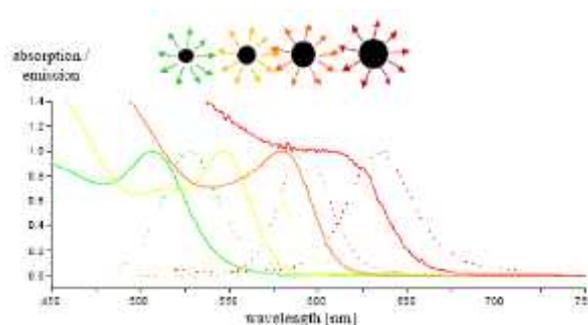
kombinasi relaksasi ke dalam keadaan perangkap dangkal yang sebagian besar disebabkan oleh pelapisan permukaan yang kurang sempurna.



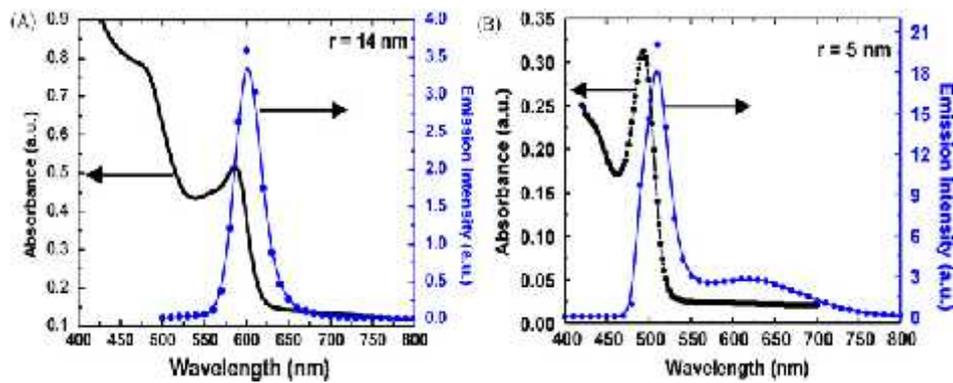
Gambar 5. Spektrum UV-Vis dan PL ternormalisasi dari nanopartikel CdSe setelah injeksi 5 menit

Hasil Uji Karakterisasi UV-Vis untuk CdSe Murni dan Nanopartikel CdSe yang Berdoping Atom Cu

Gambar 6 menunjukkan serapan (absorbansi) dan fluoresensi (intensitas) nanopartikel CdSe QDs dengan beda ukuran (diameter). QDs yang lebih kecil mengalami pergeseran spektrum serapan dan luminesensi ke arah panjang gelombang yang lebih pendek jika dibandingkan dengan QDs yang lebih besar dan bulk.



Gambar 6. Serapan (garis) dan emisi (garis titik) spektra dari kuantum titik CdSe yang berbeda ukuran. Puncak serapan untuk kristal nano berdiameter 2.3/ 3.8/ 4.0/ 4.6 nm pada 507/ 547/ 580/ 605 nm, ditunjukkan warna hijau/kuning/jingga/merah; fluoresen pada 528/ 570/ 592/ 637 nm.

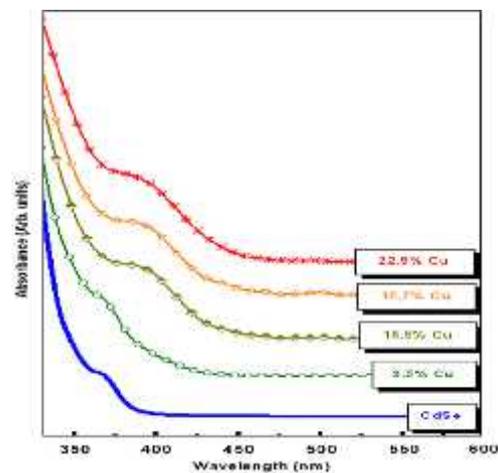


Gambar 7. Intensitas spektrum serapan dan emisi nanopartikel CdSe murni dengan ukuran jari-jari (A) $r = 14$ nm dan (B) $r = 5$ nm

Gambar 7 (A dan B) memperlihatkan profil intensitas penyerapan dan emisi dari nanopartikel murni CdSe dengan ukuran jari-jari 14 nm dan 5 nm. Hal ini menunjukkan efek ukuran kuantum yang kuat, dimana untuk nanokristal CdSe dengan ukuran jari-jari lebih kecil ($r = 5$ nm), fitur absorpsinya dikenal dengan monodispersitas, sedangkan untuk nanokristal CdSe dengan ukuran jari-jari lebih besar ($r = 14$ nm), fitur absorpsinya dinamakan polidispersitas.

Spektrum absorpsi UV-Vis untuk CdSe murni dan nanopartikel CdSe yang berdoping Cu ditunjukkan pada Gambar 8. Diperoleh hasil terbaik absorpsi nanopartikel CdSe pada panjang gelombang 362 nm (setara dengan energy 3,43 eV). Jika dibandingkan dengan bentuk bulk, dimana panjang gelombang 711 nm ($\sim 1,74$ eV) terjadi pergeseran ke arah biru, sebab adanya pengurungan kuantum. Ukuran partikel nanopartikel

CdSe yang dihitung dengan model ikatan rapat [10-12] adalah 1,2 nm.



Gambar 8. Spektrum UV-Vis dari CdSe dan nanopartikel CdSe yang berdoping Cu dengan konsentrasi doping berbeda

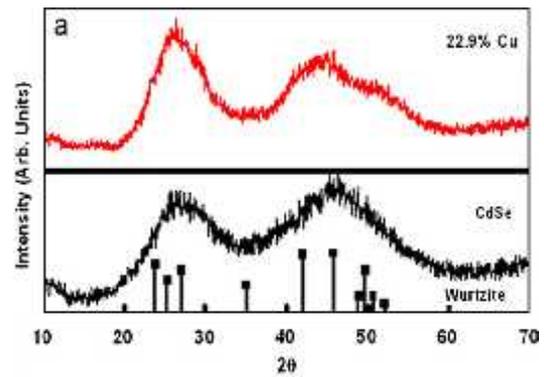
Celah pita nanopartikel CdSe yang berdoping Cu menunjukkan pergeseran ke arah merah (20 nm) untuk 22,9 % doping Cu. Penurunan celah pita nanopartikel dengan peningkatan konsentrasi Cu dapat dipahami sebagai berikut: celah pita bulk Cu_2Se adalah 1,1 eV yang lebih kecil jika dibandingkan dengan celah pita bulk CdSe 1,74 eV. Dengan demikian, peningkatan konsentrasi Cu

akan mengakibatkan penurunan celah pita. Sampel film CdSe dan CdSe berdoping Cu pada substrat silicon ketika disinari dengan cahaya UV menunjukkan warna emisi yang berbeda mencakup keseluruhan rentang cahaya tampak spectrum elektromagnetik dari biru hingga merah.

Ukuran jari-jari nanopartikel CdSe dapat ditentukan dengan mengevaluasi pergeseran warna biru dari spektrum serapan yang sesuai terhadap celah pita energi CdSe sebagai konsekuensi efek kungkungan kuantum.

Hasil Pengukuran XRD Nanopartikel CdSe yang Disintesis Doping Atom Cu

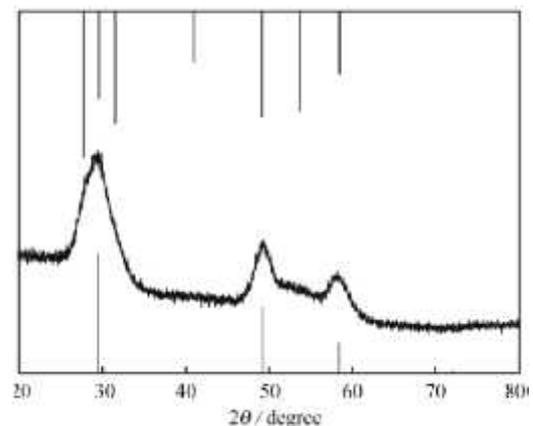
Analisis XRD dilakukan untuk memeriksa struktur kristal (*crystallites*) dari CdSe murni dan nanopartikel CdSe yang berdoping Cu. Pola-pola XRD dari nanopartikel CdSe ditunjukkan pada Gambar 9(a) berhubungan dengan posisi puncak untuk struktur wurtzite CdSe. Data XRD dari CdSe murni dan nanopartikel CdSe yang berdoping Cu menunjukkan dua puncak yang lebar pada $\sim 27,01^\circ$, ini disebabkan kekusutan bidang (100), (002), (101) dan pada $\sim 45,84^\circ$, ini disebabkan kekusutan bidang (110), (103).



Gambar 9. Pola-pola XRD dari CdSe dan nanopartikel CdSe yang berdoping Cu dengan posisi puncak dari struktur wurtzite standar

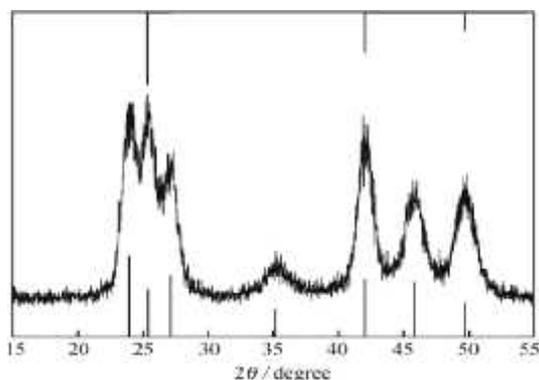
Hasil Pengukuran XRD Nanopartikel CdSe yang Disintesis Pelarut Baru A

Nanopartikel CdSe QDs yang diperoleh dari hasil sintesis pelarut baru A, kemudian dikarakterisasi dengan difraksi sinar-X (XRD) yang memiliki panjang gelombang 1,54 Å. Semua pengukuran pada karakterisasi ini dilakukan pada temperatur ruang. Gambar 10 memperlihatkan spektrum XRD dari nanopartikel CdSe yang disintesis pada suhu 240 °C.



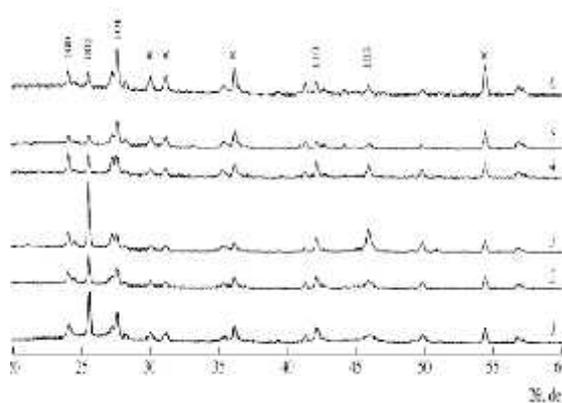
Gambar 10. Spektrum XRD dari Nanopartikel CdSe yang telah diperoleh dari pelarut A pada 240 °C

Temperatur secara signifikan dapat mempengaruhi struktur kristal dari nanopartikel CdSe dalam sistem reaksi yang menggunakan pelarut baru A. Sampel nanopartikel CdSe yang telah disintesis pada temperatur berbeda dikarakterisasi dengan XRD. Garis yang berada pada bagian atas dan bawah Gambar 10 masing-masing adalah spektrum standar XRD untuk wurtzite dan campuran seng CdSe. Apabila dibandingkan dengan spektrum standar (CdSe murni), spektrum XRD dari nanopartikel CdSe yang telah disintesis pada suhu 240 °C adalah berbentuk campuran seng (kubik). Garis tebal dari spektrum XRD menunjukkan bahwa partikel benar-benar berukuran nano. Gambar 11 menunjukkan spektrum XRD dari Nanopartikel CdSe yang telah disintesis pada 300 °C.



Gambar 11. Spektrum XRD dari nanopartikel CdSe yang telah diperoleh dari pelarut A pada 300 °C

Berdasarkan spektrum standar (CdSe murni), hal itu dapat diketahui bahwa struktur kristal nanopartikel CdSe yang diperoleh pada temperatur 300°C adalah wurtzite (heksagonal). Hasil penelitian, menyatakan bahwa struktur campuran seng nanopartikel CdSe murni diperoleh ketika suhu lebih rendah dari 250 °C, dan struktur wurtzite diperoleh pada 300 °C atau lebih tinggi. Ini bisa berguna untuk mengontrol struktur kristal dari nanopartikel CdSe melalui pengaturan temperatur. Gambar 12 memperlihatkan pola XRD nanopartikel CdSe yang diukur untuk berbagai variasi temperatur.



Gambar 12. Pola XRD dari nanopartikel CdSe yang diukur pada temperatur: (1) 300, (2) 350, (3) 400, (4) 500, (5) 550, dan (6) 600°C

Ukuran diameter kristalit nanopartikel CdSe dapat dihitung dengan rumus Scherrer:

$$D = \frac{\lambda}{4 \sin \theta} \quad (17)$$

di mana λ adalah panjang gelombang sinar X yang digunakan, θ_B adalah sudut Bragg, dan B adalah *full width at half maximum* (FWHM) dari puncak difraksi. Dalam hal ini dipilih puncak 103 karena daerah di sekitarnya relatif lebih rata, selain puncak ini tidak *overlap* dengan puncak-puncak lain. Dari hasil perhitungan, didapatkan kristalit mempunyai ukuran dalam orde puluhan nanometer, yaitu dalam rentang 26-92 nm. Ukuran kristalit membesar secara linear ketika temperatur deposisi substrat dinaikkan seperti diperlihatkan pada Tabel 2. Fenomena di atas dapat dijelaskan bahwa meningkatnya ukuran kristalit karena pengaruh meningkatnya temperatur deposisi substrat menunjukkan semakin sempurnanya struktur film.

Tabel 2. Ukuran kristalit dari film nanopartikel CdSe

t, °C	d (nm)
300	26
350	39
400	49
500	66
550	83
600	92

Proses deposisi sangat bergantung pada material substratnya. Film yang ditumbuhkan pada temperature 300-400°C ternyata memiliki kualitas yang sangat jelek, terlalu tipis dan tidak

homogen. Hal ini mungkin dikarenakan lemahnya ikatan dengan substrat.

KESIMPULAN

Pada penelitian ini, telah berhasil diperoleh nanopartikel CdSe QDs yang aman (tidak beracun), murah, dan ramah lingkungan melalui teknik sintesis kimia sederhana, dengan memberikan doping atom tembaga (Cu) dari larutan $\text{CuCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ kedalam material CdSe dan dengan memodifikasi larutan, sehingga diperoleh pelarut baru bertitik didih tinggi. Melalui proses modifikasi larutan ini, tidak hanya mengurangi biaya dan pencemaran dari sintesis, tetapi juga membuat operasi jauh lebih sederhana.

Menurut hasil karakterisasi uji UV-Vis, nanopartikel CdSe QDs yang disintesis dengan pelarut baru A adalah berbentuk ensemble monodispersi dengan sifat emisi PL yang sangat baik dan kristalinitas yang tinggi. Sedangkan nanopartikel CdSe QDs yang disintesis dengan doping Cu menunjukkan efek ukuran kuantum yang kuat, dengan ukuran partikel 1,2 nm dan menunjukkan warna emisi yang berbeda mencakup keseluruhan rentang cahaya tampak spectrum elektromagnetik dari biru hingga merah. Celah pita nanopartikel CdSe yang berdoping Cu menunjukkan pergeseran

ke arah merah (20 nm) untuk 22,9 % doping Cu.

Data XRD dari CdSe murni dan nanopartikel CdSe yang berdoping Cu menunjukkan dua puncak yang lebar pada $27,01^\circ$ dan pada $45,84^\circ$. Spektrum XRD dari nanopartikel CdSe yang disintesis dengan pelarut baru A pada suhu 240°C adalah berbentuk kubik, sedangkan pada suhu 300°C berbentuk heksagonal. Ukuran kristalit nanopartikel CdSe yang diperoleh berkisar antara 26-92 nm. Ukuran kristalit semakin besar ketika temperatur deposisi substrat dinaikkan.

DAFTAR PUSTAKA

1. Mikrajuddin, A., 2008, "Pengantar Nanosains", ITB. Bandung.
2. Sze, S. M., dan Ng, K. K., *Physics of Semiconductor Devices 3rd Edition*, John Wiley & Sons, New Jersey, 2007.
3. Krashennnikov dan Arkady V. Lecture 12. "Surfaces, STM and carbon nanotubes." Lecture notes, 2007.
4. Rama J. and Pino R. "Physical chemistry: energy band theory and quantum confinement." 15 August. 2007. <http://www.meliorum.com/Meliorum_Technologies_Physical_Chemistry.pdf>.
5. Yoffe A. D. "Low-dimensional systems: Quantum size effects and electronic properties of semiconductor microcrystallites (zero-dimensional systems) and some quasi-two-dimensional systems." *Advances in Physics*, 51 (2002): 799-890.
6. Parak W. J., Manna L., Simmel F. C., Gerion D., and Alivisatos P. "Chapter 2: Quantum dots." *Nanoparticles-from theory to applications*. Ed. G. Schmid. Wiley Verlag, 2004. 4-49.
7. Rio, S. Reka dan Masamori Iida, "Fisika dan Teknologi Semikonduktor." Pradnya Paramita : Jakarta, 1999.
8. Shashi B. Singh, Mukta V. Limaye, Niranjan P. Lalla, Sulabha K. Kulkarni, "Copper-ion-induced photoluminescence tuning in CdSe nanoparticles." *Journal of Luminescence* 128 (2008) 1909–1912.
9. XIE Chuang, CHEN Wei, WANG Jingkang, "A method to synthesize CdSe nanocrystals." *Front. Chem. Eng. China* 2007, 1(4): 377–380.
10. Nabok A. V., Hassan A. K., and Ray A. K. "Optical and electrical characterisation of polyelectrolyte self-assembled thin films." *Materials Science and Engineering C.*, 8-9 (1999): 505-508.
11. Parak W. J., Manna L., Simmel F. C., Gerion D., and Alivisatos P. "Chap 2: Quantum dots." *Nanoparticles-from theory to applications*. Ed. G. Schmid. Wiley Verlag, 2004. 4-49.
12. Peng Z A, Peng X., "Formation of high-quality CdTe, CdSe, and CdS Nanocrystals using CdO as precursor." *J. Am. Chem. Soc.*, 2001, 123(1): 183–184.

