SSN: 2614-6754 (print)
ISSN: 2614-3097(online)

Halaman 28851-28860
Volume 8 Nomor 2 Tahun 2024

Core Shell CdSe/ZnS Quantum Dots sebagai Probe Anti Kanker

Yolanda Augesta Sihombing[1], Deski Beri[2], Nelma Fadila[3]

[123]Departemen Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Padang
e-mail: yolandaaugesta02@gmail.com

Abstrak

Minimnya metoda deteksi dini kanker sehingga memperlambat proses pengobatan kanker yang mengakibatkan sel kanker dengan mudah berkembang ke jaringan organel sel lainnya. Dengan demikian seiring perkembangan teknologi, khususnya dibidang ilmu nanoteknologi berbasis core shell quantum dots yang pengaplikasiannya sangat dibutuhkan dimasa depan, khususnya dalam bidang biomedis yang digunakan sebagai probe anti kanker. Artikel ini bertujuan untuk menjelaskan karakterisktik yang dimiliki oleh Core Shell CdSe/ZnS serta pengaplikasiannya sebagai probe anti kanker. Core Shell CdSe/ZnS adalah salah satu struktur Core Shell nanopartikel yang terdiri dari inti (core) yang terbuat dari Selenide Cadmium (CdSe) dan lapisan penutup (Shell) yang terbuat dari Sulfida Seng (ZnS). Karakteristik Core Shell CdSe/ZnS yang memenuhi sebagai probe anti kanker, seperti ukuran dengan skala nanometer, sifat optik dan elektronik yang baik, fluoresensi yang kuat, toksisitas terkendali, kemampuan penyisipan untuk mengikat atau terikat pada molekul biologis, seperti antibodi dan peptida yang khusus untuk sel kanker sehingga menjadi alasan utama dapat dijadikan sebagai probe anti kanker. Pengembangan berbasis nanopartikel untuk mendeteksi kanker dengan spektroskopi fluoresensi yang komprehensif tentang probe nanopartikel yang digunakan untuk mendeteksi kanker secara in vitro dan in vivo melalui fluoresensi yang dihasilkan. Salah satu jenis probe nanopartikel, yaitu quantum dots yang dapat meningkatkan sensitivitas dan keserbagunaan metode deteksi berbasis fluoresensi. Meskipun Core shell Cdse/ZnS menunjukkan potensi yang menjanjikan dalam pengobatan kanker, penting untuk diketahui bahwa aplikasi biomedis ini masih dalam tahap penelitian dan pengembangan.

Kata kunci: *Quantum Dots, Core Shell, CdSe/ZnS, Probe Anti Kanker*

Abstract

The lack of early cancer detection methods slows down the cancer treatment process, which results in cancer cells easily develop into other cell organelle tissues. Thus, along with the development of technology, especially in the field of nanotechnology based on core shell quantum dots whose application is needed in the future, especially

in the biomedical field, which is used as an anti-cancer probe. This article aims to explain the characteristics of Core Shell CdSe/ZnS and its application as an anti-cancer probe. Core Shell CdSe/ZnS is one of the core-shell nanoparticle structures consisting of a core of cadmium selenide (CdSe) and a shell of zinc sulfide (ZnS). Core Shell CdSe/ZnS characteristics that fulfill as an anti-cancer probe, such as size with nanometer scale, good optical and electronic properties, strong fluorescence, controlled toxicity, insertion ability to bind or attach to biological molecules, such as antibodies and peptides that are specific to cancer cells, so the main reason can be used as an anti-cancer probe. The development of nanoparticle-based to detect cancer through comprehensive fluorescence spectroscopy on nanoparticle probes used to detect cancer in vitro and in vivo by the fluorescence produced. One type of nanoparticle probe, quantum dots, can increase the sensitivity and versatility of fluorescence-based detection methods. Although the Cdse/ZnS core shell shows promising potential in cancer treatment, it is important to recognize that this biomedical application is still in the research and development stage.

Keywords : *Quantum dots, Core Shell, CdSe/ZnS, Anti Cancer Probe*

PENDAHULUAN

Tuntutan energi yang meningkat di era modern telah mendorong kemajuan teknologi yang luar biasa dan batasan industri semikonduktor yang akan datang secara bersamaan telah membuat perkembangan yang konsisten dalam material fungsional baru yang merupakan salah satu tantangan penting yang paling menuntut di dunia saat ini. Material semikonduktor seperti nanopartikel berbasis Quantum dots banyak di preparasi saat ini dikarenakan fungsinnya dalam berbagai bidang, salah satunya dalam bidang biomedis.

Pada bidang biomedis salah satu penerapan nanopartikel berbasis quantum dots, yaitu digunakan sebagai probe anti kanker atau diagnosis anti kanker yang sangat menjanjikan. Kanker muncul dari jaringan sel tubuh yang rusak dan tidak dapat berfungsi sebagai mana mestinya, sehingga menyulitkan metode deteksi dan pengobatan karena kemiripan antara jaringan yang sakit dengan jaringan yang sehat. Oleh karena itu, diagnosis dini sangat penting untuk dilakukan agar mempercepat dalam pengobatan kanker (Rashighi & Harris, 2017).

Saat ini, teknik *imaging* atau analisis morfologi dari sel-sel yang dicurigai berpenyakit (histopatologi) merupakan cara utama untuk mendeteksi kanker secara klinis. Teknik Imaging sinar-X, Mamografi, Computed Tomography (CT), Magnetic Resonance Imaging (MRI), dan Ultrasonografi yang digunakan untuk mendeteksi kanker memiliki sensitivitas yang rendah dan terbatas dalam kemampuannya untuk membedakan antara sel lesi jinak dan ganas. Sementara sitologi, seperti Pap smear atau tes darah samar untuk kanker serviks, dapat digunakan untuk membedakan antara sel atau jaringan yang sehat dan yang sakit, namun tes ini tidak efektif untuk mendeteksi kanker pada tahap awal. Akibatnya, para ilmuwan menghadapi kendala

yang signifikan dalam mengembangkan tes dan teknik untuk deteksi dini, sebelum timbulnya gejala.

Deteksi klinis kanker saat ini terutama bergantung pada teknik imaging atau analisis morfologi sel yang dicurigai herpenyakit (histopatologi). Teknik imaging atau pencitraan yang digunakan untuk mendeteksi kanker, termasuk X-ray, mamografi, computed tomography (CT), magnetic resonance imaging (MRI), dan ultrasonografi memiliki sensitivitas yang rendah dan terbatas dalam kemampuannya membedakan antara lesi jinak dan ganas. Sementara sitologi, seperti pengujian untuk kanker serviks melalui Pap smear atau deteksi darah samar, dapat digunakan untuk membedakan antara sel atau jaringan yang sehat dan yang sakit. Metode ini tidak efektif untuk mendeteksi kanker pada tahap awal. Dengan demikian, pengembangan tes dan metode untuk deteksi dini menjadi tantangan baru oleh para ilmuawan (Rashighi & Harris, 2017)

Purbary dalam bidang nanoteknologi telah berfokus untuk mengatasi keterbatasan dari metode yang tersedia saat ini untuk diagnosis kanker serta pengobatannya. Probe nanopartikel tertentu memiliki beberapa sifat unik yang memenuhi untuk digunakan dalam deteksi kanker pada tahap awal. Pengembangan berbasis nanopartikel untuk mendeteksi kanker dengan spektroskopi fluoresensi yang efektif untuk mendeteksi kanker secara in vitro dan in vivo melalui fluoresensi yang dihasilkan. Salah satu jenis probe nanopartikel, yaitu quantum dots yang dapat meningkatkan sensitivitas dan keserbagunaan metode deteksi berbasis fluoresensi (Rashighi & Harris, 2017).Quantum dots (QDs) adalah material semikonduktor yang memiliki ukuran partikel kurang dari 100 nm. Quantum dots ini menunjukkan sifat optic dan elektronik yang unik karena memili ukuran yang kecil dan luas permukaan yang besar dan menunjukkan fenomena yang menarik seperti sensitivitas Quantum dots yang tinggi, puncak emisi yang sempit gelombang emisi yang bergantung pada ukuran, dan rentang eksitasi yang luas (Singh dkk., 2020).

Secara umum, ada beberapa sifat penentu struktur quantum dots yang memungkinkan pengembangan tes deteksi kanker: ukuran, bentuk, luas permukaan tinggi, dan sifat optik yang unik. Karakteristik quantum dots yang bergantung pada material pembentuknya dan kegunaannya dalam diagnosis kanker melalui deteksi fluoresensi, dengan fokus pada sifat optik dan fungsionalitas permukaan yang dapat datur (Rashighi & Harris, 2017). Salah satu jenis Quantum dots yang menunjukkan sifat dan karekteristik yang memenuhi sebagai probe anti kanker yaitu Core shell CdSe/ZnS Quantum dots. Core-shell CdSe/ZnS adalah jenis nanokristal semikonduktor yang terdiri dari inti (core) CdSe (selenida kadmium) yang dikelilingi oleh lapisan penutup (shell) ZnS (sulfida seng). Senyawa seperti CdSe menunjukkan sifat optik yang unik, seperti serapan emisi yang tajam, masa pakai fluoresensi tinggi dan fotostabilitas yang kuat. Karakteristik yang disebutkan di atas membuat Quantum dots ini menjadi hal yang dapat diaplikasikan di bidang biomedis.

Beberapa peneliti telah membahas mengenadeteksi kanker. pelacakan sel, terapi fotodinamik, penginderaan transfer energi resonansi fluoresensi (FRET), deteksi asam nukleat. sensor organik, fotovoltaik dan biomedis (Kumar et al., 2021). Namun, masih

perlu fokus pada potensi toksisitas dalam media biologis oleh kebocoran ion logam, sehingga membatasi penggunaan QDs di bidang medis. Dengan demikian QDs CdSe dilapisi dengan cangkang/sell yang disebut dengan core shell QDs, biasanya, proses pelapisan dibuat oleh cangkang organik dan anorganik seperti polimer. misel, protein, logam, oksida logam, kalkogenida logam mengurangi efek toksik terhadap sistem biologis. QDs tipe core shell seperti CdSe / ZnS sudah terkenal karena sifat optiknya yang sangat baik dibandingkan dengan CdSe telanjang QDs dan karena fotoluminesensi (PL) yang tinggi, hasil kuantum yang baik, dan nonlinier optik melalui pengurungan elektron dalam daerah yang lebih kecil dari panjang delokalisasi dalam jumlah besar. Dengan demikian Quantum dots berbasis core shel CdSe/Zns dapat diaplikasikan sebagai probe anti kanker (Jiang dkk., 2009).

Penerapan nanoteknologi untuk diagnosis kanker sangat menjanjikan dalam meningkatkan sensitivitas dan keserbagunaan metode deteksi berbasis fluoresensi. Secara khusus, ada beberapa ciri penentu struktur partikel nano yang memungkinkan pengembangan tes deteksi kanker: ukuran, bentuk, luas permukaan yang tinggi, dan sifat optik yang unik. karakteristik nanopartikel yang bergantung pada bahan ini sehubungan dengan kegunaannya dalam diagnosis kanker melalui deteksi fluoresensi, dengan fokus pada sifat optik dan fungsionalitas permukaan yang dapat disesuaikan (Rashighi & Harris, 2017).Dengan ulasan diatas, penulisan artikel ini bertujuan untuk menjelakan karakteristik yang dimiliki core shell CdSe/Zns quantum dots serta pengaplikasiannya sebagai probe anti kanker.

1. Sel Kanker

Sel kanker adalah rusaknya bagian jaringan dalam organel sel ksi tubuh manusia dan tidak dapat berfungsi sebagai mana mestinya. Rusaknya jaringan sel tersebut dikarenakan adanya mutasi gen yang terjadi pada sel normal sehingga sel tersebut tumbuh dan berkembang tidak terkendali.

Gambar 1. Sel Kanker

Zat antikanker juga sangat dipengaruhi oleh cara pemberian, dosis, lama pemberian, penyerapan usus, protein , pembawa, dan lain-lain (Nugrahaningsih., Ari, 2014). Probe anti kanker merupakan salah satu teknik pengobatan dalam mengatasi kanker. Sel atau jaringan tertentu yang terdeteksi mengalami pertumbuhan dan perkembangan yang tidak normal, diperlukannya metoda deteksi kanker secara dini agar dapat segera

diberi pengobatan awal dan dapat menghambat pertumbuhan sel kanker. Pengembangan tes dan metode untuk deteksi dini kanker saat ini banyak diteliti oleh para ilmuwan khususnya dalam bidang nanoteknologi dengan segala kelebihannya yang berfokus untuk mengatasi keterbatasan dari metode yang tersedia saat ini untuk diagnosis kanker.

Probe nanopartikel tertentu memiliki beberapa sifat unik yang menguntungkan untuk digunakan dalam deteksi kanker sejak dini. kemajuan dalam pengembangan berbasis nanopartikel berbasis quantum dots untuk mendeteksi kanker dengan spektroskopi fluoresensi sangat menjanjikan dalam meningkatkan sensitifitas dan keserbagunaan dalam deteksi berbasis fluoresensi ini (Rashighi & Harris, 2017).

2. Core Shell CdSe/Zns Quantum dots

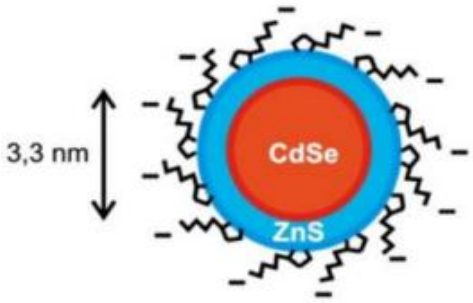
Sensitivitas deteksi QD lebih tinggi daripada pewarna lainnya, quantum dots ini telah menjadi fluorofor yang menarik, sehingga memfasilitasi pencitraan seluler dan seluler kuantitati analisis dengan bantuan probe fluoresen. Selain itu. modifikasi permukaannya mudah dicapai dengan DNA. Quantum dots juga dapat dibuat dengan menggunakan bahan yang sama sementara menghasilkan warna emisi yang berbeda hanya dengan mengubah ukurannya (Singh dkk., 2020).

Quantum Dots dapat menyerap berbagai gelombang cahaya dan memancarkan cahaya dengan bandwidth yang lebih sempit dan panjang gelombang maksimum cahaya yang dipancarkan bergantung pada ukuran QD dan dapat dengan mudah disesuaikan dengan mengontrol ukuran QD. Selain itu, foto-stabilitas QD lebih tinggi daripada fluorofor tradisional. Oleh karena itu. QDs telah digunakan sebagai alternatif fluorophores di berbagai bidang, terutama dalam bio-imaging. Konjugasi biomolekul pada permukaan QD biasanya melalui adsorpsi fisik dan interaksi elektrostatik. Quantum dots termostabil dan tahan terhadap photobleaching. Sifat yang dimiliki quantum dots ini dapat digunakan untuk pelacakan in vivo untuk jangka waktu yang lama (Jiang dkk., 2009).

Quantum dots dengan sifat optik dan elektronik yang baik dapat di sintesis dari bahan nano terutama berasal dari atom-atom kelompok II-VI, III-V, atau IV-VI, di antaranya senyawa kelompok II-VI seperti CdSe, CdS, dan CdTe telah menjadi prekursor penting dalam mensintesis suatu nanopartikel quantum dots yang penggunannya terutama terdapat dalam bidang medis. Hal ini dikarenakan sifat logam semikonduktor dan tingkat toksisitasnya yang dapat merusak sel kanker agar tidak berkembang ke seluruh organ tubuh lainnya. Core berperan sebagai semikonduktor yang baik dan shell sebagai pelapis. Energi yang diperlukan untuk mengeksitasi sebuah elektron dari satu pita elektronik ke pita elektronik lainnya pada tingkat energi yang lebih tinggi. Skema eksitasi ini pada akhirnya menciptakan pasangan elektron-lubang yang dikenal sebagai exciton. Setelah relaksasi kembali ke keadaan dasarnya, exciton memancarkan energi dalam bentuk foton neon. Ketika ukuran nanocrylaul semikonduktor menjadi mirip dengan radius exciton Bohr massal, panjang karakteristik dalam kisaran 2-10 nm, partikel memperoleh sifat listrik dan optik yang unik.

Quantum dots berbasis core shell banyak digunakan dalam bidang biomedis. Hal ini dikarenakan fotoluminesensi (PL) yang tinggi, hasil kuantum yang baik, dan

nonlinier optik melalui pengurungan elektron dalam daerah yang lebih kecil dari elektron delokalisasi dalam jumlah besar. struktur kuantum dengan pengurungan 2-D/3-D yang memiliki banyak lapisan yang memiliki transportasi unik Bersama dengan sifat elektronik dan fotonik baru. Hal ini menjadi mungkin dengan membatasi gerakan elektron di sepanjang dimensi (Deyasi dkk., 2012).



Gambar 2. Core Shell CdSe/ZnS Quantum Dots (Schmitt dkk., 2012).

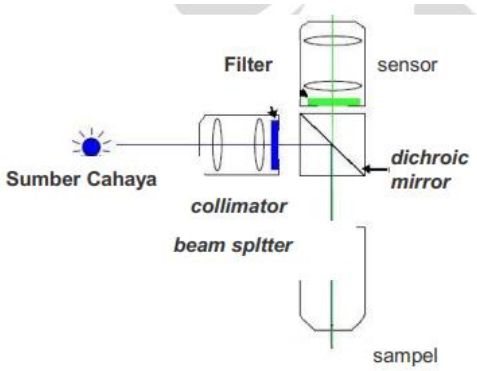
Core shell CdSe/ZnS adalah jenis nanopartikel semikonduktor yang memiliki potensi sebagai probe anti- kanker. Nanopartikel ini terdiri dari inti CdSe (selenide kadmium) yang dilapisi oleh lapisan ZnS (sulfida seng), membentuk struktur inti cangkang. CdSe berperan sebagai inti yang memberikan sifat semikonduktor, sedangkan ZnS berperan sebagai cangkang yang melindungi inti dan meningkatkan stabilitas nanopartikel. Quantum dots tipe Core shell seperti CdSe / ZnS sudah terkenal karena sifat optiknya yang sangat baik dibandingkan dengan CdSe. Hal ini dikarenakan pelapisan partikel dengan cangkang ZnS mencegah pencucian unsur unsur beracun seperti kadmium dan selenium, sehingga mengurangi toksisitas dalam pengaplikasiannya (Jiang dkk., 2009).

Peningkatan hasil kuantum dan stabilitas kimiawi core shell quantum dots terhadap oksidasi kadmium selenida (CdSe). Baru-baru ini, jenis struktur nano core shell, seperti CdSe / ZnS, telah banyak digunakan dalam bidang biologi aplikasi biologis dan aplikasi pemanenan energi QD lebih stabil untuk waktu yang lama dalam pencitraan in vivo daripada NP yang didoping pewarna dan telah digunakan secara luas dan quantum dots lebih stabil untuk waktu yang lama dalam pencitraan in vivo daripada NPs yang didoping pewarna dan telah telah digunakan secara luas. CdSe / ZnS QD yang dimodifikasi hidrazin hidrat (CZT- 10) menunjukkan sebuah aktivitas antikanker yang mengesankan pada sel kanker payudara (Kumar dkk., 2021).

3. Core shell CdSe/Zns sebagai probe anti kanker

Salah satu jenis spektroskopi optik yang banyak digunakan untuk diagnosis kanker adalah spektroskopi fluoresensi. Fluoresensi adalah fenomena optik dimana penyerapan foton pada satu panjang gelombang menghasilkan emisi pada panjang gelombang lain dan biasannya lebih panjang. Ini merupakan teknik yang bergunakan untuk mendeteksi sel kanker. Spektroskopi fluoresensi diketahui dapat dengan cepat

membedakan jaringan normal dan yang tidak normal dari berbagai organ berepitel (Pandey dkk., 2012).



Gambar 3. Instrumen deteksi cahaya fluoresensi (Zain dkk., 2007).

Untuk mendeteksi fluoresensi fluorofor seperti protein, asam amino, dan koenzim yang ada di dalam jaringan, in vitro dan in vivo, spektroskopi fluoresensi melibatkan penyinaran sampel jaringan dengan laser gelombang lanjutan. Spektrum fluoresensi memberikan rincian penting tentang karakteristik biokimia dan anatomi jaringan. Terdapat perbedaan fluoresensi antara situs jaringan normal dan ganas sebagai akibat dari perubahan konsentrasi, efisiensi kuantum, atau situs pengikatan yang diperoleh (Pandey et al., 2012). Quantum dots yang terdiri dari inti CdSe yang dikelilingi oleh cangkang ZnS memancarkan fluoresensi dengan Panjang gelombang maksimum pada 523 nm dan 560 nm (bermuatan negatif) serta pada 600 nm dan 640 nm (bermuatan positif) (Schmitt dkk., 2012).

PEMBAHASAN

Dalam pengaplikasian Core shell CdSe/ZnS quantum dots sebagai probe anti kanker dapat dilihat dari sifat dan karakteristik yang memenuhi dan dimiliki oleh Core shell CdSe/ZnS quantum dots tersebut. Karakteristik yang memenuhi sebagai probe anti kanker seperti ukuran dengan skala nanometer, sifat optik dan elektronik yang baik. Fluoresensi yang kuat, toxisitas terkendali, kemampuan penyisipan untuk mengikat atau terikat pada molekul biologis, seperti antibodi dan peptida yang khusus untuk sel kanker sehingga dapat diterapkan sebagai probe anti kanker.

Karakteristik yang telah disebutkan diatas dimiliki oleh core shell Cdse/Zns Quantum dots. Proses imaging pada sel kanker melalui deteksi *fluorescent*. Ukurannya yang kecil dan sifat optiknya yang unik memungkinkannya masuk ke dalam sel secara lebih efektif sehingga dapat memastikan diagnostik optik kanker yang sangat sensitif pada tingkat seluller. Pada proses imaging sel kanker, melalui probe CdSe/ZnS quantum dots dikonjugasikan dengan satu atau beberapa molekul fungsional, termasuk bagian penargetan dan agen terapeutik. Bersamaan dengan molekul

penargetan, obat dapat dikonjugasikan dengan berbagai jenis label, termasuk label magnetic dan fotoluminesen. Proses ini melibatkan imaging optik dalam terapi yang melibatkan deteksi foton yang ditranmisikan melalui jaringan dan menyediakan pelacakan pembawa obat (Linkov dkk., 2015).

Karakteristik core shell CdSe/ZnS seperti, memiliki tingkat toxisitas yang terkendali. Hal ini dapat dilihat dari fluoresensi yang dihasilkan oleh CdSe/Zns untuk difungsikan pada pengobatan kanker payudara. Quantum dots berbasis Core Shell CdSe/Zns digunakan sebagai probe anti kanker yang diaplikasian terhadap sel kanker payudara dengan tujuan menonaktifkan sel kanker tersebut atau dapat dikatakan mengeliminasi sel kanker tersebut sehingga dapat menghambat perkembangan sel kanker ke jaringan organ yang lain (Kumar dkk., 2021). Tingkat sitoksitas dari core CdSe yang dilapisi shell ZnS sebagai pelindung yang diinduksi foton digabungkan dengan fotosensitizer molekuler telah dieksplorasi untuk menyebabkan apoptosis sel kanker.

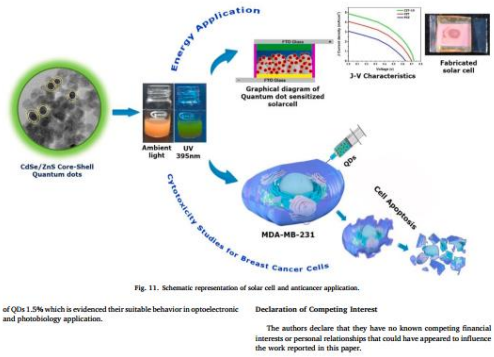


Fig. 11. Schematic representation of solar cell and anticancer application.

of QDs 1.5% which is evidenced their suitable behavior in optoelectronic and photobiology application.

Declaration of Competing Interest

The authors declare that they have no known competing financial interests or personal relationships that could have appeared to influence the work reported in this paper.

Gambar 4. Aplikasi anti kanker (Kumar dkk., 2021).

Sel kanker payudara (MDA-MB-231) untuk uji sitotoksisitas, dilakukan dengan menggunakan sampel yang dimodifikasi hidrazin hidrat yang telah disiapkan (CZT-10) menunjukkan efek sitotoksik yang baik terhadap sel kanker payudara (MDA-MB-231). Mempelajari fitur kematian sel apoptosis oleh quantum dots, metode pewarnaan yang melibatkan pewarna seperti oranye akridin / etidium bromida (pewarnaan ganda) dan Hoechst (pewarnaan nuklir) dilakukan dengan metodologi sel di bawah mikroskop fluoresensi pada perbesaran 20 kali. Stabilitas sel CdSe/ZnS Quantum dots (QDs) dan konjugatnya dievaluasi pada sel kanker payudara (MDA-MB-231).

Dalam sistem core shell, celah pita bahan inti bisa lebih rendah dari bahan cangkang kemudian elektron yang dihasilkan fotogenerasi dan pasangan lubang (eksiton) terkurung di dalam inti, yang menyebabkan perubahan dalam sifat optik dan elektronik dari inti serta cangkang. Biasanya, nanokristal menunjukkan pendaran tepi pita yang kuat dan stabil dengan hasil kuantum 50% pada suhu kamar. Quantum dots core shell CdSe / ZnS dengan peningkatan hasil kuantum dan peningkatan stabilitas kimiawi terhadap oksidasi kadmium selenida (CdSe) QDs dan dapat digunakan dalam bidang biologi aplikasi dalam biomedis.

Dalam hal strategi deteksi pengujian, fluoresensi yang ditingkatkan logam pengujian yang melibatkan penggunaan nanopartikel (NP) untuk memediasi intensitas fluoresensi QD untuk meningkatkan deteksi fluoresensi dari analit yang ditargetkan. Prinsip umum melibatkan pengikatan NP plasmonik ke QD untuk memadamkan Fluoresensi QD dan untuk mematikan eksitasi radiatif (elektron dan lubang) keadaan rekombinasi dalam QD. Pengikatan analit target ke molekul reseptor di permukaan kemudian memicu permukaan yang terlokalisasi sinyal yang diinduksi resonansi plasmon (LSPR) dari NP plasmonik yang terikat untuk memperkuat sinyal intensitas fluoresensi dari QD yang terikat dengan demikian menyalakan fluoresensi QD dengan sensitivitas yang belum pernah terjadi sebelumnya. Nanopartikel plasmonik umumnya berfungsi sebagai penguat untuk QD yang dihasilkan sinyal intensitas fluoresensi dan dengan demikian membantu dalam deteksi (Burton dkk., 2022).

SIMPULAN

Quantum Dots berbasis Core shell CdSe/ZnS dengan karakteristik yang dimilikinya, seperti ukuran dengan skala nanometer, sifat optik dan elektronik yang baik, fluoresensi yang kuat, toxisitas terkendali, kemampuan penyisispan untuk mengikat atau terikat pada molekul biologis sehingga dapat berpotensi dijadikannya sebagai probe anti kaker serta dapat diaplikasikan dalam pengobatan kanker payudara dengan menggunakan deteksi berbasis fluoresensi.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih penulis sampaikan kepada Dr. rer. nat. Deski Beri, M.Si, selaku pembimbing akademik dan ucapan terima kasih juga penulis sampaikan kepada Nelma Fadila telah membantu selama penulisan artikel.

DAFTAR PUSTAKA

Burton, K., Nic Daeid, N., & Adegoke, O. (2022). Surface plasmon-enhanced aptamer-based fluorescence detection of cocaine using hybrid nanostructure of cadmium-free ZnSe/In2S3 core/shell quantum dots and gold nanoparticles. *Journal of Photochemistry and Photobiology A: Chemistry*, *433*(June), 114131. https://doi.org/10.1016/j.jphotochem.2022.114131

Deyasi, A., Bhattacharyya, S., & Das, N. R. (2012). Electronic Tuning of Intersubband Transition of Inverted Core-Shell Cylindrical Quantum Wire for Novel Lasing Performance. *Procedia Technology*, *4*, 449–455. https://doi.org/10.1016/j.protcy.2012.05.071

Jiang, S., Gnanasammandhan, M. K., & Zhang, Y. (2009). Optical imaging-guided cancer therapy with fluorescent nanoparticles. *Journal of the Royal Society Interface*, *7*(42), 3–18. https://doi.org/10.1098/rsif.2009.0243

Kumar, B. A., Kumar, P., Elangovan, T., Ramalingam, G., Ravi, G., Mohanapriya, P., & Natarajan, T. S. (2021). Surface functionalization of core-shell QDs for solar photovoltaic and anti-cancer applications. *Applied Surface Science Advances*, *5*(June), 100122. https://doi.org/10.1016/j.apsadv.2021.100122

Linkov, P., Laronze-Cochard, M., Sapi, J., Sidorov, L. N., & Nabiev, I. (2015). Multifunctional Nanoprobes for Cancer Cell Targeting, Imaging and Anticancer Drug Delivery. *Physics Procedia*, *73*, 216–220. https://doi.org/10.1016/j.phpro.2015.09.160

Nugrahaningsih., Ari, Y. (2014). Pengaruhnya Terhadap Volume Tumor. *Sainteknol*, *12*(2), 139–146.

Pandey, K., Pradhan, A., Agarwal, A., Bhagoliwal, A., & Agarwal, N. (2012). Fluorescence spectroscopy: A new approach in cervical cancer. *Journal of Obstetrics and Gynecology of India*, *62*(4), 432–436. https://doi.org/10.1007/s13224-012-0298-6

Rashighi, M., & Harris, J. E. (2017). Nanoparticle Probes for the Detection of Cancer Biomarkers, Cells, and Tissues by Fluorescence. *Physiology & Behavior*, *176*(3), 139–148. https://doi.org/10.1053/j.gastro.2016.08.014.CagY

Schmitt, F. J., Maksimov, E. G., Hätti, P., Weißenborn, J., Jeyasangar, V., Razjivin, A. P., Paschenko, V. Z., Friedrich, T., & Renger, G. (2012). Coupling of different isolated photosynthetic light harvesting complexes and CdSe/ZnS nanocrystals via Förster resonance energy transfer. *Biochimica et Biophysica Acta - Bioenergetics*, *1817*(8), 1461–1470. https://doi.org/10.1016/j.bbabio.2012.03.030

Singh, S., Dhawan, A., Karhana, S., Bhat, M., & Dinda, A. K. (2020). Quantum dots: An emerging tool for point-of-care testing. *Micromachines*, *11*(12), 1–23. https://doi.org/10.3390/mi11121058

Zain, H., Tedjo, A., & Kusmardi. (2007). Karakterisasi Sifat Autofluoresensi Jaringan Adenokarsinoma Menggunakan Metode Analisis Multieksitasi. *Makara Journal of Health Research*, *11*(2), 69–75.