



Review Artikel : Analisis Karakteristik Dan Pengaplikasian Teknologi Nanopartikel Berdasarkan Klasifikasinya Pada Berbagai Jenis Terapi.

Ridha Alisthipa Sephia¹, Muthia Oktaviani Rahayu², Nayla Robiatul Adawiyah³, Dini Noer Fatwa⁴, Iin Lidia Putama Mursal⁵

^{1,2,3,4,5,6} Fakultas Farmasi, Universitas Buana Perjuangan Karawang

Abstract

Received: 24 Agustus 2023

Revised : 31 Agustus 2023

Accepted: 02 September 2023

Umumnya ukuran nanopartikel berkisar antara 1 sampai 100 nm dengan satu (atau) lebih dimensi. Umumnya nanopartikel diklasifikasikan menjadi anorganik, organik dan partikel berbasis karbon dalam skala nanometrik yang memiliki sifat yang lebih baik dibandingkan dengan ukuran yang lebih besar dari bahan masing-masing. Mereka menunjukkan sifat yang ditingkatkan seperti kekuatan, sensitivitas, reaktivitas tinggi, stabilitas, luas permukaan dll., karena ukurannya yang lebih kecil. Mereka disintesis oleh berbagai metode untuk penelitian dan penggunaan komersial yang diklasifikasikan menjadi tiga jenis-kimia, fisik dan mekanik proses yang telah melihat peningkatan besar. Pada artikel review ini membahas tentang berbagai jenis terapi yang memanfaatkan teknologi nanopartikel. Terapi tersebut juga di kalsifikasikan berdasarkan golongan nanoteknologi.

Keywords: Nanopartikel, organik, anorganik, karbon

(*) Corresponding Author: fm20.ridhasephia@mhs.ubpkarawang.ac.id

How to Cite: Sephia R A, Rahayu M O, Adawiyah N R, Fatwa N D, & Mursal I L P. (2023). Review Artikel : Analisis Karakteristik Dan Pengaplikasian Teknologi Nanopartikel Berdasarkan Klasifikasinya Pada Berbagai Jenis Terapi. <https://doi.org/10.5281/zenodo.8324839>

PENDAHULUAN

Nanopartikel adalah komponen dasar dari Nanoteknologi. Ukuran partikel nano berkisar dari 1 hingga 100 nm yang terdiri dari logam, oksida logam, organik materi, karbon (Hasan *et al*, 2015). Nanopartikel berbeda dari berbagai dimensi, untuk bentuk dan ukuran selain dari mereka bahan (Holback *et al*, 2013). Permukaan bisa tidak beraturan dengan permukaan variasi atau seragam. Di antara nanopartikel ada beberapa kristal atau amorf dengan kristal tunggal atau multi padatan baik menggumpal atau longgar (Marchado *et al*, 2015). Dalam proses mensintesis obat baru, sebagian besar kandidat obat larut atau kurang larut dalam air yang menyebabkan besar kerugian bagi industri farmasi. Salah satu dari alasan utama ketidaklarutan obat adalah kompleks dan struktur molekul besar (Liu *et al*, 2018).. Telah dilaporkan bahwa lebih 65% dari bahan aktif farmasi (API) baru adalah sukar larut dalam air atau tidak larut. Karena mereka sifat kelarutan air rendah dan permeabilitas tinggi, mereka dikategorikan sebagai kelas II dari Biofarmasi Classification System (BCS), dimana langkah pembubaran merupakan faktor pembatas kecepatan dalam penyerapan obat. Itu industri farmasi kini menghadapi tantangan untuk meningkatkan disolusi karakteristik obat larut air yang buruk yang merupakan faktor kunci dalam meningkatkan obat bioavailabilitas (Tawari *et al*, 2018). Misalnya, mereka membantu meningkatkan stabilitas obat/protein dan memiliki kegunaan terkontrol sifat rilis. Ulasan ini sebagian besar berfokus pada sintesis berbagai jenis nanopartikel menggunakan cara kimia, fisika

dan biologi. Namun, metode kimia dan fisik mahal dan berbahaya tetapi metode biologis sederhana, tidak beracun, cepat dan ramah lingkungan. Juga menjelaskan tentang karakteristik nanopartikel dan diakhiri dengan berbagai aplikasi (Tawari *et al*, 2018).

Nanopartikel umumnya diklasifikasikan ke dalam berbasis organik, anorganik dan karbon. Nanopartikel organik umumnya dikenal sebagai polimer atau nanopartikel organik. Nanopartikel ini tidak beracun, biodegradable, dan beberapa partikel seperti liposom dan misel memiliki inti berongga yang juga dikenal sebagai kapsul nanodan sensitif terhadap panas dan elektromagnetik radiasi seperti panas dan cahaya (Ibrahim *et al*, 2019). Nanopartikel organik paling banyak digunakan dalam biomedis bidang misalnya sistem penghantaran obat sebagaimana adanya efisien dan juga dapat disuntikkan pada bagian tertentu dari tubuh yang juga dikenal sebagai pengiriman obat yang ditargetkan. Nanopartikel anorganik adalah partikel yang tidak terdiri dari karbon. Logam dan nanopartikel berbasis logam oksida umumnya dikategorikan sebagai nanopartikel anorganik. A. NP Logam: Hampir semua logam dapat disintesis ke dalam nanopartikel mereka (Selavati *et al*, 2018).

Nanopartikel berbasis karbon termasuk dua bahan utama, yaitu, karbon nanotube (CNT) dan fullerene. CNT tidak lain adalah graphene lembaran digulung menjadi tabung. Bahan-bahan ini terutama digunakan untuk tulangan struktur sebanyak 100 kali lebih kuat dari baja. CNT dapat diklasifikasikan menjadi singlewalled carbon nanotubes (SWCNTs) dan multi-walled karbon nanotube (MWCNTs). CNT unik dalam acara karena mereka konduktif termal sepanjang dan non-konduktif melintasi tabung. Fullerene adalah alotrop karbon memiliki struktur sangkar berongga enam puluh atau lebih atom karbon. Struktur C-60 adalah disebut Buckminsterfullerene, dan terlihat seperti lubang sepak bola. Unit karbon dalam struktur ini memiliki susunan segi lima dan heksagonal (Bharaviripudi *et al*, 2017). Ini punya aplikasi komersial karena listrik mereka konduktivitas, struktur, kekuatan tinggi, dan elektron afinitas. Lembaran yang digulung bisa tunggal, ganda atau banyak dinding dan oleh karena itu disebut berdinding tunggal (SWNT), berdinding ganda (DWNT), atau berdinding ganda karbon nanotube (MWNTs), masing-masing. Mereka disintesis secara luas dengan pengendapan prekursor karbon terutama atom karbon, menguap dari grafit oleh laser atau busur listrik ke partikel logam (Somaich *et al*, 2014). Akhir-akhir ini, mereka telah disintesis melalui uap kimia teknik pengendapan (CVD). Karena keunikan mereka karakteristik fisik, kimia dan mekanik, ini bahan tidak hanya digunakan dalam bentuk murni tetapi juga dalam komposit nano untuk banyak aplikasi komersial seperti pengisi, adsorben gas yang efisien untuk lingkungan remediasi dan sebagai media pendukung untuk berbagai katalis anorganik dan organik (Mann *et al*, 2017).

METODE

Penelitian ini dilakukan dengan cara penelusuran pustaka jurnal penelitian, artikel ilmiah dan review jurnal melalui database elektronik seperti Google Scholar, PubMed dan ScienceDirect. Pencarian dan penelusuran pustaka dilakukan dengan menggunakan kata kunci terkait seperti: pengaplikasian nanoteknologi dalam berbagai jenis terapi. Sumber data yang di dapat terdiri atas jurnal internasional sebagai sumber data utama dan jurnal nasional sebagai sumber data tambahan.

Adapun penelusuran artikel dan jurnal dilakukan pada tanggal 01 maret – 21 april dengan artikel atau jurnal yang didapatkan sebanyak 30 referensi dalam rentang publikasi April – Juni 2023.

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Aplikasi umum nanopartikel organik Misel, umumnya Untuk pengobatan tumor ganas, Mengurangi degradasi dan inaktivasi enzimatik narkoba, Meningkatkan stabilitas obat, Mengurangi konsentrasi misel kritis.

1. Liposom

Liposom juga telah digunakan untuk membentengi produk susu dengan vitamin untuk meningkatkan gizi mereka nilai serta untuk membantu dalam pencernaan konstituen melekat pada produk susu. Biasanya fosfolipid digunakan untuk membentuk bilayer, dan sering digunakan fosfolipid adalah fosfatidilkolin (muatan netral), dan asam fosfatidat bermuatan negatif, fosfatidil gliserol, serin fosfatidil, dan fosfatidil etanolamin. Archaeosomes adalah liposom dibuat dari satu atau lebih lipid eter polar yang diekstraksi dari Archaeobacteria. Dibandingkan dengan liposom (yang terbuat dari ester fosfolipid), archaeosomes relatif lebih termostabil dan lebih tahan terhadap oksidasi, bahan kimia dan hidrolisis enzimatik. Mereka juga lebih tahan terhadap pH rendah dan garam empedu dijumpai pada saluran pencernaan (Yunes *et al*, 2017).

2. Dendrimer

Dendrimer juga dapat digunakan dalam berbagai bidang seperti pengiriman gen, sistem konjugasi, boron terapi penangkapan neutron, pengenalan molekuler, dan untuk pengiriman obat (Robert *et al*, 2015). Ini termasuk penggunaan sebagai agen kontras, seperti seperti untuk pencitraan resonansi magnetik (MRI), tetapi lebih secara signifikan, sebagai pembawa untuk pengiriman obat pada kanker perlakuan. Degradasi dan inaktivasi enzimatik adalah terhambat, meningkatkan stabilitas obat. Dalam pengobatan tumor ganas, kebanyakan misel polimer digunakan. Degradasi dan inaktivasi enzimatik terhambat, meningkatkan stabilitas obat. Dalam pengobatan keganasan tumor, kebanyakan misel polimer digunakan. Enzimatik degradasi dan inaktivasi terhambat, meningkatkan obatstabilitas. Dalam pengobatan tumor ganas, kebanyakan digunakan misel polimer (Xi-feng *et al*, 2016).

B. Aplikasi Umum Nanopartikel Anorganik

1. Anti-Infektif:

Nanopartikel logam memiliki digambarkan sebagai terapi pencegahan HIV. Di sebuah beberapa studi, telah menunjukkan bahwa sebagai virucidal agen perak bertindak langsung pada virus dengan mengikat glikoprotein gp120. Pengikatan ini pada gilirannya mencegah Pengikatan virion dependen CD4 yang efektif menurunkan infektivitas HIV1. dan itu juga telah melaporkan bahwa nanopartikel logam telah efektif agen antivirus terhadap virus herpes simpleks, influenza, virus syncytial pernapasan (Sun *et al*, 2018).

2. Anti-Angiogenik

Angiogenesis adalah perkembangannya pembuluh darah baru dan terjadi selama normal perkembangan dan pada beberapa keadaan penyakit. Ini memainkan utama berperan dalam sejumlah penyakit seperti kanker, rematik radang sendi. Dalam kondisi normal, angiogenesis erat diatur antara berbagai faktor pertumbuhan

pro-angiogenik(VEGF, PDGF, dan TGF-B) dan faktor anti-angiogenik (faktor trombosit 4, TSP-1). Dalam kondisi sakit, angiogenik diaktifkan. Beberapa ulasan telah melaporkan hal itu agen ini memiliki toksisitas serius seperti fatal perdarahan, trombosis, dan hipertensi. Itu mungkin diatasi jika nanopartikel ini saja sudah bisa mujarab sebagai agen anti-angiogenik (Brhais *et al*, 2019).

3. Terapi Tumor

Telah dipelajari bahwa telanjang nanopartikel emas menghambat aktivitas protein pengikat heparin seperti VEGF165 dan bFGF secara *in vitro* dan angiogenesis *in vivo* yang diinduksi VEGF. Pekerjaan selanjutnya di daerah ini telah dilaporkan bahwa ke permukaan Protein pengikat heparin AuNP diserap dan diserap selanjutnya didenaturasi (Ali *et al*, 2020). Para peneliti juga menunjukkan bahwa ukuran permukaan memainkan peran utama dalam terapi efek AuNP. Efek nanopartikel emas pada VEGF dimediasi angiogenesis menggunakan model telinga tikus disuntikkan dengan vektor adenoviral VEGF. Seminggu kemudian, Administrasi AdVEGF, tikus yang diobati dengan AuNPs mengembangkan edema yang lebih rendah daripada tikus yang diperlakukan sama. Eom dan Kolega mengungkapkan efek anti tumor 50 nm AgNps *In vitro* dan *In vivo* (Stepanos *et al*, 2018)..

4. Multiple Myeloma

Para peneliti telah merancang terapi berbasis nanopartikel yang efektif dalam mengobati tikus dengan multiple myeloma. Multiple myeloma adalah kanker yang mempengaruhi sel plasma. Pada Leukemia: Leukemia Limfositik B-kronis (CLL) adalah penyakit yang tidak dapat disembuhkan secara dominan ditandai dengan resistensi apoptosis, dengan kultur bersama dengan antibodi anti-VEGF, menemukan induksi lebih apoptosis pada sel CCL B. Dalam terapi CLL, nanopartikel emas yang digunakan untuk meningkatkan kemanjuran iniagen. Nanopartikel emas dipilih berdasarkan biokompatibilitas, luas permukaan sangat tinggi, permukaan fungsionalisasi dan kemudahan karakterisasi. Ke nanopartikel emas, antibodi VEGF terpasang dan menentukan kemampuan mereka untuk membunuh sel CLL B (Govind *et al*, 2015).

5. Rheumatoid Arthritis

Golongan obat baru anti rematik yang bisa memanfaatkan nanopartikel emas yang memiliki efek samping yang lebih sedikit. Rheumatoid arthritis adalah penyakit autoimun yang terjadi ketika sistem kekebalan tubuh tidak berfungsi dengan baik dan menyerang sendi pasien. Penelitian baru menunjukkan bahwa partikel emas dapat menyerang makrofag, dan menghentikannya menghasilkan peradangan tanpa membunuh mereka. Dalam *Jurnal biokimia anorganik* itu telah diterbitkan yaitu dengan memperkecil ukuran emas menjadi lebih kecil partikel nano (50 nm), itu mampu menyebabkan lebih banyak emas di sel imun dengan toksisitas yang lebih rendah (Tsai *et al*, 2018).

6. Terapi Foto Termal

Nanopartikel emas menyerap cahaya kuat karena mereka mengubah energi foton menjadi panas dengan cepat dan efisien. Terapi foto-termal (PTT) adalah terapi invasif di mana energi foton diubah menjadi panas untuk membunuh kanker. Dalam Tumor Radioterapi adalah sarat dengan emas, ini menyerap lebih banyak sinar-X karena emas adalah penyerap sinar-X yang sangat baik. Dengan demikian, pengendapan lebih banyak memancarkan energi dan menghasilkan dosis lokal yang

meningkat khusus untuk sel tumor. Nanopartikel emas lebih bermanfaat untuk mengobati kanker (Minho *et al*, 2017).

C. Aplikasi terapeutik nanopartikel karbon.

1. Nanopartikel keramik

Nanopartikel keramik seperti titania juga telah ditambahkan menjadi matriks polimer untuk menyesuaikan permukaan komposit kimia, topografi, dan keterbasahan (permukaan energetik) dari matriks polimer, bertujuan untuk promosi tanggapan osteogenik pada bahan permukaan (Kaini *et al*, 2014). Difungsikan magnesium oksida, zirkonia, sulfat, dan kalsium karbonat ditambahkan ke semen tulang polimetilmetakrilat (PMMA). mengurangi efek eksotermik PMMA sementara meningkatkan sitokompatibilitasnya, radiopasitas sinar-X, serta potensi antibakteri. Efek antibakteri dari nanopartikel BaSO₄ terhadap *Staphylococcus aureus* dan *Pseudomonas aeruginosa* telah ditemukan, menunjukkan mereka aplikasi potensial sebagai aditif anti-infeksi untuk semen tulang, lapisan implan, dan tabung medis. Oleh karena itu, nanopartikel ini digunakan oleh para peneliti lintas dunia dalam aplikasi yang luas, seperti katalisis, fotokatalisis, fotodegradasi pewarna, dan aplikasi pencitraan. Penggunaan teknologi medis nanoceramics untuk perbaikan tulang (Singh *et al*, 2018).

Nanopartikel keramik juga digunakan dalam suplai energi dan penyimpanan, komunikasi, sistem transportasi, konstruksi, dan teknologi medis. Salah satu penggunaan utama nanoceramics adalah biomedis dan teknologi medis, khususnya di perbaikan tulang. Keramik bioaktif sangat cocok dengan sifat tulang dan dapat bertindak sebagai nanoscaffold untuk membantu mendukung pertumbuhan kembali tulang. Juga telah disarankan bahwa nanoceramics mungkin menemukan penggunaan dalam pasokan dan penyimpanan energi, komunikasi, sistem transportasi, kedirgantaraan dan konstruksi. Mereka juga menemukan kegunaan di elektronika sebagai isolator, semikonduktor, konduktor dan magnet (Singh *et al*, 2018).

Nanoceramics mungkin juga menemukan kegunaan dalam pelindung menggantikan lapisan serat tenun yang kaku dan keras menyerap dampak. Pelindung tubuh yang keras ada di bawah pengembangan yang mencakup sisipan keramik dan baja atau panel titanium yang menawarkan perlindungan lebih besar terhadap trauma tumpul dan amunisi kecepatan tinggi. Sisipan dapat menyerap energi kinetik dari proyektil dan menghilangkannya dalam penghancuran lokal sisipan keramik (Kaini *et al*, 2014)..

2. Nanopartikel Polimer

Nanopartikel Polimer memberikan perlindungan terhadap obat melalui membungkus, menjebaknya di dalam inti, konjugasi, atau adsorpsi mereka ke partikel permukaan. Nanopartikel Polimer mengirimkan molekul bermuatan kargo melintasi BBB dengan mengikuti endositosis dan jalur transitos. Lapisan polimerik ini dianggap berkurang imunogenisitas, dan membatasi fagositosis nanopartikel oleh sistem retikulo-endotelial, mengakibatkan peningkatan kadar obat dalam darah pada organ seperti otak, usus, dan ginjal. Ini telah diterapkan dalam terapi gen untuk payudara sel kanker, menghasilkan efek anti-proliferatif (Murugan *et al*, 2014)..

3. Nanopartikel lipid

Nanopartikel lipid digunakan untuk berbagai jenis kanker seperti kanker GIT, kanker paru-paru, kanker payudara, kanker pankreas, kanker prostat. Nanopartikel lipid secara signifikan meningkatkan penetrasi transdermal phytomedicines di dalam kulit. SLNs meningkatkan potensi terapeutik eugenol dan efisien menghambat pertumbuhan infeksi *Candida* selama kandidiasis oral (Nurahari *et al*, 2018).

KESIMPULAN

Pembahasan sebelumnya menunjukkan bahwa partikel nano sistem memiliki potensi besar, mampu mengkonversi zat sulit larut, sulit diserap dan labil secara biologis zat aktif, menjadi obat yang menjanjikan. Itu inti dari sistem ini dapat menyertakan berbagai obat, enzim, gen dan ditandai dengan sirkulasi panjang waktu karena cangkang hidrofilik yang mencegah dikenali oleh sistem retikuler-endotelial. mengoptimalkan sistem pengiriman obat, pemahaman yang lebih besar berbagai mekanisme interaksi biologis, dan rekayasa partikel, masih diperlukan. Lebih jauh kemajuan diperlukan untuk mengubah konsep teknologi nanopartikel menjadi praktis yang realistis aplikasi sebagai generasi berikutnya dari sistem pengiriman obat.

DAFTAR PUSTAKA

- Ali Aghebati-Maleki , Sanam Dolati , Majid Ahmadiet. al., Nanoparticles and cancer therapy: Perspectives for application of nanoparticles in the treatment of cancers. *J Cell Physiol*, 2020. 235(3): 1962-1972.
- Amirkianoosh Kiani, Mohsen Rahmani, Sivakumar Manickam. Nanoceramics: Synthesis, Characterization, and Applications. *journal of nanomaterials*, 2014. 2014: 1-2.
- Amudha Murugan, Krishna Kumara, Shanmugasundaram. Biosynthesis and characterization of silver nanoparticles using the aqueous extract of vitex negundo. *linn. World J. Pharm. pharm. Sci.*, 2014; 3(8): 1385 -1393. 28.
- Batool, A., Arshad, R., Razzaq, S., Nousheen, K., Kiani, MH. and Shahnaz, G. Formulation and evaluation of hyaluronic acid-based mucoadhesive Self Nanoemulsifying Drug Delivery System (SNEDDS) of tamoxifen for targeting breast cancer. *International Journal of Biological Macromolecules*. 2020: 503-5015.
- Bhavioripudi S, Mile E, Iii S A S, Zare A T, Dresselhaus M S, Belcher A M and Kong J. CVD Synthesis of Single-Walled Carbon Nanotubes from Gold Nanoparticle Catalysts. *J Am Chem Soc.*, 2017. 129(6): 1516-7.
- Breast cancer: conventional diagnosis and treatment modalities and recent patents and technologies, *Breast Cancer Basic Clin.Res.* 9 (Suppl. 2) (2015) 17–34.
- Brhaish Ali Saeed, Vuanghao Lim, Nor Adlin Yusof, Kang Zi Khor, Heshu Sulaiman Rahman, and Nozlana Abdul Samad Antiangiogenic properties of nanoparticles: a systematic review. *Int J Nanomedicine*, 2019. 14: 5135–5146.

- Cho E J, Holback H, Liu K C, Abouelmagd S A, Park J and Yeo Y. Nanoparticle characterization: State of the art, challenges, and emerging technologies. HHS public access manuscript, 2013. 10(6): 2093-2110.
- Cronin-Fenton, D. P., dan Damkier, P. (2018). Tamoxifen and CYP2D6: A Controversy in Pharmacogenetics. *Advances in pharmacology* (San Diego, Calif.), 83. 65–91.
- Ding Y, Sun D, Wang GL, et al. An efficient PEGylated liposomal nano carrier containing cellpenetrating peptide and pH-sensitive hydrazone bond for enhancing tumor-targeted drug delivery. *Int J Nanomedicine*. 2015. 10: 6199–6214.
- Govind Soni , Khushwant S Yadav. Applications of nanoparticles in treatment and diagnosis of leukemia. *Mater Sci Eng C Mater Biol Appl*, 2015. 47: 156-64.
- Hasan S. A Review on Nanoparticles: Their Synthesis and Types Biosynthesis and Mechanism. *Research journal of recent sciences*, 2015. 4: 1-3.
- Ibrahim Khan, Khalid Saeed, and Idrees Khan. "Nanoparticles: Properties, applications and toxicities." *Arabian Journal of Chemistry*, 2019. 12(7): 908-931.
- KC Hembram, S. Prabha, R. Chandra, B. Ahmed, S. Nimesh, Kemajuan dalam persiapan dan karakterisasi nanopartikel kitosan untuk terapi, *Sel Buatan, Nanomed. Bioteknologi*. 2016. 44:305–314.
- Liu Z., Robinson, J.T., Sun, X., Dai, H. PEGylated Nanographene Oxide for Delivery of WaterInsoluble Cancer Drugs. *J. Am. Chem. Soc.*, 2018. 130: 10876-10877.
- Machado S, Pacheco J G, Nouws HPA, Albergaria J T and Delerue-Matos C. Characterization of green zero-valent iron nanoparticles produced with tree leaf extracts. *Sci.Total Environ*, 2018. 533: 76–81.
- Makadia, H. A., Bhatt, A. Y., Parmar, R. B., Paun, J. S. & Tank, H. M. (2013). SelfNanoemulsifying Drug Delivery System (SNEDDS): Future Aspects. *Asian J. Pharm. Res*; 3(1); 21-24.
- Minho Kim, Jung-Hoon Lee, Jwa-Min Nam. Plasmonic Photothermal Nanoparticles for Biomedical Applications. *Adv Sci.*, 2019. 6(17): 1-23.
- Narahari N. Palei, Bibhash C. Mohanta, Mohana L. Sabapathi, Malay K. Das. Lipid-based nanoparticles for diagnosis and therapy. *Organic Materials as Smart Nanocarriers for Drug Delivery*, 2018: 415-470.
- Robert.W.J Scott, Orla M Wilson. Synthesis, Characterization, and Applications of Dendrimer Encapsulated Nanoparticles. *journal of physical chemistry*, 2015. 109(2): 692–704.
- Salavati-niasari M, Davar F, Mir N. Synthesis and characterization of metallic copper nanoparticles via thermal decomposition. *Polyhedron*, 2008. 27(17): 3514-3518.
- Somaieh Mohammadi, Adam Harvey, Kamelia V.K. Boodhoo. Synthesis of TiO₂ nanoparticles in a spinning disc reactor. *Chemical Engineering Journal*, 2014. 258: 171–184.
- Stefanos Mourdikoudis, Roger M. Pallares and Nguyen T. K. Thanh. Characterization techniques for nanoparticles: comparison and

- complementarity upon studying nanoparticle properties. *Nanoscale*, 2018; 10: 12871-12934.
- Sun L, Singh AK, Vig K, Pillai SR, Singh SR. Silver nanoparticles inhibit replication of respiratory syncytial virus. *Journal of Biomedical Nanotechnology*, 2018. 4: 149-158.
- Tiwari D K, Behari J, Sen P. Application of Nanoparticles in Waste Water Treatment. *world appliedscience journal*, 2016. 3(3): 417-433.
- Tsai CY, Shiau AL, Chen SY, Chen YH, Cheng PC, et al. Amelioration of collagen-induced arthritis in rats by nanogold. *Arthritis & Rheumatology*, 2017. 56(2): 544-554.
- Xi-Feng Z., Zhi-Guo L., Wei S., and Sangiliyandi G. Silver Nanoparticles: Synthesis, Characterization, Properties, Applications, and Therapeutic Approaches. *international journal of molecular science*, 2016; 17(9): 1534.
- Yunes P., Masoud F., Majid M., Mozhdeh M., Rovshan K. Recent advances on liposomal nanoparticles: synthesis, characterization and biomedical applications. *Artificial cells, Nanomedicine and Biotechnology*, 2017. 45(4): 788-799.
- Zorawar Singh. Nan ceramics in Bone Tissue Engineering: The Future Lies Ahead. *Trends Journal of Sciences Research*, 2018. 3(3): 120-123.