

APLIKASI NANOSAINS DALAM BERBAGAI BIDANG KEHIDUPAN: NANOTEKNOLOGI¹

Oleh:

Wipsar Sunu Brams Dwandaru

Laboratorium Fisika Teori dan Komputasi, Jurusan Pendidikan Fisika, FMIPA, UNY
Karangmalang, Yogyakarta

Korespondensi: wipsarian@yahoo.com

ABSTRAK

Dalam makalah ini dijelaskan tentang nanosains dan nanoteknologi. Diberikan pula motivasi dalam mempelajari nanosains dan nanoteknologi dari segi sifat mekanis, magnetik, dan optik. Selanjutnya, dijelaskan pula aplikasi nanosains dalam berbagai bidang kehidupan, terutama untuk elektronika, industri mobil dan industri tekstil..

Kata kunci: nanosains, nanoteknologi, kuantum dot,

I. Sekilas Tentang Nanosains dan Nanoteknologi

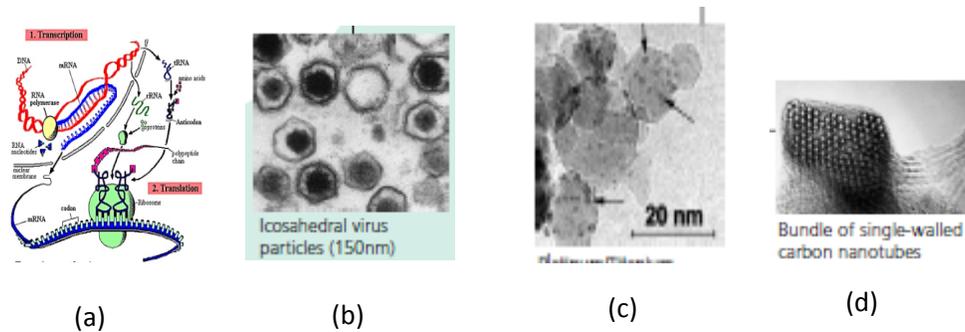
‘There’s plenty of room at the bottom’

(R. Feynman, 1959)

Salah satu ilmu pengetahuan yang sedang berkembang dengan pesat saat ini adalah nanosains. Sesuai dengan namanya, nanosains adalah ilmu dimana manusia berusaha untuk mempelajari berbagai gejala-gejala alam yang berukuran nanometer. Perlu diketahui bahwa 1 nanometer sama dengan 10^{-9} meter. Sebagai ilustrasi ukuran nanometer ini, jika dianggap bahwa jari-jari bumi ini adalah 1 meter, maka jari-jari sepakbola adalah sekitar 1 nanometer. Berbagai contoh

¹ Artikel ini telah disajikan dalam Seminar Regional Nanoteknologi dengan Tema ‘Goes to Nanotechnology Era’ pada Tanggal 23 Juni 2012.

gejala maupun obyek alam yang berada pada ukuran nanometer, di antaranya adalah protein sintesis [Gambar 1(a)], partikel virus [Gambar 1(b)], partikel titanium dioksida/platinum [Gambar 1(c)], dan *carbon nanotube* [Gambar 1(d)].



Gambar 1: Berbagai gejala dan obyek alam yang memiliki ukuran dalam orde nanometer. (a) protein sintesis[1,2], (b) partikel virus dalam formasi icosahedral, (c) partikel platinum [tanda panah] yang berada pada lapisan titanium dioksida, (d) carbon nanotube dengan dinding tunggal.

Berbagai gejala dan obyek fisis dalam orde nanometer di atas tidak dapat diamati tanpa adanya alat bantu pengamatan. Dengan demikian, dunia yang ditempati oleh gejala dan obyek fisis tersebut berada dalam dunia submikroskopik. Lebih lanjut lagi, perilaku fisis dan kimiawi dalam dunia submikroskopik berbeda dengan perilaku dalam dunia makroskopik. Jika dunia makroskopik dapat dibahas melalui hukum Newton dan teori relativistik, dunia mikroskopik tidak lagi sesuai dengan hukum Newton. Oleh karena itu, diperlukan sebuah konsep yang dapat menangani gejala alam yang berada dalam ukuran submikroskopik. Konsep yang dapat digunakan tidak lain adalah mekanika kuantum. Dengan demikian, secara konseptual, nanosains dan nanoteknologi tidak terlepas dari mekanika kuantum.

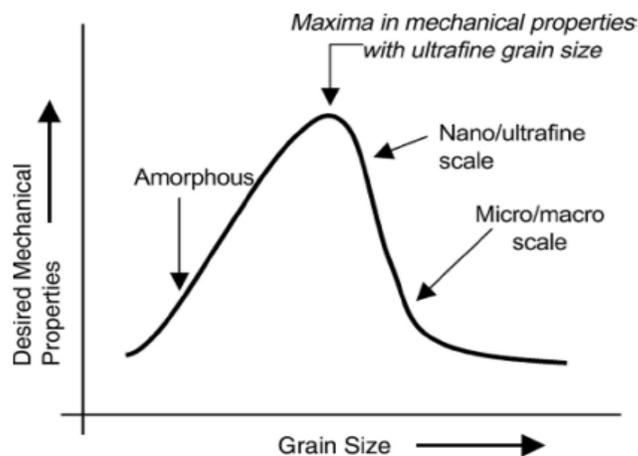
Nanoteknologi dapat didefinisikan sebagai aplikasi nanosains dalam berbagai bidang kehidupan. Menurut [1], nanoteknologi didefinisikan sebagai rekayasa dalam pembuatan material, fungsional, maupun piranti dalam skala nanometer.

II. Motivasi dalam Mempelajari Nanosains dan Nanoteknologi

Permasalahan yang selanjutnya layak dibahas adalah keunikan gejala-gejala alam di tingkat nanometer. Keunikan inilah yang menyebabkan nanoteknologi menarik untuk dikembangkan.

Sebagaimana dijelaskan di atas, gejala alam dengan skala nanometer berada dalam dunia mikroskopik. Telah diketahui sejak awal abad keduapuluh bahwa dunia mikroskopis memiliki perilaku yang berbeda dengan dunia makroskopis. Oleh karena itulah, fisika klasik, termasuk di dalamnya mekanika Newton, termodinamika, dan elektrodinamika klasik tidak cukup untuk menjelaskan berbagai fenomena yang terjadi di alam mikroskopis. Keberadaan mekanika kuantum memberikan landasan yang memadai untuk menjelaskan berbagai fenomena mikroskopis.

Dalam dunia mikroskopis, sifat fisika, kimia, dan bahkan biologi berubah drastik. Selain itu, sifat magnetik, listrik, dan optis material menjadi unik. Dalam dunia mikroskopis ini pulalah terjadi berbagai mekanisme biologis yang penting. Selain itu, akan menjadi menarik untuk mengkonstruksi suatu alat mekanis pada ukuran mikroskopis. Dengan demikian, terdapat suatu skala panjang kritis dimana terjadi perubahan sifat yang drastik pada skala mikroskopis.



Gambar 2. Sifat mekanis yang bergantung pada ukuran partikel.

Gambar 2 di atas menunjukkan sifat mekanik yang diinginkan dari suatu material atau bahan yang bergantung pada ukuran partikel bahan atau material tersebut. Dapat diamati dari **Gambar 2** bahwa sifat-sifat mekanis yang paling besar (maksimum) terjadi ketika ukuran partikel adalah sangat halus, mendekati ukuran nanometer. Semakin besar ukuran partikel, yakni pada skala micrometer ke atas, sifat-sifat mekanis yang diinginkan justru berkuang.

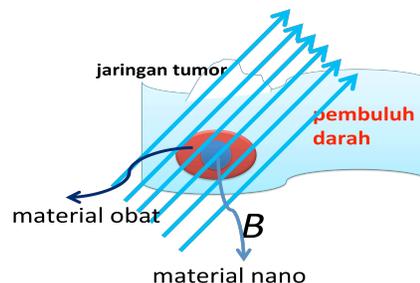
Sedangkan, ukuran partikel yang lebih kecil daripada skala nanometer, justru menghasilkan bahan amorphous.

Sifat fisis lainnya yang menarik adalah sifat optis material nano. Sifat optis ini bergantung pada ukuran partikelnya. Hal ini dapat diamati dari **Gambar 3** di bawah ini.



Gambar 3. Sifat optis bahan nano bergantung pada ukuran partikelnya. Semakin besar ukuran partikel (anak panah ke kanan), maka emisi hasil uji UV akan bergeser ke arah warna merah (panjang gelombang makin besar).

Sifat magnetik bahan nano[3] dapat digunakan untuk teknologi kedokteran masa depan. Ukuran partikel nano yang lebih kecil daripada pembuluh darah dapat dimanfaatkan untuk memandu obat-obatan tertentu agar sampai sasaran di dalam tubuh. Pertama, partikel nano disuntikkan ke dalam partikel-partikel obat. Selanjutnya, menggunakan kendali medan magnet di luar tubuh, partikel obat ini dapat dikendalikan sampai ke jaringan penyakit. Hal ini dapat diamati pada **Gambar 4**. Lebih daripada itu, partikel nano ini dapat digunakan sebagai terapi untuk mematikan sel-sel penyakit dengan cara menyusupkan material nano ke dalam sel penyakit dan kemudian menerapkan medan magnet yang berubah-ubah pada bahan nano tersebut.



Gambar 4. Material nano yang dimasukkan ke dalam material obat. Sifat magnetik partikel nano digunakan untuk mengarahkan obat ke jaringan tertentu.

Penjelasan sederhana di atas merupakan sebagian kecil saja dari berbagai motivasi untuk mempelajari nanosains dan nanoteknologi. Berbagai hal lain yang menarik tentang nanosains dan nanoteknologi belum tersentuh dalam artikel ini. Deskripsi di atas hanya menunjukkan sebagian dari sifat-sifat fisika yang menarik tentang material nano. Tentu saja, terdapat berbagai hal lainnya yang menarik dari diamati dari sifat-sifat kimia dan biologi.

III. Nanoteknologi Bersifat Interdisipliner

Satu kenyataan yang unik tentang nanoteknologi adalah jangkauan keilmuannya yang bersifat interdisipliner. Satu bidang kajian terkait dengan bidang kajian lainnya. Sebagai contohnya, ilmu fisika terkait dengan ilmu kimia untuk menghasilkan berbagai aplikasi dalam bidang medis, alat rumah tangga, militer, dan lainnya. Ilmu-ilmu fisika dan biologi saling berkaitan untuk menghasilkan teknologi di bidang lingkungan hidup. Sedangkan ilmu kimia dan biologi saling berkaitan untuk menghasilkan kemajuan di bidang kosmetik. Dengan demikian, jangkauan nanosains dan nanoteknologi sebenarnya sangat luas.

IV. Aplikasi Nanoteknologi

Akibat perkembangannya yang amat cepat, aplikasi nanoteknologi dapat digolongkan menjadi tiga bagian, yakni (i) nanoteknologi bertahap, (ii) nanoteknologi evolusioner, dan (iii) nanoteknologi radikal. Nanoteknologi bertahap adalah aplikasi nanoteknologi yang bersifat jangka pendek. Berbagai penemuan yang cepat terjadi dan dalam jangka waktu yang tidak terlalu lama. Nanoteknologi evolusioner adalah aplikasi nanoteknologi yang belum terwujud dalam jangka pendek. Dengan demikian, saat ini masih dalam tahap penelitian. Sedangkan nanoteknologi radikal adalah berbagai kemungkinan aplikasi yang di masa depan juga nampak tidak memungkinkan. Di bawah ini akan dibahas tentang berbagai aplikasi nanoteknologi yang bertahap da evolusioner.

Namun demikian, perlu dicatat pula bahwa sebelum perkembangan pesat nanoteknologi seperti saat ini, masyarakat jaman dahulu secara tidak sengaja telah menggunakan nanoteknologi dalam kehidupannya. Pada abad ke-10 sampai akhir tahun 1750, pedang-pedang yang diproduksi di Damaskus telah mengandung silinder nano karbon (*carbon nanotubes*). Para empu pedang tersebut tidak menyadari bahwa mereka telah mengaplikasikan nanoteknologi.

4.1 Elektronika

Aplikasi nanoteknologi di bidang elektronika bertumpu pada apa yang disebut sebagai *single electron devices* (divais elektron tunggal). Ini adalah berbagai divais yang berbasis pada hanya satu atau beberapa elektron saja. Elektron-elektron ini dapat dikendalikan dan diatur sepenuhnya.

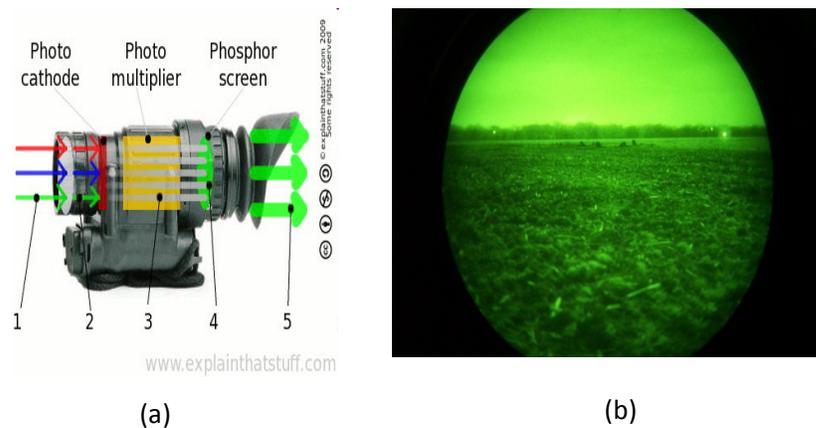
Tujuan utama aplikasi nanoteknologi di bidang elektronika adalah meningkatkan tenaga, kapasitas, dan kecepatan alat beberapa kali lipat dari yang ada sekarang ini. Pada prinsipnya, aplikasi ini merupakan aplikasi yang evolusioner, yang hampir menjadi produk untuk konsumen. Sebagai contoh, untuk komputer, perakitan berbasis nanoteknologi akan dilakukan secara *bottom up*. Dengan demikian, hasil yang diharapkan antara lain, ukuran chips yang 3 sampai 4 kali lebih kecil, daya dengan 2 sampai 3 kali lebih besar, dan tidak diperlukan *start up time* (*no start up time*). Lebih khusus lagi, untuk prosesor komputer, transistornya akan dibuat menggunakan tabung nano karbon yang memiliki arus dengan nilai dua kali lipat arus saat ini. Dengan demikian, diharapkan kinerja dari prosesor akan bertambah baik, sedangkan kebocoran makin kecil. Selain itu, memori komputer akan dirancang menggunakan nanodot (titik nano) berbasis nikel. Akibatnya, kapasitas simpanannya diharapkan dapat mencapai orde terabyte, sedangkan pengepakannya dapat lebih berdekatan karena mereka berperilaku sebagai bagian-bagian yang berdiri sendiri.

4.2 Militer

Nanoteknologi dalam bidang militer terkait dengan aplikasi ilmu-ilmu fisika, kimia, dan biologi. Salah satu Negara yang sedang mengembangkan nanoteknologi di bidang militer adalah Amerika Serikat. Militer Amerika Serikat menggunakan peralatan

elektronik dalam kesehariannya. Penginderaan di malam hari dan sensor suhu digunakan oleh tentara, pilot pesawat terbang, dan pesawat terbang tanpa awak. Nanoteknologi memberikan memberikan keuntungan bagi militer Amerika Serikat.

Inti dari penginderaan malam hari (*night vision*) adalah adalah lempeng *microchannel* (*microchannel plate-MCP*). Elektron-elektron akan melewati ribuan *microchannel* yang nantinya akan melipatgandakan jumlah elektron. Selanjutnya elektron-elektron tersebut akan melewati layar fosfor. Ilustrais penginderaan malam hari dapat diamati pada **Gambar 5** di bawah ini.

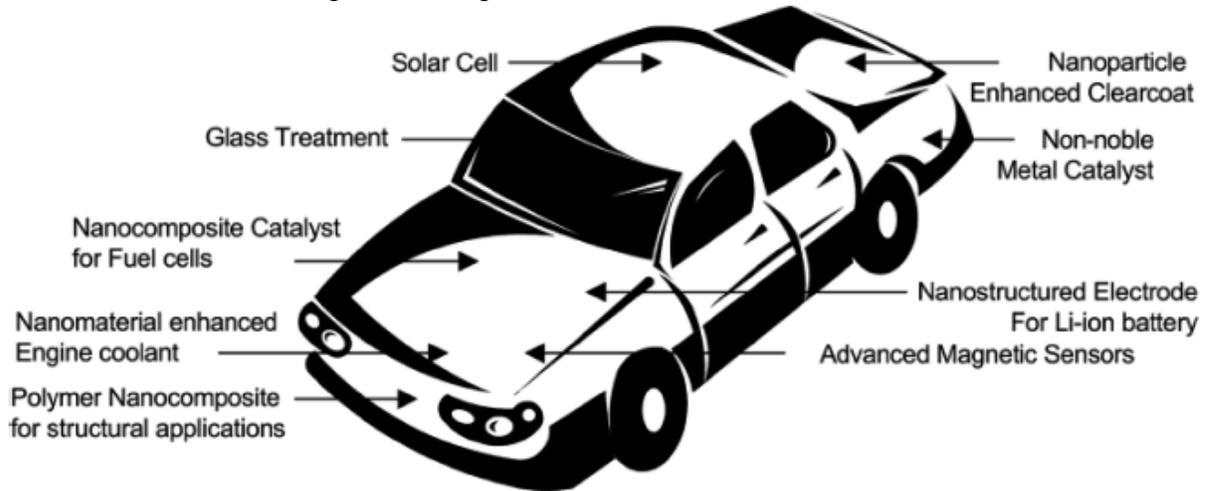


Gambar 5. Teknologi penginderaan di malam hari. (a) Mekanisme berkas elektron bergerak sepanjang alat *night vision*. (b) Hasil kenampakan suatu daerah jika diteropong melalui alat *night vision*.

4.3 Industri Mobil

Aplikasi nanoteknologi dalam industri automotif terkait dengan berbagai hal antara lain: (i) pelapisan (*coating*) pada badan (*body*) mobil, (ii) aplikasi struktural, (iii) produk-produk di pasaran, dan (iv) aplikasi-aplikasi potensial lainnya. Pelapisan pada *body* mobil menggunakan nano partikel akan memberikan berbagai keuntungan di antaranya, tiga kali lebih tahan terhadap goresan dan kecemerlangan yang lebih lama. Tujuan dari aplikasi struktural dalam industri atutomotif adalah untuk mengurangi massa dari mobil tetapi tetap cukup kuat untuk menopang kerangka mobil. Hal ini akan berakibat pada makin hematnya penggunaan bahan bakar mobil. Pelapisan pada pelindung angin (*windshield*) dapat menolak hujan, serangga, kotoran burung, cat semprot, ataupun cairan lainnya. Pemurni udara dalam mobil dapat membersihkan udara melalui reaksi fotokatalitik. Sebuah aplikasi potensial nanoteknologi adalah pada pendingin mesin.

Pendingin mesin berbasis nano partikel akan memberikan thermal konduktivitas yang lebih besar sehingga transfer panas akan lebih baik. Sebagai aplikasi nanoteknologi pada industri automotif dapat diamati pada **Gambar 6** di bawah ini.



Gambar 6. Berbagai aplikasi nanoteknologi dalam industri automotif.

4.4 Industri Konveksi

Nanoteknologi dapat diaplikasikan pula pada industri konveksi (kain). Berbagai aplikasi nanoteknologi dalam industri konveksi antara lain, (i) tahan terhadap tumpahan dan kotoran, (ii) tahan air, (iii) tahan bau, dan (iv) kemampuan untuk menghantarkan listrik. Suatu bahan kain dapat dilapisi dengan serat polyester yang mengandung filament-filamen nanosilikon. Lapisan filament nanosilikon memiliki sifat hidrofobik (tidak menyukai air). Akibatnya, bahan kain ini akan mencegah air untuk membasahi bahan.



Gambar 7. Aplikasi nanoteknologi pada industri kain. Bahan kain yang dilapisi filamen-filamen nanosilikon akan menahan air sehingga mencegah air untuk membasahi bahan kain.

4.5 Nanomaterial anti refleksi

Lapisan berskala nano juga dapat diberikan pada bahan optis seperti kaca atau kacamata sehingga bahan tersebut kemampuan anti refleksi terhadap cahaya matahari maupun sinar infra merah.

V. Kesimpulan

Telah dibahas di atas tentang pengertian nanosains dan nanoteknologi. Selanjutnya, telah dibahas motivasi untuk mempelajari dan mengembangkan nanosains. Terakhir, telah dibahas berbagai aplikasi nanoteknologi di berbagai bidang, yakni: elektronika, militer, industri automotif, dan industri konveksi. Tentu saja masih banyak lagi aplikasi nanoteknologi dalam kehidupan manusia. Oleh karenanya, masih diperlukan berbagai penelitian untuk mengembangkan nanosains untuk kesejahteraan manusia di bumi.

VI. Referensi

- [1] Unraveling the Physics of DNA's Double Helix, *Science Daily*, www.sciencedaily.com, \ \ diunduh tanggal: September 2012.
- [2] DNA Nanotechnology, Wikipedia, www.wikipedia.com, diunduh tanggal: September 2012.
- [3] Mikhrajuddin Abdullah, Pengantar Nanosains,