

## ANALISA RESIKO PENGARUH PARTIKEL NANO TERHADAP KESEHATAN MANUSIA

*Teknologi nano memberikan banyak harapan, peluang dan manfaat dalam berbagai bidang kehidupan . Penerapan teknologi ini akan memberikan nilai lebih dalam berbagai hal . Namun begitu resiko potensial dan pengaruh penggunaan material nano terhadap makhluk hidup dan lingkungan serta cara mengelola resiko tersebut menjadi satu pemikiran dalam penerapan teknologi ini. Hal ini disebabkan karena partikel nano mempunyai sifat-sifat yang tidak dapat dengan mudah diprediksi dibandingkan dengan bulk material dengan jenis yang sama.Oleh karena itu perlu dilakukan suatu analisa untuk mengetahui pengaruh material nano terhadap kesehatan manusia khususnya organ-organ tubuh manusia.Organ tubuh manusia yang akan mengalami kontak langsung dengan partikel –partikel dari luar termasuk partikel berukuran nano adalah paru-paru, kulit dan saluran pencernaan. Secara umum ketiga organ tersebut mempunyai mekanisme pertahanan alamiah untuk menghilangkan berbagai benda asing yang masuk ke dalamnya.Tetapi karena partikel nano mempunyai sifat-sifat yang berbeda dibandingkan partikel biasa , maka dimungkinkan partikel ini akan dapat mempengaruhi metabolisme di dalam tubuh manusia.*

**Kata kunci :** resiko , partikel nano , kesehatan

### I. Riwayati

e-mail: [riway79@yahoo.com](mailto:riway79@yahoo.com)

Jurusan Teknik Kimia  
Fakultas Teknik  
Universitas Wahid Hasyim  
Semarang  
Jl Menoreh Tengah X/22  
Semarang

### Pendahuluan

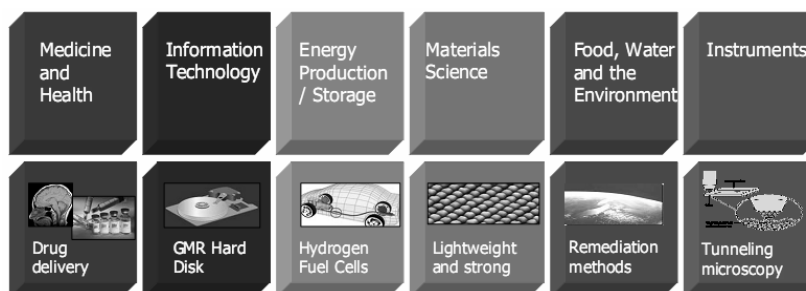
Salah satu hal besar yang masih menjadi permasalahan dalam pengembangan teknologi nano adalah resiko potensial terhadap kesehatan , keamanan dan lingkungan sebagai akibat penggunaan material nano serta cara terbaik untuk mengelola resiko tersebut. Teknologi nano sendiri diturunkan dari istilah nanometer .

Satu nanometer setara dengan sepersatu miliar meter , kurang lebih seratus ribu kali lebih kecil dari diameter rambut manusia , seribu kali lebih kecil dari sel darah merah , dan setengah kali diameter DNA. Sementara pengertian teknologi nano adalah suatu proses rekayasa dari fungsi sistem pada tingkat molekular. Teknologi ini mengacu pada manipulasi atau perakitan diri dari atom , molekul atau kelompok molekul menjadi material atau alat dengan sifat-sifat baru. Cara kerjanya melalui proses “ *top down* “ ataupun “ *bottom up* “. Top down berarti memperkecil ukuran sampai pada skala nano contohnya diterapkan pada elektro nano dan rekayasa nano . Sedangkan bottom up merupakan kebalikan proses dari top up , dimana pada proses ini atom-atom atau molekul dimanipulasi sehingga menjadi susunan dengan skala nano . Hal ini lebih menyerupai biokimia atom.

Teknologi nano merupakan salah satu teknologi yang relatif masih dalam taraf pengembangan dalam penerapan , walaupun ada beberapa bidang yang telah menerapkannya . Perkembangan teknologi ini berlangsung dengan pesat terutama pada tahun 2000-an.

Walaupun telah diketahui banyak manfaat yang dapat diperoleh dengan penerapan teknologi ini tetapi resiko potensial dengan penerapan tersebut perlu dikaji lebih jauh lagi.Berikut ini beberapa contoh penerapan teknologi nano dalam berbagai bidang :

1. Obat-obatan dan kesehatan : *delivery drug* ( suatu cara untuk mengirim obat-obatan ke dalam bagian tubuh yang sakit secara efektif dan efisien )
2. Teknologi informasi : *GMR Hard disk*
3. Produksi dan penyimpanan Energi : *Hydrogen fuel cell*
4. Ilmu Bahan : pengembangan material yang lebih ringan dan lebih kuat menggunakan komposit.
5. Makanan , Air dan Lingkungan : *Remedy mathodes* ( pengembangan metode-metode perbaikan dalam bidang-bidang tersebut ).
6. Peralatan : *Tunneling microscopy*.



Gambar 1. Beberapa Bidang Penerapan Nanoteknologi

Penerapan teknologi nano dalam berbagai bidang tersebut memberikan banyak manfaat dan keuntungan. Salah satu penelitian tentang pengaplikasian teknologi nano yang sedang dikembangkan adalah usaha untuk mengurangi jumlah *solvent* dan bahan kimia berbahaya dalam produksi, meningkatkan efisiensi energi, memperbesar kemampuan penyimpanan energi. Disamping itu dikembangkan pula cara menghilangkan polutan yang sulit dihilangkan dari sumber air dan tanah sehingga hal ini sangat bermanfaat bagi lingkungan yang berkelanjutan.

Dalam bidang pengolahan makanan akan muncul berbagai macam makanan yang mempunyai nilai lebih dalam hal nutrisi, cita rasa serta keawetannya jika dibandingkan makanan konvensional sejenis. Hal ini akan memberikan banyak pilihan kepada konsumen.

Walaupun teknologi nano memberikan banyak harapan dalam hal keuntungan dan manfaat, tetapi penelitian serta analisa mengenai pengaruh potensialnya terhadap kesehatan, lingkungan dan keamanan sangat perlu untuk dilakukan seiring dengan penelitian dalam pemanfaatannya.

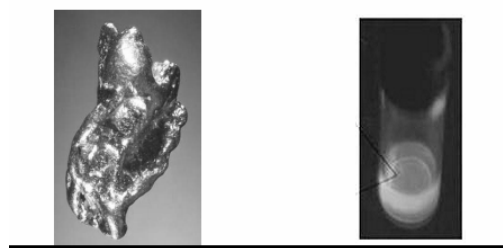
Sampai saat ini sudah banyak dilakukan penelitian mengenai pengaruh nano material terhadap kesehatan dan lingkungan. Tetapi dari penelitian – penelitian tersebut belum satupun yang menyebutkan adanya pengaruh nanomaterial terhadap lingkungan ataupun kesehatan. Walaupun demikian hingga saat ini belum ada kesepakatan diantara para ilmuwan bahwa teknologi nano bebas resiko.

Persepsi dari risiko akan meningkat jika dalam aplikasi teknologi nano tersebut jika tidak menguntungkan bagi kesehatan, bersifat “invasif” ke dalam tubuh dan mempunyai tingkat paparan yang tinggi. Oleh karena itu penelitian-penelitian dan kajian-kajian masih terus dilakukan untuk mengidentifikasi berbagai resiko yang mungkin ada dalam penggunaan material nano.

### Pengertian dan Sifat-sifat Material Nano

Material nano merupakan material dengan ukuran diameter antara 1 sampai 100 nanometer. Pada skala ukuran ini partikel dapat mempunyai sifat dan fungsi yang jauh berbeda dibandingkan dengan partikel yang sama tetapi

dengan ukuran yang lebih besar. Sebagai contoh adalah emas. Logam emas mempunyai warna kuning keemasan, bersifat inert dan mempunyai titik leleh  $1200^{\circ}\text{C}$ . Partikel nano emas berukuran 1 nm mempunyai warna biru, sedikit reaktif dan titik leleh  $200^{\circ}\text{C}$ . Sedangkan partikel nano emas berukuran 3 nm mempunyai warna kemerahan, bersifat katalitik dan mempunyai titik leleh  $200^{\circ}\text{C}$ .



Gambar 2. Bulk Emas dan Partikel emas berukuran 1 nm

Dari contoh diatas dapat kita lihat bahwa partikel nano mempunyai sifat-sifat yang sulit untuk diprediksi.

Dalam tahun-tahun terakhir ini, sebagai akibat dari perkembangan penggunaan dan produksi material nano, muncullah perhatian mengenai aspek kesehatan dan keamanan dari material ini. Meskipun berbagai jenis material ini bukan baru, tetapi ukuran material tersebut pada skala nano menimbulkan dua perhatian penting, yaitu:

1. Material nano mempunyai luas permukaan yang lebih besar dibandingkan dengan massa yang sama tetapi ukuran partikel lebih besar serta kemampuan untuk menembus membran sel. Hal ini dapat membuat bahan secara kimia lebih reaktif dan mempengaruhi sifat-sifat kekuatan dan kelistrikan.
2. Efek kuantum dapat mulai mempengaruhi perilaku dari sesuatu pada skala nano, terutama sekali akan berpengaruh pada optikal, elektrik dan sifat magnetik dari material tersebut.

Aspek lain yang menjadi perhatian mobilitas partikel ini dalam tubuh manusia dan lingkungan. Disamping itu material dengan ukuran nano mempunyai sifat – sifat mekanik yang berbeda dengan bahan sejenis tetapi mempunyai ukuran lebih besar (*bulk material*). Sifat-sifat mekanik itu diantaranya kekerasan,

modulus elastik dan kekuatan tarik yang menjadi lebih baik sebagai akibat dari kesempurnaan struktur dari material pada skala nano. Ukuran kecil ini menyebabkan material nano bebas dari ketidaksempurnaan struktur dalam karena adanya dislokasi ataupun impuritas dari bahan lain yang dapat menyebabkan kesalahan mekanik (*mechanical failur*). Peningkatan sifat-sifat mekanik bahan pada skala nano itu memberikan banyak potensi penerapan seperti *mechanical nano resonators*, sensor massa dan penjepit nano untuk objek pada proses manipulasi pada skala nano. Sedangkan aplikasi secara makro diantaranya adalah pada struktur reinforcement bahan polimer, pembuatan material yang kuat tetapi ringan, pelapis yang bersifat konduktif dan fleksibel serta peralatan pemotong yang lebih keras dan kuat.

Sifat-sifat mekanik, optikal, magnetik serta kimia dari material nano telah banyak dipelajari, tetapi tidak dengan sifat termal dari material ini. Hal ini disebabkan oleh kesulitan pengukuran dan pengontrolan proses transfer panas pada skala ini. Sedangkan analisa dan simulasi secara teoritis mengenai proses tersebut masih dalam tahap perkembangan.

Pada saat ini dipergunakan alat yang disebut *Atomic Force Microscope (AFM)* yang dapat dipergunakan untuk mengukur proses transfer panas pada struktur nano dengan spasial resolusi yang tinggi.

### **Kemungkinan Pengaruh Material Nano Terhadap Berbagai Organ Tubuh Manusia**

Potensi manfaat material nano bagi kesehatan dan lingkungan telah banyak dipelajari, walaupun demikian pengaruh negatif material tersebut terhadap kesehatan dan lingkungan atau lebih khususnya dapat menyebabkan keracunan tidak dapat lepas dari pemikiran. Diantaranya pemikiran tersebut tentang efek samping penggunaan material nano dalam bidang kesehatan serta kemampuan alam untuk menguraikan partikel tersebut.

Partikel nano mempunyai skala ukuran sama dengan komponen seluler dan protein-protein yang lebih besar. Berdasarkan pemikiran ini ada kemungkinan partikel nano menghindari pertahanan alami tubuh manusia dan makhluk hidup yang lain serta dapat merusak sel. Secara umum manusia telah banyak menerima paparan berbagai jenis partikel nano yang bersumber dari alam seperti fotokimia dari atmosfer, kebakaran hutan. Manusia menghirup jutaan polutan partikel nano pada waktu menggunakan api untuk pembakaran. Berikut ini kemungkinan rute paparan partikel nano pada penerapan di masa yang akan datang terhadap tubuh manusia.

Untuk dapat memahami resiko yang dapat ditimbulkan oleh partikel nano pada manusia, perlu diketahui dahulu mekanisme pertahanan tubuh melawan partikel asing secara umum serta sifat-sifat partikel yang dapat melawan pertahanan tersebut.

Secara umum tubuh manusia telah terpapar partikel-partikel kecil ataupun berbagai macam mikroorganisme dalam konsentrasi yang tinggi. Dan mekanisme pertahanan tubuh manusia yang digunakan untuk melawan mikroorganisme adalah sama dengan yang dipergunakan untuk melawan partikel-partikel kecil tersebut.

Ada tiga cara masuk partikel asing ke dalam tubuh manusia yaitu :

1. Melalui pernafasan masuk ke dalam paru-paru
2. Melalui pori-pori kulit masuk ke dalam aliran darah.
3. Melalui mulut masuk ke dalam saluran pencernaan.

Masing-masing organ tersebut mempunyai mekanisme pertahanan sendiri-sendiri untuk melawan berbagai macam partikel atau mikroorganisme asing yang akan masuk ke dalam tubuh. Mekanisme pertahanan dari masing-masing organ tersebut dapat dijelaskan sebagai berikut :

1. Paru-paru

Di dalam paru-paru, partikel kecil yang terikut dalam udara pernafasan akan disaring dan mengendap pada dinding saluran udara masuk dan akan dikeluarkan ke tenggorokan oleh gerakan silia yang ada pada dinding sel saluran udara masuk. Jika partikel ini sampai masuk pada lapisan tempat terjadinya pertukaran gas maka partikel itu akan ditelan oleh sel fagosit yang disebut sebagai *macrophages*. Sel-sel ini akan membawa partikel ini menuju saluran udara atau membawanya ke pembuluh limfatik dan kemudian ke limpa. Kedua mekanisme tersebut bertujuan menghindari bahaya potensial dan menetralkan racun dari partikel kecil yang terbawa masuk.

2. Kulit

Kulit dilindungi oleh lapisan sel kulit mati yang disebut epidermis. Ditutupi oleh lapisan lemak hidrofobik. Dibawah epidermis terdapat lapisan sel hidup, ujung-ujung sel syaraf, serta pembuluh darah. Lapisan dibawah epidermis ini disebut dermis. Didalam dermis terdapat kelenjar yang menghasilkan keringat dan mensekresikan zat pertahanan yang disebut sebum. Persediaan darah ke dermis dapat menjadikan sel-sel meradang jika kulit diserang oleh bakteri atau hal-hal lain yang merusak, yang memungkinkan untuk memberikan perlindungan dan memperbaiki sel. Peradangan yang terus-menerus dan berulang oleh karena suatu bahan kimia atau hal lain dapat memicu terjadinya kerusakan kulit dan kanker. Secara normal epidermis bersifat impermeable terhadap partikel dan mikroorganisme tetapi mudah dirusak atau

dilubangi .Beberapa penyakit pada kulit atau alergi dapat mengurangi kemampuan kulit untuk menahan zat-zat beracun.

### 3. Saluran Pencernaan

Epitel saluran pencernaan berbeda dengan epitel organ yang lain. Secara umum fungsi utama dari epitel saluran pencernaan adalah untuk menyerap berbagai zat masuk ke dalam tubuh. Jika tidak dalam keadaan sakit , epitel ini bersifat dapat ditembus oleh molekul yang besar seperti protein ( dengan ukuran puluhan nanometer ) tetapi membutuhkan pemecahan nanometer diabsorpsi , partikel-partikel serta mikroorganisme.Keasaman yang tinggi dari saluran pencernaan mempunyai fungsi pencernaan dan pembunuh kuman serta dapat melarutkan partikel tertentu yang mungkin membahayakan tubuh. Saluran pencernaan bagian bawah mempunyai fungsi sekresi dan absorpsi. Sebuah riset tentang formulasi pengantaran obat menunjukkan bahwa beberapa partikel nano masuk ke dalam saluran limfa dalam pencernaan ( Hussain , dkk , 2001 ).

Beberapa hal yang penting yang menentukan toksifitas dari partikel nano adalah hal-hal berikut ini :

- luas permukaan total yang mengenai organ sasaran.
- Reaktivitas kimia dari permukaan tersebut khususnya kemampuan untuk masuk dalam suatu reaksi dan melepaskan radikal bebas.
- Dimensi fisik dari partikel yang dapat menyebabkan masuk ke dalam organ atau sel dan tidak dapat dihilangkan.
- Kelarutan.

Ukuran yang kecil dari partikel nano sebagian besar yang terhirup bersama udara pernafasan dapat dipastikan masuk dan mengendap dalam paru-paru. Ukuran kecil tersebut diperkirakan juga berpengaruh terhadap kemampuannya untuk masuk ke dalam sel khususnya sel-sel fagosit seperti sel-sel darah putih. Partikel nano ini dapat masuk langsung ke dalam membran sel dan kemungkinan dapat mempengaruhi fungsi sel .

Faktor ukuran dari partikel nano bukan merupakan faktor yang kritis .Jumlah total luas permukaan ( khususnya dosis ) juga merupakan hal yang penting untuk menentukan toksifitas. Potensi toksifitas partikel nano dengan kereaktifan permukaan yang rendah terhadap manusia atau hewan sangat tergantung dari dosis dan jalur paparan. Sebagai contoh organ paru-paru jika menghirup partikel tersebut dalam jumlah kecil tidak akan memberikan efek yang signifikan , sedangkan jika yang terhirup adalah partikel nano dalam jumlah besar seperti dalam proses produksi maka harus dikendalikan dengan suatu peraturan.

Paparan kulit dengan partikel nano terutama disebabkan oleh penggunaan kosmetik yang mengandung partikel tersebut.Contohnya adalah partikel nano titanium oksida yang dipergunakan sebagai tabir surya ( *sun screen* ) dalam kosmetik karena sifatnya yang transparan terhadap sinar tampak, disamping dapat berperan dalam proses penyerapan dan pemantulan sinar ultraviolet. Meskipun penggunaan *sun screen* ini dapat mengurangi resiko *sunburn* yang akut , tetapi ada kemungkinan partikel atau zat yang dipergunakan dalam sunscreen ini dapat menjadi bersifat *photoactive* karena beberapa kondisi tertentu. Jika partikel yang bersifat *photoactive* ini dapat menembus lapisan kulit , maka dikhawatirkan akan dapat menimbulkan radikal bebas yang dapat merusak DNA. Meskipun demikian , *Scientific Committe on Cosmetic and Non-Food Product ( SCCNFP )* mendeklarasikan bahwa partikel nano titanium oksida aman digunakan sebagai UV filter baik *coat* maupun *uncoat* ( *SCCNFP* , 2000 ).

### Kesimpulan

Penggunaan partikel nano dalam berbagai bidang menjanjikan hal yang lebih baik , tetapi faktor resiko potensial terhadap kesehatan manusia dan lingkungan harus dipikirkan sebelum dilakukan penerapan yang lebih jauh.Walaupun penelitian-penelitian yang dilakukan saat ini tidak menemukan adanya resiko tersebut tetapi penelitian-penelitian yang lebih jauh tetap harus dilakukan untuk mengimbangi penelitian dalam bidang penerapannya.

### Daftar Pustaka

- Client Alert, An Informational Newsletter From Goodwin Procter LLP, 2007 ,Nanotechnology Risk Framework Spurs Controversy
- Committees On Toxicity, Mutagenicity and Carcinogenicity of Chemical in Food , Consumer Products and The Environment , 2004 , Joint Statement on Nanomaterial Toxicology.
- Emmanuelle Schuler , 2004 , Perception of Risks and Nanotechnology , Amsterdam , Holland
- Dupont Nanomaterial Risk Assesment Worksheet , 2007 ; Incorporation of Single and Multi Walled Carbon Nano Tubes ( CNTs )into Polymer Nanocomposites by Melt Processing.
- Michael Berger , 2007 , Food nanotechnology and Public Acceptance ,Nanowerk LLC.
- Philippe Martin , 2007 , Legislative Aspects of Nanoparticles , Joint Symposium on Food Safety and Nutrition-Nanotechnology in Food and Cosmetics , Greenbelt.
- Properties of NanoMaterials,  
[http://www.madrimasd.org/cimtan/Biblioteca/Materiales/Downloads\\_GetFile.aspx?id=7288](http://www.madrimasd.org/cimtan/Biblioteca/Materiales/Downloads_GetFile.aspx?id=7288)