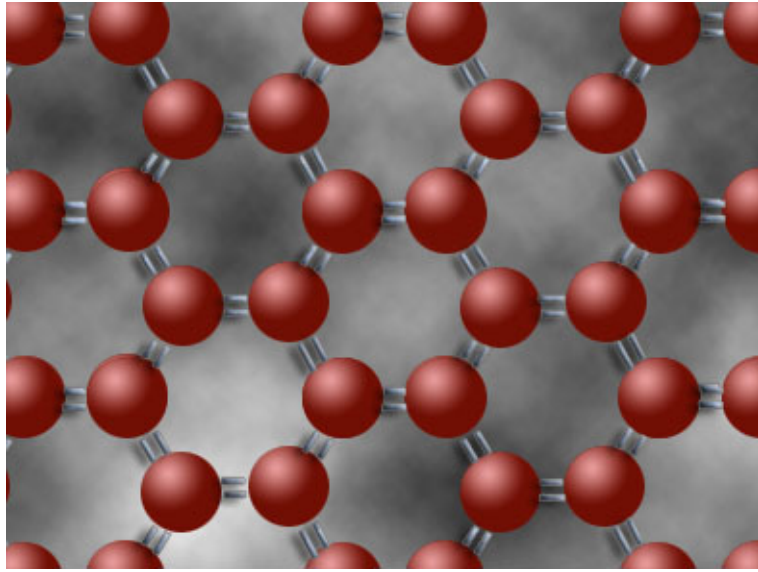


## Teknologi si Mungil

Teknologi canggih yang mulai populer di beberapa tahun terakhir ini benar-benar merupakan teknologi si mungil. Mungil karena melibatkan rekayasa partikel-partikel berukuran super kecil. Istilah nano berasal dari kata *Nanos* (Bahasa Yunani) yang berarti  $10^{-9}$  (satu per satu milyar). 1 nanometer (nm) sama dengan  $10^{-9}$  meter. Nanoteknologi merupakan teknologi yang melibatkan atom dan molekul dengan ukuran lebih kecil dari 1000 nanometer. Itu berarti ukurannya bisa mencapai 100.000 kali lebih kecil dari diameter sehelai rambut manusia. Super kecil, super mungil! Tetapi ini bukan berarti manfaatnya juga mungil!

Si mungil ini justru memiliki potensi sangat besar dalam memberikan jawaban dan penyelesaian berbagai masalah kompleks di dunia. Mulai dari dunia kesehatan, masalah pangan, masalah lingkungan, masalah ekonomi, dunia komunikasi, industri, elektronika, manufaktur, informatika, transportasi, dan banyak lagi. Teknologi ini bisa mempengaruhi semua aspek kehidupan manusia. Seperti ungkapan Kecil-kecil Cabe Rawit, sesuatu yang berukuran mikro justru dapat memberi dampak makro. Kenapa bisa begitu?

Karena semua benda yang kita gunakan dalam kehidupan sehari-hari tersusun dari atom-atom berukuran nano. Bahkan makhluk hidup, termasuk manusia, juga tersusun dari atom. Karakteristik dari semua benda sangat bergantung pada susunan atom-atomnya. Atom-atom yang terdapat dalam batubara sama persis dengan atom-atom sejenis yang terdapat dalam berlian (*diamond*) yang indah. Yang berbeda adalah susunan strukturnya saja. Atom-atom dalam partikel pasir sangat mirip dengan atom-atom dalam *chip* komputer yang canggih. Bahkan atom-atom penyusun air, udara, dan partikel debu sebenarnya sama dengan atom-atom dalam sebuah kentang! Sedikit saja susunan struktur atomnya diubah, karakteristik suatu benda bisa berubah drastis. Inilah konsep utama dalam nanoteknologi. Suatu saat nanti, batubara dan grafit dapat kita susun ulang atom-atomnya sehingga menjadi berlian yang berkilau indah!

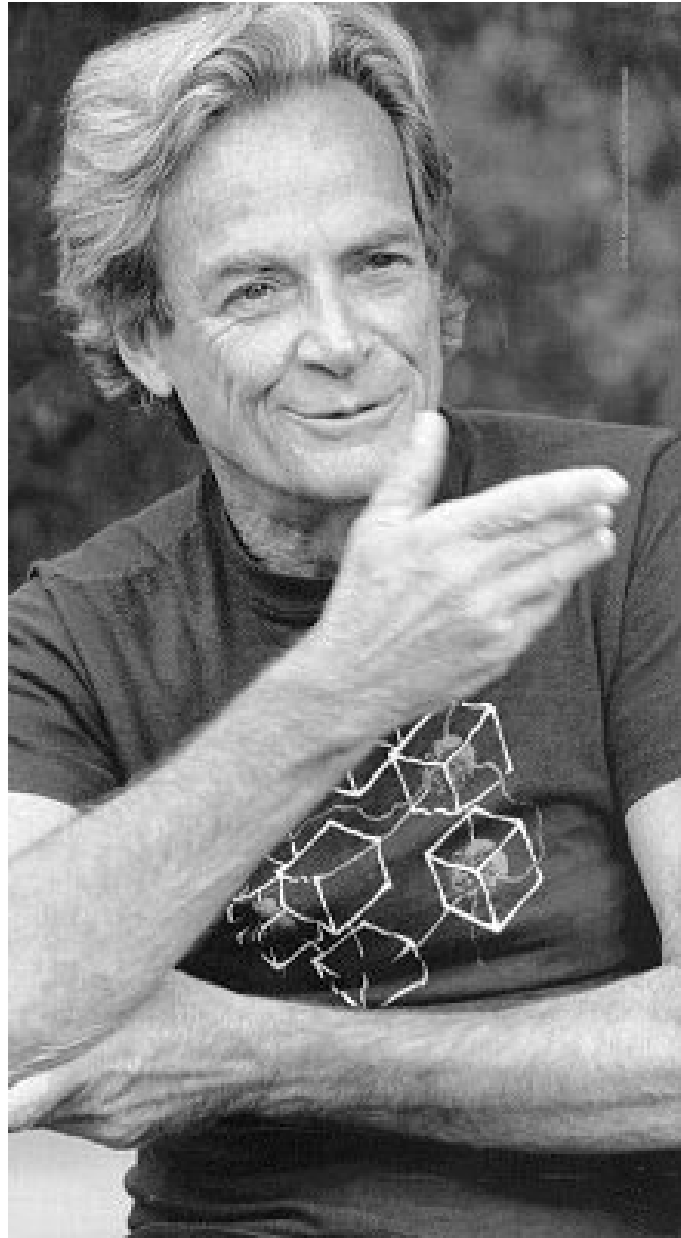


**Gambar 1** Struktur atom karbon pada grafit

Sebenarnya prinsip yang digunakan dalam nanoteknologi sudah banyak diterapkan dalam ukuran makro. Misalnya, manusia yang hidup pada zaman batu membuat berbagai peralatan dan perkakas dari bebatuan yang digerinda. Untuk membuat peralatan logam manusia melebur bijih logam dan membentuknya menjadi berbagai peralatan. Semua proses itu sebenarnya merupakan proses mengatur kembali susunan (memanipulasi) atom-atom dari material alami yang ada di bumi. Tetapi yang disusun ulang adalah tumpukan atomnya, bukan atom-atom individual. Seiring dengan berjalannya waktu, manusia terus mengembangkan teknik penyusunan ulang tumpukan atom tersebut sehingga ketepatannya semakin baik (semakin presisi) dan biaya produksi semakin murah. Penyusunan ulang atom-atom dalam nanoteknologi mencapai tahap penyusunan ulang struktur atom individual, jadi bukan lagi tumpukan atom.

Ide penyusunan ulang atom-atom individual dalam skala nano ini sebenarnya sudah ada sejak beberapa dekade. Pada tahun 1959, si jenius Richard Feynman, pemenang Nobel Fisika tahun 1965 yang juga dikenal sebagai *Father of Nanotechnology*, menyatakan bahwa tidak ada satu pun Hukum Fisika yang menunjukkan bahwa atom-atom tidak dapat kita manipulasi sesuai dengan kemauan kita. Hanya saja kita masih belum berhasil melakukannya karena kita

terlalu besar dan atom-atom itu terlalu kecil untuk bisa kita utak-atik susunannya. Yang penting adalah meletakkan masing-masing atom pada tempat yang tepat sehingga terjadi interaksi antar atom sesuai dengan keinginan kita. Sama seperti saat kita bermain dengan Lego. Makin kecil blok-blok Lego makin banyak variasi yang bisa kita buat.



**Gambar 2** Richard Philips Feynman, *Father of Nanotechnology*

Ada satu prinsip dasar yang digunakan dalam manipulasi atom. Molekul-molekul memiliki selektivitas yang unik. Sebagai contoh, atom bermuatan positif akan selalu menarik atom lain yang bermuatan negatif. Jika ada lebih dari satu atom bermuatan negatif, atom yang ditariknya adalah yang memiliki keelektronegatifan paling tinggi (gaya tarik-menariknya paling besar). Jika kita meletakkan atom-atom/molekul-molekul yang memiliki karakteristik sesuai dengan kemauan kita, atom-atom tersebut otomatis langsung saling berinteraksi (*Self Assembly*). Karena menggunakan atom individual maka produk yang kita dapatkan tidak ada pengotor/kontaminannya. Prosesnya juga tidak menghasilkan polusi karena tidak ada produk samping. Yang terbentuk hanyalah yang kita inginkan, tidak lebih dan tidak kurang. Selama ini kita selalu menggunakan tumpukan atom, yang berarti bahwa ada banyak atom-atom yang sebenarnya tidak kita butuhkan tetapi atom-atom tersebut melekat pada atom yang kita inginkan.

Satu aspek lain yang sangat menarik dari nanoteknologi adalah *Self Replication* atau kemampuan untuk duplikasi diri secara otomatis. Konsep ini menyontek kemampuan reproduksi makhluk hidup. Sel-sel dalam tubuh kita (juga tersusun dari atom-atom) memiliki kemampuan memperbaharui diri sehingga sel-sel yang rusak dan mati selalu digantikan dengan sel baru yang sehat. Mesin-mesin nano dirancang dan diprogram supaya bisa memproduksi mesin-mesin nano lain yang merupakan replikanya, yang juga memiliki kemampuan memproduksi replika berikutnya. Ini berarti biaya produksi dapat ditekan sangat rendah. Aspek ini sangat berpengaruh dalam dunia ekonomi di masa mendatang.

Ada satu hal yang biasanya salah dimengerti. Kemampuan *self replication* ini tidak berarti bahwa mesin-mesin nano tersebut menjadi sama dengan makhluk hidup. Ada satu keunikan makhluk hidup yang tidak bisa ditiru oleh mesin-mesin nano yang canggih dan pintar ini: kemampuan adaptasi. Makhluk hidup dapat beradaptasi dengan lingkungan sekitar yang kompleks dan dinamik.

Dengan semua karakteristik ini, nanoteknologi bisa menghasilkan berbagai materi/bahan/serat dengan kekuatan dan kualitas yang sangat baik karena sudah dirancang dari skala terkecilnya. Kita bisa produksi bahan pangan yang sehat

secara melimpah sehingga mengurangi krisis pangan dunia. Kita bisa mengurangi pencemaran lingkungan dengan proses produksi yang tidak menghasilkan polusi.

Aplikasi nanoteknologi yang paling cepat dirasakan adalah dalam dunia kesehatan, informatika, dan elektronik/komputer. Kita bisa memproduksi alat-alat bedah untuk dunia kesehatan dengan presisi dan kualitas sangat baik. Kita juga bisa memproduksi robot-robot mungil yang bisa berkeliaran dalam tubuh kita untuk membunuh virus-virus yang menyebabkan penyakit dan membersihkan saluran darah yang tersumbat. Saat ini bahkan sudah ada penelitian tentang nanojet, yaitu *liquid jets* yang diameternya hanya beberapa nanometer. Nanojet ini digunakan untuk memasukkan material genetik ke dalam sel tubuh supaya dapat memperbaiki DNA yang rusak dan menyembuhkan kelainan genetik.

Dunia informatika dan komputer/elektronik bisa menikmati adanya komputer quantum yang mampu mengirimkan data dengan kecepatan sangat tinggi. Super komputer di masa depan tersusun dari *chip* yang sangat mungil tetapi mampu menyimpan data jutaan kali lebih banyak dari komputer yang kita gunakan saat ini. Begitu kecilnya super komputer itu, kita mungkin hanya bisa melihatnya menggunakan mikroskop cahaya.

Aplikasi dalam industri juga sangat luas. Dengan nanoteknologi, kita bahkan bisa membuat pesawat ruang angkasa dari bahan komposit yang sangat ringan tetapi memiliki kekuatan seperti baja. Kita juga bisa memproduksi mobil yang beratnya hanya 50 kg. Industri *fashion* pun tidak ketinggalan. Mantel hangat yang sangat tipis dan ringan bisa menjadi *trend* di masa mendatang dengan bantuan nanoteknologi. (Yohanes Surya).