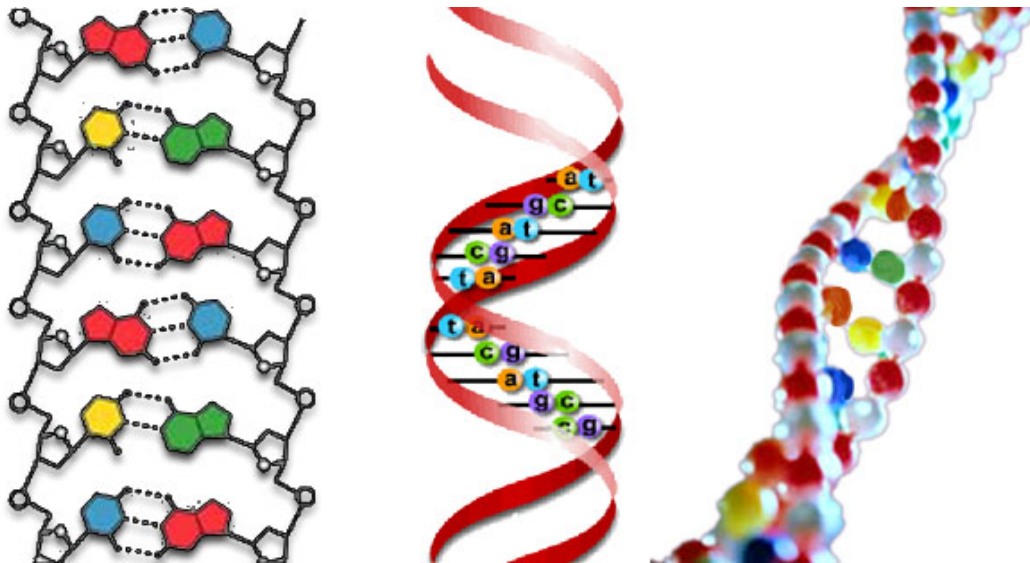


# Komputer DNA

## Meniru dari Makhluk Hidup

Komputer dan DNA... dua istilah yang biasanya dipergunakan dalam konteks yang sangat berbeda. DNA merupakan istilah favorit di dunia biologi dan genetik, sedangkan komputer justru populer dalam dunia informatika dan teknologi modern. Lalu apa hubungan antara keduanya? Siapa pula yang punya ide gila untuk membuat komputer DNA?

Alkisah ada seorang ilmuwan komputer yang bekerja di *University of Southern California*, bernama Leonard M. Adleman. Suatu malam Adleman sedang asyik membaca buku biologi, *Molecular Biology of the Gene*, yang ditulis oleh James Watson, ahli biologi yang pernah memenangkan Nobel pada tahun 1962 atas penemuan struktur DNA Double-Helix pada tahun 1953. Ia sangat terpesona dengan isi buku tersebut, sampai-sampai ia tidak bisa tidur malam itu. Bayangan rantai DNA yang berpilin terus saja mengusik pikirannya. Tiba-tiba Adleman lompat dari tempat tidurnya. Terjadi pencerahan! Ia menyadari sesuatu yang sangat menarik: Sel hidup manusia mengolah dan menyimpan informasi dengan cara yang sangat mirip dengan program komputer!



**Gambar 1** Deoxyribosenucleic Acid (DNA) dengan struktur *Double-Helix*

Malam itu juga Adleman langsung membuat sketsa penting tentang *DNA Computer* (Komputer DNA). Komputer yang kita kenal sehari-hari menggunakan data biner (*binary data*) untuk menyimpan dan mengolah informasi/perhitungan. Data biner ini merupakan sistem angka berbasis dua, yaitu 0 dan 1. DNA, singkatan dari *Deoxyribosenucleic Acid*, menyimpan dan mengolah informasi genetika manusia dalam molekul-molekul yang diberi kode huruf A, C, T, dan G. A merupakan inisial untuk *Adenine*, C untuk *Cytosine*, T untuk *Thymine*, dan G untuk *Guanine*. *Adenine* hanya bisa berpasangan dengan *Thymine*, *Guanine* hanya bisa berpasangan dengan *Cytosine*. Ini berarti bahwa jika ada satu rantai DNA yang memiliki kode AACTAGGTC maka pasangannya pasti TTGATCCAG. Kedua rantai itu akan berpasangan dan membentuk struktur berpilin yang kita kenal sebagai *Double-Helix*. Enzim dalam sel hidup membaca data-data genetik yang tersimpan dalam DNA (dalam bentuk kode A, C, T, G tadi) menggunakan cara yang sangat mirip dengan cara komputer membaca data biner. Analogi antara keduanya inilah yang dimanfaatkan dalam komputer DNA. Pada tahun 1994 untuk pertama kalinya Adleman mempublikasikan perhitungan dasar komputer DNA dalam jurnal ilmiah *Science*. Sejak itu ilmuwan-ilmuwan seluruh dunia berbondong-bondong melakukan penelitian untuk mengembangkan komputer canggih yang sistemnya meniru dari sel makhluk hidup ini. NASA, Pentagon, dan banyak lagi lembaga dan agen federal berlomba-lomba mengucurkan dana untuk penelitian yang bisa menghasilkan DNA sintetik yang kemudian digunakan untuk penelitian yang berusaha mengembangkan sistem komputer masa depan ini.

Adleman berhasil membuktikan pemikirannya bahwa DNA bisa 'berhitung'. Ia menggunakan masalah perhitungan matematika yang dikenal sebagai *Travelling Salesman Problem* (TSP), yaitu masalah klasik yang mencoba mencari rute terpendek yang bisa dilalui seorang *salesman* yang ingin mengunjungi beberapa kota tanpa harus mendatangi kota yang sama lebih dari satu kali. Jika jumlah kota yang harus didatangi hanya sedikit, misalnya hanya ada 5 kota, maka permasalahan ini dapat dipecahkan dengan sangat mudah. Kita bahkan tidak memerlukan komputer untuk menghitungnya. Tetapi masalahnya jadi rumit jika ada lebih dari 20 kota yang harus didatangi. Ada begitu banyak

kemungkinan yang harus dicoba dan diuji untuk menemukan jawabannya. Komputer DNA yang dibuat oleh Adleman berhasil memecahkan perhitungan ini dengan menggunakan 7 kota sebagai percobaan awal. Masing-masing kota dan semua kemungkinan rute dilambangkan oleh satu rantai DNA yang masing-masing memiliki kode yang spesifik. Semua rantai DNA ini kemudian direaksikan dan membentuk rantai double-helix secara alamiah. Rantai-rantai yang sudah berpasangan ini melambangkan semua kemungkinan rute. Untuk mencari rute yang benar, Adleman menambahkan enzim yang secara alamiah menghancurkan molekul yang melambangkan rute yang salah. Satu-satunya rantai yang tersisa adalah rantai yang melambangkan jawaban yang dicari, yaitu rute terpendek yang menghubungkan ketujuh kota tersebut tanpa harus melewati masing-masing kota lebih dari satu kali. Komputer DNA ciptaan Adleman berhasil menyelesaikan perhitungan TSP untuk 7 kota ini dalam waktu beberapa hari. Padahal komputer biasa yang kita gunakan sehari-hari bisa menyelesaikannya hanya dalam hitungan menit. Lho? Komputer masa depan tetapi justru kalah dengan komputer klasik? Jadi untuk apa para ilmuwan di seluruh dunia berlomba-lomba mengembangkan komputer DNA ini?

Ada satu rahasia yang merupakan keunggulan utama komputer DNA. Enzim-enzim yang terlibat bekerja secara paralel. Komputer klasik membaca dan mengolah data secara linier (berurutan). Melibatkan data dalam jumlah besar, komputer klasik akan sangat kerepotan mengolah data-data yang luar biasa banyaknya. Proses perhitungan membutuhkan waktu sangat lama karena dilakukan satu per satu. Di sinilah keunggulan komputer DNA! Untuk jumlah data yang sangat banyak, komputer DNA dapat melakukan perhitungan jauh lebih cepat karena semua prosesnya dilakukan secara paralel (bersamaan). Ukuran molekul DNA yang sangat kecil juga merupakan keunggulan komputer masa depan ini. 1 gram DNA yang sudah dikeringkan memiliki kapasitas menyimpan informasi dalam jumlah yang sama dengan 1 trilyun CD (*Compact Disc*). Padahal 1 gram DNA kering itu ukurannya hanya sebesar butiran gula pasir! Dengan semakin majunya perkembangan teknologi, jumlah data dan informasi pun semakin bertambah. Lama-kelamaan, data yang berlimpah ini tidak dapat lagi

disimpan dalam *memory chip* komputer yang terbuat dari silikon seperti yang selama ini kita gunakan. DNA merupakan alternatif yang sangat menjanjikan. Lagipula, *microprocessor* yang kita gunakan dalam komputer klasik biasanya terbuat dari bahan-bahan yang bersifat racun sehingga mengotori udara dan lingkungan. *Biochip* (*chip* biologis) yang terbuat dari DNA merupakan teknologi yang 'bersih'. Kita juga tidak akan pernah kehabisan DNA selama masih ada sel makhluk hidup. Ini menjadikannya sumber daya yang sangat murah.

Dalam beberapa tahun terakhir teknologi komputer DNA menunjukkan perkembangan yang sangat menggembirakan. Komputer DNA buatan Adleman mereaksikan cairan DNA dalam tabung-tabung reaksi. Pada bulan Januari 2000 jurnal ilmiah *Nature* mempublikasikan keberhasilan para ilmuwan di *University of Wisconsin* di Madison yang melekatkan DNA pada permukaan padat gelas dan emas. Ini berarti komputer DNA dapat dibuat dalam bentuk *chip* padatan yang mirip dengan *chip* komputer konvensional. Pada tahun 2001, seorang ilmuwan dari *Weizmann Institute of Science* di Israel, Ehud Shapiro, mendapatkan paten atas komputer DNA yang dibuatnya. Komputer DNA buatan Shapiro ini hanya terdiri dari satu tetes air saja. Komputer terkecil di dunia ini menggunakan molekul-molekul DNA dan enzim-enzimnya dalam satu tetes air tersebut sebagai sarana *input* (masukan data), *output* (keluaran data), *software* (perangkat lunak), dan *hardware* (perangkat keras). Pada bulan Februari 2003, penemuan ini akhirnya tercatat dalam *Guinness World Records* sebagai '*The Smallest Biological Computing Device*' atau Komputer Biologis Terkecil di Dunia. Hebatnya lagi, komputer super mini ini memiliki kecepatan 100.000 kali lebih cepat dari komputer konvensional terunggul yang ada saat ini! (Yohanes Surya)