

# Komputer Kuantum

## Komputer Masa Depan

Teknologi komputer merupakan salah satu teknologi yang paling cepat mengalami perkembangan dan kemajuan. Komputer-komputer yang ada saat ini sudah mencapai kemampuan yang sangat mengagumkan. Tetapi kedahsyatan komputer tercanggih yang ada saat ini pun masih belum bisa memuaskan keinginan manusia yang bermimpi untuk membuat sebuah *Supercomputer* yang benar-benar memiliki kecepatan super. Komputer yang nantinya layak untuk benar-benar disebut sebagai Komputer Super ini adalah Komputer Kuantum. Teori tentang komputer kuantum ini pertama kali dicetuskan oleh fisikawan dari Argonne National Laboratory sekitar 20 tahun lalu. Paul Benioff merupakan orang pertama yang mengaplikasikan teori fisika kuantum pada dunia komputer di tahun 1981.

Komputer yang biasa kita gunakan sehari-hari merupakan komputer digital. Komputer digital sangat berbeda dengan komputer kuantum yang super itu. Komputer digital bekerja dengan bantuan *microprocessor* yang berbentuk *chip* kecil yang tersusun dari banyak transistor. *Microprocessor* biasanya lebih dikenal dengan istilah *Central Processing Unit* (CPU) dan merupakan ‘jantung’nya komputer. *Microprocessor* yang pertama adalah Intel 4004 yang diperkenalkan pada tahun 1971. Komputer pertama ini cuma bisa melakukan perhitungan penjumlahan dan pengurangan saja. *Memory* komputer menggunakan sistem *binary* atau sistem angka basis 2 (0 dan 1) yang dikenal sebagai BIT (singkatan dari *Binary digIT*). Konversi dari angka desimal yang biasa kita gunakan (angka berbasis 10 yang memiliki nilai 0 sampai 9) adalah sebagai berikut:

0	=	0	5	=	101
1	=	1	6	=	110
2	=	10	7	=	111
3	=	11	8	=	1000
4	=	100	9	=	1001

10	=	1010	14	=	1110
11	=	1011	15	=	1111
12	=	1100	16	=	10000
13	=	1101	17	=	10001

Kalau kita ingin menghitung angka apa yang dilambangkan oleh 101001 caranya sebagai berikut (menggunakan sistem  $2^n$ ):

$$(1 \times 2^5) + (0 \times 2^4) + (1 \times 2^3) + (0 \times 2^2) + (0 \times 2^1) + (1 \times 2^0) = 32 + 0 + 8 + 0 + 0 + 1 = 41.$$

Contoh perhitungan penjumlahan matematika menggunakan sistem *binary*:

$$\begin{array}{r} 10 \\ 23 \\ \hline 33 \end{array} + \longrightarrow \begin{array}{r} 1010 \\ 10111 \\ \hline 100001 \end{array} +$$

Sistem inilah yang selama ini kita gunakan saat kita mengolah informasi menggunakan komputer. *Quantum Computer* atau komputer kuantum memanfaatkan fenomena ‘aneh’ yang disebut sebagai superposisi. Dalam mekanika kuantum, suatu partikel bisa berada dalam dua keadaan sekaligus. Inilah yang disebut keadaan superposisi. Dalam komputer kuantum, selain 0 dan 1 dikenal pula superposisi dari keduanya. Ini berarti keadaannya bisa berupa 0 **dan** 1, bukan hanya 0 **atau** 1 seperti di komputer digital biasa. Komputer kuantum tidak menggunakan Bits tetapi QUBITS (*Quantum Bits*). Karena kemampuannya untuk berada di bermacam keadaan (*multiple states*), komputer kuantum memiliki potensi untuk melaksanakan berbagai perhitungan secara simultan sehingga jauh lebih cepat dari komputer digital.

Komputer kuantum menggunakan partikel yang bisa berada dalam dua keadaan sekaligus, misalnya atom-atom yang pada saat yang sama berada dalam keadaan tereksitasi dan tidak tereksitasi, atau foton (partikel cahaya) yang berada di dua tempat berbeda pada saat bersamaan. Apa maksudnya ini?

Atom memiliki konfigurasi *spin*. *Spin* atom bisa ke atas (*up*), bisa pula ke bawah (*down*). Misalnya saat *spin* atom mengarah ke atas (*up*) kita beri lambang 1, sedangkan *spin down* adalah 0 (seperti dalam sistem *binary* di komputer digital). Atom-atom berada dalam keadaan superposisi (memiliki *spin up dan down* secara

bersamaan) sampai kita melakukan pengukuran. Tindakan pengukuran memaksa atom untuk ‘memilih’ salah satu dari kedua kemungkinan itu. Ini berarti sesudah kita melakukan pengukuran, atom tidak lagi berada dalam keadaan superposisi. Atom yang sudah mengalami pengukuran memiliki *spin* yang tetap: *up* **atau** *down*.

Saat konsep ini diterapkan dalam komputer kuantum, keadaan superposisi terjadi pada saat proses perhitungan sedang berlangsung. Sistem perhitungan pada komputer kuantum ini berbeda dengan komputer digital. Komputer digital melakukan perhitungan secara linier, sedangkan komputer kuantum melakukan semua perhitungan secara bersamaan (karena ada *multiple states* semua perhitungan dapat berlangsung secara simultan di semua *state*). Ini berarti ada banyak kemungkinan hasil perhitungan. Untuk mengetahui jawabannya (hasil perhitungannya) kita harus melakukan pengukuran qubit. Tindakan pengukuran qubit ini menghentikan proses perhitungan dan memaksa sistem untuk ‘memilih’ salah satu dari semua kemungkinan jawaban yang ada.

Dengan sistem paralelisme perhitungan ini, kita bisa membayangkan betapa cepatnya komputer kuantum. Komputer digital yang paling canggih saat ini (setara dengan komputer kuantum 40 qubit) memiliki kemampuan untuk mengolah semua data dalam buku telepon di seluruh dunia (untuk menemukan satu nomor telepon tertentu) dalam waktu satu bulan. Jika menggunakan komputer kuantum proses ini hanya memerlukan waktu 27 menit!

Ada satu fenomena ‘aneh’ lain dari mekanika kuantum yang juga dimanfaatkan dalam teknologi komputer kuantum: *Entanglement*. Jika dua atom mendapatkan gaya tertentu (*outside force*) kedua atom tersebut bisa masuk pada keadaan ‘*entangled*’. Atom-atom yang saling terhubung dalam entanglement ini akan tetap terhubung walaupun jaraknya berjauhan. Analoginya adalah atom-atom tersebut seperti sepasang manusia yang punya ‘telepati’. Jika yang satu dicubit, maka pasangannya (di mana pun ia berada) akan merasa sakit. Perlakuan terhadap salah satu atom mempengaruhi keadaan atom pasangannya. Jika yang satu memiliki spin up (kita baru bisa mengetahuinya setelah melakukan pengukuran) maka kita langsung mengetahui bahwa pasangannya pasti memiliki spin down tanpa kita perlu mengukurnya kembali. Ini melambangkan sistem

komunikasi yang super cepat. Komunikasi menggunakan komputer kuantum bisa mencapai kecepatan yang begitu luar biasa karena informasi dari satu tempat ke tempat lain dapat ditransfer secara *instant*. Begitu cepatnya sehingga terlihat seakan-akan mengalahkan kecepatan cahaya!

Saat ini perkembangan teknologi sudah menghasilkan komputer kuantum sampai 7 qubit, tetapi menurut penelitian dan analisa yang ada, dalam beberapa tahun mendatang teknologi komputer kuantum bisa mencapai 100 qubit. Kita bisa membayangkan betapa cepatnya komputer masa depan nanti. Semua perhitungan yang biasanya butuh waktu berbulan-bulan, bertahun-tahun, bahkan berabad-abad pada akhirnya bisa dilaksanakan hanya dalam hitungan menit saja jika kita menggunakan komputer kuantum yang super canggih dan super cepat itu.

Di masa mendatang kita akan menggunakan komputer yang tidak lagi tersusun dari transistor-transistor mini seperti sekarang, Komputer kuantum tidak lagi memerlukan chip komputer yang semakin lama semakin padat karena semakin berlipatgandanya jumlah transistor yang dibutuhkan untuk meningkatkan kinerja komputer. Komputer masa depan justru dipenuhi oleh cairan organik sebagai 'jantung'-nya. Cairan organik ini mengandung atom-atom/partikel-partikel yang bisa berada dalam keadaan superposisi tersebut. Ini berarti, kita benar-benar memanfaatkan zat organik alami untuk menjadi 'kalkulator' canggih karena ternyata cairan organik dari alam memiliki bakat berhitung!



**Gambar1** Sistem komputer masa depan