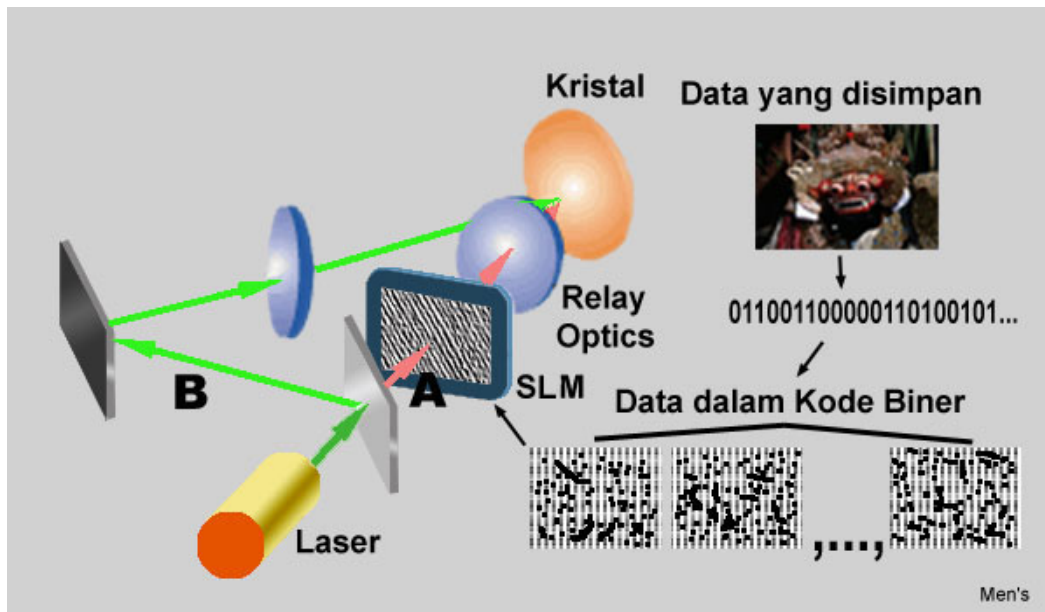


## Holographic memory

Perkembangan zaman selalu ditandai oleh semakin pesatnya perkembangan teknologi. Perkembangan teknologi ini selalu diikuti pula dengan semakin melimpahnya informasi. Penggunaan teknologi informatika (komputer dan internet) semakin menyatu dengan kehidupan sehari-hari, seakan-akan kita tidak bisa hidup lagi tanpa kehadiran komputer. Perkembangan dunia informatika ini tentu saja menuntut pula suatu wadah penyimpan data yang memiliki kapasitas yang mendukung. Teknologi penyimpanan data yang ada sekarang dapat memuaskan kebutuhan kita untuk saat ini. Teknologi ini menyimpan *bits* dengan memanfaatkan perubahan sifat magnetik dan optik pada permukaan wadah penyimpan data atau *recording medium*. Tetapi tidak lama lagi kita akan membutuhkan wadah penyimpan data yang memiliki kapasitas jauh lebih besar dari CD (*Compact Disc*) dan DVD (*Digital Versatile Disc*). Salah satu alternatif yang banyak menarik perhatian adalah *Holographic Memory*. Penelitian untuk mengembangkan teknologi *holographic memory* ini sedang gencar dijalankan oleh ilmuwan-ilmuwan di seluruh dunia. Apa istimewanya teknologi ini?

Teknologi *holographic memory* pada dasarnya memanfaatkan cahaya untuk menyimpan dan membaca kembali data/informasi. Sinar LASER (singkatan dari *Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation*) yang bersifat monokromatik dan koheren dilewatkan pada sebuah alat yang disebut '*beam splitter*'. *Splitter* ini 'memecah' sinar LASER menjadi dua (Gambar 1), yang pertama disebut *signal beam* atau *object beam* (A), yang kedua disebut *reference beam* (B). Sinar A disebut *object beam* karena sinar ini membawa kode informasi atau obyek yang akan disimpan. Sinar B merupakan sinar yang dirancang sedemikian rupa sehingga mudah dan sederhana untuk direproduksi karena digunakan sebagai referensi.



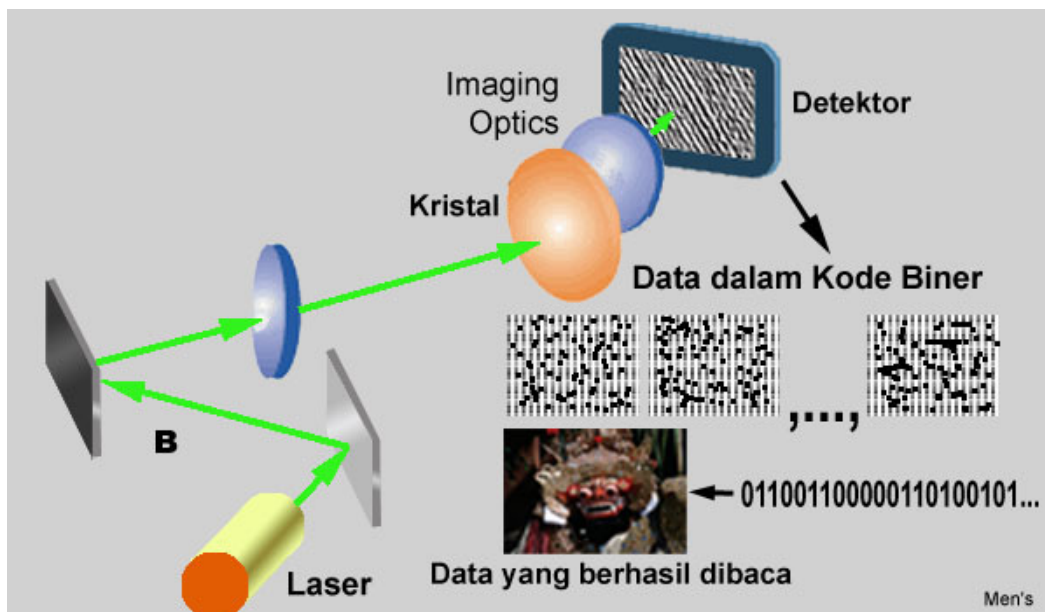
**Gambar 1** Proses penyimpanan data dalam *holographic memory*

Jika kita ingin menyimpan suatu informasi atau data menggunakan komputer (misalnya ingin menyimpan foto atau gambar), komputer akan menerjemahkan gambar tersebut ke dalam angka-angka 0 dan 1 karena *memory* komputer menggunakan sistem *binary* atau sistem angka basis 2 (0 dan 1) yang dikenal sebagai BIT (singkatan dari *Binary digIT*). Sistem inilah yang selama ini kita gunakan saat kita mengolah informasi menggunakan komputer.

Pada gambar 1, Sinar A dan Sinar B keluar dari *splitter* pada sisi yang berbeda sehingga melalui jalur yang berbeda pula. Sinar A diarahkan ke suatu alat yang disebut SLM (*Spatial Light Modulator*), yang merupakan LCD (*Liquid Crystal Display*) yang menampilkan data-data yang akan disimpan (berupa kotak-kotak gelap dan terang). Dalam *holographic memory*, kotak-kotak hitam (gelap) dan putih (terang) ini melambangkan data biner 0 dan 1 seperti yang biasa digunakan untuk menyimpan dan mengolah data di komputer. LCD yang digunakan sebagai SLM ini sebenarnya sama saja dengan layar komputer dan laptop yang sering kita gunakan. Data-data yang merupakan kode biner ini dibawa oleh Sinar A saat Sinar A melewati SLM. Sinar A yang sudah menjadi *encoded beam* ini (karena sudah mengandung data) kemudian difokuskan (dibantu dengan lensa sebagai *relay optics*) menuju sebuah kristal yang sangat sensitif terhadap

cahaya. Kristal yang biasa digunakan sebagai *recording medium* ini adalah kristal Lithium-Niobate ( $\text{LiNbO}_3$ ). Pada saat yang bersamaan, Sinar B diarahkan (dengan bantuan cermin dan lensa) menuju kristal yang sama, tetapi melalui jalur yang berbeda. Saat Sinar A dan B bertemu, terbentuklah interferensi. Pola interferensi yang terbentuk ini (mengandung data yang akan disimpan tadi) tersimpan dalam kristal sebagai sebuah hologram.

Data berbentuk hologram yang tersimpan dalam kristal tersebut dapat kita baca kembali menggunakan sinar yang sama persis dengan Sinar B (Gambar 2). Untuk proses rekonstruksi data, Sinar B kita reproduksi kembali dari LASER. Sinar ini kita arahkan kembali ke kristal dengan menggunakan sudut dan panjang gelombang yang sama persis dengan sudut dan panjang gelombang yang digunakan saat menyimpan data. Saat mencapai kristal, Sinar B akan mengalami difraksi (oleh kristal) sehingga data yang sudah tersimpan dalam kristal dapat direkonstruksi kembali. Sinar yang keluar dari kristal sudah mengandung data yang ingin kita baca. Sinar ini kemudian diarahkan ke sebuah detektor (komputer) yang akan menerjemahkan kembali data biner tersebut sehingga dapat ditampilkan sebagai gambar yang sama dengan gambar semula.



**Gambar 2** Proses pembacaan data yang disimpan dalam *holographic memory*

Keunggulan utama penyimpanan data dalam *holographic memory* adalah kemampuannya untuk menyimpan data dalam tiga dimensi. CD dan DVD yang biasa kita gunakan hanya bisa menyimpan data dalam dua dimensi, yaitu di sepanjang permukaannya saja. *Holographic Memory* menyimpan data tidak hanya pada permukaan kristal, tetapi pada keseluruhan volume kristal. Jika kita ingin menyimpan data-data lain dalam kristal yang sama, kita hanya perlu memvariasikan (disebut *multiplexing*) sudut atau panjang gelombang Sinar B (*reference beam*) saat melakukan proses penyimpanan data. Dengan berbagai variasi sudut dan panjang gelombang ini, kita bisa menyimpan data yang begitu banyak pada volume yang sama. Karakteristik inilah yang memperbesar kapasitas penyimpanan data (kapasitasnya bisa mencapai 27 kali lebih besar dari kapasitas DVD yang kita gunakan saat ini) dalam *holographic memory*. Selain itu, proses pembacaan data juga dapat dipercepat (25 kali lebih cepat dari DVD) karena kita hanya perlu menyinari kristal dengan Sinar B pada sudut atau panjang gelombang yang kita gunakan saat menyimpan data tersebut. Di bagian mana pun (pada kristal) data tersebut tersimpan, kita tidak perlu repot-repot mencarinya karena hanya data yang disimpan menggunakan sudut atau panjang gelombang itu sajalah yang akan dibaca. Data-data lain yang disimpan menggunakan sudut atau panjang gelombang yang berbeda hanya dapat dibaca saat kita menyinari kristal dengan Sinar B pada sudut dan panjang gelombang yang sesuai.

Kunci utama yang dapat mendorong keberhasilan teknologi *holographic memory* ini adalah wadah penyimpanannya (*recording medium*). Berbagai penelitian sedang dijalankan untuk mencari dan mengembangkan bahan yang memberikan kinerja paling baik. Dalam beberapa tahun terakhir, para peneliti menemukan bahwa kristal bukan satu-satunya media yang dapat digunakan sebagai *recording medium*. Bahan polimer yang juga sensitif terhadap cahaya (*photopolymer*) ternyata menunjukkan potensi luar biasa. Hasil penelitian bahkan menunjukkan bahwa bahan *photopolimer* justru memiliki kualitas yang jauh lebih baik dari kristal saat digunakan sebagai *recording medium*. Penemuan ini menambah semangat para peneliti dunia untuk terus memutar otak dan berlomba-lomba mengembangkan *holographic memory* yang nantinya dapat mengubah dunia

informatika. Saat teknologi ini sudah berhasil disempurnakan dan dapat digunakan secara luas, kita bisa menyimpan ratusan film-film favorit kita hanya dalam satu kepingan seukuran CD atau DVD biasa. Seluruh isi buku-buku perpustakaan pun dapat disimpan dalam wadah kecil tersebut sehingga kita bisa mempunyai ensiklopedia mini yang isinya mungkin lebih lengkap dari isi perpustakaan! Kita juga bisa menyimpan dan mendengarkan ribuan musik kesayangan kita hanya dalam satu kepingan semacam CD yang kita gunakan sekarang. Hebatnya lagi, proses pembacaan data yang begitu berlimpah itu dapat dilakukan pada kecepatan tinggi (*fast transfer rates*). (Yohanes Surya).