Mata Kuliah Organisasi Komputer

“Memori Genetik“

Disusun Oleh:

* Aditya Pambudhi (11451104750)
* Aldio Mahendra P (11451105693)
* Dewi Sartika (11451201704)
* Hesti Jumadha Rahmi (11451201929)
* Ogie Pratama Andra (11451105791)
* Rina Syafitri (11451201741)

JURUSAN TEKNIK INFORMATIKA

FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI

UIN SULTAN SYARIF KASIM

RIAU

2015

# KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis sampaikan atas karunia Allah Azza wa Jalla, yang telah memberikan izin dan kekuatan kepada penulis, sehingga dapat menyelesaikan makalah dengan judul “ROM Genetik“ dalam mata kuliah Organisasi Komputer ini. Tidak lupa penulis sampaikan terimakasih kepada dosen pembimbing yang telah membantu dan membimbing penulis dalam mengerjakan makalah ini. Penulis juga mengucapkan terimakasih kepada teman-teman mahasiswa yang juga sudah memberi kontribusi baik langsung maupun tidak langsung dalam pembuatan makalah ini.

Perkembangan teknologi selalu tidak ada habisnya, begitu juga dalam hal penyimpanan data. Oleh sebab itu penulis akan membahas tentang teknologi penyimpanan yang masih dikatakan baru dalam dunia teknologi yaitu peyimpanan data genetik. Penulis berharap semoga makalah ini dapat menjadi sesuatu yang berguna bagi kita bersama. Penulis menyadari bahwa dalam menyusun karya tulis ini masih jauh dari kesempurnaan, untuk itu penulis sangat mengharapkan kritik dan saran yang bersifat membangun guna sempurnanya makalah ini. Penulis berharap semoga karya tulis ini bisa bermanfaat bagi penulis dan bagi pembaca .

.

Pekanbaru, 1 Juni 2015

Penulis

# Daftar Isi

[KATA PENGANTAR 2](#_Toc421264503)

[Daftar Isi 3](#_Toc421264504)

[BAB I 4](#_Toc421264505)

[1.1 Latar Belakang 4](#_Toc421264506)

[1.2 Rumusan Masalah 4](#_Toc421264507)

[1.3 Tujuan 4](#_Toc421264508)

[BAB II 5](#_Toc421264509)

[2.1 Sejarah Penyimpanan Data Genetik 5](#_Toc421264510)

[2.2 Wujud Dua Bilangan Stabil Pada Penyimpanan Genetik 6](#_Toc421264511)

[2.3 Cara Menulis dan Membaca Data di Penyimpanan Genetik 7](#_Toc421264512)

[2.4 Cara menyeleksi sel diantara banyak sel 10](#_Toc421264513)

[BAB III 12](#_Toc421264514)

[3.1 Kesimpulan 12](#_Toc421264515)

[DAFTAR PUSTAKA 13](#_Toc421264516)

# BAB I

**PENDAHULUAN**

## Latar Belakang

Di era modern saat ini, perkembangan teknologi seakan tidak dapat dihentikan, tiap detik dalam kehidupan, ide – ide akan teknologi baru yang mutakhir serta efektif dan efisien terus dibentuk, hal tersebut juga terjadi pada teknologi komputer, kehandalan, kecepatan serta kemampuan teknologi komputer terus dituntut untuk terus maju, dari mesin pengolahnya, hingga media penyimpanannya. Penyimpanan data selalu menjadi hal penting bagi peradaban manusia. Dahulu manusia memulai menyimpan sebuah data di dinding goa, kemudian berkembang menjadi era penulisan kertas, diteruskan ke era digital.

Di era digital, ilmuan selalu memperbaruhi bentuk-bentuk dari [penyimpanan data](http://uniqpost.com/50086/pusat-data-google-ternyata-rangkaian-pipa-dan-tabung/), sehingga hardware seperti disket, kaset dan kaset video sekarang sudah ditinggalkan. Ilmuan selalu berupaya membuat tempat penyimpanan data dengan ukuran sekecil mungkin dengan kapasitas sebesar-besarnya. Proses konversi file lama ke format baru harus bisa dapat dibaca oleh mesin-mesin baru, hal menjadi sebuah tantangan untuk dipecahkan oleh para ilmuan.

DNA dipandang sebagai sebuah media penyimpanan data yang ideal karena membutuhkan sedikit ruang dibandingkan dengan format drive yang kita gunakan saat ini. DNA sangat tahan lama, karena mampu bertahan dengan kondisi dingin, kering dan gelap, bahkan data yang disimpan dalam DNA dapat bertahan selama puluhan ribu tahun dengan perawatan yang minim.

## Rumusan Masalah

1. Bagaimana sejarah munculnya penyimpanan data genetik ?
2. Bagaimana wujud 0 dan 1 pada penyimpanan genetik ?
3. Bagaimana cara menulis dan membaca data di penyimpanan data genetik ?
4. Bagaimana cara menyeleksi sel yang berada pada banyak sel ?

## Tujuan

1. Untuk menjelaskan tentang sejarah munculnya penyimpanan data genetik
2. Untuk menjelaskan tentang wujud 0 dan 1 pada penyimpanan genetik
3. Untuk menjelaskan tentang cara menulis dan membaca data di penyimpanan data genetik
4. Untuk menjelaskan tentang bagaimana cara untuk menyeleksi sel yang berada pada banyak sel

# BAB II

**ISI**

## Sejarah Penyimpanan Data Genetik

Media Penyimpanan genetik atau bio disk adalah media penyimpanan dalam organisme hidup (biostorage), atau disebut Bio Disk yang Terbilang masih sangat muda dalam bidang Teknologi Penyimpanan data serta enskripsi informasi dalam organisme hidup (biostorage).

Alkisah ada seorang ilmuwan komputer yang bekerja di University of Southern California, bernama Leonard M. Adleman. Suatu malam Adleman sedang membaca buku biologi, Molecular Biology of the Gene, yang ditulis oleh James Watson, ahli biologi yang menemukan struktur DNA Double-Helix pada tahun 1953. Ia sangat terpesona dengan isi buku tersebut. Suatu malam, 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. Malam itu juga Adleman langsung membuat sketsa penting tentang DNA Computer(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.

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 yang biasa kita gunakan sehari-hari bisa menyelesaikannya dalam waktu hitungan menit saja.

Walaupun begitu, 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.

Lagipula, microprocessor yang kita gunakan dalam komputer klasik biasanya terbuat dari bahan-bahan yang bersifat racun sehingga mengotori udara dan lingkungan. Biochip (chipbiologis) yang terbuat dari DNA merupakan teknologi yang ‘bersih’. Kita juga tidak akan pernah kehabisan DNA selama masih ada selsel makhluk hidup. Ini menjadikannya sumber daya yang sangat mudah, tetapi masalah besar yang dihadapi adalah biaya dan kecepatan. Proses pembacaan dan penulisan DNA benar-benar sangat mahal dan lama. Menurut perkiraan diperlukan $ 12.400 untuk mengkodekan setiap 1 megabyte data, dan $ 220 untuk membacanya kembali.

Pada tahun 2001, seorang ilmuwan dari Weizmann Instituteof Sciencedi 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.

## Wujud Dua Bilangan Stabil Pada Penyimpanan Genetik

Prinsip akses data terjadi karena adanya kemiripan Antara Kode Genetik dan Kode Komputer. Proses pemrograman komputer saat ini didasarkan atas satu konsep sederhana yang diusulkan oleh Alan Turing, yang kemudian dinamakan Mesin Turing. Dalam Mesin Turing, tiga komponent utamanya, yaitu :

1. Kode data, yang ditulis dalam pita yang panjang;
2. Peralatan IO (I/O), untuk membaca data dari pita dan menulis ke pita;
3. Pusat pengolahan untuk mengolah data.

Secara sederhana begitu, misalnya seorang mau menyuruh komputer menghitung 2+3. Dia menulis data di pita yang artinya: operasi penjumlahan, angka pertama (yaitu 2), angka kedua (yaitu 3). Lalu mesin komputer sederhana itu membaca dari pita, menghitung hasilnya, dan menulis hasil penjumlahan (yaitu 5) ke pita lagi. Demikian juga sebuah sel makluk hidup, komponen-komponennya mirip dengan Turing Machine, yaitu:

1. Kode data, ditulis dalam rantai DNA yang panjang;
2. Alat penyalin (transcription), yaitu molekul RNA, untuk "membaca" kode dan membawanya ke tempat lain untuk digunakan;
3. Mesin Pembuat Protein, proses dimana kode rumusan dari DNA digunakan untuk membuat protein.

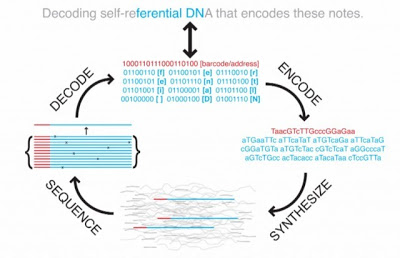
Proses ini dilakukan oleh ribosome. Kita lihat, kode dalam DNA itu seperti buku resep untuk semua jenis protein yang dibutuhkan untuk membangun tubuh makluk hidup. Kode itu akan disalin ulang lagi untuk memproduksi protein setiap kali dibutuhkan. Salah satu sifat sel memori yang dapat digunakan untuk menyimpanan data adalah memiliki dua keadaan stabil yang dapat digunakan untuk merepresentasikan sebagai bilangan biner 0 dan 1.

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 yangdiberi 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.

## Cara Menulis dan Membaca Data di Penyimpanan Genetik

Ada empat basis DNA yang bisa digunakan untuk membuat untaian DNA yakni Adenine (A), Cytosine (C), Guanine (G), dan Thymine (T). Artinya, penyimpanan akan menggunakan sistem angka basis empat.Angka basis 4 ini kemudian diubah ke dalam sistem DNA yang menggunakan kode A, T, C, dan G di mana A menggantikan angka 0, T menggantikan 1, C menggantikan angka 2, dan G pengganti angka 3. Dalam Pemrosesannya, data akan mengalami tahap – tahap : Encode, Synthesize, Sequence, Decode

1. ENCODE

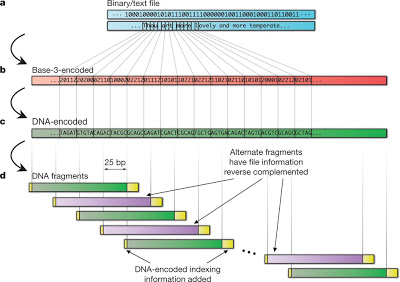
[](http://1.bp.blogspot.com/-kb44jF_aNlQ/UblXtrGxxuI/AAAAAAAABJo/O4lIolRA9X0/s1600/aa.jpg)

Gbr.1 Proses Pengkodean

Data yang akan disimpan dalam DNA, akan terlebih dahulu mengalami beberapa tahap pengkodean.

Contoh : Mengubah kata “iGEM” ke dalam kode yang siap disimpan dalam DNA, Mereka menggunakan tabel ASCII untuk mengonversi setiap huruf ke dalam nilai numerik. Dalam hal ini, digunakan huffman kode.  Jadi, Misalnya i = 105, G = 71, dan seterusnya. Angka ini kemudian diubah menjadi penomoran basis 4 yakni 105 menjadi 1221, 71 menjadi 0113 dan seterusnya. Angka basis 4 ini kemudian diubah ke dalam sistem DNA yang menggunakan kode A, T, C, dan G, sehingga , kata iGEM disimpan di dalam DNA sebagai ATCTATTGATTTATGT.

Berikut gambar Pengkodean Digital dalam DNA :

[](http://2.bp.blogspot.com/-aGSBcIWEb4Y/UblYS3hg73I/AAAAAAAABJw/Ggq8jzoBacA/s1600/a.jpg)

 Keterangan:

Warna biru : Di sini digit biner memegang kode ASCII untuk bagian dari Shakespeare soneta 18, diubah ke basis-3.

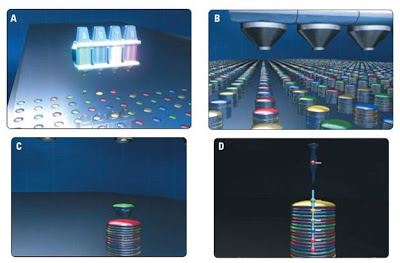
Warna merah : Menggunakan kode Huffman yang menggantikan setiap byte dengan lima atau enam basis-3 digit (trits). Hal ini pada gilirannya dikonversi in silico ke kode DNA kita.

Warna hijau : Dengan penggantian setiap trit dengan salah satu dari 3 nukleotida yang berbeda dari yang sebelumnya digunakan, memastikan tidak ada homopolimer yang dihasilkan. Ini membentuk dasar untuk sejumlah besar tumpang tindih segmen panjang 100  basis dengan tumpang tindih dari 75  pangkalan, menciptakan redundansi empat kali lipat

Dengan segmen alternatif terbalik dilengkapi untuk data keamanan tambahan, ungu). Kode DNA Indexing ditambahkan (kuning), juga dikodekan sebagai nukleotida DNA non-berulang.

1. SYNTHESIZE

Data yang sudah selesai di enskripsi, dan siap untuk disimpan dalam DNA, memasuki proses synthesize, dimana proses ini adalah penempatan data pada sel – sel bakteri. Dalam pemrosesannya, peneliti membuat tiga struktur bagian untuk seluruh DNA yakni header, message, dan checksum.

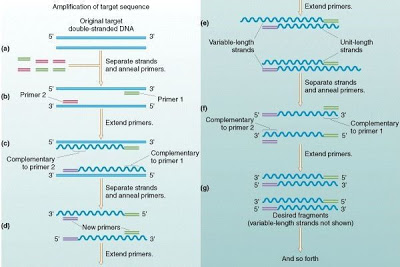
[](http://3.bp.blogspot.com/-O_90b4QMpMA/UblYmbjC9KI/AAAAAAAABJ4/NoOQSGlvS8c/s1600/AAA.jpg)

Keterangan:

Data disintesis DNA dengan menggunakan proses yang tersedia secara komersial dikembangkan oleh Agilent Technologies, proses ini mirip dengan jet tinta cetak kecuali empat kartrid warna diganti dengan empat kartrid nukleotida. Tumpukan warna di piring adalah untai DNA dan nukleotida ditambahkan oleh nukleotida "ink-jet" yang melayang di atas piring, dengan proses inilah data ditempatkan pada sel – sel bakteri.

1. SEQUENCE

Data yang telah disimpan dalam bakteri, dapat diambil kembali melalui proses Sequence, dimana Sebuah decrypter akan mengambil DNA dan menjalankannya pada sebuah teknologi yang disebut next-generation high-througput sequencing (NGS). Tipe sequencing ini dapat menganalisa dan membandingkan banyak copy dari sequence yang sama dan menggunakan modus terbanyak untuk mengetahui basis data mana yang benar dan data mana yang telah mengalami perubahan. Setelah itu, algoritma kompresi akan dibalikkan untuk mengembalikan data mentah ke dalam bentuk aslinya.

[](http://1.bp.blogspot.com/-Go2uRwYOSLI/UblZIaVOf-I/AAAAAAAABKE/E74DUXL6uXc/s1600/AAAAA.jpg)

Keterangan:

Untai awal DNA beruntai ganda dipanaskan sampai memisahkan dua helai (warna biru) dan kemudian didinginkan untuk memungkinkan taq polimerase (dalam warna hijau dan pink) untuk melampirkan kedua untai, Taq polymerase membangun untai komplementer (garis berlekuk-lekuk biru) dalam 5 'ke 3' arah dan setelah itu dilakukan dengan proses berulang, DNA ini kemudian diurutkan oleh suatu proses yang juga dikembangkan oleh Agilent Technologies.

1. DECODE

Proses Decode adalah penyusunan kembali pecahan-pecahan data dalam urutan yang benar agar rangkaian DNA tersebut bisa diterjemahkan kembali menjadi data yang dapat digunakan. Sampai tahap ini, data sudah disimpan dalam bentuk enkripsi, untuk mengembalikan data kembali utuh seperti semula, diperlukan semacam kata sandi untuk menyusunnya kembali, karena data yang disimpan dapat dienkripsi–diacak sehingga tidak dapat dibaca tanpa memasukkan semacam kata sandi.

Dengan menggunakan cara tersebut berhasil menyimpan data bakteri E.coli. Dalam uji coba, data sebesar 90 gigabita (gigabyte) disimpan dalam 1 gram bakteri yang setara dengan 100 juta sel. Data yang disimpan dapat dienkripsi–diacak sehingga tidak dapat dibaca tanpa memasukkan semacam kata sandi.

## Cara menyeleksi sel diantara banyak sel

Ide menyimpan data di dalam bakteri sudah terlintas sekitar satu dekade terakhir. Pertimbangannya, bakteri yang paling sederhana sekalipun memiliki untaian DNA panjang yang bisa menyimpan enkripsi data. Reproduksi alami bakteri juga dapat dimanfaatkan untuk membuat duplikasi data dan menjaga integritas informasi yang disimpan. Ini juga membuat proses pengambilan kembali data dapat dilakukan dengan lebih mudah. Setelah data mentah siap, peneliti menyebutkan, beberapa algoritma bisa digunakan untuk menyingkirkan informasi repetitif atau redundan. Ini bukan hanya dapat menghemat ruang, banyaknya repetisi dalam untaian DNA secara biologis berpotensi membahayakan DNA dan bakteri tersebut. Berarti, penggunaan algoritma itu akan mengatasi dua masalah sekaligus.

Yang jadi masalah, untaian DNA tidak cukup panjang untuk menyimpan informasi kompleks seperti foto atau buku. Solusi terbaik adalah memecah data menjadi bagian-bagian kecil dan menyebarkannya pada sel yang berbeda.  Agar berhasil, peneliti membuat sistem yang memungkinkan pecahan-pecahan data diidentifikasi dan kemudian disusun ke dalam urutan yang benar. Untuk itu, mereka membuat tiga struktur bagian untuk seluruh DNA yakni header, message, dan checksum. Header merupakan rangkaian sepanjang 8 bagian yang dibagi ke dalam empat level informasi yakni zona, kawasan, area, dan distrik yang memungkinkan setiap bagian dikembalikan ke dalam urutan yang tepat.

Setelah pesan yang membawa data sebenarnya dihantarkan, checksum menyediakan repetisi dari header awal yang berguna untuk mengontrol mutasi yang mungkin terjadi pada bakteri yang bersangkutan. Setelah informasi dienkripsi dan ditempatkan pada banyak sel yang berbeda di bakteri, bagaimana cara pemilik data mengambil kembali data yang disimpan oleh bakteri yang bersangkutan.

Sebuah decrypter akan mengambil DNA dan menjalankannya pada sebuah teknologi yang disebut *next-generation high-througput sequencing*, atau NGS.  Tipe *sequencing* ini dapat menganalisa dan membandingkan banyak kopi dari sequence yang sama dan menggunakan modus terbanyak untuk mengetahui basis data mana yang benar dan data mana yang telah mengalami perubahan. Setelah itu, algoritma kompresi akan dibalikkan untuk mengembalikan data mentah ke dalam bentuk aslinya. Langkah terakhir adalah menyusun kembali pecahan-pecahan data dalam urutan yang benar agar rangkaian DNA tersebut bisa diterjemahkan kembali menjadi data yang dapat digunakan.

Jadi, suatu saat nanti komputer yang kita miliki akan ada bakteri sebagai *peripheral-*nya. Sampai tahap ini, data sudah disimpan dan mengalami enkripsi. Orang yang ingin membaca data tersebut membutuhkan formula yang mengetahui urutan yang benar dari header dan checksum. Tanpa formula tersebut, data yang ia miliki tidak dapat digunakan.

Tentu saja setiap hal memiliki kekurangan, begitu juga dengan metode ini, dikarenakan ukurannya yang sangat kecil dan untaian DNA yang tidak cukup panjang untuk menyimpan informasi kompleks, maka solusi terbaik adalah dengan memecah data menjadi bagian-bagian kecil lalu disebar ke tiap sel yang berbeda.

# BAB III

**PENUTUP**

## Kesimpulan

Di era digital, ilmuan selalu memperbaruhi bentuk-bentuk dari [penyimpanan data](http://uniqpost.com/50086/pusat-data-google-ternyata-rangkaian-pipa-dan-tabung/), sehingga hardware seperti disket, kaset dan kaset video sekarang sudah ditinggalkan. Ilmuan selalu berupaya membuat tempat penyimpanan data dengan ukuran sekecil mungkin dengan kapasitas sebesar-besarnya. Proses konversi file lama ke format baru harus bisa dapat dibaca oleh mesin-mesin baru, hal menjadi sebuah tantangan untuk dipecahkan oleh para ilmuan.

DNA dipandang sebagai sebuah media penyimpanan data yang ideal karena membutuhkan sedikit ruang dibandingkan dengan format drive yang kita gunakan saat ini. DNA sangat tahan lama, karena mampu bertahan dengan kondisi dingin, kering dan gelap, bahkan data yang disimpan dalam DNA dapat bertahan selama puluhan ribu tahun dengan perawatan yang minim.

Prinsip akses data terjadi karena adanya kemiripan Antara Kode Genetik dan Kode Komputer. Proses pemrograman komputer saat ini didasarkan atas satu konsep sederhana yang diusulkan oleh Alan Turing. Ada empat basis DNA yang bisa digunakan untuk membuat untaian DNA yakni Adenine (A), Cytosine (C), Guanine (G), dan Thymine (T). Artinya, penyimpanan akan menggunakan sistem angka basis empat.Angka basis 4 ini kemudian diubah ke dalam sistem DNA yang menggunakan kode A, T, C, dan G di mana A menggantikan angka 0, T menggantikan 1, C menggantikan angka 2, dan G pengganti angka 3. Dalam Pemrosesannya, data akan mengalami tahap – tahap : Encode, Synthesize, Sequence, Decode

Ide menyimpan data di dalam bakteri sudah terlintas sekitar satu dekade terakhir. Pertimbangannya, bakteri yang paling sederhana sekalipun memiliki untaian DNA panjang yang bisa menyimpan enkripsi data. Reproduksi alami bakteri juga dapat dimanfaatkan untuk membuat duplikasi data dan menjaga integritas informasi yang disimpan. Ini juga membuat proses pengambilan kembali data dapat dilakukan dengan lebih mudah.

# DAFTAR PUSTAKA

*http://makalahlaporanterbaru1.blogspot.com/2013/08/biostorage-bakteri-bisa-dipakai-untuk.html*

*https://www.proudtobesinluiers.com/bakteri-pengganti-hard-disk/*

*http://herianto144.blogspot.com/2014/10/komputer-bio-dna.html*