

**REKAYASA GENETIKA: DNA REKOMBINAN;
DAMPAK DAN TANTANGANNYA TERHADAP
KEHIDUPAN MASA DEPAN**

593/HD/91



Nakolah

*Disejikan dalam suatu acara Seminar Karya Ilmiah
Jurusan Pendidikan Biologi FPMIPA IKIP Padang*

MILIK UPT PERPUSTAKAAN
IKIP PADANG

Oleh

Drs. Ristiono, M.Pd.

Jurusan Pendidikan Biologi
Fakultas Pendidikan Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Institut Keguruan dan Ilmu Pendidikan **IKIP** Padang

Oktober 1989

PERPUSTAKAAN IKIP PADANG
KOLEKSI BIDANG ILMU
TIDAK DIPINJAMKAN
KE LUAR KAMPUS

KATA PENGANTAR

Berkat rahmat dan kurnia Allah SWT, penulis telah dapat menyelesaikan suatu makalah yang berjudul "Rekayasa Genetika: DNA Rekombinan; Dampak dan Tantangannya Terhadap Kehidupan Masa Depan.

Makalah ini merupakan kajian singkat tentang proses pembentukan DNA rekombinan secara *in vivo* dan *in vitro*, yang telah disajikan dalam suatu acara rutin Seminar Karya Ilmiah Jurusan Pendidikan Biologi FPMIPA IKIP Padang.

Penulis menyadari, bahwa makalah ini masih sangat terbatas, baik dari segi isi maupun teknik penulisannya. Oleh karena itu, penulis memberikan kesempatan bagi pembaca untuk mengkritik maupun menyarankan, agar makalah ini menjadi lebih baik dan lebih sempurna dalam perbaikannya.

Mudah-mudahan kajian makalah yang singkat ini dapat bermanfaat bagi kita semuanya, baik bagi penulis sendiri, maupun bagi pembaca sekalian.

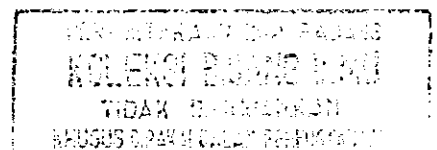
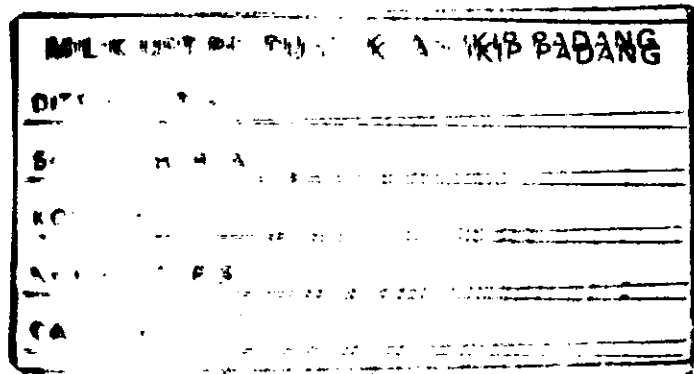
Padang, Oktober 1989

P e n u l i s ,

MILIK UNIT PERPUSTAKAAN IKIP PADANG	
TANGGAL	FEBRUARI 91
SURAT KETERANGAN	HD.
NO. SURAT	R.K.I
NO. DAFTAR	593/HD/91-10 (2)
NO. BUKU	574.07. Ris-10

DAFTAR ISI

	Halaman
KATA PENGANTAR	i
DAFTAR ISI	ii
PENDAHULUAN	1
STRUKTUR DAN FUNGSI ASAM NUKLEAT	3
I. Struktur dan Fungsi DNA	3
II. Struktur dan Fungsi RNA	5
D N A REKOMBINAN	7
I. DNA Rekombinan In Vivo	7
II. DNA Rekombinan In Vitro	10
III. Peranan DNA Rekombinan, Dampak dan Tan- tangannya Terhadap Kehidupan Masa Depan	19
KESIMPULAN	24
DAFTAR KEPUSTAKAAN	iii



PENDAHULUAN

Pencangkakan atau pengembinasian DNA merupakan usaha rekayasa genetika yang cukup menarik perhatian para ilmiawan. Kemampuan mencangkakkan atau mengkombinasikan material genetik ke dalam gen mikroorganisme telah menjadikan mikroorganisme sebagai suatu pabrik hidup yang secara besar-besaran dan terus-menerus menghasilkan berbagai zat organik yang sangat bermanfaat bagi kehidupan manusia. Begitu juga dengan transplantasi jaringan dan gen antar mamalia, antara mikroba dengan tumbuhan, telah menimbulkan inspirasi baru yang menakjubkan bagi para ilmiawan, guna meningkatkan kualitas hidup umat manusia di seantero bumi.

Telah ribuan percobaan dilakukan para peneliti di laboratorium, rekayasa genetika dilakukan dalam suatu medium yang disebut kultur sel ataupun kultur jaringan.

Pengambilan DNA dari suatu organisme dan menggabungkannya ke dalam DNA organisme lain bukanlah hanya sekedar memotong, menempel, dan menggabungkan, tetapi juga harus diikutsertakan gen-gen yang dikehendaki. Sebuah gen harus ikut serta dipindahkan melalui suatu perantara yang dinamakan dengan vektor. Vektor yang cukup banyak digunakan adalah plasmid, yaitu suatu DNA melingkar yang berada di luar kromosom bakteri. Virus juga dapat digunakan sebagai vektor dalam rekombinasi DNA.

Bila suatu bakteri yang telah mengandung plasmid rekombinan mengalami pembelahan di ri, maka plasmid rekombinan tersebut akan mengalami hal yang serupa, sehingga sel-sel yang terbentuk tetap membawa plasmid rekombinan. Dengan demikian, plasmid atau DNA rekombinan akan senantiasa membuat klon-klon dirinya bersama dengan pembentukan klon-klon bakterinya. Dengan kemampuan membelah diri setiap 20 menit, maka dalam waktu satu hari, sebuah bakteri yang mengandung DNA rekombinan bisa memiliki ribuan juta keturunan, yang semuanya menghasilkan produk (hasil) yang kita inginkan.

Bioteknologi dalam hal rekayasa genetika ini diharapkan dapat mengatasi masalah dunia, seperti pembasmian berbagai penyakit, peningkatan produksi tanaman, peternakan, dan sebagainya.

STRUKTUR DAN FUNGSI ASAM NUKLEAT

I. Struktur dan Fungsi DNA

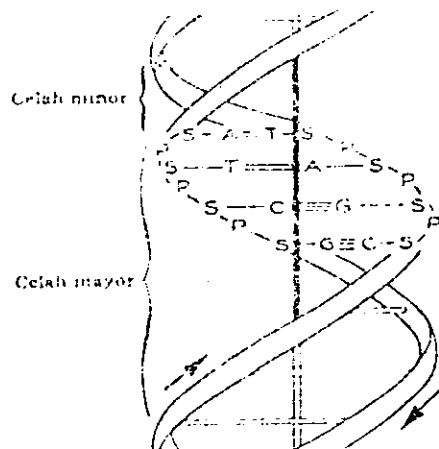
Deoxyribo Nucleic Acid atau DNA adalah asam nukleat yang mengandung informasi genetik, yang secara kimia merupakan dasar keturunan. Pengkodean informasi genetik di sepanjang polimernya hanya terdiri atas empat macam monomer, yaitu deoxyadenilat atau adenin, deoxythimidilat atau thymin, deoxycytidilat atau cytosin, dan deoxyguanilat atau guanin. Unit-unit monomer DNA ini dijadikan bentuk polimer oleh ikatan 3' - 5' phosphodiester menjadi suatu utas. Polimer yang terbentuk mempunyai polaritas, satu ujung mempunyai 5'-hidroxylasi atau phospat, sedangkan ujung yang lainnya merupakan 3'-hidroxyl atau phospat.

Oleh karena informasi genetik tempatnya pada deretan unit-unit monomer dalam polimer, maka harus terdapat suatu mekanisme yang memproduksi atau meniru (replikasi) informasi genetik ini agar membentuk utas rangkap. Di dalam DNA, konsentrasi nukleotida deoxyadenosin (A) sama dengan konsentrasi nukleotida deoxythymidine (T), sedangkan konsentrasi nukleotida deoxyguanosin (G) sama dengan konsentrasi nukleotida deoxycytidine (C).

Awal tahun 1950-an (tahun 1954), James Watson, Francis Crick dan Maurice Wilkins mengemukakan suatu

model molekul DNA berutas rangkap (double stranded). Kedua utas ke arah kanan molekul berutas rangkap ini dihubungkan satu dengan yang lainnya oleh ikatan hidrogen antara basa purin (Adenin dan Guanin) dengan basa pirimidin (Cytosin dan Thymin) dari masing-masing molekul linier. Pasangan antara basa purin dan pirimidin pada utas yang berlawanan sangat spesifik dan tergantung pada ikatan hidrogen dari Adenin dengan Thymin dan Guanin dengan Cytosin. Kedua utas rangkap DNA dalam keadaan terpilin, masing-masing mempunyai polaritas antiparalel. Informasi genetik terletak dalam urutan nukleotida pada satu utas yang disebut utas template (pembentuk), sedangkan yang berlawanan dianggap sebagai utas antitemplate (pelengkap), sebagai komplemen utas template.

Di bawah ini diperlihatkan gambar DNA berutas rangkap dalam keadaan terpilin.



Gambar 1. Struktur DNA model Watson dan Crick
 A=adenin; C=cytosin; G=guanin, T=thymin,
 P=phosphat; S=gula (deoxyribosa)

Sumber: D.W. Martin, diterj. Adji Dharma, 1983, 402.

Informasi genetik yang tersimpan dalam rangkaian nukleotida DNA mempunyai dua fungsi; sebagai sumber informasi untuk sintesis semua molekul protein dari sel, dan memberikan informasi yang diturunkan ke sel anak.

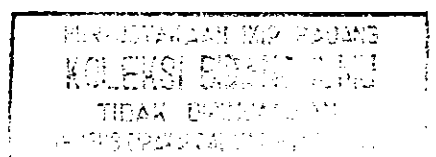
II. Struktur dan Fungsi RNA

Ribo Nucleic Acid atau RNA adalah suatu polimer dari ribonukleat purin dan pirimidin, yang dihubungkan dengan jembatan 3' - 5'- phosphodiester yang analog dengan nukleotida pada DNA. Satu perbedaan antara RNA dengan DNA adalah tidak adanya nukleotida Thymin pada RNA, dan sebagai penggantinya adalah ribonukleat Urasil (U).

RNA dari mulanya merupakan molekul yang berutas tunggal, namun bila diberi urutan-urutan basa pelengkap yang cocok dengan polaritas yang berlawanan akan mampu melipat dirinya seperti jepitan rambut, sehingga memiliki sifat-sifat utas rangkap seperti DNA.

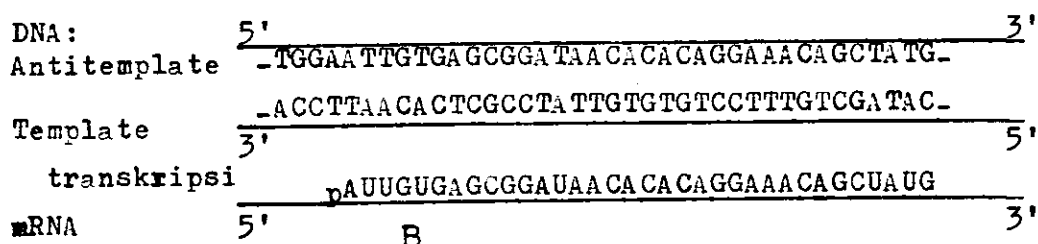
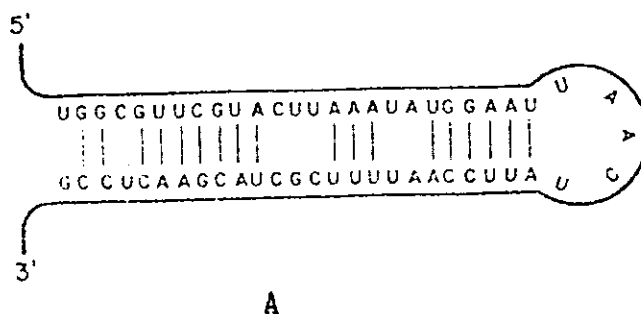
Informasi dalam utas RNA terdapat dalam urutan-urutan (struktur primer) dari nukleotida purin dan pirimidin dalam polimernya. Urutan-urutannya merupakan pelengkap untuk utas template gen, RNA akan terikat ke utas DNA template melalui aturan pasangan basanya, dan tidak akan terikat pada urutan utas antitemplate, tetapi basa Thymin digantikan oleh basa Urasil.

Molekul RNA pembawa informasi yang berperan sebagai pembentuk (template) untuk sintesis protein ada-



lah messenger RNA atau disingkat dengan mRNA atau istilah lainnya duta RNA atau dRNA.

Di bawah ini digambarkan struktur RNA dan hubungan antara transkripsi RNA dengan gennya.



Gambar 2. Struktur RNA dan hubungan transkripsi RNA dengan gennya.

A adalah diagramatis struktur sekunder molekul RNA yang berbentuk 'jepitan rambut'.

B adalah hubungan antara transkripsi RNA dengan gennya. Terlihat rangkaian transkripsi RNA sama dengan anti-template, kecuali U sebagai pengganti T.

Sumber: D.W. Martin, diterj. Adji Dharma, 1983, 407.

D N A REKOMBINAN

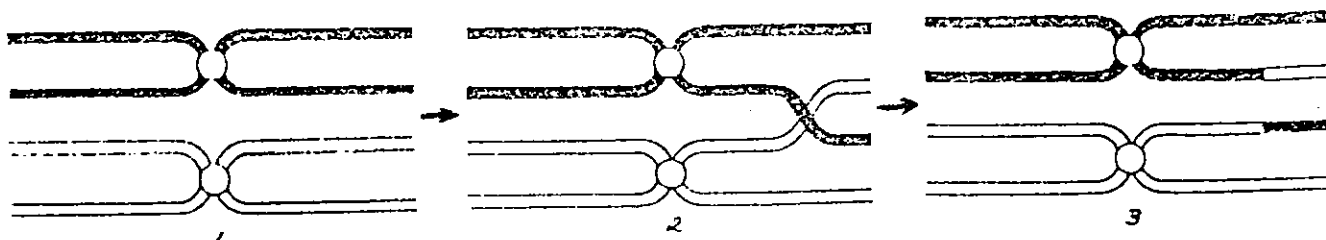
I. DNA Rekombinan In Vivo

Organisme prokariotik dan eukariotik mampu bertukar-menukar informasi genetik antara kromosom yang homolognya. Peristiwa pertukaran atau rekombinasi pada sel-sel mamalia terutama terjadi pada waktu meiosis, antara lain dengan terjadinya *crossing over* atau pindah silang. Thomas Morgan menemukan peristiwa itu pada tahun 1911. Rekombinasi material genetik pada bakteri dapat terjadi sewaktu konyugasi. Adanya infeksi virus juga dapat mengakibatkan sel prokariotik ataupun sel eukariotik yang diinfeksi mengalami perubahan informasi genetiknya.

Proses *crossing over* menghasilkan pertukaran informasi genetika secara timbal-balik antara kromosom-kromosom yang homolog (kromatid-kromatid anak). Jika kromosom-kromosom homolog memiliki alela yang berbeda dari gen-gen yang sama, maka *crossing over* dapat menghasilkan perbedaan hubungan genetik yang hereditas dan mudah untuk dikenal.

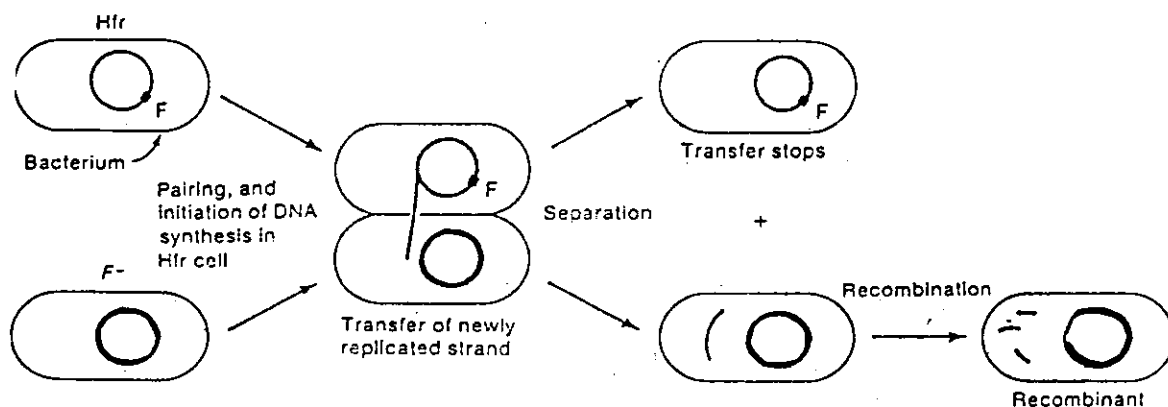
Pertukaran material genetik bakteri pada waktu konyugasi bersamaan dengan proses replikasi DNA secara memutar atau *rolling circle*, yang proses penggabungan atau rekombinasinya hampir sama dengan proses infeksi material genetik virus ke dalam sel host atau inangnya.

Di bawah ini diperlihatkan beberapa skema atau gambar proses rekombinasi DNA yang terjadi secara alamiah atau *in vivo*.



Gambar 3. Proses crossing over antar kromosom homolog. Terlihat sebagian dari lengan kromosom yang homolog berpindah tempat, sehingga mengalami rekombinasi.

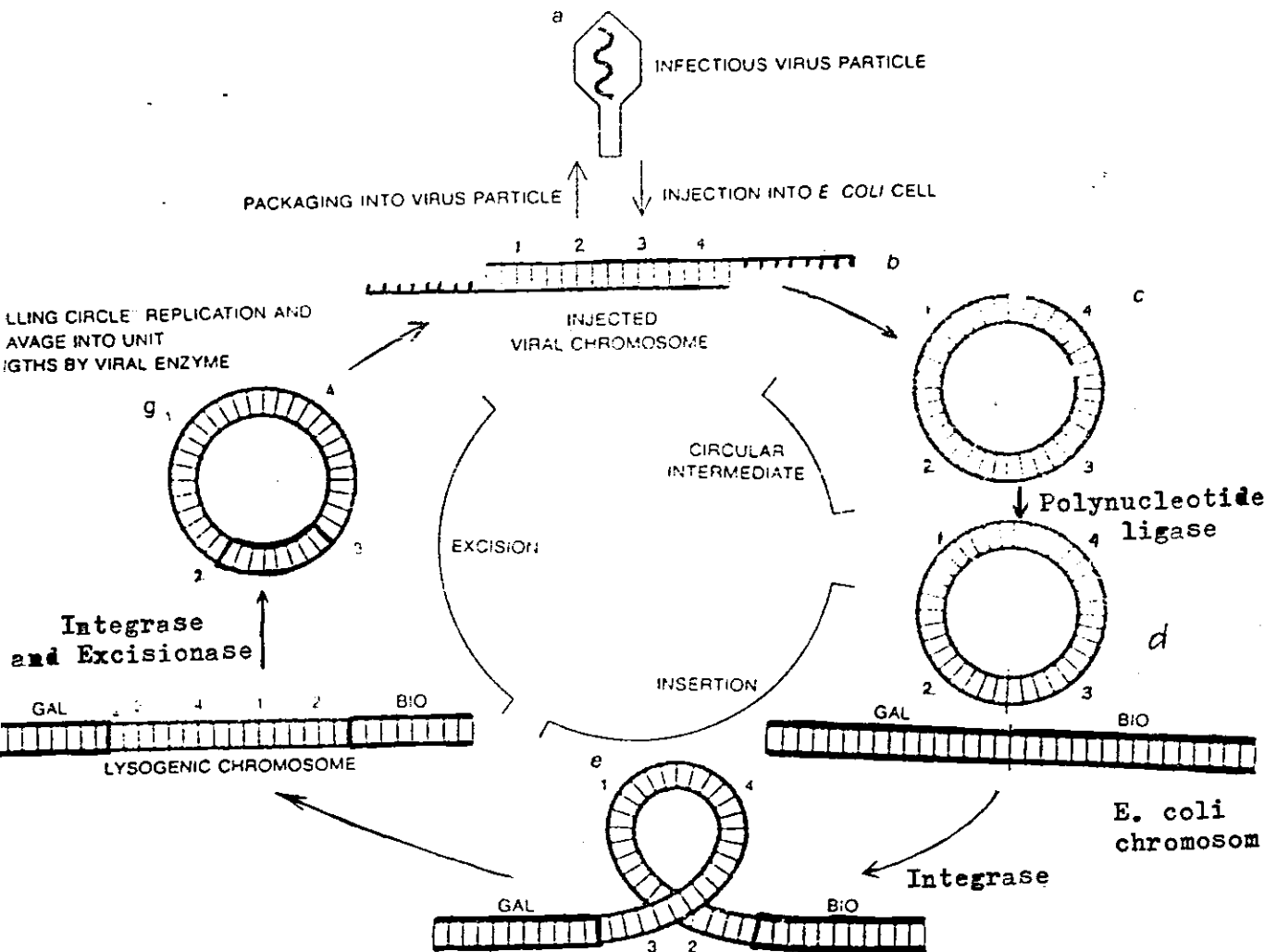
Sumber: D.W. Martin, diterj. Adji Dharma, 1983, 419.



Gambar 4. Konyugasi bakteri.

Diagram memperlihatkan perkawinan antara Hfr sebagai bakteri jantan dan F^- sebagai bakteri betina. Sewaktu konyugasi, replikasi DNA terjadi pada jantan, yang ditransferkan kepada betina, selanjutnya DNA yang ditransfer bergabung dengan DNA betina.

Sumber: David Freifelder, 1985, 192.



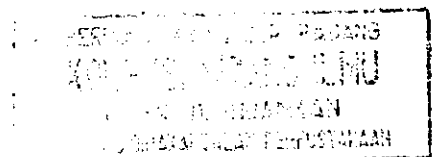
Gambar 5. Rekombinasi DNA Virus dengan kromosom bakteri.
 Sumber: Scientific American, December 1977, 108.

II. DNA Rekombinan In Vitro

Rekayasa genetika, DNA rekombinan adalah suatu gabungan fragmen DNA tertentu dengan suatu perantara yang disebut vektor. Istilah DNA rekombinan sering disamakan dengan DNA Chimeric, yaitu molekul DNA rekombinan yang berisi gen-gen dari sumber yang berbeda. Proses penggabungan bersama antar fragmen-fragmen DNA tersebut disebut Gene Splicing (penyambungan gen).

Vektor adalah suatu molekul DNA yang merupakan suatu DNA yang dapat diklonkan. Vektor yang paling banyak digunakan pada saat ini adalah plasmid bakteri dan beberapa DNA atau RNA virus. Plasmid bakteri adalah molekul DNA melingkar pada bakteri yang keberadaannya di luar kromosom. Plasmid dapat dikeluarkan dari bakteri dengan cara sentrifugasi. Berdasarkan beratnya, plasmid akan berada pada bagian atas (permukaan) tabung sentrifugal, bersama-sama dengan fragmen kromosom. Oleh karena DNA plasmid cukup tahan terhadap sentrifugasi dengan kecepatan rendah, maka ia dapat mempertahankan kesirkulerannya (tetap melingkar), sehingga pemisahan plasmid dengan kromosom mudah dilakukan.

Dalam rekayasa genetika, prinsip dasar rekombinasi DNA adalah usaha menyisipkan (menempelkan) fragmen DNA kromosom yang mengandung gen-gen tertentu ke dalam plasmid atau vektor lainnya.



Langkah-langkah umum dalam teknologi DNA rekombinan adalah: pertama; memperoleh sumber material genetik yang akan disambungkan, kedua; menggabungkan sumber material genetik (umumnya DNA Eukariotik) ke dalam suatu vektor, yaitu plasmid atau virus (bakteriophage), ketiga; membuat kloning material genetik yang dibawa vektor dengan perlakuan tertentu.

Pengambilan fragmen DNA dilakukan dengan menggunakan enzim, yaitu 'restriction enzim' atau 'restriction endonuclease'. Pada tahun 1973, Dr. Paul Berg dan kelompok lainnya seperti Dr. Stanley Cohen dan Dr. Annie Chang dari Universitas Stanford di California, serta Dr. Herbert Boyer dan Robert Helling dari Universitas California-San Fransisco, menemukan enzim pembatas atau 'restriction endonuclease' yang mampu memotong (gunting biologi) tempat-tempat khusus sepanjang molekul DNA.

Semacam enzim pemotong hanya mengenal satu untai basa pendek yang pasangan urutannya simetris pada kedua utas DNA. Pasangan urutannya yang simetris itu dinamakan palindrom, biasanya memiliki 4 - 6 pasangan basa. Enzim pemotong membuat potongan palindrom dengan urutannya simetris dan menghasilkan fragmen-fragmen DNA dengan kedua ujung yang komplementer.

Kekhususan enzim pemotong serta pemotongannya pada palindrom dapat dilihat pada tabel di halaman berikut ini.

TABEL I

KESPESIFIKAN TEMPAT PEMOTONGAN DARI BEBERAPA ENZIM
RESTRICTION ENDONUCLEASE

Nama Enzim : Tempat Pemotongan Utas : Nama Mikroorganisme

Alu I	: N . A . G ↓ C . T . N	: <i>Arthrobacter luteus</i>
Ava I	: C ↓ (C) . G - G . (A) . (G	: <i>Anabaena variabilis</i>
Bal I	: T . G . G ↓ C . C . A	: <i>Brevibacterium albidum</i>
Bam H I	: G ↓ G . A - T . C . C	: <i>Bacillus amyloliquefaciens H</i>
Bgl II	: A ↓ G . A - T . C . T	: <i>Bacillus globigil</i>
Bsu I	: N . G . G ↓ C . C . N	: <i>Bacillus subtilis strain X5</i>
Eco R I	: G ↓ A . A - T . T . C	: <i>Escherechia coli R Y13</i>
Hae II	: (A) . G . C - G . C ↓ (C)	: <i>Haemophilus aegyptius</i>
Hae III	: N . G . G ↓ C . C . N	: <i>Haemophilus aegyptius</i>
Hap II	: N . C ↓ C - G . G . N	: <i>Haemophilus aphrophilus</i>
Hga I	: G . A . C - G . C . N ↓	: <i>Haemophilus gallinarum</i>
Hha I	: N . G . C - G ↓ C . N	: <i>Haemophilus haemoliticus</i>
Hinc II	: G . T . (C) ↓ (A) . A . C	: <i>Haemophilus influenzae Rc</i>
Hind III	: A ↓ A . G - C . T . T	: <i>Haemophilus influenzae Rd</i>
Hpa I	: G . T . T ↓ A . A . C	: <i>Haemophilus parainfluenzae</i>
Hpa II	: N . C ↓ C - G . G . N	: <i>Haemophilus parainfluenzae</i>
Kpn I	: G . G . T - A . C ↓ C	: <i>Klebsiella pneumoniae</i>
Pst I	: C . T . G - C . A ↓ G	: <i>Providencia stuartii</i>
Sma I	: C . C . C ↓ G . G . G	: <i>Serratia marcescens</i>
Sst I	: G . A . G - C . T ↓ C	: <i>Streptomyces stanford</i>
Taq I	: N . T ↓ C - G . A . N	: <i>Thermus aquaticus</i>
Xma I	: C ↓ C . C - G . G . G	: <i>Xanthomonas malvacearum</i>

Sumber : David W. Martin (1983), David F. (1985), Eldon J. G. (1984).

Teknik Rekombinasi DNA

1. DNA rekombinan yang berasal dari kombinasi fragmen DNA dengan vektor.

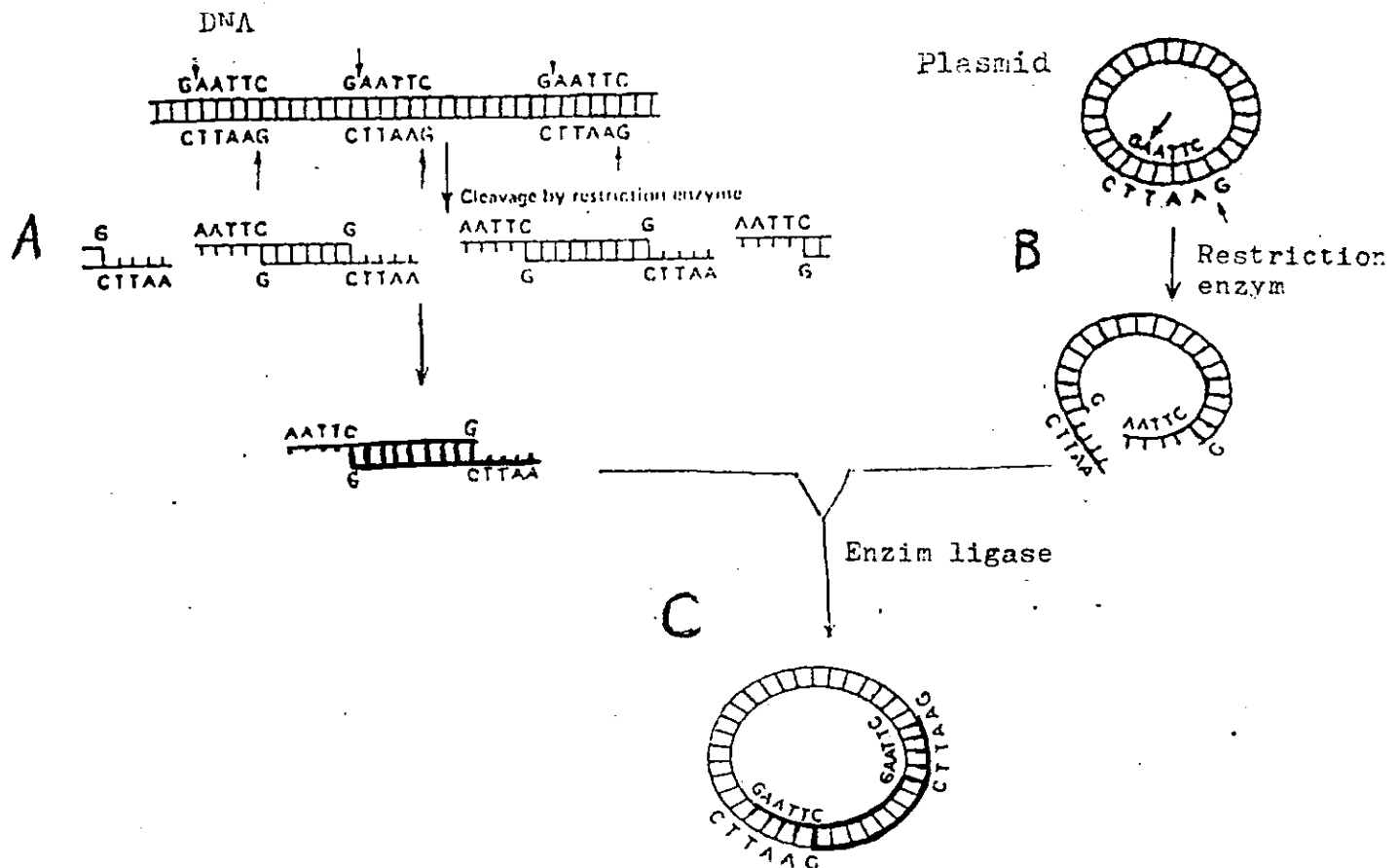
Enzim pemotong dapat memotong DNA menjadi fragmen-fragmen DNA dengan ujung kohesif yang sama tanpa menentukan sumber DNANYA, baik dari hewan, mikroba, maupun tumbuhan. Dua fragmen DNA dapat bergabung berpasangan antara ujung-ujung kohesif komplementernya dengan bantuan enzim.

Pada tahun 1973, bersamaan dengan ditemukannya enzim pemotong, Dr. Paul Berg dan kelompok lainnya dari Universitas Stanford dan California berhasil menemukan suatu enzim yang mampu menggabungkan suatu molekul DNA di tempat yang serupa pada DNA organisme yang tidak sama. Enzim tersebut dinamakan ligase. Pada tahun 1977, Khorana dan kelompoknya berhasil juga menggabungkan fragmen-fragmen DNA dengan menggunakan enzim ligase.

Berdasarkan adanya kemampuan bergabungnya fragmen-fragmen DNA secara *in vitro* inilah maka teknologi rekayasa genetika; DNA rekombinan berkembang dengan pesat dan mantap.

Pada gambar 6. terlihat serangkaian proses rekombinasi DNA. Rangkaian utas DNA dipecah (dipotong) dengan restriction enzim, sehingga palindrom dari gen yang diinginkan pada utas DNA menjadi terpotong.

Pecahan atau potongan palindrom ini telah siap untuk direkombinasikan (gambar 6.A). Plasmid yang diperoleh dari sentrifugasi bakteri juga dipotong dengan restriction enzim yang sama seperti pada utas DNA di atas, sehingga utas plasmid menjadi terbuka (gambar 6.B). Selanjutnya dengan bantuan enzim ligase, potongan palindrom DNA digabungkan dengan plasmid yang telah terbuka utasnya, akhirnya terbentuk plasmid rekombinan atau DNA rekombinan (gambar 6.C).



Gambar 6. Proses rekombinasi DNA yang berasal dari fragmen DNA berujung kohesif dengan plasmid.

Sumber: Norman V. Rothwell, 1983, 516.

Plasmid rekombinan ditransformasikan atau di insersikan ke dalam sel host (bakteri) dan dikulturkan. Jika bakteri yang telah mengandung plasmid rekombinan mengadakan pembelahan diri, plasmid rekombinan akan berbuat serupa, sehingga sel-sel yang terbentuk tetap membawa plasmid rekombinan. Dengan kemampuan membelah diri setiap 20 menit, maka dalam satu hari saja bakteri telah berkembang menjadi beribu-ribu juta sel.

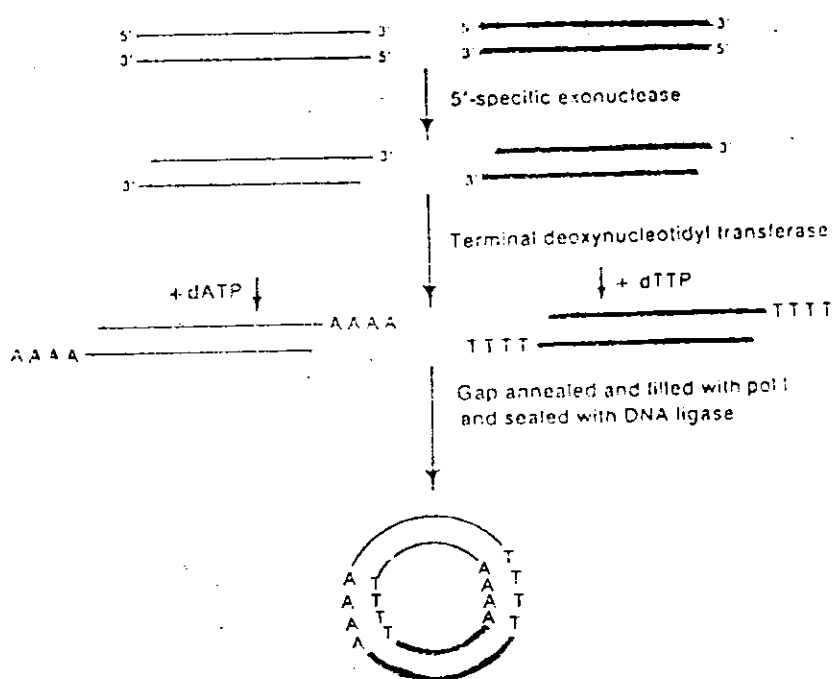
Molekul DNA yang tidak mempunyai ujung kohe-sif juga dapat digabungkan. Penggabungan fragmen-fragmen DNA berujung tumpul menggunakan enzim deoxy-nucleotidyl transferase, yang berperan menambahkan nukleotida pada gugus 3-OH dari fragmen tumpul DNA di setiap ujung utas rangkapnya, yang sebelumnya diberikan perlakuan 5' spesifik exonuclease untuk menghilangkan beberapa nukleotida ujung (terminal).

Jika suatu DNA diberi perlakuan exonuclease, terminal nucleotidal dan nucleotide triphosphate, misalnya deoxyadenosine triphosphat (dATP), maka pemanjangan DNA pada ujung 3' akan membentuk segmen berupa adenin, yang disebut poly adenin (dA).

Jika nucleoside triphosphat yang diberikan adalah deoxythymidine triphosphat (dTTP), maka pemanjangan ujung 3' utas DNA akan memiliki segmen thymin atau poly thymin (dT).

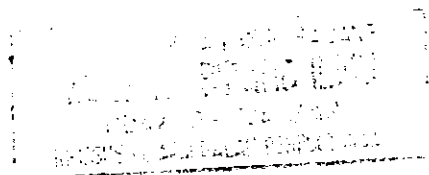
Begitu juga bila yang diberikan adalah deoxy-guanosine triphosphat (dGTP), maka pada ujung 3' utas DNA akan terbentuk segmen guanin atau poly guanin (dG), dan bila yang diberikan adalah deoxy-cytidyne triphosphat (dCTP), maka akan terbentuk segmen cytosin pada ujungnya atau poly cytosin (dC).

Ekor poly (dA) bersifat komplementer terhadap ekor poly (dT), begitu juga ekor poly (dG) bersifat komplementer terhadap ekor poly (dC), sehingga dua fragmen DNA yang memiliki ekor yang saling komplementer dapat digabungkan dengan bantuan enzim ligase. Di bawah ini diperlihatkan proses tersebut.

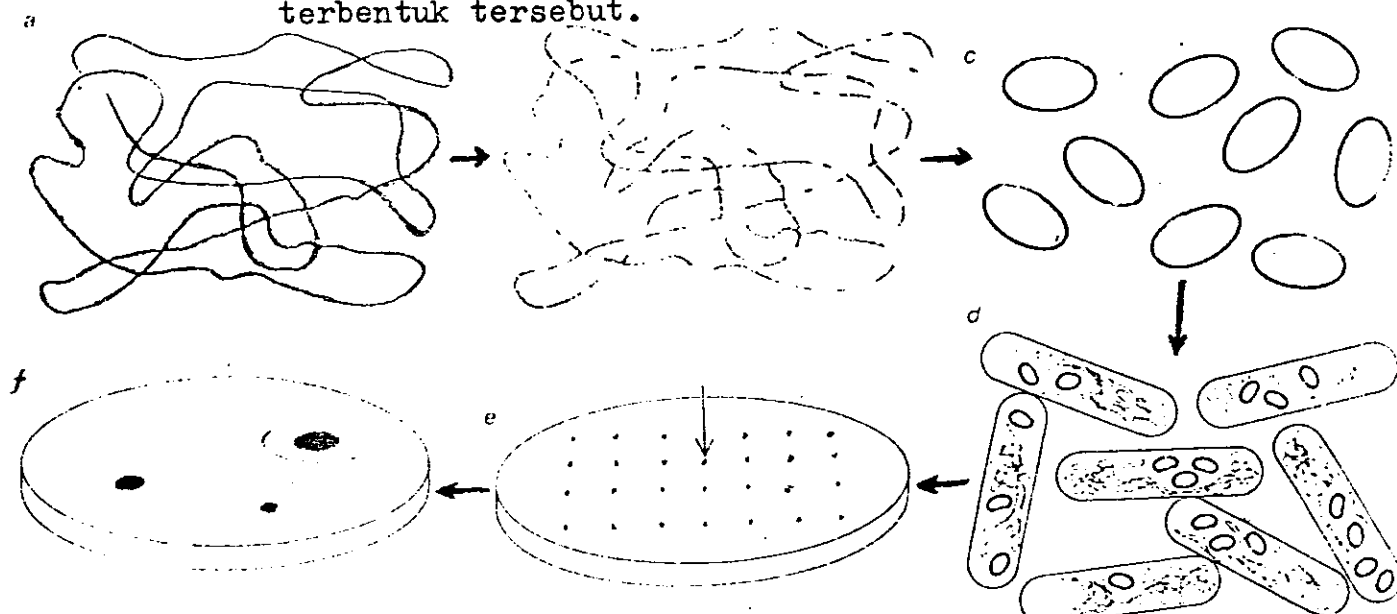


Gambar 7. Penggabungan dua molekul dengan ekor homopolimer yang komplementer.

Sumber: David Freifelder, 1985, 219



Suatu teknik penggabungan DNA yang dilakukan secara Shotgun juga merupakan teknik yang masih dipakai hingga saat ini, caranya fragmen-fragmen DNA bersama-sama plasmid dikumpulkan di suatu tempat, diberi perlakuan 'restriction enzym'. Setelah fragmen-fragmen DNA dan plasmid terpotong oleh enzim di atas, diberikan enzim ligase ke dalamnya, sehingga fragmen-fragmen DNA dan plasmid yang terpotong akan mengalami penggabungan. Selanjutnya plasmid-plasmid yang telah bergabung dengan fragmen DNA diinsersikan ke dalam sel host secara acak, dan selanjutnya dilakukan pengkulturan atau kloning. Sebagai tahap akhir untuk mendapatkan bakteri yang mengandung plasmid rekombinan yang diinginkan, maka diadakan pemurnian kultur sel dengan cara memisah-misahkan koloni yang terbentuk tersebut.



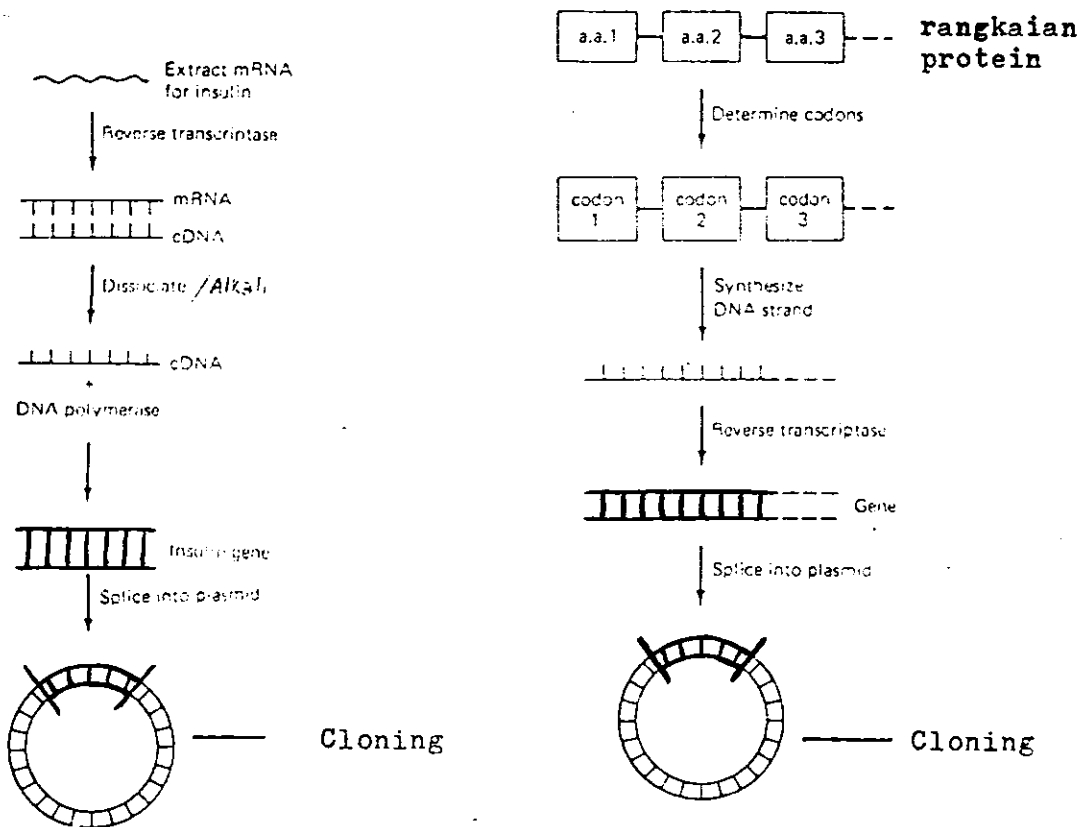
Gambar 8. Penggabungan DNA secara Shotgun.
Sumber: Clifford Grobstein, July 1977, 31.

Rekombinasi DNA dengan vektor virus DNA pada dasarnya seperti proses penggabungan fragmen DNA dengan plasmid. Fragmen DNA yang telah ditentukan ditempelkan pada DNA virus, yang sebelumnya juga mendapat perlakuan restriction enzim yang sama. DNA rekombinan virus ditransformasikan ke dalam virus yang akan diinjeksikan ke dalam sel host. Peristiwa selanjutnya dapat terjadi seperti pada gambar 5.

2. DNA rekombinan yang berasal dari RNA atau protein dengan vektor.

Kemajuan ilmu dan teknologi telah memperkecil kesulitan-kesulitan dalam mencapai sesuatu. Dewasa ini para peneliti telah berhasil membuat DNA rekombinan dengan cara yang lebih efektif, yaitu dengan pengambilan mRNA ataupun protein yang dikehendaki. mRNA atau protein ditranskripsikan kembali menjadi DNA dengan pemberian enzim 'reverse transcriptase', alkali, polimerase, dan ligase. Proses berikutnya seperti pada rekombinasi DNA berujung tumpul (tidak berujung kohesif). Kultur sel yang terbentuk benar-benar murni.

Pada halaman berikut ini digambarkan skema proses pembentukan DNA rekombinan yang berasal dari mRNA dan protein dengan vektor.



Gambar 9. DNA rekombinan dari mRNA dan protein.

A adalah proses rekombinasi DNA dari mRNA dengan vektor
 B adalah proses rekombinasi DNA dari protein dengan vektor.

III. Peranan DNA Rekombinan, Dampak dan Tantangannya Terhadap Kehidupan Masa Depan.

Beberapa puluh tahun yang lalu orang khawatir akan akibat yang tidak diduga dari percobaan tentang rekayasa genetika. Berbagai penafsiran muncul menghambat perkembangannya. Ada yang menyatakan, bahwa para ilmuwan berusaha merubah kodrat alam, dan ada juga yang mengkhawatirkan terjadinya bencana yang dahsyat

terhadap manusia, karena diisukan, bahwa manusia dapat diubah menjadi sebesar gajah, menjadi sangat jenius, dan sebagainya.

Sekarang orang percaya, bahwa selagi rekayasa genetika masih dibatasi hukum dan tidak menyalahi moral ataupun melanggar kodrat manusia sebagaimana adanya, rekayasa genetika sudah banyak menunjukkan hasil yang menakjubkan, baik bagi perkembangan ilmu pengetahuan, maupun bagi kesejahteraan manusia. Kemajuan rekayasa genetika sekarang pun masih dianggap tingkat kulit oleh para ilmuwan. Bagaimanakah kemajuan rekayasa genetika pada tingkat selanjutnya di masa depan? Akan berkembang tanpa menyalahi moral dan kodrat manusia nanti-nya di masa yang akan datang? Hal ini masih dalam pemikiran para ilmuwan dan peneliti, dan kita belum dapat memastikan jawabannya.

Hasil nyata dan manfaat rekayasa genetika: DNA rekombinan telah dirasakan, yang secara umum dapat dipisahkan atas dua kelompok, pertama; dalam hal sumbangan dan peningkatan ilmu pengetahuan dan pemahaman tentang struktur dan fungsi material genetik, dan kedua; dalam bidang bioteknologi, yang berkaitan dengan mutu dan kesejahteraan umat manusia.

Dalam hal penyumbangan ilmu pengetahuan, rekayasa genetika; DNA rekombinan telah memberikan hasil antara lain telah diketahui rangkai atau urutan pengha -

lang (intervening sequences) dalam rangkaian utas DNA, telah diketahui urutan basa nitrogen yang berperanan dalam proses transkripsi melalui TATA (TATA BOX), telah dapat ditentukan pemetaan gen dengan cara pemotongan DNA, yang dikenal dengan istilah 'Restriction Gene Mapping', telah diketahui secara lebih terinci rangkai atau urutan gen pada DNA, dan telah diketahui fungsi gen spesifik seperti gen tumor, kanker, dan sebagainya.

Dalam bidang bioteknologi, rekayasa genetika; DNA rekombinan telah memberikan sumbangan antara lain; Bidang farmasi/kedokteran: dari kloning mikroorganisme yang mengandung DNA rekombinan telah dihasilkan berbagai obat-obatan dan hormon-hormon yang sangat bermanfaat dalam bidang kedokteran, baik untuk kesehatan manusia, hewan, maupun tumbuhan, antara lain: insulin; untuk pengobatan penyakit diabetes mellitus, Calcitonin untuk obat pengaturan kadar kalsium dalam tulang bagi penderita osteoporosis, Interferon; untuk pencegahan penyakit kanker dan virus-virus lainnya, Urokinase; untuk menghancurkan atau mencairkan gumpalan-gumpalan darah yang berbahaya, termasuk gumpalan darah yang terlibat dalam serangan jantung, Thymosin-Alpha 1; sebagai hormon yang bermanfaat untuk memperkuat sistem pertahanan kekebalan tubuh, dan akan dicoba untuk mengobati kanker otak dan paru-paru, Beta-Endorphin; sebagai suatu zat pengurang rasa sakit, serum albumin,

hormon pertumbuhan, dan vaksin-vaksin untuk penyakit polio, malaria, cacar, tumor, kanker, dan lain-lain.

Dalam bidang pertanian/peternakan: dari pencangkokan gen terhadap tanam-tanaman memberikan hasil antara lain: tanam-tanaman yang mampu menghasilkan insektisida sendiri, tanam-tanaman yang tidak begitu peka terhadap penyakit yang disebabkan oleh bakteri, jamur, dan cacing, tanam-tanaman yang mampu menangkap cahaya dengan lebih efektif untuk peningkatan efisiensi fotosintesis, tanam-tanaman padi-padian yang mampu membuat pupuk nitrogen sendiri, tanam-tanaman yang lebih tahan terhadap pengaruh kadar garam, hawa kering, hawa dingin, dan embun beku, terbentuknya tanaman 'pomato' yang merupakan silangan antara potato (kentang) dengan tomato (tomat), terbentuknya tanaman padi yang menghasilkan biji sebesar biji kacang tanah, sedangkan dalam bidang peternakan telah dihasilkan beberapa vaksin pencegah penyakit mencret ganas yang menyerang anak babi, vaksin pencegah penyakit kuku dan mulut pada sapi, domba, dan babi, dan juga diproduksi hormon pertumbuhan yang dapat merangsang peningkatan produksi air susu dan dihasilkan interferon-interferon untuk pencegah penyakit yang menyerang hewan-hewan ternak.

Dalam bidang energi: para ahli biologi sedang mencoba mengembangkan bakteri yang mampu merubah dan meningkatkan sumber energi dari sampah dan sisa minyak bumi.

KESIMPULAN

Pengkodean informasi genetik di sepanjang polimer deoxyribonucleat dari DNA yang berupa utas rangkap (double stranded) yang berpilin, terdiri atas empat macam unit monomer, yang dikelompokkan atas dua macam, yaitu kelompok purin, terdiri dari deoxyadenilat dan deoxyguanilat, dan kelompok pirimidin yang terdiri dari deoxythymidilat dan deoxycytidilat. Unit-unit monomer suatu utas dihubungkan dengan ikatan 3'-5'-phosphodiester. Kedua utas ke arah kanan, satu dengan lainnya antara basa pirimidin dengan purin dihubungkan oleh ikatan hidrogen dari Adenin dengan Thymin dan dari Guanin dengan Cytosin. Kedua utas tersebut mempunyai polaritas yang antiparalel.

Informasi genetik terletak dalam polimer nukleotida pada satu utas DNA yang disebut utas template (pembentuk), sedangkan satu utas lagi merupakan utas antitemplate atau pelengkap. Informasi yang tersimpan dalam utas template DNA mempunyai dua fungsi, yaitu sebagai sumber informasi untuk sintesis protein sel dan sebagai pemberi informasi kepada sel anak atau turunannya.

RNA yang merupakan suatu polimer ribonucleat purin dan pirimidin mempunyai satu perbedaan dengan DNA pada nukleotidanya, yaitu pada RNA terkandung ribonucleat urasil sebagai pengganti thymin pada utas DNA.

RNA yang dari semulanya merupakan molekul berutas tunggal, jika diberi urutan-urutan basa pelengkap yang cocok dengan polaritas yang berlawanan mampu melipat dirinya seperti jepitan rambut, sehingga mempunyai sifat-sifat utas rangkap seperti utas rangkap DNA.

Molekul RNA pembawa informasi yang berperan sebagai pembentuk atau template untuk sintesis protein adalah messenger RNA atau mRNA atau duta RNA atau dRNA.

Informasi genetik organisme prokariotik dan eukariotik mampu mengadakan tukar-menukar. Peristiwa tukar-menukar atau pengkombinasian informasi genetik secara in vivo terjadi antara lain pada peristiwa crossing over, konyugasi bakteri, dan infeksi material genetik virus. Peristiwa tukar-menukar material genetik secara buatan atau in vitro di laboratorium, dilakukan dengan cara penggabungan fragmen-fragmen DNA, RNA, dan protein tertentu dengan suatu perantara yang disebut plasmid. Vektor yang paling banyak digunakan adalah plasmid bakteri dan beberapa DNA atau RNA virus, yang telah diberi beberapa perlakuan.

Teknik rekombinasi fragmen DNA dengan vektor dilakukan dengan dua cara, pertama; fragmen DNA dan vektor yang dipotong dengan enzim restriction enzim membentuk ujung kohesif yang komplementer, sehingga dapat langsung digabungkan dengan bantuan enzim ligase, kedua; fragmen DNA yang tidak berujung kohesif diberi perlakuan exonuclease, terminal nucleotidal, dan nucleoside triphosphate,

sehingga membentuk ujung kohesif yang dapat digabungkan dengan vektor yang sebelumnya juga diberi perlakuan yang sama.

Teknik rekombinasi DNA yang berasal dari mRNA atau protein dengan vektor dilakukan dengan memberi perlakuan enzim reverse transkriptase, disosiasi atau perlakuan alkali, dan polimerase untuk membentuk DNA berutas rangkap. Perlakuan selanjutnya seperti pada rekombinasi DNA dari DNA yang tidak berujung kohesif.

Hasil nyata dan manfaat rekayasa genetika; DNA rekombinan ini berupa sumbangan dan peningkatan ilmu pengetahuan tentang struktur dan fungsi material genetik, dan dalam bidang bioteknologi berupa zat-zat yang bermanfaat dalam bidang kedokteran, peternakan, dan pertanian serta diperolehnya beberapa organisme yang merupakan tanaman unggul dan mikroorganisme yang berperan dalam bidang sumber daya alam berupa energi.

DAFTAR KEPUSTAKAAN

- Burn, George W., 1983, The Science of Genetics; An Introduction to Heredity, New York, Macmillan Publishing Co., Inc.
- Campbell, Allan M., Desember 1976, How Viruses Their DNA into the DNA of the Host Cell, Scientific American.
- Freifelder, David, 1985, Essentials of Molecular Biology, California, Jones and Bartlett Publishers, Inc.
- Galton, Lawrence, 1985, Rekayasa Genetika: Harapan Masa Depan, U S I S, TITIAN Paket 12.
- Gardner, Eldon J. and Snusted, D. Peter, 1984, Principles of Genetics, New York, John Wiley & Son.
- Grobstein, Clifford, July 1977, The Recombinant-DNA Debate, Scientific American.
- Karp, Gerald, 1984, Cell Biology, New York, Mc. Graw-Hill Book Company.
- Martin, David W., diterj. Adji Dharma, 1984, Biokimia (Review of Biochemistry), Jakarta, EGC Penerbit Buku Kedokteran.
- Pai, Anna C., 1985, Foundations of Genetics, New York, Mc. Graw-Hill Company.
- Rothwell, Norman V., 1983, Understanding Genetic, California, Oxford University Press.
- TEMPO, 20 Juli 1986, Mencetak Manusia Jenius Dari Gen.

