

BAGIAN III
MIKROBIOLOGI
DALAM
KEHIDUPAN SEHARI-HARI
BAB 13

(Petikan dari Volk & Wheeler:
Mikrobiology, ed. 5, dasar jilid 2)

DISUSUN OLEH
dr. MAYANG ANGGRAINI NAGA
Revisi 2014

PENDAHULUAN

- Mikroorganismenye menyumbang pada kehadiran manusia melalui proses:
 - Putrefaksi,
 - Pembusukan dan
 - Fermentasi.

Tanpa kegiatan dimaksud maka tanaman, hewan dan sisa-sisa akan menumpuk → lingkungan tak laik ununtuk tinggal

KOMPETENSI

MAMPU:

- memahami kedudukan mikroorganisme dalam kehidupan sehari-hari manusia, proses: Putrefaksi, Pembusukan dan Fermentasi

SAP

Menjelaskan tentang:

Pentingnya pengetahuan terkait mikrobiologi dalam kehidupan sehari-hari
Metode pengendalian penyakit yang disebarkan melalui udara

Mengenalkan proses:

- Putrefaksi,
- Pembusukan dan
- Fermentasi

MIKROBIOLOGI DALAM KEHIDUPAN SEHARI-HARI

- Senyawa organik dirombak dan diubah menjadi senyawa yang dapat digunakan kembali.
- Beberapa hasil kegiatan terwakili sebagai daur unsur-unsur Nitrogen, Carbon, Sulfur.
- Setiap kelompok atau jenis mikro-organisme/bakteri mempunyai fungsi sendiri untuk mewujudkan bahan organik mati yang tersedia kembali bagi manusia.

(Lanjutan)

- Akhirnya teknologi DNA rekombinan telah berhasil dalam memindahkan banyak gen manusia ke dalam:
 - sel khamir dan
 - E coli yang menghasilkan produk
 - insulin manusia,
 - interferon manusia dan
 - hormon manusia melalui mikroorganisme.

MIKROBIOLOGI UDARA

- Udara adalah campuran gas yang tidak khasat mata.
- Gas tidak dapat menghidupi flora mikroorganisme, namun demikian mikroorganisme dari berbagai sumber selalu ada di udara.

(Lanjutan)

- Mikroorganismen berasal dari manusia ditambah yang asal daerah:
 - sistem pernapasan
 - kulit
 - pakaian
 - bersin, batuk,
 - melalui aktivitas bicara
 - gerak

Pengendalian mikroorganismen yang terbawa udara pada sumber asalnya belum efektif

(Lanjutan)

- Langkah-langkah pengendalian harus diarahkan pada langkah penyehatan lingkungan, di antaranya:
 - ventilasi
 - pengendalian debu dan
 - penyinaran sinar UV

(Lanjutan)

- Organisme dari udara tidak saja bertindak sebagai penyebab penyakit tetapi mungkin juga penyebab pembusukan makanan di:
 - dalam rumah
 - industri farmasi
 - pabrik gula
 - pabrik pemrosesan makanan

METODE PENGENDALIAN PENYAKIT YANG DISEBARKAN MELALUI UDARA

- | Metode | Tempat penggunaan | Batasan |
|---------------------------|---|---|
| Sinar UV | Ruang sesak →
arahkan ke atas
langit-langit | Daya tembus jelek
merusak mata |
| Aliran udara
satu arah | Laboratorium → | Mahal untuk pe-
manasan/ penga-
turan udara indus-
tri ruang angkasa |

(Lanjutan)

• Metode	Tempat penggunaan	Batasan
Sirkulasi ulang	Tempat aoa saja → udara tersaring	Penyaring harus sering diganti
Pembakaran	Ventilasi udara yang di dalamnya ada organisme penginfeksi sedang dipindahkan dari cerobong ke luar	→ Tidak praktis untuk sekala besar

MIKROBIOLOGI AIR DAN LIMBAH

- Pengujian Kemurnian air.

Untuk menentukan efisiensi pemurnian air komunitas.

1. Perhitungan Cawan Standar

2. Uji Laboratorium: (a) Uji perkiraan

- (b) Uji pasti

- (c) Uji jadi

3. Teknik Penyaring Membran → untuk mendeteksi adanya bakteri dalam air/bahan lain-lain.

(Lanjutan)

- Efek sekunder dari penjejalan anak sungai dan sungai dengan limbah industri ialah bahwa apabila tingkat oksigen air menjadi berkurang karena degradasi aerob limbah → ikan-ikan akan mati.
- Bakteri patogen dan virus tidak membiak di dalam air → **kehadirannya hanya transit.**

(Lanjutan)

- **Penyakit yang terbawa oleh air mencakup:**
 - tifoid (typhoid),
 - paratifoid,
 - disentri baksiler,
 - amebiasis,
 - kolera,
 - E. coli enterotoksogen dan
 - sejumlah penyakit parasit.

(Lanjutan)

- Air memberikan habitat normal bagi banyak jenis bakteri, dan kondisi lingkungan suatu daerah tertentu akan berpengaruh pada flora mikroorganismenya daerah terkait.
- Organisme tanah yang umum dijumpai mencakup **heterotrof dan autotrof, tetapi yang patogen tidak merupakan bagian flora normal air segar,**

(lanjutan)

- **Beberapa uji telah dilakukan untuk menentukan kualitas sehatnya air.**

Apabila organisme yang biasanya menghuni saluran usus ditemukan dalam air, kemungkinan kuat terdapat juga patogen

(USA: E coli adalah petunjuk adanya pencemaran kotoran/tinja).

IMVC

- Uji pembedaan E coli dan E aerogenes disebut **IMVC (indo-metil merah-Voges-Proskauer-Citrat)**. Citrat sebagai satu-satunya sumber carbon)
- Pada keadaan normal degradasi bakteri produk limbah **menghasilkan pemurnian sendiri anak sungai dan sungai.**

(Lanjutan)

- Akan tetapi penjejalan limbah industri sungai dan danau dan penggunaan substansi-substansi yang tidak dirombak secara biologi → pencemaran berat banyak jalur perairan dunia kita.
- **Penyakit yang terbawa air dapat dikendalikan dengan memurnikan air untuk minum yang diambil dari sungai dan danau**

Pemurnian air minum meliputi

- Pembuangan bahan yang melayang dengan flokulasi (penggumpalan) diteruskan dengan
↓
- Penyaringan melalui dasar berisi pasir dan
↓
- Klorinasi untuk mematikan patogen yang tertinggal.

Perlakuan Limbah

- Perlakuan limbah meliputi:
 - pengendapan sebagian besar benda padat yang disebut: **endapan lumpur** dan
 - **fermentasi anaerobi** bahan organik yang terdapat dalam endapan lumpur.
- Hasil keluaran dan endapan lumpur yang mengendap **dioksidasi secara aerob** dengan menggunakan proses endapan lumpur yang diaktifkan atau melalui **saringan tuangan**.

MIKROBIOLOGI AIR SUSU

- Air susu adalah medium yang sangat baik bagi pertumbuhan banyak jenis bakteri termasuk yang patogen.
- Air susu **tidak mempunyai flora alam**, tetapi bakteri-bakteri tertentu selalu ada dalam **air susu mentah yang paling jernihpun**.

(Lanjutan)

- **Bakteri mungkin masuk ke dalam air susu dari berbagai sumber, di antaranya;**
 - pekerja
 - sapi terinfeksi
 - susu sapi
 - kotoran dan
 - debu kandang dan
 - wadah air susu/perlengkapan lain-lain.

(Lanjutan)

- Sejumlah **uji dilakukan untuk menentukan kualitas kebersihan** air susu.
- Hal ini memberikan informasi tentang:
 - kondisi pengumpulan
 - penanganan
 - pasteurisasi dan
 - pendinginannya.

(Lanjutan)

- Berdasarkan kondisi produksi dan perhitungan bakteri setiap mm air susu biasanya diklasifikasi menjadi tingkat-tingkat yang ditandai dengan:
 - A
 - B
 - C dan
 - Disertifikasi

(Lanjutan)

- **Jasad penyebab penyakit** yang mungkin memasuki air susu dari sapi yang terinfeksi kuman:
 - Mycobacterium bovin
 - Brucella
 - Streptococcus
 - Clostridium brunettii dan
 - Virus kaki dan mulut (foot-mouth)

(Lanjutan)

- **Jasad penyebab yang berasal dari manusia** masuk ke dalam air susu adalah:
 - Salmonella → tifoid
 - Shigella → disentri
 - Corynebacterium diphtheriae → difteri
 - Streptococcus → infeksi streptokokus
 - Mycobacterium TB → TBC, dan
 - Virus poliomyelitis → polio

Tes Tuberculine Regular

- **Dilaksanakan pada hewan ternak serta pemeriksaan susu** untuk menentukan antibodi Brucella → mendeteksi hewan ternak penjalangan yang terinfeksi.
- Pengawasan kesehatan umum pada ternak dan kambing diperlukan sebagai tindakan untuk mengurangi patogen kategori pertama.

(Lanjutan)

- Cara penerapan standard hygiene di kandang sapi dan dengan cara:
 - mencuci dan
 - menyesterilkanalat-alat perah susu dengan seksama dapat mereduksi kontaminasi subsekuen pada air susu.

(Lanjutan)

- Penekanan multiplikasi mikro-organism dengan **cara segera mendinginkan susu**, dan **pertahankan suhu dingin** saat pengiriman → namun demikian ini tidak bisa menggaransi susu langsung siap minum,



tetap harus melalui
PASTEURISASI terlebih dahulu!

Urutan Kegiatan

- **Pengendalian penyakit** yang terbawa air susu dengan prosedur kebersihan umum dan proses pasteurisasi.
- **Musnakan** dengan pasteurisasi yang cermat semua patogen yang mungkin dapat masuk ke dalam air susu
- **Mempertahankan kualitas** air susu juga dilakukan dengan memroses air susu dengan metode pasteurisasi dan pendinginan.

Sterilisasi dan Ultra-Heat

- **Dua bentuk prosedur pemanasan susu untuk menghancurkan bakteri, serta mencegahnya sebagai sumber atau tempat multiplikasi bakteri adalah:**
 - Sterilisasi dengan pemanasan 105-115 C dalam kontainer
 - Pemanasan UHT (ultra-heat treated) adalah pemanasan sampai 135-150 C → kemudian dengan cara aseptik diisikan ke kontainer,

Pemeriksaan Bakteriologis

- Dengan metode methylene blue reduction test bagi ensimnya. **Tidak boleh mengandung koloni bakteri yang memberikan hasil test (+) dalam 30 menit.**
- Pemeriksaan individual adanya spesies patogen di susu, di antaranya: Mycobacterium TB. atau Brucellosis abortus **hanya bisa dilakukan dengan media biakan khusus**

(Lanjutan)

- Susu sapi terkena brucellosis dapat mengandung *Brucella agglutinin*, walau dicampur dengan susu steril jumlah banyak **tetap akan bisa dideteksi dengan metode brucella ring test.**
- Hasil produk keju dan mentega, ice-cream dll. → mudah tercemar patogen yang mudah tumbuh di susu dan memiliki risiko tinggi terkontaminasi oleh penjaja. **Test dan alat standard ukurnya lebih sulit kecuali di kultur untuk menemukan patogennya.**

MIKROBIOLOGI MAKANAN

- Peracunan makanan disebabkan **oleh elaborasi eksotoksin oleh mikroorganisme selama pertumbuhannya di dalam makanan yang terkontaminasi.**
- Tipe peracunan makanan yang agak berbeda kadang disebut: **infeksi makanan, disebabkan oleh efek racun sel bakteri yang tertelan.**

(Lanjutan)

- Organisme yang terutama berkaitan dengan tipe eksotoksin peracunaan makanan ialah:
 - S aureus,
 - C botulism dan
 - B cereus

Sedangkan Salmonella dan C perfringens yang merupakan pakan parasit usus manusia dan hewan, mereka terutama bertanggungjawab terhadap terjadinya infeksi makanan.

(Lanjutan)

- **V. parahaemolyticus** ditemukan dalam air pantai dan infeksi makanan oleh organisme ini terjadi setelah memakan makanan laut/air dan terinfeksi.
- **Streptokokus aureus** biasanya umum dan tidak fatal

(Lanjutan)

- Makanan karbohidrat adalah sumber peracunan makanan yang umum.
- **C. botulinum** adalah penghuni tanah biasa, **makanan tak asam kalengan rumahan merupakan sumber peracunan yang sering → fatal.**

(Lanjutan)

- **Banyak makanan mungkin diawetkan dari kerusakan sebagai akibat fermentasi asam laktat. Contoh:**
 - sauerkraut
 - penyimpanan dalam botol
 - kacang polong dan acar
 - zaitun hijau
 - sosis kering musim panas juga memperoleh stabilitas dan cita rasanya dari fermentasi asam laktat.

(Lanjutan)

- B cerues adalah saprofit tanah yang umumnya ditemukan **pada nasi dan buah-buahan yang dikeringkan.**
- Perebusan dan kemudian pendinginan sampai suhu kamar memungkinkan **penyesuaian endospora yang berdaya hidup dan elaborasi selanjutnya satu atau dua toksin yang menyebabkan diare dan muntah-muntah.**

(Lanjutan)

- Langkah pengendalian umum untuk mencegah infeksi makanan atau peracunan makanan ditujukan pada **kebersihan perorangan dan penanganan makanan secara bersih, yang mencakup pemasakan dan pendinginan yang sempurna.**
- Citarasa sejumlah makanan dari timur yang khas adalah **hasil fermentasi kontaminasi asam laktat dan jamur.**

(Lanjutan)

- **Kecap** adalah salah satu contoh umum yang paling dikenal di dunia barat.
- Protein sel tunggal adalah nama yang diberikan kepada makanan yang hanya terdiri atas:
 - khamir,
 - ganggang atau
 - bakteri.

(Lanjutan)

- Makanan **protein bersel tunggal** ini dibuat dengan menggunakan hasil samping karbohidrat yang murah dan pada waktu ini digunakan terutama sebagai pakan hewan, walaupun kelihatannya dapat memberikan sumber protein dan vitamin yang bagus bagi manusia.

(Lanjutan)

- **Gejala keracunan makanan:**
 - mual, muntah, diare, sakit perut, yang berat sampai shock dan collapse
 - Pada keracunan zat kimia gejala timbul **< dari 30 menit setelah manan**
 - Pada keracunan toxin bakterial **di dalam 12 jam**
 - Infeksi Salmonella, virus di **dalam 12-48 jam.**

INVESTIGASI LABORATORIS KERACUNAN MAKANAN

- Pola outbreak memberi arahan kemungkinan jenis organisme penyebab keracunan makanan, mungkin hanya menyerang satu keluarga atau masyarakat luas yang terkait dengan informasi tentang:
 - waktu kejadian,
 - bentuk dan berat gejala
 - serta lamanya simtoma timbul dsb.

(Lanjutan-1)

- Kecuali bagi salmonellosis, → investigasi outbreak tidak banyak mempengaruhi terapi dan umumnya hanya untuk menentukan:
 - kesalahan apa yang terjadi
 - dan
 - bagaimana cara pencegahannya.

(Lanjutan-2)

- Pemeriksaan laboratoris meliputi menemukan kuman melalui kultur feces dan muntah serta mengukur makanan penyebab sebisa mungkin.
- Pemeriksaan feces harus secepat mungkin, karena beberapa patogen intestinal (> virus G-E) cepat menghilang.

PENCEGAHAN KERACUNAN MAKANAN

- **Tanggung jawab prevensi keracunan makanan harus dipikul bersama antara:**
 - masyarakat luas;
 - pemerintah, badan kesehatan masyarakat;
 - penjual makanan; super market;
 - distributor makanan;
 - caterer berikut staf asuhan dan pelayanan kesehatan;
 - Ibu-ibu rumah tangga, pembantu rumahtangga;
 - bidang pendidikan kesehatan sekolah; dan
 - pendidikan sekolah gizi (kuliner) dsb.

PERHATIAN UMUM

- (1) Semua hewan harus **diperiksa** sebelum dijagal untuk keperluan konsumsi masyarakat, kemudian daging potong harus **diinspeksi** ada tidaknya mengandung penyakit yang relevans
- (2) Semua model yang potensial membahayakan, di antaranya: **cara pengeringan**
atau pembekuan telur harus
ditest bakteriologis.

(Lanjutan-1)

- (3) Semua makanan dilindungi setiap saat dari lalat, rodentia, dan vektor-vektor patogen lain
→ saat didistribusikan atau akan disimpan setelah dimasak,
- (4) Semua makanan yang mungkin bisa menjadi tempat pembiakan bakteri harus disimpan di almari es, atau didinginkan, termasuk es krim dan krim sintetis.

(Lanjutan-2

(5) Daging, unggas, dsb. Yang telah disimpan dalam keadaan beku sebelum dimasak **memerlukan cukup waktu untuk melelehkannya**, bila tidak tingkat panas pada saat memasak tidak akan cukup untuk dapat menembus ke dalam bahan makanan tsb.

(Lanjutan-3)

(6) Memasak, khususnya daging, harus teliti, makanan yang tidak langsung segera akan dimakan harus segera diidnginkan dahulu.

(Lanjutan-4)

**Apabila akan memanaskan kembali, harus segera dengan suhu panas >60 C
→ ini penting untuk makanan daging dalam jumlah besar.**

Pendinginan tulang-tulang persendian besar harus dipercepat apabila setelah dimasak dipotong-potong jadi bagian kecil.

(Lanjutan-5)

(7) Makanan matang harus dilindungi dari risiko terkontaminasi melalui cara kontak dengan bahan makanan yang belum dimasak, atau dengan alat masak, ataupun permukaan yang telah tersentuh bahan makanan mentah dan tidak dibersihkan. Di dalam dapur besar harus bisa meletakkan **terpisah antara bahan matang dan yang mentah.**

(Lanjutan-6)

(8) Carrier salmonella, shigela, camphylobacter atau E coli harus **dibebastugaskan** dari urusan masak memasak dan menyajikan makanan.

Skrining laboratoris hanya dijalankan pada mereka yang bekerja di bidang penyajian makanan, katering ataupun restoranr, dapur institusi dsb.

(Lanjutan-7)

- (9) **Standard tinggi higiene perorangan** khususnya dengan cara mencuci tangan setelah buang air besar harus diperhatikan oleh semua penyiap dan penyaji makanan.

Perhatian terhadap keracunan makanan akibat:

- Salmonellosis → perhatian di bidang produksi, penanganan dan penyimpanan makanan.

(Lanjutan-8)

- Sumber staphylococcal umumnya adalah jari-jari penjaja makanan.
- *C. perfringens* umumnya berhubungan dengan catering.
- Botulism berhubungan dengan makanan kaleng.
- *B. cereus* jangan menyimpan beras di tempat yang panas dan lembab.

MIKROBIOLOGI PERTANIAN dan INDUSTRI

- Dari sekian banyak mikroorganisme yang ditemukan manusia hanya sedikit saja yang menimbulkan penyakit.
- Banyak di antaranya yang non-patogen mutlak diperlukan untuk kelanjutan daur organisme di alam, yang lain utama penting dalam membuat hidup kita lebih mudah dan lebih nyaman.

(Lanjutan)

- Kita kenal mekanisme yang digunakan mikroorganismenya untuk merombak molekul organik besar menjadi substansi sederhana **yang dapat digunakan oleh bentuk kehidupan lain, baik tanaman maupun hewan.**
- Tanpa enzim mikroorganismenya, tubuh tanaman dan hewan yang mati beserta sisa-sisanya akan menumpuk pada permukaan bumi.

Ada 3 (tiga) mekanisme

- (1) Putrefaksi
- (2) Pembusukan
- (3) Fermentasi

PUTREFAKSI

Putrefaksi (putrefaction) = Pembongkaran (Perombakan protein anaerob oleh enzim bakteri)

Beberapa bakteri menyekresi enzim proteolisi → menghidrolisis molekul protein besar → jadi bagian komponen asam aminonya → diambil ke dalam sel bakteri dan lebih lanjut diuraikan jadi → **sumber C, N dan energi bagi bakterinya.**

(Lanjutan-1)

- **Tidak semua asam amino dirombak sepenuhnya**, sebagian hanya:
 - di-de-aminasi (pembuangan gugusan amino-)
 - di-dekarbonisasi (dibuang gugusan karbohidrat) untuk menghasilkan:
amino dasar → sebagian berbau sengak (bau busuk, bangar = putrid)

Contoh: daging busuk.

(Lanjutan-2)

- Putrefaksi adalah suatu kegiatan bakteri tertentu yang bermanfaat dan perlu agar beberapa unsur dapat digunakan berulang kali.
- Hasil putrefaksi adalah:
Pembongkaran molekul protein besar menjadi senyawa kecil yang dapat larut dan dapat dimanfaatkan kembali oleh makhluk hidup lain.

PUTREFACTION

***DECOMPOSITION OF TISSUE AS A
RESULT OF THE ACTION OF BACTERIA,
AS SEEN IN GANGRENE.***

***GANGRENE: DEATH OF TISSUE, USUALLY
CAUSED BY LACK OF BLOOD
SUPPLY, AS IN GANGRENE OF A
TOE OR FOOT.***

PEMBUSUKAN

- **Pembusukan adalah perombakan aerob bahan kompleks.**

Pembusukan dimulai dengan ekskresi enzim ekstrasel yang dapat menghidrolisis molekul kompleks besar menjadi senyawa kecil yang bermanfaat.

Contoh Pembedusan

- Balok kayu (tunggul) yang membusuk
- Dedaunan dan rumput yang membusuk dalam onggokan kompos yang kemudian digunakan sebagai sumber hara tetanaman

FERMENTASI

- **Fermentasi adalah perombakan anaerob karbohidrat → produk fermentasi yang stabil.**
- **Contoh:**
 - etil alkohol
 - asam laktat, asam asetat
 - glicerol, glikol, aseton, butanol
 - dan** - asam butirat

(Lanjutan-1)

- Banyak fungi dimanfaatkan untuk produksi asam organik komersial:
 - asam sitrat
 - asam fumarat
 - asam malat
 - asam suksinat

DAUR UNSUR

- Tanah dan Daur Unsur
Tanah terdiri dari bahan anorganik dan organik.
Dari tanah tumbuhan memperoleh semua kebutuhan fisiknya kecuali CO₂.
- Tanah juga mengandung populasi mikro-organisme:
 - bakteri,
 - khamir,
 - jamur dan
 - protozoa.

(Lanjutan-1)

- Tipe tanah, ara yang tersedia dan pH mempengaruhi jumlah dan tipe organisme dalam flora mikroorganisme.

Tanah bagian atas mengandung kaya O₂, di bawah 4 kaki kandungan O₂ menurun, kedalaman 8-10 kaki sudah sangat sedikit kadar O₂-nya, juga konstituen lain yang diperlukan anaerob.

(Lanjutan-2)

- Tanah berpupuk hitungan bakterinya jauh lebih tinggi dibanding tanah pasir atau tanah liat.
- Daur alam pada tanah pertanian → mikro-organism **tidak saja merombak bahan organik kompleks tetapi juga mengubahnya menjadi senyawa yang dapat digunakan bagi pertumbuhan tanaman.**

(Lanjutan-3)

- Unsur anorganik yang perlu:
 - N (nitrogen)
 - S (sulfur)
 - C (carbon) dan
 - P (fosfor)

Fosfor mudah didapat dari pembusukan dan ion fosfat diasimilasi langsung.

C dari CO₂ yang banyak di udara.

Daur N dan S adalah kompleks.

Mikroorganisme dalam Proses Industri

- Kemampuan aksi putrefaksi, fermentasi dan sintesisnya mikroorganisme → mereka mendapatkan tempat yang berguna dalam proses industri, di antaranya:
 1. Pembuatan/pengobatan kulit
Enzim mikroorganisme merombak bagian kulit yang tidak diinginkan.
 2. Pembuatan bahan pakaian
Mikroorganisme merombak karbohidrat yang mengikat.

(Lanjutan)

3. Pengawetan makanan

Ensim bakterial memperbaiki rasa kopi, coklat, vanili dan tembakau.

Pematangan keju menggunakan khamir, jamur dan bakteri, lubang pada keju akibat CO₂, Bir dan anggur, cuka.

4. Produksi obat-obatan

Pembuatan vitamin dan antibiotika

Bioinsektisida.

RINGKASAN

- Mikroorganismenye menyumbang untuk kehadiran manusia melalui proses putrefaksi, pembusukan dan fermentasi.

Tanpa kegiatan dimaksud maka tanaman, hewan dan sisa-sisa akan menumbuk → Lingkungan tak baik untuk tinggal manusia.

(Lanjutan-1)

- Senyawa organik tidak saja dirombak tetapi juga diubah menjadi senyawa yang dapat digunakan kembali.
- Beberapa hari kegiatan terwakili sebagai daur unsur-unsur:
 - Nitrogen,
 - Carbon dan
 - Sulfur

(Lanjutan-2)

- Setiap kelompok atau jenis mikroorganisme/ bakteri mempunyai fungsi sendiri-sendiri untuk bisa mewujudkan bahan organik mati yang tersedia kembali bagi manusia.

Akhirnya

Teknologi DNA rekombinan telah berhasil dalam memindahkan banyak gen manusia ke dalam sel khamir dan ke dalam E coli yang menghasilkan produk:

- insulin manusia,
- interferon manusia
- hormon manusia

melalui mikroorganismenya.