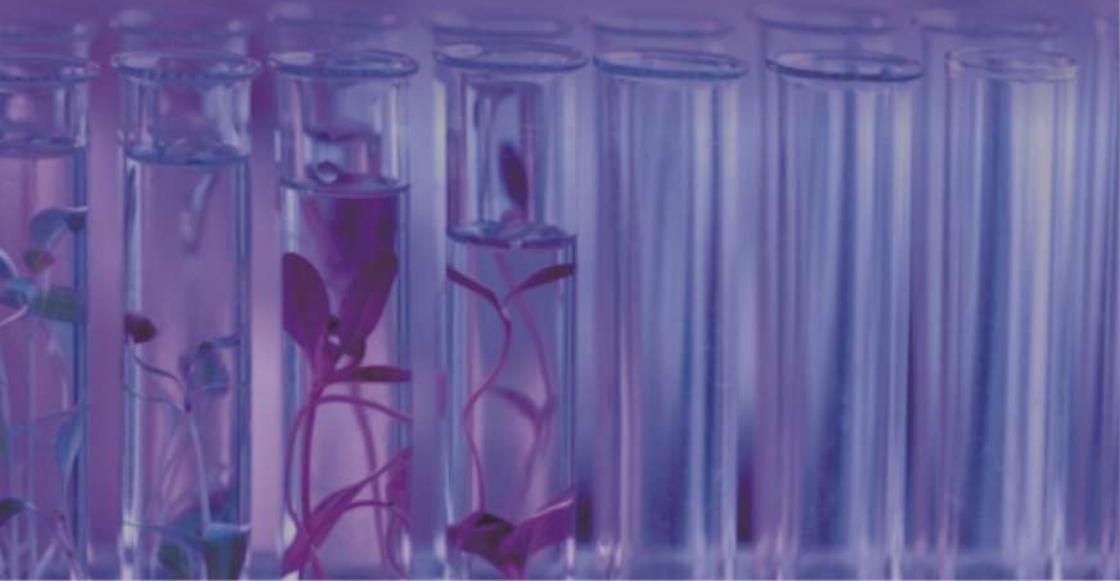




# BIOTEKNOLOGI

Tim Penulis:

Hebert Adrianto - Ulinniam - Eny Wahyuning Purwanti - Muh. Sri Yusal  
Dyah Ayu Widyastuti - Eko Sutrisno - Kevin A. Tamaela - Muhammad Dailami  
Rini Purbowati - La Ode Angga - Anggi Khairina Hanum Hasibuan  
Muhammad Rifqi Hariri - Dessyre M. Nendissa - Sandriana Juliana Nendissa  
Ariyani Noviantari - Lili Chrisnawati



# BIOTEKNOLOGI

Tim Penulis:

Hebert Adrianto - Ulinniam - Eny Wahyuning Purwanti - Muh. Sri Yusal  
Dyah Ayu Widyastuti - Eko Sutrisno - Kevin A. Tamaela - Muhammad Dailami  
Rini Purbowati - La Ode Angga - Anggi Khairina Hanum Hasibuan  
Muhammad Rifqi Hariri - Dessyre M. Nendissa - Sandriana Juliana Nendissa  
Ariyani Noviantari - Lili Chrisnawati



# BIOTEKNOLOGI

Tim Penulis:

**Hebert Adrianto, Ulinniam, Eny Wahyuning Purwanti, Muh. Sri Yusal,  
Dyah Ayu Widyastuti, Eko Sutrisno, Kevin A. Tamaela, Muhammad Dailami,  
Rini Purbowati, La Ode Angga, Anggi Khairina Hanum Hasibuan, Muhammad Rifqi Hariri,  
Dessyre M. Nendissa, Sandriana Juliana Nendissa, Ariyani Noviantari, Lili Chrisnawati.**

Desain Cover:

**Usman Taufik**

Tata Letak:

**Aji Abdullatif R**

Proofreader:

**Bila Nurfadillah**

ISBN:

**978-623-6092-53-8**

Cetakan Pertama:

**Mei, 2021**

Hak Cipta 2021, Pada Penulis

---

Hak Cipta Dilindungi Oleh Undang-Undang

**Copyright © 2021**

**by Penerbit Widina Bhakti Persada Bandung**

All Right Reserved

Dilarang keras menerjemahkan, memfotokopi, atau memperbanyak sebagian atau seluruh isi buku ini tanpa izin tertulis dari Penerbit.

**PENERBIT:**

**WIDINA BHAKTI PERSADA BANDUNG**

**(Grup CV. Widina Media Utama)**

Komplek Puri Melia Asri Blok C3 No. 17 Desa Bojong Emas  
Kec. Solokan Jeruk Kabupaten Bandung, Provinsi Jawa Barat

**Anggota IKAPI No. 360/JBA/2020**

Website: [www.penerbitwidina.com](http://www.penerbitwidina.com)

Instagram: @penerbitwidina

# KATA PENGANTAR

Rasa syukur yang teramat dalam dan tiada kata lain yang patut kami ucapkan selain mengucap rasa syukur. Karena berkat rahmat dan karunia Tuhan Yang Maha Esa, buku yang berjudul “Bioteknologi” telah selesai di susun dan berhasil diterbitkan, semoga buku ini dapat memberikan sumbangsih keilmuan dan penambah wawasan bagi siapa saja yang memiliki minat terhadap pembahasan tentang Bioteknologi.

Akan tetapi pada akhirnya kami mengakui bahwa tulisan ini terdapat beberapa kekurangan dan jauh dari kata sempurna, sebagaimana pepatah menyebutkan *“tiada gading yang tidak retak”* dan sejatinya kesempurnaan hanyalah milik tuhan semata. Maka dari itu, kami dengan senang hati secara terbuka untuk menerima berbagai kritik dan saran dari para pembaca sekalian, hal tersebut tentu sangat diperlukan sebagai bagian dari upaya kami untuk terus melakukan perbaikan dan penyempurnaan karya selanjutnya di masa yang akan datang.

Terakhir, ucapan terima kasih kami sampaikan kepada seluruh pihak yang telah mendukung dan turut andil dalam seluruh rangkaian proses penyusunan dan penerbitan buku ini, sehingga buku ini bisa hadir di hadapan sidang pembaca. Semoga buku ini bermanfaat bagi semua pihak dan dapat memberikan kontribusi bagi pembangunan ilmu pengetahuan di Indonesia.

Mei, 2021

Penulis

# DAFTAR ISI

<b>KATA PENGANTAR</b> .....	<b>iii</b>
<b>DAFTAR ISI</b> .....	<b>iv</b>
<b>BAB 1 PENGERTIAN DAN RUANG LINGKUP BIOTEKNOLOGI</b> .....	<b>1</b>
A. Pendahuluan .....	1
B. Sejarah bioteknologi .....	1
C. Definisi bioteknologi .....	2
D. Bioteknologi kuno .....	4
E. Bioteknologi klasik .....	6
F. Bioteknologi modern .....	7
G. Ilmu dasar bioteknologi .....	9
H. Lingkup penerapan bioteknologi .....	10
I. Tantangan dan kontroversi bioteknologi .....	12
J. Rangkuman materi .....	13
<b>BAB 2 PRINSIP DASAR DAN PERKEMBANGAN BIOTEKNOLOGI</b> .....	<b>17</b>
A. Pendahuluan .....	17
B. Rincian pembahasan materi .....	18
C. Rangkuman materi .....	35
<b>BAB 3 MAKROPROPAGASI DAN MIKROPROPAGASI TUMBUHAN</b> .....	<b>37</b>
A. Batasan propagasi tumbuhan .....	37
B. Makropropagasi .....	38
C. Mikropropagasi tumbuhan .....	42
D. Rangkumanmateri .....	59
<b>BAB 4 BIOTEKNOLOGI KONVENSIONAL II (HIBRIDISASI &amp; FERMENTASI)</b> .....	<b>65</b>
A. Pendahuluan .....	65
B. Perbedaan bioteknologi konvensional dan modern .....	67
C. Hibridisasi .....	69
D. Fermentasi .....	78
E. Rangkumanmateri .....	85
<b>BAB 5 BIOTEKNOLOGI MODERN: KLONING DAN REKAYASA GENETIK PADA HEWAN</b> .....	<b>91</b>
A. Pendahuluan .....	91

B.	Rincian pembahasan materi .....	92
C.	Rangkuman materi .....	105
<b>BAB 6</b>	<b>REKAYASA GENETIKA PADA TANAMAN .....</b>	<b>109</b>
A.	Pendahuluan .....	109
B.	Rincian pembahasan materi .....	110
C.	Rangkuman materi .....	123
<b>BAB 7</b>	<b>BIOTEKNOLOGI DALAM BIDANG INDUSTRI MAKANAN</b>	
	<b>DAN MINUMAN .....</b>	<b>129</b>
A.	Pendahuluan.....	129
B.	Fermentasi Makanan dan Minuman .....	131
C.	Metode Untuk Meningkatkan Kualitas Strain Mikroba Dalam Industri Makanan dan Minuman.....	132
D.	Peran Mikroorganisme Dalam Proses Fermentasi Makanan dan Minuman .....	132
E.	Aplikasi Bioteknologi Dalam Bidang Industri Makanan dan Minuman .....	133
F.	Rangkuman Materi .....	139
<b>BAB 8</b>	<b>BIOTEKNOLOGI DALAM BIDANG PERIKANAN DAN KELAUTAN.....</b>	<b>141</b>
A.	Pendahuluan .....	141
B.	Bioteknologi pada perikanan budi daya .....	142
C.	Bioteknologi kelautan.....	152
D.	Rangkuman materi .....	156
<b>BAB 9</b>	<b>BIOTEKNOLOGI LINGKUNGAN .....</b>	<b>163</b>
A.	Pendahuluan .....	163
B.	Rincian pembahasan materi .....	164
1.	Peran dan Ruang Lingkup Bioteknologi Lingkungan .....	164
2.	Pencemaran dan Pengendaliannya.....	166
3.	Pencemaran Tanah dan Bioremediasi .....	170
4.	Fitoremediasi .....	174
5.	Bioteknologi dan Limbah .....	176
C.	Rangkuman materi .....	178
<b>BAB 10</b>	<b>BIOTEKNOLOGI DIBIDANG LINGKUNGAN HIDUP .....</b>	<b>183</b>
A.	Pendahuluan.....	183
B.	Komponen yang terdapat dalam bioteknologi lingkungan .....	186
C.	Contoh bioteknologi lingkungan dengan mekanismenya .....	188

D. Rangkumanmateri .....	193
<b>BAB 11 PEMANFAATAN BIOTEKNOLOGI BIDANG KESEHATAN DAN FORENSIK .....</b>	<b>195</b>
A. Pendahuluan .....	195
B. Pembahasan .....	197
1. Bidang Kedokteran .....	197
2. Bidang Forensik .....	207
C. Rangkuman materi .....	212
<b>BAB 12 BIOTEKNOLOGI DALAM BIDANG SUMBER DAYA ENERGI .....</b>	<b>215</b>
A. Pendahuluan .....	215
B. Produksi biogas menggunakan konsorsium bakteri metanogen ..	217
C. Pemanfaatan mikroalga sebagai alternatif sumber energi .....	221
D. Rangkuman materi .....	226
<b>BAB 13 ETIKA BIOTEKNOLOGI .....</b>	<b>233</b>
A. Pendahuluan .....	233
B. Sejarah bioetik .....	236
C. Bioetik dalam berbagai bidang .....	240
D. Rangkumanmateri .....	249
<b>BAB 14 RESIKO BIOTEKNOLOGI .....</b>	<b>253</b>
A. Pendahuluan .....	253
B. Rincian pembahasan materi .....	254
1. Bioteknologi .....	254
2. Manfaat bioteknologi .....	256
3. Dampak resiko bioteknologi .....	258
4. Resiko bioteknologi. ....	261
C. Rangkumanmateri .....	263
<b>BAB 15 BIOTEKNOLOGI MODERN: SEL PUNCA .....</b>	<b>271</b>
A. Pendahuluan .....	271
B. Rincian pembahasan materi .....	272
1. Pengertian Sel Punca .....	273
2. Jenis sel punca .....	274
3. Sumber sel punca .....	277
4. Aplikasi sel punca .....	281
5. Mekanisme terapi sel punca .....	282
6. Perkembangan sel punca terkini .....	284

C. Rangkuman materi .....	286
<b>BAB 16 PCR (POLYMERASE CHAIN REACTON).....</b>	<b>293</b>
A. Pendahuluan.....	293
B. Rincian pembahasan materi .....	294
1. Tahapan PCR ( <i>Polymerase Chain Reacton</i> ) .....	294
2. Komponen dalam proses PCR ( <i>polymerase chain Reacton</i> ) ...	297
3. Optimasi PCR ( <i>Polymerase Chain Reacton</i> ).....	303
4. Deteksi produk PCR ( <i>Polymerase Chain Reacton</i> ).....	303
C. Rangkuman materi .....	305
<b>GLOSARIUM .....</b>	<b>309</b>
<b>PROFIL PENULIS .....</b>	<b>321</b>



BAB  
9

## BIOTEKNOLOGI LINGKUNGAN

---

**Rini Purbowati, S.Si, M.Si**  
**Universitas Wijaya Kusuma Surabaya**

### **A. PENDAHULUAN**

Mempelajari tentang lingkungan dengan mengaplikasikan ilmu pengetahuan yang terkini serta melibatkan peran organisme hidup sehingga melahirkan suatu teknologi yang dikenal sebagai bioteknologi lingkungan. Kebutuhan akan teknologi ini akan semakin meningkat di masa yang akan datang. Hal tersebut terbukti bahwa dalam waktu yang sangat singkat, bioteknologi telah memainkan peran penting dan akan semakin meningkat pada berbagai aspek di kehidupan sehari-hari. Munculnya berbagai macam pencemaran akibat berkembangnya industri dan pemukiman akan mengancam kelangsungan hidup manusia dan lingkungan. Pada bab ini akan dibahas mengenai : Peran dan Ruang Lingkup Bioteknologi Lingkungan, Pencemaran dan Pengendaliannya, Pencemaran Tanah dan Bioremediasi , Fitoremediasi serta Bioteknologi pada Limbah.

## **B. RINCIAN PEMBAHASAN MATERI**

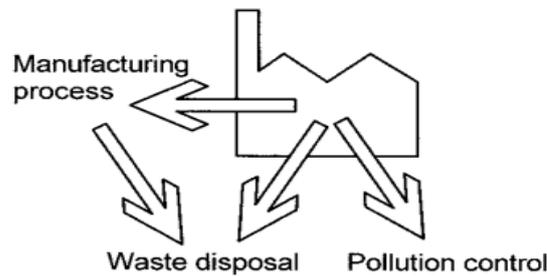
### **1. Peran dan Ruang Lingkup Bioteknologi Lingkungan**

Bioteknologi lingkungan merupakan suatu ilmu yang pada dasarnya tercipta akibat adanya limbah, dan berbagai turunannya. Bioteknologi lingkungan biasanya berkaitan dengan pengendalian pencemaran yaitu suatu cara untuk memulihkan kondisi yang telah terkontaminasi akibat dari aktivitas manusia pada waktu sebelumnya serta mengurangi dampak dari aktivitas yang saat ini terjadi. Dengan demikian, tujuan utama dari bioteknologi lingkungan adalah menciptakan suatu produk atau cara yang harmonis dengan lingkungan, sehingga meminimalkan bahaya produk sisa-sisa baik berupa padatan, cairan atau gas yang dihasilkan dari aktivitas manusia sebelumnya. Terdapat 2 cara yang dilakukan untuk mencapai tujuan tersebut antara lain ;

1. Ahli bioteknologi lingkungan dapat meningkatkan atau mengoptimalkan kondisi sistem biologis yang ada sehingga membuat aktivitas alami sistem biologis tersebut berjalan lebih cepat atau lebih efisien, atau
2. Ahli bioteknologi lingkungan memodifikasi sistem biologis yang ada sehingga mendapatkan hasil yang sesuai dengan yang diinginkan.

Berbagai variasi organisme berperan besar dalam aplikasi bioteknologi lingkungan, mulai dari mikroba sampai tumbuhan. Semuanya dapat berperan sesuai dengan 3 fungsi dasarnya yaitu menggunakan bentuk organisme itu sesuai apa adanya (tanpa modifikasi), manusia menyesuaikan diri terhadap kondisi organisme atau melakukan modifikasi terhadap organisme. Sebagian besar kasus menggunakan pendekatan yang pertama, yaitu menerima dan memanfaatkan spesies yang ada dalam bentuk alami, tidak memodifikasi.

Ada tiga poin kunci bentuk intervensi bioteknologi lingkungan, yaitu pada proses produksi, pada proses pengelolaan limbah atau pada proses pengendalian pencemaran, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Tiga kunci bentuk intervensi bioteknologi lingkungan

Beberapa contoh kasus berikut ini menunjukkan ranah dari penerapan bioteknologi lingkungan. Bagi industri-industri yang seringkali menghasilkan limbah dengan jumlah yang sangat tinggi, bioteknologi menawarkan berbagai macam teknik yang bisa dilakukan dengan biaya yang terjangkau. Industri tersebut dapat memanfaatkan peranan organisme secara keseluruhan atau hanya komponen biologi tertentu yang telah terisolasi. Dibandingkan dengan proses pengolahan limbah dengan menggunakan bahan kimia secara konvensional, mikroba dan enzimnya dapat bekerja pada suhu dan tekanan yang lebih rendah sehingga mengarah pada pengurangan biaya yang diperlukan. Selain itu, penerapan bioteknologi memiliki bermanfaat bagi kesehatan manusia dan keamanan lingkungan. Selain itu, bioteknologi secara signifikansi dapat menghasilkan produk komersial dengan mengubah bahan baku organik menjadi produk bernilai tinggi dengan biaya rendah atau reaksi enzimatik yang lebih spesifik daripada pengolahan limbah secara kimiawi sehingga dapat menghasilkan produk akhir yang aman.

Pada daerah perkotaan yang semakin padat serta meningkat reklamasi pada daerah persawahan, dibutuhkan teknik pengolahan limbah yang berkelanjutan serta dengan biaya yang rendah. Teknologi bioremediasi dapat dijadikan alternatif pilihan dalam pengolahan limbah yang murah dan berkelanjutan, dengan mengontrol faktor-faktor yang mempengaruhinya maka proses tersebut akan berlangsung secara efektif dan efisien.

Contoh di atas merupakan sedikit perwakilan dari ranah penerapan bioteknologi lingkungan, namun perlu diketahui bahwa

penerapan bioteknologi sebenarnya sangat luas meliputi industri bahan kimia, industri farmasi, pengelolaan limbah pada pemukiman dan tempat rekreasi, kegiatan dan tempat militer, lokasi pembangkit energi, pertanian dan hortikultura.

## 2. Pencemaran dan Pengendaliannya

### a. Definisi pencemaran

'Pencemaran lingkungan' berarti adanya pelepasan (ke dalam lingkungan) dari setiap proses atau zat yang mampu menyebabkan kerugian bagi manusia atau organisme hidup lainnya dan lingkungannya.

### b. Klasifikasi Zat pencemar

Seperti yang telah dijelaskan sebelumnya bahwa sifat zat pencemar sangat beragam, hal inilah yang membuatnya sangat sulit untuk dikelompokkan secara sistematis, namun mungkin dapat dibuat klasifikasi berdasarkan fungsi dasar dari berbagai karakteristik tersebut. Semua pengklasifikasian di bawah ini pada dasarnya bersifat subjektif, tergantung pada tujuannya. Klasifikasi dapat dibuat berdasarkan bahan kimia atau sifat fisik zat, sumbernya, jalur lingkungan yang digunakan, dan organisme target yang terpengaruh atau hanya efek dari zat pencemar tersebut. Karakteristik zat pencemar sangat bermanfaat untuk menilai efek pencemaran pada kehidupan nyata. Faktor-faktor yang dapat mempengaruhi efek pencemaran antara lain:

- ✓ Toksisitas;
- ✓ Persistensi
- ✓ Mobilitas;
- ✓ Kemudahan kontrol;
- ✓ Bioakumulasi;
- ✓ Komposisi Kimia.

Kita seringkali memandang pencemaran sebagai suatu hal yang sederhana. Perlu untuk diingat bahwa pencemaran tidak dapat diatasi dengan baik tanpa dilakukan pemeriksaan yang benar terkait lingkungan tempat pencemaran itu terjadi. Sifat lingkungan tanah, air dan udara yang menampung zat pencemar dapat memiliki pengaruh besar pada hasil akhir yang dicapai dalam proses pengendalian pencemaran. Misalkan pada lingkungan tanah, banyak sifat dari tanah yang dapat menjadi faktor penentu efek zat pencemar. Sifat tanah tersebut antara lain kedalaman tanah, tekstur, jenis, porositas, kandungan humus, kelembaban, variasi

mikroba dan aktivitas biologis semuanya dapat memiliki kaitan dengan hasil akhir pencemaran. Sehingga memprediksi hasil akhir secara akurat sulit dilakukan, meskipun faktor stabilitas sistem sering kali dapat memberikan indikasi yang baik tentang kemungkinan besar keadaan pencemaran di lingkungan tertentu.

Semakin stabil dan kuat sistem lingkungan yang ada maka semakin sedikit kerusakan yang akan ditimbulkan oleh pencemaran tersebut, sedangkan ekosistem yang rapuh atau sensitif merupakan habitat yang paling berisiko. Secara umum, kelangsungan hidup pascapencemaran dari suatu lingkungan bergantung pada keberlangsungan siklus alaminya. Adanya bahan sintesis yang secara struktur menyerupai molekul biologis seringkali dapat menjadi zat pencemar utama karena dapat terjadi modifikasi pada bahan tersebut sehingga dapat menghambat proses alamiah yang seharusnya terjadi. Bahan sintesis tersebut dapat menyebar dan memberikan efek tertentu pada lingkungan.

### **3. Strategi pengendalian pencemaran**

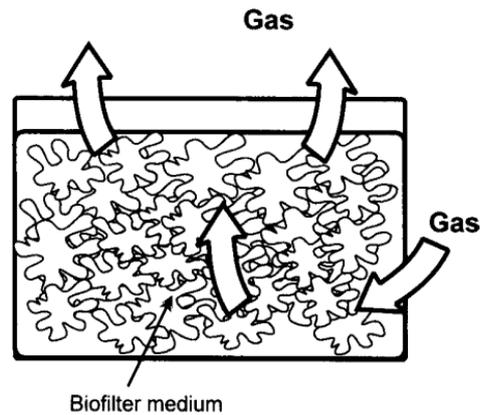
Dalam strategi pengendalian pencemaran perlu diperhatikan konsep “pengenceran (*dilute*) dan penyebaran (*disperse*)”. Pada prinsipnya konsep ini memungkinkan zat pencemar menjadi tersebar secara fisik, sehingga mengurangi konsentrasinya secara nyata. Pengenceran dan penyebaran dari zat tergantung pada sifatnya dan karakteristik zat pencemar serta jalur tertentu yang digunakan. Tingkat efektivitas penyebaran dan pengenceran dari suatu zat akan bervariasi ketika zat pencemar berada di udara, di air atau di tanah. Di udara, secara umum pergerakan udara memberikan penyebaran dan pengenceran gas yang baik. Namun, partikel yang lebih berat cenderung untuk jatuh di dekat sumber pencemaran dan pemetaan efek pencemaran dibuat berdasarkan berat zat / jarak yang ditempuh. Di air, biasanya terdapat potensi penyebaran dan pengenceran yang baik di perairan yang besar misalkan sungai, tetapi anak sungai yang lebih kecil memiliki kapasitas yang lebih rendah. Badan air yang bergerak menyebarkan zat pencemar lebih cepat dari badan air yang diam. Di tanah, gerakan melalui air tanah merupakan cara lain untuk pengenceran dan penyebaran, seringkali air tanah memainkan peran penting, dan biasanya dibantu oleh aktivitas flora dan fauna asli penghuni tanah.

#### 4. Aplikasi praktis dalam pengendalian pencemaran

Teknologi yang tersedia secara alami saat ini ada 3 jenis utama, yaitu biofilter, filter biotrickling dan bioscrubber. Untuk lebih mudah memahami teknologi tersebut maka seringkali digunakan istilah sistem biologis pemurnian limbah atau gas buang. Ketiganya dapat mengatasi berbagai macam permasalahan dalam sistem pembuangan limbah, mulai dari 1000–100.000 m<sup>3</sup> / jam, oleh karena itu pemilihan teknologi yang tepat untuk situasi tertentu didasarkan pada kriteria-kriteria yang ada antara lain konsentrasi zat pencemar, kelarutannya, kemudahan pengendalian proses dan kebutuhan lahan kemudian menjadi faktor utama dalam pemilihan teknologi.

##### a. Biofilter

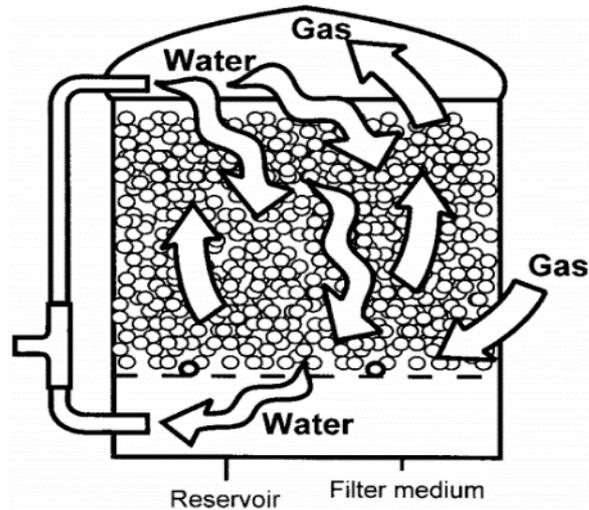
Metode ini merupakan pertama yang pertama kali dikembangkan. Sistem kerja metode ini secara skematis ditunjukkan secara pada Gambar 2, terdiri dari bejana atau wadah yang relatif besar, biasanya terbuat dari beton cor, logam atau plastic yang tahan lama, yang menampung media filter dari bahan organik seperti gambut, serat, serpihan kulit kayu dan sejenisnya. Gas yang akan diolah dipaksa, atau ditarik, melalui filter, seperti yang ditunjukkan pada diagram. Media seharusnya memiliki kapasitas yang baik untuk menyaring air dan bahan kimia yang terlarut di dalam limbah, serta gas yang tercium dapat larut pada lapisan dengan kelembaban tertentu. Bakteri, dan mikro-organisme lain yang ada diharapkan mampu mendegradasi komponen zat pencemar, dengan demikian akan memberikan hasil sesuai yang diinginkan. Media itu sendiri diharapkan mampu mendukung pertumbuhan mikroba, dengan rasio luas permukaan terhadap volume yang besar dan kaya akan nutrisi untuk merangsang dan mempertahankan aktivitas bakteri. Biofilter perlu ditambahkan air secukupnya untuk mempertahankan kelembaban kondisi internal yang optimal, tetapi adanya genangan air juga harus dihindari karena hal ini menyebabkannya pematatan, yang akan mengurangi efisiensi proses penguraian. Jika dilakukan perawatan dengan benar maka biofilter dapat mengurangi pelepasan bau hingga 95% atau lebih.



Gambar 2. Mekanisme kerja biofilter

b. Filter biotrickling

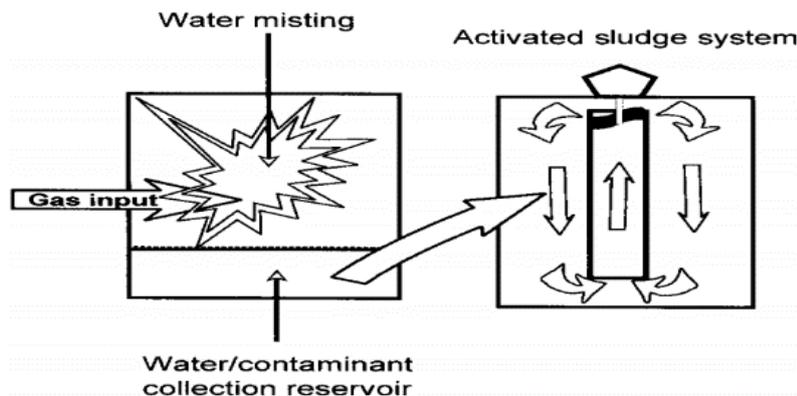
Seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3, menunjukkan bahwa dalam banyak hal, teknologi ini merupakan bentuk peralihan antara biofilter dan bioscrubber. Secara garis besar teknologi filter biotrickling memiliki bejana yang direkayasa untuk menampung sejumlah media filter, tetapi dalam hal ini berupa bahan lembam. Media filter sangat tahan terhadap pemadatan, selain itu juga menyediakan sejumlah besar ruang hampa antara partikelnya dan luas permukaan relatif besar terhadap volume keseluruhan filter. Mikroba tersebut membentuk biofilm pertumbuhan yang menempel pada permukaan medium. Udara yang bersih dipaksa masuk melalui filter, sementara air dapat bersirkulasi secara berulang bersamaan dengan masuknya gas, air menetes dari atas. Jadi adanya aliran arus balik antara gas yang naik dan air yang jatuh, seperti yang ditunjukkan pada gambar, yang akan meningkatkan efisiensi proses penguraian. Komunitas biofilm terus berkembang seiring dengan zat dalam larutan yang melewatinya, proses biodegradasi bau akan terjadi.



Gambar 3. Mekanisme kerja Filter biotrickling

c. Bioscrubber

Meskipun teknologi ini biasanya termasuk dalam kelompok sistem pengolahan biologis, namun teknologi bioscrubber (Gambar 4.4) itu sendiri tidak benar-benar merupakan sistem pengolahan biologis, tetapi lebih merupakan suatu sistem yang sangat efisien untuk menghilangkan komponen bau dengan cara melarutkannya. Maka tidak mengherankan bahwa metode ini paling sesuai untuk mengatasi pencemaran senyawa hidrofilik seperti aseton atau metanol. Gas yang akan diolah melewati semprotan air halus yang dihasilkan sebagai kabut atau tirai di dalam bejana bioscrubber. Kontaminan diserap ke dalam air, yang selanjutnya menggenang untuk membentuk cekungan di bagian bawah. Larutan kontaminan kemudian dipindahkan ke bioreaktor sekunder dimana proses biodegradasi sebenarnya terjadi. Dalam prakteknya, sistem lumpur aktif (yang dijelaskan sebelumnya) sering digunakan dalam teknologi ini. Seperti dalam kasus sebelumnya, pengendalian proses dapat dicapai dengan cara memantau fase air dan menambahkan nutrisi, bahan penyangga atau air tawar.



Gambar 4. Mekanisme kerja biofilter

## 5. Pencemaran Tanah dan Bioremediasi

Definisi dari pencemaran tanah adalah sesuatu yang mudah dipahami, yaitu adanya bahan pencemar yang ada di lingkungan tanah. Namun, seperti pencemaran lainnya, agak lebih sulit untuk didefinisikan secara mutlak. Secara tersirat bahwa keberadaan zat yang jika ada dalam jumlah atau konsentrasi yang cukup, cenderung membahayakan lingkungan atau kesehatan manusia. Berbagai macam kasus pencemaran tanah dapat menimbulkan kemungkinan masalah seperti industri asbes, industri kimia, pabrik gas, insinerator, industri besi dan baja, industri pengolahan logam, pabrik kertas, penyamakan kulit, pabrik tekstil, pabrik pengolahan kayu, tempat perbaikan dan perawatan kereta api dan tempat pembuangan limbah lainnya.

Tujuan dari pengolahan tanah tercemar adalah membuat tanah cocok untuk tujuan tertentu atau lebih jelasnya bahwa membuat tanah tidak lagi menimbulkan risiko yang membahayakan. Pada umumnya akan dinilai lebih baik jika kita melakukan pengolahan tanah tercemar sehingga memaksimalkan potensi penggunaannya kembali sehingga melindungi ruang terbuka yang ada di perkotaan dari eksploitasi dan daerah pedesaan dari tekanan pembangunan. Dalam jangka panjang, penggunaan lahan secara berkelanjutan sangat bergantung diperlukan. Pemilihan metode dan penentuan standar remediasi akhir akan selalu diatur oleh faktor-

faktor khusus termasuk penggunaan lahan yang dimaksudkan, kondisi dan kepekaan lokal, potensi risiko dan jangka waktu yang tersedia.

Proses perbaikan tanah/ remediasi tanah tercemar yang tersedia saat ini dapat dibagi menjadi lima kategori umum:

a. Secara Biologis;

Metode biologi melibatkan transformasi atau mineralisasi kontaminan ke bentuk yang lebih tidak beracun, lebih mudah bergerak, atau lebih beracun tetapi tidak begitu mudah bergerak. Kelebihan dari metode ini adalah kemampuannya untuk menguraikan senyawa organik dengan spektrum yang luas, berpotensi untuk memperbaiki struktur dan kesuburan tanah serta melibatkan organisme hijau yang pada umumnya tidak beracun. Di sisi lain, hasil akhir dari proses remediasi tidak dapat dipastikan dan sulit untuk diukur, proses remediasi mungkin berjalan lebih lambat dan tidak semua kontaminan dapat diolah dengan cara biologis.

b. Secara Kimiawi;

Senyawa kimia yang beracun dapat dipecah, difiksasi dan dinetralisasi melalui reaksi kimia. Pada prinsipnya penguraian senyawa kimia yang beracun dapat terjadi secara biologis namun senyawa berbahaya tersebut dapat diubah secara kimiawi menjadi lebih mudah tersedia atau kurang tersedia bagi sistem biologis, tergantung bentuk mana yang lebih diperlukan. Kekurangannya, kontaminan mungkin tidak diproses secara sempurna, sehingga hasil yang didapatkan mampu menyebabkan kerusakan pada tanah dan seringkali diperlukan beberapa bentuk pengolahan lainnya.

c. Secara Fisik;

Proses menghilangkan bahan pencemar dapat dilakukan secara fisik yaitu biasanya dengan mengumpulkan bahan pencemar dan pengerukan dan selanjutnya dilakukan pengolahan dan pembuangan. Sebenarnya cara ini bukan merupakan metode remediasi yang sesungguhnya karena seharusnya dapat dilakukan pengolahan secara efektif pada tempat pencemaran asalnya tanpa harus mengumpulkan, mengeruk dan memindahkan zat pencemar.

d. Solidifikasi / vitrifikasi;

Solidifikasi/pemadatan adalah upaya enkapsulasi kontaminan dalam padatan struktur monolitik terintegritas, dengan atau tanpa fiksasi bahan kimia, apabila menggunakan bahan kimia maka kemudian disebut

'stabilisasi'. Vitrifikasi menggunakan suhu tinggi untuk menyatukan bahan yang terkontaminasi. Satu kelebihan utama adalah bahwa unsur atau senyawa beracun tersebut tidak bisa dimusnahkan, sehingga dianggap tidak tersedia untuk lingkungan. Kelebihan lainnya, tanah yang telah dipadatkan dapat menstabilkan daerah tersebut untuk pekerjaan konstruksi di masa depan. Namun demikian, kontaminan tidak benar-benar hancur dan struktur tanah akan terjadi rusak permanen. Selain itu, diperlukan sejumlah besar reagen dan umumnya tidak cocok diberlakukan untuk kontaminan organik.

e. Secara Termal/ panas.

Kontaminan dihancurkan dengan perlakuan panas, menggunakan proses pembakaran, gasifikasi, pirolisis atau volatisasi. Kelebihan utama dari ini teknologi ini adalah bahwa kontaminan paling efektif dihancurkan. Di sisi terdapat dampak negatif, yaitu biaya dan energi yang diperlukan biasanya sangat tinggi, dan metode ini tidak cocok untuk sebagian besar senyawa beracun, karena potensi pembentukan zat pencemar baru yang lebih beracun akan sangat besar.

Secara umum semua bentuk remediasi pengolahan limbah dilakukan dengan 2 pendekatan yaitu *teknik in situ dan ex situ*. Pembagian ini didasarkan pada tempat dilakukannya remediasi yaitu di luarnya tempat pencemaran atautkah didalam tempat pencemaran. Namun masing-masing teknik ini memiliki kesamaan pada operasional dasarnya.

Teknik In situ merupakan teknik remediasi yang dilakukan dengan cara membiarkan tanah pada tempatnya untuk dilakukan pengolahan. Dengan menggunakan teknik ini maka pengolahan dapat langsung dilakukan tanpa adanya penundaan yang disebabkan oleh proses penggalian dan pemindahan tanah yang tercemar. Selain itu juga mengurangi risiko terjadinya penyebaran kontaminan dan kemungkinan pekerja untuk terkena bahan-bahan yang volatil juga rendah. Secara umum, metode in situ ini cocok untuk diterapkan pada tanah di mana bahan kontaminasi yang tersebar luas di seluruh area, dan terjadi pada kedalaman tertentu, dan konsentrasi kontaminan tergolong rendah hingga sedang. Namun, metode ini bukan tanpa kekurangan, kelebihan-kelebihan yang disebutkan diatas merupakan persyaratan yang harus diteliti dan disurvei secara benar dan menyeluruh, serta diperlukan sumber daya yang memadai. Selain itu, karena kondisi reaksi tidak dapat

dikontrol dengan mudah, proses yang seharusnya terjadi secara optimal, dalam praktiknya, akan bervariasi dan hasil akhirnya akan sulit untuk ditentukan. Kekurangan tersebut tidak dapat dihindari oleh karena itu diperlukan pemantauan secara berkala dan sangat bergantung pada prosedur standarnya.

Yang kedua adalah teknik Ex situ. Ciri utama dari metode ex situ adalah bahwa tanah yang tercemar dipindahkan dari tempat asalnya dan selanjutnya dilakukan pengolahan. Pindahan tempat ini meliputi tanah tercemar dibawa ke tempat lain untuk dilakukan pengolahan, atau hanya sekedar memindahkannya ke bagian lain tetapi masih di area yang sama dengan tempat asal pencemarannya. Kelebihan dari teknik ini adalah kondisi pengolahannya lebih mudah dioptimalkan, kontrol terhadap proses yang terjadi lebih mudah untuk dilakukan dan pemantauan lebih akurat dan lebih sederhana untuk dicapai. Selain itu, penambahan organisme dengan peranan khusus perlu dilakukan ketika diperlukan, prosesnya lebih mudah, lebih aman dan cenderung lebih cepat jika dibandingkan dengan teknik in situ. Teknik ini sesuai diterapkan pada kasus pencemaran dengan zat pencemar yang relatif terlokalisasi ditempat tertentu, biasanya konsentrasi kontaminan tergolong sedang hingga relatif tinggi dan cukup dekat dengan permukaan. Terdapat beberapa kelemahan yaitu diperlukan biaya tambahan untuk transportasi dan meningkatkan kemungkinan tumpahan, atau potensi pencemaran sekunder, yang diakibatkan oleh proses pemindahan tersebut. Tentunya pendekatan ini membutuhkan lahan/ lokasi lain untuk pengolahan dan oleh karena itu dikatakan bahwa teknik ini merupakan pilihan yang lebih mahal.

## **6. Fitoremediasi**

Tumbuhan merupakan salah satu jenis instrumen yang dapat berperan penting dalam sistem pengolahan secara biologis terhadap sejumlah besar zat yang menjadi membahayakan bagi lingkungan. Tumbuhan dapat digunakan untuk mengatasi pencemaran dari industri, instalasi pengolahan air limbah atau permasalahan drainase yang buruk serta gangguan yang berupa kebisingan. Proses bioakumulasi, fitoekstraksi, fitostabilisasi dan rhizofiltrasi secara bersama-sama disebut sebagai fitoremediasi. Peran fitoteknologi tidak terbatas hanya pada fitoremediasi.

Beberapa jenis fitoteknologi alami yang ada diantaranya adalah.

1. Sistem Phyto Terrestrial (*Terrestrial Phyto-Systems /TPS*)

Metode fitoremediasi merupakan metode yang sangat efektif karena hasil remediasi/ pemulihannya jauh lebih besar daripada menggunakan teknologi remediasi tradisional. Proses fotosintesis sangat penting dalam metode fitoremediasi, fotosintesis secara efektif melibatkan energi matahari dalam suatu sistem tanpa adanya proses rekayasa dan karenanya dapat dikatakan berkontribusi secara langsung dengan biaya yang rendah. Berbagai macam spesies dari kelompok tumbuhan yang berbeda dapat digunakan, mulai dari pakis pteridofit, hingga angiospermae seperti bunga matahari, dan pohon poplar, yang menerapkan sejumlah mekanisme untuk menghilangkan zat pencemar. Ada lebih dari 400 spesies berbeda yang dianggap cocok untuk digunakan sebagai fitoremediator. Beberapa kontaminan dapat terjadi hiperakumulasi di dalam biomassa tanaman tersebut, yang kemudian dapat dipanen. Mekanisme tumbuhan yang lain bertindak sebagai pompa, menghilangkan kontaminan dari tanah sebelum membuangnya ke atmosfer, sementara yang lain mengaktifkan biodegradasi molekul organik yang relatif besar, seperti turunan hidrokarbon dari minyak mentah.

Namun, teknologi ini relatif baru dan masih dalam fase pengembangan. Fitoremediasi dapat didefinisikan sebagai penggunaan organisme yang berupa tanaman hijau secara *in situ* atau langsung untuk pengolahan tanah yang terkontaminasi, lumpur atau air tanah, melalui proses perubahan, degradasi, atau menahan zat pencemar yang ada. Teknik itu pada umumnya paling cocok untuk diterapkan pada lokasi dengan tingkat kontaminasi rendah hingga sedang, zat pencemar cukup dekat dengan permukaan dan relatif dangkal. Keunggulannya, fitoremediasi dapat digunakan dalam remediasi lahan terkontaminasi dengan berbagai zat termasuk logam tertentu, pestisida, pelarut dan berbagai bahan kimia organik. Berbagai macam bahan kimia organik biasanya ditemui sebagai pencemar lingkungan termasuk berbagai jenis pestisida, pelarut dan pelumas. Zat pencemar yang paling banyak dan ada di mana-mana di seluruh dunia adalah bensin dan minyak solar. Hidrokarbon ini cenderung tidak bergerak, melekat erat pada partikel tanah itu sendiri dan umumnya terlokalisasi pada kedalaman 2 meter dari permukaan. Oleh karena itu, hidrokarbon ini secara efektif berhubungan

langsung dengan rizosfer, Mekanisme yang terjadi dalam hal ini biasanya fitodegradasi, rhizodegradasi, dan phytovolatilisasi.

#### 2. Sistem Fito Akuatik (*Aquatic Phyto-Systems* /APS)

Sistem Fito akuatik pada prinsipnya merupakan metode yang digunakan untuk mengolah limbah menjadi suatu bentuk, dengan menggunakan lahan basah yang dirancang sedemikian rupa digunakan untuk menghilangkan beberapa kontaminan tanah yang cukup signifikan, termasuk residu TNT. Banyak spesies tumbuhan air yang berpotensi untuk digunakan dalam sistem pengolahan limbah dan mekanisme biologis yang terjadi didalamnya hampir sama dengan sistem terestrial. Ada beberapa metode dalam sistem APS yang berkaitan dengan agen yang berperan dalam sistem pengolahan limbah yaitu antara alga dan makrofit.

### 7. Bioteknologi dan Limbah

Tujuan dari pengolahan secara biologis relatif sederhana dan dapat ditulis secara ringkas dalam tiga poin berikut:

1. *Reducing* / Mengurangi potensi dampak buruk terhadap lingkungan atau kesehatan manusia.
2. *Reclaiming* / Mereklamasi bahan yang bernilai untuk digunakan kembali.
3. *Generating* / Menghasilkan produk akhir yang bermanfaat.

Secara garis besar, pengolahan limbah secara biologis dengan memanfaatkan agen penguraian limbah misalnya mikroba sangat efektif sehingga dihasilkan senyawa yang stabil dan bahan pencemar secara volume akan berkurang. Selama proses tersebut terjadi perubahan molekul organik kompleks menjadi molekul yang lebih sederhana. Sehingga molekul kimia yang lebih sederhana tersebut tersedia untuk masuk dalam daur ulang mineral dalam konteks biologis yang lebih luas. Tujuan utamanya adalah untuk menghilangkan risiko terhadap lingkungan atau risiko kesehatan, dan untuk mendapatkan produk yang stabil sehingga aman bagi manusia dan ekologi.

Dua metode pengolahan limbah biologis yang umum misalnya pengomposan dan Pengolahan secara Anaerobik, dimana 2 metode ini memiliki proporsi yang begitu besar dalam pengolahan limbah biologis di seluruh dunia.

1. Pengomposan

Selama berabad-abad, petani dan ahli hortikultura telah mengolah sampah yang *biodegradable* untuk dapat terurai dan menghasilkan kompos yang stabil serta kaya nutrisi untuk digunakan dalam pot atau digunakan secara langsung untuk memperbaiki kualitas tanah. Proses alamiah ini merupakan proses dekomposisi aerobik eksotermik, sudah dikenal dan digunakan secara turun temurun. Namun baru-baru ini, pengomposan telah menjadi pusat perhatian sebagai cara yang lebih potensial untuk menangani limbah organik di daerah perkotaan. Dalam skala kecil proses pengomposan yang dilakukan memiliki keterbatasan tersendiri yaitu pada umumnya sampah akan terurai lebih efisien dan sempurna bila sudah tersedia oksigen. Hal ini menyebabkan protein akan terdegradasi menjadi nitrogen atau amonia dan pada akhirnya termineralisasi menjadi nitrat, sedangkan lemak dan karbohidrat dipecah menjadi karbon dioksida dan air, melalui asam organik. Terdapat sejumlah faktor pembatas dalam proses tersebut, diantaranya produksi enzim hidrolitik ekstraseluler, kecepatan hidrolisis dan efisiensi transfer oksigen, dan akan dipengaruhi oleh aspek- aspek lain seperti ukuran partikel dan sifat dari bahan limbah biologis yang akan diolah. Dalam penerapannya, perlu dipertimbangkan jenis dari limbah biologis yang akan dibuat menjadi kompos akan bisa sangat bervariasi, terutama bila sampah tersebut berasal sampah perkotaan, adanya variasi musim, kondisi tempat dan iklim yang berbeda mungkin akan menghasilkan kompos yang sangat heterogen. Namun jika limbah biologis berasal dari pengolahan makanan atau hortikultura akan lebih konsisten dan homogen. Oleh karena itu, proses penguraian mungkin sangat kompleks, yang melibatkan sejumlah senyawa antara dan organisme berbeda yang memanfaatkan berbagai jalur biologis.

## 2. Penguraian Anaerobik (*Anaerobic Digestion /AD*)

Meskipun teknik pengomposan merupakan pilihan utama dalam pengolahan sampah biologis namun ada alternatif pengolahan sampah lainnya yang telah diterima oleh masyarakat selama beberapa tahun terakhir. Teknik tersebut adalah Penguraian secara Anaerobik atau *Anaerobic Digestion (AD)*. Teknik ini akan menghasilkan gas metan yang dapat dikontrol, dimana gas metan memiliki potensi yang sangat besar sebagai bentuk energi dari limbah. Teknologi ini untuk kalangan tertentu mungkin terdengar baru, tetapi sebenarnya tidak demikian. Teknik ini telah digunakan pada bidang industri selama sekitar seratus tahun lalu

untuk mengolah limbah dan, baru-baru ini telah berhasil diterapkan pada pengolahan limbah pertanian dan rumah tangga di Jerman dan Belanda.

Kunci utama dalam praktek penerapan AD yang efektif adalah terletak pada pengaturan dan pengoptimalan lingkungan internal bioreaktor, kondisi ideal untuk proses produksi harus diperhatikan. Dalam kondisi optimal, yaitu dengan tidak adanya oksigen bebas maka bakteri anaerob akan mengubah molekul organik besar menjadi metana ( $\text{CH}_4$ ) dan karbon dioksida ( $\text{CO}_2$ ). Sebenarnya proses penguraian kimiawi ini terjadi sangat kompleks, berpotensi melibatkan ratusan reaksi dan senyawa perantara, banyak di antaranya yang memiliki persyaratan tambahan sendiri dalam hal katalis, enzim, atau bahan kimia sinergis. Tidak seperti pengomposan, AD terjadi pada salah satu dari tiga yang berbeda kisaran suhu, yaitu:

- Kriofilik ( $<20\text{ }^\circ\text{C}$ ).
- Mesofilik ( $20\text{--}45\text{ }^\circ\text{C}$ ).
- Termofilik ( $>45\text{ }^\circ\text{C}$ ).

Produksi biogas kaya metana, yang merupakan karakteristik penting dari penguraian anaerobik, merupakan keunggulan yang dapat digunakan untuk mempopulerkan metode ini. Sejak ditemukan metode pengolahan limbah secara biologis dapat menghasilkan energi maka tenologi ini memiliki daya tarik yang luar biasa. Bioenergi selanjutnya akan menjadi pertimbangan sebagai implikasi yang lebih luas dari bahan bakar biogas.

### C. RANGKUMAN MATERI

- ✓ Bioteknologi lingkungan berkaitan dengan pengendalian pencemaran yaitu suatu cara untuk memulihkan kondisi yang telah terkontaminasi akibat dari aktivitas manusia pada waktu sebelumnya serta mengurangi dampak dari aktivitas yang saat ini terjadi.
- ✓ Ahli bioteknologi lingkungan dapat meningkatkan atau mengoptimalkan kondisi sistem biologis yang ada atau memodifikasi sistem biologis yang ada sehingga mendapatkan hasil yang sesuai dengan yang diinginkan.
- ✓ Tiga poin kunci bentuk intervensi bioteknologi lingkungan yaitu pada proses produksi, pengelolaan limbah atau proses pengendalian pencemaran,

- ✓ Pencemaran lingkungan berarti adanya pelepasan (ke dalam lingkungan) dari setiap proses atau zat yang mampu menyebabkan kerugian bagi manusia atau organisme hidup lainnya dan lingkungannya.
- ✓ Faktor-faktor yang dapat mempengaruhi efek pencemaran antara lain: toksisitas; persistensi, mobilitas, kemudahan control, bioakumulasi; dan komposisi kimia.
- ✓ Strategi pengendalian pencemaran dilakukan dengan diperhatikan konsep “pengenceran (*dilute*) dan penyebaran (*disperse*)”.
- ✓ Aplikasi praktis dalam pengendalian pencemaran diantaranya biofilter, filter biotrickling dan bioscrubber.
- ✓ Pencemaran tanah adalah adanya bahan pencemar yang ada dilingkungan tanah, contohnya seperti industri asbes, industri kimia, pabrik gas, insinerator, industri besi dan baja, industri pengolahan logam, pabrik kertas, penyamakan kulit, pabrik tekstil, pabrik pengolahan kayu, tempat perbaikan dan perawatan kereta api dan tempat pembuangan limbah lainnya.
- ✓ Remediasi tanah tercemar yang tersedia saat ini dapat dibagi menjadi lima kategori umum: Biologis, Kimiawi; Fisik; Solidifikasi / vitrifikasi; dan Termal/ panas.
- ✓ Dua pendekatan dalam pengolahan limbah yaitu *teknik in situ* dan *ex situ*. Pembagian ini didasarkan pada tempat dilakukannya remediasi yaitu di luarnya tempat pencemaran atautkah didalam tempat pencemaran.
- ✓ Jenis fitoteknologi alami yang ada diantaranya adalah. Sistem Phyto Terrestrial (*Terrestrial Phyto-Systems /TPS*) dan Sistem Fito Akuatik (*Aquatic Phyto-Systems /APS*)
- ✓ Tujuan dari pengolahan secara biologis relatif sederhana dan dapat ditulis secara ringkas dalam tiga poin berikut: *Reducing* , *Reclaiming* , dan *Generating* / Menghasilkan produk akhir yang bermanfaat.
- ✓ Dua metode pengolahan limbah biologis yang umum misalnya pengomposan dan Pengolahan secara Anaerobik,

#### **D. TUGAS DAN EVALUASI**

1. Sebutkan dan jelaskan 2 peran dari ilmu bioteknologi lingkungan dalam upaya pengendalian pencemaran !
2. Jelaskan apa yang dimaksud dengan pencemaran lingkungan serta sebutkan faktor-faktor yang dapat mempengaruhi efek pencemaran !
3. Jelaskan strategi yang perlu dilakukan dalam pengendalian pencemaran!
4. Sebutkan dan jelaskan perbedaan mendasar dari Sistem Phyto Terrestrial dan Sistem Fito Akuatik !
5. Sebutkan dan jelaskan mengenai pengomposan dan pengolahan secara anaerobik yang merupakan metode pengolahan limbah biologis yang umum dilakukan!

## DAFTAR PUSTAKA

- Evans, G. M., and Furlong, J.C. (2003). *Environmental Biotechnology : Theory and Application*. University of Durham, UK and Taurus Biotech Ltd John Wiley & Sons Ltd.
- BioWise, UK Department of Trade and Industry. (2001). *Biotechnology Improves Product Quality*, Crown copyright.
- Brooks, R., Chambers, M., Nicks, L. and Roberson, B. (1998) Phytomining, *Trends in Plant Science*, **3**:359–62
- Georgis, R. (1996) Present and future prospects of biological insecticides, *Proceedings of the Cornell Community Conference on Biological Control*, April 11–13, Cornell University
- Organisation for Economic Cooperation and Development. (2001). *The Application of Biotechnology to Industrial Sustainability*, OECD, Paris.

# **PROFIL PENULIS**

## Hebert Adrianto, S.Si., M. Ked. Trop.



Hebert Adrianto, S.Si., M.Ked.Trop. Alumni Biologi Fakultas Sains dan Teknologi angkatan 2008, Universitas Airlangga Surabaya. Founder dan Master Mentor Kawan Biologi Indonesia, narasumber kursus biologi baik *online* maupun *offline*, aktif menulis di penerbit Erlangga, ANDI, Jejak, Jendela Sastra, Pustaka Abadi, dan Widina, serta penulis buku bersertifikasi dari LSP PEP. Pernah menjadi guru biologi di SMA Gloria 2 dan guru olimpiade di SMA St. Yusup. Kemudian menjadi tim persiapan pendirian Fakultas Kedokteran Universitas Ciputra Surabaya tahun 2015-2016. Sejak tahun 2016 hingga sata ini adalah dosen di Fakultas Kedokteran Universitas Ciputra Surabaya. Tahun 2020, menempuh studi lanjut doktoral di FK Unair Surabaya. Tiga tahun aktif bermitra bersama MGMP Biologi Kabupaten Sidoarjo untuk penguatan materi Biologi Medik. Beliau juga pernah memenangkan insentif Buku Ajar Kemenristekdikti dan penghargaan Best *Teaching* di tahun 2019. Selain sebagai dosen, saat ini menjabat sebagai koordinator penelitian Fakultas, koordinator Program Kreativitas Mahasiswa Universitas, koordinator mata kuliah proposal dan skripsi.

## Ulinniam, S.Pd.I., M.Pd



Ulinniam. Penulis dilahirkan di Indramayu pada tanggal 26 Januari 1989. Masa kecil dihabiskan dikampung halamannya yaitu di Desa Kedokanbunder Wetan Blok Truwali Kecamatan Kedokanbunder Kabupaten Indramayu. Pendidikan dasar di SDN Kedokanbunder Wetan II, Kemudian Melanjutkan ke SMP NU Kaplongan dan dilanjutkan ke SMAN 1 Krangkeng. Pendidikan tinggi ditempuh pada Tadris Pendidikan Biologi di IAIN Syekh Nurjati Cirebon lulus tahun 2011. Pendidikan S2 dilanjutkan di Pascasarjana Universitas Kuningan pada Program Studi Pendidikan Biologi lulus tahun 2016 dan sekarang sedang melanjutkan studi doctoral (S3) konsentrasi Ilmu Pendidikan pada Universitas Islam Nusantara (UNINUS) Bandung. Sekarang, penulis mengabdikan diri sebagai dosen tetap di STKIP

Pangeran Dharma Kusuma Segeran Juntinyuat Indramayu pada program studi pendidikan Biologi.

### **Dr. Eny Wahyuning Purwanti, SP., MP.**



Dr. Eny Wahyuning Purwanti, SP., MP. Penulis lahir di Blitar 28 Agustus 1977, menamatkan pendidikan S3 program doktor Ilmu Pertanian dari Universitas Brawijaya Malang pada Tahun 2018. Penulis merupakan tenaga pendidik di Politeknik Pembangunan Pertanian Malang sejak tahun 2006. Institusi pendidikan vokasi di bawah Kementerian Pertanian. Penulis mengampu mata kuliah Statistika Terapan, Sistem Pertanian, Bioteknologi Pertanian dan Perlindungan Tanaman sejak Tahun 2008 sampai sekarang.

### **Dr. Muh. Sri Yusal, S.Si., M.Si.**



Dr. Muh. Sri Yusal, S.Si., M.Si. Penulis lahir dan dibesarkan dengan penuh kebahagiaan di Kacumpureng. Pendidikan Dasar formal ditempuh di Kabupaten Bone, kemudian melanjutkan pendidikan menengah di Makassar. Program Doktorat ditempuh di Sekolah Pascasarjana Universitas Gadjah Mada Program Studi Ilmu Lingkungan dan lulus tahun 2019. Penulis diterima sebagai sebagai tenaga pengajar (dosen) di Pendidikan Biologi P. MIPA STKIP Pembangunan Indonesia Makassar sejak tahun 2004 sampai sekarang, saat ini aktif menjadi reviewer pada jurnal Biodiversitas Celebes. Karya ilmiah yang dihasilkan berupa beberapa buku dan publikasi jurnal internasional maupun jurnal nasional bereputasi pada tahun 2019-2021.

## **Dyah Ayu Widyastuti, S. Si., M. Biotech**



Dyah Ayu Widyastuti merupakan dosen di Program Studi Pendidikan Biologi Universitas PGRI Semarang. Penulis menyelesaikan pendidikan sarjana hingga memperoleh gelar Sarjana Sains (S. Si.) di Fakultas Biologi Universitas Gadjah Mada pada tahun 2011. Penulis kemudian melanjutkan pendidikan di Sekolah Pascasarjana Universitas Gadjah Mada di Program Studi Bioteknologi hingga memperoleh gelar Master of Biotechnology (M. Biotech.) pada tahun 2015. Saat ini penulis tercatat sebagai dosen aktif sejak tahun 2015 dan mengampu beberapa mata kuliah sesuai dengan latar belakang penulis, yaitu mata kuliah bioteknologi, mikrobiologi, dan biologi sel. Dalam bidang penelitian dan publikasi, penulis tertarik pada ekstraksi bahan alam, mikrobiologi, dan bioteknologi umum. Ketertarikannya pada bioteknologi menghantarkan penulis untuk terus mengasah keterampilannya dalam bidang tersebut melalui pelatihan-pelatihan terkait, salah satunya Pelatihan Teknik Sitogenetika dan Genetika Molekuler & Bioinformatika (Teknik Diagnosis Molekuler untu Kelainan Genetik) yang diselenggarakan oleh Fakultas Biologi Universitas Gadjah Mada pada tahun 2018, Bioinformatika dalam Pemanfaatan Sumber Daya Hayati yang diselenggarakan oleh Universitas Diponegoro pada 2021, dan lain sebagainya.

## **Eko Sutrisno, S.Si., M.Si**



Eko Sutrisno, saat ini tinggal di Lamongan Jawa Timur, belajar ilmu alam di prodi Biologi Universitas Islam Malang dan saat ini mengabdikan diri di prodi Teknologi Hasil Pertanian Universitas Islam Majapahit. tahun 2018 aktif di kegiatan Pendamping Desa, Program Inovasi Desa dan Penanggulangan Stunting di Kecamatan Glagah Lamongan Jawa Timur

## **Kevin A. Tamaela, M.Pd**



Penulis lahir di Soahuku (Maluku Tengah) tahun 1994 merupakan anak kedua dari 2 bersaudara dari pasangan Z. Tamaela dan Y. Sahetapy. Pada tahun 2016, menyelesaikan pendidikan program sarjana di program studi pendidikan biologi, fakultas keguruan dan ilmu pendidikan, universitas Pattimura. Selanjutnya saya menyelesaikan program magister di pascasarjana pendidikan biologi, universitas pattimura. Sekarang saya mengabdikan sebagai pengajar di salah satu kampus swasta di Maluku Tengah

## **Muhammad Dailami, S.Si., M.Si**



Muhammad Dailami dilahirkan di Nabire, pada tanggal 27 Juli 1990. Menyelesaikan studi sarjana di Program Studi Kimia, Universitas Negeri Papua dan studi Magister di Departemen Biokimia, Institut Pertanian Bogor. Saat ini menjadi Dosen di Program Studi Budidaya Perairan, FPIK Universitas Brawijaya. Mengampu mata kuliah Biokimia, Fisiologi Reproduksi Ikan, Pemuliaan Ikan, Dasar-dasar Akuakultur dan Ikan Hias dan Aquascape. Bidang keahlian penulis adalah Biokimia dan Biologi Molekuler Perikanan.

## **Rini Purbowati, S.Si, M.Si**



Penulis dilahirkan di Sidoarjo pada tanggal 14 Februari 1986. Pendidikannya, ditempuhnya di Kota kelahirannya, Sidoarjo. Diawali sekolah di SDN Suko, kemudian SMPN 2 Taman, dan dilanjutkan ke SMAN 3 Sidoarjo. Pendidikan Tinggi ditempuh pada Program Sarjana, di Jurusan Biologi Fakultas Sains dan Teknologi UNAIR Surabaya. Pendidikan S2 juga dilanjutkan di Pasca Sarjana Fakultas Sains dan Teknologi UNAIR Surabaya, pada Program Studi Biologi. Sekarang mengabdikan sebagai dosen tetap di Fakultas Kedokteran Universitas Wijaya Kusuma Surabaya.

## **Dr. La Ode Angga, S. Ag, SH., M. Hum**



Penulis adalah Dosen tetap Fakultas Hukum Universitas Pattimura Ambon-Maluku, menjadi Tenaga Edukatif sejak 04 April 2006 sampai saat ini. Menikah dengan Ny. Zulaira, S. Ip, dengan dikaruniai dua orang anak yaitu: Muhammad Yusuf Angga Putratama & Sajidah Azkadina Azaha. Pendidikan Tinggi Strata-1 diselesaikan pada Fakultas Syari'ah IAIN Alauddin Ujung Pandang (sekarang UIN Makassar) Tahun 1992-1996 dan Fakultas Hukum Yogyakarta Tahun 2002-2005, yahoo: laodeangga@yahoo.com, No. HP/WA 081392205074. Pendidikan Strata-2 Ilmu Hukum diselesaikan pada Program Pasca Sarjana Universitas Gadjah Mada (UGM) Yogyakarta Tahun 2001-2003, serta Pendidikan Strata-3 Ilmu Hukum pada Program Pasca sarjana Universitas Brawijaya (UB) Malang Tahun 2011-2015, Penelitian yang pernah dilakukan: Menjadi Ketua Penelitian Dosen Tahun 2020 "Peran SASI Sebagai Kearifan Lokal Dalam Mencegah Penularan Covid-19", Menjadi Ketua Peneliti Penerapan Prinsip Kehati-hatian dalam eksploitasi tambang emas dipulau Romang MBD, 2019. Melakukan Pengabdian kepada masyarakat dengan judul Pendampingan Penyusunan Hak Ulayat Adat di Desa Eti tahun 2019. Mengasuh Mata Kuliah: Hukum Lingkungan, Hukum Lingkungan dan HAM, Hukum Agraria, Hukum Adat, Hukum Islam, Hukum Perdata, Kapita Selektta Hukum Adat, Filsafat dan Logika dan Hukum Penataan Ruang. Karya Ilmiah Yang Dipublikasikan: The Responsibilities of Wahana Lestari Investama's Limited Business Actors against Environmental Pollution in Sawai Village, Central Maluku Regency, International Journal of Innovation, Creativity and Change. www.ijicc.net Volume 14, Issue 3, 2020 (IJICC), Application of Hawear Customary Law in the Prevention of Pollution and Environmental Damage on the Sea Coast in Southeast Maluku Regency, The Main Purpose of Islamic Sharia in Environmental Conservation Indonesian Journal of buil environmental and sustaynaibility, Mediasi Pertanahan sebagai model alternatif penyelesaian sengketa Hak ulayat antara masyarakat Desa Eti dengan Pemerintah Di Kabupaten Seram Bagian Marat Provinsi Maluku, Pergaulan Sehat Secara Islami Dalam Dinamika Kehidupan Mahasiswa, Penyelesaian Sengketa Lingkungan Hidup Menurut Undang-Undang No. 32

Tahun 2009 tentang UUPPLH, Role Of Indigenous Agencies In Prevention And Handling Covid 19 In Indonesia" (Manuscript No: EJMCM-2010-1083) has been accepted for publication in the upcoming issue 2020, Responsibilities Of Pt. Gemala Borneo Utama On Environmental Pollution In The District Of West Maluku Daya, Safeguarding Hormani Brothers And Sisters And Carrying Out Legal Protection Against Ecosystem Conservation In Maluku , Legal Liability in the Case of Environmental Damage Due to Sand Mining in Wangel Beach, Aru Islands District oleh Jantje Tjiptabudy, Customary Rights Regulations In The Eti Village Of West Seram Regency, Maluku Province, Implementation Of Precautionaryprinciple In Gold Mine Exploitation In Romang Island, Southwest Maluku Regency, The Formulation Of Green Open Spacein The Regional Regulation Of Spatial Planning Of Maluku Province 55581 Telp/Faks: (0274) 4533427

### **Anggi Khairina Hanum Hasibuan, M.Si**



Penulis Merupakan Anak pertama dari dua bersaudara yang lahir di Surabaya, 03 November 1991. Penulis berkebangsaan Indonesia dan beragama Islam. Penulis memiliki seorang anak bernama Habibi Yusuf dari pernikahan dengan Galih Satrio. Alamat Rumah Bukit Rancamaya Residence Blok B7 no 3 (sementara rumah asli di blok J37). Adapun riwayat pendidikan sarjana penulis, S1 jurusan kimia dari Universitas Negeri Surabaya lulus tahun 2015. Minat riset mengenai biokimia. Penulis melanjutkan pendidikan S2 jurusan Ilmu Forensik dari Universitas Airlangga. Minat riset mengenai pelanggaran hukum dan analisa kejahatan dalam kosmetika. Penulis bekerja sebagai dosen di Universitas Pertahanan pada prodi Kimia pada Agustus 2020 sampai saat ini. Minat Studi Biokimia, Hukum dan Ilmu Forensik. Alamat email [anggi.khairina@gmail.com](mailto:anggi.khairina@gmail.com).

## Muhammad Rifqi Hariri, M.Si



Muhammad Rifqi Hariri merupakan staf Peneliti di Pusat Penelitian Konservasi Tumbuhan dan Kebun Raya, Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia sejak tahun 2018. Beberapa penelitian yang dilakukannya Bersama kolega telah diterbitkan di beberapa jurnal nasional dan internasional yang berkaitan dengan Alien Flora, identifikasi jenis tumbuhan berbasis DNA *barcoding*, dan analisis keragaman genetik tumbuhan. Sebelum bekerja, penulis menyelesaikan studi sarjana di Jurusan Biologi Universitas Negeri Malang dan melanjutkan ke jenjang Magister di Departemen Biologi Institut Pertanian Bogor.

## Ir. Dessyre M. Nendissa, MP



Ir. Dessyre M. Nendissa, MP adalah staf pengajar pada Program Studi Teknologi Hasil Perikanan, Jurusan Teknologi Hasil Perikanan Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Universitas Pattimura. Penulis menyelesaikan Pendidikan Strata 1 pada tahun 1990 di Program studi Pengolahan Hasil Perikanan Fakultas Perikanan Universitas Pattimura, Ambon. Gelar Magister Pertanian diperoleh pada tahun 2005 di Program Studi Pasca sarjana Ilmu dan Teknologi Pangan Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Gadjah Mada Yogyakarta.

## Sandriana Juliana Nendissa., SPI.,MP



Sandriana Juliana Nendissa., SPI.,MP. Adalah staf pengajar pada Program Studi Teknologi Hasil Pertanian, Jurusan Teknologi Hasil Pertanian. Fakultas Pertanian, Universitas Pattimura, Ambon. Penulis menyelesaikan pendidikan Strata 1 pada Tahun 1998 di Program Studi Teknologi Hasil Perikanan, Fakultas Perikanan. Universitas Pattimura, Ambon. Gelar Magister Pertanian berhasil diraih pada tahun 2002 di

Program Studi S2, Ilmu dan Teknologi Pangan. Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta. Penulis Menjadi Dosen di Fakultas Pertanian sejak Januari 2005 sampai sekarang, dan bergabung dengan organisasi PATPI (Perhimpunan Ahli Teknologi Pangan Indonesia), ISLAB , PERMI (Perhimpunan Mikrobiologi Indonesia), MAI (Masyarakat Agroforestri Indonesia). Disaat menulis naskah ini, penulis adalah seorang mahasiswa yang sedang menempuh kuliah pada Sekolah Pascasarjana Program Doktorat, Jurusan Ilmu Pertanian. Fakultas Pertanian, Universitas Hasanuddin, Makasar.

### **Ariyani Noviantari, S.Si., M.Biomed**



Penulis adalah peneliti di Pusat Penelitian dan Pengembangan Biomedis dan Teknologi Dasar Kesehatan (P3BTDK), Badan Penelitian dan Pengembangan Kesehatan (Balitbangkes), Kementerian Kesehatan RI sejak tahun 2010 hingga saat ini. Penulis memiliki Scopus ID 57208311735, Orcid ID 0000-0001-7852-6983, dan Sinta ID 6630099. Penulis lahir di Jakarta, menyelesaikan Pendidikan S1 di Fakultas

Biologi, Universitas Gadjah Mada dan melanjutkan S2 di Program Magister Ilmu Biomedik (PMIB), Fakultas Kedokteran Universitas Indonesia. Penulis merupakan anggota Dewan Redaksi Jurnal Biotek Medisiana Indonesia, anggota dari Himpunan Peneliti Indonesia (Himpenindo), Asosiasi Sel Punca Indonesia (ASPI) dan Asosiasi Peneliti Kesehatan Indonesia (APKESI). Penulis pernah meraih penghargaan sebagai Best Moderated Poster pada The 4th Annual International Conference and Exhibition on Indonesian Medical Education and Research Institute (ICE on IMERI) 2019. Penulis telah menerbitkan artikel ilmiah di beberapa jurnal ilmiah dan prosiding baik nasional dan internasional.

## **Lili Chrisnawati, S.Pd., M.Si.**



Lili Chrisnawati, S.Pd., M.Si. Lulus S-1 di Program Studi Pendidikan Biologi Universitas Lampung (UNILA) dan S-2 di Program Studi Biologi Tumbuhan di Institut Pertanian Bogor (IPB). Saat ini adalah dosen tetap Jurusan Biologi Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam (FMIPA) Universitas Lampung. Mengampu mata kuliah Genetika dengan bidang keahlian genetika tumbuhan. Aktif melakukan penelitian pada bidang biomolekuler.

Hasil penelitiannya telah diterbitkan pada jurnal nasional dan international. Sebagai dosen muda juga aktif berpartisipasi pada konferensi ilmiah baik nasional maupun international. Saat ini juga aktif sebagai pengelola Jurnal Ilmiah Biologi Eksperimen dan Keanekaragaman Hayati (JBEKH).

# BIOTEKNOLOGI

Bioteknologi merupakan cabang ilmu biologi yang mempelajari pemanfaatan makhluk hidup (bakteri, fungi, virus, dan lain-lain) maupun produk dari makhluk hidup (enzim, alkohol, antibiotik, asam organik) dalam proses produksi untuk menghasilkan barang dan jasa yang dapat digunakan oleh manusia. Dewasa ini, perkembangan bioteknologi tidak hanya didasari pada biologi semata, tetapi juga pada ilmu-ilmu terapan dan murni lainnya, seperti biokimia, komputer, biologi molekular, mikrobiologi, genetika, kimia, matematika, dan lain sebagainya. Dengan kata lain, bioteknologi adalah ilmu terapan yang menggabungkan berbagai cabang ilmu dalam proses produksi barang dan jasa.