

# REMEDIASI TANAH TERCEMAR LOGAM BERAT



Dr. Ir. Amir Hamzah, MP.

Dr. Ir. Rossyda Priyadarshini, MP.



Penerbit : UNITRI Press

Jalan Telagawarna Blok C Tlogomas Malang

Telp (0341) 565500 Fax (0341) 565522

## **Remediasi Tanah Tercemar Logam Berat**

Penulis :

1. Dr. Ir. Amir Hamzah, MP.
2. Dr. Ir. Rossyda Priyadarshini, MP.

**ISBN : 978-602-61153-7-9**

Editor :

Ronasari Mahaji Putri, S.KM.,M.Kes

Tata Letak :

Galuh Widhi Gumilar, S.Kom

Ronasari Mahaji Putri, S.KM.,M.Kes

Grafis & Desain Sampul:

Galuh Widhi Gumilar, S.Kom

## **Remediasi Tanah Tercemar Logam Berat**

Cetakan : I-Malang

2019

vii : 90 hlm : 15,5 x 23 cm

Hak Cipta dilindungi Undang-Undang

Dilarang mengutip, memperbanyak dan menterjemahkan sebagian atau seluruh isi buku ini tanpa ijin tertulis dari penerbit.

**Cetakan pertama : September 2019**

**Penerbit : UNITRI Press**

**Anggota IKAPI**



UNITRI Press

Jalan Telagawarna Blok C Tlogomas Malang

Telp (0341) 565500 Fax (0341) 565522

**ISBN : 978-602-61153-7-9**



# Kata Pengantar Pakar

Pencemaran lingkungan khususnya di tanah pertanian saat ini menjadi perhatian serius, baik ditingkat nasional maupun global karena berkaitan dengan kesehatan pangan. Indonesia memiliki potensi sumberdaya lahan yang cukup luas, namun sebagian diantaranya telah mengalami pencemaran. Sumber pencemaran terbesar berasal dari antropogenik, seperti industri pertambangan dan penggunaan bahan agrokimia yang berlebihan.. Budidaya pertanian dengan menggunakan bahan agrokimia memberi dampak positif terhadap peningkatan produksi pertanian, namun disisi lain residu bahan agrokimia dapat memberikan dampak negatif terhadap kesehatan tanah. Sebagian produk pangan yang di konsumsi sehari-hari tidak tertutup kemungkinan telah terpapar logam berat yang bersumber dari bahan agrokimia. Langkah strategi yang dapat dilakukan untuk mengantisipasinya dengan cara pengendalian. Teknologi yang paling ideal dilakukan dengan memanfaatkan potensi sumberdaya lokal. Potensi sumberdaya lokal sebagai agen fitoremediasi cukup tersedia disekitar kita sehingga dapat digunakan untuk mengendalikan pencemaran tanah.

Penulisan buku ini berisi sumber pencemaran dan teknologi pengendalian dengan menggunakan tanaman indigenous. Buku ini merupakan hasil-hasil penelitian yang berkaitan dengan pengendalian pencemaran tanah atau remediasi baik yang dilakukan oleh kedua penulis maupun para peneliti yang lain. Hal yang diungkap sangat relevan dengan permasalahan yang dihadapi saat ini. Teknologi remediasi merupakan salah satu teknologi pengendalian tanah tercemar yang mudah dan murah karena memanfaatkan jasa tanaman. Teknknologi ini menjadi salah satu langkah strategi dibidang pertanian untruk memulihkan lingkungan agar tetap berkelanjutan.

Penerbitan buku ini tentunya dapat menjadi rujukan bagi para pemerhati lingkungan terutama pengendalian pencemaran tanah. Pengungkapannya secara spesifik tentang remediasi tanah tercemar dengan bahasa yang mudah difahami, sehingga dapat digunakan sebagai salah satu referensi bagi mahasiswa, dosen maupun praktisi yang peduli terhadap pengendalian pencemaran tanah. Semoga buku ini dapat berkontribusi bagi terwujudnya pangan yang sehat, karena tanah yang sehat akan menghasilkan pangan yang sehat.

Malang, 15 September 2019

Prof. Dr. Ir. Bambang Guritno



Isu pencemaran tanah dan tanaman saat ini menyedot perhatian banyak pihak. Hal ini berkaitan dengan produktivitas lahan dan kesehatan tanaman. Faktor penyebabnya cukup beragam, diantaranya penggunaan bahan agrokimia berupa pupuk dan pestisida yang melampaui batas, serta sumber pencemaran lain. Kondisi ini jika tidak diatasi, akan berdampak buruk pada kesehatan manusia dan generasi berikutnya. Aktivitas penambangan emas yang membuang tailing disekitar lahan serta penggunaan pupuk dan pestisida yang melampaui batas ikut memicu akumulasi logam berat di dalam tanah dan merusak lingkungan. Upaya mitigasi terus dilakukan, namun belum mampu memberikan dampak yang signifikan. Penyelesaian yang masih bersifat parsial merupakan penyebabnya, sehingga diperlukan penyelesaian secara holistik.

Buku ini mencoba mengungkap beberapa hasil penelitian yang dilakukan untuk memberikan kontribusi dalam meremediasi logam berat pada tanah pencemaran. Remediasi tanah tercemar yang efektif adalah dengan memanfaatkan potensi sumberdaya lokal. Indonesia memiliki sumberdaya lokal yang potensial untuk dikembangkan sebagai agen fitoremediasi. Kemampuan tanaman jika dikombinasi dengan biochar juga mampu memberikan kontribusi besar dalam meremediasi logam berat. Kontribusi ini diharapkan akan menjadi langka maju untuk menyelamatkan lingkungan secara berkelanjutan.

Penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada semua pihak yang berkontribusi dalam penerbitan buku ini. Kepada Direktur Riset dan Pengabdian kepada Masyarakat (DRPM) Kemenristekdikti yang telah membiayai penelitian yang kami ajukan. Sebagian besar data yang kami ungkap dalam buku ini adalah hasil penelitian. Semoga buku ini bermanfaat bagi mahasiswa dan pembaca yang memerlukan.

Malang, 15 September 2019

Penulis



<b>Kata Pengantar Pakar.....</b>	<b>iii</b>
<b>Kata Pengantar .....</b>	<b>iv</b>
<b>Daftar Isi.....</b>	<b>v</b>
<b>Daftar Gambar .....</b>	<b>vii</b>
<b>Daftar Tabel .....</b>	<b>ix</b>
<b>Bab 1 Pendahuluan.....</b>	<b>1</b>
A. Pengertian Pencemaran .....	1
B. Pencemaran Tanah.....	2
C. Pencemaran Air.....	3
<b>Bab 2 Sumber-sumber Pencemaran .....</b>	<b>6</b>
A. Pencemaran Lahan Pertanian .....	7
B. Logam Berat dan Dampaknya .....	10
C. Karakteristik Logam Berat Merkuri (Hg) dan Timbal (Pb).....	12
<b>Bab 3 Remediasi Tanah Tercemar .....</b>	<b>15</b>
A. Fitoremediasi .....	16
B. Prospek Fitoremediasi.....	20
<b>Bab 4 Detoksifikasi Logam Berat.....</b>	<b>22</b>
A. Peran Tanaman Dalam Detoksifikasi Logam Berat .....	22
B. Penggunaan Biochar dan Tanaman untuk Detoksifikasi Logam Berat.....	23
C. Pengendalian Pencemaran Tanah dengan Tanaman <i>Indigenous</i> .....	25
<b>Bab 5 Mekanisme Penyerapan Logam Berat .....</b>	<b>26</b>
A. Mekanisme Penyerapan Logam Berat oleh Tanaman .....	26
B. Pelarutan Logam dari Matriks Tanah.....	27
C. Tumbuhan dan Remediasi Tanah Tercemar .....	29

<b>Bab 6 Studi Kasus 1 .....</b>	<b>31</b>
Penggunaan Tanaman <i>Chromolaena odorata L.</i> , dan <i>Vetiveria zizanioides L.</i> , serta Bahan Organik untuk Meningkatkan Penyerapan Logam Berat	
A. Pendahuluan .....	31
B. Metode.....	32
C. Hasil.....	34
D. Konsentrasi Hg, Pb di Tanah, Serapan Hg, Pb dan Pertumbuhan Tanaman Remediator .....	45
E. Mekanisme dan Translokasi Hg, Pb pada Tanaman Remediator .....	47
<b>Bab 7 Studi Kasus 2 .....</b>	<b>51</b>
<b>Fitostabilisasi Lahan Pertanian Pasca Erupsi Gunung Kelud Dengan Tanaman <i>Indigenus</i></b>	
A. Latar Belakang.....	51
B. Permasalahan .....	52
C. Metode.....	53
D. Hasil.....	55
<b>Bab 8 Studi Kasus 3 .....</b>	<b>68</b>
<b>Fitoteknoremiasi dengan Tanaman <i>Indigenus</i> dan Biochar pada Sentra Hortikultura</b>	
A. Latar Belakang.....	68
B. Permasalahan .....	69
C. Pencemaran Tanah oleh Logam Berat .....	70
D. Fitoremediasi Tanah Tercemar .....	71
E. Penggunaan Biochar dan Tanaman untuk Detoksifikasi Logam Berat.....	72
F. Metode .....	73
G. Pelaksanaan Penelitian .....	73
H. Hasil Penelitian.....	74
<b>Daftar Pustaka .....</b>	<b>84</b>
<b>Biografi Penulis .....</b>	<b>90</b>



# Daftar Gambar

Gambar 2.1 Lahan pertanian tercemar .....	8
Gambar 2.2 Pencemaran air.....	9
Gambar 2.3 Gambar skema pencemaran lingkungan terhadap kesehatan manusia.....	10
Gambar 3.1 Fitoekstraksi.....	18
Gambar 3.2 Bioremediasi.....	19
Gambar 5.1 Mekanisme tanaman dalam proses akumulasi logam.....	26
Gambar 6.1 Konsentrasi Hg dan Pb Total dalam Tanah Sesudah Fitoremediasi dengan <i>C. odorata</i> .....	34
Gambar 6.2 Konsentrasi Hg dan Pb Tersedia dalam Tanah Sesudah Fitoremediasi dengan <i>Chromolaena odorata</i> .....	35
Gambar 6.3 Tanaman remediator yang mati pada perlakuan tanpa bahan amandemen.....	36
Gambar 6.4 Pertumbuhan Tanaman Remediator <i>Chromolaena odorata</i> Selama 12 Minggu Penanaman .....	37
Gambar 6.5 Tinggi Tanaman, Jumlah Daun dan Biomassa <i>Chromolaena odorata</i> pada Tanah Terkontaminasi Tailing yang diberikan Berbagai Bahan Amandemen .....	38
Gambar 6.6 Distribusi panjang akar <i>Chromolaena odorata</i> pada Berbagai Penambahan Macam Bahan Amandemen.....	39
Gambar 6.7 Serapan Merkuri (Hg) dan Timbal (Pb) pada bagian Tanaman <i>Chromolaena odorata</i> .....	40
Gambar 6.8 Konsentrasi Total Hg dan Pb di Tanah Terkontaminasi Tailing yang Diremediasi Menggunakan <i>Vetiveria zizanioides</i> .....	41
Gambar 6.9 Konsentrasi Hg dan Pb Tersedia di Tanah Terkontaminasi Tailing yang Diremediasi Menggunakan <i>Vetiveria zizanioides</i> .....	42
Gambar 6.10 Parameter Pertumbuhan (Jumlah anakan, Panjang akar, Tinggi Tanaman dan Biomassa) Tanaman Remediator <i>Vetiveria zizainoides</i> pada Berbagai Amandemen. ....	43
Gambar 6.11 Serapan Merkuri (Hg) dan Timbal (Pb) pada Bagian-bagian Tanaman <i>Vetiveria zizanioides</i> .....	45
Gambar 6.12 Hubungan antara Konsentrasi Total Hg, Pb di Tanah dengan Konsentrasi Serapan Hg, Pb di Tanaman.....	46

Gambar 7.1 Pertumbuhan tinggi tanaman dan jumlah daun yang ditanam pada tanah tercemar.....	62
Gambar 7.2 %Reduksi logam berat Hg dan Cd oleh tanaman remediator di KB.....	66
Gambar 7.3 % Reduksi logam berat Hg dan Cd oleh tanaman di KM.....	66
Gambar 8.1 Performa kedua jenis tanaman remediator yang ditanam pada lahan tercemar.....	76
Gambar 8.2 Tinggi dan Jumlah daun tanaman remediator yang ditanam pada lahan tercemar .....	76
Gambar 8.3 Irisan melintang tanaman (a) <i>Eleusine indica</i> (b) <i>Euphorbia hirta</i> .....	78
Gambar 8.4 Pemberian biochar terhadap penyerapan logam berat Pb dan Cd.....	81





## Daftar Tabel

Tabel 2.1 Kandungan logam berat dalam tanah secara alamiah ( $\text{mg kg}^{-1}$ )	13
Tabel 2.2 Nilai ambang batas kandungan logam berat	14
Tabel 6.1 Total serapan Hg dan Pb pada tanaman remediator <i>Chromolaena odorata</i> ( $\text{mg kg}^{-1}$ )	39
Tabel 6.2 Total serapan Hg dan Pb pada tanaman remediator <i>Vetiveria zizainoides</i> ( $\text{mg kg}^{-1}$ )	44
Tabel 6.3 Biomassa akar, bagian atas tanaman, Faktor Translokasi (FT) dan Faktor Bioakumulasi (BCF) pada masing-masing tanaman remediator	49
Tabel 7.1 Jenis fungisida dan insektisida yang digunakan beserta bahan aktif	56
Tabel 7.2 Hasil Analisa Tanah Tercemar	57
Tabel 7.3 Hasil analisis kimia abu gunung Kelud	58
Tabel 7.4 Hasil identifikasi dan nilai Indeks nilai Penting (INP)	61
Tabel 7.5 Biomassa akar, bagian atas tanaman, faktor transfer (FT) dan faktor biokonsentrasi (BCF) logam berat Cd pada masing-masing tanaman	64
Tabel 7.6. Biomassa akar, bagian atas tanaman, faktor transfer (FT) dan faktoriokonsentrasi (BCF) logam berat Hg pada masing-masing tanaman	65
Tabel 8.1 Hasil analisis tanah pasca remediasi	74

## A. Pengertian Pencemaran

Kekayaan sumberdaya alam di Indonesia tidak perlu kita ragukan, namun tingkat eksploitasi dan eksplorasi juga cukup tinggi. Keadaan yang demikian turut memicu tingginya tingkat kerusakan terutama pada tanah dan air. Saat ini, kita selalu disuguhi dengan berbagai persoalan lingkungan yang menuntut segera diatasi. Sadar atau tidak hanya sebagian saja yang berupaya untuk mencari solusinya, sementara yang lain sibuk pula untuk meningkatkan pencemaran. Masalah pencemaran bukan persoalan baru yang kita hadapi, tetapi terjadi sejak dulu. Upaya pengendalianpun semakin kompleks, namun selalu kalah dengan tingkat kerusakan. Teknologi pencegahan dan pengendalian semakin kompleks dilakukan tetapi selalu kalah. Hal ini diakibatkan karena kebutuhan ekonomi lebih dominan dibandingkan dengan tingkat pengendalian. Pencemaran tanah akan berdampak pada kesehatan tanah. Kesehatan tanah terganggu akan berdampak pada kesehatan tanaman, Tanah menempati posisi yang sangat penting dalam hidup dan kehidupan manusia. Tanah memiliki fungsi penting sebagai ruang dan tempat berkembang biak mahluk hidup. Tanah juga memiliki fungsi produksi sebagai penghasil biomassa, dan juga sebagai konservasi sumberdaya air. Pemanfaatan tanah seharusnya dilakukan sesuai dengan kemampuannya, karena berkaitan dengan kepentingan generasi yang akan datang. Pemanfaatan keberlanjutan tanah dapat dilakukan apabila kegiatan pengendalian perusakan tanah sudah sesuai dengan baku mutu yang diinginkan.

Ditinjau dari penyebabnya, pencemaran tanah, dapat di bagi menjadi dua yaitu, terjadi dengan sendirinya yang disebabkan alam dan antropogenik atau ulah manusia. Pencemaran tanah adalah keadaan di mana polutan atau bahan kimia buatan masuk atau dimasukkannya polutan tersebut sehingga merubah lingkungan tanah alami. Pada lahan pertanian, pencemar tanah merupakan masalah yang perlu disikapi. Tanah tercemar biasanya mengandung sejumlah logam berat terutama Hg, Pb, Cd, Ni, Cn, dan As. Cemar logam berat akan mempengaruhi pertumbuhan tanaman, selanjutnya akan berdampak pada keamanan pangan dan kesehatan manusia. Teknologi remediasi sedapat mungkin dilakukan dengan biaya yang murah, karena selama ini teknik remediasi yang dilakukan memerlukan biaya yang mahal. McMahan *et al.* (2000) memperkirakan, untuk pembersihan dan perbaikan satu tailing spill misalnya pada pertambangan skala besar

memerlukan biaya sekitar US \$ 100 juta, sementara apabila menggunakan tanaman biayanya menjadi lebih murah. Penelitian penggunaan tanaman untuk fitoremediasi tanah yang pernah dilakukan hanya menghabiskan biaya antara \$ 2.500 – \$ 15.000 per hektar. Artinya bahwa penggunaan tanaman untuk merehabilitasi tanah jauh lebih murah dibandingkan dengan teknologi remediasi lainnya.

Perbaikan karakteristik tanah terutama tanah yang tercemar dengan kandungan hara rendah akan mempengaruhi pertumbuhan tanaman. Pertumbuhan tanaman yang baik akan mendorong peningkatan penyerapan logam berat. Kemampuan tanaman dalam menyerap logam berat selain dipengaruhi oleh tingkat kesuburan tanah, sistem penanaman dan *performance* tanaman, yang berhubungan dengan anatomis-morphologis tanaman. Tanaman yang digunakan sebagai remediator harus mampu menyerap logam berat dalam jumlah besar (EPA, 2001). Sejumlah peneliti telah menggunakan tanaman akumulator untuk menyerap logam berat (Reves, 2006 ; Robinson *et al.*, 2009). Beberapa diantara jenis tanaman tersebut bersifat hiperakumulator dan berada di wilayah beriklim sedang. Jenis-jenis tersebut perlu dieksplorasi terutama yang memiliki sifat adaptasi tinggi sesuai dengan iklim Indonesia dan dijadikan sebagai tanaman remediator.

## **B. Pencemaran Tanah**

Pencemaran tanah adalah masuknya bahan tercemar berupa zat, energy atau komponen lingkungan hidup lain yang dilakukan oleh manusia maupun secara alami ke dalam tanah, akibatnya kualitas tanah menjadi menurun serta tidak sesuai lagi dengan peruntukannya. Permasalahan pencemaran tanah saat ini menjadi salah satu isu yang sering diperbincangkan oleh para pakar dibidang pertanian. Isu ini menjadi sangat strategis karena berkaitan dengan produktivitas dan kualitas tanah dan tanaman. Penyebab utama pencemaran selain erosi dan sedimentasi juga dipengaruhi oleh intensitas penggunaan bahan agrokimia berupa pupuk dan pestisida yang melampaui batas. Pencemaran tanah yang sangat krusial saat ini adalah adanya akumulasi logam berat di tanah seperti merkuri (Hg), timbal (Pb), kadmium (Cd), sianida (Cn), tembaga (Cu), dan seng (Zn). Jenis logam berat di atas terutama merkuri yang mencemari tanah sangat sulit untuk didegradasi, selanjutnya akan berdampak pada keamanan pangan.

Penggunaan bahan agrokimia diakui memberi kontribusi besar terhadap peningkatan produksi pangan nasional. Penggunaannya yang tidak terkontrol dan melampaui batas akan berdampak buruk terhadap kesehatan tanah. Pencemaran lahan pertanian di Indonesia terutama Pb, Cd, Cu, dan Zn pada lahan yang dikelola secara intensif dilaporkan telah melampaui nilai ambang batas. Kadar logam berat di beberapa sentra hortikultura juga telah melewati ambang batas. Kadar Pb pada bawang merah di sentra produksi bawang seperti Tegal dan Bekasi dilaporkan sekitar 3,67 mg kg<sup>-1</sup>,

sementara ambang batas Pb dalam sayuran yang ditetapkan sebesar 2,0 mg kg<sup>-1</sup> (Adi, 2003). Begitu pula kadar Cd yang diperoleh sekitar 0,29 mg kg<sup>-1</sup>, padahal ambang batasnya adalah 0,1 mg kg<sup>-1</sup>. Subowo *et al*, (2004), telah terjadi pencemaran Pb sebesar 206-449 mg kg<sup>-1</sup> pada tanah sawah di kawasan industri Tangerang Jawa Barat. Di Batu Cd yang dilaporkan juga berkisar antara 1,96 – 2,26 mg kg<sup>-1</sup> (Hamzah, 2017)

Kegagalan mitigasi logam berat yang terkonsentrasi di tanah mengakibatkan mobilisasi logam berat ke dalam tanah, kemudian ditranslokasikan ke tanaman, Dampak berikutnya pada kesehatan manusia. Penggunaan bahan agrokimia pada beberapa sentra hortikultura berasal dari penggunaan pupuk maupun pestisida yang melampaui batas. Residu bahan agrokimia yang terakumulasi di tanah, selanjutnya diserap oleh tanaman dan menimbulkan bioakumulasi pada manusia yang mengonsumsinya. Logam berat dibagi menjadi dua yaitu logam berat esensial dan non esensial. Logam berat esensial adalah logam berat yang dibutuhkan oleh makhluk hidup dalam jumlah yang sedikit untuk mendukung fungsi fisiologi dan biokimia diantaranya Mn, Cu, Zn, Fe dan Ni. Sedangkan logam berat non esensial adalah logam berat yang tidak dibutuhkan oleh makhluk hidup dalam proses fisiologi antara lain Hg, Pb, Cd, Cr, dan As. Akumulasi logam berat ini sangat berbahaya terhadap kesehatan manusia. Pencemaran logam berat dan pengaruhnya terhadap kesehatan manusia melalui beberapa proses :

- (a) Kontak langsung dengan tanah yang tercemar,
- (b) Melalui rantai makanan (tanah-tanaman-manusia, atau tanah-tanaman-ternak-manusia),
- (c) Mengonsumsi air yang tercemar dll.

### C. Pencemaran Air

Air merupakan kebutuhan hidup manusia yang paling utama, baik ditinjau dari kualitas maupun kuantitas. Permasalahan yang muncul saat ini di beberapa wilayah telah mengalami pencemaran, sehingga menjadi barang langka dan mahal. Sumber penyebab pencemaran terutama dari limbah industri dan limbah dari berbagai aktivitas manusia yang langsung dibuang ke air. Peraturan Pemerintah Nomor 20 tahun 1990, "Pencemaran air adalah masuk atau dimasukkannya makhluk hidup, zat, energy dan atau komponen lain ke dalam air oleh kegiatan manusia sehingga kualitas air turun sampai ke tingkat tertentu yang menyebabkan air tidak berfungsi lagi sesuai dengan peruntukannya. Indikator pencemaran air yang dapat diketahui adalah adanya perubahan yang dapat diamati diantaranya :

- (a) Secara fisik dapat dilihat dari tingkat kekeruhan, suhu, warna serta, bau dan rasa,
- (b) Secara kimiawi, diamati berdasarkan kelarutan zat kimia serta perubahan pH, dan
- (c) Secara biologis, dapat diamati dari ada atau tidaknya mikroorganisme dan bakteri pathogen.

Indikator umum yang sering dipakai untuk pemeriksaan pencemaran air antara lain pH, oksigen terlarut (Dissolved Oxygen, DO), kebutuhan oksigen biokimia (Biochemiycal Oxygen Demand, BOD) serta kebutuhan oksigen kimiawi (Chemical Oxygen Demand, COD). Kadar logam berat seperti merkuri (Hg), timbal (Pb), kadmium (Cd), seng (Zn), Sianida (Cn), di beberapa wilayah dilaporkan juga telah melewati ambang batas. Kondisi ini sangat berbahaya, karena logam berat masuk ke tubuh manusia melalui rantai makanan. Sumber pencemaran di air sebagian besar disebabkan oleh residu bahan agrokimia yang terbawa serta erosi masuk kedalam air serta akumulasi sisa pakan ikan. Beberapa waduk di Indonesia yang dilaporkan sebagian sudah mulai tercemar logam berat, termasuk kadar H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> yang tinggi (Budiman, 2012). Pencemaran air sangat mempengaruhi ekonomi masyarakat terutama petani ikan yang menggantungkan hidup pada air, bahkan terancam bangkrut karena produksi ikan terus menurun. Salah satu faktor yang berpengaruh adalah pH air yang selalu berubah. pH air normal untuk produksi ikan berkisar 6,5 – 7,5, jika tidak sesuai akan mempengaruhi proses biokimia perairan dan akan berdampak pada produksi ikan.

Limbah industri yang sering dibuang ke sungai mempengaruhi pH air dan mengganggu kehidupan biota akuatik. Biota air sangat sensitif terhadap perubahan pH. pH yang dikehendaki berkisar antara 7 – 8,5, karena mempengaruhi proses biokimiawi, seperti proses nitrifikasi. pH air dibawah 4, sebagian besar tumbuhan air akan mati karena tidak toleran terhadap pH rendah, namun ada beberapa jenis algae seperti Chlamydomonas acidophila dan Euglena dapat hidup pada pH 1 – 1,6. Air yang normal dan memenuhi persyaratan untuk kehidupan mempunyai pH antar 6,5 – 7,5. Selain kisaran pH tersebut, pH air akan bersifat asam jika pH kurang dari 6,5, dan bersifat basa bila pH lebih dari 7,5.

Tabel 1.1 Pengaruh pH Terhadap Komunitas Biologi Perairan

Nilai pH	Pengaruh Umum
4,5 – 5,0	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Penurunan keanekaragaman dan komposisi jenis plankton, perifilton dan bentos semakin besar.</li> <li>• Penurunan kelimpahan total dan biomassa zooplankton dan bentos.</li> <li>• Algae hijau berfilamen semakin banyak</li> <li>4. Proses nitrifikasi terhambat.</li> </ul>
5,0 – 5,5	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Penurunan keanekaragaman dan komposisi jenis plankton, perifilton dan bentos semakin besar.</li> <li>• Terjadi penurunan kelimpahan total dan biomassa zooplankton dan bentos.</li> <li>• Algae hijau berfilamen semakin banyak.</li> <li>• Proses nitrifikasi terhambat.</li> </ul>

5,5 – 6,0	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Penurunan nilai keanekaragaman plankton dan bentos semakin tampak.</li> <li>• Kelimpahan total, biomassa, dan produktivitas masih belum mengalami perubahan yang berarti.</li> <li>• Algae hijau berfilamen mulai tampak pada zona litoral.</li> </ul>
6,0 – 6,5	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Keanekaragaman plankton dan bentos sedikit menurun .</li> <li>• Kelimpahan total, biomassa, dan produktivitas tidak mengalami perubahan.</li> </ul>

Sumber : Modifikasi Baker *et al.*, Efendi, 2003

Indikator pencemaran air dapat dilihat dari seberapa besar kadar kebutuhan oksigen biokimia (BOD), dan kebutuhan oksigen kimia (COD) yang berada di air. Komponen ini dapat diukur untuk menentukan kualitas air perairan. Semakin besar kadar BOD, maka mengindikasikan perairan tersebut telah tercemar. Nilai BOD untuk air minum dan menopang organisme air antara 3,0 – 6,0 mg/liter. Nilai kadar COD < 20 mg/l dianggap tidak tercemar, tetapi jika kadar COD > 200 mg/l dikategorikan tercemar (UNESCO,WHO/UNEP, 1992).

# Daftar Pustaka



- Adi Abdurachman, 2003. Degradasi Tanah Pertanian Indonesia Tanggung Jawab Siapa. Puslitbangtanak. <http://litbang.deptan.go.id>. diunduh, 28 Maret 2014
- Alberto A.M.P., dan Sigua G.C., 2013. Phytoremediation : A Green Technology to Remove Environmental Pollutants. *American Journal of Climate Change*, Volume 2, 71- 86. <http://www.scirp.org/journal/ajcc>.
- Alfian, 2006 Frero, H., Leftebrvre, C., Guber, W., Collin, C., Dos Santos, A., and Escare, J., 2006. Specific interactions between local metallophilous plants improve the phytostabilization of mine soil. *J. Plant and Soil*, 282: 53-65
- Aremu, M.O., Abike, F.O., and Oyebamiji, T., E. 2013. Phytoextraction potential of *vetiveria zizanioides* on heavy metals. *European Scientific Journal*, 9 : 1857 – 7881
- Atkinson C.J.,J.D. Fitzgerald, N.A. Higgs, 2010. Potential mechanisms for achieving agricultural benefits from biochar application to temperate soils: a review. *Plant and Soil*, 337 (2010), pp. 1-18
- Ahmad M., Rajapaksha A.U., Lim J.E., and Zhang M., 2014. Biochar as a sorbent for contaminant management in soil and water: A review. Volume 99, March 2014, Pages 19-33. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2013.10.071>. Elsevier.
- Budiman M.A.K, 2012. Sumber, Dampak, dan Penanggulangan dari Pencemaran Air. <https://asyiefkhasan.wordpress.com/2012/12/22/sumber-dampak-dan-penanggulangan-dari-pencemaran-air/>
- Buckley, M., 2000. Research Demonstrates Potentials of Plants to Break Down Some Types of Explosives. URL:<http://aec-www.apgea.army.mil:-8080/prod/usaec/op/plants.htm>.
- Bian R., Stephen J., Liqiang C., Genxing P., Lianqing L., Xiaoyu L., Afeng Z., Helen R., Singwei W., Chee C.,Chris M., Bin G., Paul M., and Scott D., 2014. A three-year experiment confirms continuous immobilization of cadmium and lead in contaminated paddy field with biochar amendment.
- Callahan, D.L., Baker, A.J.M., Kolev, S.D., and Weed, A.K., 2006. Metal ion ligands in hyperaccumulating plants. *J. of Biological Inorganic Chemistry*, 11: 2–12.

- Chaney, R.L., Chen, K.Y., Li, Y.M., Angle, J.S., and Baker, A.J.M., 2008. Effects of calcium on nickel tolerance and accumulation in *Alyssum* species and cabbage grown in nutrient solution. *J. Plant Soil*, 311: 131–140.
- Darmono.1995. *Logam Dalam Sistem Biologi Makhluk Hidup*. UI-Press:Jakarta
- Du, X., Zhu, Y.G., Liu, W.J., and Zhao, X.S., 2005. Uptake of mercury (Hg) by seedlings of rice (*Oryza sativa* L.) grown in solution culture and interactions with arsenate uptake. *J. Environmental and Experimental Botany*, 54: 1–7.
- Eapen, S., and D'Souza, S.F., 2005. Prospects of genetic engineering of plants for phytoremediation of toxic metals. *J. Biotechnology Advances* 23: 97–114.
- Environmental Protection Agency (EPA), 2001. *Brownfields technology primer: selecting and using phytoremediation for site clean up*. Environmental Protection Agency, Washington
- Fardiaz, S. 1992. *Polusi air dan udara*. Kanisius, Yogyakarta.
- Fellet G., Marmiroli M., and Marchiol L., 2014. Elements uptake by metal accumulator species grown on mine tailings amended with three types of biochar. *Science of the Total Environment* 468–469 : 598–608. [www.elsevier.com/locate/scitotenv](http://www.elsevier.com/locate/scitotenv).
- Gaskin, J.W., Speir R.A., Harris K., Das K.C., Lee R.D., Morris L.A., Fisher D.S., 2010. Effect of peanuthull and pinechip biochar on soil nutrients, corn nutrient status, and yield. *Agronomy Journal* 102, 623–633.
- Geger, M., Wang, Y., and Neusch utz, C., 2005. Absence of Hg transpiration by shoot after Hg uptake by roots of six terrestrial plant species. *J. Environmental Pollution*, 134: 201–208.
- Ghosh, M., and Singh, S.P., 2005. A review on phytoremediation of heavy metals and utilization of its by product. *J. Applied Ecology and Environmental Research* 3 (1): 1–18
- Herman. D.Z., 2006. Tinjauan terhadap *tailing* mengandung unsur pencemar Arsen (As), Merkuri (Hg), Timbal (Pb) dan Kadmium (Cd) dari sisa pengolahan bijih logam. *J. Geologi Indonesia*. Vol. 1 No. 1 : 31-36.
- Hidayati N, 2005. Fitoremediasi dan Potensi Tumbuhan Hiperakumulator. Sebuah Ulasan. *J. Hayati*, 12 (1): 35-40.
- Hall, J.L., 2002. Cellular mechanisms for heavy metal detoxification and tolerance. *J. Experimental Botany* 53: 1–11.
- Hamzah A., Z. Kusuma, W.H. Utomo, and B. Guritno, 2012. Siam weed (*Chromolaena odorata* L.) for phytoremediation of artisanal gold mine tailings. *Journal Tropical of Agriculture*, 50 (1-2) : 88-91.



- Hamzah A., Ricky I.H., Erwin I.W., 2016. Phytoremediation of Cadmium-contaminated agricultural land using indigenous plants. IJOEAR Vol-2, No 1 : 8-14. [www.ljoear.com](http://www.ljoear.com)
- Hamzah A., Ricky I. Hapsari, and Rosyda P. 2017. The influence of rice husk and tobacco waste biochars on soil quality. Journal of Degraded and Mining Lands Management (JDMLM) Volume 5, No. 1 (October 2017). [www.jdmlm.ub.ac.id](http://www.jdmlm.ub.ac.id)
- Handayanto E.H. dan Kurniatun H, 2009. Biologi Tanah : Landasan Pengelolaan Tanah Sehat. Penerbit Pustaka Adipura, Yogyakarta.
- Handayanto E.H., Nuraini Y., Nurul M., Netty S., dan Amrullah F., 2016. Fitoremediasi dan Phytomining Logam Berat Pencemar Tanah, Penerbit UB Press, Malang.
- Herman. D.Z., 2006. Tinjauan terhadap *tailing* mengandung unsur pencemar Arsen (As), Merkuri (Hg), Timbal (Pb) dan Kadmium (Cd) dari sisa pengolahan bijih logam. Jurnal Geologi Indonesia. Vol. 1 No. 1 : 31-36.
- Hindersah, R., Kalay, A. M., dan Muntalif, B.S., 2004. Akumulasi Pb dan Cd Pada Buah Tomat Yang Ditanam Di Tanah Mengandung Lumpur Kering Dari Instalasi Pengolahan Air Limbah Domestik. Konges Perhimpunan Ahli Teknologi Pangan Indonesia (PATPI), Jakarta 17-18 Desember 2004.
- Hidayat B., 2015. Remediasi tanah tercemar logam berat dengan menggunakan biochar. Jurnal Pertanian Tropik Volume 2, No.1. (7) : 31- 41
- Idris, R., Trifonova, R., Puschenrieiter, M., Wenzel, W.W., and Sessitsch, A., 2004. Bacterial communities associated with flowering plants of Ni hyperaccumulator *Thlaspi goesingense*. J. Applied Environmental Microbiology, 70: 2667–2677
- Jeffery S., F.G.A. Verheijen, M. van der Velde, A.C. Bastos, 2011. A Quantitative Review of the Effects of Biochar Application to Soils on Crop Productivity Using Meta-Analysis. J. Agriculture Ecosystems & Environment 144(1):175-187. DOI: 10.1016/j.agee.2011.08.015
- Kimenyu, P.N., Oyaro, N., Chacha, J.S. and Tsanuo, M.K., 2009. The potential of *Commelina bengalensis*, *Amaranthus hybridus*, *Zea mays* for phytoremediation of heavy metals from contaminated soils. J. Sains Malaysiana, 38(1): 61 – 68.
- Lasat, M.M., 2001. The use of plant of the removal of toxic metals from contaminated soil. American Association for the Advancement of Science. USA.
- Lehman, C. Dan dan franz, R. 2004. Assesising the potential for cadmium phytoremediation with *Calamagostis epigejos*: a pot experiment. J. of Phytoremediation, 6(2): 169-183

- Liu, X., Zhang, A., Ji, C., Joseph, S., Bian, R., Li, L., Pan, G., and Paz-Ferreiro, J. 2013. Biochar's effect on crop productivity and the dependence on experimental conditions – a meta-analysis of literature data, *Plant Soil*, 373 : 583–594, doi:10.1007/s11104-013-1806-x.
- McMahon, G., Subdibjo, E.R., Aden, J., Bouzaher, A., Dore, G., and Kunanayagam, R., 2000. Mining and the environment in Indonesia: Long-term trends and repercussions of the Asian economic crisis. EASES Discussion Paper Series, 21438 November 2000. the Environment and Social Development Unit (EASES), East Asia and Pacific Region of the World Bank
- Mendez, M.O., Glenn, E.P. and Maier, R.M. 2007. Phytostabilization potential of quailbush for mine tailings: growth, metal accumulation, and microbial community changes. *J. Environmental Quality*, 36: 245–253.
- Moreno-Jimenez, E., Gamarra, R., Carpena-Ruiz, R.O., Mill' an, R., Penalosa, J.M., and Esteban, E., 2006. Mercury bioaccumulation and phytotoxicity in two wild plant species of Almaden area. *J. Chemosphere*, 63: 1969–1973.
- Notohadiprawiro, T. 2006. Logam berat dalam Pertanian. UGM Pres : Yogyakarta.
- Ortega-Villasante, C., Alvarez, R., Del Campo, F.F., Carpena-Ruiz, R.O., and Hernandez, L.E., 2005. Cellular damage induced by cadmium and mercury in *Medicago sativa*. *J. Experimental Botany*, 56: 2239–2251
- Patra, M., and Sharma, A., 2000. Mercury toxicity in plants. *J. Botany Rev.* 66 : 379-422.
- Reeves, R., 2006. Hyperaccumulation of trace elements by plants. In: *Phytoremediation of Metal-Contaminated Soils*. Morel, J. L., Echevarria, G., and Goncharova, N., Eds.: 25–52.
- Robinson, B., Fernandez, J.E., Madejon, P., Maranon, T., Murillo, J.M., Geen, S., and Clothier, B., 2003. Phytoextraction: an assessment of biogeochemical and economic viability. *J. Plant and Soil*, 249: 117–125.
- Robinson, B., Banuelos, G., Conesa, H.M., Evangelou M.W.H., and Schulin R., 2009. The Phytomanagement of Trace Elements in Soil. *Critical Reviews in Plant Science*, 28: 240–266, [www.informaworld.com](http://www.informaworld.com)
- Rondon, M. A., Lehmann, J., Ramirez, J., and Hurtado, M., 2007. Biological nitrogen fixation by common beans (*Phaseolus vulgaris* L.) increases with biochar additions. *J. Biology and Fertility of Soils*, 43 : 699 -708.
- Schroder, P., Patricia, J.H., and Jean-Paul, S., 2002. prospects for phytoremediation of organik pollutants in europe. *J. Environmental Science and Pollution*, 9(1): 1 – 3.

- Schnoor, J.L., 2002. Phytoremediation of soil and groundwater. Groundwater Remediation Technologies Analysis Center, Technology Evaluation Report, TE-02-01: 1-45
- Shah, K., and Nongkynrih, J.M., 2007. Metal hyperaccumulation and bioremediation. *J. Biologia Plantarum*, 51 (4): 616–634.
- Sheoran, V., Sheoran, A.S., and Poonia P., 2009. Phytomining: A review. *J Minerals Engineering* 1007–1019 home page: [www.elsevier.com/locate/mineng](http://www.elsevier.com/locate/mineng)
- Spokas K.A., Novak J.M., Venterea R.T., (2012) Biochar's role as an alternative N fertilizer: ammonia capture. *J. Plant Soil* 350:35–42. doi:10.1007/s11104-011-0930-8
- Subowo G., Ratmini N.P.S., Dewi D.S., dan Kentjanasari, 2004. Efektivitas Teknologi Remediasi Tanah Tercemar Logam Berat Pb dan Cd. Prosiding Seminar Inovasi Teknologi Sumberdaya Tanah dan Iklim. Bogor, 14 – 15 September 2004.
- Susilowati, L.E., 2010. Perilaku Timbal (Pb) Dalam Tanah dan Pengaruhnya Terhadap Kehidupan Bakteri Pelarut Fosfat dan Perubahan Anatomi Morfologi Akar Tanaman. Disertasi. Program Pasca Sarjana Universitas Brawijaya, Malang.
- Tang J., Zhu W., Kookan R., and Katayama A., 2013. Characteristics of biochar and its application in remediation of contaminated soil. *Journal of Bioscience and Bioengineering*. Volume 116, Issue 6, December 2013, Pages 653-659. Elsevier. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2013.10.071>
- Wang, Y., and Geger, M., 2004. Clonal differences in mercury tolerance, accumulation, and distribution in willow. *J. of Environmental Quality*, 33: 1779–1785
- Watanabe, M.E., 1997. Phytoremediation on the brink of commercialization. *Environ. J. Science Technology*, 31(4): 182-186
- Waseem A., Jahanzaib, A., Farhat I., Ashif S., Zahid M., and Ghulam M., 2014. Pollution Status of Pakistan: A Retrospective Review on Heavy Metal Contamination of Water, Soil, and Vegetables. *BioMed Research International* Volume 2014 (2014), Article ID 813206, 29 pages. <http://dx.doi.org/10.1155/2014/813206>.
- Widaningrum, Miskiyah dan Suismono, 2007. Bahaya Kontaminasi Logam Berat Dalam Sayuran Dan Alternatif Pencegahan Cemarannya. *Jurnal, Buletin Teknologi Pascapanen Pertanian* Vol. 3 2007
- Widhiyatna, D., 2005. Pendataan Penyebaran Merkuri Akibat Usaha Pertambangan Emas di Daerah Tasikmalaya, Propinsi Jawa Barat. Laporan Penelitian-DIM
- Widowati, W., Asnah, A., and Utomo, W. H. 2014. The use of biochar to reduce nitrogen and potassium leaching from soil cultivated with maize. *Journal of Degraded and Mining Lands Management*, 2(1), 211-218.

- Wisnubroto, E. 2015. Investigation on the effect of biochar addition and the use of pasture species with different rooting systems on soil fertility and carbon storage. (Master Theses, Massey University).
- Zynda, T., 2001. Phytoremediation. Michigan State University The Technical Assistance for Brownfield Communities (TAB) Program.

# Biografi Penulis



Dr. Ir. Amir Hamzah, MP., lahir di Maluku Utara, 27 Mei 1967. Bekerja sebagai dosen dpk Lembaga Layanan Dikti (LLDikti) Wilayah 7 pada Fakultas Pertanian Universitas Tribhuwana Tunggadewi, Malang. Saat ini menjabat sebagai Dekan Fakultas Pertanian Universitas Tribhuwana Tunggadewi, dengan Jabatan Fungsional Lektor Kepala.

Gelar Sarjana Pertanian (Ir) diperoleh dari Jurusan Budidaya Pertanian Fakultas Pertanian Universitas Darussalam Ambon, 1992. Tahun 1999 memperoleh gelar Magister Pertanian (MP) dari Pascasarjana Universitas Brawijaya Program Studi Pengelolaan Tanah dan Air. Tahun 2013 menyelesaikan Program Doktor Ilmu Pertanian dari Universitas Brawijaya. Sejak tahun 2008 sampai saat ini masih menekuni berbagai penelitian yang berkaitan dengan pencemaran tanah dan air. Aktif pada forum-forum ilmiah baik sebagai pemakalah maupun peserta. Beberapa hasil penelitian telah publikasikan di jurnal Nasional maupun Internasional. Beberapa dari hasil penelitian telah diajukan untuk dipatenkan.



Dr. Ir. Rossyda Priyadarshini, MP., lahir di Sampang, 19 Maret 1967. Saat ini bekerja sebagai dosen Fakultas Pertanian Universitas Pembangunan Nasional Veteran Surabaya. Saat ini menjabat sebagai Sekretaris LPMM Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jawa Timur, dengan Jabatan Fungsional Lektor Kepala.

Gelar Sarjana Pertanian (Ir) diperoleh dari Jurusan Tanah Pertanian Fakultas Pertanian Institut Pertanian Bogor, 1990. Tahun 1999 memperoleh gelar Magister Pertanian (MP) dari Pascasarjana Universitas Brawijaya Program Studi Pengelolaan Tanah dan Air. Tahun 2012 menyelesaikan Program Doktor Ilmu Pertanian dari Universitas Brawijaya. Sejak tahun 2007 sampai saat ini masih menekuni berbagai penelitian yang berkaitan Biodiversitas dan kimia tanah. Aktif mengikuti seminar baik sebagai pemakalah maupun peserta pada tingkat nasional maupun internasional. Beberapa hasil penelitian telah publikasikan di jurnal Nasional maupun Internasional, dan sebagian diajukan untuk dipatenkan.