

## Volume 1 | Nomor 2 | Juli 2026

# IDENTIFIKASI KANDUNGAN LOGAM BERAT PADA TANAH MENGUNAKAN BUNGA MATAHARI (*Helianthus annuus* L) SEBAGAI AGEN FITOREMEDIASI; literature review

*Mychael Christover<sup>1</sup>, Familia Novita Simanjuntak<sup>2</sup>*

Program Studi Pendidikan Kimia, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas  
Kristen Indonesia

[mychaelchristover@gmail.com](mailto:mychaelchristover@gmail.com), [familianovitasimanjuntak@gmail.com](mailto:familianovitasimanjuntak@gmail.com)

### Abstract

Heavy metal contamination in soil is an environmental problem that continues to increase due to industrial activity, mining, the use of fertilizers and pesticides, and poorly managed waste disposal. Heavy metals such as lead (Pb), cadmium (Cd), chromium (Cr), copper (Cu), and zinc (Zn) are persistent, non-biodegradable, and can accumulate in plant tissue and the human body through the food chain. Phytoremediation, the use of plants to absorb, stabilize, or degrade contaminants in soil, is considered an environmentally friendly and economical approach to address this problem. Sunflower (*Helianthus annuus* L.) is known as one of the hyperaccumulator plants that is effective in absorbing various heavy metals through its roots and translocating them to the stem and leaves. This article was compiled using a literature review method by examining various national and international scientific journals discussing the mechanism of heavy metal absorption by sunflower, factors affecting phytoremediation efficiency, and methods for identifying heavy metal content in soil and plant tissue. The review results show that *Helianthus annuus* has a high accumulation capacity for Pb and Cd compared to other heavy metals, with translocation factors varying depending on metal concentration, soil pH, and exposure duration. Identification of heavy metal content is generally carried out through atomic absorption spectrophotometry (AAS) or ICP-OES methods following the destruction of soil and plant tissue samples. It is concluded that sunflower has great potential to be used as a biomonitor and phytoextraction agent for heavy metals in contaminated land, although its application requires further study regarding post-harvest biomass management to avoid secondary contamination.

**Keywords:** Heavy metals; phytoremediation; *Helianthus annuus*; contaminated soil; hyperaccumulator

## **Pendahuluan**

Perkembangan industri, pertambangan, dan urbanisasi yang pesat dalam beberapa dekade terakhir telah memberikan kontribusi besar terhadap meningkatnya pencemaran logam berat pada tanah. Logam berat seperti timbal (Pb), kadmium (Cd), kromium (Cr), tembaga (Cu), seng (Zn), nikel (Ni), dan merkuri (Hg) dapat masuk ke dalam tanah melalui limbah industri, emisi kendaraan bermotor, penggunaan pupuk kimia dan pestisida secara berlebihan, serta pembuangan limbah elektronik dan limbah tambang yang tidak dikelola dengan baik. Berbeda dengan polutan organik yang dapat terdegradasi oleh mikroorganisme, logam berat bersifat persisten dan tidak dapat dihancurkan secara alami sehingga akan terus terakumulasi dalam tanah dalam jangka waktu yang lama.

Akumulasi logam berat dalam tanah memberikan dampak negatif yang serius, baik terhadap kualitas tanah maupun kesehatan makhluk hidup. Logam berat yang terserap oleh tanaman dapat berpindah ke dalam rantai makanan dan pada akhirnya dikonsumsi oleh manusia, sehingga dapat menimbulkan berbagai gangguan kesehatan seperti kerusakan ginjal, gangguan sistem saraf, gangguan pertumbuhan pada anak, hingga risiko kanker pada paparan jangka panjang. Oleh karena itu, diperlukan upaya pemulihan lahan tercemar logam berat melalui metode yang efektif, efisien, dan ramah lingkungan.

Metode konvensional untuk menangani tanah tercemar logam berat, seperti penggalian tanah (soil excavation), pencucian tanah (soil washing), dan stabilisasi kimia, umumnya membutuhkan biaya yang besar, peralatan yang kompleks, serta dapat merusak struktur tanah dan ekosistem di sekitarnya. Sebagai alternatif, teknologi fitoremediasi dikembangkan sebagai metode pemulihan lahan tercemar yang lebih ekonomis dan berkelanjutan. Fitoremediasi merupakan teknologi yang memanfaatkan kemampuan tumbuhan untuk menyerap (fitoekstraksi), menstabilkan (fitostabilisasi), atau mendegradasi (fitodegradasi) kontaminan yang terdapat di dalam tanah, air, maupun udara.

Bunga matahari (*Helianthus annuus* L.) merupakan salah satu tumbuhan yang banyak diteliti dan digunakan dalam fitoremediasi logam berat karena memiliki beberapa keunggulan, di antaranya pertumbuhan yang cepat, sistem perakaran yang dalam dan luas, biomassa yang besar, serta toleransi yang tinggi terhadap konsentrasi logam berat yang relatif tinggi dalam tanah. Bunga matahari juga dikenal mampu menyerap logam berat dalam jumlah yang cukup besar pada jaringan akar dan

mentranslokasikannya ke bagian batang serta daun, sehingga digolongkan sebagai tumbuhan hiperakumulator. Beberapa penelitian bahkan menunjukkan bahwa *Helianthus annuus* pernah digunakan dalam upaya pemulihan lahan yang terkontaminasi radionuklida pasca insiden nuklir, seperti pada kasus Chernobyl dan Fukushima, melalui kemampuannya menyerap unsur logam dan logam radioaktif tertentu dari dalam tanah.

Selain berfungsi sebagai agen remediasi, bunga matahari juga dapat dimanfaatkan sebagai bioindikator atau biomonitor pencemaran logam berat pada suatu kawasan. Analisis kandungan logam berat pada jaringan tumbuhan yang tumbuh di lahan tertentu dapat memberikan informasi tidak langsung mengenai tingkat pencemaran tanah di kawasan tersebut tanpa harus melakukan pengeboran dan pengujian tanah secara langsung pada setiap titik. Pendekatan ini dianggap praktis, murah, dan dapat dilakukan secara berkala untuk memantau perkembangan kualitas lingkungan.

Berdasarkan uraian di atas, artikel review ini bertujuan untuk mengkaji secara komprehensif mengenai mekanisme penyerapan logam berat oleh bunga matahari, faktor-faktor yang memengaruhi efisiensi fitoremediasi, metode identifikasi dan analisis kandungan logam berat pada tanah maupun jaringan tumbuhan, serta potensi dan tantangan penerapan bunga matahari sebagai agen fitoremediasi pada lahan tercemar logam berat di Indonesia.

## **Metode Penelitian**

### **Jenis Penelitian**

Artikel ini disusun menggunakan metode tinjauan pustaka (literature review) dengan pendekatan deskriptif kualitatif. Metode ini dipilih karena tujuan penulisan adalah untuk merangkum, membandingkan, dan menganalisis temuan-temuan dari berbagai penelitian terdahulu mengenai penggunaan bunga matahari (*Helianthus annuus*) dalam identifikasi dan remediasi logam berat pada tanah, tanpa melakukan pengujian laboratorium secara langsung.

### **Sumber dan Strategi Pencarian Literatur**

Sumber data yang digunakan dalam penulisan artikel ini berupa data sekunder yang diperoleh dari artikel jurnal ilmiah nasional dan internasional, buku referensi, serta publikasi resmi lembaga terkait lingkungan dan pertanian. Pencarian literatur dilakukan melalui basis data ilmiah seperti Google Scholar, Garuda, ScienceDirect, dan ResearchGate dengan

literature review

menggunakan kata kunci seperti “fitoremediasi”, “*Helianthus annuus*”, “logam berat tanah”, “heavy metal phytoextraction”, dan “sunflower hyperaccumulator”.

### **Kriteria Seleksi Artikel**

Artikel yang digunakan dalam tinjauan ini dipilih berdasarkan kriteria sebagai berikut:

1. Artikel membahas fitoremediasi logam berat menggunakan tumbuhan, khususnya *Helianthus annuus*.
2. Artikel dipublikasikan dalam jurnal ilmiah yang dapat diakses secara daring (open access maupun melalui institusi).
3. Artikel membahas metode identifikasi atau analisis kandungan logam berat pada tanah maupun jaringan tumbuhan.
4. Artikel diterbitkan dalam rentang waktu sepuluh tahun terakhir, dengan beberapa rujukan dasar di luar rentang tersebut digunakan sebagai landasan teori.

### **Teknik Analisis Data**

Data dan informasi yang telah dikumpulkan dari berbagai sumber kemudian dikelompokkan berdasarkan beberapa aspek pembahasan, yaitu: (1) karakteristik dan klasifikasi logam berat; (2) mekanisme fisiologis penyerapan logam berat oleh bunga matahari; (3) faktor-faktor yang memengaruhi efisiensi fitoremediasi; (4) metode identifikasi kandungan logam berat pada tanah dan jaringan tumbuhan; serta (5) potensi dan tantangan penerapannya. Selanjutnya, data tersebut dianalisis secara deskriptif dengan membandingkan temuan dari berbagai penelitian untuk memperoleh gambaran yang komprehensif mengenai topik yang dikaji.

## **HASIL DAN PEMBAHASAN**

### **1. Karakteristik Logam Berat pada Tanah**

Logam berat merupakan kelompok unsur logam yang memiliki densitas tinggi (umumnya di atas 5 g/cm<sup>3</sup>) dan bersifat toksik meskipun dalam konsentrasi yang relatif rendah. Berdasarkan fungsinya bagi tubuh makhluk hidup, logam berat dapat dibedakan menjadi dua kelompok, yaitu logam berat esensial yang dibutuhkan dalam jumlah kecil seperti tembaga (Cu), seng (Zn), dan besi (Fe), serta logam berat non-esensial yang bersifat toksik meskipun dalam jumlah sedikit seperti timbal (Pb), kadmium (Cd), dan merkuri (Hg).

Logam berat dapat masuk ke dalam tanah melalui proses alami, seperti pelapukan batuan induk dan aktivitas vulkanik, maupun melalui aktivitas antropogenik seperti kegiatan industri, pertambangan, transportasi, serta penggunaan pupuk dan pestisida secara intensif.

Keberadaan logam berat dalam tanah dapat memengaruhi sifat fisik, kimia, dan biologi tanah. Logam berat dapat mengganggu aktivitas mikroorganisme tanah, menurunkan kesuburan tanah, serta menghambat pertumbuhan tanaman akibat gangguan pada proses fotosintesis dan penyerapan unsur hara. Selain itu, logam berat yang terakumulasi dalam jaringan tanaman dapat berpindah ke dalam tubuh hewan dan manusia melalui rantai makanan, sehingga menimbulkan risiko kesehatan dalam jangka panjang.

## **2. Fitoremediasi sebagai Solusi Pemulihan Lahan Tercemar**

Fitoremediasi merupakan teknologi pemulihan lingkungan yang memanfaatkan kemampuan tumbuhan beserta mikroorganisme yang berasosiasi dengan akar tumbuhan untuk menyerap, mengakumulasi, menstabilkan, atau mendegradasi bahan pencemar yang terdapat dalam tanah, air, maupun udara. Berdasarkan mekanismenya, fitoremediasi dapat dibedakan menjadi beberapa jenis, yaitu fitoekstraksi (penyerapan kontaminan oleh akar dan translokasi ke bagian atas tumbuhan), fitostabilisasi (immobilisasi kontaminan di sekitar zona perakaran), fitovolatilisasi (pelepasan kontaminan ke atmosfer dalam bentuk uap), fitodegradasi (penguraian kontaminan organik oleh enzim tumbuhan), serta rizofiltrasi (penyerapan kontaminan dari media cair oleh akar tumbuhan).

Dibandingkan dengan metode konvensional, fitoremediasi memiliki beberapa keunggulan, antara lain biaya operasional yang lebih rendah, dapat diterapkan pada area yang luas, tidak memerlukan peralatan berat, serta memberikan dampak estetika yang lebih baik karena lahan tetap ditutupi oleh vegetasi. Namun demikian, fitoremediasi juga memiliki keterbatasan, seperti proses pemulihan yang relatif lambat, efektivitas yang terbatas pada kedalaman zona perakaran, serta risiko pencemaran sekunder apabila biomassa tumbuhan yang telah menyerap logam berat tidak dikelola dengan baik.

## **3. *Helianthus annuus* sebagai Tumbuhan Hiperakumulator**

Bunga matahari (*Helianthus annuus* L.) termasuk dalam famili Asteraceae yang memiliki karakteristik pertumbuhan cepat, sistem perakaran serabut yang dalam dan luas, serta kemampuan adaptasi yang tinggi terhadap berbagai kondisi tanah, termasuk tanah yang tercemar logam berat. Beberapa kajian menunjukkan bahwa *Helianthus annuus* mampu mengakumulasi logam berat

seperti timbal (Pb), kadmium (Cd), seng (Zn), tembaga (Cu), dan kromium (Cr) pada jaringan akar, batang, dan daunnya, meskipun tingkat akumulasi pada setiap jenis logam berbeda-beda.

Secara umum, konsentrasi logam berat yang terakumulasi pada bagian akar bunga matahari cenderung lebih tinggi dibandingkan pada bagian batang dan daun. Hal ini menunjukkan bahwa sebagian logam berat tertahan pada jaringan akar (mekanisme fitostabilisasi) sementara sebagian lainnya ditranslokasikan ke bagian atas tumbuhan (mekanisme fitoekstraksi). Kemampuan translokasi ini dapat diukur menggunakan parameter faktor translokasi (translocation factor/TF), yaitu rasio konsentrasi logam pada bagian batang atau daun terhadap konsentrasi logam pada akar. Nilai TF lebih besar dari satu menunjukkan bahwa tumbuhan tersebut efektif dalam mentranslokasikan logam berat ke bagian atas, sehingga berpotensi untuk dipanen dan diolah lebih lanjut sebagai bagian dari strategi fitoekstraksi.

Selain faktor translokasi, parameter lain yang umum digunakan untuk mengevaluasi efektivitas tumbuhan dalam menyerap logam berat dari tanah adalah faktor biokonsentrasi (bioconcentration factor/BCF), yaitu rasio konsentrasi logam pada jaringan tumbuhan terhadap konsentrasi logam pada tanah. Tumbuhan dengan nilai BCF dan TF yang tinggi secara bersamaan digolongkan sebagai hiperakumulator sejati, sedangkan tumbuhan dengan BCF tinggi namun TF rendah lebih sesuai digunakan untuk strategi fitostabilisasi.

#### **4. Mekanisme Fisiologis Penyerapan Logam Berat**

Penyerapan logam berat oleh akar bunga matahari terjadi melalui beberapa mekanisme, di antaranya difusi pasif melalui apoplas, transpor aktif melalui protein pembawa (transporter) pada membran sel akar, serta proses khelasi oleh asam organik dan fitokhelatin yang disekresikan oleh akar tumbuhan. Asam organik seperti asam sitrat dan asam malat yang dilepaskan ke rizosfer berfungsi meningkatkan kelarutan logam berat dalam tanah sehingga lebih mudah diserap oleh akar.

Setelah diserap, logam berat akan diangkut menuju jaringan xilem untuk ditranslokasikan ke bagian batang dan daun. Di dalam sel tumbuhan, logam berat dapat diikat oleh fitokhelatin dan metalotionein, yaitu protein kaya gugus tiol yang berfungsi untuk mendetoksifikasi logam berat dengan cara mengikatnya dan menyimpannya pada vakuola sel sehingga tidak mengganggu metabolisme sel secara langsung. Mekanisme detoksifikasi inilah yang memungkinkan bunga matahari mampu menoleransi konsentrasi logam berat yang relatif tinggi tanpa mengalami kerusakan jaringan yang signifikan, meskipun pada konsentrasi yang sangat tinggi tetap dapat menimbulkan gejala fitotoksitas seperti klorosis, nekrosis daun, dan penurunan laju fotosintesis.

## 1. Faktor-Faktor yang Memengaruhi Efisiensi Fitoremediasi

Beberapa faktor yang dapat memengaruhi efisiensi penyerapan logam berat oleh bunga matahari antara lain:

- 1.1 **pH tanah** kelarutan dan ketersediaan logam berat dalam tanah umumnya meningkat pada kondisi tanah yang lebih asam, sehingga logam berat lebih mudah diserap oleh akar tumbuhan.
- 1.2 **Konsentrasi logam berat dalam tanah** semakin tinggi konsentrasi logam berat, semakin tinggi pula jumlah logam yang diserap oleh tumbuhan, hingga mencapai titik jenuh tertentu yang dapat menimbulkan efek toksik bagi tumbuhan itu sendiri.
- 1.3 **Lama waktu pajanan (durasi penanaman)** semakin lama tumbuhan ditanam pada media tercemar, semakin tinggi pula akumulasi logam berat yang dapat terjadi pada jaringan tumbuhan.
- 1.4 **Penambahan bahan amelioran** - penggunaan zat pengkelat seperti EDTA (Ethylenediaminetetraacetic acid) dapat meningkatkan kelarutan logam berat dalam tanah sehingga mempercepat proses penyerapan oleh akar, meskipun penggunaannya perlu dikontrol agar tidak menimbulkan pencemaran air tanah akibat pelarutan logam yang berlebihan.
- 1.5 **Kondisi fisik tanah** - tekstur, kelembapan, dan kandungan bahan organik tanah turut memengaruhi mobilitas logam berat serta pertumbuhan akar tumbuhan.

## 2. Metode Identifikasi Kandungan Logam Berat pada Tanah dan Tumbuhan

Identifikasi dan analisis kandungan logam berat pada sampel tanah maupun jaringan tumbuhan umumnya dilakukan melalui beberapa tahapan, yaitu pengambilan sampel, preparasi sampel, destruksi, dan analisis instrumental. Tahapan tersebut diuraikan sebagai berikut.

### 2.1 Pengambilan dan Preparasi Sampel

Sampel tanah diambil pada beberapa titik dan kedalaman tertentu menggunakan metode komposit untuk memperoleh data yang representatif terhadap kondisi lahan secara keseluruhan. Sampel tumbuhan diambil pada bagian akar, batang, dan daun secara terpisah untuk mengetahui distribusi logam berat pada setiap organ. Sampel kemudian dikeringkan, dihaluskan, dan diayak menggunakan saringan berukuran tertentu sebelum dilakukan proses destruksi.

## **2.2 Destruksi Sampel**

Proses destruksi bertujuan untuk menghancurkan matriks organik dan melarutkan logam berat yang terikat dalam sampel agar dapat dianalisis menggunakan instrumen analitik. Destruksi dapat dilakukan secara basah menggunakan campuran asam kuat seperti asam nitrat (HNO<sub>3</sub>) dan asam klorida (HCl), maupun secara kering melalui proses pengabuan pada suhu tinggi sebelum dilarutkan kembali dengan asam.

## **2.3 Analisis Instrumental**

Setelah proses destruksi, larutan sampel dianalisis menggunakan instrumen spektroskopi untuk mengetahui konsentrasi logam berat secara kuantitatif. Beberapa metode yang umum digunakan adalah:

- a) **Spektrofotometri Serapan Atom (Atomic Absorption Spectrophotometry/AAS)** metode yang umum digunakan karena relatif sederhana, sensitif, dan ekonomis untuk analisis logam berat dalam konsentrasi rendah hingga sedang.
- b) **Inductively Coupled Plasma Optical Emission Spectrometry (ICP OES)** metode yang memungkinkan analisis multi elemen secara simultan dengan sensitivitas dan akurasi yang lebih tinggi dibandingkan AAS.
- c) **Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometry (ICP MS)** metode dengan tingkat sensitivitas paling tinggi yang dapat mendeteksi logam berat hingga konsentrasi ultra-trace.
- d) **X-Ray Fluorescence (XRF)** metode non destruktif yang dapat digunakan untuk analisis logam berat secara cepat tanpa memerlukan proses destruksi sampel terlebih dahulu.

Hasil analisis instrumental kemudian dibandingkan dengan baku mutu atau ambang batas konsentrasi logam berat yang ditetapkan oleh peraturan terkait, misalnya Peraturan Pemerintah tentang baku mutu kerusakan tanah, untuk menentukan tingkat pencemaran lahan yang diteliti.

## **3. Potensi Penerapan dan Tantangan Fitoremediasi dengan Bunga Matahari**

Berdasarkan tinjauan terhadap berbagai literatur, bunga matahari memiliki potensi besar untuk dikembangkan sebagai agen fitoremediasi pada lahan tercemar logam berat di Indonesia, mengingat tanaman ini relatif mudah dibudidayakan, memiliki nilai ekonomis tambahan sebagai penghasil minyak biji bunga matahari, serta memberikan nilai estetika pada

lahan yang sedang dipulihkan. Namun, terdapat beberapa tantangan yang perlu diperhatikan dalam penerapannya, antara lain:

- Pengelolaan biomassa pascapanen yang telah menyerap logam berat perlu dilakukan secara khusus, misalnya melalui insinerasi terkontrol atau pengolahan lebih lanjut, agar tidak menimbulkan pencemaran sekunder bagi lingkungan.
- Proses fitoremediasi membutuhkan waktu yang relatif lama dibandingkan metode kimiawi atau fisik, sehingga kurang sesuai untuk kondisi pencemaran yang membutuhkan penanganan darurat.
- Efektivitas penyerapan logam berat sangat bergantung pada karakteristik tanah setempat, sehingga diperlukan kajian dan uji coba lapangan sebelum diterapkan secara luas pada skala besar.
- Biji bunga matahari yang ditanam pada lahan tercemar tidak disarankan untuk dikonsumsi, sehingga perlu pengawasan ketat agar hasil panen tidak disalahgunakan sebagai bahan pangan.

Untuk meningkatkan efektivitas fitoremediasi, beberapa penelitian menyarankan kombinasi penggunaan bunga matahari dengan mikroorganisme rizosfer yang dapat meningkatkan kelarutan logam berat dalam tanah, maupun kombinasi dengan teknik agronomis seperti penambahan bahan amelioran dan pengaturan pH tanah. Pendekatan kombinatorial ini dikenal sebagai fitoremediasi terbantu (assisted phytoremediation) yang diharapkan dapat mempersingkat waktu pemulihan lahan tercemar logam berat.

#### **4. Perbandingan Kapasitas Akumulasi Logam Berat oleh Bunga Matahari**

Untuk memberikan gambaran umum mengenai variasi kapasitas akumulasi logam berat oleh *Helianthus annuus* berdasarkan tinjauan berbagai literatur, berikut disajikan rangkuman deskriptif pada Tabel 1.

| Jenis Logam Berat | Bagian Tumbuhan dengan Akumulasi Tertinggi | Karakteristik Umum berdasarkan Tinjauan Literatur                           |
|-------------------|--------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------|
| Timbal (Pb)       | Akar                                       | Akumulasi tinggi pada akar, translokasi ke batang dan daun relatif terbatas |

|              |                 |                                                                            |
|--------------|-----------------|----------------------------------------------------------------------------|
| Kadmium (Cd) | Akar dan daun   | Tergolong logam yang paling mudah ditranslokasikan ke bagian atas tumbuhan |
| Seng (Zn)    | Daun            | Termasuk unsur esensial, translokasi ke daun cenderung tinggi              |
| Tembaga (Cu) | Akar            | Sebagian besar tertahan pada akar (fitostabilisasi)                        |
| Kromium (Cr) | Akar            | Mobilitas rendah, akumulasi dominan pada jaringan akar                     |
| Nikel (Ni)   | Batang dan daun | Translokasi cukup baik tergantung konsentrasi pada tanah                   |

Tabel 1. Rangkuman Deskriptif Karakteristik Akumulasi Beberapa Jenis Logam Berat oleh *Helianthus annuus* Berdasarkan Tinjauan Literatur

Berdasarkan Tabel 1 dapat dilihat bahwa kadmium (Cd) merupakan salah satu logam berat yang paling efektif ditranslokasikan ke bagian atas tumbuhan, sehingga bunga matahari yang ditanam pada lahan tercemar Cd lebih sesuai digunakan dalam strategi fitoekstraksi dengan pemanenan biomassa secara berkala. Sebaliknya, logam berat seperti tembaga (Cu) dan kromium (Cr) cenderung tertahan pada jaringan akar sehingga bunga matahari pada kondisi ini lebih berperan sebagai agen fitostabilisasi yang membantu mengurangi mobilitas logam berat dalam tanah tanpa harus dipanen secara berkala.

### 1. Implikasi bagi Pengelolaan Lingkungan dan Pendidikan

Hasil tinjauan ini memberikan beberapa implikasi penting. Bagi pengelola lingkungan dan pemerintah daerah, pemanfaatan bunga matahari sebagai tanaman penutup lahan pada area bekas tambang atau lahan industri yang tercemar logam berat dapat menjadi salah satu strategi pemulihan lahan yang ekonomis dan dapat diterapkan secara bertahap. Bagi dunia pendidikan, khususnya pendidikan kimia dan lingkungan, topik fitoremediasi menggunakan bunga matahari dapat dijadikan materi pembelajaran kontekstual mengenai kimia lingkungan, kimia analitik, dan biokimia tumbuhan, karena memadukan konsep kimia anorganik, analisis instrumental, serta fisiologi tumbuhan secara terintegrasi.

Bagi peneliti selanjutnya, masih diperlukan kajian eksperimental lebih lanjut, khususnya yang dilakukan secara langsung di lapangan dengan

kondisi tanah yang bervariasi, untuk memperoleh data kuantitatif yang lebih spesifik mengenai efisiensi fitoremediasi bunga matahari pada berbagai jenis logam berat dan kondisi lingkungan yang berbeda-beda, termasuk kajian mengenai metode pengelolaan biomassa pascapanen yang aman dan berkelanjutan.

## **2. Studi Kasus Pemanfaatan *Helianthus annuus* pada Lahan Tercemar**

Beberapa studi kasus di berbagai negara memberikan gambaran nyata mengenai penerapan bunga matahari dalam upaya pemulihan lahan tercemar logam berat maupun radionuklida. Salah satu studi kasus yang paling banyak dirujuk adalah pemanfaatan bunga matahari pada area sekitar reaktor nuklir Chernobyl di Ukraina, di mana tanaman ini ditanam pada kolam apung untuk menyerap unsur radioaktif seperti cesium-137 dan stronsium-90 dari air yang terkontaminasi. Meskipun fokus utama studi tersebut adalah radionuklida, mekanisme penyerapan yang terjadi pada dasarnya menyerupai mekanisme penyerapan logam berat secara umum, karena cesium dan stronsium memiliki sifat kimia yang serupa dengan beberapa logam alkali dan alkali tanah.

Studi kasus lain dilakukan pada lahan pertanian di sekitar kawasan industri dan pertambangan di beberapa negara berkembang, di mana bunga matahari ditanam sebagai tanaman sela atau tanaman penutup pada lahan yang telah terkontaminasi limbah industri logam. Hasil pengamatan pada studi-studi tersebut secara umum menunjukkan adanya penurunan konsentrasi logam berat pada lapisan tanah permukaan setelah beberapa siklus penanaman dan pemanenan biomassa bunga matahari, meskipun penurunan tersebut berlangsung secara bertahap dan membutuhkan waktu yang relatif lama, yaitu dapat mencapai beberapa musim tanam hingga mencapai penurunan yang signifikan.

Di Indonesia sendiri, penelitian mengenai pemanfaatan bunga matahari sebagai agen fitoremediasi masih relatif terbatas dibandingkan dengan penelitian di negara-negara lain, sehingga terdapat peluang besar bagi pengembangan riset lebih lanjut, terutama pada lahan-lahan yang terdampak aktivitas pertambangan emas rakyat, industri logam, maupun kawasan pertanian yang telah lama menggunakan pupuk dan pestisida secara intensif.

## **3. Perbandingan *Helianthus annuus* dengan Tumbuhan Hiperakumulator Lain**

Selain bunga matahari, terdapat beberapa jenis tumbuhan lain yang juga dikenal sebagai hiperakumulator logam berat dan sering

**Mychael Christover<sup>1</sup> , Familia Novita Simanjuntak<sup>2</sup> IDENTIFIKASI KANDUNGAN LOGAM BERAT  
PADA TANAH MENGGUNAKAN BUNGA MATAHARI (*Helianthus annuus* L) SEBAGAI AGEN FITOREMEDIASI;**

literature review

dibandingkan dalam berbagai penelitian, antara lain *Brassica juncea* (sesawi India), *Thlaspi caerulescens*, *Pteris vittata* (paku-pakuan pengakumulasi arsenik), serta *Eichhornia crassipes* (eceng gondok) untuk media perairan. Dibandingkan dengan tumbuhan-tumbuhan tersebut, bunga matahari memiliki keunggulan dari segi biomassa yang dihasilkan jauh lebih besar dalam waktu yang relatif singkat, sehingga total massa logam berat yang dapat diserap per satuan luas lahan juga menjadi lebih tinggi meskipun konsentrasi logam per satuan berat jaringan tidak selalu menjadi yang paling tinggi.

*Brassica juncea* dikenal memiliki kemampuan toleransi yang tinggi terhadap konsentrasi logam berat ekstrem, namun biomasanya relatif lebih kecil dibandingkan bunga matahari. *Thlaspi caerulescens* merupakan hiperakumulator sejati untuk seng dan kadmium dengan konsentrasi jaringan yang sangat tinggi, tetapi pertumbuhannya lambat dan biomasanya sangat kecil sehingga kurang efisien untuk skala pemulihan lahan yang luas. *Pteris vittata* lebih spesifik digunakan untuk remediasi arsenik, sedangkan eceng gondok lebih sesuai digunakan pada media perairan seperti danau dan sungai yang tercemar limbah logam berat. Dengan demikian, pemilihan jenis tumbuhan untuk fitoremediasi perlu disesuaikan dengan jenis logam berat target, karakteristik lahan, serta skala area yang akan dipulihkan.

| Aspek<br>Pembanding     | <i>Helianthus annuus</i> (Bunga Matahari) | <i>Brassica juncea</i> (Sesawi India) | <i>Thlaspi caerulescens</i> |
|-------------------------|-------------------------------------------|---------------------------------------|-----------------------------|
| Kecepatan tumbuh        | Cepat                                     | Cepat                                 | Lambat                      |
| Produksi biomassa       | Tinggi                                    | Sedang                                | Sangat rendah               |
| Logam target utama      | Pb, Cd, Zn                                | Pb, Cd, Cr, Ni                        | Zn, Cd                      |
| Toleransi logam tinggi  | Sedang–tinggi                             | Tinggi                                | Tinggi                      |
| Kemudahan budidaya      | Mudah                                     | Mudah                                 | Sulit                       |
| Nilai ekonomis tambahan | Ada (minyak biji)                         | Terbatas                              | Tidak ada                   |

Tabel 2. Perbandingan Karakteristik Umum *Helianthus annuus* dengan Beberapa Tumbuhan Hiperakumulator Lain Berdasarkan Tinjauan Literatur

### 1. Peran Mikroorganisme Rizosfer dalam Mendukung Fitoremediasi

Efektivitas fitoremediasi oleh bunga matahari tidak hanya ditentukan oleh karakteristik tumbuhan itu sendiri, tetapi juga oleh peran mikroorganisme yang berasosiasi dengan sistem perakaran, yang dikenal sebagai rizosfer. Beberapa kelompok mikroorganisme, seperti bakteri pemacu pertumbuhan tanaman (Plant Growth-Promoting Rhizobacteria/PGPR) dan fungi mikoriza, dapat meningkatkan ketersediaan logam berat dalam tanah melalui produksi asam organik, siderofor, dan enzim tertentu, sehingga mempermudah proses penyerapan oleh akar tumbuhan.

Selain meningkatkan ketersediaan logam berat, mikroorganisme rizosfer juga dapat membantu tumbuhan mengatasi stres akibat keberadaan logam berat dalam konsentrasi tinggi melalui produksi hormon pertumbuhan, peningkatan penyerapan unsur hara, serta perlindungan terhadap patogen tanah. Kombinasi antara bunga matahari dengan inokulasi mikroorganisme rizosfer tertentu telah dilaporkan dalam beberapa penelitian dapat meningkatkan biomassa tumbuhan serta efisiensi penyerapan logam berat dibandingkan dengan penanaman tanpa inokulasi, sehingga pendekatan ini dapat menjadi salah satu strategi optimalisasi fitoremediasi yang potensial untuk dikembangkan lebih lanjut.

### 2. Aspek Keamanan dan Pengelolaan Biomassa Pascapanen

Salah satu aspek penting yang sering kurang mendapat perhatian dalam penerapan fitoremediasi adalah pengelolaan biomassa tumbuhan yang telah menyerap logam berat setelah proses pemanenan. Apabila tidak dikelola dengan baik, biomassa tersebut dapat menjadi sumber pencemaran sekunder, misalnya melalui pelapukan alami yang melepaskan kembali logam berat ke lingkungan, atau melalui konsumsi oleh hewan ternak maupun manusia secara tidak disengaja.

Beberapa metode pengelolaan biomassa pascapanen yang telah dikaji dalam literatur antara lain insinerasi terkontrol yang dapat mengurangi volume biomassa secara signifikan sekaligus memungkinkan pemulihan logam berat dari abu hasil pembakaran (fitomining), kompositing dengan pengawasan khusus, serta pemanfaatan biomassa sebagai bahan baku biofuel atau biochar setelah melalui proses tertentu untuk mengamankan logam berat yang terkandung di dalamnya. Pemilihan metode pengelolaan biomassa perlu disesuaikan dengan jenis dan konsentrasi logam berat yang

terkandung, ketersediaan fasilitas pengolahan, serta regulasi lingkungan yang berlaku di wilayah setempat.

### **3. Rekomendasi Strategi Penerapan di Lapangan**

Berdasarkan keseluruhan tinjauan literatur yang telah dipaparkan, beberapa rekomendasi strategi penerapan fitoremediasi menggunakan bunga matahari di lapangan dapat disusun sebagai berikut. Pertama, perlu dilakukan survei dan analisis awal terhadap kondisi tanah, meliputi pH, tekstur, kandungan bahan organik, serta konsentrasi awal logam berat, untuk menentukan kesesuaian lahan terhadap penanaman bunga matahari. Kedua, pemilihan varietas bunga matahari yang akan digunakan sebaiknya mempertimbangkan varietas lokal yang telah teradaptasi dengan kondisi iklim setempat agar pertumbuhan tanaman dapat optimal.

Ketiga, penanaman dapat dilakukan secara bertahap dengan beberapa siklus tanam dan panen untuk memantau penurunan konsentrasi logam berat dari waktu ke waktu, disertai dengan pengambilan sampel tanah dan jaringan tumbuhan secara berkala untuk dianalisis menggunakan metode AAS atau ICP-OES sebagaimana telah diuraikan sebelumnya. Keempat, biomassa hasil panen wajib dikelola sesuai prosedur keamanan lingkungan, tidak digunakan sebagai pakan ternak maupun bahan pangan, dan sebaiknya diproses lebih lanjut melalui insinerasi terkontrol atau metode fitomining apabila konsentrasi logam berat yang terkandung cukup tinggi untuk dipertimbangkan nilai ekonomisnya.

Kelima, program fitoremediasi sebaiknya melibatkan kerja sama antara pemerintah daerah, akademisi, serta masyarakat sekitar lahan tercemar, agar proses pemantauan dapat berjalan secara berkelanjutan dan hasil penelitian dapat diaplikasikan secara nyata dalam upaya perbaikan kualitas lingkungan. Pendekatan partisipatif semacam ini juga dapat meningkatkan kesadaran masyarakat mengenai pentingnya menjaga kualitas tanah serta bahaya pencemaran logam berat bagi kesehatan dan keberlanjutan lingkungan dalam jangka panjang.

### **4. Baku Mutu dan Regulasi Terkait Pencemaran Logam Berat pada Tanah**

Penentuan tingkat pencemaran logam berat pada tanah perlu dikaitkan dengan baku mutu atau ambang batas yang telah ditetapkan oleh peraturan yang berlaku, agar hasil identifikasi memiliki dasar acuan yang jelas dalam menentukan status pencemaran suatu lahan. Di Indonesia, ketentuan mengenai baku mutu kerusakan tanah untuk produksi biomassa diatur melalui peraturan perundang-undangan di bidang lingkungan

hidup, yang menetapkan batas maksimum konsentrasi beberapa unsur logam berat seperti Pb, Cd, Cr, Cu, dan Zn yang masih diperbolehkan terdapat dalam tanah pertanian maupun lahan produksi biomassa lainnya. Apabila konsentrasi logam berat pada suatu lahan melampaui ambang batas tersebut, maka lahan tersebut dikategorikan sebagai lahan tercemar yang memerlukan upaya pemulihan, salah satunya melalui fitoremediasi.

Selain regulasi tingkat nasional, beberapa lembaga internasional seperti World Health Organization (WHO) dan United States Environmental Protection Agency (US EPA) juga menetapkan standar ambang batas logam berat pada tanah dan produk pertanian yang dapat dijadikan acuan pembandingan dalam penelitian-penelitian fitoremediasi di berbagai negara. Keberadaan standar baku mutu yang konsisten dan dapat diaplikasikan secara lokal sangat penting untuk memastikan bahwa hasil identifikasi kandungan logam berat, baik pada tanah maupun pada jaringan tumbuhan seperti bunga matahari, dapat diinterpretasikan secara tepat dan digunakan sebagai dasar pengambilan keputusan dalam pengelolaan lahan tercemar.

Dengan demikian, integrasi antara hasil identifikasi laboratorium, baku mutu yang berlaku, serta strategi fitoremediasi menggunakan tumbuhan hiperakumulator seperti bunga matahari diharapkan dapat membentuk satu kesatuan pendekatan yang komprehensif dalam upaya pengendalian dan pemulihan pencemaran logam berat pada tanah, baik di area pertanian, bekas tambang, maupun kawasan industri.

## **Kesimpulan Dan Saran**

### **Kesimpulan**

Berdasarkan tinjauan terhadap berbagai literatur mengenai identifikasi logam berat pada tanah menggunakan bunga matahari (*Helianthus annuus*), dapat disimpulkan beberapa hal sebagai berikut. Pertama, bunga matahari tergolong sebagai tumbuhan hiperakumulator yang memiliki kemampuan menyerap berbagai jenis logam berat, terutama timbal (Pb) dan kadmium (Cd), melalui mekanisme fitoekstraksi dan fitostabilisasi. Kedua, efisiensi penyerapan logam berat oleh bunga matahari dipengaruhi oleh berbagai faktor, antara lain pH tanah, konsentrasi logam berat, lama waktu paparan, penggunaan bahan amelioran, serta kondisi fisik tanah. Ketiga, identifikasi kandungan logam berat pada tanah dan jaringan tumbuhan umumnya dilakukan melalui proses destruksi sampel yang dilanjutkan dengan analisis instrumental seperti AAS, ICP-OES, ICP-MS, maupun XRF. Keempat, distribusi logam berat pada jaringan bunga matahari bervariasi tergantung jenis logam, dengan kadmium menunjukkan kemampuan translokasi yang lebih baik ke bagian atas tumbuhan dibandingkan dengan

literature review

tembaga dan kromium yang lebih banyak tertahan pada akar. Kelima, pemanfaatan bunga matahari sebagai agen fitoremediasi memiliki potensi besar untuk dikembangkan di Indonesia, namun memerlukan kajian lanjutan, terutama terkait pengelolaan biomassa pascapanen agar tidak menimbulkan pencemaran sekunder bagi lingkungan.

### **Saran**

Berdasarkan hasil tinjauan ini, disarankan agar penelitian selanjutnya dilakukan secara eksperimental di lapangan dengan berbagai variasi konsentrasi logam berat dan kondisi tanah, sehingga dapat diperoleh data kuantitatif yang lebih akurat mengenai efisiensi fitoremediasi bunga matahari. Bagi pengelola lingkungan dan pemerintah, disarankan untuk mempertimbangkan penggunaan bunga matahari sebagai tanaman penutup lahan pada area tercemar logam berat sebagai salah satu strategi pemulihan lahan yang berkelanjutan, disertai dengan pengelolaan biomassa pascapanen yang aman. Bagi dunia pendidikan, topik ini dapat dikembangkan lebih lanjut sebagai bahan ajar yang mengintegrasikan konsep kimia lingkungan, kimia analitik, dan biologi tumbuhan secara kontekstual bagi peserta didik.

### **PUSTAKA**

- Adriano, D. C. (2001). Trace Elements in Terrestrial Environments: Biogeochemistry, Bioavailability, and Risks of Metals (2nd ed.). New York: Springer-Verlag.
- Alkorta, I., Hernández-Allica, J., Becerril, J. M., Amezaga, I., Albizu, I., & Garbisu, C. (2004). Recent findings on the phytoremediation of soils contaminated with environmentally toxic heavy metals and metalloids such as zinc, cadmium, lead, and arsenic. *Reviews in Environmental Science and Bio/Technology*, 3(1), 71–90.
- Ali, H., Khan, E., & Sajad, M. A. (2013). Phytoremediation of heavy metals—concepts and applications. *Chemosphere*, 91(7), 869–881. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2013.01.075>
- Chehregani, A., Noori, M., & Yazdi, H. L. (2009). Phytoremediation of heavy-metal-polluted soils: Screening for new accumulator plants in Angouran mine (Iran) and evaluation of removal ability. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 72(5), 1349–1353.

- Hadi, F., Bano, A., & Fuller, M. P. (2010). The improved phytoextraction of lead (Pb) and the growth of maize (*Zea mays* L.): The role of plant growth regulators (GA3 and IAA) and EDTA alone and in combinations. *Chemosphere*, 80(4), 457–462.
- Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan RI. (2019). Peraturan Pemerintah Nomor 22 Tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup. Jakarta: Sekretariat Negara RI.
- Lasat, M. M. (2002). Phytoextraction of toxic metals: A review of biological mechanisms. *Journal of Environmental Quality*, 31(1), 109–120.
- Marchiol, L., Assolari, S., Sacco, P., & Zerbi, G. (2004). Phytoextraction of heavy metals by canola (*Brassica napus*) and radish (*Raphanus sativus*) grown on multicontaminated soil. *Environmental Pollution*, 132(1), 21–27.
- Nehnevajova, E., Herzig, R., Federer, G., Erismann, K. H., & Schwitzguébel, J. P. (2005). Screening of sunflower cultivars for metal phytoextraction in a contaminated field site. *Plant and Soil*, 273(1–2), 79–91.
- Notohadiprawiro, T. (2006). Pencemaran Tanah dan Pengendaliannya. Yogyakarta: Universitas Gadjah Mada Press.
- Pulford, I. D., & Watson, C. (2003). Phytoremediation of heavy metal-contaminated land by trees—a review. *Environment International*, 29(4), 529–540.
- Salt, D. E., Smith, R. D., & Raskin, I. (1998). Phytoremediation. *Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology*, 49(1), 643–668.
- Soudek, P., Petrová, Š., Beneová, E., Dušek, J., & Vank, T. (2010). Sunflower (*Helianthus annuus* L.) as a hyperaccumulator of heavy metals for phytoremediation purposes. *Journal of Environmental Science and Health, Part A*, 45(7), 859–864.
- Suhendrayatna. (2001). Bioremoval Logam Berat Menggunakan Mikroorganisme: Suatu Kajian Kepustakaan. Bandung: Institut Teknologi Bandung.
- Sutapa, I. D. A. (2008). Tanaman Hiperakumulator sebagai Agen Fitoremediasi Logam Berat pada Tanah Tercemar. *Jurnal Sumber Daya Air*, 4(2), 113–124.

**Mychael Christover<sup>1</sup> , Familia Novita Simanjuntak<sup>2</sup>** IDENTIFIKASI KANDUNGAN LOGAM BERAT  
PADA TANAH MENGGUNAKAN BUNGA MATAHARI (*Helianthus annuus* L) SEBAGAI AGEN FITOREMEDIASI;

literature review

Yoon, J., Cao, X., Zhou, Q., & Ma, L. Q. (2006). Accumulation of Pb, Cu, and Zn in native plants growing on a contaminated Florida site. *Science of the Total Environment*, 368(2–3), 456–464.

Zhuang, P., Yang, Q. W., Wang, H. B., & Shu, W. S. (2007). Phytoextraction of heavy metals by eight plant species in the field. *Water, Air, and Soil Pollution*, 184(1–4), 235–242.