

# Reclaiming Life Through the Soil

## *Seribu Tunas dari Tanah yang Terluka*

---

Disusun Oleh :

Retno Suryani, Rahma Safitri, Farah Salsabila Mulya Widiyanti, Afan Fauzi, Farah Fadhilah Ramadhani, Turmuji, Teguh Priyanto, Febram Gumari, Muhammad Rizky Novrian Widyanto, Muhammad David Hambali

# Reclaiming Life Through the Soil

## *Seribu Tunas dari Tanah yang Terluka*

---

Disusun Oleh :

Retno Suryani, Rahma Safitri, Farah Salsabila Mulya Widiyanti, Afan Fauzi, Farah Fadhilah Ramadhani, Turmuji, Teguh Priyanto, Febram Gumari, Muhammad Rizky Novrian Widyanto, Muhammad David Hambali

## **Reclaiming Life Through the Soil**

### **Seribu Tunas dari Tanah yang Terluka**

#### **Penulis :**

Retno Suryani, Rahma Safitri, Farah Salsabila Mulya Widiyanti, Afan Fauzi, Farah Fadhilah Ramadhani, Turmuji, Teguh Priyanto, Febram Gumari, Muhammad Rizky Novrian Widyanto, Muhammad David Hambali

**ISBN : 978-623-8389-75-9**

#### **Desain Sampul dan Tata Letak:**

Farah Salsabila Mulya Widiyanti

#### **Penerbit:**

PT SUCOFINDO (PERSERO)

Jalan Pemuda No 171, Sekayu, Kec. Semarang Tengah, Kota Semarang, Jawa Tengah 50132

Cetakan Pertama, Tahun 2025

Hak Cipta dilindungi undang-undang

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

Buku ini diterbitkan atas kerjasama antara PT SUCOFINDO dengan PT SUPRABARI MAPANINDO MINERAL

## HAK CIPTA

### Sanksi Pelanggaran **Pasal 72 UU Nomor 19 Tahun 2003 Tentang Hak Cipta:**

1. Barangsiapa dengan sengaja dan tanpa hak melakukan perbuatan sebagaimana dimaksud dalam **Pasal 2 ayat (1) atau Pasal 49 ayat (1) dan ayat (2)** dipidana dengan pidana penjaramasing-masing paling singkat 1 (satu) bulan dan/atau denda paling sedikit **Rp 1.000.000,00** (satu juta rupiah), atau pidana penjara paling lama 7 (tujuh) tahun dan/atau denda paling banyak **Rp 5.000.000.000,00** (lima miliar rupiah).
2. Barangsiapa dengan sengaja menyiarkan, memamerkan, mengedarkan, atau menjual kepada umum suatu Ciptaan atau barang hasil pelanggaran Hak Cipta atau Hak Terkait sebagaimana dimaksud pada **ayat (1)** dipidana dengan pidana penjara paling lama 5 (lima) tahun dan/atau denda paling banyak **Rp 500.000.000,00** (lima ratus juta rupiah).

## KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur penulis panjatkan ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa, atas limpahan rahmat, taufik, dan hidayah-Nya sehingga buku ini dapat tersusun dan hadir sebagai bentuk dokumentasi sekaligus refleksi atas pelaksanaan inovasi lingkungan bertajuk *SIMBIOSA* (Sinergi Mikoriza dan Organik untuk Sukseskan Rehabilitasi Alam) yang diinisiasi oleh PT Suprabari Mapanindo Mineral.

Penyusunan buku ini tidak hanya bertujuan untuk merekam keberhasilan teknis dari penerapan program, tetapi juga untuk menyampaikan nilai-nilai filosofis, proses pembelajaran, tantangan lapangan, serta harapan jangka panjang yang menyertai upaya pemulihan ekosistem pascatambang. Di tengah meningkatnya urgensi pemulihan lingkungan, inovasi ini menjadi cerminan bahwa reklamasi bukan sekadar kewajiban administratif, tetapi merupakan komitmen etis dan moral untuk menghidupkan kembali tanah yang pernah terluka, agar mampu berfungsi sebagai penopang kehidupan yang sehat dan produktif.

Program SIMBIOSA dirancang dengan pendekatan yang menyatukan kekuatan mikroorganisme fungsional, bahan organik lokal, serta prinsip-prinsip alami dalam sistem pembibitan. Melalui integrasi tersebut, perusahaan mampu menunjukkan bahwa praktik reklamasi dapat dijalankan secara lebih efisien, adaptif terhadap kondisi lokal, ramah lingkungan, serta berlandaskan pada ilmu pengetahuan. Pendekatan ini tidak hanya meningkatkan kualitas media tanam, tetapi juga mempercepat pemulihan struktur dan fungsi tanah, sehingga mendukung kesuksesan revegetasi jangka panjang.

Besar harapan penulis bahwa buku ini dapat menjadi sumber wawasan yang bermanfaat bagi berbagai kalangan baik praktisi, akademisi, mahasiswa, peneliti, maupun pemangku kepentingan di bidang pertambangan dan lingkungan hidup yang ingin memahami lebih dalam praktik rehabilitasi hayati yang berkelanjutan dan terukur.

Akhir kata, penulis menyampaikan apresiasi setinggi-tingginya kepada seluruh tim yang telah terlibat dalam perencanaan hingga pelaksanaan program ini: tim lingkungan, tim pembibitan, jajaran manajemen perusahaan, serta para mitra pendukung lainnya. Semoga buku ini dapat menginspirasi upaya-upaya serupa di masa mendatang, serta menjadi pengingat bahwa kehidupan baru dapat tumbuh dari tanah yang pernah kehilangan harapannya dirawat dengan ilmu, kepedulian, dan ketekunan bersama.

Site Sekako, Juli 2025  
Kepala Teknik Tambang

**Joko Martoyo**

## DAFTAR ISI

|                                                                       |     |
|-----------------------------------------------------------------------|-----|
| HAK CIPTA.....                                                        | iv  |
| KATA PENGANTAR.....                                                   | v   |
| DAFTAR ISI.....                                                       | vii |
| PROFIL PERUSAHAAN PT SUPRABARI MAPANINDO MINERAL .                    | 1   |
| Profil Perusahaan .....                                               | 1   |
| Gambaran Sistem Produk .....                                          | 2   |
| Pencapaian Perusahaan .....                                           | 4   |
| BAB I PENGANTAR (TANAH YANG TERLUKA).....                             | 8   |
| 1.1Potret Kerusakan Lingkungan di Lahan Pasca Tambang .....           | 8   |
| 1.2Tantangan dalam Reklamasi dan Pembibitan.....                      | 9   |
| 1.3Harapan untuk Membangun Kehidupan Kembali dari Tanah ....          | 11  |
| BAB II JEJAK LANGKAH : DARI MASALAH MENUJU INOVASI....                | 14  |
| 2.1Permasalahan Teknis Pembibitan dan Kondisi Tanah.....              | 14  |
| 2.2Evaluasi Sistem Pembibitan Konvensional .....                      | 17  |
| 2.3Lahirnya Gagasan SIMBIOSA.....                                     | 18  |
| BAB III SIMBIOSA : KONSEP DAN PENERAPAN .....                         | 24  |
| 3.1Filosofi dan Makna Nama SIMBIOSA .....                             | 24  |
| 3.2Komponen Utama : Mikoriza, G3 Fungi, PHC, dan Kompos .....         | 25  |
| 3.3Skema dan Tahapan Pelaksanaan Inovasi.....                         | 28  |
| BAB IV TRANSFORMASI NYATA DI NURSERY .....                            | 33  |
| 4.1Perbandingan Pertumbuhan Tanaman Sebelum dan Sesudah Program ..... | 33  |

|                                                              |    |
|--------------------------------------------------------------|----|
| 4.2Visualisasi Skematis dan Dokumentasi Lapangan.....        | 34 |
| 4.3Perubahan Sistemik yang Dihadirkan oleh SIMBIOSA .....    | 37 |
| BAB V MANFAAT DAN DAMPAK YANG DITUMBUHKAN .....              | 39 |
| 5.1Kuantifikasi Peningkatan Pertumbuhan Tanaman .....        | 39 |
| 5.2Efisiensi Biaya dan Penghematan Anggaran .....            | 40 |
| 5.3Dampak Terhadap Keberhasilan Reklamasi .....              | 42 |
| 5.4Peningkatan Keanekaragaman Hayati Lokal .....             | 45 |
| BAB VI REKAM JEJAK DAN EVIDENSI SAINS .....                  | 48 |
| 6.1Pertumbuhan Bibit dan Nilai Indeks H' .....               | 48 |
| 6.2Perhitungan Ekonomi dan Rasionalisasi Biaya .....         | 49 |
| 6.3Status Konservasi dan Legalitas Spesies ditanam .....     | 50 |
| BAB VII MELIHAT KE DEPAN MEREKATKAN HIDUP DARI TANAH .....   | 53 |
| 7.1Peran Inovasi Hayati dalam Masa Depan Reklamasi .....     | 53 |
| 7.2Penguatan Kemandirian Lingkungan Berbasis Lokal.....      | 54 |
| 7.3Replikasi dan Potensi Pengembangan Program SIMBIOSA ..... | 56 |
| BAB VIII PENUTUP .....                                       | 60 |
| 8.1Refleksi Atas Perjalanan Inovasi .....                    | 60 |
| 8.2Harapan Penulis bagi Keberlanjutan Lingkungan .....       | 61 |
| DAFTAR PUSTAKA.....                                          | 63 |





# PROFIL PERUSAHAAN

PT Suprabari Mapanindo Mineral

---



## PROFIL PERUSAHAAN PT SUPRABARI MAPANINDO MINERAL

### Profil Perusahaan

PT Suprabari Mapanindo Mineral (SMM) merupakan perusahaan yang berdiri sejak 13 Juni 1991 dan bergerak di bidang pertambangan batubara. Pada bulan November 1997, SMM menandatangani Perjanjian Karya Pengusahaan Pertambangan Batubara (PKP2B) generasi ketiga dengan pemerintah. Memasuki tahun 2007, SMM resmi berstatus sebagai perusahaan penanaman modal asing. Kemudian, pada tahun 2017, PT United Tractors Tbk (UNTR) dan PT Pamapersada Nusantara melalui anak perusahaannya, PT Tuah Turangga Agung (TTA), secara resmi mengambil alih 80,1% kepemilikan saham SMM. Melalui akuisisi ini, TTA memperluas portofolio kepemilikan tambangnya di wilayah Kalimantan. Saat ini, struktur kepemilikan saham SMM terdiri dari TTA sebesar 80,1% dan ICRA SMM Pty. Ltd. sebesar 19,9%.

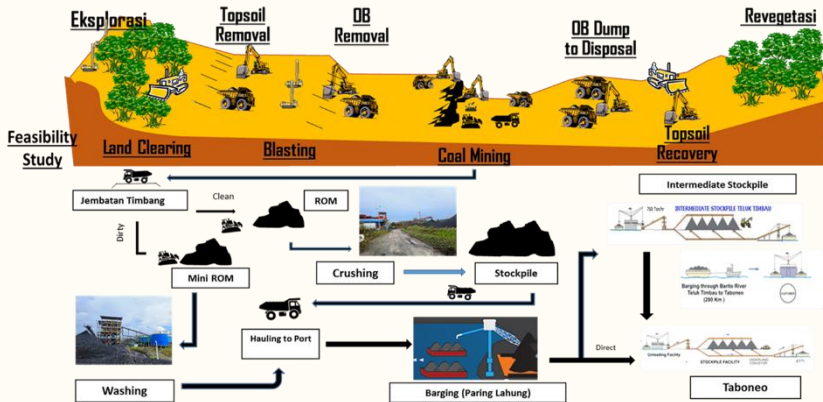


**Gambar 1 Kantor PT Suprabari Mapanindo Mineral**

Lokasi kegiatan penambangan SMM berada di Kabupaten Barito Utara, Provinsi Kalimantan Tengah, dengan total luas konsesi mencapai 23.940 hektar yang terbagi ke dalam empat blok utama: Sekako, Lemo, Pendreh, dan Mosak. SMM tergolong sebagai tambang coking coal (batubara metalurgi) yang digunakan sebagai bahan baku utama dalam proses produksi kokas, komponen penting dalam pembuatan besi. Pada tahun 2019, SMM mencatatkan produksi sebesar 2,3 juta ton, menjadikannya salah satu produsen batubara kokas terbesar di Indonesia.

## Gambaran Sistem Produk

PT Suprabari Mapanindo Mineral memiliki Sitem Produk yang terbagi ke beberapa proses di bawah ini :



**Gambar 2 Proses Produksi**

- I. Proses *upstream (cradle)* yang termasuk dalam batasan sistem
  - a. Proses di dalam kendali PT Suprabari Mapanindo Mineral
    1. *Land Clearing*

Merupakan kegiatan membersihkan semua vegetasi yang berada di dalam area/lokasi yang akan digunakan

untuk kegiatan penambangan (pit dan disposal) dan kegiatan pendukung (jalan, kolam pengendapan, office, coal processing plant dsb)

- b. Proses di luar kendali PT Suprabari Mapanindo Mineral
  - 1. Proses produksi bahan bakar
  - 2. Proses produksi bahan pendukung
  - 3. Transportasi bahan bakar/bahan pendukung

## II. Proses *Core (gate to gate)*

### 1. Top Soil Removal

Merupakan pemindahan lapisan tanah pucuk yang berfungsi untuk menyelamatkan lapisan tanah pucuk agar tidak rusak sehingga masih memiliki unsur hara yang kemudian dapat digunakan kembali untuk reklamasi.

### 2. Blasting

Merupakan proses pemberian atau menghancurkan batuan dari batuan induknya dengan fragmentasi tertentu.

### 3. OB Removal

Merupakan proses pemindahan lapisan material bongkaran alat gali berupa bantuan penutup yang kemudian dipindahkan ke tempat penumpukan yang telah direncanakan (disposal).

### 4. Top Soil Recovery

Merupakan proses pemulihan/penebaran lapisan tanah pucuk pada penataan lahan di area reklamasi.

### 5. Revegetasi

Merupakan proses kegiatan reklamasi berupa penanaman atau penghijauan kembali daerah bekas tambang dengan jenis tanaman tertentu.

6. Coal Getting

Merupakan prose penambangan batubara dengan mempertimbangkan berbagai macam aspek.

7. Coal Hauling to Mini ROM

Merupakan proses pemindahan dirty raw material batu bara dari tambang menuju area penyimpanan sebelum di washing.

8. Coal Crushing

Merupakan proses re-sizing material atau penghancuran raw batu bara menjadi product dengan ukuran  $\pm 50$  mm.

9. Coal Stockpile

Merupakan area yang disediakan untuk penumpukan batubara produk (setelah proses crushing ataupun washing).

10. Coal Washing

Merupakan proses pemisahan raw material batu bara dengan produk batu bara sehingga di dapatkan produk dengan kualitas yang diinginkan.

11. Coal Hauling to Port

Merupakan proses pemindahan produk batu bara setelah proses washing ataupun crushing menuju pelabuhan.

12. Coal Barging

Merupakan proses pemindahan batubara dari stockpile menuju barge (tongkang) menggunakan barge loader conveyor ataupun menggunakan unit dump truck.

## Pencapaian Perusahaan

Pada tahun 2024 PT Suprabari Mapanindo Mineral mendapatkan PROPER peringkat Biru.

- Gold Winner kategori Inovasi 3R Limbah Padat Non B3 pada Environmental & Social Innovation Awards 2024 tingkat nasional.
- Silver Winner kategori Inovasi Efisiensi Energi pada Environmental & Social Innovation Awards 2024 tingkat nasional.
- Bronze kategori Best Community Program, The 17<sup>th</sup> Annual Global CSR & ESG Summit Awards' di Ho Chi Minh, Vietnam.
- Platinum Award, The Best Corsec for INDONESIA CSR – SDG Award III tahun 2024.
- Astra Firendly Company Award 2024, Terbaik Conservation % Biodiversity tahun 2024.
- The Best First Aider, Kalimantan Fire & Rescue Challenge tahun 2024.
- Zero Accident Award, Penghargaan Dinas Tenaga Kerja dan Transmigrasi Provinsi Kalimantan Tengah tahun 2025.





**Gambar 3 Penghargaan PT Suprabari Mapanindo Mineral**

# PENGANTAR

## Tanah yang Terluka



## BAB I

### PENGANTAR (TANAH YANG TERLUKA)

#### 1.1 Potret Kerusakan Lingkungan di Lahan Pasca Tambang

Tanah bukan sekadar media tumbuh bagi tanaman, melainkan komponen fundamental dari sistem penyangga kehidupan di permukaan bumi. Ia memainkan peran penting dalam siklus hara, penyimpanan air, pengendalian iklim mikro, hingga menjadi habitat bagi berbagai makro dan mikroorganisme yang menjaga keseimbangan ekosistem. Namun demikian, berbagai aktivitas ekstraktif, khususnya pertambangan terbuka, telah memberikan tekanan besar terhadap kestabilan dan kesehatan tanah. Dampak kumulatif dari pengupasan lapisan tanah atas, pembuangan limbah, serta eksposur terus-menerus terhadap air hujan dan sinar matahari menjadikan lahan bekas tambang berada dalam kondisi yang sangat terdegradasi secara fisik, kimia, maupun biologis (Mummey et al., 2002; Lottermoser, 2010).

Secara fisik, tanah di kawasan pascatambang kehilangan agregat dan pori-pori alaminya sehingga menjadi padat atau terlalu berpasir. Hal ini menyebabkan infiltrasi dan retensi air sangat rendah, mengakibatkan kekeringan pada musim kemarau dan erosi berat saat musim hujan. Secara kimiawi, tanah mengalami penurunan pH secara drastis, kejenuhan basa yang rendah, serta kekurangan unsur hara esensial seperti nitrogen, fosfor, dan kalium. Sementara secara biologis, keanekaragaman mikroorganisme tanah sebagai agen alami dekomposisi dan penyeimbang hara menurun tajam akibat



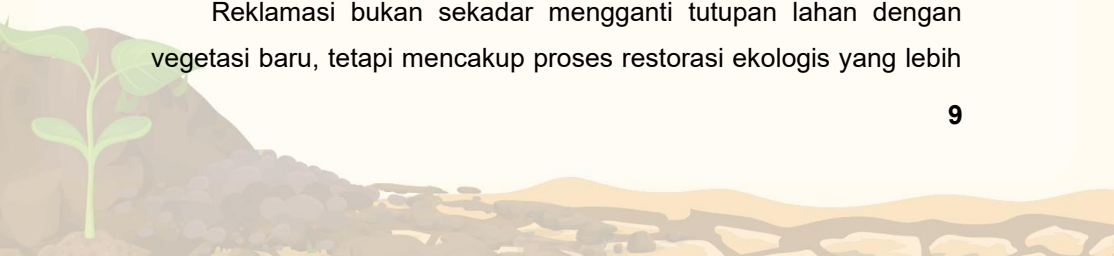
terganggunya habitat dan hilangnya bahan organik (Sheoran et al., 2010; Mukhopadhyay et al., 2016).

Kondisi tersebut juga tercermin secara nyata di area reklamasi milik PT Suprabari Mapanindo Mineral. Berdasarkan hasil evaluasi awal yang dilakukan pada zona nursery, diketahui bahwa tanah memiliki tingkat keasaman yang tinggi dengan nilai pH rata-rata sebesar 4,94, jauh dari ambang ideal bagi pertumbuhan tanaman tropis. Tingkat kejenuhan basa yang hanya mencapai 20,78% menunjukkan rendahnya kapasitas tanah dalam menahan unsur-unsur kation esensial yang dibutuhkan tanaman. Tekstur tanah yang dominan berpasir memperparah situasi, karena mempercepat laju perkolasi air dan menghambat ketersediaan air di zona perakaran. Selain itu, kadar bahan organik yang rendah dan terbatasnya populasi mikroba tanah semakin menurunkan daya dukung ekologis kawasan tersebut.

Realitas ini menjadi tantangan serius dalam upaya revegetasi, karena lahan yang mengalami degradasi semacam ini tidak hanya kehilangan kemampuan produktifnya, tetapi juga berpotensi menyebabkan dampak lanjutan berupa erosi, sedimentasi, dan kegagalan reklamasi secara ekologis maupun ekonomis. Oleh sebab itu, pemulihan fungsi tanah pascatambang memerlukan intervensi sistemik yang tidak hanya memperbaiki struktur dan kimia tanah, tetapi juga membangun kembali jejaring biologis melalui pendekatan hayati yang inovatif dan berkelanjutan.

## **1.2 Tantangan dalam Reklamasi dan Pembibitan**

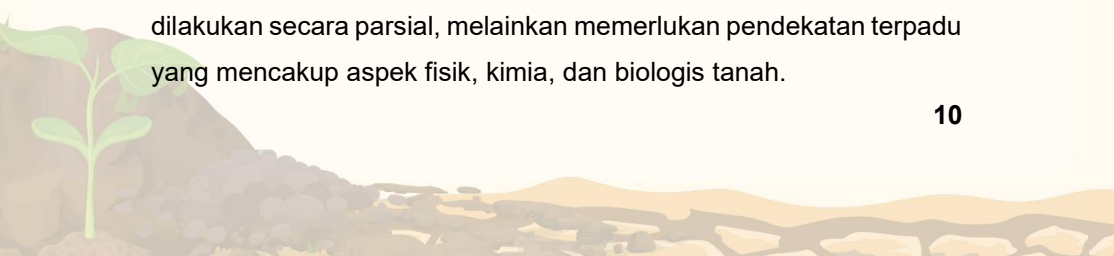
Reklamasi bukan sekadar mengganti tutupan lahan dengan vegetasi baru, tetapi mencakup proses restorasi ekologis yang lebih



luas. Kegiatan ini harus mampu menghidupkan kembali fungsi tanah sebagai media pendukung kehidupan, termasuk siklus hara, kapasitas penyimpanan air, dan stabilitas struktur fisik. Dalam konteks ini, pembibitan menjadi tahapan awal yang sangat menentukan keberhasilan reklamasi secara menyeluruh. Namun, di banyak kasus, tantangan teknis yang dihadapi di lapangan kerap kali lebih kompleks dibanding yang direncanakan.

Pengalaman di area reklamasi PT Suprabari Mapanindo Mineral menunjukkan bahwa banyak bibit tanaman buah lokal mengalami keterlambatan pertumbuhan meskipun telah ditanam dalam media polybag. Permasalahan ini bukan disebabkan oleh spesies tanaman, tetapi oleh kualitas media tanam yang kurang mendukung, seperti struktur tanah yang buruk dan rendahnya kandungan bahan organik. Tanah semacam ini menyebabkan akar sulit berkembang, daun hanya tumbuh sedikit, dan batang mengalami pertumbuhan yang stagnan.

Lambatnya perkembangan bibit memperpanjang masa pembibitan dan menyebabkan ketergantungan perusahaan pada penyedia bibit eksternal, yang pada akhirnya menambah beban biaya dan mengurangi kemandirian dalam pengelolaan reklamasi. Berbagai studi telah menunjukkan bahwa tanah yang mengalami kerusakan akibat kegiatan tambang cenderung kehilangan struktur agregatnya, mengakibatkan rendahnya kemampuan menyimpan air dan unsur hara, serta berkurangnya aktivitas mikroorganisme tanah yang penting dalam siklus nutrisi dan stabilitas ekosistem (Tordoff et al., 2000; Bradshaw, 1997). Oleh karena itu, solusi perbaikan tidak dapat dilakukan secara parsial, melainkan memerlukan pendekatan terpadu yang mencakup aspek fisik, kimia, dan biologis tanah.



### 1.3 Harapan untuk Membangun Kehidupan Kembali dari Tanah

Di balik setiap lahan yang terdegradasi, selalu ada peluang untuk pemulihan, asalkan ditangani dengan prinsip ilmiah yang tepat dan kepedulian ekologis. Keyakinan ini menjadi dasar munculnya harapan bahwa reklamasi tidak harus bergantung pada pendekatan-pendekatan kimiawi yang cepat namun sering kali tidak berkelanjutan. Sebaliknya, pendekatan hayati yang mengandalkan kekuatan mikroorganisme, bahan organik, dan proses alami dinilai lebih mampu membangun fondasi ekosistem secara berkelanjutan.



Gambar 4 Guna Rehabilitas Lahan

Berbagai hasil penelitian menunjukkan bahwa rehabilitasi lahan pascatambang lebih efektif jika tidak hanya berfokus pada perbaikan fisik atau penambahan pupuk anorganik, tetapi juga menumbuhkan kembali jaringan kehidupan di dalam tanah. Kehadiran mikroba tanah, termasuk jamur mikoriza, sangat penting dalam membantu tanaman menyerap nutrisi dan air, sekaligus memperbaiki struktur tanah (Bastida et al., 2008). Selain itu, kandungan bahan organik yang mencukupi juga mendukung aktivitas biota tanah dan menciptakan kondisi yang lebih stabil secara ekologis (Harris et al., 1996).

Bertolak dari pemahaman tersebut, inovasi SIMBIOSA dikembangkan untuk menawarkan pendekatan alternatif yang tidak hanya menjawab kebutuhan teknis, tetapi juga menyentuh aspek moral dan ekologis dari pemulihan lingkungan. Program ini tidak hanya memperlakukan tanah sebagai benda mati yang perlu diperbaiki, tetapi sebagai sistem hidup yang harus dipulihkan melalui interaksi alami dan keharmonisan hayati. Dengan mengintegrasikan mikroorganisme fungsional dan bahan organik, SIMBIOSA menjadi jalan untuk mengembalikan kehidupan ke dalam tanah yang semula kehilangan harapan.



# JEJAK LANGKAH

Dari Masalah Menuju  
Inovasi



## BAB II

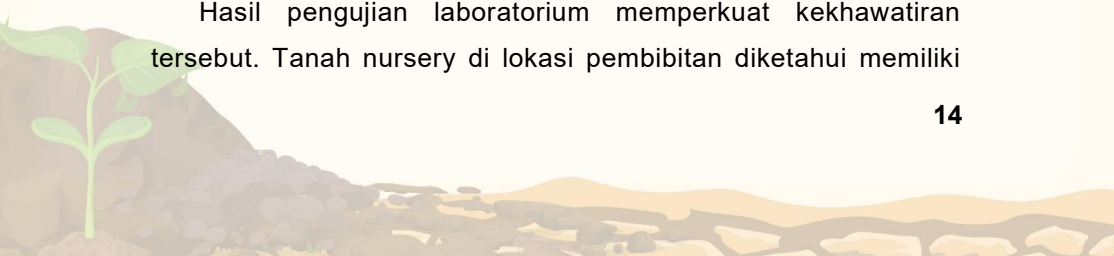
### JEJAK LANGKAH : DARI MASALAH MENUJU INOVASI

#### 2.1 Permasalahan Teknis Pembibitan dan Kondisi Tanah

Dalam proses reklamasi pascatambang, tahap pembibitan merupakan fondasi awal yang sangat menentukan keberhasilan jangka panjang dari kegiatan revegetasi. Keberhasilan tanaman dalam bertahan hidup, tumbuh optimal, dan membentuk tutupan lahan yang stabil, sangat ditentukan oleh kualitas awal bibit dan media tumbuhnya. Namun, realita di lapangan menunjukkan bahwa proses pembibitan bukanlah hal yang sederhana, terlebih ketika dilakukan di atas lahan yang telah mengalami degradasi parah akibat aktivitas tambang terbuka

Di awal implementasinya, PT Suprabari Mapanindo Mineral (PT SMM) menghadapi berbagai hambatan teknis yang cukup kompleks dalam kegiatan pembibitan. Media tanam yang digunakan pada saat itu didominasi oleh tanah alami setempat atau campuran kompos dengan perlakuan minimal. Formulasi media belum berdasarkan pada analisis karakteristik tanah yang menyeluruh, baik secara fisik, kimia, maupun biologi, sehingga tidak mampu memberikan kondisi yang ideal bagi pertumbuhan bibit. Hal ini menunjukkan kurangnya integrasi antara praktik lapangan dan pendekatan ilmiah berbasis data, yang seharusnya menjadi landasan dalam proses pembenahan media tanam (Bradshaw, 1997; Tordoff et al., 2000).

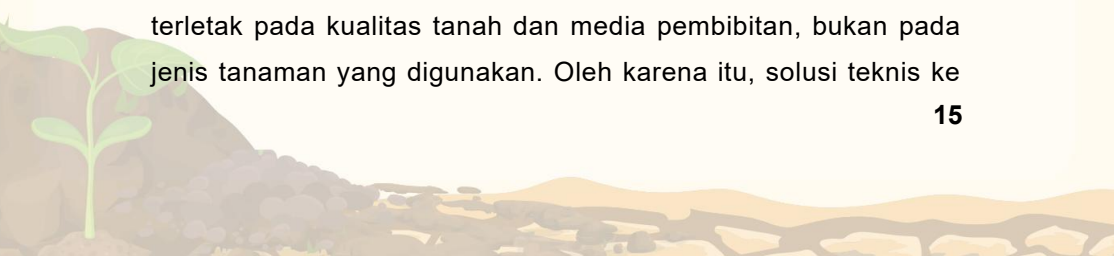
Hasil pengujian laboratorium memperkuat kekhawatiran tersebut. Tanah nursery di lokasi pembibitan diketahui memiliki



tingkat keasaman yang tinggi, dengan pH rata-rata sebesar 4,94. Selain itu, tingkat kejenuhan basa yang hanya mencapai 20,78% menunjukkan rendahnya kapasitas tanah untuk menahan dan menyuplai unsur hara kation seperti kalsium, magnesium, dan kalium kepada tanaman. Struktur tanah yang dominan berpasir memperparah kondisi tersebut, karena tanah berpasir memiliki pori-pori besar yang menyebabkan air dan unsur hara cepat mengalir keluar sebelum sempat diserap oleh akar tanaman (Sheoran et al., 2010). Kandungan bahan organik yang hampir nihil turut menyebabkan aktivitas mikroba tanah sangat rendah, sehingga siklus dekomposisi dan pembentukan hara alami juga terganggu (Bastida et al., 2008).

Dampak dari kondisi ini sangat terlihat secara fisiologis pada tanaman. Akar tidak mampu tumbuh dan menyebar secara optimal, daun yang tumbuh sedikit dan berukuran kecil, serta tinggi batang tidak mengalami peningkatan signifikan meskipun waktu tanam telah cukup lama. Kualitas bibit yang dihasilkan menjadi rendah dan tingkat keberhasilan tanam di lapangan pun menurun drastis. Selain itu, masa pembibitan menjadi jauh lebih lama dari yang direncanakan, sehingga efisiensi kerja menurun, dan perusahaan terpaksa meningkatkan ketergantungan terhadap pembelian bibit dari luar. Ketergantungan ini bukan hanya menambah beban biaya operasional, tetapi juga menghambat pencapaian target reklamasi yang bersifat mandiri dan berkelanjutan.

Dengan kondisi tersebut, jelas bahwa tantangan utama terletak pada kualitas tanah dan media pembibitan, bukan pada jenis tanaman yang digunakan. Oleh karena itu, solusi teknis ke



depan tidak bisa sekadar berfokus pada pengadaan bibit atau pemilihan spesies, tetapi harus dimulai dari perbaikan ekosistem mikro pada media tanam melalui intervensi biologis dan organik yang terukur.

Hasil pengujian menunjukkan bahwa tanah nursery bersifat sangat masam dengan rata-rata pH 4,94 dan tingkat kejenuhan basa hanya 20,78%. Kandungan unsur hara sangat rendah, bahan organik hampir tidak tersedia, dan struktur tanah cenderung berpasir sehingga lemah dalam menyimpan air maupun unsur hara. Dampaknya pun nyata: akar tanaman kurang berkembang, daun tumbuh minimal, tinggi batang stagnan, dan tingkat keberhasilan tanam di lapangan terus menurun. Tidak hanya berdampak pada hasil vegetasi, kondisi ini juga memperpanjang durasi pembibitan dan meningkatkan ketergantungan pada suplai bibit dari luar. Artinya, efisiensi kerja menurun, biaya meningkat, dan beban terhadap operasional pembibitan makin berat dari tahun ke tahun.

**Tabel 2. 1 Perbandingan Kondisi Tanah Sebelum Program**

| No | Parameter                 | Kondisi Sebelum Program                      |
|----|---------------------------|----------------------------------------------|
| 1  | pH Tanah                  | 4,94 (masam)                                 |
| 2  | Kejenuhan Basa (%)        | 20,78%                                       |
| 3  | Kandungan Unsur Hara      | Sangat rendah                                |
| 4  | Kandungan Bahan Organik   | Hampir tidak tersedia                        |
| 5  | Struktur Tanah            | Berpasir, tidak mampu menyimpan air dan hara |
| 6  | Perkembangan Akar         | Kurang berkembang                            |
| 7  | Pertumbuhan Daun          | Kurang berkembang                            |
| 8  | Pertumbuhan Tinggi Batang | Stagnan                                      |

| No | Parameter                      | Kondisi Sebelum Program |
|----|--------------------------------|-------------------------|
| 9  | Tingkat Keberhasilan Tanam     | Menurun                 |
| 10 | Durasi Pembibitan              | Lebih lama              |
| 11 | Ketergantungan Bibit Eksternal | Tinggi                  |

## 2.2 Evaluasi Sistem Pembibitan Konvensional

Kegagalan dalam proses pembibitan yang berulang menunjukkan bahwa sistem konvensional yang selama ini diterapkan tidak mampu menjawab kompleksitas tantangan di lahan pascatambang. Oleh karena itu, tim Environment PT Suprabari Mapanindo Mineral (PT SMM) melakukan evaluasi komprehensif untuk menelaah secara kritis seluruh aspek teknis yang terlibat dalam proses pembibitan. Evaluasi ini mencakup media tanam yang digunakan, metode perlakuan terhadap bibit, serta pengaruh lingkungan mikro di sekitar lokasi pembibitan, termasuk pencahayaan, kelembapan, dan kualitas air penyiram.

Hasil evaluasi menunjukkan bahwa pendekatan pembibitan konvensional masih bersifat fragmentaris dan belum mengintegrasikan ketiga aspek utama tanah yaitu biologi, kimia, dan fisika. Media tanam yang digunakan tidak dirancang secara spesifik berdasarkan hasil karakterisasi tanah pascatambang, sehingga tidak mampu mendukung kebutuhan tumbuh bibit secara optimal. Selain itu, tidak terdapat perlakuan hayati yang dapat membentuk hubungan simbiotik antara akar tanaman dan mikroorganisme tanah, khususnya mikoriza atau bakteri pelarut fosfat, padahal interaksi ini sangat penting dalam meningkatkan ketersediaan unsur hara dan ketahanan

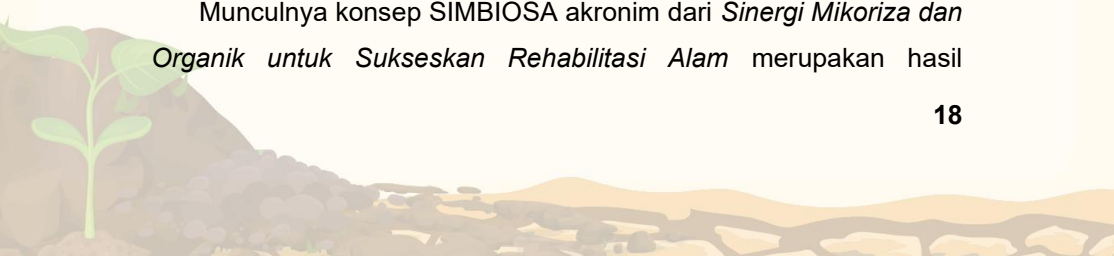
bibit terhadap stres lingkungan (Smith & Read, 2008; Sylvia et al., 2005).

Sistem pembibitan yang hanya mengandalkan prinsip "tumbuh secara alami" tanpa rekayasa ekologis cenderung tidak adaptif terhadap kondisi tanah yang miskin unsur hara dan bahan organik seperti yang banyak dijumpai di lahan pascatambang. Padahal, berbagai studi telah menunjukkan bahwa pembibitan tanaman dalam media yang mengandung agen hayati seperti *Trichoderma* spp., mikoriza arbuskular, atau pupuk organik padat dapat meningkatkan vigor bibit, mempercepat pertumbuhan akar, dan meningkatkan daya hidup tanaman di lapangan (Leifheit et al., 2014; Marschner, 2012).

Dari evaluasi tersebut, diketahui bahwa metode pembibitan konvensional selama ini tidak memiliki pendekatan terpadu antara aspek biologi, kimia, dan fisik tanah. Media tanam tidak memperhitungkan kondisi spesifik tanah pascatambang, dan tidak ada perlakuan hayati yang mampu meningkatkan kapasitas hidup bibit sejak awal tanam. Sistem tersebut bersifat statis dan bertumpu pada prinsip 'tumbuh secara alami', tanpa dukungan proses simbiotik antara akar dan mikroorganisme yang seharusnya menjadi fondasi awal pembibitan. Situasi ini menjadi pendorong untuk merancang pendekatan baru yang lebih adaptif, terencana, dan selaras dengan prinsip ekologis. Maka, dibutuhkan suatu inovasi yang tidak hanya mengatasi gejala, tetapi juga menyentuh akar permasalahan secara ilmiah.

### 2.3 Lahirnya Gagasan SIMBIOSA

Munculnya konsep SIMBIOSA akronim dari *Sinergi Mikoriza dan Organik untuk Sukseskan Rehabilitasi Alam* merupakan hasil

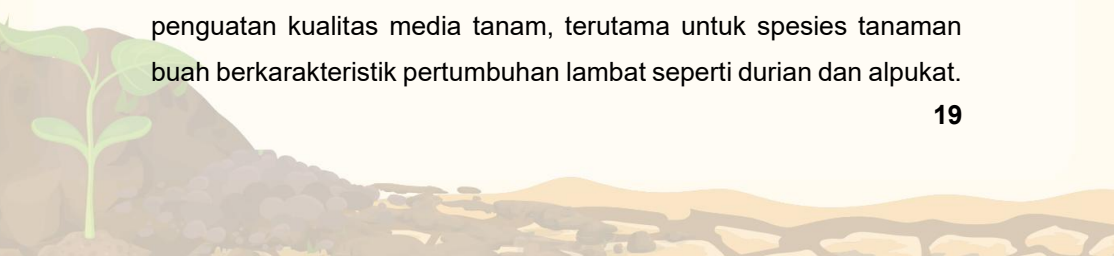


perpaduan antara kebutuhan teknis di lapangan dengan pemahaman mendalam terhadap prinsip-prinsip ekologi tanah. Gagasan ini dirancang berdasarkan kajian terhadap berbagai praktik terbaik di sektor kehutanan dan pertanian hayati, serta dari pengalaman langsung yang diperoleh melalui observasi pada sejumlah lokasi pembibitan dan kegiatan reklamasi di Indonesia.

SIMBIOSA memperkenalkan pendekatan holistik dengan mengintegrasikan tiga komponen utama, yaitu mikroorganisme tanah seperti *Mikoriza spp.*, *Trichoderma spp.*, dan *Gliocladium sp.*, bahan organik lokal berupa kompos, serta Pupuk Hayati Cair (PHC) yang diformulasikan melalui fermentasi mikroba endemik. Ketiganya berperan secara sinergis untuk menciptakan media tanam yang tidak hanya bernutrisi tinggi, namun juga aktif secara biologi.

Tidak seperti pendekatan konvensional yang mengandalkan pupuk kimia, SIMBIOSA menawarkan cara baru: membangun kembali jalinan simbiosis antara tanaman dan tanah sejak tahap pembibitan. Mikoriza, sebagai agen utama, membentuk hubungan mutualisme dengan akar tanaman, memperluas jangkauan serapan hara, meningkatkan ketahanan terhadap cekaman lingkungan, dan memperbaiki struktur tanah. PHC memperkaya populasi mikroba menguntungkan dalam media tanam, sementara kompos memperbaiki tekstur dan meningkatkan kandungan karbon organik.

Berangkat dari hasil evaluasi internal dan meningkatnya kebutuhan akan bibit berkualitas tinggi untuk mendukung target reklamasi tahunan, tim Environment PT SMM menyadari pentingnya reformulasi sistem pembibitan. Fokus utama diarahkan pada penguatan kualitas media tanam, terutama untuk spesies tanaman buah berkarakteristik pertumbuhan lambat seperti durian dan alpukat.

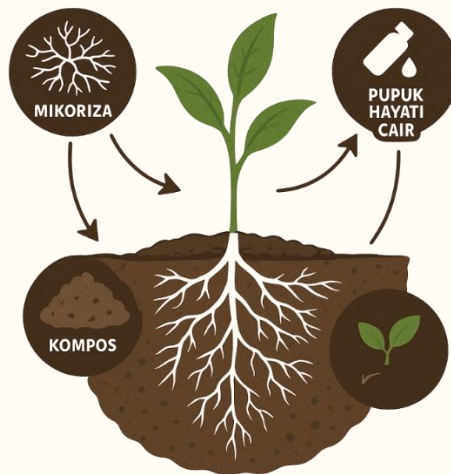


Melalui pendekatan terintegrasi ini, SIMBIOSA tidak hanya menjadi solusi teknis, tetapi juga mencerminkan paradigma baru dalam pembibitan: bahwa keberhasilan rehabilitasi ekologis harus dimulai dari keseimbangan kehidupan mikro di dalam tanah.

SIMBIOSA mengusung konsep integratif, yakni memadukan mikroorganisme tanah seperti *Mikoriza spp.*, *Gliricladium sp.*, dan *Trichoderma spp.* dengan bahan organik lokal berupa kompos, serta Pupuk Hayati Cair (PHC) hasil fermentasi mikroba lokal. Ketiga unsur ini bekerja dalam sinergi untuk menciptakan media tanam yang tidak hanya subur, tetapi juga hidup.

SIMBIOSA bukan sekadar inovasi teknis, melainkan sebuah filosofi pembibitan baru: bahwa keberhasilan reklamasi harus dimulai dari harmoni antara makhluk hidup terkecil dalam tanah dengan tanaman yang ditanam di atasnya.

### DALAM PROGRAM SIMBIOSA



**Gambar 5 Skema Integrasi Unsur Hayati dalam Program SIMBIOSA**

Secara khusus, tantangan terbesar ditemukan pada kualitas media tanam yang belum optimal dalam mendukung pertumbuhan tanaman buah lokal, terutama jenis dengan laju tumbuh lambat seperti *Durio zibethinus* (durian) dan *Persea americana* (alpukat). Dalam rangka mencari solusi yang tepat, dilakukan telaah terhadap literatur dan praktik terbaik (best practices) di bidang kehutanan dan pertanian organik, yang menunjukkan bahwa mikroorganisme tanah seperti *Mikoriza spp.*, *Gliocladium sp.*, dan *Trichoderma spp.* memiliki peran signifikan dalam membentuk sistem perakaran yang sehat, meningkatkan efisiensi serapan hara, dan memperbaiki struktur tanah.

Melihat permasalahan teknis yang terjadi secara berulang dan meningkatnya kebutuhan bibit untuk menunjang target reklamasi setiap tahun, tim Environment PT SMM menginisiasi evaluasi menyeluruh terhadap sistem pembibitan yang berjalan. Dalam evaluasi tersebut ditemukan bahwa kunci perbaikan terletak pada peningkatan kualitas media tanam agar sesuai dengan kebutuhan pertumbuhan tanaman buah, terutama jenis yang tergolong slow growing seperti durian dan alpukat.

Berdasarkan studi literatur dan praktik terbaik di bidang kehutanan dan pertanian hayati, mikroorganisme tanah seperti *Mikoriza spp.*, *Gliocladium sp.*, dan *Trichoderma spp.* terbukti efektif meningkatkan serapan hara, membentuk simbiosis akar yang saling menguntungkan, serta memperbaiki struktur tanah. Selain itu, penggunaan **Pupuk Hayati Cair (PHC)** dari fermentasi mikroba lokal juga dapat meningkatkan populasi mikroba menguntungkan dan mempercepat proses dekomposisi bahan organik. Sehingga program SIMBIOSA ini sebagai solusi menyeluruh yang mengintegrasikan

bahan organik (kompos) dan mikroba hayati ke dalam sistem pembibitan mandiri perusahaan.

**Program inovasi " SIMBiosa** (Sinergi Mikoriza dan Organik untuk Sukseskan Rehabilitasi Alam)" merupakan **pionir yang tidak ditemukan dalam industri sejenis berdasarkan buku Best Practice dan Inovasi Tahun 2020,2021,2022, 2023 dan 2024** yang dikeluarkan oleh Kementerian Lingkungan Hidup.



# SIMBIOSA

## Konsep & Penerapan



## BAB III

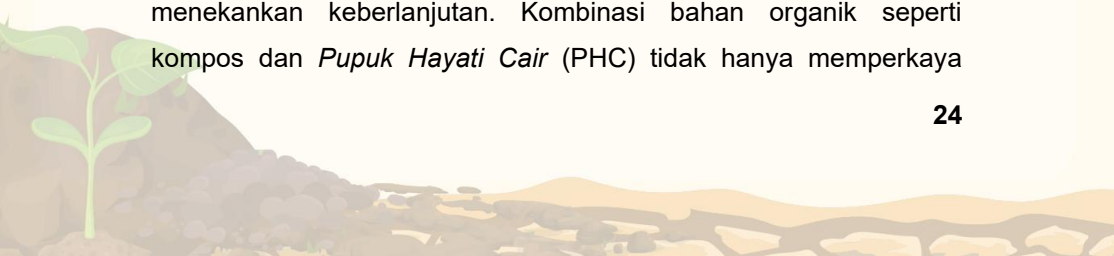
### SIMBIOSA : KONSEP DAN PENERAPAN

#### 3.1 Filosofi dan Makna Nama SIMBIOSA

Keberhasilan suatu program rehabilitasi lingkungan tidak cukup hanya dilihat dari jumlah pohon yang tumbuh di permukaan lahan pascatambang, tetapi dari sejauh mana proses alami dapat dipulihkan dan berlangsung secara harmonis dalam jangka panjang. Dari kesadaran inilah, nama SIMBIOSA dipilih sebagai identitas program inovasi PT Suprabari Mapanindo Mineral (SMM), yang merupakan singkatan dari *Sinergi Mikoriza dan Organik untuk Sukseskan Rehabilitasi Alam*. Nama ini tidak hanya merujuk pada kombinasi teknis bahan hayati yang digunakan, melainkan mewakili filosofi yang mendalam: bahwa pemulihan ekosistem harus dibangun di atas prinsip keterhubungan dan kerja sama antar unsur kehidupan.

Secara biologis, istilah “simbiosis” menggambarkan bentuk interaksi saling menguntungkan antara dua organisme. Dalam konteks program ini, hubungan tersebut diwujudkan melalui asosiasi antara sistem perakaran tanaman dan mikroorganisme tanah, terutama *Mikoriza spp.*, yang membentuk struktur mikoriza-arbuskular. Asosiasi ini memungkinkan tanaman mengakses air dan unsur hara dari volume tanah yang lebih luas melalui hifa mikoriza yang menjalar, sementara mikroorganisme memperoleh senyawa karbon hasil fotosintesis tanaman sebagai sumber energi.

Lebih dari sekadar aspek biologis, pendekatan SIMBIOSA menekankan keberlanjutan. Kombinasi bahan organik seperti kompos dan *Pupuk Hayati Cair* (PHC) tidak hanya memperkaya



unsur hara media tanam, tetapi juga meningkatkan keragaman dan aktivitas mikroba tanah. Kondisi ini mendorong terbentuknya ekosistem mikro yang stabil dan dinamis di zona perakaran (rhizosfer), sehingga mempercepat adaptasi tanaman terhadap lingkungan pascatambang yang ekstrem.

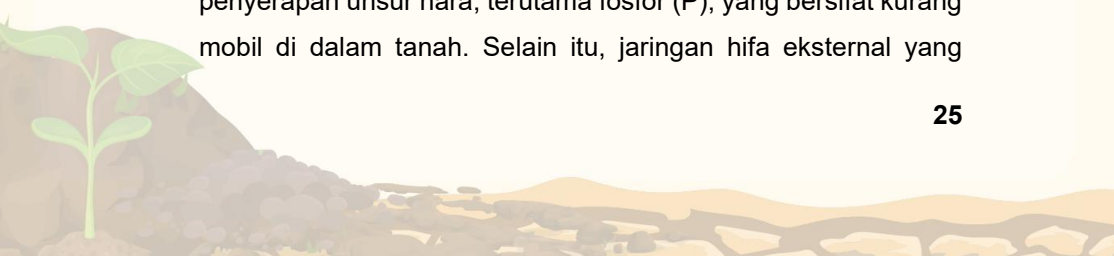
Dengan demikian, SIMBIOISA bukan sekadar akronim teknis, tetapi simbol dari nilai-nilai ekologis yang ingin diwujudkan: hubungan timbal balik, kesetaraan peran antara makhluk hidup, serta keberlanjutan sebagai fondasi dari setiap langkah rehabilitasi. Pendekatan ini menjadikan tanah tidak hanya sebagai medium tanam, tetapi sebagai ruang hidup yang dibangun atas dasar keharmonisan biologis.

### **3.2 Komponen Utama : Mikoriza, G3 Fungi, PHC, dan Kompos**

Keberhasilan program SIMBIOISA dalam meningkatkan kualitas tanah pascatambang dan mempercepat pertumbuhan vegetasi sangat ditentukan oleh sinergi dari empat komponen biologis utama yang saling melengkapi: *Mikoriza spp.*, G3 Fungi, *Pupuk Hayati Cair* (PHC), dan kompos organik lokal. Keempat unsur ini dirancang untuk membangun ekosistem mikro yang seimbang di sekitar zona perakaran tanaman, sekaligus mendukung ketahanan tanaman dalam menghadapi kondisi ekstrem lahan reklamasi:

#### **1. Mikoriza spp.**

Mikoriza merupakan kelompok fungi endofitik yang menjalin hubungan simbiosis mutualisme dengan akar tanaman. Keberadaan mikoriza terbukti mampu meningkatkan efisiensi penyerapan unsur hara, terutama fosfor (P), yang bersifat kurang mobil di dalam tanah. Selain itu, jaringan hifa eksternal yang



dibentuk oleh *Arbuscular Mycorrhizal Fungi* (AMF) memperluas jangkauan penyerapan air dan unsur mikro, serta meningkatkan ketahanan tanaman terhadap kekeringan, salinitas, dan infeksi patogen tanah (Smith & Read, 2008). Mikoriza juga berperan dalam pembentukan agregat tanah melalui eksudat glomalin yang dihasilkan, sehingga meningkatkan struktur tanah dan kapasitas menahan air (Rillig, 2004).

2. G3 Fungi (*Gliocladium* sp., *Trichoderma* spp.)

Kombinasi dua jenis fungi tanah ini dikenal sebagai agen hayati yang efektif untuk pengendalian penyakit akar serta pemicu pertumbuhan tanaman (plant growth promoting fungi). *Trichoderma* spp. menghasilkan enzim seperti kitinase dan  $\beta$ -glukanase yang dapat menghancurkan dinding sel patogen, sementara *Gliocladium* sp. bersifat antagonis terhadap patogen melalui kompetisi ruang dan nutrisi (Harman et al., 2004). Selain fungsi protektif, kedua fungi ini juga mempercepat dekomposisi bahan organik, memperbaiki porositas tanah, dan meningkatkan ketersediaan unsur hara makro maupun mikro (Verma et al., 2007).

3. Pupuk Hayati Cair (PHC)

PHC dalam program ini berasal dari hasil fermentasi mikroba lokal terpilih yang mencakup bakteri pelarut fosfat, pelarut kalium, dan pengikat nitrogen, seperti *Bacillus*, *Azospirillum*, dan *Pseudomonas*. Aplikasi PHC pada masa awal pertumbuhan sangat penting untuk membentuk mikrobioma akar yang sehat dan mendukung perkembangan simbiosis dengan mikoriza. Selain memperbaiki aktivitas mikroba tanah, PHC juga mampu meningkatkan ketersediaan unsur hara melalui proses fiksasi dan

pelarutan biologis, serta menghasilkan zat pengatur tumbuh alami seperti IAA dan gibberellin (Arif et al., 2017; Vessey, 2003).

#### 4. Kompos Organik Lokal

Kompos yang digunakan dalam program SIMBIOSA umumnya berasal dari limbah organik internal perusahaan, seperti sisa makanan dari dapur umum atau bahan organik dari sekitar site tambang. Kompos ini berfungsi sebagai sumber bahan organik dan nutrisi makro (N, P, K), sekaligus menjadi media tumbuh bagi mikroorganisme fungsional. Penambahan kompos mampu memperbaiki tekstur dan agregasi tanah, meningkatkan kapasitas tukar kation (KTK), serta memperkuat kapasitas tanah dalam mendukung koloni mikoriza dan G3 Fungi (Brady & Weil, 2017). Selain itu, pemanfaatan limbah internal sebagai bahan kompos turut mendukung prinsip ekonomi sirkular dan efisiensi pengelolaan limbah organik perusahaan.

**Tabel 3. 1 Komposisi Media Tanam dalam Program SIMBIOSA**

| No | Komponen                 | Fungsi Utama                                                       | Asal / Spesifikasi                                     |
|----|--------------------------|--------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|
| 1  | Mikoriza spp.            | Simbiosis mutualisme, peningkatan penyerapan hara, ketahanan stres | Inokulum Mikoriza komersial atau isolat lokal unggulan |
| 2  | G3 Fungi (Gliricium sp., | Pengendali hayati, perbaikan struktur tanah, dekomposer            | Isolat fungsional hasil kultur laboratorium (biologis) |

| No | Komponen                | Fungsi Utama                                                             | Asal / Spesifikasi                                                |
|----|-------------------------|--------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------|
|    | Trichoderma spp.)       |                                                                          |                                                                   |
| 3  | Pupuk Hayati Cair (PHC) | Fermentasi mikroba lokal, percepat pembentukan koloni mikroba fungsional | Hasil fermentasi mikroba lokal terstandar (PHC formula SIMBIOISA) |
| 4  | Kompos Organik Lokal    | Perbaikan tekstur tanah, peningkatan bahan organik, penyedia nutrisi     | Limbah organik perusahaan (misal: sisa makanan)                   |

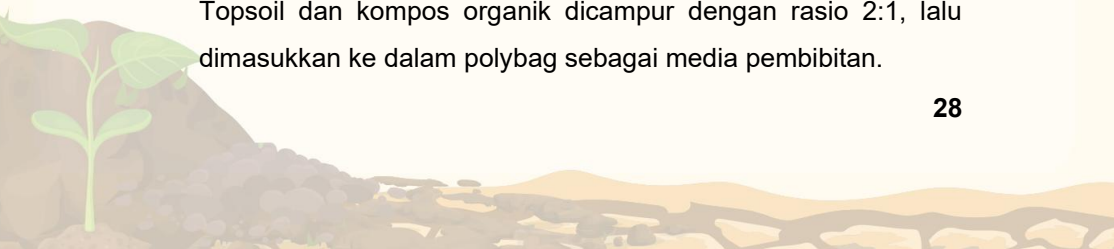
Dengan sinergi keempat komponen tersebut, program SIMBIOISA tidak hanya meningkatkan efektivitas pembibitan dan revegetasi, tetapi juga menciptakan ekosistem tanah yang lebih sehat dan berkelanjutan secara ekologis.

### 3.3 Skema dan Tahapan Pelaksanaan Inovasi

Pelaksanaan SIMBIOISA dilakukan dalam beberapa tahapan terpadu yang disusun secara sistematis. Setiap tahap memiliki peran penting dalam membangun ekosistem mikro yang mendukung pertumbuhan tanaman secara alami dan berkelanjutan:

#### 1. Persiapan Media Tanam

Topsoil dan kompos organik dicampur dengan rasio 2:1, lalu dimasukkan ke dalam polybag sebagai media pembibitan.



2. Aplikasi Mikoriza dan G3 Fungi (MG3T)  
Campuran mikroba hayati ditambahkan langsung ke dalam media tanam dengan dosis sekitar 5 gram per bibit, guna membentuk simbiosis sejak awal.
3. Pemberian PHC  
PHC diaplikasikan sebanyak 200 ml per bibit saat tanam untuk mempercepat pembentukan populasi mikroba fungsional.
4. Penanaman Benih Lokal Unggul  
Bibit yang digunakan berasal dari varietas lokal pilihan, ditanam secara hati-hati tanpa pemupukan kimia tambahan.
5. Perawatan dan Monitoring Pertumbuhan  
Setelah penanaman, bibit dirawat secara berkala melalui penyiraman dan pengamatan pertumbuhan. Monitoring ini digunakan untuk mengevaluasi efektivitas tahapan simbiosis dalam menunjang pertumbuhan.



**Gambar 6 Skema Tahapan Pelaksanaan Program SIMBIOSA**

SIMBIOSA tidak hanya dirancang sebagai solusi teknis atas permasalahan rendahnya tingkat keberhasilan pembibitan, tetapi juga merepresentasikan perubahan paradigma dalam praktik rehabilitasi lingkungan. Pendekatan yang ditawarkan menekankan pentingnya interaksi biologis di bawah permukaan tanah yakni hubungan mutualistik antara akar tanaman dan komunitas mikroba tanah sebagai fondasi bagi keberhasilan jangka panjang dalam reklamasi.

Di balik pertumbuhan tanaman yang tampak, sesungguhnya terdapat jejaring kehidupan mikro yang bekerja secara simultan dan saling mendukung. Mikoriza spp., sebagai salah satu aktor utama, membentuk asosiasi mikoriza-arbuskular yang memungkinkan

tanaman memperoleh unsur hara dari area yang lebih luas, sekaligus meningkatkan toleransi terhadap cekaman biotik dan abiotik (Smith & Read, 2008). Di sisi lain, keberadaan *Trichoderma* spp. dan *Gliocladium* sp. terbukti efektif dalam menekan patogen akar serta mempercepat dekomposisi bahan organik, memperbaiki struktur tanah, dan meningkatkan produktivitas tanaman (Harman et al., 2004).

Kompos lokal dan Pupuk Hayati Cair (PHC) berfungsi sebagai substrat dan medium kehidupan bagi komunitas mikroba, yang mendukung pembentukan ekosistem mikro di sekitar zona perakaran (rhizosfer). Unsur-unsur ini bekerja bukan hanya untuk memperbaiki kesuburan tanah secara fisik dan kimiawi, tetapi juga secara biologis melalui peningkatan diversitas mikroba fungsional (Bending et al., 2006). Dengan demikian, SIMBIOSA mengedepankan prinsip ekologi regeneratif, di mana setiap unsur kehidupan di dalam tanah memiliki peran dalam proses pemulihan ekosistem.

Inovasi ini menjadi bukti bahwa keberlanjutan reklamasi tidak cukup ditopang oleh input materi seperti bibit dan pupuk kimia, tetapi harus dimulai dari restorasi interaksi hayati yang fundamental. Dari kerja sama antarorganisme yang tersembunyi di dalam tanah inilah, kehidupan makro hutan, kebun, hingga lanskap ekologis dapat dibangun kembali secara lestari dan resilien.



# JEJAK NYATA

Transformasi di Nursery



## BAB IV

### TRANSFORMASI NYATA DI NURSERY

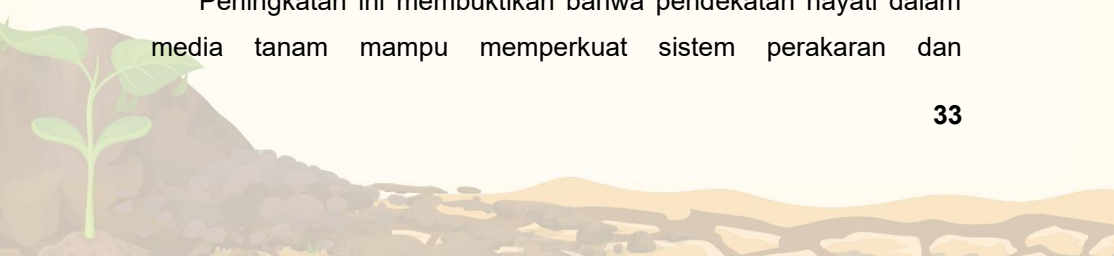
#### 4.1 Perbandingan Pertumbuhan Tanaman Sebelum dan Sesudah Program

Implementasi Program SIMBIOSEA di lingkungan nursery PT Suprabari Mapanindo Mineral membawa dampak signifikan terhadap kualitas pertumbuhan bibit tanaman, khususnya tanaman buah lokal. Evaluasi terhadap kondisi sebelum dan sesudah pelaksanaan program mengungkapkan peningkatan performa bibit yang mencolok, baik dari aspek morfologi maupun vitalitas tanaman.

Sebelum diterapkannya SIMBIOSEA, sistem pembibitan di nursery masih mengandalkan media tanam konvensional berupa tanah lokal yang dicampur kompos secara seadanya, tanpa tambahan bahan hayati atau mikroba fungsional. Kondisi ini menyebabkan pertumbuhan bibit berlangsung lambat dan kurang optimal. Ciri-ciri yang umum dijumpai antara lain daun yang tumbuh sedikit, batang pendek, serta akar yang berkembang terbatas dan dangkal.

Setelah penggunaan media tanam berbasis SIMBIOSEA di dalam unit nursery, yang menggabungkan mikoriza, fungi hayati (seperti *Gliricidium sp.* dan *Trichoderma spp.*), pupuk hayati cair (PHC), serta kompos organik lokal, bibit menunjukkan perkembangan yang jauh lebih cepat dan sehat. Akar menjadi lebih panjang dan bercabang, daun tumbuh lebih rimbun, dan batang mengalami pertumbuhan signifikan dalam waktu relatif singkat.

Peningkatan ini membuktikan bahwa pendekatan hayati dalam media tanam mampu memperkuat sistem perakaran dan



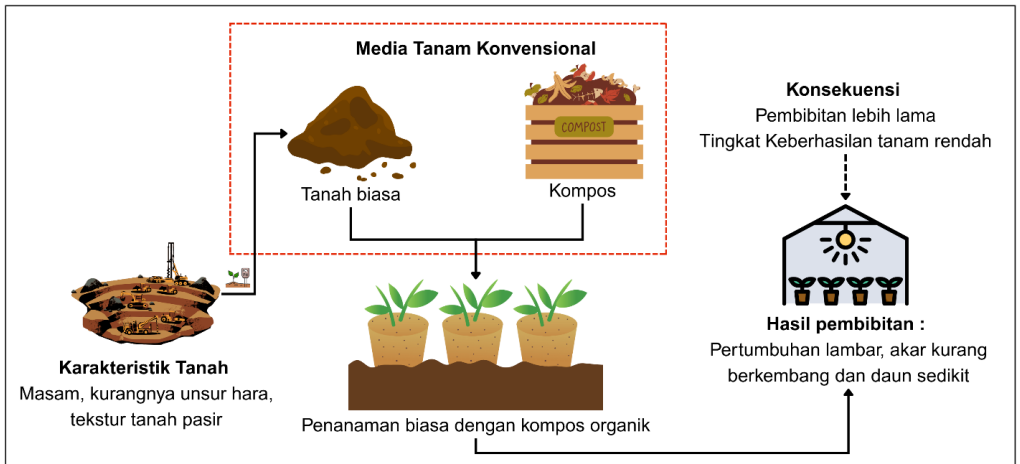
meningkatkan efisiensi penyerapan nutrisi, terutama dalam tahap awal kehidupan tanaman di nursery. Pendekatan ini juga menciptakan lingkungan mikro yang lebih stabil dan ramah bagi interaksi simbiotik yang mendukung pertumbuhan bibit secara berkelanjutan (Smith & Read, 2008; Harman et al., 2004).

Perbaikan ini tidak hanya menunjukkan keberhasilan sistem hayati yang dibangun, tetapi juga menguatkan bahwa pendekatan ekologis mampu menggantikan sistem konvensional yang selama ini kurang efektif. Dengan media tanam yang lebih hidup, akar berkembang lebih dalam dan luas, daun lebih rimbun, dan pertumbuhan batang lebih cepat.

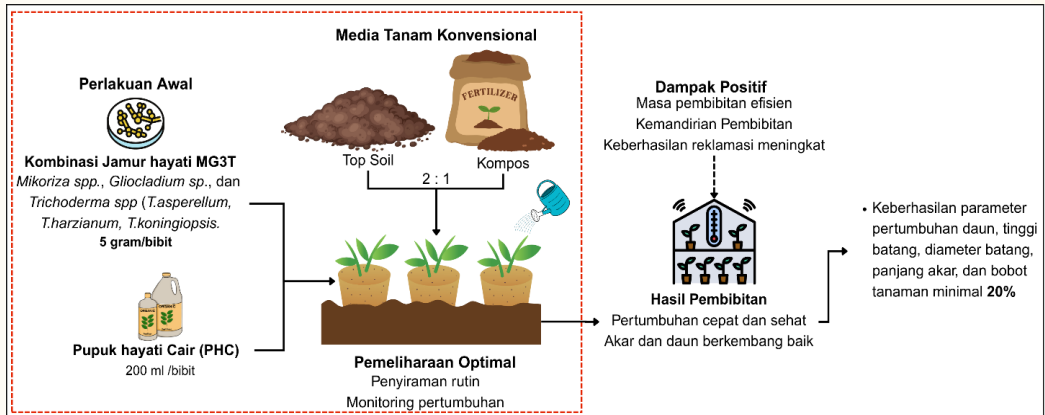
#### **4.2 Visualisasi Skematis dan Dokumentasi Lapangan**

Transformasi sistem pembibitan juga terlihat secara visual melalui perbandingan kondisi lapangan sebelum dan sesudah program. Sebelumnya, media tanam berwarna pucat dan mudah hancur, bibit menunjukkan gejala stres fisiologis, serta pertumbuhannya stagnan. Namun setelah program, media tanam menjadi lebih gembur dan berwarna gelap akibat pengayaan bahan organik, serta terlihat jelas peningkatan vigor bibit.





**Gambar 7 Skema Sistem Pembibitan Sebelum Program**



**Gambar 8 Skema Sistem Pembibitan Setelah Penerapan SIMBIOSA**



**Gambar 9 Aplikasi MG3T dan PHC**



**Gambar 10 Dokumentasi Bibit Setelah 12 Minggu Pertumbuhan**

#### **4.3 Perubahan Sistemik yang Dihadirkan oleh SIMBIOSA**

Lebih dari sekadar peningkatan pertumbuhan, SIMBIOSA menghadirkan perubahan sistemik dalam cara perusahaan memandang dan mengelola pembibitan. Inovasi ini mengubah pendekatan statis-konvensional menjadi pendekatan dinamis-ekologis yang berbasis sains hayati.

Transformasi ini tidak hanya berdampak pada hasil vegetasi, tetapi juga pada sistem kerja tim nursery yang kini lebih mandiri dan teredukasi. Dengan media tanam yang diformulasikan sendiri, perusahaan tidak lagi bergantung pada bibit dari luar, sehingga mampu mengendalikan kualitas dan kuantitas bibit sesuai kebutuhan reklamasi.

Selain itu, penggunaan kompos dari limbah organik internal memperkuat prinsip ekonomi sirkular dan efisiensi biaya. Penggantian pupuk kimia dengan input hayati juga berkontribusi pada pengurangan risiko pencemaran lingkungan. Semua ini menjadi bukti bahwa SIMBIOSA bukan sekadar program, melainkan sebuah model baru dalam pembibitan yang adaptif, ramah lingkungan, dan berkelanjutan.



# BUAH INOVASI

Manfaat dan Dampak  
yang Ditumbuhkan



## BAB V

### MANFAAT DAN DAMPAK YANG DITUMBUHKAN

#### 5.1 Kuantifikasi Peningkatan Pertumbuhan Tanaman

Salah satu indikator keberhasilan program SIMBIOSA adalah meningkatnya kualitas dan kuantitas pertumbuhan bibit tanaman dalam kurun waktu yang relatif singkat. Dengan formulasi media tanam yang mengintegrasikan mikoriza, fungi hayati, pupuk hayati cair, dan kompos organik, bibit tanaman buah lokal menunjukkan peningkatan signifikan dalam berbagai parameter morfologi.

Peningkatan tersebut meliputi jumlah helai daun, tinggi batang, diameter batang, panjang akar, serta bobot bibit. Sebagai contoh, bibit alpukat yang sebelumnya hanya mencapai tinggi 35 cm dan berat 0,60 kg dalam 12 minggu, meningkat menjadi 48 cm dengan berat 0,94 kg setelah penerapan SIMBIOSA. Tren serupa juga ditemukan pada durian, jambu air, mangga, matoa, dan trembesi.

**Tabel 5. 1 Kuantifikasi Pertumbuhan Bibit Sebelum dan Sesudah SIMBIOSA**

| Spesies                    | Nama Lokal      | Jumlah Bibit | Sebelum Program* |                    |                      |            |                   | Setelah Program* |                    |                      |            |                   |
|----------------------------|-----------------|--------------|------------------|--------------------|----------------------|------------|-------------------|------------------|--------------------|----------------------|------------|-------------------|
|                            |                 |              | Daun (Helai)     | Tinggi Batang (cm) | Diameter Batang (cm) | Bobot (kg) | Panjang Akar (cm) | Daun (Helai)     | Tinggi Batang (cm) | Diameter Batang (cm) | Bobot (kg) | Panjang Akar (cm) |
| <i>Persea americana</i>    | Alpukat Mentega | 10           | 6                | 35                 | 0,60                 | 12         | 22                | 18               | 48                 | 0,94                 | 93         | 31                |
| <i>Durio zibethinus L.</i> | Durian          | 260          | 10               | 32                 | 0,50                 | 10         | 20                | 31               | 69                 | 1,00                 | 50         | 20                |
| <i>Syzygium aqueum</i>     | Jambu Air       | 130          | 15               | 38                 | 0,55                 | 11         | 23                | 43               | 76                 | 0,82                 | 90         | 25                |
| <i>Mangifera indica L.</i> | Mangga          | 452          | 11               | 30                 | 0,50                 | 9          | 18                | 31               | 70                 | 1,05                 | 21         | 36                |

| Spesies                | Nama Lokal | Jumlah Bibit | Sebelum Program* |                    |                      |            |                   | Setelah Program* |                    |                      |            |                   |
|------------------------|------------|--------------|------------------|--------------------|----------------------|------------|-------------------|------------------|--------------------|----------------------|------------|-------------------|
|                        |            |              | Daun (Helai)     | Tinggi Batang (cm) | Diameter Batang (cm) | Bobot (kg) | Panjang Akar (cm) | Daun (Helai)     | Tinggi Batang (cm) | Diameter Batang (cm) | Bobot (kg) | Panjang Akar (cm) |
| <i>Pometia pinnata</i> | Matoa      | 200          | 9                | 28                 | 0,45                 | 8          | 17                | 26               | 66                 | 0,95                 | 19         | 34                |
| <i>Albizia saman</i>   | Trembesi   | 84           | 10               | 34                 | 0,55                 | 10         | 20                | 42               | 95                 | 1,25                 | 28         | 45                |

Kuantifikasi ini memperlihatkan bahwa sistem hayati yang dibangun mampu mempercepat pertumbuhan hingga lebih dari 20% dibanding sistem konvensional. Ini menunjukkan keberhasilan simbiosis akar-mikroba dalam memperbaiki serapan nutrisi dan meningkatkan vigor tanaman.

## 5.2 Efisiensi Biaya dan Penghematan Anggaran

Selain dampak biologis, penerapan SIMBIOSA juga memberikan efisiensi nyata dalam aspek ekonomi. Sebelum program, pembibitan sangat bergantung pada pupuk kimia seperti NPK, dengan biaya tahunan mencapai Rp 3.755.700,00. Namun setelah mengganti dengan kompos organik dari limbah internal dan input hayati seperti mikoriza, G3 fungi, dan PHC, biaya pembibitan tahunan berkurang menjadi Rp 2.920.000,00

### 1. Sebelum Program

Harga Pemakaian Pupuk Kimia

Pupuk NPK Mutria Grower N 15%, P 9%, K 20% =

Rp 27.000.00 /kg

Intensitas / frekuensi pemakaian pupuk = 26 kali /tahun/ bibit

Kebutuhan pupuk per tahun

Kebutuhan pupuk = Bibit x Dosis x Frekuensi

Alpukat Mentega = 10 bibit x 5 gram x 26 = 1.300 gram

Durian Lokal = 260 bibit x 5 gram x 26 = 33.800 gram  
 Jambu Air = 130 bibit x 4 gram x 26 = 13.520 gram  
 Mangga = 452 bibit x 5 gram x 26 = 58.760 gram  
 Matoa = 200 bibit x 4 gram x 26 = 20.800 gram  
 Trembesi = 84 bibit x 5 gram x 26 = 10.920 gram  
 Total Kebutuhan Pupuk = 139.100 gram atau 139,1 kg  
 Harga Total Pupuk = 139,1 kg x Rp 27.000,00  
 = Rp 3.755.700,00

Total harga sebelum program = **Rp 3.755.700,00**

## 2. Setelah Program

- Pemakaian pupuk kompos organik = Rp 0,00 per bibit.  
Hal ini disebabkan menggunakan kompos yang terbuat dari timbunan sampah organik perusahaan dari sisa makanan dan sampah organik lainnya di dimanfaatkan menjadi pupuk untuk tanaman.
- Harga penambahan mikroorganisme dan Pupuk Hayati Cair (PHC) per 3 bulan

| Komponen         | Harga Satuan (Rp)        | Kebutuhan    | Total (Rp) |
|------------------|--------------------------|--------------|------------|
| Mikoriza         | Rp 550 /gram             | 500 gram     | 275.000,00 |
| G3 Fungi         | Rp 750 /gram             | 500 gram     | 375.000,00 |
| PHC              | Rp 60.000 / 100l larutan | 1 kali pakai | 60.000,00  |
| Kompos           | 200 /kg                  | 100 kg       | 20.000,00  |
| Total Harga (Rp) |                          |              | 730.000,00 |

Sehingga Rp 730.000,00 x 4 = **Rp 2.920.000,00 / tahun**

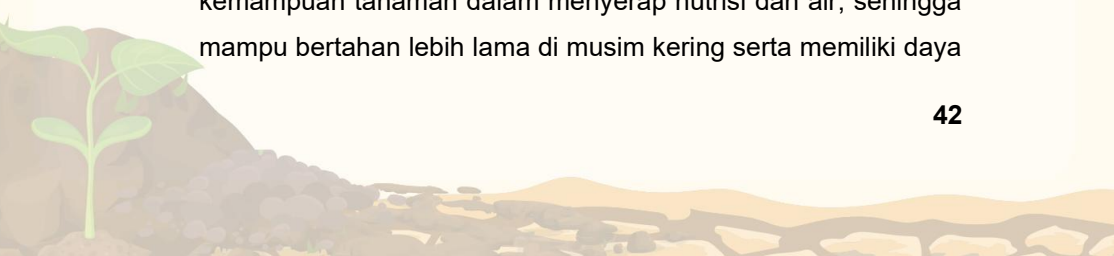
c. **Total penghematan 2025** = Sebelum program – setelah  
Program  
= Rp 3.755.700,00 – Rp 2.920.000,00  
**= Rp 835.700,00**

Total penghematan yang dicapai pada tahun 2025 mencapai **Rp 835.700,00**, atau sekitar **22%** dari biaya pembibitan sebelumnya. Penghematan ini tentu berdampak positif terhadap efisiensi operasional nursery dan memperkuat kemandirian pembibitan perusahaan.

### **5.3 Dampak Terhadap Keberhasilan Reklamasi**

Program SIMBIOSA memberikan kontribusi nyata dalam meningkatkan keberhasilan kegiatan reklamasi, khususnya pada tahapan revegetasi di area bekas tambang. Salah satu keunggulan utama dari pendekatan ini adalah keberhasilan dalam menghasilkan bibit tanaman yang lebih kuat, sehat, dan adaptif terhadap kondisi lingkungan yang terdegradasi. Dengan menerapkan kombinasi mikoriza dan bahan organik lokal, media tanam di nursery menjadi lebih subur, memiliki struktur yang lebih baik, dan mendukung perkembangan akar yang lebih optimal.

Bibit yang ditanam dengan sistem SIMBIOSA menunjukkan sistem perakaran yang lebih panjang dan kuat, yang sangat penting untuk menunjang ketahanan tanaman di lahan reklamasi yang umumnya memiliki ketersediaan air dan unsur hara yang rendah. Perakaran yang berkembang dengan baik meningkatkan kemampuan tanaman dalam menyerap nutrisi dan air, sehingga mampu bertahan lebih lama di musim kering serta memiliki daya



regeneratif yang lebih tinggi setelah penanaman. Hal ini secara langsung berkontribusi terhadap peningkatan tingkat keberlangsungan hidup tanaman di lapangan (survival rate), yang menjadi salah satu indikator keberhasilan dalam revegetasi.

Selain itu, penggunaan mikoriza dalam sistem ini juga mendukung hubungan simbiotik antara akar tanaman dan fungi tanah, yang membantu mobilisasi unsur hara seperti fosfor dan nitrogen, serta meningkatkan ketahanan tanaman terhadap patogen tanah. Keberadaan mikoriza juga terbukti berperan dalam meningkatkan agregasi tanah, sehingga memperbaiki struktur dan stabilitas tanah di lahan pasca tambang (Smith & Read, 2008).

Penerapan SIMBIOSEA turut mendukung pencapaian target tahunan revegetasi dan memperkuat kemandirian sistem pembibitan internal perusahaan. Selain aspek teknis, keberhasilan ini juga mencerminkan komitmen perusahaan dalam menjalankan reklamasi yang berkelanjutan dan berorientasi pada pemulihan ekosistem, sesuai dengan prinsip-prinsip *Good Mining Practice* dan PROPER Hijau.

**Tabel 5. 2 Hasil Tanam dan Status Perlindungan Flora**

| NO    | NAMA ILMIAH                | NAMA LOKAL      | STATUS PERLINDUNGAN |                         |      | TAHUN                    |      |      |      |       | SATUAN |                   |
|-------|----------------------------|-----------------|---------------------|-------------------------|------|--------------------------|------|------|------|-------|--------|-------------------|
|       |                            |                 | CITES               | Permen LHK No 106 Tahun | IUCN | 2021                     | 2022 | 2023 | 2024 | 2025* |        |                   |
| Flora |                            |                 |                     |                         |      |                          |      |      |      |       |        |                   |
| 1     | <i>Persea americana</i>    | Alpukat Mentega | -                   | -                       | LC   | Program Belum Terlaksana |      |      |      |       | 10     | Individu (Batang) |
| 2     | <i>Durio zibethinus L.</i> | Durian          | -                   | v                       | LC   |                          |      |      |      |       | 260    | Individu (Batang) |
| 3     | <i>Syzygium aqueum</i>     | Jambu Air       | -                   | -                       | LC   |                          |      |      |      |       | 130    | Individu (Batang) |

| NO                    | NAMA ILMIAH         | NAMA LOKAL | STATUS PERLINDUNGAN |                         |      | TAHUN                    |       |       |       |       | SATUAN            |
|-----------------------|---------------------|------------|---------------------|-------------------------|------|--------------------------|-------|-------|-------|-------|-------------------|
|                       |                     |            | CITES               | Permen LHK No 106 Tahun | IUCN | 2021                     | 2022  | 2023  | 2024  | 2025* |                   |
| 4                     | Mangifera indica L. | Mangga     | -                   | -                       | LC   | Program Belum Terlaksana |       |       |       | 452   | Individu (Batang) |
| 5                     | Pometia pinnata     | Matoa      | -                   | v                       | LC   |                          |       |       |       | 200   | Individu (Batang) |
| 6                     | Albizia saman       | Trembesi   | -                   | v                       | LC   |                          |       |       |       | 84    | Individu (Batang) |
| Jumlah Jenis          |                     |            |                     |                         |      | 0                        | 0     | 0     | 0     | 6     | Spesies           |
| Jumlah Individu Flora |                     |            |                     |                         |      | 0                        | 0     | 0     | 0     | 1136  | Individu (Batang) |
| Indeks H'             |                     |            |                     |                         |      | 0,000                    | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 1,492 | H'                |
| Luas Area             |                     |            |                     |                         |      | 0,000                    | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,060 | Ha                |

Berdasarkan hasil monitoring lapangan hingga pertengahan tahun 2025, telah ditanam sebanyak 1.136 individu tanaman yang mencakup 6 spesies flora lokal di area konservasi reklamasi dengan luasan total 0,12 hektare. Seluruh spesies yang digunakan dalam program ini berasal dari jenis tanaman yang tergolong *Least Concern (LC)* menurut daftar merah IUCN (International Union for Conservation of Nature), sehingga meskipun tidak tergolong terancam punah, tetap memiliki peran ekologis penting dalam mempercepat pemulihan ekosistem bekas tambang.

Spesies seperti *Durio zibethinus* (durian), *Mangifera indica* (mangga), dan *Syzygium aqueum* (jambu air) merupakan tanaman buah lokal yang tidak hanya berkontribusi dalam aspek revegetasi, tetapi juga menyediakan sumber pangan bagi fauna penyerbuk dan satwa liar lain di sekitarnya. Sementara itu, *Pometia pinnata* (matoa) dan *Albizia saman* (trembesi) memiliki

keunggulan dalam memperbaiki struktur tanah dan menciptakan naungan mikroklimat.

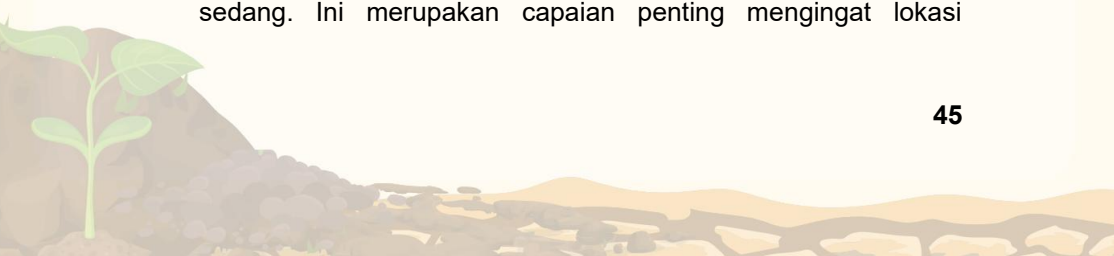
Dari enam spesies yang ditanam, tiga di antaranya tercantum dalam Permen LHK No. 106 Tahun 2018 sebagai jenis yang perlu dipertimbangkan untuk perlindungan karena keberadaannya yang semakin terbatas di habitat aslinya. Meskipun tidak tercantum dalam Appendix CITES (Convention on International Trade in Endangered Species of Wild Fauna and Flora), konservasi spesies ini tetap penting dalam konteks lokal dan keberlanjutan biodiversitas.

Secara keseluruhan, keberhasilan penanaman ini juga menunjukkan bahwa pendekatan reklamasi yang terintegrasi dengan prinsip konservasi dapat menciptakan dampak ganda, yakni memulihkan kondisi lingkungan sekaligus memperkaya keanekaragaman hayati di kawasan pasca tambang.

#### **5.4 Peningkatan Keanekaragaman Hayati Lokal**

SIMBIOSA tidak hanya membantu dalam menghasilkan bibit berkualitas, tetapi juga mendorong terbentuknya komunitas vegetasi yang lebih beragam. Dengan memilih jenis tanaman lokal yang memiliki nilai ekologis dan kultural, program ini mendukung pelestarian spesies endemik dan regenerasi habitat alami.

Hasil evaluasi menunjukkan bahwa nilai indeks keanekaragaman jenis ( $H'$ ) pada pertengahan 2025 telah mencapai  $H' = 1,492$ , tergolong dalam kategori keanekaragaman sedang. Ini merupakan capaian penting mengingat lokasi



tersebut sebelumnya merupakan lahan pascatambang dengan indeks keanekaragaman nol.

Program SIMBIOSA menjadi bukti bahwa pendekatan yang mengedepankan sinergi antara ilmu pengetahuan dan prinsip ekologi mampu memberikan dampak nyata baik dalam aspek teknis, ekonomi, maupun ekologis. Inovasi ini menunjukkan bahwa pertumbuhan tanaman tidak hanya tentang pemupukan, melainkan tentang membangun kehidupan dari bawah: dari mikroorganisme, dari tanah, dan dari semangat untuk memulihkan alam.



# EVIDENSI HIDUP

Rekam Jejak Data  
dan Sains



## BAB VI

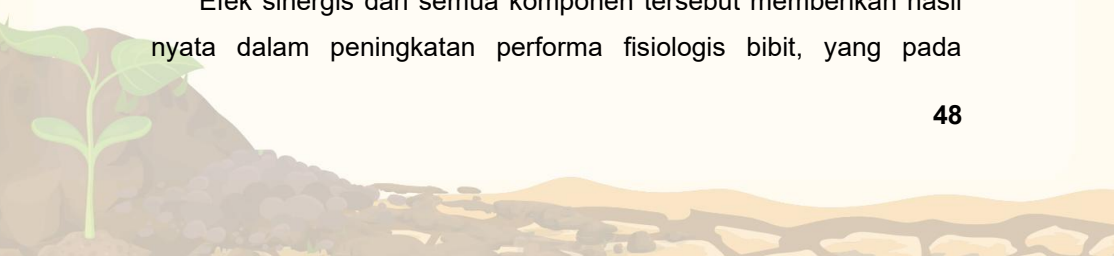
### REKAM JEJAK DAN EVIDENSI SAINS

#### 6.1 Pertumbuhan Bibit dan Nilai Indeks H'

Implementasi program SIMBIOSA memberikan dampak yang dapat diukur tidak hanya melalui perubahan visual di lapangan, tetapi juga secara ilmiah melalui dokumentasi sistematis dan terukur. Pengamatan pertumbuhan bibit dilakukan secara berkala selama 12 minggu awal masa pemeliharaan, dengan fokus pada enam jenis tanaman buah lokal, yakni *Persea americana* (alpukat), *Durio zibethinus* (durian), *Syzygium aqueum* (jambu air), *Mangifera indica* (mangga), *Pometia pinnata* (matoa), dan *Albizia saman* (trembesi). Keenam spesies ini dipilih karena kemampuan adaptasinya yang baik terhadap kondisi lingkungan tropis serta kontribusinya dalam penyediaan naungan dan pangan bagi satwa liar.

Hasil pengukuran menunjukkan adanya peningkatan yang signifikan pada seluruh parameter morfologis tanaman, termasuk jumlah daun, tinggi batang, diameter batang, bobot total bibit, serta panjang sistem perakaran. Peningkatan ini terutama terjadi setelah aplikasi mikoriza arbuskula, fungi hayati lainnya, Plant Health Care (PHC), dan bahan organik seperti kompos fermentasi. Mikoriza diketahui memperluas jangkauan penyerapan air dan nutrisi tanaman melalui hifa eksternal, sedangkan PHC dan kompos berperan sebagai sumber energi mikroorganisme tanah sekaligus perbaikan struktur dan aktivitas biologis tanah.

Efek sinergis dari semua komponen tersebut memberikan hasil nyata dalam peningkatan performa fisiologis bibit, yang pada



gilirannya meningkatkan kemampuan adaptasi dan tingkat keberlangsungan hidup bibit di lingkungan reklamasi. Hal ini sejalan dengan temuan dari penelitian Rahayu & Siregar (2022) yang menunjukkan bahwa kombinasi mikoriza dan bahan organik mampu memperbaiki pertumbuhan bibit pohon di media marginal.

Selain itu, program SIMBIOSA juga dievaluasi melalui pendekatan ekologi kuantitatif, yakni penghitungan indeks keanekaragaman Shannon-Wiener ( $H'$ ) untuk menilai sejauh mana pembentukan komunitas vegetasi yang sehat dan beragam telah tercapai. Pada pertengahan tahun 2025, nilai  $H'$  tercatat sebesar 1,492 dari total 1.136 individu tanaman yang mewakili enam spesies berbeda di area konservasi reklamasi seluas 0,12 hektare. Menurut klasifikasi Odum (1971), nilai  $H'$  antara 1 hingga 2 menunjukkan komunitas dengan tingkat keanekaragaman sedang, yang berarti bahwa sistem vegetasi mulai terbentuk dengan cukup baik dan relatif stabil.

Capaian ini menandakan bahwa program tidak hanya berhasil dari sisi kuantitas tanam, tetapi juga dari segi kualitas ekologis, yaitu melalui peningkatan keragaman jenis tanaman yang tumbuh berdampingan secara harmonis. Komunitas vegetasi yang lebih beragam juga memberikan ketahanan ekologis yang lebih tinggi terhadap gangguan seperti serangan hama, perubahan cuaca ekstrem, serta degradasi tanah lebih lanjut.

## 6.2 Perhitungan Ekonomi dan Rasionalisasi Biaya

Salah satu indikator keberhasilan inovasi dalam sistem PROPER adalah kemampuan program dalam menurunkan biaya dan meningkatkan efisiensi. Program SIMBIOSA menunjukkan efisiensi

pembibitan melalui pengurangan ketergantungan terhadap pupuk kimia dan substitusinya dengan kompos dari limbah organik perusahaan.

Total biaya pembibitan yang sebelumnya mencapai **Rp 3.755.700,00** per tahun menurun menjadi **Rp 2.920.000,00** setelah program berjalan. Efisiensi ini diperoleh dari penggunaan sumber daya internal dan pengurangan frekuensi penggunaan pupuk komersial. Hasilnya, tercatat penghematan sebesar **Rp 835.700,00** pada tahun 2025.

### 6.3 Status Konservasi dan Legalitas Spesies ditanam

Pemilihan jenis tanaman dalam program SIMBIOSA dilaksanakan melalui kajian yang terencana dan berbasis prinsip kehati-hatian. Tidak hanya mempertimbangkan aspek ekologi dan adaptabilitas terhadap lingkungan pascatambang, namun juga memperhatikan aspek legalitas dan status konservasi spesies. Hal ini sejalan dengan komitmen perusahaan terhadap pelestarian biodiversitas yang sesuai dengan kaidah ilmiah dan peraturan perundang-undangan yang berlaku.

Enam spesies tanaman yang digunakan dalam program ini yaitu *Persea americana* (alpukat), *Durio zibethinus* (durian), *Syzygium aqueum* (jambu air), *Mangifera indica* (mangga), *Pometia pinnata* (matoa), dan *Albizia saman* (trembesi) semuanya dikategorikan dalam status Least Concern (LC) berdasarkan Daftar Merah IUCN (2021). Ini menunjukkan bahwa secara global, spesies-spesies tersebut tidak sedang menghadapi ancaman kepunahan dalam waktu dekat dan populasi alaminya relatif stabil.



Selain itu, hasil verifikasi terhadap dokumen resmi CITES (Convention on International Trade in Endangered Species of Wild Fauna and Flora) menyatakan bahwa tidak satu pun dari keenam spesies tersebut tercantum dalam lampiran CITES (Appendices I, II, atau III). Hal ini mengindikasikan bahwa perdagangan internasional spesies ini tidak dibatasi secara ketat, sehingga tidak menimbulkan risiko hukum maupun etika konservasi.

Lebih lanjut, pengecekan terhadap Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia Nomor P.106 Tahun 2018 tentang jenis tumbuhan dan satwa yang dilindungi juga menunjukkan bahwa keenam spesies tersebut tidak termasuk dalam daftar tumbuhan dilindungi secara nasional. Dengan demikian, program SIMBIOSA dinilai patuh terhadap regulasi nasional maupun internasional yang mengatur pelestarian keanekaragaman hayati.

Kesesuaian legalitas ini memiliki arti penting dalam konteks pertanggungjawaban lingkungan. Legalitas spesies yang digunakan memperkuat legitimasi ilmiah dan hukum program reklamasi, sekaligus menghindari potensi konflik kepentingan antara kegiatan pemulihan lingkungan dan prinsip konservasi. Dengan memilih spesies yang tidak dilindungi namun tetap memiliki nilai ekosistem tinggi seperti sebagai penyedia pakan satwa liar, penyimpan air tanah, dan pelindung mikroklimat program ini tetap berkontribusi terhadap konservasi biodiversitas secara bertanggung jawab.



# AKAR HARAPAN

Merekatkan hidup dari  
Tanah



## BAB VII

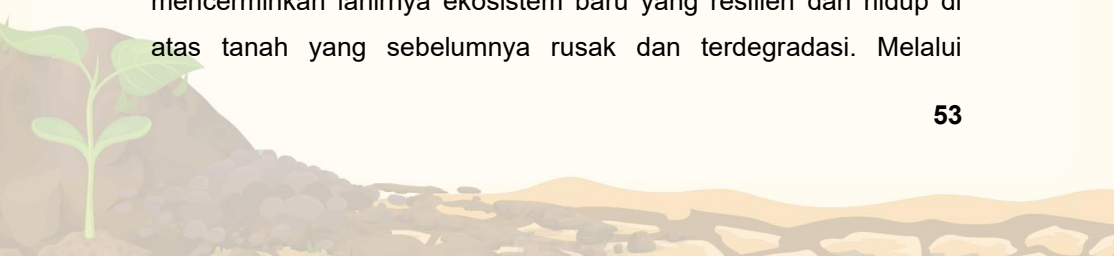
### MELIHAT KE DEPAN MEREKATKAN HIDUP DARI TANAH

#### 7.1 Peran Inovasi Hayati dalam Masa Depan Reklamasi

Sejak mulai diterapkan pada awal tahun 2025, program SIMBIOSA (Sinergi Mikoriza dan Organik untuk Sukseskan Rehabilitasi Alam) telah memperlihatkan capaian signifikan dalam mempercepat pemulihan ekosistem di wilayah pascatambang melalui pendekatan hayati yang terintegrasi dan berbasis ilmiah. Inovasi ini menggabungkan teknologi mikrobiologi tanah, pemanfaatan mikoriza arbuskula, fungi hayati, Plant Health Care (PHC), serta bahan organik untuk menciptakan sistem pembibitan yang lebih tangguh dan berkelanjutan.

Dalam kurun waktu kurang dari satu tahun, SIMBIOSA berhasil menumbuhkan sebanyak 1.136 individu tanaman dari enam spesies lokal di area konservasi reklamasi seluas 0,12 hektare. Spesies yang ditanam meliputi tanaman bernilai ekologis tinggi seperti *Durio zibethinus* (durian), *Persea americana* (alpukat), *Mangifera indica* (mangga), *Pometia pinnata* (matoa), *Syzygium aqueum* (jambu air), dan *Albizia saman* (trembesi). Keberhasilan ini tidak hanya terukur secara kuantitatif, tetapi juga dibuktikan melalui peningkatan indeks keanekaragaman jenis (Shannon-Wiener,  $H'$ ) yang mencapai 1,492, menandakan terbentuknya komunitas vegetasi yang mulai stabil dan beragam.

Namun, lebih dari sekadar angka dan luasan, capaian ini mencerminkan lahirnya ekosistem baru yang resilien dan hidup di atas tanah yang sebelumnya rusak dan terdegradasi. Melalui



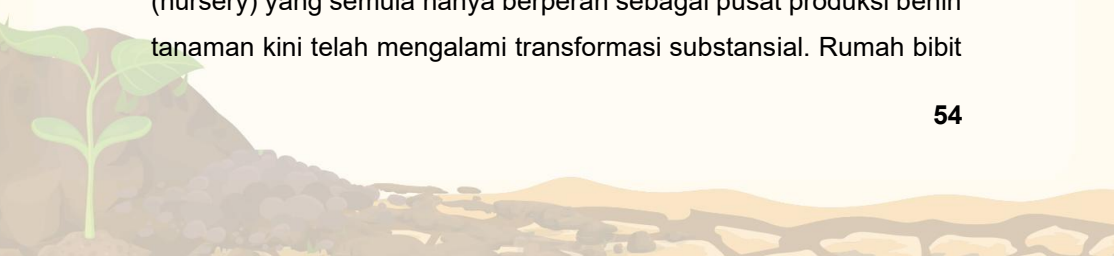
pemanfaatan pendekatan hayati, SIMBIOSA mengembalikan fungsi ekologis lahan dengan menciptakan interaksi positif antara tanaman, mikroorganisme tanah, dan unsur abiotik lingkungan. Proses ini menciptakan pondasi awal untuk pemulihan jangka panjang yang tidak hanya berfokus pada revegetasi fisik, tetapi juga pada keseimbangan ekologis yang memungkinkan terbentuknya rantai trofik alami.

Ke depan, program SIMBIOSA menjadi representasi dari pentingnya transformasi paradigma reklamasi: dari pendekatan konvensional yang bersifat teknis, menjadi pendekatan hayati yang holistik, berbasis data, dan berorientasi pada keberlanjutan. Inovasi ini menunjukkan bahwa rehabilitasi pascatambang tidak harus bergantung pada input eksternal yang mahal, tetapi dapat dibangun dari sistem lokal yang diperkuat secara biologis dan didesain dengan pendekatan ekologi lanskap.

Dengan hasil awal yang menjanjikan, SIMBIOSA membuka peluang besar bagi pengembangan model-model serupa di masa depan, termasuk replikasi pada lahan kritis lainnya seperti eks perkebunan, lahan pasca-banjir lumpur, atau kawasan penyangga hutan. Program ini tidak hanya relevan untuk tujuan revegetasi, tetapi juga menjadi instrumen strategis dalam upaya konservasi keanekaragaman hayati dan pengendalian degradasi lahan di tingkat nasional.

## **7.2 Penguatan Kemandirian Lingkungan Berbasis Lokal**

Seiring berjalannya program SIMBIOSA, keberadaan rumah bibit (nursery) yang semula hanya berperan sebagai pusat produksi benih tanaman kini telah mengalami transformasi substansial. Rumah bibit

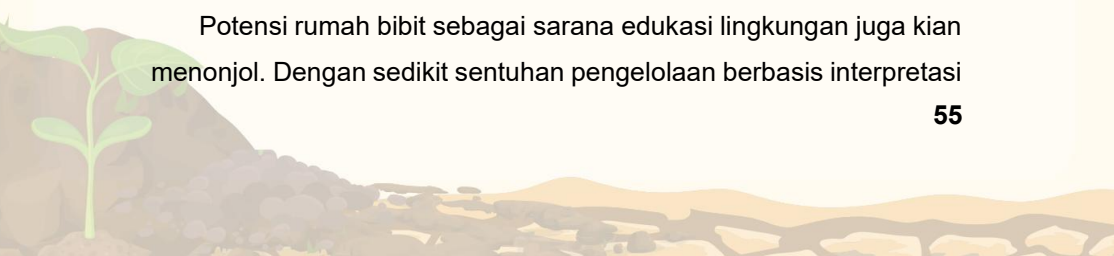


tersebut tidak lagi hanya dipandang sebagai fasilitas teknis pembibitan, melainkan telah berkembang menjadi ruang hidup edukatif dan ekologis sebuah ekosistem kecil tempat ilmu pengetahuan, konservasi, dan pemberdayaan masyarakat saling bersinergi.

Dengan menerapkan sistem media tanam berbasis lokal yang terdiri dari topsoil bekas reklamasi, kompos fermentasi dari limbah organik internal, serta perlakuan hayati seperti Mikroorganisme Generatif Tiga Tahap (MG3T) dan Plant Health Care (PHC), rumah bibit kini mampu menghasilkan bibit unggul secara mandiri dan berkelanjutan. Kombinasi bahan-bahan tersebut terbukti mendukung pertumbuhan akar, meningkatkan kapasitas retensi air, serta memperkaya komunitas mikroba tanah yang mendukung simbiosis mutualistik dengan tanaman. Hal ini menandai adanya penguatan kemandirian perusahaan dalam memenuhi kebutuhan revegetasi tahunan, sekaligus mengurangi ketergantungan terhadap pasokan bibit dari pihak eksternal yang tidak selalu adaptif terhadap karakteristik lokal lahan reklamasi.

Lebih dari sekadar infrastruktur, rumah bibit SIMBIOSA kini menjadi sumbu pelestarian dan simbol restorasi, di mana proses kehidupan disemai bukan hanya secara teknis, tetapi juga dengan nilai-nilai ekologis dan tanggung jawab sosial. Di tempat inilah pengetahuan hayati diterjemahkan ke dalam praktik langsung: dari fermentasi media tanam, inokulasi mikoriza, hingga monitoring pertumbuhan bibit. Ini merupakan laboratorium lapangan yang mampu menjembatani antara ilmu dan aksi nyata.

Potensi rumah bibit sebagai sarana edukasi lingkungan juga kian menonjol. Dengan sedikit sentuhan pengelolaan berbasis interpretasi



lingkungan, rumah bibit dapat dikembangkan menjadi pusat pembelajaran terbuka bagi pelajar, masyarakat lokal, maupun pemangku kepentingan lainnya. Melalui pendekatan partisipatif, rumah bibit memperkenalkan konsep rehabilitasi yang berbasis simbiosis dan keanekaragaman hayati, bukan hanya penghijauan simbolis.

Dalam konteks jangka panjang, rumah bibit ini merepresentasikan filosofi SIMBIOSA itu sendiri: bahwa proses rehabilitasi alam bukan sekadar menanam pohon, tetapi menumbuhkan harapan. Setiap tunas yang tumbuh di rumah bibit membawa pesan bahwa pemulihan dapat dimulai dari hal sederhana, dari tanah yang digarap dengan cermat, dari mikroorganisme yang bekerja dalam diam, dan dari komunitas yang belajar untuk kembali hidup selaras dengan alam. Inilah bentuk kemandirian lingkungan berbasis lokal yang sejati berakar pada kearifan, ditopang oleh inovasi, dan tumbuh menuju keberlanjutan.

### **7.3 Replikasi dan Potensi Pengembangan Program SIMBIOSA**

Keberhasilan program SIMBIOSA selama tahun pertama implementasinya bukanlah sebuah garis akhir, melainkan titik tolak dari rangkaian upaya konservasi jangka panjang yang lebih luas dan berkelanjutan. Keberhasilannya dalam merehabilitasi lahan pascatambang melalui pendekatan hayati yang terukur telah membuka peluang besar untuk direplikasi di berbagai lokasi lain, baik dalam lingkup internal PT Suprabari Mapanindo Mineral maupun secara lebih luas sebagai model praktik reklamasi berbasis hayati yang dapat diadopsi oleh perusahaan tambang lain di Indonesia.

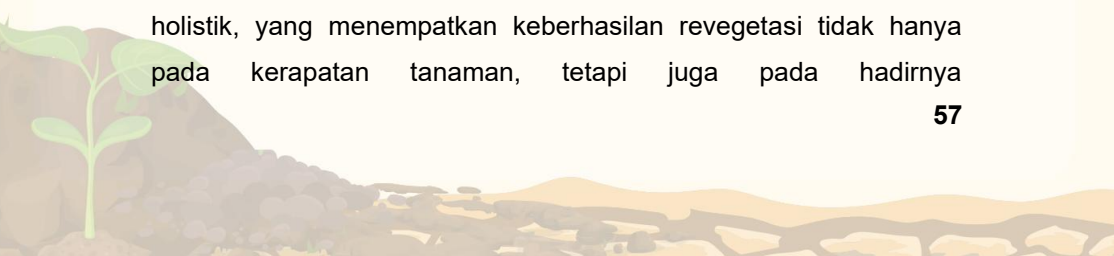


Salah satu kekuatan utama SIMBIOSEA terletak pada fleksibilitas dan adaptabilitasnya terhadap kondisi lokal. Sistem ini dirancang dengan memanfaatkan bahan dan sumber daya yang tersedia secara lokal seperti topsoil sisa pembukaan lahan, limbah organik internal, serta isolat mikroba endemik sehingga mampu mengurangi ketergantungan terhadap input eksternal yang mahal dan tidak selalu sesuai dengan kondisi setempat. Hal ini menjadikan SIMBIOSEA sebagai pendekatan yang inklusif, efisien, dan ramah lingkungan, yang cocok diterapkan di berbagai wilayah dengan karakteristik tanah yang mengalami degradasi akibat aktivitas manusia.

Dalam kerangka pengembangan ke depan, SIMBIOSEA tidak berhenti pada sistem yang ada saat ini. Program ini memiliki potensi besar untuk ditingkatkan melalui penelitian lanjutan dan inovasi teknologi, antara lain:

- a. Formulasi mikroba lokal yang lebih spesifik dan efektif sesuai dengan jenis tanah dan vegetasi target;
- b. Pengembangan bibit tahan cekaman iklim, seperti kekeringan ekstrem atau perubahan suhu mikro;
- c. Integrasi sistem monitoring berbasis digital dan geospasial, yang memungkinkan pengamatan pertumbuhan bibit dan efektivitas reklamasi secara real-time.

Selain itu, visi jangka panjang dari pengembangan SIMBIOSEA diarahkan pada penggabungan konservasi vegetasi dan konservasi satwa penyerbuk, seperti lebah liar, kupu-kupu, dan burung kecil. Integrasi ini menjadi kunci dalam penerapan pendekatan ekosistem holistik, yang menempatkan keberhasilan revegetasi tidak hanya pada kerapatan tanaman, tetapi juga pada hadirnya



keanekaragaman fauna yang mendukung fungsi ekosistem secara utuh. Kehadiran penyerbuk alami, misalnya, dapat memperkuat siklus reproduksi vegetasi dan menjaga keseimbangan ekologis dalam jangka panjang.

Melalui SIMBIOSA, PT Suprabari Mapanindo Mineral telah membuktikan bahwa pemulihan lahan tidak harus dipandang semata sebagai kewajiban formal dalam regulasi lingkungan, tetapi juga sebagai panggilan etis untuk menyambung kembali keterputusan alam. Inovasi ini menunjukkan bahwa bahkan dari tanah yang pernah ditoreh dan duka ekologis yang membekas, kehidupan dapat tumbuh kembali dituntun oleh ilmu, dijaga oleh nilai, dan ditumbuhkan oleh kepedulian.

Rumah bibit yang dahulu sunyi kini menjadi saksi hidup akan perjalanan seribu tunas yang tumbuh dengan penuh harapan. Ia menjadi metafora dari kemungkinan yang selalu terbuka, bahwa masa depan lingkungan dapat dipulihkan, asalkan ada kesungguhan untuk bertindak dan keberanian untuk berinovasi.



# PENUTUP

Jejak Inovasi yang  
Terus Bertumbuh



## BAB VIII

### PENUTUP

#### 8.1 Refleksi Atas Perjalanan Inovasi

Inovasi bukanlah suatu peristiwa sesaat, melainkan sebuah perjalanan panjang yang berakar pada keprihatinan mendalam, tumbuh melalui proses pencarian solusi, dan berkembang seiring pembelajaran yang terus-menerus. Program SIMBIOSA Sinergi Mikoriza dan Organik untuk Sukseskan Rehabilitasi Alam tercipta dari refleksi kritis atas keterbatasan sistem pembibitan konvensional yang kerap gagal menjawab tantangan reklamasi di lahan pascatambang.

Melalui pengamatan cermat, uji coba berulang, serta keberanian untuk mengeksplorasi pendekatan alternatif, SIMBIOSA muncul sebagai terobosan yang mengedepankan prinsip kerja sama antara mikroorganisme tanah, bahan organik, dan tanaman. Kolaborasi hayati ini membentuk sistem media tanam yang tidak hanya subur dan efisien, tetapi juga berkelanjutan secara ekologis.

Dampak dari penerapan sistem ini melampaui sekadar aspek teknis. SIMBIOSA turut membentuk pola pikir baru dalam pengelolaan lingkungan yakni sebuah paradigma yang memihak pada alam, mengedepankan keseimbangan, dan menghargai keterkaitan antarunsur kehidupan dalam ekosistem. Dalam waktu kurang dari satu tahun, program ini telah menunjukkan hasil nyata: peningkatan performa pertumbuhan bibit, efisiensi biaya pembibitan, dan kontribusi terhadap peningkatan keanekaragaman hayati di lahan reklamasi.



Setiap capaian ini menjadi penanda penting dalam perjalanan inovasi yang dibangun dari bawah dari tanah yang pernah terluka, dari akar yang kembali tumbuh, dan dari niat baik untuk memulihkan kehidupan secara menyeluruh.

## **8.2 Harapan Penulis bagi Keberlanjutan Lingkungan**

Melalui karya ini, penulis ingin menyampaikan sebuah harapan yang mungkin terdengar sederhana, namun sesungguhnya sarat akan makna: semoga inovasi SIMBIOSA tidak berhenti sebagai sekadar program kerja teknis, melainkan dapat tumbuh menjadi gerakan kolektif sebuah semangat yang hidup, yang menginspirasi upaya bersama dalam memulihkan, menyuburkan, dan merawat kembali tanah-tanah yang telah mengalami degradasi.

Penulis meyakini bahwa keberlanjutan lingkungan bukanlah tanggung jawab yang berdiri sendiri, melainkan hasil dari sinergi antara banyak pihak. Sektor industri, komunitas ilmiah dan akademik, serta masyarakat luas perlu bergerak bersama dalam satu visi yang selaras: membangun sistem ekologis yang berkesinambungan, adaptif, dan berpihak pada kehidupan. SIMBIOSA, meski hanya sebuah langkah kecil di tengah kompleksitas tantangan global, telah menunjukkan bahwa dari langkah kecil itulah tumbuh seribu tunas harapan sebagai bukti nyata bahwa pemulihan lingkungan bukanlah angan-angan belaka, melainkan keniscayaan yang dapat diraih melalui ilmu pengetahuan, ketekunan, dan kasih sayang terhadap bumi.

Selain itu, penulis berharap buku ini tidak hanya menjadi dokumentasi atas sebuah perjalanan inovasi, tetapi juga hadir sebagai sumber inspirasi yang hidup yang mampu memberi referensi

aplikatif bagi praktisi konservasi, pelaku rehabilitasi lahan, sektor pertambangan berkelanjutan, serta para pendidik dan pegiat lingkungan. Sebab, ketika kita mulai memandang tanah bukan hanya sebagai hamparan fisik yang pasif, tetapi sebagai ruang kehidupan yang dinamis dan penuh makna, maka tumbuh pula kesadaran untuk memperlakukannya dengan lebih arif. Dan dari kesadaran itu, akan muncul tekad baru untuk memulihkan bumi ini secara bijaksana demi generasi hari ini dan esok yang lebih baik.

## DAFTAR PUSTAKA

- Arif, M., et al. (2017). *Biofertilizers: A sustainable way for managing Plant nutrition*. Springer.
- Badan Standardisasi Nasional. (2005). *SNI 19-7030-2004: Petunjuk Teknis Pembuatan dan Penggunaan Kompos dari Sampah Organik Rumah Tangga*. Jakarta: BSN.
- Bappenas. (2004). *Strategi dan Rencana Aksi Keanekaragaman Hayati Indonesia 2003 - 2020*. Jakarta: Kementerian Perencanaan Pembangunan Nasional.
- Bastida, F., Zsolnay, A., Hernández, T., & García, C. (2008). Evaluasi pendekatan biologis terhadap kualitas tanah menunjukkan bahwa indikator mikroba sangat penting dalam menilai proses restorasi ekosistem tanah. *Geoderma*, 147(3 - 4), 159 - 171.
- Bending, G. D., Turner, M. K., & Jones, J. E. (2006). Interactions Between crop residues and soil organic matter quality and the Functional diversity of soil microbial communities. *Soil Biology and Biochemistry*, 34(8), 1073–1082.
- Bradshaw, A. D. (1997). Strategi restorasi kawasan tambang Sebaiknya menekankan penggunaan proses alami yang berkelanjutan, bukan hanya pendekatan teknis semata. *Ecological Engineering*, 8(4), 255–269.
- Brady, N. C., & Weil, R. R. (2017). *The Nature and Properties of Soils* (15<sup>th</sup> ed.). Pearson Education.
- Convention on International Trade in Endangered Species of Wild Fauna and Flora (CITES). (2021). *Appendices I, II and III*. Retrieved from <https://www.cites.org>

- FAO. (2019). *The State of the World's Biodiversity for Food and Agriculture*. Rome: FAO Commission on Genetic Resources for Food and Agriculture.
- Harman, G. E., Howell, C. R., Viterbo, A., Chet, I., & Lorito, M. (2004). Trichoderma species opportunistic, avirulent plant symbionts. *Nature Reviews Microbiology*, 2(1), 43–56.
- Harris, J. A., Birch, P., & Short, K. C. (1996). Aktivitas mikroorganisme tanah dan kualitas fisik tanah menunjukkan peningkatan signifikan setelah aplikasi bahan organik berulang. *Applied Soil Ecology*, 4(3), 225–237.
- IPBES. (2019). *Global Assessment Report on Biodiversity and Ecosystem Services*. Bonn: Intergovernmental Science Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services.
- IUCN. (2021). *The IUCN Red List of Threatened Species*. Retrieved From <https://www.iucnredlist.org>
- Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia. (2018). *Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Nomor P.106/MENLHK/SETJEN/KUM.1/12/2018 tentang Jenis Tumbuhan dan Satwa yang Dilindungi*.
- Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia. (2019). *Pedoman Teknis Reklamasi dan Revegetasi pada Lahan Bekas Tambang*.
- Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan. (2020–2024). *Buku Best Practice dan Inovasi PROPER*. Jakarta: KLHK.
- Krisnamurti, B. (2003). *Biodiversitas: Pendekatan Konservasi dan Pemanfaatannya di Indonesia*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Leifheit, E. F., Veresoglou, S. D., Lehmann, A., Morris, E. K., & Rillig,

- M. C. (2014). Multiple factors influence the role of arbuscular Mycorrhizal fungi in soil aggregation—a meta-analysis. *Plant and Soil*, 374(12), 523–537.
- Lottermoser, B. G. (2010). *Mine Wastes: Characterization, Treatment And Environmental Impacts* (3rd ed.). Springer.
- Magurran, A. E. (2004). *Measuring Biological Diversity*. Blackwell Publishing.
- Marschner, P. (2012). *Marschner's Mineral Nutrition of Higher Plants* (3<sup>rd</sup>ed.). London: Academic Press.
- Mummey, D. L., Stahl, P. D., & Buyer, J. S. (2002). Microbial Biomarkers as an indicator of ecosystem recovery following surface mine reclamation. *Applied Soil Ecology*, 21(3), 251–259.
- Mukhopadhyay, M., Maiti, S. K., & Masto, R. E. (2016). Use of bio inoculants for mine spoil restoration. In Maiti, S. K. (Ed.), *Ecorestoration of the Coalmine Degraded Lands*. Springer.
- Odum, E. P. (1971). *Fundamentals of Ecology*. W.B. Saunders Company.
- PT Suprabari Mapanindo Mineral. (2025). *Laporan Inovasi SIMBIOSA: Sinergi Mikoriza dan Organik untuk Sukseskan Rehabilitasi Alam*. Internal report.
- PT Suprabari Mapanindo Mineral. (2025). *Laporan Monitoring Reklamasi dan Revegetasi Semester I Tahun 2025*.
- Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanah dan Agroklimat. (2003). *Pedoman Analisis Sifat Fisik dan Kimia Tanah*. Bogor: Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian.
- Rahayu, N., & Siregar, C. A. (2022). Peran Mikoriza dan Kompos Dalam Meningkatkan Kualitas Bibit Tanaman Hutan. *Jurnal*

- Silvikultur Tropika*, 13(2), 55–64.
- Rillig, M. C. (2004). Arbuscular mycorrhizae and terrestrial ecosystem processes. *Ecology Letters*, 7(8), 740–754.
- Sheoran, V., Sheoran, A. S., & Poonia, P. (2010). Soil reclamation of abandoned mine land by revegetation: A review. *International Journal of Soil, Sediment and Water*, 3(2), 1–20.
- Smith, S. E., & Read, D. J. (2008). *Mycorrhizal Symbiosis* (3rd ed.). Academic Press.
- Sylvia, D. M., Fuhrmann, J. J., Hartel, P. G., & Zuberer, D. A. (2005). *Principles and Applications of Soil Microbiology* (2nd ed.). New Jersey: Pearson Prentice Hall.
- Tordoff, G. M., Baker, A. J. M., & Willis, A. J. (2000). Berbagai Pendekatan reklamasi lahan tambang logam berat menekankan pentingnya penggabungan teknik fisik dan biologis dalam restorasi. *Chemosphere*, 41(1–2), 219–228.
- Verma, M., Brar, S. K., Tyagi, R. D., Surampalli, R. Y., & Valero, J. R. (2007). Antagonistic fungi, *Trichoderma* spp.: Panoply of biological control. *Biochemical Engineering Journal*, 37(1), 1–20.
- Vessey, J. K. (2003). Plant growth promoting rhizobacteria as biofertilizers. *Plant and Soil*, 255(2), 571–586.
- Widodo, S., & Handayani, L. (2019). *Pemanfaatan Mikoriza untuk Rehabilitasi Lahan Pascatambang*. Jakarta: LIPI Press.



**Penerbit :**  
**PT SUCOFINDO**  
Jl. Pemuda No. 171, Sekayu, Kec. Semarang Tengah,  
Kota Semarang, Jawa Tengah

ISBN 978-623-8389-75-9 (PDF)



9

786238

389759