

AIROVA (ALGAE INTEGRATION FOR REGENERATION OF OXYGEN AND VEGETATIVE ASSISTANCE): UNTUK HUTAN DAN UDARA SEHAT

¹Imel Fissamawati Rizki, ²Maisyah Intan Nazellina, ³Sayyidatu Nisa' Al karimah
Madrasah Aliyah Negeri 1 Pasuruan
riskyimel7@gmail.com, xnazellina@gmail.com, sayyidatunisa1408@gmail.com

Abstrak

Emisi karbon merupakan sebuah fenomena dimana meningkatnya gas rumah kaca seperti CO₂, yang dapat menyebabkan berbagai masalah kesehatan. Inovasi **AIROVA** dibuat untuk mengatasi emisi karbon yang meningkat dan pemanasan global. Alat ini menangkap dan menyerap CO₂ yang kemudian diubah menjadi senyawa bermanfaat seperti oksigen (O₂) yang kemudian diberikan sebagai suplai oksigen tambahan dan kalsium karbonat (CaCO₃) yang dapat dimanfaatkan sebagai pupuk organik yang ramah lingkungan. **AIROVA** membantu hutan menyerap CO₂, terutama di malam hari ketika pohon melepaskan gas tersebut melalui proses respirasi mereka. Alat ini juga menggabungkan rumput laut *Gracilaria*, yang memproduksi oksigen dan menyerap CO₂ secara alami. CaCO₃ dapat dimanfaatkan bersama rumput laut *Gracilaria* yang telah lewat dari masa produktif untuk menjadi pupuk yang mendukung pertumbuhan tanaman di hutan. Dengan menggunakan metode penelitian Research and Development (R&D) yang berfokus pada pemecahan suatu masalah, **AIROVA** telah memiliki fase-fase yang meliputi berbagai aspek. Diharapkan **AIROVA** dapat membantu mengurangi emisi karbon, meningkatkan kualitas udara, dan mendukung keberlanjutan ekosistem hutan serta menjadi agen pelaksanaan *program Net zero emissions*.

Kata Kunci: **AIROVA**, Ekosistem hutan, kualitas udara, pemanasan global, O₂ dan CaCO₃.

Abstract

Carbon emissions are a phenomenon where there is an increase in greenhouse gases such as CO₂, which can cause various health problems. The **AIROVA** innovation is created to address increasing carbon emissions and global warming. This device captures and absorbs CO₂, which is then converted into beneficial compounds such as oxygen (O₂), subsequently provided as an additional oxygen supply, and calcium carbonate (CaCO₃), which can be utilized as environmentally friendly organic fertilizer. **AIROVA** helps forests absorb CO₂, especially at night when trees release the gas through their respiration process. This tool also incorporates *Gracilaria* seaweed, which naturally produces oxygen and absorbs CO₂. CaCO₃ can be utilized alongside *Gracilaria* seaweed that has passed its productive phase to become fertilizer that supports plant growth in the forest. By using the Research and Development (R&D) methodology focused on problem-solving, **AIROVA** has established phases that encompass various aspects. It is hoped that **AIROVA** can help reduce carbon emissions, improve air quality, and support the sustainability of forest ecosystems, as well as serve as an agent for implementing the Net Zero Emissions program.

Keywords: **AIROVA**, Air Quality, Forest Ecosystems, , Global Warming, O₂ and CaCO₃

Pendahuluan

Global warming atau pemanasan global kini menjadi isu yang sangat krusial di dunia, serta menjadi salah satu tantangan terbesar yang dihadapi umat manusia saat ini. Fenomena tersebut terjadi karena peningkatan suhu rata-rata permukaan bumi akibat konsentrasi Gas Rumah Kaca (GRK) seperti CO₂ dan metana (CH₄) yang semakin tinggi di atmosfer. Hal ini berdampak sangat besar pada kawasan perkotaan dengan penduduk yang padat dan lalu lintas kendaraan yang tinggi seperti, aktivitas kendaraan bermotor yang berlalu lalang menghasilkan emisi gas CO₂ dapat memperkeruh permasalahan *global warming* yang terjadi. Di Indonesia sendiri *global warming* menjadi permasalahan serius. *Global warming* menyebabkan intensitas panas di Indonesia tak terkendali. Menurut laporan Global Carbon Project 2022, Indonesia menempati posisi ke-6 di daftar negara penyumbang emisi karbon terbesar di dunia. Total emisi karbon Indonesia tercatat mencapai 729 juta ton CO₂ (Zuhriyah, 2024). Angka itu setara 1,8% total emisi karbon di dunia. Berdasarkan data BMKG suhu panas di Indonesia berada di atas 36 derajat (Aditya, 2024).

Menurut survei yang pernah dilakukan, emisi CO₂ yang dihasilkan oleh Indonesia dari sektor industri mencapai 696.505 Gg CO₂e, angka tersebut setara 78,50% dari total emisi di seluruh sektor (Zuhriyah, 2024). Sejalan dengan data tersebut sektor penyumbang emisi karbon juga berkaitan dengan penggunaan bahan bakar fosil. Di Indonesia, emisi karbon dari penggunaan bahan bakar fosil telah mencapai sebesar 652 juta ton pada tahun 2022. Peningkatan emisi ini disebabkan oleh konsumsi energi yang terus meningkat di sektor transportasi, industri, dan pembangkit listrik (Zuhriyah, 2024). Salah satu

penyebab *global warming* yang dominan ialah meningkatnya Gas Rumah Kaca (GRK). Gas-gas rumah kaca diantaranya adalah CO₂, belerang dioksida SO₂. Di antara zat-zat tersebut, senyawa yang paling sering dihasilkan dan merugikan lingkungan adalah senyawa CO₂ (Disperkimta, 2019). CO₂ dapat diproduksi oleh pohon yang berasal dari sisa respirasi pada saat pohon melakukan proses fotosintesis senyawa gula akan dirubah menjadi energi dan pada proses ini tanaman melepaskan CO₂ dan air (Irma & Gusmira).

Berbagai upaya telah dilakukan untuk mengurangi permasalahan lingkungan yang makin parah akibat pemanasan global, salah satunya melalui peran strategis hutan dalam menyerap emisi karbon. Beberapa literatur menggarisbawahi pentingnya pemanfaatan hutan, tidak hanya untuk keragaman hayati tetapi juga mampu menyerap CO₂ dalam jumlah besar melalui proses fotosintesis untuk mitigasi perubahan iklim (Nelly, et al., 2024). Menurut penelitian, hutan yang sehat dapat mengurangi emisi karbon dalam jumlah besar dan dapat memperlambat efek *global warming*. Berbagai penelitian terdahulu telah dilakukan untuk memanfaatkan atau menurunkan senyawa CO₂, salah satunya adalah penelitian yang dilakukan oleh Cahyadi, Solakhudin, & Nastiti (2023) yang dilakukan dengan cara mengembangkan sebuah teknologi serapan karbon biologis melalui fotobioreaktor untuk mengurangi pemanasan dengan mengubah gas emisi CO₂ menjadi biomassa melalui proses fotosintesis, serta memadukan teknologi IoT untuk menyerap CO₂ dan memantau kualitas udara. Selain Mikroalga, tanaman alga lain yang sering ditemui seperti rumput laut juga memiliki kemampuan serupa dalam menyerap CO₂ (Chons). Rumput laut dapat menyerap CO₂ dan mengubahnya menjadi

O₂ melalui fotosintesis dengan bantuan sinar matahari (Stevie & Wipranata, 2021). Proses ini meningkatkan kadar oksigen di air dan udara. Rumput laut tumbuh cepat dan dapat menyerap banyak karbon, sehingga dapat mendukung fungsi hutan dalam mengurangi emisi karbon. Pemanfaatan rumput laut juga memperkuat ekosistem dan perlu dikembangkan lebih lanjut.

Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan Research and Development (R&D) yang berfokus pada pemecahan suatu masalah (Rochman 2024). Penelitian ini dimulai dengan proses identifikasi masalah yang meliputi tahap analisis dan riset pengembangan inovasi hingga dilanjutkan dengan tahap akhir meliputi uji coba dan analisis lebih lanjut. Penelitian ini sendiri juga berfokus pada analisis lapangan, yang dilakukan untuk memenuhi kebutuhan yang memang diperlukan berdasarkan riset dan uji coba (Torang, 2024). Inovasi ini menjawab permasalahan terkait lingkungan hutan dan udara yang kian menurun dan memiliki perhatian lebih. Pengelolaan sumber daya hutan di Indonesia sendiri semakin penting mengingat peran signifikan hutan dalam menjaga siklus karbon dan keseimbangan ekosistem. Pelepasan CO₂ oleh hutan melalui respirasi tumbuhan di malam hari menunjukkan kompleksitas fungsi hutan (Faradiba, 2022). Hal tersebut memicu berbagai artikel baru dalam pengelolaan lingkungan berkelanjutan. Artikel ini berkembang seiring meningkatnya kesadaran masyarakat akan pentingnya menjaga keberlanjutan hutan, yang tidak hanya menyerap CO₂, tetapi juga menjadi bagian dari keseimbangan ekologis. Oleh karena itu, pada bab ini membahas konsep utama dan hasil penelitian yang mendukung pengelolaan hutan yang berkelanjutan. Sebagai langkah mendukung upaya ini, perancangan alat

bernama **AIROVA** yang dirancang khusus untuk menyerap CO₂ di hutan.

Alat ini mendukung kemampuan alami hutan dalam menyerap dan menyimpan CO₂, terutama pada malam hari saat hutan melepaskan CO₂ melalui respirasi tumbuhan. Dengan teknologi **AIROVA**, CO₂ tersebut diubah menjadi oksigen (O₂) melalui proses fotosintesis, dan O₂ yang dihasilkan disimpan dalam tabung khusus untuk disumbangkan ke rumah sakit. Hal ini memungkinkan penyebaran tabung oksigen lebih merata terutama bagi yang kurang mampu atau berpenghasilan rendah (Sinaga, 2025). Selain itu CO₂ juga dapat dirubah menjadi CACO₃ yang kemudian dicampur dengan rumput laut yang telah melewati masa produktif dan menghasilkan pupuk yang berguna dalam menyuburkan tanah. *Glacilaria seaweed* mengandung mineral, vitamin dan senyawa bioaktif yang tinggi (Putri, 2024). Senyawa tersebut merupakan komposisi yang tepat dalam pembuatan pupuk yang ramah lingkungan. Inovasi ini diharapkan dapat meningkatkan kemampuan hutan menyerap CO₂ dan membantu mengurangi kadar karbon di atmosfer, serta memberikan manfaat kesehatan bagi pasien yang memerlukan suplai oksigen. Dukungan dari data terpercaya tahun 2021, juga menunjukkan bahwa rumput laut telah menghilangkan CO₂ dari atmosfer setidaknya selama 500 juta tahun dan menunjukkan bahwa rumput laut memberikan manfaat bagi manusia dengan menyerap 173 juta metrik ton per tahun. Teknologi seperti **AIROVA** membuka peluang baru dalam pemanfaatan proses alami untuk menghadapi tantangan lingkungan yang semakin kompleks. Dengan memaksimalkan peran hutan sebagai penyerap karbon dan

penyedia oksigen, inovasi ini juga berpotensi meningkatkan kesadaran masyarakat akan pentingnya menjaga ekosistem alam

Pada pembuatan **AIROVA**, diperlukan ketelitian dan analisis menyeluruh agar menghasilkan kinerja yang maksimal dan efisien. Berikut ini terdapat beberapa tahap yang dibutuhkan untuk menganalisis kinerja **AIROVA**. Tahap tahap tersebut dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 1 Langkah Strategis Implementasi AIROVA

Realisasi Gagasan Inovasi AIROVA				
Fase Inisiasi	Fase Pendanaan Awal	Fase Implementasi	Fase Operasional	Fase Evaluasi
Phase #1 (2024-2025)	Phase #2 (2026-2030)	Phase #3 (2031-2039)	Phase #4 (2040-2045)	Phase #5 (2040-2045)
<p>Langkah Strategis</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Identifikasi dan riset lokasi hutan dalam pengembangan inovasi 2. Penyusunan regulasi dan kebijakan terkait masterplan pembuatan dan pengembangan alat AIROVA <p>Pihak Terkait</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Lembaga pendidikan, pemerintah, khususnya dinas kehutanan dan DLH <p>Sumber Dana</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. APBD, APBN dan Investor 	<p>Langkah Strategis</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Perencanaan masterplan desain dan penentuan titik-titik koridor lokasi pemasangan alat AIROVA untuk menyerap karbondioksida dan mengubahnya menjadi oksigen 2. Persiapan pengembangan alat, bahan dalam pembuatan AIROVA, serta infrastruktur pendukung realisasi inovasi. <p>Pihak Terkait</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Lembaga pendidikan, pemerintah, khususnya dinas kehutanan dan DLH, BRIN <p>Sumber Dana</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. APBD, APBN dan Investor 	<p>Langkah Strategis</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Pengujian intensif alat AIROVA untuk memastikan efektivitas dan stabilitas kinerjanya dalam skala yang lebih besar. 2. Uji coba berkala dan penyempurnaan alat melalui proses trial and error. <p>Pihak Terkait</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Lembaga pendidikan, pemerintah, khususnya dinas kehutanan dan DLH, BRIN <p>Sumber Dana</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. APBD, APBN dan Investor 	<p>Langkah Strategis</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. AIROVA mulai dioperasikan dengan penempatan alat di titik-titik koridor hutan yang telah ditentukan. 2. Pemeliharaan rutin AIROVA secara berkelanjutan 3. Monitoring dan maintenance AIROVA terhadap efektivitas daya serap karbondioksida serta kinerja alat dalam menghasilkan oksigen <p>Pihak Terkait</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Lembaga pendidikan, pemerintah, khususnya dinas kehutanan dan DLH, BRIN, DKRTH <p>Sumber Dana</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. APBD, APBN dan Investor 	<p>Langkah Strategis</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Evaluasi perbaikan, peningkatan, dan pembaruan metode penempatan serta pemeliharaan untuk menunjang konsep berkelanjutan di masa mendatang. 2. Pembaruan data pengurangan polusi udara dan analisis efektivitas alat dalam meningkatkan kualitas oksigen di sekitar hutan. <p>Pihak Terkait</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Lembaga pendidikan, pemerintah, khususnya dinas kehutanan dan DLH, BRIN, DKRTH <p>Sumber Dana</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. APBD, APBN dan Investor

Berdasarkan tabel di atas tahap pembuatan **AIROVA** dapat dijabarkan sebagai berikut:

1. Fase Inisiasi

Tahun 2024 sampai dengan tahun 2025 melakukan identifikasi dan riset lokasi hutan dalam pengembangan inovasi, kemudian menyusun regulasi dan kebijakan terkait masterplan pembuatan dan pengembangan alat **AIROVA**. Realisasi ini membutuhkan bantuan berbagai pihak pemerintah daerah dan pusat untuk pengembangan inovasi.

2. Fase Pendanaan Awal

Pada tahun 2026 hingga 2030, dimulai perencanaan masterplan desain dan

penentuan titik-titik koridor lokasi pemasangan alat **AIROVA** untuk menyerap CO₂ dan mengubahnya menjadi oksigen. Tahap ini meliputi persiapan pengembangan alat, bahan dalam pembuatan **AIROVA**, serta infrastruktur pendukung realisasi inovasi. Selain itu, diperlukan sumber dana dari pemerintah sebagai faktor pendukung.

3. Fase Implementasi

Pada tahun 2031 hingga 2039, dilakukan uji coba **AIROVA** sebagai alat penyerap CO₂ dan penghasil O₂ untuk mengurangi emisi CO₂. Tahap ini mencakup pengujian intensif untuk memastikan efektivitas dan stabilitas **AIROVA** dalam skala besar. Prosesnya memerlukan waktu yang cukup lama karena melibatkan trial and error serta penyempurnaan alat. Pada tahap ini keterlibatan ahli riset sangat penting untuk memastikan keberhasilan teknologi ini. Fase implementasi juga melibatkan analisis penghambat pada masa pemasangan alat. **AIROVA** akan diletakkan pada area hutan yang tersambung dengan jalan raya untuk mengoptimalkan pengambilan CO₂. Berikut merupakan visualisasi dan implementasi **AIROVA**



Gambar 1 Implementasi AIROVA

4. Fase Operasional

Pada tahun 2040 hingga 2045, **AIROVA** mulai dioperasikan di titik-titik koridor

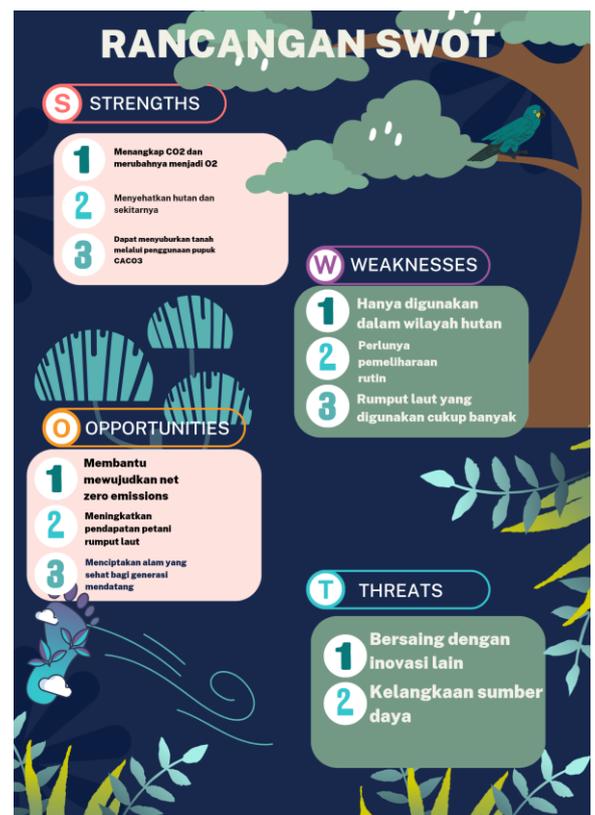
hutan yang ditentukan. Untuk menjaga performa alat diperlukan adanya pemeliharaan rutin, seperti pembersihan, pengecekan komponen, dan perawatan agar alat tetap optimal. Monitoring dan maintenance terhadap efektivitas daya serap CO₂ dilakukan untuk memastikan **AIROVA** efektif menyerap CO₂ dan menghasilkan oksigen demi mendukung keberlanjutan hutan dan kualitas udara di sekitarnya.

5. Fase Evaluasi

Pada 2040-2045, inovasi alat **AIROVA** memasuki fase evaluasi untuk perbaikan, peningkatan, serta pembaruan metode penempatan dan pemeliharaan sistem penyerap karbon. Evaluasi ini mencakup pengumpulan data polusi udara dan analisis efektivitas alat dalam meningkatkan kualitas oksigen di hutan. Dukungan berbagai pihak dan pendanaan sangat dibutuhkan untuk mewujudkan konsep **AIROVA**. Komitmen serta kerja sama antara pemerintah pusat, khususnya Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset, dan Teknologi, dengan pemerintah daerah, akan mendukung realisasi ini. Sosialisasi **AIROVA** juga diperlukan agar mendapat dukungan masyarakat dan izin pemerintah. Evaluasi berkala akan menjamin **AIROVA** berfungsi

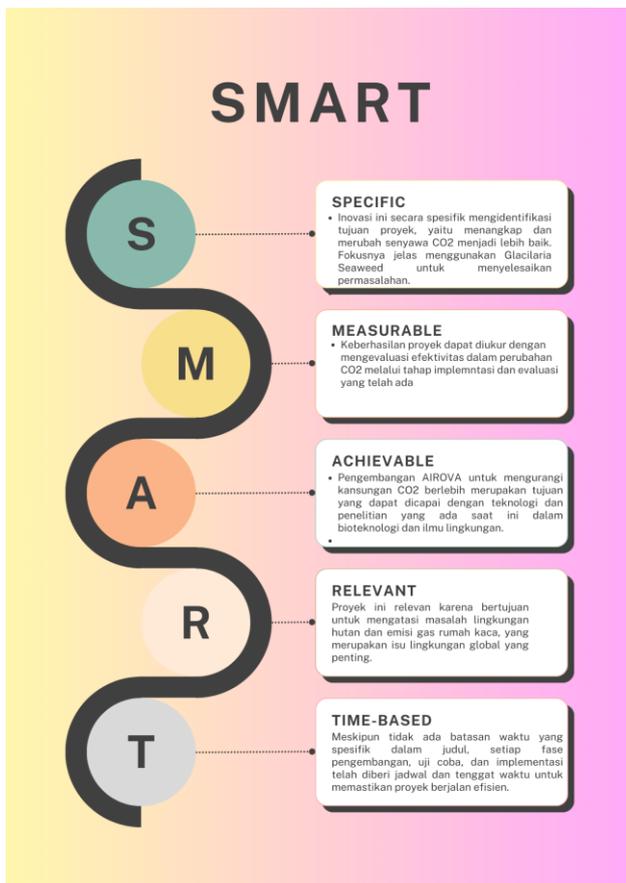
optimal untuk mengurangi CO₂.

Adapun model analisis *SWOT* dan *SMART* untuk mengetahui secara *realistic* bagaimana pembuatan dan tujuan dari *SPONGELIS*, analisis dapat dilihat pada gambar2. Dan gambar 3.

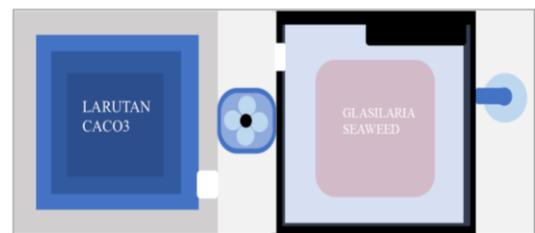


Gambar 2. Analisis SWOT

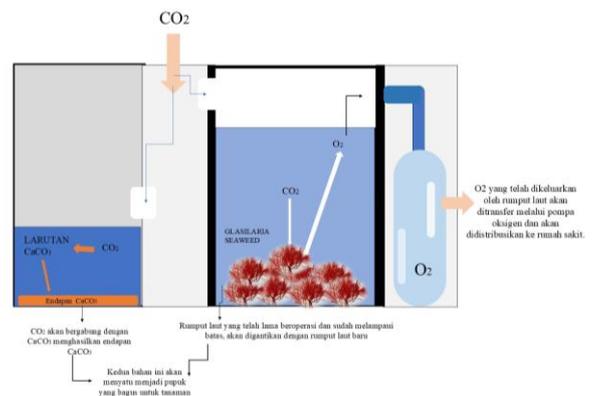
dicampur dengan rumput laut *Gracilaria* yang melewati masa produktif sehingga dapat menciptakan pupuk alami untuk mendukung pertumbuhan tanaman hutan, terutama spesies yang dilindungi. Berikut adalah bentuk AIROVA.



Gambar 3. Analisis SMART



Gambar 4. Bagian Atas AIROVA



Gambar 5. Bagian Dalam AIROVA

Hasil dan Pembahasan

AIROVA merupakan sebuah alat yang digunakan untuk menangkap dan menyerap CO₂, kemudian mengonversinya menjadi senyawa yang bermanfaat. AIROVA memiliki dua fungsi utama: mengubah CO₂ menjadi O₂ yang dapat disalurkan ke pasien atau orang yang membutuhkan, dan mengubah CO₂ menjadi kalsium karbonat (CaCO₃). CaCO₃ ini dapat

AIROVA memuat beberapa langkah sederhana dalam mengubah CO₂ menjadi senyawa yang lebih baik. Berikut bentuk operasional **AIROVA**

1. CO₂ akan diserap melalui pengikat yang ada pada bagian atas **AIROVA**
2. Kemudian CO₂ akan masuk pada tangki yang telah disediakan pada **AIROVA**, dan diserap secara alami oleh rumput laut yang ada.
3. Rumput laut akan memproduksi O₂ yang kemudian akan terangkat ke atas yang disebabkan oleh sifat ringannya.

4. O₂ akan diserap pada tangki oksigen yang tersedia pada bagian kanan **AIROVA**.
5. Apabila rumput laut telah mencapai masa tak bisa beroperasi, maka rumput laut akan diganti dengan yang baru.
6. Di sisi kiri **AIROVA**, terdapat tangki khusus berisi larutan CaCO₃ yang, ketika diisi dengan CO₂ akan bereaksi dan membentuk endapan kalsium karbonat. Endapan tersebut dapat dikombinasikan dengan rumput laut, akan tercipta pupuk yang bagus untuk pertumbuhan tanaman.

AIROVA menjadi inovasi dan teknologi pendukung bagi pohon dan hutan dalam penyerapan emisi CO₂ serta mengubahnya menjadi oksigen (O₂). Penggunaan **AIROVA** secara luas dan menyeluruh dapat mengurangi emisi gas CO₂ dan membantu mewujudkan program *net zero emmissions* dalam mewujudkan indonesia emas 2045 yang terus diserukan oleh pemerintah (KEMENKEU, 2022). Hal ini berpotensi menciptakan lingkungan yang lebih sehat dan berkelanjutan sehingga dapat meningkatkan kualitas hidup masyarakat. Integrasi teknologi dengan pengelolaan hutan yang berkelanjutan akan memperkuat ketahanan ekosistem. Hal ini dapat menghasilkan dampak jangka panjang yang signifikan bagi generasi mendatang.

Pemanfaatan hutan sebagai penyerap emisi karbon melalui proses fotosintesis dapat membantu mengurangi dampak perubahan iklim yang disebabkan oleh pemanasan global (*global warming*) dengan cara melakukan konservasi lingkungan (Ningsih, 2024). Melalui pengembangan teknologi **AIROVA** meningkatkan kemampuan hutan dalam penyerapan CO₂, terutama pada malam hari ketika hutan melepaskan CO₂ akibat respirasi. **AIROVA** juga dapat mengubah CO₂ menjadi

oksigen, yang kemudian dapat disimpan dan dimanfaatkan sebagai suplai oksigen tambahan. Di samping itu, sumber daya laut seperti rumput laut dapat dimanfaatkan sebagai pendukung untuk mengubah emisi CO₂ menjadi O₂, bahkan kemampuannya dalam penyerapan CO₂ dinilai lebih efektif dibandingkan dengan tumbuhan darat seperti pohon.

Pembuatan **AIROVA** yang menintegrasikan *Gracilaria Seaweed* untuk mengubah CO₂ menjadi O₂ dan CaCO₃ melibatkan berbagai pihak dengan peran masing-masing. Berikut adalah beberapa pihak yang dapat dilibatkan beserta kontribusinya.

Pihak-Pihak yang Terlibat	
Pihak-Pihak Terlibat	Peran dan Kontribusi
Universitas dan Peneliti	Pengembangan (R&D) proses biokimia perubahan CO ₂ , memerlukan dukungan universitas dan peneliti dengan akses ke laboratorium mutakhir untuk mencapai hasil optimal.
Pemerintah daerah pusat	Membantu menurunkan CO ₂ secara efisien melalui izin operasi dan pemasangan AIROVA
Industri Pertanian Laut	Bekerja sama dalam menggunakan pupuk laut alami
Lembaga Swadaya Masyarakat	Mempromosikan keberlanjutan AIROVA
Investor dan Sponsor	Memberikan dana untuk pengembangan AIROVA
Teknisi dan Ahli Lingkungan	Melakukan Pengujian dan pemantauan dampak lingkungan dari AIROVA
Masyarakat Lokal	Sebagai pengguna akhir pupuk alami yang dihasilkan
Media dan Komunikasi	Membantu penyebaran informasi dan mempromosikan hasil serta dampak dari AIROVA

Tabel 2 Pihak-Pihak Terlibat

Diharapkan dengan kontribusi dengan pihak-pihak yang terlibat, pembuatan **AIROVA** dapat dilakukan secara efektif dan maksimal.

Kesimpulan

Kondisi kesehatan hutan dapat berpotensi menghancurkan keragaman hayati didalamnya. Selain itu kondisi hutan juga dapat disebabkan oleh polusi udara seperti kasar CO₂ yang meningkat. Oleh karena itu dengan inovasi

AIROVA, diharapkan dapat mengembalikan kadar CO₂ pada batas wajar dan meningkatkan kesehatan hutan. AIROVA berperan penting pada proses fotosintesis dan keberlangsungan hidup tanaman di hutan. Kedepannya AIROVA dapat dikembangkan lagi menjadi inovasi yang lebih baik dan dapat berguna lebih luas lagi serta menjadi tonggak penting dalam program *net zero emissions*.

Ucapan Terima Kasih

Kami mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang berkontribusi dalam penelitian ini. Rasa terima kasih yang tulus kami haturkan kepada MAN 1 Pasuruan dan Fakultas Kehutanan UGM atas dukungan dan kesempatan yang diberikan dalam Kreasi Muda UGM 2024. Terima kasih juga kepada para guru dan teman-teman atas bimbingan serta masukan yang berharga. Kami menyadari karya ini masih jauh dari sempurna dan mohon maaf atas segala kekurangan.

Daftar Pustaka

- Aditya, R., 2024. Analisis Suhu Panas dan Potensi Cuaca Signifikan di Sebagian Wilayah Indonesia Sepakan ke Depan. [Online] Available at: <https://www.bmkg.go.id/press-release/?p=analisis-suhu-panasdan-potensi-cuaca-signifikan-di-sebagian-wilayah-indonesia-sepekan-kedepan&tag=press-release&lang=ID> [Accessed Kamis November 2024].
- Cahyadi, N. H., Solakhudin, M. R. & Nastiti, V., 2023. MAFLEXTOR (Smart And Flexible Photobioreaktor): Inovasi Kultivasi Mikroalga Dilengkapi Panel Surya Berbasis IoT Guna Mewujudkan Sustainable Environment Di Indonesia. *EnviroUS*, Volume 3, pp. 104-105.
- Chons, K., 2018. Pemanfaatan Budidaya Rumput Laut (Makroalga) sebagai Karbon Sink. [Online] Available at: https://www.kompasiana.com/leechons/5b2f45245e137305e71f5f63/pemanfaatan-budidaya-rumput-laut-makroalga-sebagai-karbon-sink#google_vignette [Accessed Senin November 2024].
- Disperkimta, A., 2019. Sumber dan Penyebab Pencemaran Udara. [Online] Available at: <https://disperkimta.bulelengkab.go.id/informasi/detail/artikel/sumber-danpenyebab-pencemaran-udara-75> [Accessed Kamis November 2024].
- Faradiba, N. (2022, Oktober 31). *proses terjadinya respirasi aerob dan anaerob*. Dipetik maret 27, 2025, dari www.kompas.com: https://www.kompas.com/sains/read/2021/09/20/133100523/proses-terjadinya-respirasi-aerob-dan-anaerob?lgn_method=google&google_btn=onetap
- Irma, M. F. & Gusmira, E., 2024. Tingginya Kenaikan Suhu Akibat Peningkatan Emisi Gas Rumah Kaca di Indonesia. *jurnal sains dan sains terapan*, Volume 2, pp. 26-32.
- KEMENKEU. (2022, November 24). *Ini Komitmen Indonesia Mencapai Net Zero Emission*. Dipetik Maret 27, 2025, dari www.kemenkeu.go.id: <https://www.kemenkeu.go.id/informasi-publik/publikasi/berita-utama/Ini-Komitmen-Indonesia-Mencapai-Net-Zero-Emission>
- Nelly, et al., 2024. Strategi Mengintegrasikan Energi Terbarukan, Inovasi Teknologi, dan Konservasi Hutan Sebagai Pembangunan Berkelanjutan di Indonesia. *Serambi Engineering*, Volume 9, pp. 9421-9429.
- Ningsih, W. S. (2024, Agustus 23). *cara menyikapi dan menanggulangi pemanasan global*. Dipetik Maret 27, 2025, dari www.rri.co.id: <https://www.rri.co.id/ipitek/920788/cara-menyikapi-dan-menanggulangi-pemanasan-global>
- Pemasaran, D., 2021. Rumput Laut Sebagai Solusi Untuk Perubahan Iklim. [Online] Available at: <https://www.seaweednetwork.id/rumput-laut-sebagai-solusiuntuk-perubahaniklim#:~:text=Rumput%20laut%20telah%20menghilangkan%20karbon%20dioksida%20dari%20atmosfer,laut%20dapat>

%20menyerap%20lebih%20dari%
20seribu%20metrik%20ton. [Accessed
2021].

diindonesia-g41p#google_vignette
[Accessed Kamis November 2024].

Putri, M. (2024, Desember 14). *memanfaatkan sumber daya lokal mahasiswa kkn tematik undip di desa tapak tugurejo membuat pupuk organik cair dari rumput laut gracilaria sp.* Dipetik maret 27, 2025, dari www.kompasiana.com:
https://www.kompasiana.com/putrimaha-resmi5528/675d1e4ced6415553f35ae63/memanfaatkan-sumber-daya-lokal-mahasiswa-kkn-tematik-undip-di-desa-tapak-tugurejo-membuat-pupuk-organik-cair-dari-rumput-laut-gracilaria-sp#google_vignette

Rachman, A., & Purnomo, H. (2024). *METODE PENELITIAN KUANTITATIF, KUALITATIF DAN R&D*. Kab. Karawang: CV Saba Jaya Publisher.

Stevie & Wipranata, D., 2021. FASILITAS PEMANFAATAN RUMPUT LAUT DI LAUT WULA, NUSA TENGGARA TIMUR. *Jurnal Stupa*, Volume 3, pp. 2951 - 2964.

Torang S. (2023). Stages of Research and Development Model Research and Development (R&D). *DIROSAT: Journal of Education, Social Sciences & Humanities*, 1(4), 142–158.
<https://doi.org/10.58355/dirosat.v1i4.48>

Zuhriyah, U., 2024. Data Sektor Penyumbang Emisi Karbon Terbesar di Indonesia. [Online] Available at: <https://tirto.id/sektor-penyumbang-emisi-karbon-terbesar->