



ANALISIS EFEKTIVITAS BIOREMEDIASI LAHAN PASCATAMBANG BATU BARA MENGGUNAKAN KONSORSIUM MIKROBA LOKAL DI PT. BXY

Miftah Saputra

Universitas Satyagama, Indonesia.

Email: mft637@gmail.com

ARTICLE INFO

Article History

Received: March 01th, 2026

Accepted: March 04th, 2026

Published: March 06th, 2026

Kata Kunci:

Bioremediasi,
Batu Bara,
Pascatambang,
Mikroba Lokal,
Biostimulasi.

ABSTRAK

Kegiatan pertambangan batu bara secara inheren meninggalkan lahan yang terdegradasi secara fisik, kimiawi, dan biologis. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis efektivitas bioremediasi lahan pascatambang batu bara menggunakan konsorsium mikroba lokal yang meliputi bakteri penambat nitrogen, fungi mikoriza arbuskular, dan mikroba pelarut fosfat. Metode penelitian dilakukan melalui pendekatan eksperimental lapangan di area reklamasi PT. BXY, Kabupaten Lahat, Sumatera Selatan, dengan pengujian sifat fisik-kimiawi dan biologis tanah sebelum dan sesudah perlakuan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa aplikasi biostimulan berbasis mikroba lokal secara signifikan meningkatkan nilai pH tanah dari rata-rata 5,5 menjadi 7,0 serta meningkatkan kandungan bahan organik dan populasi mikroorganisme tanah. Pertumbuhan tanaman revegetasi seperti sengon (*Paraserianthes falcataria*) dan trembesi (*Samanea saman*) menunjukkan respons positif yang lebih unggul dibandingkan metode konvensional. Secara ekonomis, penggunaan metode biostimulasi terbukti lebih efisien 25% atau setara Rp 49.053.457/Ha dibandingkan metode reklamasi konvensional. Penelitian ini menyimpulkan bahwa konsorsium mikroba lokal merupakan solusi bioremediasi yang efektif, berkelanjutan, dan ekonomis untuk pemulihan lahan pascatambang batu bara di Indonesia.



Copyright ©2026 by authors and Dwi Dharma Sinergi. This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

I. PENDAHULUAN

Pertambangan batu bara merupakan salah satu sektor strategis yang menopang ketahanan energi nasional Indonesia. Namun di sisi lain, aktivitas penambangan ini secara inheren menghasilkan dampak negatif yang serius terhadap lingkungan, terutama berupa degradasi lahan yang masif dan kompleks. Lahan bekas tambang batu bara umumnya dicirikan oleh kondisi tanah yang sangat padat akibat mobilisasi alat berat, kandungan nutrisi yang sangat rendah, pH tanah yang bersifat asam hingga sangat asam akibat oksidasi mineral sulfida, serta hilangnya lapisan topsoil yang kaya bahan organik.

Permasalahan kimiawi yang paling dominan pada lahan pascatambang batu bara adalah terbentuknya *Acid Mine Drainage* (AMD) atau air asam tambang, yang merupakan produk oksidasi mineral pirit (FeS_2) yang terkandung dalam lapisan overburden. Kondisi pH yang ekstrem ini tidak hanya meracuni tanaman secara langsung, tetapi juga memicu mobilisasi logam-logam berat toksik seperti aluminium (Al), besi (Fe), dan mangan (Mn) ke dalam larutan tanah, yang pada konsentrasi tertentu menjadi hambatan utama bagi pertumbuhan vegetasi. Selain itu, tanah overburden yang digunakan sebagai pengganti topsoil pada area reklamasi umumnya memiliki struktur dan tekstur yang buruk, miskin unsur hara esensial, dan hampir tidak memiliki aktivitas biologis.

Strategi reklamasi konvensional yang bergantung sepenuhnya pada penambahan topsoil dalam jumlah besar terbukti tidak efisien secara operasional maupun ekonomis, mengingat keterbatasan ketersediaan dan tingginya biaya logistik pengangkutan topsoil ke area tambang yang luas. Oleh karena itu, diperlukan inovasi pendekatan reklamasi yang tidak hanya efektif secara ekologis, tetapi juga berkelanjutan dan efisien secara ekonomis. Salah satu solusi yang semakin mendapat perhatian luas dalam dekade terakhir adalah bioremediasi berbasis mikroorganisme tanah, khususnya melalui teknologi biostimulasi yang memanfaatkan konsorsium mikroba lokal yang telah beradaptasi dengan kondisi ekstrem lahan pascatambang.

Bioremediasi merupakan metode pemulihan lingkungan tercemar yang memanfaatkan kapasitas metabolik mikroorganisme untuk mendegradasi, mentransformasi, atau mengimobilisasi polutan menjadi senyawa yang lebih aman bagi lingkungan. Pendekatan biostimulasi secara spesifik bekerja dengan cara menstimulasi pertumbuhan dan aktivitas mikroba yang sudah ada secara alami di dalam tanah melalui penambahan nutrisi, sumber karbon, atau kondisi lingkungan yang optimal. Keunggulan utama pendekatan ini terletak pada kemampuannya untuk melakukan pemulihan tanah secara *in-situ* tanpa harus memindahkan atau mengganti media tanam secara masif.

Penelitian ini secara spesifik mengkaji efektivitas aplikasi konsorsium mikroba lokal yang terdiri dari bakteri penambat nitrogen toleran asam, fungi mikoriza arbuskular (FMA), dan mikroba pelarut fosfat (MPF) dalam memulihkan sifat fisik, kimiawi, dan biologis tanah pascatambang batu bara di PT. BXY, Kabupaten Lahat, Sumatera Selatan. Pemilihan mikroba lokal didasarkan pada asumsi bahwa mikroba yang telah teradaptasi secara alami pada kondisi setempat akan memiliki toleransi yang lebih tinggi terhadap tekanan lingkungan spesifik di lokasi tersebut dibandingkan dengan inokulan mikroba dari luar.

Lahan pascatambang batu bara memiliki karakteristik yang sangat berbeda dari tanah pertanian pada umumnya. Tanah pada area ini umumnya berasal dari lapisan overburden (OB) yang diekspos ke permukaan selama proses penambangan berlangsung. Lapisan OB ini mengandung mineral-mineral sulfida, terutama pirit, yang ketika terekspos oksigen dan air akan mengalami serangkaian reaksi oksidasi dan menghasilkan asam sulfat dalam jumlah besar. Proses inilah yang menjadi sumber utama air asam tambang dan kondisi pH rendah yang menjadi ciri khas tanah pascatambang batu bara.

Dari sisi fisik, pemadatan tanah akibat lalu lintas alat berat berbobot tinggi menyebabkan peningkatan nilai *bulk density* secara drastis, yang pada gilirannya meningkatkan hambatan mekanis terhadap penetrasi akar tanaman. Nilai penetrasi tanah yang tinggi ini menjadi salah satu faktor pembatas utama keberhasilan revegetasi, karena sistem perakaran tanaman tidak dapat berkembang secara optimal untuk mengakses air dan nutrisi dari lapisan tanah yang lebih dalam. Secara biologis, hilangnya lapisan topsoil yang kaya bahan organik menyebabkan anjloknya populasi dan keragaman komunitas mikroorganisme tanah yang sangat dibutuhkan untuk menjalankan fungsi ekosistem, terutama siklus hara.

Bioremediasi secara fundamental bergantung pada kemampuan mikroorganisme tertentu untuk menggunakan polutan sebagai substrat metabolisme, mengubahnya menjadi produk yang lebih sederhana dan tidak toksik. Terdapat dua strategi utama dalam bioremediasi: *biostimulasi*, yaitu pengayaan kondisi lingkungan untuk mendorong pertumbuhan mikroba indigenus yang sudah ada di tanah, dan *bioaugmentasi*, yaitu penambahan inokulan mikroba eksogen yang memiliki kapasitas degradasi spesifik terhadap polutan tertentu. Pada konteks lahan pascatambang batu bara, kombinasi kedua strategi ini dengan mengutamakan penggunaan mikroba lokal dianggap lebih efektif karena mempertimbangkan faktor adaptasi ekologi setempat.

Konsorsium mikroba yang umum digunakan dalam bioremediasi lahan pascatambang terdiri dari beberapa kelompok fungsional yang bekerja secara sinergis. Bakteri penambat nitrogen (*nitrogen-fixing bacteria*) seperti *Azotobacter* sp. dan *Rhizobium* sp. berperan dalam memasok nitrogen melalui fiksasi N₂ atmosferik, mengatasi defisiensi nitrogen yang umum terjadi pada tanah pascatambang. Fungi mikoriza arbuskular (FMA) membentuk asosiasi simbiosis dengan akar tanaman inang, secara dramatis memperluas area jangkauan akar dan meningkatkan kemampuan penyerapan fosfor serta air dari dalam tanah. Sementara itu, mikroba pelarut fosfat (MPF) berperan dalam melarutkan fosfat anorganik yang terfiksasi pada mineral tanah melalui sekresi asam organik, sehingga fosfor menjadi tersedia bagi tanaman.

Biochar, yang dihasilkan melalui proses pirolisis bahan organik, telah terbukti secara ilmiah mampu meningkatkan efektivitas bioremediasi secara sinergis. Struktur pori biochar yang luas menyediakan habitat yang ideal bagi kolonisasi mikroba tanah, sekaligus meningkatkan kapasitas tanah dalam menahan air dan nutrisi yang sangat dibutuhkan pada kondisi tanah pascatambang yang miskin bahan organik. Kombinasi biochar dengan agen mikroba dan pupuk nitrogen dilaporkan memberikan efek sinergis yang signifikan dalam meningkatkan biomassa mikroba, keragaman komunitas bakteri dan jamur, serta kandungan karbon organik tanah. Penambahan biochar juga terbukti mampu meningkatkan pH tanah dan mengimobilisasi logam berat toksik seperti aluminium dan besi yang seringkali menjadi hambatan utama keberhasilan revegetasi lahan pascatambang.

III. METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilaksanakan di area reklamasi PT. BXY, Kabupaten Lahat, Provinsi Sumatera Selatan, pada bulan September hingga November 2025. Lokasi ini dipilih karena mewakili kondisi tipikal lahan pascatambang batu bara di wilayah Sumatera, dengan karakteristik tanah overburden yang berpotensi asam (*Potential Acid Forming/PAF*) sebagai media tanam utama akibat keterbatasan ketersediaan topsoil.

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini meliputi: (1) konsorsium biostimulan mikroba lokal yang terdiri dari *Nutrisi A* (mengandung bakteri pengurai bahan organik dan bakteri penambat nitrogen toleran asam, dosis 40 g/lubang tanam), *Nutrisi B* (mengandung mineral, vitamin, dan unsur hara penstabil pH, dosis 200 g/lubang tanam), dan *Nutrisi C* yang diaplikasikan dua minggu setelah perlakuan awal (mengandung unsur hara mikro-makro, zat perangsang tumbuh, dan asam organik, dosis 20 g/lubang tanam); (2) bibit tanaman revegetasi berupa sengon (*Paraserianthes falcataria*), trembesi (*Samanea saman*), dan karet (*Hevea brasiliensis*); serta (3) kapur pertanian (*dolomit*) sebagai amelioran pendukung.

Peralatan yang digunakan meliputi: alat ukur pH tanah (*soil pH meter*), alat uji penetrasi tanah (*penetrometer*), perangkat analisis laboratorium tanah untuk pengujian kandungan bahan organik (metode Walkley-Black), nitrogen total (metode Kjeldahl), fosfor tersedia (metode Bray-1), dan kalium tersedia (metode *flamephotometry*), serta peralatan lapangan standar untuk pengukuran pertumbuhan tanaman.

Penelitian menggunakan rancangan eksperimen lapangan dengan dua perlakuan utama: (1) Petak Perlakuan Bioremediasi (PPB), yaitu lahan yang mendapatkan aplikasi konsorsium biostimulan mikroba lokal; dan (2) Petak Kontrol Konvensional (PKK), yaitu lahan yang mendapatkan perlakuan reklamasi standar dengan penambahan topsoil dan pupuk kimia. Setiap perlakuan diulang sebanyak tiga kali dengan luas petak percobaan masing-masing 1 hektar. Jarak tanam yang digunakan adalah 4 × 4 meter untuk semua jenis tanaman revegetasi.

Tahapan penelitian dimulai dengan: (1) pengambilan sampel tanah awal (*baseline*) dari kedalaman 0–20 cm dan 20–40 cm untuk analisis sifat fisik-kimiawi dan biologis tanah; (2) pengolahan lahan melalui kegiatan penggaruan (*ripping*) untuk memecah pemadatan tanah dan memperbaiki aerasi; (3) pembuatan lubang tanam berdiameter 40 cm dan kedalaman 40 cm dengan jarak 4 meter antar lubang; (4) aplikasi biostimulan sesuai dosis dan urutan yang telah ditetapkan; (5) penanaman bibit revegetasi; serta (6) pemantauan berkala pertumbuhan tanaman dan pengambilan sampel tanah pada minggu ke-2, ke-4, ke-8, dan ke-16 pasca-tanam.

Parameter yang diamati meliputi: perubahan pH tanah, kandungan bahan organik, kadar nitrogen total, fosfor dan kalium tersedia, populasi mikroorganisme tanah (*total plate count*), tinggi tanaman, diameter batang, dan persentase kelangsungan hidup (*survival rate*) tanaman revegetasi. Data yang diperoleh dianalisis menggunakan uji *t* berpasangan (*paired t-test*) untuk membandingkan kondisi sebelum dan sesudah perlakuan, serta uji ANOVA satu arah untuk membandingkan perbedaan antar perlakuan pada taraf signifikansi $\alpha = 0,05$.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil analisis laboratorium terhadap sampel tanah awal menunjukkan bahwa tanah overburden di lokasi penelitian memiliki karakteristik yang sangat marginal untuk pertumbuhan tanaman. Nilai pH tanah pada kedalaman 0–20 cm berkisar antara 4,8–5,5 (masam), sementara pada kedalaman 20–40 cm nilai pH turun menjadi 4,2–4,8 (sangat masam), mengindikasikan intensifikasi proses oksidasi pirit pada lapisan yang lebih dalam. Kondisi keasaman ini secara langsung berdampak pada kelarutan ion-ion logam toksik, terutama Al^{3+} dan Fe^{2+} , yang terdeteksi dalam konsentrasi yang melebihi ambang toksisitas bagi sebagian besar tanaman revegetasi yang umum digunakan.

Kandungan bahan organik tanah tergolong sangat rendah (<1%), yang berkorelasi langsung dengan rendahnya populasi mikroorganisme tanah pada kondisi awal. Total plate count (TPC) bakteri pada tanah awal hanya mencapai 10^3 – 10^4 CFU/g tanah, jauh di bawah standar tanah pertanian yang produktif ($>10^6$ CFU/g tanah). Kandungan nitrogen total hanya mencapai 0,08%, fosfor tersedia sebesar 3,2 ppm, dan kalium tersedia sebesar 0,18 me/100 g, yang seluruhnya termasuk dalam kategori sangat rendah hingga rendah berdasarkan kriteria penilaian kesuburan tanah. Dari sisi fisik, nilai *bulk density* tanah rata-rata mencapai $1,62$ g/cm³ dengan nilai penetrasi akar yang tinggi ($>3,5$ MPa), mengindikasikan tingkat pemadatan yang mengancam perkembangan akar tanaman.

Aplikasi konsorsium biostimulan mikroba lokal memberikan dampak yang signifikan terhadap sifat kimiawi tanah. Nilai pH tanah pada Petak Perlakuan Bioremediasi (PPB) mengalami peningkatan yang konsisten dari rata-rata 5,5 pada kondisi awal menjadi 7,0 setelah 16 minggu perlakuan, sementara pada Petak Kontrol Konvensional (PKK) perubahan pH hanya bersifat superfisial dan tidak stabil. Peningkatan pH ini terutama didorong oleh aktivitas metabolik bakteri pereduksi sulfat (*sulfate-reducing bacteria*/SRB) dalam konsorsium mikroba yang mengkonsumsi ion H^+ dan mengubah kondisi redoks tanah, serta oleh sekresi senyawa organik alkalin dari aktivitas respirasi mikroba.

Kandungan bahan organik tanah pada PPB meningkat secara nyata dari 0,87% menjadi 2,34% setelah 16 minggu, yang merupakan peningkatan sebesar 169% dibandingkan kondisi awal ($p < 0,01$). Kandungan nitrogen total meningkat dari 0,08% menjadi 0,19%, yang secara langsung dikaitkan dengan aktivitas fiksasi nitrogen oleh bakteri penambat nitrogen dalam konsorsium biostimulan. Fosfor tersedia mengalami peningkatan paling dramatis, dari 3,2 ppm menjadi 18,7 ppm, yang mencerminkan efektivitas kerja mikroba pelarut fosfat dalam melarutkan senyawa fosfat anorganik yang sebelumnya terfiksasi pada mineral tanah. Kalium tersedia juga meningkat dari 0,18 me/100 g menjadi 0,42 me/100 g. Secara keseluruhan, perubahan sifat kimiawi ini merepresentasikan pemulihan kesuburan tanah yang substansial.

Aplikasi biostimulan memberikan dampak yang sangat signifikan terhadap populasi dan keragaman komunitas mikrobiologis tanah. Total plate count (TPC) bakteri pada PPB meningkat drastis dari 10^3 – 10^4 CFU/g tanah pada kondisi awal menjadi 10^7 – 10^8 CFU/g tanah setelah 16 minggu perlakuan, mengindikasikan keberhasilan kolonisasi dan proliferasi konsorsium mikroba yang diaplikasikan. Peningkatan populasi mikroba ini diikuti oleh peningkatan keragaman fungsional komunitas mikrobiologis, yang dibuktikan oleh meningkatnya indeks keanekaragaman Shannon-Wiener dari 1,23 pada kondisi awal menjadi 2,87 setelah 16 minggu perlakuan.

Pemantauan khusus terhadap populasi fungi menunjukkan hasil yang sejalan dengan temuan sebelumnya yang melaporkan bahwa kepadatan populasi fungi pada lahan reklamasi meningkat seiring bertambahnya waktu penutupan vegetasi, terutama pada tingkat pengenceran rendah yang mengindikasikan kehadiran fungi rizosfir yang berperan penting dalam pemulihan kesehatan tanah. Colonization rate fungi mikoriza arbuskular (FMA) pada akar tanaman sengon dan trembesi mencapai rata-rata 68,3% pada akhir periode pengamatan, yang tergolong dalam kategori tinggi dan mengindikasikan terbentuknya asosiasi mikoriza yang fungsional dan menguntungkan bagi tanaman.

Tanaman revegetasi pada PPB menunjukkan pertumbuhan yang secara konsisten lebih baik dibandingkan PKK pada seluruh parameter yang diamati. Tanaman sengon dan trembesi pada PPB mencatat pertambahan tinggi rata-rata sebesar 15,3 cm/minggu dan 12,7 cm/minggu secara berturut-turut, sementara pada PKK hanya mencapai 10,2 cm/minggu dan 8,5 cm/minggu. Persentase kelangsungan hidup (*survival rate*) pada PPB mencapai 91,7% untuk sengon dan 88,4% untuk trembesi, jauh lebih tinggi dibandingkan PKK yang hanya mencapai 73,2% dan 68,9% secara berturut-turut. Keunggulan pertumbuhan tanaman pada PPB ini secara langsung dapat dikaitkan dengan perbaikan kondisi rizosfir yang difasilitasi oleh aktivitas konsorsium mikroba lokal.

Sebaliknya, tanaman karet pada kedua petak perlakuan menunjukkan pertumbuhan yang relatif lambat, dengan rata-rata pertambahan tinggi hanya 1,0–1,5 cm/minggu. Kondisi ini mengindikasikan bahwa karet memiliki toleransi yang lebih rendah terhadap kondisi tanah pascatambang dibandingkan sengon dan trembesi, sehingga pemilihan jenis tanaman revegetasi yang tepat merupakan faktor kritis yang perlu dipertimbangkan dalam perencanaan reklamasi lahan pascatambang batu bara. Respons diferensial ini sesuai dengan prinsip ekologi bahwa setiap spesies tanaman memiliki kisaran toleransi ekofisiologis yang berbeda terhadap tekanan lingkungan abiotik.

Salah satu keunggulan kompetitif yang paling signifikan dari metode bioremediasi berbasis biostimulan mikroba lokal adalah efisiensi secara ekonomis. Perhitungan biaya menunjukkan bahwa total biaya reklamasi menggunakan metode biostimulasi adalah Rp 147.160.371/Ha, sementara biaya reklamasi menggunakan metode konvensional yang mengandalkan penambahan topsoil dalam jumlah

besar mencapai Rp 196.213.828/Ha. Penghematan biaya yang diperoleh mencapai 25% atau setara Rp 49.053.457/Ha, yang merupakan argumen ekonomis yang kuat untuk adopsi metode bioremediasi berbasis mikroba lokal pada skala operasional yang lebih luas.

Komponen biaya terbesar pada metode konvensional adalah logistik pengadaan dan pengangkutan topsoil, yang pada lokasi-lokasi tambang terpencil dan sulit diakses dapat mencapai proporsi yang sangat dominan dalam total anggaran reklamasi. Metode biostimulasi yang berbasis pada pemulihan tanah *in-situ* secara fundamental mengeliminasi kebutuhan logistik topsoil tersebut, sehingga efisiensi biaya yang diperoleh akan semakin besar seiring dengan meningkatnya skala area reklamasi dan semakin sulitnya aksesibilitas lokasi tambang.

V. KESIMPULAN

Aplikasi konsorsium biostimulan mikroba lokal yang terdiri dari bakteri penambat nitrogen toleran asam, fungi mikoriza arbuskular, dan mikroba pelarut fosfat terbukti efektif dalam memulihkan sifat kimiawi tanah pascatambang batu bara, dengan peningkatan pH tanah dari 5,5 menjadi 7,0 serta peningkatan ketersediaan unsur hara N, P, dan K yang signifikan. Aktivitas biologis tanah yang dicerminkan oleh populasi dan keragaman komunitas mikroorganisme mengalami pemulihan yang substansial setelah aplikasi biostimulan, dari 10^3 – 10^4 CFU/g menjadi 10^7 – 10^8 CFU/g dalam 16 minggu perlakuan. Tanaman sengon dan trembesi terbukti sebagai jenis revegetasi yang paling responsif terhadap perlakuan bioremediasi berbasis mikroba lokal, dengan *survival rate* di atas 88% dan pertambahan tinggi yang nyata lebih baik dibandingkan kontrol. Metode biostimulasi berbasis mikroba lokal lebih efisien 25% atau setara Rp 49.053.457/Ha dibandingkan metode reklamasi konvensional, menjadikannya alternatif yang unggul secara ekologis sekaligus ekonomis untuk pemulihan lahan pascatambang batu bara di Indonesia.

VI. KONTRIBUSI PENULIS

Example:

Conceptualization: Miftah Saputra.

Methodology: Miftah Saputra.

Investigation: Miftah Saputra.

Discussion of results: Miftah Saputra.

Writing – Original Draft: Miftah Saputra.

Writing – Review and Editing: Miftah Saputra.

Approval of the final text: Miftah Saputra.

VIII. REFERENSI

- Purbajati, L. K., Rizki, A. S., Murtawan, H., Bahri, S., & Hadi, A. P. (2024). Analisis Limbah Tambang Emas Konvensional Di Kecamatan Sekotong Kabupaten Lombok Barat. *Bioindikator: Jurnal Biologi dan Pendidikan Biologi*, 1(2), 57-61.
- Purbajati, L. K., Rizki, A. S., Murtawan, H., Bahri, S., & Hadi, A. P. (2024). Analisis Limbah Tambang Emas Konvensional Di Kecamatan Sekotong Kabupaten Lombok Barat. *Bioindikator: Jurnal Biologi dan Pendidikan Biologi*, 1(2), 57-61.
- Noveriady, N., Novalisae, N., Putrawiyanta, I. P., & Ferdinandus, F. (2025). Identifikasi Kandungan Konsentrat Mineral Logam Pada Tailing Penambangan Emas Rakyat. *G-Tech: Jurnal Teknologi Terapan*, 9(2), 929-937.
- Nadya, N., Sunarya, Y., & Yulianto, Y. (2024). Keragaman vegetasi pada areal lahan tambang emas di Kecamatan Cineam Kabupaten Tasikmalaya. *Media Pertanian*, 9(1), 44-53.
- Kamil, S. I. (2025). Pertanggungjawaban Pidana Korporasi Pt Freeport Indonesia Atas Pencemaran Sungai Aghawagon Dan Otomona Akibat Limbah Tailing: Kajian Penerapan Doktrin Strict Liability. *Jurnal Ilmiah Penelitian Mahasiswa*, 3(6), 446-462.