

**INVESTIGASI DAMPAK RESAPAN AIR LIMBAH KARET TERHADAP
PERMUKAAN TANAH INDUSTRI PENGOLAHAN KARET
DI PT. BUKIT ANGKASA MAKMUR BENGKULU**

***THE INVESTIGATION IMPACT IN RUBBER WASTEWATER INVITALIZED OF
LAND SURFACE FOR RUBBER PROCESSOR INDUSTRY
AT PT. BUKIT ANGKASA MAKMUR BENGKULU***

Bursamin^{1)*}, Lina Widawati²⁾, Diah Azhari²⁾, Yudian Syahputra²⁾, Budi Prastia³⁾

¹⁾Universitas Pat Petulai Rejang Lebong Bengkulu

²⁾Universitas Dehasen Bengkulu

³⁾Universitas Muaro Bungo Jambi

*email: abrahamburs@gmail.com

ARTICLE HISTORY : Received [05 March 2026] Revised [10 June 2026] Accepted [15 June 2026]

ABSTRAK

Tujuan: Penelitian ini bertujuan untuk memberikan dasar ilmiah dalam pengendalian pencemaran lingkungan akibat aktivitas industri pengolahan karet serta mendukung praktik industri yang lebih berwawasan lingkungan. **Metodologi:** Metode penelitian yang digunakan adalah metode kuantitatif dengan pendekatan deskriptif-analitis meliputi pengambilan sampel tanah dilakukan pada dua lokasi, yaitu titik terdampak rembesan limbah dan titik kontrol (tidak terdampak) sebagai pembanding. Sampel tanah kemudian dianalisis di laboratorium untuk mengukur parameter fisika-kimia yang meliputi pH, Chemical Oxygen Demand (COD), kandungan nitrogen, serta tekstur tanah. **Hasil:** hasil investigasi dampak resapan limbah karet menunjukkan resapan limbah cair industri karet yang tidak diolah di PT. Bukit Angkasa Makmur (BAM), Bengkulu, memicu penurunan kualitas air dan tanah. Hal ini ditandai dengan lonjakan parameter BOD ($93-9343\text{mg/L}$), COD, dan TSS. Kondisi ini menyebabkan kerusakan ekosistem dan mengancam ketersediaan air bersih warga sekitar. **Kesimpulan:** Investigasi dampak resapan limbah karet menunjukkan Resapan air limbah industri karet yang tidak diolah secara memadai mengakibatkan kerusakan lingkungan serius, seperti pencemaran air tanah, penurunan kesuburan, dan pembentukan kondisi anaerobik akibat tingginya konsentrasi BOD ($93-9.343\text{ mg/L}$), COD, dan TSS. Penerapan Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) berbasis 3R (*Reduce, Reuse, Recycle*) sangat mendesak untuk meminimalisir pencemaran dan memulihkan kualitas tanah. **Jenis Paper :** Artikel penelitian.

Kata Kunci: Resapan Limbah Karet, Pencemaran Tanah, Industri Karet, Dampak Lingkungan.

ABSTRACT

Purpose : This research aims to provide a scientific basis for controlling environmental pollution due to rubber processing industry activities and to support more environmentally sound industrial practices. **Methodology:** The research method used is a quantitative method with a descriptive-analytical approach including soil sampling carried out at two locations, namely points affected by waste seepage and control points (not affected) as a comparison. Soil samples are then analyzed in the laboratory to measure physico-chemical parameters including pH, Chemical Oxygen Demand (COD), nitrogen content and soil texture. **Results:** The results of the investigation into the impact of rubber waste infiltration

show that the infiltration of untreated rubber industry liquid waste at PT. Bukit Angkasa Makmur (BAM), Bengkulu, triggers a decline in water and soil quality. This is characterized by a spike in BOD parameters (93–9343mg/L), COD, and TSS. This condition causes damage to the ecosystem and threatens the availability of clean water for local residents. **Conclusion:** Investigation of the impact of rubber waste infiltration shows that inadequately treated rubber industrial wastewater infiltration results in serious environmental damage, such as groundwater pollution, decreased fertility, and the formation of anaerobic conditions due to high concentrations of BOD (93-9,343 mg/L), COD, and TSS. The implementation of Waste Water Treatment Plants (IPAL) based on 3R (Reduce, Reuse, Recycle) is very urgent to minimize pollution and restore soil quality. **Type of Paper :** Research article.

Keywords: Rubber Waste Seepage, Soil Pollution, Rubber Industry, Environmental Impact.

PENDAHULUAN

Menurut Dey, A. *et al* (2023) Limbah industri karet khususnya dari proses pengolahan *crumb rubber* menghasilkan limbah cair dan gas yang sangat rentan mencemari lingkungan. Jika tidak dikelola, limbah ini dapat menurunkan kualitas air sungai, membunuh biota air, dan menyebabkan polusi udara (bau menyengat) yang mengganggu warga sekitar. Dampak utama dan tantangan pengolahan limbah karet menurut Quevauviller, P. (2023) meliputi pencemaran tanah dan air berupa penurunan oksigen terlarut: tingginya kadar BOD (*Biological Oxygen Demand*) dan COD (*Chemical Oxygen Demand*) akan menyerap oksigen di dalam air, sehingga membunuh ikan dan organisme air dan kekeruhan dan gangguan PDAM yaitu air sungai menjadi keruh dan berbau, bahkan mengganggu operasional instalasi air bersih (PDAM) lokal seperti yang pernah terjadi di aliran sungai yang berdekatan dengan pabrik karet.

Sejalan dengan penelitian Djajadiningrat, *et al* (2025) limbah industri karet di Bengkulu, terutama di wilayah Bengkulu Tengah, kerap memicu penurunan kualitas air. Masalah utama timbul akibat pembuangan limbah cair dari pabrik *crumb rubber* (karet remah) yang dapat meningkatkan kadar amonia, BOD, dan COD di Daerah Aliran Sungai Air Bengkulu. Hal ini sempat memicu keluhan warga dan PDAM terkait baku mutu air. Sejumlah perusahaan di kawasan industri seperti Desa Talang Empat dan Taba Terunjam telah membangun Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL). Meski demikian, pengawasan dari Dinas Lingkungan Hidup (DLH) tetap diperlukan secara ketat guna memastikan IPAL beroperasi optimal dan mencegah luapan limbah saat musim hujan (George,W *et al*, 2021).

Merujuk dengan hasil analisis Ginting, P (2024) melalui pendekatan penelitian limbah industri karet di Bengkulu (terutama di wilayah Bengkulu Tengah) secara umum berfokus pada evaluasi Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) dan dampaknya terhadap

Sungai Bengkulu. Terdapat kesenjangan/gap yang signifikan antara regulasi, implementasi operasional pabrik, dan dampak lingkungan riil yang dirasakan masyarakat setempat. Terutama kondisi eksisting kawasan industri di Desa Talang Empat dan Kembang Seri, Kabupaten Bengkulu Tengah (pusat operasional PT Batang Hari dan PT Bukit Angkasa Makmur), Parameter Kualitas Air dan tanah terhadap parameter lingkungan seperti pH, BOD, COD, dan TSS. Hasilnya sering menunjukkan tingkat pencemaran air limbah yang dibuang ke badan sungai masih melebihi baku mutu, memicu perubahan kualitas air dan keluhan warga, dan Manajemen Pabrik berdasarkan dari hasil analisis Nurmaliakasih, D.Y. *et al.* (2024) mengevaluasi Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) menggunakan sistem lumpur aktif maupun pemanfaatan limbah padat (seperti pengolahan slab menjadi blanket).

Menurut Grandis, H (2021) pencemaran lingkungan bawah tanah akibat limbah karet, baik padat maupun cair menyebabkan penurunan kualitas tanah yang serius akibat penumpukan partikel sulit terurai yang menghambat sirkulasi udara dan air, serta merusak mikro organisme tanah karena limbah cair pabrik karet mengandung logam berat dan senyawa kimia seperti amonia dan sulfida yang meresap ke dalam tanah, memicu kondisi anaerobik dan pencemaran air tanah, yang menurunkan produktivitas pertanian.

Pencemaran lingkungan bawah tanah oleh limbah karet, seperti lateks sisa, bahan kimia koagulan, dan karet sintetis menurut Hayati, F. *et al* (2021) memicu degradasi kualitas air tanah dan penurunan kesuburan tanah secara masif. Hal ini secara drastis mengancam pasokan air bersih bagi pemukiman di sekitarnya. Dengan rincian dampak utamanya yaitu penurunan kualitas air tanah yaitu limbah yang meresap ke dalam tanah akan mencemari akuifer, mengubah pH air, dan menyebabkan air berbau tidak sedap sehingga tidak layak konsumsi, gangguan kesehatan masyarakat yaitu konsumsi atau penggunaan air tanah yang tercemar logam berat seperti timbal yang kadang terdapat pada proses karet memicu risiko penyakit kulit dan gangguan pencernaan, kerusakan struktur dan kesuburan tanah yaitu resapan getah karet dan bahan kimia aditif dapat mematikan mikroorganisme tanah. Hal ini menyebabkan tanah menjadi keras, tandus, dan menurunkan produktivitas vegetasi di sekitarnya, ketidakseimbangan ekosistem yaitu racun yang terakumulasi di dalam tanah merusak habitat alami, membunuh cacing dan serangga penyubur tanah, serta mengganggu rantai makanan lokal dan pelepasan gas beracun yaitu proses dekomposisi limbah karet di dalam tanah dapat melepaskan gas metana dan senyawa sulfur yang berdampak pada pencemaran udara dan memicu gangguan pernapasan.

Metode geolistrik resistivitas adalah teknik geofisika yang mengukur tahanan jenis

lapisan tanah dan batuan di bawah permukaan. Metode ini merupakan cara efektif untuk mendeteksi dan memetakan pencemaran lingkungan bawah tanah (seperti rembesan limbah cair) karena kontaminan umumnya bersifat konduktif. Metode ini digunakan saat limbah cair karet atau sisa pengolahan getah meresap ke dalam tanah dan air tanah, terjadi proses fermentasi yang meningkatkan konsentrasi ion terlarut. Hal ini menyebabkan zona yang tercemar memiliki nilai resistivitas (tahanan jenis) yang jauh lebih rendah dibandingkan tanah atau akuifer yang bersih (Hayati, F. *et al.* 2021). Konfigurasi Schlumberger adalah metode survei geolistrik yang sangat efektif untuk memetakan pencemaran lingkungan bawah tanah akibat limbah karet. Metode ini bekerja dengan menginjeksikan arus listrik ke dalam tanah dan mengukur beda potensial untuk mengidentifikasi perubahan nilai resistivitas (tahanan jenis) akibat rembesan air limbah

Berdasarkan ciri utama dari latar belakang diatas perlu dilakukan Analisis metode geolistrik dengan menginjeksikan arus listrik searah (I) ke dalam tanah untuk memetakan variasi nilai resistivitas (tahanan jenis) bawah permukaan. Perbedaan nilai resistivitas ini mencerminkan jenis material, formasi batuan, dan struktur geologi yang dilalui arus tersebut. Oleh karena itu peneliti tertarik untuk menyelidiki sistem resapan tersebut dengan judul ***Investigasi Dampak Resapan Air Limbah Karet Terhadap Permukaan Tanah Industri Pengolahan Karet Di PT. Bukit Angkasa Makmur Bengkulu.***

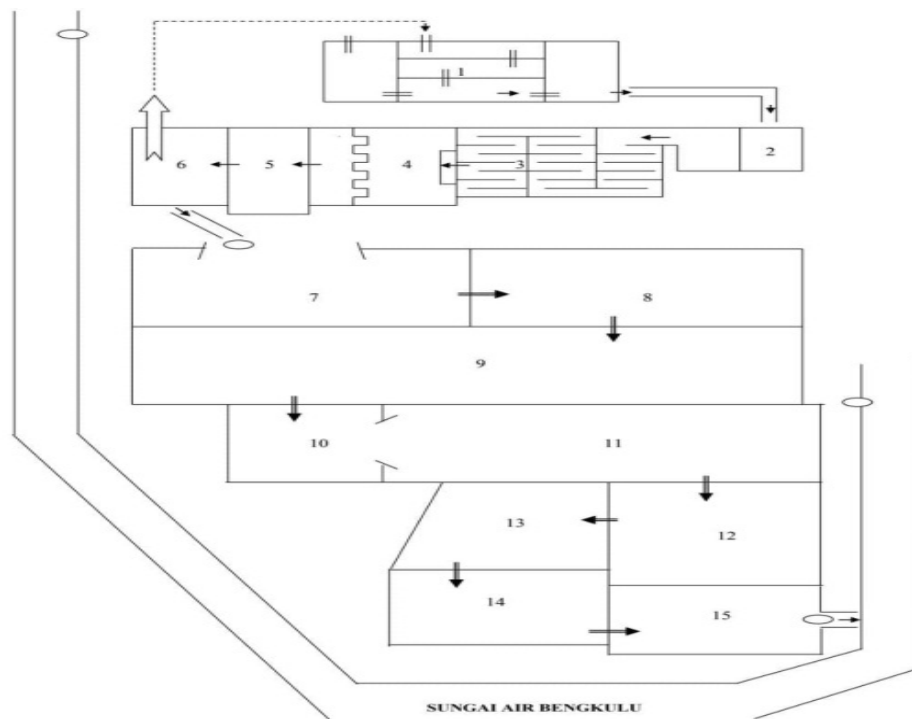
METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilaksanakan di industri pengolahan getah karet rakyat pada PT. Bukit Angkasa Makmur di wilayah kabupaten Bengkulu Tengah pada bulan Februari s/d Maret 2026. Metode penelitian ini menggunakan teknik resistivitas listrik dengan alat Resistivity Meter, menggunakan tanah sebagai medium yang di injeksi limbah karet. Penginjeksian limbah karet pada tanah dimaksudkan untuk melihat pola penyebarannya berdasarkan pada anomali resistivitas listrik. Dalam model fisik ini digunakan bak yang berukuran Luas $\pm 8.895,7 \text{ m}^2 = 0,889 \text{ Ha} \pm 0,9 \text{ Ha}$. Sebagaimana ditunjukkan pada gambar 1.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian mengenai PT Bukit Angkasa Makmur (BAM) di Bengkulu Tengah lebih berfokus pada dampak sosial masyarakat dan pencemaran air sungai akibat limbah cair industri. Penilaian mengenai dampak resapan air limbah terhadap permukaan tanah melibatkan beberapa temuan ilmiah utama, seperti kualitas air tanah dan resapan limbah

berupa indikasi pencemaran yaitu resapan air limbah pabrik yang tidak diolah sempurna dapat menurunkan kualitas air tanah di sekitar area industri. Parameter yang sering diteliti meliputi nilai keasaman (pH), Amonia (NH_3), serta kandungan organik dan kondisi fisik air yaitu resapan limbah karet rentan menyebabkan perubahan warna, bau, serta rasa pada sumur warga di sekitar wilayah operasional.



Gambar 1. Bak Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) Digunakan sebagai Model

Keterangan: Gambar tanpa Skala

⇒ Pintu Aliran Air

< Tangga Air (sistem Aerasi)

○ Lokasi Pengambilan Sample Air

⬆️ Pompa Recycling (Air limbah yang ada di kolam 6 dipakai ulang dalam proses produksi)

Penetapan baku mutu air limbah dibagi berdasarkan jenis kegiatan dan peruntukan badan air penerima. Komponen utama dalam perhitungan beban pencemaran meliputi debit air limbah ($m^3/hari$) yang dihasilkan dari jangka waktu melebihi baku mutu berdasarkan konsentrasi parameter kadar pencemar (mg/L) sebagaimana yang ditunjukkan dalam table 1 dibawah ini.

Tabel.1 Debit Air Limbah Harian Yang Keluar Perjam

Tanggal	h (cm)	Q(m ³ /jam/Hr)	Tanggal	h (cm)	Q(m ³ /jam/Hr)
02	95,80	108,00	15	20,5	84,60
03	74,20	114,20	16	21	90,00
04	90,00	90,00	17	20	108,00
05	20	101,90	19	19	101,90
06	20,5	108,00	20	20,5	95,80
07	22	114,20	21	20	90,00
08	20	90,00	22	19,5	84,60
09	19	79,20	23	20	90,00
10	20	90,00	24	20,5	101,90
11	20,5	114,20	25	21	95,80
12	18,5	90,00	26	20,5	101,90
13	20	79,20	27	20	90,00
14	20,5	79,20	28	21	79,20
Rata-rata					93,36

Sumber, HSE PT Bukit Angkasa Makmur, 2026

Ket: h = Tinggi air limbah yang keluar dari sekat 90o (cm)

Q = Debit air limbah yang keluar perjam perhari (m³/jam/hari)

Berdasarkan hasil pemantauan debit air limbah harian yang diukur perjam pada kondisi tertentu dengan menggunakan sekat ukur 90°, didapat rata-rata debit air limbah harian pada bulan Januari 2026 Pelepasan limbah karet sebesar 94,33 m³/jam secara terus-menerus pada satu titik berisiko memicu degradasi lingkungan akut. Debit yang tinggi ini membebani daya dukung tanah setempat dalam memfiltrasi dan mengurai polutan secara alami.

Akumulasi limbah karet terpusat menciptakan kondisi anaerobik yang menghalangi pertukaran udara dan air. Untuk memulihkan struktur tanah di wilayah Curup yang terdampak, langkah utama adalah menghentikan sumber pencemar, menerapkan metode bioremediasi (memanfaatkan mikroorganisme untuk mengurai polutan), serta mengaplikasikan fitoremediasi menggunakan tanaman hiperakumulator untuk menyerap logam berat.

Tabel.2 Dampak Potensial Pemasukan Limbah Karet Terpusat

No	Akar Penyebab	Dampak	RISIKO	PELUANG
1	Akumulasi Polutan	Limbah karet (material anorganik/sintetis) yang tertumpuk di satu titik menyebabkan konsentrasi bahan pencemar tinggi, mempercepat degradasi lingkungan secara lokal	Zona Konsentrasi Tinggi	Akumulasi limbah di satu titik menciptakan hotspot polusi yang sulit terurai secara alami
2	Kerusakan Struktur Tanah	Terus-menerus memasukkan limbah ke titik yang sama akan merusak porositas dan struktur tanah, mengurangi kemampuan tanah menahan air dan nutrisi	Kerusakan Struktur Tanah	Tanah menjadi jenuh dan kehilangan permeabilitas, yang menghambat pergerakan air dan udara dalam tanah
3	Penghambatan Air Tanah	Akumulasi limbah menghambat pergerakan dan peresapan air tanah, yang dapat memicu genangan atau penurunan muka air tanah di area sekitarnya	Gangguan Biologis	Konsentrasi polutan yang tinggi dapat meracuni mikroorganisme tanah, mengganggu keseimbangan proses alami
4	Lambatnya Degradasi	Bahan karet yang menumpuk sulit terurai secara alami, menyebabkan polutan menetap dalam waktu lama	Pencemaran Jangka Panjang	Risiko pencemaran air tanah (akibat lindi) dan tanah sekitar, yang mengancam ekosistem dalam jangka waktu lama
5	Risiko Pencemaran	Potensi kontaminan berbahaya dari limbah karet meresap ke lapisan tanah lebih dalam dan mencemari sumber air tanah sekitar	Zona Konsentrasi Tinggi	Akumulasi limbah di satu titik menciptakan hotspot polusi yang sulit terurai secara alami

Sumber Data olahan Laboratorium PT Bukit Angkasa Makmur, 2026

Persebaran Lindi Limbah Horizontal Dan Vertikal

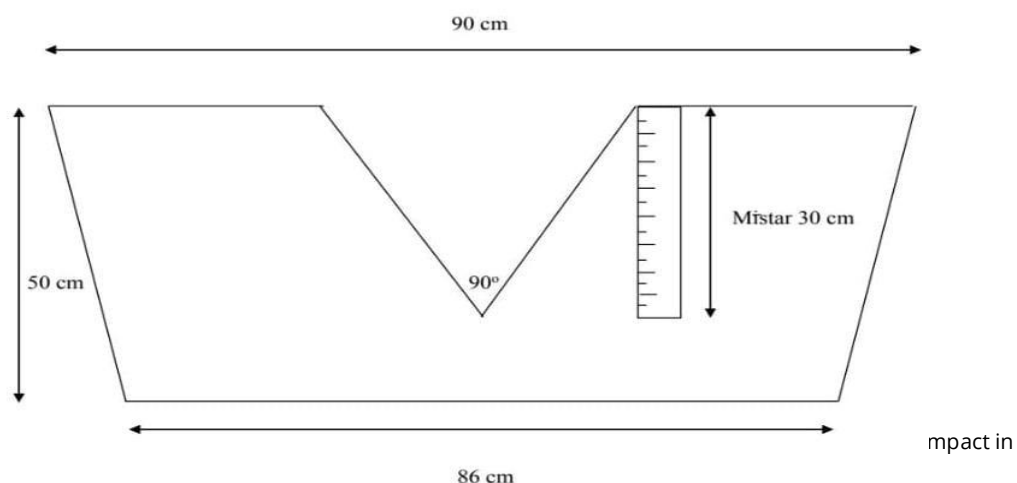
Pergerakan lindi (limbah cair) dari industri karet ke dalam tanah umumnya mengikuti pola infiltrasi dan rembesan yang dipengaruhi oleh porositas serta permeabilitas tanah yaitu melalui Sebaran Horizontal Lindi menyebar ke arah luar dari sumber pencemaran (seperti kolam penampung/IPAL) mengikuti arah aliran air tanah, kemiringan topografi (lereng), dan limpasan air hujan (*run off*) di permukaan, dan Sebaran Vertikal Lindi merembes dan menembus lapisan tanah bagian dalam akibat gaya gravitasi hingga mencapai zona jenuh air atau akuifer air tanah (air sumur warga).

Faktor utama yang mempercepat persebaran vertikal dan horizontal ini meliputi:

1. Curah hujan: infiltrasi air hujan yang berlebih akan melarutkan dan mendorong lindi lebih dalam.
2. Karakteristik tanah: tanah berporositas tinggi dan permeabilitas tinggi seperti pasir atau gambut memudahkan lindi menyerap dan mengalir dengan cepat.
3. Kandungan lindi: tingginya senyawa organik dan nilai *chemical oxygen demand (COD)* serta *biochemical oxygen demand (BOD)* dalam limbah mempercepat degradasi kualitas air tanah di sekitarnya.

Lindi industri karet yang mengandung beban pencemar tinggi sangat berpotensi menurunkan kualitas lingkungan jika belum memenuhi baku mutu. Untuk mendeteksi sebaran secara pasti, biasanya dilakukan pemetaan geolistrik di bawah permukaan tanah. Pola sebaran limbah di bawah permukaan tanah umumnya membentuk zona anomali resistivitas rendah. Pencemaran limbah industri atau sisa pengolahan karet yang meresap akan mengubah sifat fisik tanah, membuatnya jauh lebih konduktif akibat meningkatnya ion dan cairan fermentasi. Hal ini disebabkan karena struktur permukaan yang tidak rata/miring, mengakibatkan pola distribusi rembesan limbah karet tidak merata ke seluruh permukaan tanah.

Distribusi sebaran limbah karet di bawah permukaan tanah diukur menggunakan Metode Geolistrik Resistivitas. Limbah cair karet atau lindi yang meresap ke dalam tanah akan menurunkan nilai tahanan jenis (resistivitas) menjadi sangat. Nilai Resistivitas Limbah Karet Di dalam tanah, limbah karet yang terakumulasi dan mengalami fermentasi akan membentuk fluida konduktif. Berdasarkan berbagai studi geofisika lingkungan, area yang tercemar limbah cenderung memiliki nilai resistivitas yang sangat rendah, biasanya berkisar antara $1,6 \Omega\text{m}$ hingga $15,7 \Omega\text{m}$. Nilai ini jauh lebih kecil dibandingkan tanah atau batuan normal di sekitarnya yang biasanya memiliki nilai resistivitas ratusan hingga ribuan Ωm , kecuali terdapat air tanah asin, sebagaimana gambar pola pengukuran nilai resistivitas limbah karet dibawah ini.



Gambar 2 Sekat Ukur 90°

Resistivitas Tanah Sebelum Diberi Limbah Karet

Resistivitas tanah asli sebelum diberi limbah karet biasanya berkisar antara $0.783\Omega\text{m}$ hingga $28.1\Omega\cdot\text{m}$, bergantung pada komponen penyusunnya. Tanah yang didominasi lempung dan pasir memiliki resistivitas yang rendah, sedangkan pasir atau kerikil kering memiliki resistivitas yang lebih tinggi. Nilai ini akan berubah secara signifikan akibat proses fermentasi limbah karet di dalam tanah. Berdasarkan penelitian geolistrik yang menggunakan metode resistivitas:

1. Kondisi Alami (Sebelum Tercemar): Mengikuti sifat konduktivitas tanah dasar dengan ion terlarut normal, sehingga arus listrik dapat mengalir secara wajar sesuai jenis material penyusunnya (misalnya tanah lempung atau pasir).
2. Kondisi Setelah Diberi Limbah Karet: Konsentrasi air limbah yang mengendap dan berfermentasi akan mengubah sifat kimia tanah. Hal ini menyebabkan nilai resistivitas tanah menurun drastis menjadi sangat konduktif, ditunjukkan dalam tabel 3.

Tabel.3 Distribusi Nilai Resistivitas Tanah Sebelum Di Injeksi Limbah Karet

No	Uraian	Simbol	Satuan	Saringan No.4	Saringan No.12
1	Piknometer No.				
2	Temperatur		$^{\circ}\text{C}$	25	25
3	Massa (Piknometer+Tanah)	M2	Gram	242.5	253.5
4	Massa Piknometer	M1	Gram	192.5	203.5
5	Massa (Piknometer+Air pada suhu uji)	M4	Gram	782.5	774.5
6	Factor Koreksi	k		0.997077	0.997077
7	Berat Piknometer pada suhu 25°C	M4	Gram	772.00	776.77
8	Massa (Piknometer+Tana+Air)	M3	Gram	805	804.5
9	$M5=M2 \times M1 + M4$	M5	Gram	832.5	824.5
10	Isi Tanah		Gram	27.5	20
11	Berat Jenis	Gs		294.1	2.245
12	Berat Jenis rata-rata	Gs		2.593	

Sumber Data olahan Laboratorium PT Bukit Angkasa Makmur, 2026

Sebelum diinjeksi limbah, distribusi nilai resistivitas tanah umumnya berada pada rentang $47\Omega\text{m}$ hingga $75\Omega\text{m}$. Rentang nilai ini mengindikasikan kondisi tanah yang bersifat

lebih resisten. Jika limbah cair karet masuk ke dalam tanah, cairan yang bersifat konduktif ini akan menurunkan nilai resistivitas secara signifikan. Distribusi resistivitas ini biasanya dipetakan menggunakan metode geolistrik sering kali dengan konfigurasi Schlumberger atau Wenner, dengan karakteristik dan dampak sebagai berikut:

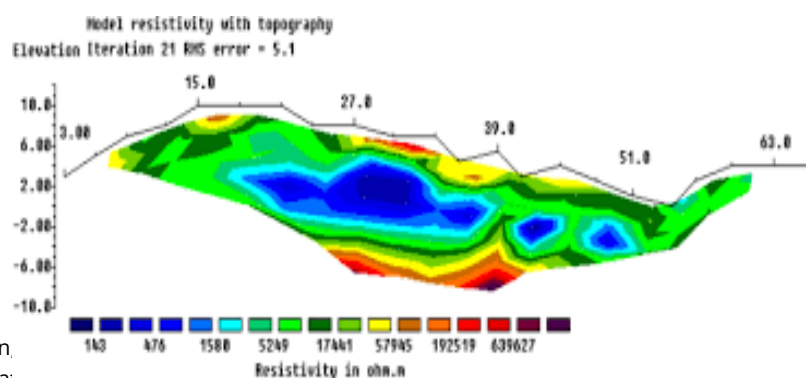
1. Kondisi Sebelum Injeksi: Lapisan tanah masih bersifat homogen atau alami, didominasi oleh rongga udara dan mineral tanah dengan resistivitas yang relatif lebih tinggi.
2. Dampak Rembesan Limbah: Air limbah karet yang terakumulasi di dalam tanah akan mengalami fermentasi. Limbah ini mengisi ruang pori-pori tanah yang sebelumnya diisi oleh udara atau air tanah, sehingga meningkatkan konduktivitas tanah dan menyebabkan nilai resistivitas anjlok secara drastis (biasanya turun hingga di bawah $47\Omega\text{m}$).
3. Pemetaan Sebaran: Pencitraan 2D bawah permukaan menggunakan perangkat lunak (seperti Res2Dinv) membantu memetakan zona rembesan limbah berdasarkan kontras nilai resistivitas yang rendah (konduktif) terhadap batuan atau tanah di sekitarnya.

Resistivitas Tanah Setelah Diberi Limbah Karet (1 Liter Air)

Pemberian air limbah karet ke dalam tanah cenderung menurunkan nilai resistivitas tanah (meningkatkan konduktivitas listriknya). Hal ini disebabkan oleh peningkatan kandungan ion terlarut, mineral, dan proses fermentasi sisa bahan organik yang berfungsi sebagai elektrolit di dalam air pori tanah tersebut.

Dampak spesifiknya terhadap sifat kelistrikan tanah meliputi:

1. Meningkatnya konduktivitas: air limbah hasil olahan karet bersifat asam dan mengandung banyak mineral. Masuknya cairan ini merubah tanah menjadi penghantar arus listrik yang lebih baik (resistansi turun).
2. Potensi korosi meningkat: tanah dengan resistivitas rendah sangat korosif terhadap benda logam di sekitarnya, seperti kabel bawah tanah atau sistem pbumian (*grounding*).
3. Perubahan struktur pori: meskipun air awalnya melembapkan tanah, endapan limbah yang terus-menerus dapat memadati pori-pori tanah, sehingga mengganggu drainase dan sirkulasi udara di dalam tanah.



Gambar 3. Distribusi Resistivitas Tanah setelah Penginjeksian 1 (Satu) Liter Air Limbah Karet

Pada pemberian limbah sebanyak 1 (satu) liter, dapat di lihat pada gambar diatas bahwa nilai resistivitas dari tanah mengalami penurunan yaitu sekitar 2,78 – 336 Ω m dengan kesalahan iterasi 6,4 %. Hal ini menunjukkan bahwa limbah karet bersifat konduktif sehingga menurunkan nilai resistivitas dari tanah.

Resistivitas Tanah Setelah Diberi Limbah Karet (2 Liter Air)

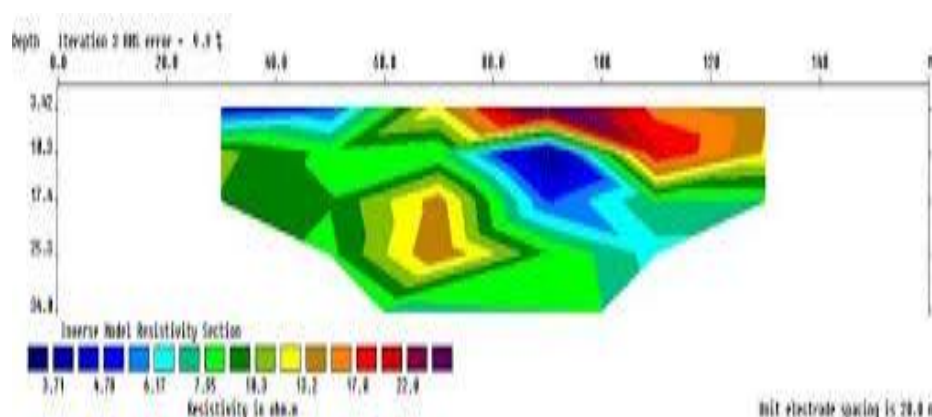
Penambahan 2 liter limbah cair karet kedalam tanah cenderung menurunkan nilai resistivitas tanah. Kandungan asam organik dan mineral seperti kalium dan nitrogen dari limbah meningkatkan kadar air, ion terlarut, dan keasaman tanah, sehingga tanah menjadi lebih konduktif.

Mekanisme perubahan resistivitas tanah berdasarkan studi geofisika dan geolistrik, yang terjadi di dalam tanah:

1. Peningkatan kadar air & ion: air limbah meningkatkan kejenuhan air tanah yang mengandung ion-ion elektrolit bebas.
2. Proses fermentasi: timbunan limbah yang mengalami fermentasi mengubah sifat kimia tanah menjadi lebih asam, yang memicu penurunan resistivitas lebih lanjut.
3. Pencemaran air tanah: jika meresap, limbah dapat mengubah resistivitas air tanah di bawah permukaan.

Dampak berdasarkan kondisi tanah berdasarkan nilai resistivitas tanah normal berkisar antara 1 Ω m hingga 10 Ω m bergantung pada jenis dan kelembapannya.

1. Tanah lempung: nilai aslinya sudah rendah sekitar 5 Ω m–20 Ω m dan menjadi sangat korosif. Penambahan limbah karet akan membuatnya semakin konduktif.
2. Tanah pasir: nilainya yang tinggi mencapai ratusan hingga ribuan Ω m. Akan turun drastis karena pengaruh elektrolit dari limbah. Dibawah ini gambar distribusi resistivitas tanah



Gambar 4. Distribusi Resistivitas Tanah setelah Penginjeksian 2 (Dua) Liter Air Limbah Karet

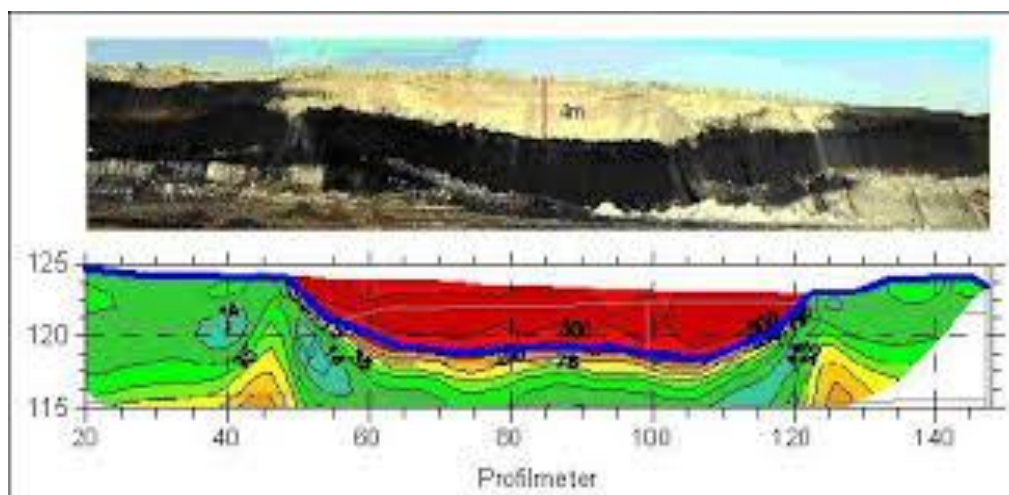
Pemberian limbah karet yang kedua, total limbah yang berada di dalam tanah menjadi 2 (dua) liter. Setelah di diamkan selama 1 (satu) jam dan di injeksi nilai resistivitasnya juga mengalami penurunan menjadi 1,69 – 180 Ω m. Ini di sebabkan limbah karet cenderung berupa cairan yang bersifat konduktif yang mempengaruhi nilai resistivitas semakin menurun.

Resistivitas Tanah Setelah Diberi Limbah Karet (3 Liter Air)

Pemberian limbah karet bercampur air pada tanah menyebabkan penurunan nilai resistivitas tanah. Air limbah tersebut meresap dan mengandung ion-ion terlarut yang bersifat elektrolit. Semakin pekat konsentrasi limbah dan makin lama proses fermentasi di dalam tanah, maka resistivitas tanah akan semakin menurun.

Mekanisme Penurunan Resistivitas Tanah

1. Peningkatan Konduktivitas Ionik: Limbah karet yang bercampur air akan berfermentasi dan melepaskan berbagai partikel terlarut. Ion-ion bebas inilah yang bertindak sebagai penghantar listrik yang baik di dalam matriks pori tanah.
2. Kandungan Air (Kelembapan): Penambahan cairan sebanyak 3 (tiga) liter akan meningkatkan kadar air tanah. Air berfungsi sebagai media pelarut elektrolit yang mempercepat pergerakan arus listrik



Gambar 5. Distribusi Resistivitas Tanah setelah Penginjeksian 3 (Tiga) Liter Air

Limbah Karet

Nilai resistivitas setelah pemberian limbah dengan total seluruhnya 3 (tiga) liter Air memiliki nilai sekitar $0,779 - 261 \Omega m$ dengan kesalahan literasi 8,9%. Pada waktu kurang lebih 5 (lima) jam bakteri akan mulai beraksi dan menguraikan limbah karet yang akan menimbulkan jamur pada permukaan tanah. Jamur yang berfermentasi akan menyebabkan konsentrasi limbah karet akan meningkat.

Pada proses berfermentasi, lamanya limbah karet berada di dalam tanah akan merubah keasaman dari tanah, dimana semakin lama limbah karet berada di dalam tanah semakin rendah kadar keasaman tanah. Karena ion yang bergerak bebas dalam limbah karet bereaksi sehingga berubah menjadi unsur lain yang berupa gas, rendahnya keasaman tanah mengakibatkan nilai konduktivitasnya semakin menurun dan nilai resistivitasnya akan meningkat.

KESIMPULAN

Berdasarkan tinjauan literatur dan analisis lingkungan terkait operasional pabrik di wilayah tersebut, kesimpulan investigasi dampak resapan air limbah pabrik karet di PT. Bukit Angkasa Makmur Bengkulu terhadap permukaan dan lingkungan tanah menunjukkan Resapan limbah cair industri karet yang tidak diolah di PT. Bukit Angkasa Makmur (BAM), Bengkulu, memicu penurunan kualitas air dan tanah. Hal ini ditandai dengan lonjakan parameter BOD ($93-9343 mg/L$), COD, dan TSS. Kondisi ini menyebabkan kerusakan ekosistem dan mengancam ketersediaan air bersih warga sekitar.

Investigasi dampak resapan limbah karet menunjukkan Resapan air limbah industri karet yang tidak diolah secara memadai mengakibatkan kerusakan lingkungan serius, seperti pencemaran air tanah, penurunan kesuburan, dan pembentukan kondisi anaerobik akibat tingginya konsentrasi BOD ($93-9.343 mg/L$), COD, dan TSS. Penerapan Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) berbasis 3R (*Reduce, Reuse, Recycle*) sangat mendesak untuk meminimalisir pencemaran dan memulihkan kualitas tanah. Kondisi ini menunjukkan potensi pencemaran yang serius apabila limbah langsung dibuang ke lingkungan tanpa pengolahan sehingga perlu adanya sistem pengolahan air limbah yang baik agar lingkungan terhindar dari dampak pencemaran serta meningkatkan efisiensi pemanfaatan sumber daya air.

UCAPAN TERIMA KASIH



Ucapan terima kasih terutama ditujukan kepada Direktur PT Bukit Angkasa Makmur Bengkulu Tengah atas ketersediaannya memfasilitasi penelitian ini. Kami juga mengucapkan terima kasih atas dukungan kolaboratif dari segenap tenaga teknis pengendalian lingkungan dan tenaga teknis Laboratorium pengujian PT Bukit Angkasa Makmur Bengkulu atas dukungan dalam perolehan data dan informasi. Kami juga ingin mengucapkan terima kasih atas bantuan yang diterima dari pihak-pihak yang terlibat dalam melaksanakan penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Aspandi, et al., (2021) *Evaluasi Pengelolaan Air Limbah Pabrik Karet (Crumb Rubber) dengan Sistem Lumpur Aktif*. Tesis, Universitas Bengkulu
- Asramid, Y (2024) *Manajemen Limbah Pabrik Karet Dalam Rangka Penurunan Kadar BOD (Biological Oxygen Demand)*. Jurnal Green Growth dan Manajemen Lingkungan Vol 7 No. 1: <https://doi.org/10.3390/polym10060651>
- Barrow, C.J (2025) *Environmental Management for Sustainable Development: Second Edition*. London: Routledge. <https://bspji-palembang.kemenperin.go.id/lsmkl>
- Bitton, G (2023) *Wastewater Microbiology: Third Edition*. New Jersey: e-Book. John Wiley & Sons, Inc. https://books.google.co.id/books?id=udw_K4RGUCAC
- Bursamin (2025) *UKL-UPL Kegiatan Pabrik Pengolahan Karet Remah*. Dokumen. Quality Engineer. PT. Bukit Angkasa Makmur. Bengkulu
- Dey, A. et al (2023). *Resistivity modeling for arbitrary shaped two- dimensional structures*. Proceeding. Geophysical Prospecting 27, 1020-1036.
- Djajadiningrat, et al (2025) *Penelitian Secara Cepat Sumber-Sumber Pencemaran Air, Tanah dan Udara*, Seminar. Gajah Mada University Press, Yogyakarta
- Effendi, H. (2022) *Telaah Kualitas Air . Bagi Pengelolaan Sumber Daya dan Lingkungan Perairan*. Kanisius. Yogyakarta
- Elfiana (2023). *Penurunan Konsentrasi COD Air Limbah Domestik dengan Reagen Fenton Secara Batch*. Lhoksumawe.
- Fischer, K et al (2024) *Environmental Strategies for Industry: International Perspectives on Research Needs and Policy Implications*. USA: Island Press. DOI: <https://doi.org/10.59841/an-najat.v3i3.3119>
- George, W.V. et al (2021), *Resistivity of Sulphuric-Acid Solutions and its Relation to Viscosity and Temperatur*, J.research., 13:689-697 DOI: <https://doi.org/10.26760/jrh.v2i2.2395>
- Ginting, P (2024), *Mengelola Sampah, Mengelola Gaya Hidup*, UNAIR.
- Grandis, H (2021), *Pengantar Pemodelan Inversi Geofisika*, Himpunan Ahli Geofisika (HAGI), Bandung
- Hadi, A (2022) *Pengambilan Sampel Lingkungan*. PT. Gramedia Pustaka Utama. Jakarta
- Hakim, W.N et al (2022) *Pengolahan Limbah Cair Industri Karet dengan Kombinasi Proses Pretreatment dan Membran Ultrafiltrasi*, Jom FTEKNIK, vol. 3, no. 1, p. 8. DOI:10.20885/jstl.vol16.iss1.art5

- Hayati, F *et al* (2021) *Pemanfaatan Limbah Lumpur IPAL Pabrik Karet sebagai Bahan Baku Composting*, Jukung Jurnal Teknik Lingkungan, vol. 1, no. 1, p. 58. DOI: 10.33087/jiubj.v23i3.4602
- Heri, S. *et al* (2023) *Konduktivitas Listrik Pulp Kakao dengan Fermentasi dan Pengenceran*, J. Fis., 12:93-98
- Hisky, R (2024) *Kajian Perhitungan Beban Pencemaran Sungai Cisangkuy Di Cekung Bandung Dari Sektor Pertanian*. Jurnal Rekayasa Hijau No. 2 VOL. 2. <https://ejurnal.itenas.ac.id/index.php/rekayasahijau/article/view/2395>
- Nurhayati., C., *et al* (2021), *Optimasi Pengolahan Limbah Cair Karet Remah Menggunakan Mikroalga Indigen dalam Menurunkan Kadar BOD, COD, TSS*". Skripsi.
- Nurmaliakasih, D.Y *et al* (2024) *Penyisihan COD dan BOD Limbah Cair Industri Karet dengan sistem Horizontal Roughing Filtration (HRF) dan Plasma Dielectric Barrier Discharge (DBD)*, Jurnal Teknik Lingkungan, vol. 6, no. 1, p. 10. <https://www.neliti.com/publications/145946/penyisihan-cod-dan-bod-limbah-cair-industri-karet-dengan-sistem-horizontal-rough>
- Peraturan Pemerintah Republik Indonesia No 18 Tahun 1999 Tentang Pengelolaan Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun. Jakarta
- Peraturan Daerah (Perda) Provinsi Bengkulu Nomor 6 Tahun 2005, yang menetapkan kelas air sungai lintas kabupaten/kota untuk menjaga kelestarian fungsi air. Bengkulu
- Peraturan Pemerintah Republik Indonesia No 82 Tahun 2001 Tentang Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air. Jakarta
- Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup No 01 Tahun 2010 Tentang Tata Laksana Pengendalian Pencemaran Air. Jakarta
- Pergub Bengkulu Nomor 8 Tahun 2012, Menetapkan Batas Beban Pencemaran Dan Kadar Parameter Bagi Industri Dan Kegiatan. <https://data.bengkuluprov.go.id/hr/pages/standar-data>
- Quevauviller, P (2023). *Wastewater Quality Monitoring and Treatment*. England: e-Book. John Wiley & Sons, Ltd. <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/book/10.1002/9780470058725>
- Rachman, T, (2025) *Pola Sebaran Lindi Bawah Permukaan Tanah Berdasarkan Sifat Kelistrikan Bumi Di Tempat Pembuangan Akhir Sampah Batu Layang Pontianak*. Skripsi. Universitas Tanjungpura, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Pontianak,
- Silvester P.P. *et al* (2022). *Finite elements for electrical engineers (2nd.ed.)*. Cambridge University Press.
- Sumartono, W (2025) *Identifikasi Sebaran Kandungan Bijih Besi di Kabupaten Bengkulu Menggunakan Metode Geolistrik Resistivitas*. J. Prisma. 1:14-21
- Sundari, K (2022). *Analisis Sistem Pengolahan Limbah Cair Pabrik Karet*. Lembaga Penelitian Universitas Jambi
- Yose, S (2025) *Potensi Cemar Lingkungan di Industri Karet Alam Crumb Rubber*. Artikel. Balai Besar Teknologi Pencegahan Pencemaran Industri. Semarang

