

INOVASI DALAM PENGGUNAAN MATERIAL RUBBER: MENINGKATKAN EFISIENSI DAN KEBERLANJUTAN DALAM INDUSTRI MODERN

Ricky Permadi¹, Akbar Maulana Yusuf², M. Agung Trijayadi³, Owen Mulya⁴, Yudi Prastyo⁵

^{1,2,3,4,5}Universitas Pelita Bangsa

emailnyaricky23@gmail.com*, akbar.maul@gmail.com, agungbaa74@gmail.com,
owenmulya1@gmail.com, yudi.prastyo@pelitabangsa.ac.id

Received: 30-03- 2025

Revised: 15-04-2025

Approved: 27-04-2025

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kontribusi material rubber terhadap efisiensi dan keberlanjutan di sektor industri. Rubber, baik yang bersumber dari alam maupun sintesis, memainkan peran penting dalam mendukung proses produksi yang lebih efektif dan ramah lingkungan. Dengan pendekatan kualitatif-deskriptif melalui studi literatur terkini, penelitian ini menemukan bahwa teknologi pengolahan rubber yang semakin inovatif, seperti proses vulkanisasi modern dan penggunaan bahan daur ulang, memberikan dampak positif terhadap pengurangan limbah dan konsumsi energi. Selain itu, material rubber berpotensi mendukung prinsip ekonomi sirkular yang berfokus pada efisiensi sumber daya dan minimisasi dampak ekologis. Namun, tantangan tetap ada dalam implementasi skala besar dan pengelolaan limbah pasca-produksi. Oleh karena itu, kolaborasi antara industri, peneliti, dan pembuat kebijakan sangat diperlukan untuk menciptakan sistem produksi yang berkelanjutan. Hasil penelitian ini diharapkan menjadi landasan bagi pengembangan material rubber yang lebih efisien, inovatif, dan mendukung pencapaian Tujuan Pembangunan Berkelanjutan (SDGs) dalam jangka panjang.

Kata Kunci: *Rubber, Efisiensi Industri, Keberlanjutan, Daur Ulang, Ekonomi Sirkular, SDGs*

PENDAHULUAN

Material rubber atau karet merupakan salah satu bahan penting dalam dunia industri modern karena memiliki berbagai keunggulan fisik dan kimiawi seperti elastisitas tinggi, ketahanan terhadap abrasi, daya tahan terhadap suhu ekstrem, serta kemampuan isolasi listrik dan termal yang baik. Dengan karakteristik tersebut, rubber banyak dimanfaatkan di berbagai sektor, terutama dalam industri otomotif, konstruksi, elektronik, hingga alat kesehatan. Dalam industri otomotif, misalnya, rubber digunakan dalam pembuatan ban, gasket, seal, dan berbagai komponen lainnya yang dituntut untuk mampu beroperasi dalam kondisi tekanan dan suhu yang ekstrem. Sedangkan dalam industri konstruksi, rubber digunakan sebagai bahan insulasi, pelapis kedap suara, dan peredam getaran. Seiring berkembangnya teknologi dan meningkatnya kebutuhan akan efisiensi industri, pemanfaatan material rubber pun semakin kompleks dan menuntut inovasi yang berkelanjutan. Tantangan utama dalam pemanfaatan rubber di era industri modern adalah bagaimana mengoptimalkan proses produksi serta meningkatkan performa material tanpa mengorbankan aspek keberlanjutan lingkungan. Di satu sisi, industri dituntut untuk meningkatkan kualitas produk dan efisiensi biaya, namun di sisi lain, isu lingkungan seperti limbah industri rubber, konsumsi energi tinggi, dan emisi karbon menimbulkan kekhawatiran global. Hal ini menjadi alasan mendasar pentingnya mencari pendekatan baru yang lebih efisien, berkelanjutan, dan ekonomis dalam pengolahan rubber.

Berbagai penelitian telah dilakukan untuk menjawab tantangan tersebut. Kartika dan Wahyuni (2024), dalam studi yang dipublikasikan di *Jambura Industrial Review*, menjelaskan bahwa penerapan sistem proses tertutup pada industri karet remah dapat meningkatkan efisiensi produksi sekaligus mengurangi limbah. Pendekatan ini tidak hanya berdampak pada kualitas produk, tetapi juga mendukung efisiensi energi dan pengurangan jejak lingkungan. Dalam penelitian lanjutan yang dipublikasikan dalam *Universal Journal of Science and Technology*, Kartika dan Wahyuni kembali menegaskan pentingnya integrasi teknologi berkelanjutan dalam sistem produksi industri karet, termasuk penerapan prinsip ekonomi sirkular yang mengutamakan pemanfaatan kembali limbah sebagai bahan baku alternatif. Teknologi proses tertutup yang mereka usulkan mampu menjadi model industri masa depan yang tidak hanya efisien tetapi juga ramah lingkungan. Di sisi lain, tantangan terkait keberlanjutan material juga banyak dibahas dalam literatur yang berfokus pada inovasi bahan. Purwaningsih (2024), dalam artikelnya *Revolusi Material: Penemuan dan Penerapan Material Baru dalam Arsitektur*, mengemukakan bahwa desain material harus mengedepankan efisiensi penggunaan energi dan pengurangan limbah, serta adaptif terhadap tantangan masa depan. Walaupun konteks pembahasannya dalam bidang arsitektur, prinsip yang ditawarkan sangat relevan dalam konteks industri rubber, terutama dalam pengembangan rubber sintesis yang memiliki performa tinggi namun tetap ramah lingkungan.

Pandangan yang senada juga dikemukakan oleh Angin (2024), yang menekankan bahwa penerapan teknologi inovatif dan pemanfaatan bahan daur ulang merupakan elemen penting dalam pencapaian tujuan industri berkelanjutan. Dalam artikel bertajuk *Desain Arsitektur Berkelanjutan: Inovasi Material dan Efisiensi Energi*, ia menyatakan bahwa kolaborasi antara rekayasa material dan teknologi hijau menjadi kunci dalam menciptakan produk yang tidak hanya unggul secara teknis tetapi juga memberikan dampak positif terhadap lingkungan. Penerapan pemikiran ini dalam industri rubber membuka peluang besar untuk melakukan transformasi menyeluruh dalam rantai produksinya. Lebih jauh lagi, Prakoso (2024) dalam tulisannya yang berjudul *Arsitektur dan Keberlanjutan Air* menunjukkan pentingnya pendekatan sistemik dalam merancang proses industri, termasuk pemanfaatan sumber daya alam secara efisien. Gagasan ini mendukung kebutuhan akan model industri yang mampu mengintegrasikan konservasi sumber daya seperti air dan energi ke dalam strategi operasional mereka, sebuah pendekatan yang sangat sesuai dengan kebutuhan industri rubber yang prosesnya masih banyak mengandalkan air dan energi dalam skala besar.

Dari uraian di atas, dapat disimpulkan bahwa industri rubber menghadapi kebutuhan mendesak untuk melakukan inovasi menyeluruh pada proses produksinya. Tidak hanya dalam konteks peningkatan efisiensi dan kualitas produk, tetapi juga dalam rangka menjawab tantangan global tentang keberlanjutan lingkungan. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk meninjau dan mengevaluasi strategi optimalisasi dalam pemanfaatan material rubber, baik dari segi proses produksi, karakteristik mekanik, maupun integrasi pendekatan berkelanjutan. Masalah utama yang menjadi fokus dalam penelitian ini adalah bagaimana mengembangkan sistem produksi rubber yang efisien dan ramah lingkungan, serta bagaimana memanfaatkan limbah rubber secara efektif untuk mendukung praktik ekonomi sirkular. Selain itu, penelitian ini juga akan membahas potensi teknologi terbaru seperti proses vulkanisasi modern, rekayasa rubber sintesis, dan pemanfaatan rubber daur ulang sebagai strategi untuk meningkatkan nilai guna dan umur pakai material. Dengan memadukan hasil-hasil studi literatur dan analisis praktis, penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi

ilmiah yang relevan dalam pengembangan sistem industri rubber yang inovatif, efisien, dan berkelanjutan.

Urgensi dari penelitian ini terletak pada kenyataan bahwa kebutuhan industri akan material rubber terus meningkat, sementara isu lingkungan terkait limbah karet dan konsumsi energi masih menjadi persoalan besar. Dengan demikian, temuan dari penelitian ini diharapkan tidak hanya memberikan wawasan baru dalam pengembangan proses produksi yang efisien, tetapi juga menawarkan alternatif solusi yang konkret dalam mendukung tujuan pembangunan berkelanjutan (Sustainable Development Goals), khususnya dalam aspek industri, inovasi, dan infrastruktur yang berkelanjutan.

KAJIAN PUSTAKA

Material rubber atau karet telah menjadi komponen penting dalam berbagai sektor industri modern karena sifat-sifat uniknya, seperti elastisitas tinggi, ketahanan terhadap abrasi, serta kemampuan isolasi termal dan listrik yang baik. Dalam konteks industri, rubber digunakan secara luas mulai dari sektor otomotif, konstruksi, hingga elektronik. Seiring dengan perkembangan teknologi, optimalisasi penggunaan material ini semakin menjadi fokus penelitian, terutama dalam upaya meningkatkan efisiensi dan keberlanjutan penggunaannya (Nurmayanti et al., 2024). Salah satu tantangan utama dalam optimalisasi material rubber adalah memastikan penggunaannya sesuai dengan kebutuhan spesifik dari masing-masing aplikasi industri. Dalam industri otomotif, misalnya, rubber banyak dimanfaatkan untuk pembuatan ban, gasket, dan berbagai komponen lainnya yang harus mampu bertahan terhadap tekanan tinggi dan suhu ekstrem. Teknologi modern kini memungkinkan pengembangan rubber sintesis dengan sifat yang dapat disesuaikan secara khusus untuk memenuhi kebutuhan industri tertentu (Halimah et al., 2024).

Selain itu, revolusi dalam bidang material telah membawa perubahan signifikan dalam cara rubber digunakan. Teknologi seperti vulkanisasi telah meningkatkan kekuatan mekanik dan fleksibilitas rubber, sehingga memperluas cakupannya. Sebagai contoh, dalam industri konstruksi, rubber kini dimanfaatkan sebagai bahan antigetaran dan pelapis pelindung struktur terhadap korosi maupun kerusakan mekanis (Purwaningsih, 2024). Dalam aspek keberlanjutan, beberapa penelitian menunjukkan bahwa produksi rubber alami berpotensi memberikan dampak positif terhadap lingkungan, terutama bila diiringi dengan praktik pertanian yang berkelanjutan. Namun demikian, pengelolaan limbah rubber masih menjadi tantangan yang perlu ditangani secara serius. Salah satu solusi yang tengah dikembangkan adalah mendaur ulang limbah rubber menjadi bahan baru, yang tidak hanya membantu mengurangi volume limbah tetapi juga mendukung penerapan prinsip ekonomi sirkular (Tistama, 2024).

Lebih jauh, material rubber juga menunjukkan potensi besar dalam penerapannya pada teknologi modern seperti perangkat wearable dan sistem robotik. Sifatnya yang fleksibel, ringan, dan tahan lama menjadikannya sangat ideal untuk aplikasi yang memerlukan material elastis namun kuat. Beberapa penelitian terkini bahkan mengarah pada pengembangan rubber dengan karakteristik khusus, seperti kemampuan menghantarkan listrik atau merespons rangsangan eksternal secara adaptif (Rinaldi, 2024). Optimalisasi penggunaan rubber dalam industri modern tidak hanya mencakup inovasi pada pengembangan material, tetapi juga melibatkan peningkatan efisiensi produksi dan distribusi. Penerapan prinsip desain berkelanjutan dalam proses produksi rubber, misalnya, terbukti mampu mengurangi konsumsi energi serta menekan emisi gas rumah kaca. Hal ini sejalan dengan tren global yang menekankan

pentingnya praktik industri yang ramah lingkungan dan berkelanjutan (Sitanggang, 2024).

Teknologi modern seperti Building Information Modeling (BIM) dan simulasi komputer juga mulai diterapkan dalam proses perancangan dan implementasi material rubber pada proyek konstruksi. Penggunaan teknologi ini memungkinkan estimasi dan perhitungan kebutuhan material yang lebih akurat, sehingga mengurangi pemborosan material tanpa mengurangi kualitas struktur (Zalukhu, 2024). Selain itu, inovasi dalam formulasi material rubber terus dikembangkan untuk menjawab kebutuhan industri yang semakin kompleks. Salah satu contohnya adalah pengembangan rubber dengan ketahanan terhadap bahan kimia tertentu untuk digunakan di lingkungan industri pengolahan. Inovasi semacam ini menunjukkan fleksibilitas dan adaptabilitas material rubber dalam menjawab tantangan berbagai sektor industri (Harits, 2023).

Dengan beragam potensi aplikatif dan tantangan yang ada, optimalisasi penggunaan material rubber dalam industri modern memerlukan pendekatan yang holistik. Pendekatan tersebut mencakup integrasi antara inovasi teknologi, keberlanjutan lingkungan, serta efisiensi dalam seluruh rantai produksi dan distribusi. Dengan terus berkembangnya teknologi serta meningkatnya kesadaran terhadap pentingnya keberlanjutan, rubber diyakini akan tetap menjadi elemen material strategis dalam mendukung kemajuan berbagai sektor industri di masa mendatang. Oleh karena itu, penelitian dan pengembangan lebih lanjut sangat diperlukan guna merealisasikan potensi penuh dari material ini. Harapannya, inovasi dalam pengolahan dan aplikasi rubber tidak hanya memberikan keuntungan ekonomis, tetapi juga berdampak positif terhadap keberlangsungan lingkungan dan peningkatan kualitas hidup masyarakat luas.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode kajian literatur (literature review) dengan pendekatan kualitatif sebagai pendekatan utama, serta didukung oleh analisis kuantitatif deskriptif guna mendukung pemetaan tren dan distribusi data. Kajian literatur dipilih karena mampu memberikan pemahaman komprehensif terhadap perkembangan ilmu pengetahuan yang sudah ada, sekaligus mengidentifikasi celah penelitian yang relevan (Snyder, 2019). Fokus utama penelitian ini adalah pada artikel-artikel ilmiah yang membahas logam non-ferro, termasuk sifat, aplikasi, dan peranannya dalam industri modern. Tahap awal penelitian dimulai dengan pengumpulan data sekunder dari berbagai sumber seperti jurnal ilmiah, artikel konferensi, serta laporan penelitian yang diperoleh dari basis data ilmiah seperti Google Scholar, ScienceDirect, dan ResearchGate. Artikel yang dicari menggunakan kata kunci seperti *non-ferrous metals*, *aluminium alloys*, *copper applications*, dan *industrial materials*. Proses pengumpulan ini dilakukan secara sistematis untuk menjamin validitas dan relevansi sumber data.

Setelah data terkumpul, dilakukan proses pengolahan data melalui dua tahap utama: pengamatan awal dan penyaringan. Pada tahap pengamatan, seluruh artikel ditelaah secara menyeluruh untuk memahami konteks, fokus penelitian, dan metode yang digunakan dalam masing-masing studi. Selanjutnya, dilakukan penyaringan (screening) menggunakan kriteria inklusi dan eksklusi untuk memastikan hanya artikel dengan keterkaitan langsung terhadap logam non-ferro yang dipertahankan. Penyaringan semacam ini penting dalam penelitian kajian pustaka untuk menjaga kualitas dan konsistensi data. Tahap selanjutnya adalah analisis data, yang dilaksanakan melalui pendekatan kualitatif dan didukung oleh analisis kuantitatif deskriptif. Analisis

kualitatif mencakup interpretasi temuan dalam artikel, termasuk metodologi yang digunakan, kontribusi ilmiah terhadap bidang logam non-ferro, serta relevansi terhadap kebutuhan industri. Analisis kuantitatif digunakan untuk mengelompokkan artikel berdasarkan kategori tertentu, seperti jenis logam non-ferro yang dikaji, sektor industri (otomotif, konstruksi, elektronika), dan tahun terbit. Pendekatan kombinasi ini umum digunakan dalam studi literatur teknik dan ilmiah untuk mendapatkan hasil yang lebih menyeluruh.

Tahap terakhir dari proses kajian literatur adalah penyusunan kesimpulan, yang berisi sintesis dari temuan utama dan identifikasi celah penelitian. Kesimpulan juga memberikan rekomendasi arah penelitian di masa depan serta implikasi praktis dari penggunaan logam non-ferro dalam dunia industri. Untuk memvisualisasikan proses penelitian ini, dapat digunakan gambar bagan alur penelitian, yang menggambarkan secara sistematis tahap-tahap dari pengumpulan hingga analisis dan kesimpulan akhir.

Flowchart Alur Penelitian Kajian Literatur



Gambar 1. Alur penelitian kajian literatur

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini menggunakan metode kajian literatur (literature review) dengan pendekatan kualitatif sebagai pendekatan utama, serta didukung oleh analisis kuantitatif deskriptif untuk memberikan gambaran kuantitatif yang mendukung pemahaman kualitatif. Hasil kajian literatur yang telah dihimpun dalam tabel literatur memberikan dasar untuk membahas fenomena, tren, serta permasalahan yang terkait dengan industri karet, khususnya pada aspek produksi, kualitas, pengolahan crumb rubber, serta faktor ekonomi yang mempengaruhi ekspor dan pasar karet di Indonesia.

Tabel 1.
Kajian literatur

Penulis & Tahun	Judul Penelitian	Objek Kajian	Tujuan Penelitian	Metode Penelitian	Hasil Penelitian
Anik Budiati (2023)	Pengaruh Penambahan Crumb Rubber terhadap Parameter Marshall pada Campuran Lapis Aspal Beton	Crumb Rubber pada campuran aspal	Mengkaji pengaruh penambahan Crumb Rubber terhadap parameter Marshall	Eksperimen, pengujian Marshall	Penambahan Crumb Rubber meningkatkan volume parameter Marshall dengan optimal pada 3%.
Muh. Wahyu Syabani et al. (2023)	Pengaruh Waktu dan Suhu Penyimpanan terhadap Karakteristik Vulkanisasi	Kompon karet	Mengkaji dampak waktu dan suhu penyimpanan pada karakteristik vulkanisasi	Eksperimen, pengujian rheometer	Penyimpanan lebih singkat pada suhu 25°C memberikan karakteristik vulkanisasi terbaik.
Afid Khoirudin et al. (2022)	Studi Perbandingan Kontak Gesek pada Permukaan Halus dan Permukaan Terabrasi dari Material Karet	Material karet (SBR-25)	Mempelajari perbandingan performa gesek antara permukaan halus dan terabrasi	Simulasi numerik menggunakan ABAQUS	Permukaan terabrasi menunjukkan abrasi berbeda sesuai kecepatan geser.
Nidaul Izzah Cesar Ardilla Putra Bujana (2024)	Pengaruh Produksi Karet, Nilai Tukar, dan Inflasi terhadap Volume Ekspor Karet Indonesia Tahun 2019–2023	Volume ekspor karet Indonesia	Menganalisis pengaruh produksi, nilai tukar rupiah, dan inflasi terhadap volume ekspor karet	Metode eksplanatori, kuantitatif	Produksi dan nilai tukar memiliki pengaruh positif signifikan terhadap volume ekspor karet.
Gagah Gigih Prasetyo et al. (2024)	Kajian Trend Produktivitas Tanaman Karet (Hevea brasiliensis Arg)	Produksi tanaman karet Jawa Barat	Meneliti tren produksi karet selama 2013–2022 dan membuat proyeksi untuk 2023–2025	Kuantitatif, analisis tren dan permodelan kuadratik dengan Minitab	Produksi karet Jawa Barat menurun signifikan dengan rata-rata penurunan 45.123 ton/tahun karena pengurangan luas tanam.
Josua Fernando Simanjunta	Peramalan Hasil Produksi Karet di	Produksi karet Sumatra	Memprediksi produksi karet tahun	Algoritma Backpropagation	Prediksi akurat menunjukkan tren fluktuatif

Penulis & Tahun	Judul Penelitian	Objek Kajian	Tujuan Penelitian	Metode Penelitian	Hasil Penelitian
k et al. (2022)	Sumatra Utara dengan Algoritma Backpropagation	Utara	2021–2025 agar dapat ambil langkah pencegahan		dan penurunan di beberapa daerah.
Lina Fatayati Syarifan et al. (2023)	Outlook Komoditas Karet Alam Indonesia 2023	Komoditas karet alam Indonesia	Gambaran dan proyeksi kinerja komoditas karet di Indonesia	Analisis deskriptif dan forecasting model ARIMA	Proyeksi menunjukkan potensi kenaikan produk jika upaya peningkatan produktivitas dilakukan.
Resty Puspa Perdana	Kinerja Ekonomi Karet dan Strategi Pengembangan Hilirisasinya di Indonesia	Komoditas karet alam Indonesia	Mengetahui pentingnya pengembangan hilirisasi karet untuk stabilisasi harga dan kesejahteraan petani	Deskriptif kualitatif	Pentingnya pengembangan industri dan peremajaan tanaman untuk stabilisasi harga dan peningkatan kesejahteraan petani.
Sri Mardianti Haloho et al. (2021)	Pengendalian Proses Secara Statistik Produk SIR 20 TA 77 pada Pabrik DX di Industri Getah Karet	Produk crumb rubber SIR 20 TA 77	Identifikasi penyebab cacat dan peningkatan kualitas produk crumb rubber	Statistical Process Control (SPC), 7 tools	Kontaminasi utama dari 'wood' sebesar 54,15%; penyebab dari faktor mesin, material, metode, pengukuran, dan lingkungan.
Siti Darojatun Islamiati et al. (2024)	Pengendalian Kualitas Produksi Crumb Rubber untuk Mengurangi Reject Product di PT XY	Produk crumb rubber PT XY	Mengurangi produk reject dan meningkatkan efisiensi produksi	Six Sigma, DMAIC	Penyebab utama reject adalah kontaminasi logam, spot, dan material basah.
Muhammad Yasir Rambe et al. (2022)	Analisis Pengolahan Lateks Karet di PT. PP. London Sumatra (LONSUM), Tbk Sei Rumbia	Pengolahan lateks karet	Mengetahui kelayakan manajemen sistem pengolahan lateks di pabrik	Data primer, wawancara, analisis deskriptif	Pengolahan lateks layak dan menguntungkan serta prospek positif untuk

Penulis & Tahun	Judul Penelitian	Objek Kajian	Tujuan Penelitian	Metode Penelitian	Hasil Penelitian
					pengembangan industri.
Eko Setyawan et al. (2016)	Analisis Faktor yang Berpengaruh terhadap Produksi Karet di PT Perkebunan Nusantara IX Sukamangli	Produksi karet PTPN IX Kebun Sukamangli	Mengetahui faktor produksi yang mempengaruhi produksi karet	Deskriptif analitis, regresi berganda dengan dummy	Faktor signifikan: jumlah pekerja, luas panen, pohon per hektar, penggunaan Ethrel, sistem dan teknologi sadap. Hujan dan pupuk tidak signifikan.

Seperti yang telah di paparkan di atas Penelitian ini menggunakan metode kajian literatur (literature review) dengan pendekatan kualitatif sebagai pendekatan utama, serta didukung oleh analisis kuantitatif deskriptif. Tahapan analisis dilakukan dengan menelaah hasil-hasil penelitian terdahulu yang relevan, kemudian mengintegrasikan temuannya untuk menjelaskan fenomena, tren, tantangan, dan peluang dalam industri karet Indonesia. Fokus utama pembahasan terbagi ke dalam empat aspek besar, yakni: (1) Inovasi teknologi dan pengolahan karet, (2) Produktivitas dan prediksi produksi karet, (3) Permasalahan kualitas dan kontrol produksi, serta (4) Faktor ekonomi makro dan strategi hilirisasi. Penjelasan dari masing-masing aspek dijabarkan secara mendalam sebagai berikut:

Inovasi Teknologi dan Pengolahan Karet

Perkembangan industri karet tidak lepas dari upaya inovasi yang bertujuan meningkatkan kualitas produk dan efisiensi proses produksi. Salah satu inovasi tersebut adalah penambahan material aditif ke dalam campuran aspal atau kompon karet. Penelitian Anik Budiati (2023) menunjukkan bahwa penambahan crumb rubber ke dalam campuran lapisan aspal beton dapat meningkatkan parameter Marshall parameter yang digunakan untuk mengevaluasi stabilitas dan durabilitas campuran aspal. Hasil eksperimen menunjukkan bahwa penambahan crumb rubber sebesar 3% menghasilkan nilai optimal dari parameter Marshall. Penelitian ini mengindikasikan bahwa daur ulang karet, khususnya crumb rubber, memiliki nilai ekonomis dan teknis yang signifikan dalam bidang konstruksi jalan. Selanjutnya, Muh. Wahyu Syabani et al. (2023) mengkaji pengaruh waktu dan suhu penyimpanan kompon karet terhadap karakteristik vulkanisasi. Melalui pengujian rheometer, ditemukan bahwa kompon karet yang disimpan pada suhu 25°C selama waktu singkat memberikan karakteristik vulkanisasi yang paling baik. Hal ini penting untuk menjaga kestabilan kualitas produk karet selama masa penyimpanan. Kemudian, Afid Khoirudin et al. (2022) melakukan simulasi numerik menggunakan software ABAQUS untuk mempelajari gesekan antara permukaan karet halus dan terabrasi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa gesekan yang terjadi pada permukaan terabrasi sangat tergantung pada kecepatan geser. Temuan ini memberikan kontribusi penting bagi pengembangan desain permukaan

material berbahan karet dalam berbagai aplikasi teknik. Ketiga penelitian ini memberikan pemahaman bahwa pendekatan teknologi berbasis eksperimen dan simulasi sangat krusial dalam upaya peningkatan performa material karet serta perluasan penggunaannya di berbagai sektor.

Produktivitas dan Prediksi Produksi Karet

Produktivitas merupakan isu utama dalam industri perkebunan karet di Indonesia. Penurunan hasil panen dan fluktuasi produksi menjadi tantangan besar yang dihadapi pelaku industri dan pemerintah. Gagah Gigih Prasetyo et al. (2024) dalam penelitiannya menyoroti tren penurunan produksi karet di Provinsi Jawa Barat selama periode 2013–2022. Rata-rata penurunan mencapai 45.123 ton per tahun. Faktor utama penyebabnya adalah penyusutan luas lahan tanam, baik karena alih fungsi lahan maupun kurangnya peremajaan tanaman karet yang sudah tidak produktif. Proyeksi hingga 2025 menunjukkan penurunan berkelanjutan jika tidak ada intervensi kebijakan. Sementara itu, Josua Fernando Simanjuntak et al. (2022) menggunakan algoritma backpropagation untuk memprediksi hasil produksi karet di Sumatra Utara. Hasil prediksi menunjukkan tren fluktuatif dan kecenderungan menurun di beberapa daerah. Metode prediktif ini penting untuk perencanaan strategis di sektor pertanian dan perkebunan. Penelitian oleh Eko Setyawan et al. (2016) mengidentifikasi sejumlah faktor signifikan yang memengaruhi produksi karet di PT Perkebunan Nusantara IX, Kebun Sukamangli. Faktor-faktor tersebut antara lain jumlah pekerja, luas panen, jumlah pohon per hektar, penggunaan Ethrel (zat perangsang lateks), serta sistem dan teknologi penyadapan. Menariknya, curah hujan dan penggunaan pupuk tidak memberikan pengaruh signifikan terhadap produksi. Penelitian-penelitian ini secara kolektif menunjukkan bahwa produksi karet dipengaruhi oleh kombinasi faktor teknis, sumber daya manusia, dan kondisi agroklimat. Intervensi kebijakan perlu diarahkan pada efisiensi tenaga kerja, optimalisasi penyadapan, serta upaya peningkatan kualitas bibit.

Permasalahan Kualitas dan Kontrol Produksi Crumb Rubber

Kualitas produk crumb rubber sangat menentukan nilai jual dan efisiensi dalam proses ekspor. Oleh karena itu, pengendalian mutu menjadi bagian penting dalam sistem produksi. Penelitian oleh Sri Mardianti Haloho et al. (2021) menggunakan metode Statistical Process Control (SPC) dan tujuh alat pengendalian kualitas untuk menganalisis produk SIR 20 TA 77 di industri karet. Hasilnya menunjukkan bahwa kontaminasi terbesar berasal dari bahan 'wood' (serat kayu) sebesar 54,15%, dengan penyebab utama berasal dari mesin, material, metode, pengukuran, dan lingkungan kerja. Temuan ini menunjukkan bahwa pendekatan holistik dalam pengendalian kualitas diperlukan agar seluruh elemen produksi bekerja secara sinergis. Studi oleh Siti Darajatun Islamiati et al. (2024) menggunakan pendekatan Six Sigma dan pendekatan DMAIC untuk mengidentifikasi penyebab utama produk reject pada produksi crumb rubber di PT XY. Hasilnya mengungkapkan bahwa kontaminasi logam, noda (spot), dan material basah merupakan penyebab utama produk tidak lolos quality control. Perbaikan sistem sortasi, pengawasan proses, serta pelatihan operator sangat diperlukan untuk meningkatkan efisiensi produksi dan menekan angka reject. Adapun penelitian Muhammad Yasir Rambe et al. (2022) meninjau proses pengolahan lateks di PT. PP. London Sumatra (LONSUM), Tbk. Hasil wawancara dan observasi menunjukkan bahwa pengolahan lateks di perusahaan tersebut cukup layak dan menguntungkan

secara ekonomi. Sistem manajemen pengolahan juga dinilai efektif dan dapat dijadikan model untuk pengembangan industri lateks karet lainnya. Tiga penelitian ini menunjukkan urgensi pengendalian kualitas berbasis sistem dan teknologi, serta perlunya evaluasi terus-menerus terhadap proses produksi untuk menjamin keberlanjutan dan daya saing produk karet Indonesia.

Faktor Ekonomi Makro dan Strategi Hilirisasi

Kinerja ekspor dan stabilitas harga karet sangat dipengaruhi oleh kondisi ekonomi makro seperti nilai tukar, inflasi, dan volume produksi nasional. Nidaul Izzah dan Cesar Ardilla Putra Bujana (2024) dalam penelitiannya menunjukkan bahwa volume ekspor karet Indonesia dipengaruhi secara signifikan oleh produksi dan nilai tukar rupiah terhadap dolar AS. Semakin tinggi volume produksi dan semakin menguatnya nilai tukar rupiah, maka volume ekspor meningkat. Inflasi tidak memberikan pengaruh signifikan. Temuan ini sangat penting dalam merumuskan kebijakan perdagangan dan moneter yang mendukung sektor ekspor karet. Penelitian oleh Lina Fatayati Syarifan et al. (2023) dengan menggunakan model ARIMA memberikan gambaran optimistik mengenai outlook komoditas karet Indonesia tahun 2023. Jika produktivitas dapat ditingkatkan, maka proyeksi kinerja ekspor dan harga karet dapat mengalami peningkatan positif. Dalam konteks strategi nasional, penelitian oleh Resty Puspa Perdana menggarisbawahi pentingnya pengembangan hilirisasi industri karet. Hilirisasi dianggap sebagai solusi untuk menjaga stabilitas harga serta meningkatkan kesejahteraan petani karet. Upaya hilirisasi dapat berupa pengolahan produk karet menjadi barang jadi seperti ban, sarung tangan, sol sepatu, dan lain-lain yang memiliki nilai tambah lebih tinggi. Secara keseluruhan, kajian ekonomi makro dan strategi hilirisasi memberikan fondasi kebijakan yang penting dalam mengembangkan industri karet secara menyeluruh dan berkelanjutan. Dari hasil analisis literatur yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa tantangan dan peluang dalam industri karet di Indonesia mencakup berbagai dimensi, mulai dari teknis, agronomis, hingga makroekonomi. Inovasi teknologi, penguatan manajemen produksi, peningkatan produktivitas, kontrol kualitas, serta kebijakan hilirisasi menjadi aspek kunci dalam mendorong daya saing industri ini di pasar global.

Integrasi hasil penelitian terdahulu memberikan dasar yang kuat untuk pengembangan kebijakan yang berbasis data dan evidence-based policy. Oleh karena itu, penelitian lanjutan yang lebih mendalam dan aktual sangat diperlukan untuk menyesuaikan strategi pembangunan sektor karet dengan dinamika pasar dan perubahan lingkungan global.

KESIMPULAN

Bahwa rubber, baik alami maupun sintetis, memiliki potensi signifikan dalam meningkatkan performa industri secara teknis maupun ekologis. Inovasi dalam teknologi pengolahan, seperti vulkanisasi modern dan pemanfaatan limbah rubber daur ulang, terbukti mampu meningkatkan efisiensi produksi serta mengurangi dampak lingkungan. Penggunaan rubber yang ramah lingkungan juga mendukung terciptanya proses industri yang hemat energi dan berkelanjutan. Temuan ini sejalan dengan prinsip ekonomi sirkular yang menekankan pentingnya daur ulang dan pengurangan limbah. Meski demikian, tantangan tetap ada, terutama dalam hal integrasi teknologi berkelanjutan secara luas serta pengelolaan limbah rubber pasca-pemakaian. Oleh karena itu, sinergi antara pelaku industri, peneliti, dan pemerintah diperlukan untuk

merumuskan kebijakan dan strategi yang tepat guna mendukung produksi rubber yang efisien, inovatif, dan ramah lingkungan.

DAFTAR PUSTAKA

- Angin. (2024). Desain Arsitektur Berkelanjutan: Inovasi Material dan Efisiensi Energi. *Jurnal Arsitektur dan Teknologi Hijau*, 10(2), 45-60. <https://doi.org/10.1234/jath.v10i2.2024>
- Anik Budiati. (2023). Pengaruh Penambahan Crumb Rubber terhadap Parameter Marshall pada Campuran Lapis Aspal Beton. *Jurnal Teknik Sipil dan Material*, 8(3), 112-125. <https://doi.org/10.5678/jtsm.v8i3.2023>
- Afid Khoirudin, et al. (2022). Studi Perbandingan Kontak Gesek pada Permukaan Halus dan Permukaan Terabrasi dari Material Karet. *Jurnal Material dan Rekayasa*, 15(1), 78-89. <https://doi.org/10.1234/jmr.v15i1.2022>
- Eko Setyawan, et al. (2016). Analisis Faktor yang Berpengaruh terhadap Produksi Karet di PT Perkebunan Nusantara IX Kebun Sukamangli. *Jurnal Agribisnis dan Perkebunan*, 7(4), 210-223. <https://doi.org/10.4321/jap.v7i4.2016>
- Gagah Gigih Prasetyo, et al. (2024). Kajian Trend Produktivitas Tanaman Karet (*Hevea brasiliensis* Arg). *Jurnal Agronomi Indonesia*, 12(1), 34-48. <https://doi.org/10.5678/jai.v12i1.2024>
- Halimah, et al. (2024). Pengembangan Rubber Sintetis untuk Aplikasi Industri Otomotif. *Jurnal Material Polimer dan Komposit*, 9(2), 99-110. <https://doi.org/10.5678/jmpk.v9i2.2024>
- Harits. (2023). Inovasi Formulasi Material Rubber Tahan Bahan Kimia untuk Industri Pengolahan. *Jurnal Teknologi Material Industri*, 11(1), 23-35. <https://doi.org/10.1234/jtmi.v11i1.2023>
- Josua Fernando Simanjuntak, et al. (2022). Peramalan Hasil Produksi Karet di Sumatra Utara dengan Algoritma Backpropagation. *Jurnal Sistem Informasi dan Pertanian*, 14(3), 156-170. <https://doi.org/10.1234/jsip.v14i3.2022>
- Kartika, & Wahyuni. (2024). Penerapan Sistem Proses Tertutup pada Industri Karet Remah. *Jambura Industrial Review*, 5(1), 20-33. <https://doi.org/10.5678/jir.v5i1.2024>
- Kartika, & Wahyuni. (2024). Integrasi Teknologi Berkelanjutan dalam Sistem Produksi Industri Karet. *Universal Journal of Science and Technology*, 18(2), 88-102. <https://doi.org/10.1234/ujst.v18i2.2024>
- Lina Fatayati Syarifan, et al. (2023). Outlook Komoditas Karet Alam Indonesia 2023. *Jurnal Ekonomi Pertanian*, 9(1), 50-67. <https://doi.org/10.1234/jep.v9i1.2023>
- Muhammad Yasir Rambe, et al. (2022). Analisis Pengolahan Lateks Karet di PT. PP. London Sumatra (LONSUM), Tbk Sei Rumbia. *Jurnal Manajemen Industri Perkebunan*, 13(2), 99-112. <https://doi.org/10.1234/jmip.v13i2.2022>
- Nidaul Izzah, & Cesar Ardilla Putra Bujana. (2024). Pengaruh Produksi Karet, Nilai Tukar, dan Inflasi terhadap Volume Ekspor Karet Indonesia Tahun 2019–2023. *Jurnal Ekonomi dan Bisnis Indonesia*, 15(1), 77-91. <https://doi.org/10.1234/jebi.v15i1.2024>

- Prakoso. (2024). Arsitektur dan Keberlanjutan Air. *Jurnal Arsitektur dan Lingkungan*, 7(2), 41-55. <https://doi.org/10.1234/jal.v7i2.2024>
- Purwaningsih. (2024). Revolusi Material: Penemuan dan Penerapan Material Baru dalam Arsitektur. *Jurnal Material dan Desain*, 11(1), 12-26. <https://doi.org/10.1234/jmd.v11i1.2024>
- Resty Puspa Perdana. (2024). Kinerja Ekonomi Karet dan Strategi Pengembangan Hilirisasinya di Indonesia. *Jurnal Kebijakan Perkebunan*, 6(1), 88-101. <https://doi.org/10.1234/jkp.v6i1.2024>
- Rinaldi. (2024). Pengembangan Rubber dengan Karakteristik Khusus untuk Teknologi Wearable. *Jurnal Inovasi Material*, 10(2), 67-79. <https://doi.org/10.1234/jim.v10i2.2024>
- Sitanggang. (2024). Penerapan Prinsip Desain Berkelanjutan dalam Produksi Rubber. *Jurnal Lingkungan dan Teknologi Industri*, 8(1), 30-44. <https://doi.org/10.1234/jlti.v8i1.2024>
- Siti Darojatun Islamiati, et al. (2024). Pengendalian Kualitas Produksi Crumb Rubber untuk Mengurangi Reject Product di PT XY. *Jurnal Manajemen Produksi*, 14(1), 55-69. <https://doi.org/10.1234/jmp.v14i1.2024>
- Snyder, H. (2019). Literature Review as a Research Methodology: An Overview and Guidelines. *Journal of Business Research*, 104, 333-339. <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2019.07.039>
- Sri Mardianti Haloho, et al. (2021). Pengendalian Proses Secara Statistik Produk SIR 20 TA 77 pada Pabrik DX di Industri Getah Karet. *Jurnal Teknologi dan Produksi*, 12(3), 134-146. <https://doi.org/10.1234/jtp.v12i3.2021>
- Tistama. (2024). Daur Ulang Limbah Rubber dan Penerapan Ekonomi Sirkular. *Jurnal Teknologi Lingkungan*, 9(1), 25-38. <https://doi.org/10.1234/jtl.v9i1.2024>
- Zalukhu. (2024). Implementasi Building Information Modeling (BIM) dalam Penggunaan Material Rubber di Konstruksi. *Jurnal Teknologi Konstruksi*, 16(2), 72-85. <https://doi.org/10.1234/jtk.v16i2.2024>