

POTENSI KARET ALAM SEBAGAI BAHAN LEM : STUDI KINERJA DAN FORMULASI

*The Potential of Natural Rubber as an Adhesive Material:
A Study of Performance and Formulation*

Dina Eka Pranata, Mili Purbaya, dan Andi Wijaya

Pusat Penelitian Karet, Jl. Raya Palembang - Pangkalan Balai km 29,
Sembawa, Banyuasin 30953 Sumatera Selatan
Email: dinaekapranata@gmail.com

Diterima 11 April 2025 /Direvisi 26 Mei 2025/ Disetujui 30 Mei 2025

Abstrak

Karet alam merupakan komoditas perkebunan utama di Indonesia yang memberikan kontribusi signifikan terhadap devisa negara dan penyediaan lapangan kerja. Pada tahun 2022, total produksi karet alam Indonesia mencapai 3,13 juta ton. Namun, sebagian besar produksi karet alam Indonesia di ekspor dalam bentuk karet mentah, sementara konsumsi karet alam di dalam negeri hanya sebesar 20% dari total karet alam yang di produksi. Untuk meningkatkan konsumsi domestik, diperlukan upaya diversifikasi produk, salah satunya dengan memanfaatkan karet alam sebagai bahan baku lem. Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji potensi karet alam sebagai bahan lem alami melalui uji kualitatif. Lem yang dibuat telah diuji waktu rekat terhadap material seperti kertas, kain, busa, dan kayu, serta ketahanan terhadap beban tarik. Pada pengujian waktu rekat lem menunjukkan bahwa lem formulasi II dengan fomula II-H (70% lateks pekat : 30% pengental) dan I (60% lateks pekat : 30% pengental : 10% resin) memiliki daya adhesi lebih baik dibanding formula lainnya. Sedangkan, pada pengujian ketahanan beban, lem karet alam (formula II-H) hanya dapat menahan beban sebesar 44 kg, sedangkan lem sintesis jenis PVAC dapat menahan beban hingga lebih dari 50 kg. Temuan ini menunjukkan bahwa karet alam memiliki potensi sebagai bahan lem alami, meskipun perlu pengembangan lebih lanjut untuk

meningkatkan kekuatan dan kestabilan adhesinya agar mampu bersaing dengan lem sintesis.

Kata kunci: perekat alami, karet alam, lem sintesis, formulasi

Abstract

Natural rubber is one of Indonesia's major plantation commocities, contributing significantly to the country's foreign exchange earnings and providing employment opportunities. In 2022, the total production of natural rubber in Indonesia is 3.13 million tons. However, the majority of this production is exported in the form of raw rubber, while domestic consumption of natural rubber is only 20% of the total natural rubber produced. To increase domestic consumption, product diversification is needed, one of which is utilizing natural rubber as an adhesive material. This research aimed to explore the potential of natural rubber as a natural adhesive through qualitative testing. The adhesive was tested based on drying time on materials such as paper, fabric, foam, wood, and load resistance testing. In the drying time test, the adhesive showed that formulation II with formula II-H (70% liquid rubber: 30% thickener) and I (60% liquid rubber: 30% thickener: 10% resin) had better adhesion compared to other formulations. Meanwhile, in the load resistance test, the natural rubber adhesive (formula II-H) could only withstand a load of 44 kg, while synthetic adhesive of the PVAC type could withstand loads of more than 50 kg. This findings indicate that natural rubber has potential as a bio-based adhesive material, although

further development is needed to enhanced its strength and adhesion stability to compate with synthetic adhesives.

Keywords: natural adhesive, natural rubber, synthetic adhesive, formulation

Pendahuluan

Karet alam merupakan komoditas perkebunan yang sangat penting bagi Indonesia karena berperan sebagai penghasil devisa negara non-migas, sumber lapangan kerja, dan sumber daya hayati. Luas areal tanaman karet di Indonesia pada tahun 2022 diperkirakan mencapai 3,82 juta hektar dengan produksi sebesar 3,13 juta ton (Kementerian Pertanian, 2022). Sebagian besar produksi karet alam Indonesia diekspor dalam bentuk karet mentah (Kementerian Perdagangan, 2023), perkiraan konsumsi karet alam dalam negeri sebesar 20% dari total karet alam yang di produksi (Kementerian Perindustrian, 2022). Untuk meningkatkan konsumsi karet alam di dalam negeri, diperlukan diversifikasi produk, salah satunya adalah penggunaan karet alam sebagai bahan perekat atau lem.

Perekat atau lem (*adhesive*) adalah bahan yang mampu menyatukan dua objek dengan membentuk ikatan pada permukaannya (Blomquist, 1983). Penggunaan lem sangat diperlukan dalam berbagai industri seperti sepatu, kayu, mebel, dan otomotif. Saat ini, sebagian besar lem yang beredar di pasaran berbahan dasar sintesis, seperti Polivinil asetat (PVA), poliuretan, urea formaldehida (UF), fenol formaldehida (PF) dan melamin-urea-formaldehida (MUF) yang terkenal karena kekuatan adhesi dan daya tahannya yang tinggi. Namun, lem sintesis menimbulkan masalah lingkungan dan kesehatan, seperti emisi senyawa organik volatil (*volatile organic compound/VOC*) yang dapat menyebabkan masalah pernapasan, iritasi mata, dan penyakit lainnya (Sun *et al.*, 2019 dan Kira *et al.*, 2019). Produksi lem sintesis sering melibatkan bahan kimia berbahaya dan proses manufaktur yang tidak ramah lingkungan

(Riyanto, 2014). Formaldehida, misalnya, telah diidentifikasi sebagai zat karsinogenik oleh badan internasional untuk penelitian kanker bagi manusia yaitu *international agency for research on cancer* (IARC) (Popović *et al.*, 2020).

Kesadaran akan keberlanjutan lingkungan mendorong penelitian pengembangan bahan lem ramah lingkungan dari sumber daya terbarukan (Zhang *et al.*, 2024). Penelitian pembuatan lem dari berbagai macam bahan alami telah banyak dilaporkan, seperti penggunaan pati (Din *et al.*, 2020), lignin (X. Chen *et al.*, 2020), dan protein (Sun *et al.*, 2019). Jiang *et al.* (2019) memanfaatkan pati yang disintesis dengan polivinil alkohol (PVOH) untuk meningkatkan daya rekat lem. Penggunaan bahan pati adalah untuk menekan biaya bahan baku dalam pembuatan lem namun tetap menghasilkan lem berkualitas baik. Hasilnya menunjukkan penambahan PVOH dapat meningkatkan daya rekat lem secara signifikan. Dalam studi lain, *bioadhesive* terbuat dari isolat protein kedelai dengan variasi aditif seperti natrium sulfat dan asam oksalat. Lem ini dibuat dengan standar *foodgrade* untuk kebutuhan medis. Hasilnya menunjukkan kuat geser kering 1,9051 MPa dan kuat geser basah adalah 1,6093 MPa (Koesman *et al.*, 2023). Selain itu, Kartika & Pratiwi (2018) juga melakukan penelitian yang memanfaatkan gondorukem sebagai substitusi lem sintesis dalam pembuatan papan partikel dari bambu. Hasil penelitian tersebut menunjukkan *internal bonding* (IB) sebesar 0,2-0,9 kgf/cm².

Selain bahan-bahan tersebut, lateks karet alam juga telah dieksplorasi sebagai lem alami. Akbari *et al.* (2014) mengkombinasikan karet alam dan pati untuk lem dalam pembuatan papan partikel. Formula terbaik dari penelitian ini adalah 5 gram pati dan 15 gram lateks. Hasil penelitian menunjukkan bahwa *internal bonding* yang dihasilkan sebesar 0,474 N/mm² dan sudah memenuhi SNI 03-2105 sebagai lem papan Medium Density Fiberboard (MDF) (Akbari *et al.*, 2014).

Lateks adalah polimer yang terdiri dari partikel karet yang terdispersi dalam medium

air. Sifat alamiahnya, seperti elastisitas dan daya rekat yang cukup baik (Phinyocheep, 2014), menjadi hal yang menarik untuk dilakukan penelitian tentang perekat atau lem. Penelitian serupa juga dilakukan oleh Susilawati & Rahmani (2018) yang membuat lem tegel dengan bahan karet alam (krep), tapioka, dan gondorukem. Hasilnya menunjukkan formula lem terbaik adalah 8 gram karet alam, 8 gram gondorukem, dan 12 gram tapioka dengan kemampuan daya rekat 4,17 kg/in². Namun daya rekat lem ini belum mampu menyaingi lem yang ada di pasaran. Oleh karena itu, perlu dilakukan pengembangan lem berbasis karet alam sehingga tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui potensi karet alam sebagai bahan lem alami melalui uji kualitatif.

Bahan dan Metode

Alat dan Bahan

Penelitian dilakukan pada bulan Maret 2024 - Mei 2024 di Laboratorium Teknologi Pusat Penelitian Karet. Metode yang digunakan dalam percobaan ini adalah eksperimen laboratorium dengan pendekatan komparatif untuk menguji potensi karet alam sebagai bahan dasar lem. Adapun alat dan bahan yang digunakan meliputi karet krep, lateks pekat, resin, *filler*, bahan pengental lateks, lem jenis PVAC, *stopwatch*, *open mill* dan timbangan. Sedangkan material yang digunakan untuk aplikasi lem, meliputi kertas, kayu, busa, kain, dan karet. Pada formula I lem dibuat dari karet krep. Sedangkan pada formula II, lem dibuat menggunakan bahan baku dari lateks pekat.

Tabel 1. Formula I dari karet krep

No.	Nama Bahan	Formula				
		A	B	C	D	E
1	Karet krep	100%	70%	70%	70%	70%
2	Filler	-	30%	-	20%	10%
3	Resin	-	-	30%	10%	20%

Tabel 2. Formula II dari lateks pekat

No	Nama Bahan	Formula				
		F	G	H	I	J
1	Lateks pekat	100%	70%	70%	60%	60%
2	Pengental	-	-	30%	30%	10%
3	Resin	-	30%	-	10%	30%

Pembuatan Lem

Lem dari karet krep (formula I)

Bahan untuk setiap perlakuan ditimbang sesuai formula dalam tabel 1. Proses mastikasi karet krep dilakukan dengan alat *open mill* selama sekitar 5 menit, kemudian dicampur dengan *filler* selama 5-8 menit. Lembaran kompon yang terbentuk dipotong kecil-kecil dan dimasukkan ke dalam gelas jar. Kompon

tersebut ditambahkan dengan resin yang sudah dihancurkan dan larutan terpenin sambil diaduk sampai homogen, lalu didiamkan selama 1-3 hari. Semua formula dilakukan menggunakan prosedur yang sama.

Lem dari lateks (formula II)

Bahan-bahan yang dibutuhkan dihitung berdasarkan volume (v/v) sesuai dengan

formula pada tabel 2. Selanjutnya masing-masing bahan dimasukkan ke dalam lateks dan diaduk hingga homogen. Lem siap untuk di uji coba material uji.

Uji Waktu Rekat

Pengujian waktu rekat dilakukan dengan menghitung waktu yang dibutuhkan lem untuk merekatkan secara efektif pada berbagai bahan seperti kertas, karet, kain, busa, dan kayu. Setiap dua menit, bahan yang dilem akan dilepaskan secara paksa dengan tenaga maksimal untuk mencatat waktu pengeringan lem.

Uji Ketahanan Beban

Uji ketahanan dilakukan dengan cara mengukur daya rekat lem dengan memberikan beban pada bagian bawah secara bertahap seperti terlihat pada ambar 1. Beban yang digunakan adalah 5, 10, 15, 20, hingga 50 kg.

Formula yang diuji adalah lem terbaik berdasarkan uji waktu kering. Lem dioleskan pada permukaan kayu dan didiamkan selama 24 jam untuk mencapai daya rekat maksimal. Sebagai pembandingan, lem jenis PVAC juga diuji dengan cara yang serupa.



Gambar 1. Uji Ketahanan Beban

Hasil dan Pembahasan

Uji Daya Rekat Lem Berbasis Karet krep

Pada penelitian ini diperoleh dua jenis lem yang akan diuji daya rekatnya, yaitu formula I lem berbasis karet krep berwarna kuning (sebelah kiri) dan formula II lem berbasis lateks pekat berwarna putih (sebelah kanan) yang dapat dilihat pada Gambar 2.

Sebagai langkah awal, dilakukan uji pendahuluan untuk mengevaluasi daya rekat lem berbahan karet alam pada berbagai jenis material seperti kayu, kain, karet, dan busa (Gambar 3). Pengujian ini bertujuan untuk menilai secara kualitatif efektivitas daya rekat lem tersebut pada berbagai jenis material.

Hasil pengujian memberikan gambaran kemampuan lem dalam membentuk daya adhesi yang kuat dan stabil pada setiap jenis material. Adapun hasil pengujian daya rekat lem berbasis karet krep dapat dilihat pada Tabel 3.

Hasil yang diperoleh dalam uji daya rekat berbagai formula lem berbasis karet krep dapat dijelaskan berdasarkan sifat bahan lem, efek penambahan bahan tambahan, dan dampak perendaman dalam terpentin. Karet krep memiliki daya rekat alami yang rendah karena sifatnya yang elastis dan hidrofobik (Pocius, 2012 dan Subramaniam, 1987). Karet krep juga tidak memiliki kemampuan adhesi yang baik terhadap permukaan padat dan tidak berpori seperti kayu dan karet. Dalam merekatkan kertas, karena kertas memiliki pori-pori, yang memungkinkan karet yang telah dilunakkan oleh terpentin masuk ke dalam seratnya sehingga dapat merekatkan kertas. Terpentin bertindak sebagai pelarut dan pelunak, membantu melembutkan karet krep agar bisa diaplikasikan sebagai lem. Namun, setelah terpentin menguap, karet kembali ke sifat aslinya yang elastis dan tidak lengket, terutama pada permukaan yang tidak menyerap lem seperti kayu dan karet. Untuk



Gambar 2. Lem Berbasis Karet Alam



a. kayu b. kain c. karet d. busa

Gambar 3. Aplikasi Lem pada Kayu, Kain, Karet dan Busa.

Tabel 3. Daya rekat lem berbasis karet krep terhadap beberapa jenis material

Formula I	Jenis Material				
	Kertas	Kayu	Busa	Kain	Karet
A (kontrol)	Merekat	Tidak Merekat	Tidak Merekat	Tidak Merekat	Tidak Merekat
B	Merekat	Tidak Merekat	Tidak Merekat	Tidak Merekat	Tidak Merekat
C	Merekat	Tidak Merekat	Merekat	Merekat	Tidak Merekat
D	Merekat	Tidak Merekat	Tidak Merekat	Tidak Merekat	Tidak Merekat
E	Merekat	Tidak Merekat	Merekat	Merekat	Tidak Merekat

material berpori, dalam hal ini kertas, busa dan kain, material ini lebih mampu menyerap lem, sehingga meskipun daya rekat lem lemah, material masih tetap bisa direkat lem. Analisis masing-masing formula 1 dapat dilihat pada Tabel 4.

Bahan *filler* hanya berfungsi sebagai bahan pengisi bukan sebagai bahan perekat aktif. Sedangkan penambahan resin membantu meningkatkan daya adhesi, tetapi hanya

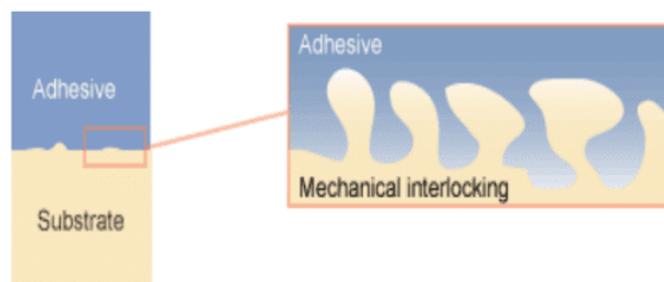
terhadap material berpori seperti busa dan kain. Penambahan resin pada formulasi lem cukup efektif untuk meningkatkan daya rekat. Hal ini dikarenakan kandungan *triterpenoid* pada resin dapat meningkatkan daya rekat lem (Maulana & Harismah, 2022). Selain itu, penggunaan resin juga banyak dimanfaatkan oleh industri seperti *coating*, cat, vernis, plastik, lem dan lain – lain (Oktaviani *et al.*, 2024).

Tabel 4. Analisis masing-masing formula lem berbasis karet krep

Formula I	Komposisi	Dapat merekatkan	Tidak dapat merekatkan	Analisis
A (kontrol)	100% karet krep	Kertas	Kayu, busa, kain, karet	Pelarut terpendin bersifat lambat menguap, sehingga lem lambat untuk mengeras.
B	70% karet krep, 30% <i>filler</i>	Kertas	Kayu, busa, kain, karet	<i>Filler</i> berfungsi sebagai bahan pengisi, tidak meningkatkan daya rekat lem
C	70% karet krep, 30% resin	Kertas, busa, kain	Kayu, karet	Resin dapat meningkatkan adhesi ke material berpori seperti busa/kain tetapi tidak cukup untuk kayu/karet.
D	70% karet krep, 20% <i>filler</i> , 10% resin	Kertas	Kayu, busa, kain, karet	Kombinasi ini masih tidak cukup kuat untuk adhesi pada material lain selain kertas.
E	70% karet krep, 10% <i>filler</i> , 20% resin	Kertas, busa, kain	Kayu, karet	Komposisi Resin lebih banyak meningkatkan daya adhesi ke busa/kain tetapi masih kurang untuk kayu/karet

Formula I-A, I-B, I-C, I-D dan I-E dapat merekatkan material kertas. Hal ini dapat terjadi karena kertas memiliki pori-pori yang menyerap lem, sehingga meskipun adhesi rendah, karet krep yang lunak tetap bisa masuk ke dalam seratnya dan mengering di sana. Menurut teori adhesi mekanikal yang ditunjukkan oleh Gambar 4, ikatan yang kuat hanya terjadi jika lem bisa masuk ke dalam pori-pori atau celah pada permukaan yang direkatkan, sehingga terkunci secara mekanis. Ketika lem tidak dapat mencapai dan mengisi celah-celah pada permukaan benda, ikatan yang terbentuk menjadi lemah dan tidak tahan lama (Ruhendi *et al.*, 2007).

Material kayu memiliki struktur yang padat, sehingga perekat sulit meresap ke dalam pori-porinya dan tidak terbentuk ikatan adhesi yang kuat. Sebaliknya, busa dan kain memiliki permukaan yang lebih berpori, sehingga pada formula I-C dan I-E yang mengandung resin dalam jumlah lebih tinggi, daya rekat terhadap kedua material tersebut meningkat. Sementara itu, material karet cenderung elastis dan bersifat hidrofobik, sehingga menyulitkan lem untuk masuk ke dalam permukaan material dan untuk membentuk ikatan adhesi.

Gambar 4. Visualisasi Teori Adhesi Mekanikal (Ruhendi, *et al.*, 2007)

Uji Daya Rekat Lem Berbasis Lateks pekat

Uji daya rekat lem berbasis lateks pekat dapat dilihat pada Tabel 5. Lateks pekat memiliki daya rekat yang cukup baik karena

mengandung partikel karet dalam fase cair, sehingga dapat menyebar dan menempel dengan baik pada permukaan bahan berpori.

Tabel 5. Uji daya rekat lem berbasis lateks pekat terhadap beberapa jenis material

Formula II	Jenis Material				
	Kertas	Kayu	Busa	Kain	Karet
F (Kontrol)	Merekat	Tidak Merekat	Merekat	Merekat	Tidak Merekat
G	Merekat	Tidak Merekat	Merekat	Merekat	Tidak Merekat
H	Merekat	Merekat	Merekat	Merekat	Tidak Merekat
I	Merekat	Merekat	Merekat	Merekat	Tidak Merekat
J	Merekat	Tidak Merekat	Merekat	Merekat	Tidak Merekat

Beberapa material tidak bisa direkat dengan baik oleh lem berbasis lateks pekat. Adapun analisis setiap formula II dapat dilihat pada Tabel 6.

Formula II-H dan II-I bekerja baik pada kayu karena bahan pengental dapat meningkatkan viskositas, sehingga daya rekat lem lebih kuat di permukaan kayu sebelum mengering. Tekstur lem lebih kental, stabil dan

tidak terjadi penggumpalan. Selain itu, daya rekatnya menjadi lebih baik sehingga efektif untuk merekatkan material kayu. Lem ini mengandung amoniak (NH_3) sebagai bahan anti koagulan pada lateks pekat. Amoniak memiliki sifat yang mudah menguap sehingga lem ini dapat mengering atau mengeras lebih cepat. Lem ini memiliki tekstur sedikit basah sehingga dapat masuk ke dalam pori-pori

Tabel 6. Analisis formula lem berbasis lateks pekat

Formula II	Komposisi	Dapat merekatkan	Tidak dapat merekatkan	Analisis
F	100% lateks pekat	Kertas, busa kain	Kayu, karet	Memiliki tekstur basah sehingga dapat masuk kedalam material berpori seperti kertas, busa dan kain.
G	70% lateks pekat : 30% resin	Kertas, busa kain	Kayu, karet	Penambahan resin pada formula lem dapat meningkatkan adhesi pada material berpori, tetapi membuat lem menjadi tidak stabil (gumpal).
H	70% lateks pekat : 30% pengental	Kertas, kayu, busa, kain	Karet	Penambahan pengental lateks dapat meningkatkan viskositas lem dan adhesi lem lebih kuat.
I	60% lateks pekat : 30% pengental : 10% resin	Kertas, kayu, busa, kain	Karet	Kombinasi pengental dan resin meningkatkan adhesi kayu, tetapi penambahan resin membuat lateks tidak stabil.
J	60% lateks pekat : 10% pengental : 30% resin	Kertas, busa, kain	Kayu, karet	Lebih banyak resin meningkatkan adhesi tetapi tetap kurang efektif pada kayu dan karet.

permukaan kayu dan membentuk ikatan rekat yang kuat. Menurut Pizzi (1994) dan Gent & Hamed (1990), mekanisme kerja lem terjadi ketika lem mampu mengalir ke dalam pori-pori permukaan substrat dan mengeras, berfungsi sebagai jangkar yang kuat. Ketika lem tidak dapat membasahi permukaan dengan sempurna, lem menjadi lemah karena berkurangnya area kontak.

Sementara itu, untuk material karet memiliki permukaan hidrofobik (tidak menyerap air) dan elastis, sehingga lem berbasis lateks pekat sulit membentuk ikatan kuat. Resin hanya dapat meningkatkan adhesi pada material berpori, tetapi tidak memiliki cukup daya rekat terhadap permukaan elastomer seperti karet. Diperlukan bahan tambahan seperti resin sintesis atau perekat berbasis *solvent* yang dapat melarutkan permukaan karet untuk membentuk ikatan kimia yang lebih baik.

Uji Waktu Rekat

Percobaan ini dilakukan untuk mengukur waktu pengeringan dan efektivitas rekat lem pada berbagai material, yaitu kertas, karet, kain, busa, dan kayu. Pada interval setiap 2 menit, dilakukan uji ketahanan dengan memberikan gaya paksa untuk melepaskan substrat yang telah direkatkan. Pengamatan difokuskan pada waktu yang diperlukan agar lem mencapai kekuatan rekat yang optimal, di mana substrat tidak dapat dipisahkan dengan tarikan. Hasil dari percobaan ini memberikan informasi mengenai performa waktu pengeringan lem pada berbagai jenis bahan. Adapun hasil pengujian yang telah kami lakukan dapat dilihat pada tabel 5 dan 6.

Lem Formulasi I

Pada tabel 5 terlihat bahwa semua formulasi I sangat efektif untuk merekat material kertas dengan waktu rata-rata pengeringan sekitar 2 menit. Lem formulasi I memiliki karakteristik adhesi rendah, sehingga sangat cocok digunakan untuk material kertas atau *sticky note*, karena dapat ditempel, dilepas, dan ditempelkan kembali tanpa meninggalkan bekas. Namun, lem formulasi I kurang efektif

digunakan untuk material yang memiliki substrat keras dan non-absorptif seperti karet dan kayu. Material karet memiliki sifat non-absorptif yang menyebabkan lem sulit menembus dan mengisi celah-celah kecil pada permukaannya, sehingga ikatan yang terbentuk tidak kuat dan mudah lepas. Untuk itu, formulasi lem perlu disesuaikan dengan karakteristik material yang direkatkan agar dapat mencapai daya rekat yang optimal.

Pada pengujian material kain dan busa, beberapa lem formulasi I menunjukkan variasi efektivitas. Hanya formula I-C dan I-E yang efektif untuk merekatkan material kain dan busa. Material kain dan busa memiliki substrat absorptif yang memungkinkan lem masuk ke dalam pori-pori, sehingga meningkatkan daya rekat. Komposisi resin yang lebih banyak pada formula I-C dan I-E terbukti efektif meningkatkan daya rekat lem. Resin mengandung resin triterpenoid yang memberikan sifat adhesi kuat dan digunakan dalam berbagai industri seperti *coating*, cat, vernis, plastik, dan lem.

Sementara itu, penambahan *filler* pada lem membuat lem menjadi lebih lunak, sehingga sulit mengeras dan namun adhesinya kurang efektif dalam merekatkan material kain dan busa. Pengujian formula II pada material kain dan busa menunjukkan semua formulasi lem memiliki daya rekat yang sangat baik. Lem ini memiliki tekstur sedikit basah, yang memungkinkannya menembus dan mengisi pori-pori kain dan busa, menghasilkan ikatan yang kuat dan tahan lama. Dalam uji waktu rekat, pengamatan difokuskan pada waktu yang diperlukan agar lem mencapai kekuatan rekat optimal.

Lem Formulasi II

Lem formulasi II memiliki karakteristik berwarna putih, bertekstur kental dan sedikit basah. Lem ini sangat efektif digunakan untuk material berpori. Hal ini dikarenakan lem ini dapat masuk ke dalam pori-pori substrat dan membuat ikatan pada substrat. Pada tabel 6 terlihat bahwa semua lem formulasi II sangat efektif untuk merekatkan material kertas. Waktu rata-rata yang dibutuhkan untuk

Tabel 5. Uji waktu lem kuning mulai mengering

Formula I	Waktu Pengeringan (menit)																
	Kertas				Karet				Kain, busa				Kayu				
	2	4	6	>8	2	4	6	>8	2	4	6	>8	2	4	6	>16	>20
A	√	√	√	√	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
B	√	√	√	√	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
C	√	√	√	√	-	-	-	-	-	√	√	√	-	-	-	-	-
D	√	√	√	√	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
E	√	√	√	√	-	-	-	-	-	√	√	√	-	-	-	-	-

Keterangan: √=merekat, -=tidak merekat

merekatkan material kertas adalah 2 menit. Berbeda dengan lem formulasi I, lem formulasi I tidak meninggalkan bekas pada material yang diaplikasikan jika dilepaskan lemnya. Sedangkan lem formulasi II meninggalkan bekas, namun daya rekat lem formulasi II lebih baik. Selain kertas, lem formulasi II juga efektif untuk diaplikasikan pada material kain dan busa.

Waktu yang dibutuhkan untuk merekatkan material tersebut sekitar 2 dan 4 menit. Hal ini dikarenakan material kain dan busa bersifat absorptif sehingga lem dapat masuk ke dalam pori-pori dan membuat ikatan pada material yang diaplikasikan, sedangkan pada material kayu, beberapa lem formulasi II tidak efektif

digunakan untuk merekatkan material kayu, hanya formula II-H, II-I dan II-J yang cukup efektif untuk merekatkan material tersebut. Waktu yang dibutuhkan untuk merekatkan substrat pada kayu sekitar >16 menit untuk formula II-H dan I, sedangkan formula II- J sekitar >20 menit. Hal ini dikarenakan, komposisi pengental pada formula lem membuat lem lateks lebih stabil, tidak menggumpal dan teksturnya tidak terlalu basah, sedangkan penambahan resin tidak terlalu efektif terhadap daya rekat lem, hanya membuat tekstur lem lebih kental. Penambahan resin berlebihan membuat lem lateks tidak stabil dan menggumpal dan mengeras.

Tabel 6. Uji waktu lem lateks pekat mulai mengering

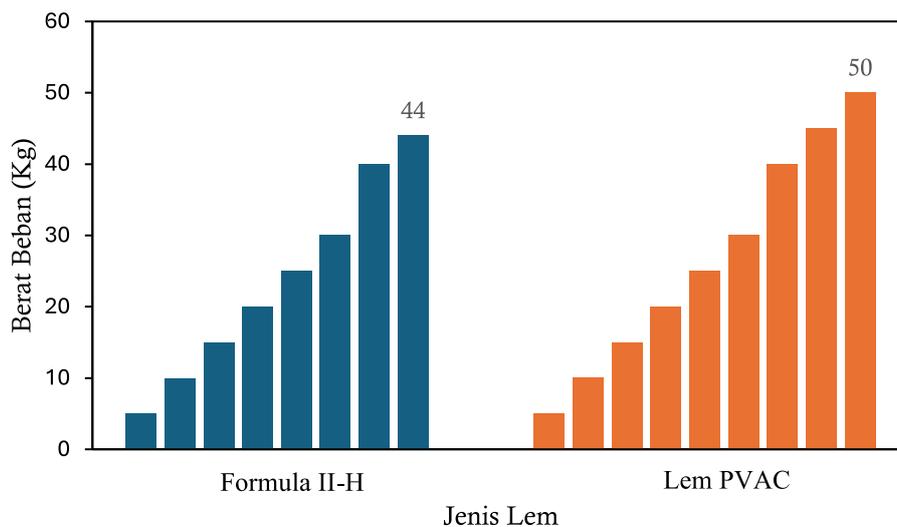
Formula II	Waktu mulai mengering (menit)																
	Kertas				Karet				Kain, Busa				Kayu				
	2	4	6	>8	2	4	6	>8	2	4	6	>8	2	4	6	>16	>20
F	√	√	√	√	-	-	-	-	-	√	√	√	-	-	-	-	-
G	√	√	√	√	-	-	-	-	-	√	√	√	-	-	-	-	-
H	√	√	√	√	-	-	-	-	√	√	√	√	-	-	-	√	-
I	√	√	√	√	-	-	-	-	√	√	√	√	-	-	-	√	-
J	√	√	√	√	-	-	-	-	-	√	√	√	-	-	-	-	√

Keterangan: √=merekat, -=tidak merekat

Uji Ketahanan Beban

Pada percobaan uji ketahanan beban, digunakan lem jenis PVAC sebagai pembanding dalam percobaan ini. Setelah dilakukan pengujian terhadap waktu pengeringan lem, formulasi lem yang dianggap paling optimal akan dilanjutkan ke pengujian ketahanan beban dengan menggunakan

material kayu. Pada uji ini, formulasi II-H dipilih untuk diuji ketahanan beban karena dianggap daya rekatnya paling optimal. Pengujian dilakukan dengan penambahan beban bertahap sebesar 5, 10, 15 kg hingga mencapai beban maksimal 50 kg. Hasil uji ketahanan beban dapat dilihat pada Gambar 5 di bawah ini.



Gambar 5. Uji ketahanan beban.

Pada Gambar 5, terlihat bahwa lem dengan formulasi II-H hanya mampu bertahan pada beban maksimal sebesar 44 kg, sementara lem komersial lem PVAC masih mampu bertahan hingga beban maksimum 50 kg. Pada kayu yang direkatkan menggunakan lem jenis PVAC, material yang diaplikasikan tidak menunjukkan pergeseran yang signifikan, menandakan kekuatan adhesi yang masih optimal pada beban tersebut. Secara kualitas, lem berbasis PVAC (*polyvinyl acetate*) lebih unggul dibandingkan dengan formulasi lem berbasis karet alam.

PVAC merupakan polimer hasil polimerisasi monomer vinil asetat yang dikenal memiliki sifat adhesi yang baik (Petković *et al.*, 2019), stabilitas kimia tinggi, serta daya tahan terhadap pengaruh lingkungan seperti kelembapan (Ramachandrareddy *et al.*, 2022).

Karakteristik ini memberikan PVAC unggul sebagai bahan dasar lem, terutama dalam aplikasi lem untuk kayu. Selain itu, struktur rantai polimer PVAC dengan gugus asetat memberikan interaksi yang kuat melalui ikatan hidrogen dengan permukaan substrat, yang berkontribusi pada tingginya daya rekat.

Di sisi lain, karet alam yang merupakan polimer dari isoprena memiliki sifat elastis yang baik (Z. Chen *et al.*, 2022), namun secara alami tidak memiliki interaksi kuat dengan substrat sekeras kayu tanpa modifikasi atau penambahan bahan lain. Oleh karena itu, meskipun karet alam memiliki potensi sebagai bahan baku lem, diperlukan pengembangan lebih lanjut dalam hal modifikasi kimia pada struktur polimer karet, seperti penggunaan agen lem tambahan. Modifikasi ini bertujuan untuk meningkatkan daya rekat karet alam terhadap substrat dan meningkatkan kekuatan

ikatan intermolekuler sehingga daya rekat dapat meningkat dan bersaing dengan lem sintetis seperti lem jenis PVAC. Dengan demikian, penelitian lebih lanjut terkait komposisi dan formulasi karet alam sebagai bahan lem sangat diperlukan untuk meningkatkan performa adhesi dan menjadikannya alternatif yang kompetitif terhadap lem berbahan sintetis.

Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian, karet alam memiliki potensi untuk dimanfaatkan sebagai bahan dasar pembuatan lem, terutama untuk aplikasi pada material berpori seperti kertas, kain, dan busa. Uji kualitatif yang dilakukan menunjukkan bahwa formula II-H (70% lateks pekat dan 30% pengental) memberikan daya rekat terbaik dengan waktu pengeringan yang cepat dan mampu menahan beban hingga 44 kg. Meskipun daya rekatnya masih di bawah lem sintetis jenis PVAC yang dapat menahan lebih dari 50 kg, formulasi ini menandai titik awal yang menjanjikan dalam pengembangan lem berbasis karet alam. Dengan demikian, penelitian ini berhasil membuktikan bahwa karet alam memiliki potensi sebagai bahan perekat alternatif yang ramah lingkungan, meskipun diperlukan pengembangan lebih lanjut, seperti modifikasi kimia atau penambahan bahan pendukung, agar daya rekatnya dapat bersaing dengan lem sintetis.

Daftar Pustaka

- Akbari, S., Gupta, A., Khan, T. A., Madusari, S., Ani, N. B. C., & Poddar, P. (2014). Synthesis and Characterization of Medium Density Fiber Board by Using Mixture of Natural Rubber Latex and Starch as an Adhesive. *Journal of the Indian Academy of Wood Science*, 11(2), 109–115. <https://doi.org/10.1007/s13196-014-0124-0>
- Blomquist, R. F. (1983). *Adhesive bonding of wood and other structural materials*.
- Chen, X., Xi, X., Pizzi, A., Fredon, E., Du, G., Gérardin, C., & Amirou, S. (2020). Oxidized demethylated lignin as a bio-based adhesive for wood bonding. *The Journal of Adhesion*, 97, 873–890. <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:213381473>
- Chen, Z., Tu, Q., Fang, Z., Shen, X.-M., Yin, Q., Zhang, X., & Pan, M. (2022). Molecular Dynamics Studies of the Mechanical Behaviors and Thermal Conductivity of Polyisoprene with Different Degrees of Polymerization. *Polymers*, 14. <https://doi.org/10.3390/polym14224950>
- Din, Z., Chen, L., Xiong, H., Wang, Z., Ullah, I., Lei, W., Shi, D., Alam, M., Ullah, H., & Khan, S. A. (2020). Starch: An Undisputed Potential Candidate and Sustainable Resource for the Development of Wood Adhesive. *Starch - Stärke*, 72(3–4). <https://doi.org/10.1002/star.201900276>
- Jiang, Y., Chen, Q., Tan, H., Gu, J., & Zhang, Y. (2019). A Low-Cost, Formaldehyde-Free, and High-Performance Starch-Based Wood Adhesive. *Bioresources*, 14(1), 1405–1418. <https://doi.org/10.15376/biores.14.1.1405-1418>
- Kartika, I., & Pratiwi, D. F. (2018). Karakteristik Papan Partikel Dari Bambu Dengan Perekat Getah Damar. *Jurnal Teknologi Industri Pertanian*, 28(2), 127–139. <https://doi.org/10.24961/j.tek.ind.pert.2018.28.2.127>
- Kementerian perdagangan. (2023). *Realisasi ekspor karet dan produk karet indonesia tahun 2018-2023 (januari-mei)*.
- Kementerian perindustrian. (2022). *Pengembangan hilirisasi barang karet dan industri pendukungnya*.
- Kementerian pertanian. (2022). *Outlook Komoditas Perkebunan karet* (A. Susanti & R. P. Kencana, Eds.; 1st ed., Vol. 1). Pusat Data dan Sistem Informasi Pertanian.

- Kira, O., Merav, B., Sabach, S., & Dubowski, Y. (2019). Volatile Organic Compound Emissions From Polyurethane Mattresses Under Variable Environmental Conditions. *Environmental Science & Technology*, 53(15), 9171–9180. <https://doi.org/10.1021/acs.est.9b01557>
- Koesman, S., Budhijanto, N., Bennet, D., & Pancasakti, B. (2023). Analisis Kuat Geser Perekat Alami Berbahan Soy Protein Isolate Dengan Variasi Natrium Sulfit Dan Asam Oksalat. *Jurnal Teknik Kimia Usu*, 12(2), 62–69. <https://doi.org/10.32734/jtk.v12i2.11929>
- Maulana, S., & Harismah, K. (2022). Pengembangan Bahan Alam: Gondorukem Dan Anchor Sebagai Bahan Konservan Fosil. *Teknosains Jurnal Sains Teknologi Dan Informatika*, 9(1), 55–64. <https://doi.org/10.37373/tekno.v9i1.164>
- Oktaviani, O., Pribadi, H., Rahman, A., Umar, S., & Maiwa, A. (2024). Pendapatan Dari HHBK Getah Pinus Dan Kontribusinya Terhadap Pendapatan Total Masyarakat Di Desa Uelincu Kecamatan Pamona Utara Kabupaten Poso. *Ulin Jurnal Hutan Tropis*, 8(2), 34. <https://doi.org/10.32522/ujht.v8i2.14885>
- Petković, G., Vukoje, M., Bota, J., & Preprotić, S. P. (2019). Enhancement of Polyvinyl Acetate (PVAc) Adhesion Performance by SiO₂ and TiO₂ Nanoparticles. *Coatings*. <https://doi.org/10.3390/coatings9110707>
- Phinyocheep, P. (2014). Chemical modification of natural rubber (NR) for improved performance. In *Chemistry, manufacture and applications of natural rubber* (pp. 68–118). Elsevier.
- Pocius, A. V. (2012). *Adhesion and adhesives technology: an introduction*. Hanser Publications.
- Popović, M., Điporović-Momčilović, M., & Gavrilović-Grmuša, I. (2020). New standards and regulations on formaldehyde emission from wood-based composite panels. *Zastita Materijala*, 61, 152–160. <https://doi.org/10.5937/zasmat2002152P>
- Ramachandrareddy, B., Van Herwijnen, H., Greeley, B., Bredesen, R., & Konnerth, J. (2022). Mechanical properties of wood adhesive bond lines tested in service classes according to Eurocode 5. *International Journal of Adhesion and Adhesives*. <https://doi.org/10.1016/j.ijadhadh.2022.103233>
- Riyanto, P. D. (2014). *Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun (Limbah B3)*. Deepublish.
- Ruhendi, S., Koroh, D., Syamani, F., Yanti, H., Nurhaida, Saad, S., & Sucipto, T. (2007). *Analisis perekatan kayu*.
- Subramaniam, A. (1987). *Natural Rubber*. 179–208. https://doi.org/10.1007/978-1-4615-7823-9_6
- Sun, J., Su, J., Ma, C., Göstl, R., Herrmann, A., Li, K., & Zhang, H. (2019). Fabrication and Mechanical Properties of Engineered Protein-Based Adhesives and Fibers. *Advanced Materials*, 32(6). <https://doi.org/10.1002/adma.201906360>
- Susilawati, N., & Rahmaniar, R. (2018). Pengaruh Penggunaan Tepung Tapioka Dalam Pembuatan Lem Tegel Karet. *Jurnal Dinamika Penelitian Industri*, 29(1), 84. <https://doi.org/10.28959/jdpi.v29i1.3403>
- Zhang, Q., Lei, H., Du, G., Pizzi, A., Song, J., Cao, L., Puangsin, B., & Xi, X. (2024). Easy Preparation, High Water Resistance Glucose-Based Environment-Friendly Wood Adhesives. *ACS Sustainable Chemistry & Engineering*, 12(20), 7903–7912. <https://doi.org/10.1021/acssuschemeng.4c01629>