

**PEMBUATAN PEREKAT CASEIN DARI SUSU SAPI DENGAN
PENAMBAHAN NATRIUM HIDROKSIDA (NaOH) SEBAGAI
ALTERNATIF PENGGANTI PEREKAT SINTESIS**

Preparation Of Casein-Based Adhesive From Cow's Milk Using Sodium Hydroxide (NaOH) as an Alternative to Synthetic Adhesive

^{1*}Ditaria Rerung, ²Ridwan, ²Fitri Ariani

¹Mahasiswa Prodi Teknik Kimia, Universitas Bosowa

²Dosen Prodi Teknik Kimia, Universitas Bosowa

*Email : ditarerung@gmail.com

ABSTRAK

Perekat Casein merupakan salah satu alternatif perekat ramah lingkungan yang berpotensi menggantikan penggunaan perekat sintesis. Penelitian ini bertujuan untuk membuat perekat kasein dari susu sapi dengan penambahan natrium hidroksida (NaOH) serta mengetahui pengaruh konsentrasi NaOH terhadap karakteristik perekat yang dihasilkan. Isolasi kasein dilakukan menggunakan variasi volume asam asetat dengan rendaman kasein sebesar 103 g pada pH 4,64. Perekat kemudian diformulasikan menggunakan NaOH dengan konsentrasi 0,5 M, 1 M, dan 1,5 M. Pengujian meliputi Viskositas, waktu kering, ketahanan air, dan keteguhan rekat. Hasil penelitian menunjukkan bahwa peningkatan konsentrasi NaOH meningkatkan homogenitas, mempercepat waktu kering, dan meningkatkan kekuatan rekat perekat. Nilai keteguhan rekat tertinggi diperoleh pada konsentrasi NaOH 1,5 M sebesar 1,74 Mpa, sedangkan nilai terendah diperoleh pada konsentrasi 0,5 M sebesar 0,50 Mpa. Hasil pengujian viskositas menunjukkan nilai 1430 cP, 1360 cP, dan 1040 cP untuk masing-masing formulasi. Namun, seluruh sampel masih menunjukkan ketahanan air yang rendah setelah perendaman. Berdasarkan hasil penelitian, perekat kasein dari susu sapi berpotensi menjadi alternatif perekat yang ramah lingkungan dan dapat mengurangi ketergantungan terhadap perekat sintetis.

Kata Kunci : Perekat kasein, susu sapi, Perekat ramah lingkungan.

ABSTRACT

Casein Adhesive is an environmentally friendly alternative adhesive with the potential to replace synthetic adhesives. This study aimed to produce casein adhesive from cow's milk using sodium hydroxide (NaOH) and to evaluate the effect of NaOH concentration on the properties of the resulting adhesive. Casein was isolated from cow's milk using different volumes of acetic acid (5, 10 and 15 mL). The best result was obtained with 5 mL of acetic acid, yielding 103 g of casein at pH 4.64. The adhesive was then formulated using NaOH concentrations of 0.5 M, 1.0 M, 1.5 M. The adhesive properties were evaluated through viscosity, drying time, water resistance, and bonding strength tests. The results showed that increasing NaOH concentration improved adhesive homogeneity, reduced drying time, and enhanced bonding strength. The highest bonding strength was achieved at a NaOH concentration of 1.5 M, reaching 1.74 Mpa. However, all adhesive formulations exhibited limited water resistance after immersion. These findings indicate that casein adhesive derived from cow's milk has the potential to serve as an environmentally friendly alternative to synthetic adhesives and contribute to reducing dependence on petroleum-based adhesive products.

Keywords: Casein adhesive, cow's milk, environmentally friendly adhesive.

PENDAHULUAN

Perekat merupakan salah satu bahan penting yang digunakan secara luas dalam berbagai sektor industri, seperti industri kayu, kertas, tekstil, dan kerajinan tangan. Sebagian besar perekat yang beredar di pasaran saat ini merupakan perekat sintetis berbahan dasar polimer hasil olahan kimia, seperti polivinil asetat (PVA), epoksi, dan resin sintetis lainnya. Meskipun perekat sintetis memiliki keunggulan dalam hal kekuatan dan daya tahan, penggunaannya menimbulkan berbagai permasalahan, terutama terkait dampak terhadap lingkungan dan kesehatan. Perekat sintetis umumnya sulit terurai secara alami sehingga berkontribusi pada pencemaran lingkungan, serta mengandung senyawa kimia yang berpotensi toksik bagi manusia dan makhluk hidup lainnya. (Gadhave et al., 2022).

Masalah tersebut mendorong upaya global untuk mencari solusi perekat yang lebih ramah lingkungan tanpa mengurangi performa ikatnya. Dalam beberapa tahun terakhir, penelitian difokuskan pada pengembangan perekat sintetis beremisi rendah dan berbasis bio (*bio-based synthetic adhesives*). Pendekatan ini melibatkan penggantian sebagian komponen kimia dengan bahan alami terbarukan, seperti lignin, pati, atau protein, guna menurunkan dampak lingkungan. Upaya ini diharapkan dapat menghasilkan perekat yang tetap kuat dan tahan lama, tetapi lebih aman bagi manusia (Zhou et al., 2024).

Salah satu bahan alami yang memiliki potensi besar untuk dijadikan perekat adalah protein susu, khususnya kasein. Kasein merupakan protein utama dalam susu sapi yang memiliki kemampuan membentuk ikatan kuat melalui interaksi hidrogen dan ikatan ionik dengan substrat kayu (Atamer, 2022). Sejak zaman dahulu, kasein telah digunakan sebagai bahan perekat alami untuk kayu, kertas, dan tekstil. Namun, penggunaannya sempat menurun akibat berkembangnya perekat sintetis yang lebih mudah diproduksi dan memiliki stabilitas tinggi. Dalam beberapa tahun terakhir, meningkatnya kesadaran terhadap keberlanjutan lingkungan telah mendorong penelitian kembali terhadap perekat berbasis kasein sebagai alternatif pengganti perekat sintetis (Guo & Wang, 2016). Kelemahan utama perekat kasein terletak pada daya tahan terhadap air (*water resistance*) yang rendah dan kestabilan larutan yang terbatas. Untuk mengatasi hal tersebut, penelitian ini dilakukan dengan penambahan bahan alkali seperti natrium hidroksida (NaOH) untuk membantu melarutkan kasein yang bersifat tidak larut dalam air, sehingga dihasilkan larutan kaseinat yang lebih homogen dan stabil. Berdasarkan latar belakang tersebut, penelitian ini bertujuan untuk mempelajari pembuatan perekat kasein dari susu sapi dengan penambahan natrium hidroksida (NaOH), dengan variasi perlakuan proses untuk mengetahui pengaruhnya terhadap karakteristik

dan kekuatan rekat perekat yang dihasilkan. Diharapkan penelitian ini dapat memberikan alternatif solusi terhadap penggunaan perekat sintetis yang berbahaya, sekaligus mendukung pengembangan bahan perekat lebih yang ramah lingkungan.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini terdiri dari tiga tahap, yaitu isolasi Casein, pembuatan larutan perekat dan pengujian.

A. isolasi casein

1. Persiapan bahan utama dilakukan dengan menyiapkan susu sapi sebanyak 1000 mL yang kemudian dipanaskan secara perlahan menggunakan hot plate hingga mencapai suhu sekitar 40°C, karena pada suhu tersebut protein casein akan lebih mudah terdenaturasi dan dapat dipisahkan dari komponen lainnya.
2. Pengendapan casein dilakukan dengan menambahkan larutan masing-masing dengan Variasi volume asam asetat 5 ml, 10 ml, 15 ml ke dalam susu panas tersebut secara bertahap sambil terus diaduk hingga pH campuran mencapai sekitar 4,6, yaitu titik isoelektrik casein, sehingga terbentuk endapan berupa gumpalan casein sementara bagian cairan yang disebut whey akan terpisah.
3. Pemisahan endapan casein dilakukan dengan menyaring campuran menggunakan kertas saring, kemudian endapan padat yang diperoleh dicuci berulang kali menggunakan aquadest untuk menghilangkan sisa asam dan

laktosa, setelah itu endapan dikeraskan dalam oven dengan suhu 50 °C selama 3 jam.

4. Kasein kering dihaluskan menggunakan mortar dan alu hingga menjadi serbuk yang siap digunakan sebagai bahan dasar perekat.

B. Pembuatan larutan perekat

1. Pelarutan casein dalam NaOH dilakukan dengan melarutkan casein ke dalam larutan natrium hidroksida (NaOH) dengan masing-masing variasi konsentrasi 0,5 M, 1 M, dan 1,5 M.
2. kemudian campuran diaduk terus menerus hingga terbentuk pasta perekat yang homogen, tambahkan larutan natrium benzoat perlahan-lahan sambil di aduk beberapa menit hingga homogen, sehingga dapat diaplikasikan secara langsung pada media uji.

C. Prosedur uji

1. Uji kekentalan di uji menggunakan viskometer dengan cara menyiapkan perekat kasein dan biarkan hingga suhu stabil Pasang spindle (batang pengaduk) sesuai dengan tingkat kekentalan sampel (biasanya tipe LV-2 atau LV-3). Sampel perekat ke di tuang kedalam beaker hingga batas yang dianjurkan (± 30 mL). kemudian viskometer dinyalakan dan di atur kecepatan putar, spindle di celupkan ke dalam sampel hingga batas pada batang alat akan berputar hingga jarum penunjuk atau layar digital stabil. Nilai viskositas akan muncul pada layar.

2. Uji waktu kering dilakukan dengan pengujian sederhana dengan mengaplikasikan perekat pada permukaan bahan kayu uji mulai pencatatan waktu sejak perekat diaplikasikan secara berkala dilakukan uji sentuh ringan pada lapisan perekat, ketika perekat sudah tidak meninggalkan rasa lengket pada jari, catat nilai waktu kering perekat.
3. Uji Kekuatan Rekat Material disiapkan dengan pemotongan dan pembentukan sesuai pedoman standar internasional, seperti ASTM atau ISO. Mesin menarik spesimen hingga mengalami patah. Sepanjang proses, sistem merekam gaya dan regangan yang terjadi. Data hasil uji diolah menjadi kurva tegangan-regangan untuk menentukan berbagai parameter penting.
4. Uji ketahanan air dilakukan dengan melakukan perendaman sampel lem kasein dalam aquadest pada suhu ruang, dilakukan perendaman dengan variasi waktu 30 menit hingga 1 jam. Amati kondisi ikatan lem (tetap melekat, melunak, atau terlepas).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh variasi volume asam asetat pada proses isolasi kasein serta pengaruh konsentrasi NaOH terhadap karakteristik perekat kasein yang dihasilkan. Pengujian dilakukan meliputi isolasi kasein, pembuatan perekat kasein, pengujian viskositas, waktu kering, ketahanan rekat, dan

ketahanan air. Pada tahap isolasi kasein dilakukan dengan metode pengasaman menggunakan asam asetat hingga mencapai pH mendekati titik isoelektrik kasein. Hasil penelitian menunjukkan bahwa volume asam asetat berpengaruh terhadap jumlah kasein yang diperoleh. Pada penambahan 5 mL asam asetat diperoleh massa kasein tertinggi sebesar 103 g dengan pH akhir 4,64, sedangkan pada penambahan 10 mL dan 15 mL diperoleh massa kasein masing-masing sebesar 94 g dan 3,20 g.

Variasi Asam asetat	pH	Berat casein(g)
5 ml	4,64	103 g
10 ml	3,99	94 g
15 ml	3,53	3,20 gr

Hasil tersebut menunjukkan bahwa kondisi optimum pengendapan kasein terjadi pada pH yang mendekati titik isoelektriknya (pH 4,6). Pada kondisi ini muatan listrik protein menjadi netral sehingga gaya tolak menolak antar molekul kasein berkurang dan proses agregasi berlangsung maksimal. Penambahan asam asetat yang berlebihan menyebabkan pH larutan menjadi terlalu rendah sehingga Struktur protein mengalami perubahan dan kemampuan agresinya menurun. Akibatnya jumlah kasein yang dapat dipisahkan menjadi lebih sedikit. Selain memengaruhi rendemen, peningkatan volume asam asetat juga menyebabkan perubahan karakteristik fisik kasein kasein yang dihasilkan. Kasein hasil pengendapan volume asam asetat yang lebih tinggi menunjukkan aroma yang lebih asam dan tekstur yang lebih padat

dibandingkan perlakuan 5 mL. Kasein hasil isolasi kemudian dilarutkan menggunakan NaOH dengan konsentrasi 0,5 M, 1 M dan 1,5 M. Kasein hasil isolasi kemudian digunakan sebagai bahan baku pembuatan perekat dengan variasi NaOH 0,5 M, 1M dan 1,5 M.

NaOH (M)	Berat Casein (g)	Hasil pengamatan
0,5 M	13	tidak terlalu larut , Masih ada gumpalan kecil.
1 M	13	Larut dan Kental.
1,5 M	13	Larut dan kental.

Hasil pengamatan menunjukkan bahwa pada konsentrasi NaOH 0,5 M masih terdapat gumpalan-gumpalan kecil sehingga larutan belum larut sempurna. Pada konsentrasi 1 M dan 1,5 M, kasein dapat larut lebih baik dan menghasilkan pasta perekat yang homogen dan kental. Hal ini menunjukkan bahwa peningkatan konsentrasi NaOH membantu proses pelarutan kasein sehingga terbentuk sistem perekat yang lebih seragam. Pada Hasil pengujian viskositas menunjukkan bahwa nilai viskositas perekat mengalami penurunan seiring meningkatnya konsentrasi NaOH. Sampel F1 (0,5 M) memiliki viskositas tertinggi sebesar 1430 cP, sedangkan F2 (1 M) dan F3 (1,5 M) masing-masing sebesar 1360 cP dan 1040 cP. Perbedaan nilai viskositas menunjukkan bahwa komposisi bahan pada setiap sampel mempengaruhi tingkat kekentalan perekat yang dihasilkan. Sampel F1 memiliki nilai viskositas

paling tinggi sebesar 1430 cP sehingga dapat dikatakan memiliki tingkat kekentalan paling besar dibandingkan sampel lainnya. Viskositas F1 paling tinggi karena sistem belum homogen dan masih terdapat agregasi partikel kasein, sehingga meningkatkan hambatan aliran. Sedangkan pada konsentrasi NaOH yang lebih tinggi, kasein lebih terdispersi sehingga viskositas menurun, yang juga dipengaruhi oleh penyesuaian parameter penurunan variasi kecepatan putar RPM yang disesuaikan dengan tingkat kekentalan sampel agar pembacaan alat berada pada rentang kerja yang stabil. Hasil pengujian viskositas menunjukkan adanya perbedaan karakteristik aliran pada setiap formulasi perekat. Karakteristik tersebut berpotensi memengaruhi proses pembentukan lapisan perekat selama pengeringan. Oleh karena itu, dilakukan pengujian waktu kering untuk mengevaluasi pengaruh konsentrasi NaOH terhadap kecepatan pengeringan perekat kasein.

Konsentrasi NaOH	Waktu Kering
F 1	2 jam
F 2	1 jam
F 3	1 jam

Semakin tinggi konsentrasi NaOH yang digunakan, maka waktu kering perekat semakin cepat. Hal ini disebabkan oleh berkurangnya kandungan air bebas dalam sistem serta meningkatnya kecepatan reaksi anatas

Nama Sampel	RPM	Hasil Uji (cP)
F1	24,2	1430
F2	100	1360
F3	200	1040

kasein dan NaOH, sehingga proses pebentukan atruktur perekat berlangsung lebih cepat dan menghasilkan lapisan yang lebih stabil dalam waktu yang lebih singkat. Waktu kering yang lebih cepat belum tentu menghasilkan kualitas perekat yang lebih baik maka dari itu diperlukan pengujian Selain waktu kering, paramater penting yang menentukan kualitas perekat adalah kekuatan rekat yang dihasilkan. Oleh karena itu, dilakukan pengujian keteguaahn rekat menggunakan universal testing machine (UTM) untuk mengetahui kemampuan perekat dalam menahan beban tarik hingga terjadi kegagalan pada bidang rekat Hasil pengujian ditunjukkan pada tabel berikut ini

Kode Sampel	P Max (N)	Keteguhan Rekat (Mpa)
F1	1284,00	0,50
F2	3540,40	1,38
F3	4462,20	1,74

Jika ditinjau dari nilai beban maksimum (P max), sampel F3 memiliki nilai tertinggi sebesar 4462,20 N, diikuti oleh F2 sebesar 3540,40 N, dan F1 sebesar 1284,00 N. Hal ini sejalan dengan nilai keteguhan rekat yang diperoleh, di mana semakin besar beban maksimum yang mampu ditahan, maka semakin tinggi pula nilai keteguhan rekatnya. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa sampel F3 dengan nilai keteguhan rekat sebesar 1,74 yang memiliki performa mekanik terbaik dalam hal daya rekat dibandingkan dengan sampel lainnya. Setelah diketahui nilai keteguhan rekat masing-masing sampel, pengujian dilanjutkan dengan uji ketahan air untuk

mengetahui kemampuan perekat mempertahankan daya rekatnya pada kondisi lembap atau setelah kontak dengan air. Pengujian ini penting dilakukan karena ketahan terhadap air merupakan salah satu parameter yang menentukan kualitas dan keawetan perekat dalam penggunaannya. Hasil uji ketahan Air Menggunakan metode Sederhana yaitu perendaman lem Kasein yang di aplikasikan pada kayu dan di rendam menggunakan air, Pengamatan dilakukan secara visual terhadap perubahan kondisi lapisan perekat setelah proses perendaman berlangsung. dimana data yang di hasilkan dari pengujian dapat dilihat pada tabel

Konsentrasi NaOH	Ketahan Air (30 Menit)	Ketahan Air (1 Jam)
0,5 M	Lem Mulai Lunak	Sebagian lem Terlepas
1 M	Lem Mulai Lunak	Sebagian lem Terlepas
1,5 M	Lem Mulai Lunak	Sebagian lem Terlepas

Berdasarkan hasil pengujian metode perendaman sederhana pada kayu, bahwa variasi konsentrasi NaOH dari 0,5 M 1 M hingga 1,5 M tidak memberikan pengaruh yang signifikan terhadap durabilitas lem kasein, di mana seluruh sampel menunjukkan penurunan daya rekat yang seragam yaitu mulai melemah pada menit ke-30 dan mengalami lepasnya sebagian lapisan lem setelah durasi perendaman mencapai 1 jam. Kelemahan ketahan air menjadi khas perekat casein murni

karena ikatan hidrogen sensitif terhadap air, memerlukan crosslinker untuk aplikasi basah (rayden et al,2021).

KESIMPULAN

Berdasarkan Hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa:

1. Variasi volume asam asetat pada proses pengendapan berpengaruh terhadap jumlah kasein yang dihasilkan. Penambahan 5 mL asam asetat menghasilkan massa kasein tertinggi yaitu sebesar 103 g dengan pH 4,64, yang mendekati titik isoelektrik kasein sehingga proses koagulasi berlangsung optimal. Peningkatan volume asam asetat di atas kondisi tersebut cenderung menurunkan jumlah kasein yang diperoleh.
2. Variasi konsentrasi NaOH berpengaruh terhadap sifat fisik perekat kasein yang dihasilkan, khususnya terhadap viskositas, dan homogenitas perekat. Peningkatan konsentrasi NaOH menyebabkan kasein lebih mudah terdispersi membentuk natrium kaseinat sehingga menghasilkan sistem perekat yang lebih stabil.
3. Hasil pengujian kekuatan rekat menggunakan Universal Testing Machine (UTM) menunjukkan bahwa peningkatan konsentrasi NaOH memberikan pengaruh positif terhadap keteguhan rekat perekat kasein. Nilai kekuatan rekat tertinggi diperoleh pada sampel F3 dengan konsentrasi NaOH 1,5 M sebesar 1,74 MPa, sedangkan nilai

terendah diperoleh pada sampel F1 sebesar 0,50 MPa.

4. Konsentrasi NaOH juga mempengaruhi karakteristik pengeringan perekat. Semakin tinggi konsentrasi NaOH yang digunakan, waktu kering perekat cenderung lebih singkat akibat meningkatnya interaksi antar molekul dalam sistem perekat.
5. Hasil pengujian ketahanan air menunjukkan bahwa seluruh sampel perekat mengalami penurunan kekuatan rekat setelah perendaman selama 30 menit hingga 1 jam, yang menunjukkan bahwa perekat kasein yang dihasilkan masih memiliki keterbatasan dalam ketahanan terhadap air.

DAFTAR PUSTAKA

- Adhikari, B. B., Appadu, P., Chae, M., & Bressler, D. C. (2017). Protein-based wood adhesives current trends of preparation and application. In *Bio-based Wood Adhesives* (pp. 1-58). CRC Press.
- Adnan, M. (1984). Kimia dan teknologi pengolahan air susu.
- Atamer, Z. (2022). Production and physicochemical properties of casein-based adhesives. *Akademik Gida*, 20(1), 12-19
- Atang, A., & Wardhono, W. (2019). PENGARUH NaCl DAN CH₃COOH SEBAGAI PENGEKSTRAK RENNIN ABOMASUM KAMBING

TERHADAP AKTIVITAS KOAGULASI SUSU. *COMPOSITE: Jurnal Ilmu Pertanian*, 1(1), 33-40.

Baldan, A. (2012). Adhesion phenomena in bonded joints. *International Journal of Adhesion and Adhesives*, 38, 95-116.

Buckle, K.A., Edward, R.A., Flatt, G.H. dan Wooten, M., 1985. Ilmu Pangan, Dirjen Dikti, DepDikBud, RI.

Cesarz-Andraczke, K., Staszuk, M., Tunçay, T., Woźniak, A., Smok, W., & Tunçay, B. (2024). Influence of casein on the degradation process of polylactide-casein coatings for resorbable alloys. *Scientific Reports*, 14(1), 18946.

Copriady, J., & Azmi, J. (2012). Isolasi Karakterisasi dan Penentuan Kadar Lakalbumin Susu Sapi Fries Holdstein dengan Metode Lowry. *Jurnal Natur Indonesia*, 13(02).

Fifianti, S. D. (2009). *Pengaruh suhu, konsentrasi asam asetat dan konsentrasi bromelin terhadap kadar protein susu terkoagulasi* (Skripsi sarjana). Universitas Brawijaya. <http://repository.ub.ac.id/id/eprint/152255/>

Fox, P. F., & McSweeney, P. L. (Eds.). (2013). *Advanced dairy chemistry: volume 1: proteins, parts A&B*. Springer.

Gadhawe, R. V. I., & Dhawale, P. V. (2022). State of research and

trends in the development of polyvinyl acetate-based wood adhesive. *Open Journal of Polymer Chemistry*, 12(1), 13-42.

Guo, M., & Wang, G. (2016). Milk protein polymer and its application in environmentally safe adhesives. *Polymers*, 8(9), 324.

Heyman, M., & Desjeux, J. F. (1992). Invited Review: Significance of Intestinal Food Protein Transport. *Journal of pediatric gastroenterology and nutrition*, 15(1), 48-57.

Kharlamova, A., Nicolai, T., & Chassenieux, C. (2018). Mixtures of sodium caseinate and whey protein aggregates: Viscosity and acid-or salt-induced gelation. *International Dairy Journal*, 86, 110-119.

McSweeney, P. L., & O'Mahony, J. A. (Eds.). (2015). *Advanced dairy chemistry: volume 1B: proteins: applied aspects*. Springer.

Ng-Kwai-Hang KF. 2003. Milk proteins-heterogeneity, fractionation and isolation. In: Roginski H, Fuquay JW, Fox PF, editors, *Encyclopedia of Dairy Sciences*. London: Academic Press. pp. 1881-1894

Petrova, S. Y., Khlgatian, S. V., Emel'yanova, O. Y., Pishulina, L. A., & Berzhets, V. M. (2022). Structure and biological functions of milk caseins. *Russian Open Medical Journal*, 11(2), 209.

Pizzi, A., & Mittal, K. L. (Eds.). (2017). *Handbook of adhesive technology*. CRC press.

Pratama, Y. (2019). *Karakterisasi dan isolasi kasein dari susu sapi dengan metode pengendapan pada pI dan pemanfaatannya sebagai substrat enzim protease* (Doctoral dissertation, Universitas Negeri Malang).

Purnavita, S., Oktaviananda, C., Rinihapsari, E., Wibowo, P., & Primahendra, Y. B. S. (2023). Pengaruh Jumlah Pengemulsi pada Pembuatan Cat Emulsi Berbasis Bahan Alami Kasein dari Susu Sapi. *METANA*, 19(1), 13-20.

Ramadani, D. A., Hermalena, L., & Salihat, R. A. (2024). Pengaruh Konsentrasi Asam Asetat Terhadap Karakteristik Kolagen Dari Sisik Ikan Julung-Julung (Hemiramphus SP.). *Jurnal Research Ilmu Pertanian*, 4(2), 173-182.

Raydan, N. D. V., Leroyer, L., Charrier, B., & Robles, E. (2021). Recent advances on the development of protein-based adhesives for wood composite materials—a review. *Molecules*, 26(24), 7617.

Schwarzenbrunner, R., Barbu, M. C., Petutschnigg, A., & Tudor, E. M. (2020). Water-resistant casein-based adhesives for veneer bonding in biodegradable ski cores. *Polymers*, 12(8), 1745.

Zhou, Y., Luo, J., Jing, Q., Ge, S., Chen, S., Guo, Z., ... & Xu, B. B. (2024). Tough, waterproofing, and sustainable bio-adhesive inspired by the dragonfly wing. *Advanced Functional Materials*, 34(42), 2406557.