

Pemanfaatan Ekstrak Bromelin Dari Nanas (*Ananas comosus* L.) sebagai Koagulan Alami untuk Meningkatkan Mutu Koagulasi Lateks Tanaman Karet (*Hevea brasiliensis* M.) di PT. Bridgestone Sumatra Rubber Estate

Siska^{1*}, Firman RL Silalahi², Juipri³

^{1,2}Program Studi Teknologi Produksi Tanaman Perkebunan, Polbangtan Medan

³Prodi Agronomi, Fakultas Pertanian, Universitas Islam Sumatera Utara

*Corresponding author, email: siska360634@gmail.com

ABSTRACT

*This study aimed to determine the effect of utilizing pineapple bromelain extract as a natural coagulant on the coagulation time and lump grade of rubber latex (*Hevea brasiliensis*). The study was conducted from November 2025 to April 2026 in Block U28, Afdeling 10, PT Bridgestone Sumatera Rubber Estate, Simalungun Regency, North Sumatra. The study used a non-factorial Randomized Complete Block Design (RCBD) with five treatments and five replications. The treatments consisted of P0 = 3 mL formic acid/100 mL latex, P1 = 1.5 mL, P2 = 5 mL, P3 = 10 mL, and P4 = 15 mL pineapple extract/100 mL latex. The observed parameters included coagulation time and lump grade. Coagulation time data were analyzed using analysis of variance (ANOVA), followed by Duncan's Multiple Range Test (DMRT) at the 5% significance level, while lump grade data were analyzed using the Kruskal–Wallis test at the 5% significance level. The results showed that pineapple extract had a highly significant effect on latex coagulation time, with an F-value of 735.605 and a significance value of 0.000. Treatment P4 resulted in the fastest coagulation time, at 17.56 minutes, while P1 resulted in the longest coagulation time, at 51.28 minutes. For the lump grade parameter, the Kruskal–Wallis test showed an H-value of 12.319 with a significance value of 0.015, indicating differences among treatments. Treatment P4 produced Grade 1 (very good) in all replications. Based on both parameters, P4, with a dose of 15 mL pineapple extract/100 mL latex, produced the best coagulation characteristics in this study.*

Keywords: bromelain, pineapple extract, natural coagulant, latex, lump grade, rubber

ABSTRAK

*Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh pemanfaatan ekstrak bromelin dari nanas sebagai koagulan alami terhadap waktu penggumpalan dan grade lump lateks tanaman karet (*Hevea brasiliensis*). Penelitian dilaksanakan pada November 2025–April 2026 di Blok U28 Afdeling 10 PT Bridgestone Sumatera Rubber Estate, Kabupaten Simalungun, Sumatera Utara. Penelitian menggunakan Rancangan Acak Kelompok (RAK) nonfaktorial dengan lima perlakuan dan lima ulangan. Perlakuan terdiri atas P0 = 3 ml asam format/100 ml lateks, P1 = 1,5 ml, P2 = 5 ml, P3 = 10 ml, dan P4 = 15 ml ekstrak nanas/100 ml lateks. Parameter yang diamati meliputi waktu penggumpalan dan grade lump. Data waktu penggumpalan dianalisis menggunakan analisis sidik ragam (ANOVA) dan dilanjutkan dengan DMRT 5%, sedangkan data grade lump dianalisis menggunakan uji Kruskal-Wallis pada taraf 5%. Hasil penelitian menunjukkan bahwa ekstrak nanas berpengaruh sangat nyata terhadap waktu penggumpalan lateks dengan nilai F-hitung sebesar 735,605 dan signifikansi 0,000. Perlakuan P4 menghasilkan waktu penggumpalan tercepat, yaitu 17,56 menit, sedangkan P1 menghasilkan*

waktu terlama, yaitu 51,28 menit. Pada parameter grade lump, hasil uji Kruskal-Wallis menunjukkan nilai H sebesar 12,319 dengan signifikansi 0,015, yang menunjukkan adanya perbedaan antar perlakuan. Perlakuan P4 menghasilkan grade 1 (sangat bagus) pada seluruh ulangan. Berdasarkan kedua parameter tersebut, perlakuan P4 dengan dosis 15 ml ekstrak nanas/100 ml lateks menghasilkan karakteristik penggumpalan terbaik dalam penelitian ini.

Kata kunci : bromelin, ekstrak nanas, koagulan alami, lateks, grade lump, karet

PENDAHULUAN

Tanaman karet (*Hevea brasiliensis* Muell. Arg.) merupakan salah satu komoditas perkebunan penting di Indonesia yang memiliki peranan dalam penyediaan bahan baku industri karet alam. Indonesia memiliki areal perkebunan karet yang tersebar di berbagai wilayah dan melibatkan perkebunan rakyat maupun perkebunan besar. Badan Pusat Statistik melalui Statistik Tanaman Perkebunan Tahunan Indonesia 2024 menyajikan data luas areal dan produksi karet berdasarkan provinsi serta sumber pengusahaan, sehingga menunjukkan bahwa karet masih menjadi salah satu komoditas perkebunan utama yang dikembangkan di Indonesia (BPS, 2025)

Salah satu tahapan penting dalam pengolahan hasil tanaman karet adalah proses koagulasi lateks. Koagulasi merupakan proses penggumpalan partikel karet dari sistem dispersi lateks menjadi koagulum. Jenis bahan yang digunakan sebagai koagulan dapat memengaruhi proses penggumpalan serta karakteristik bahan olah karet yang dihasilkan. Penelitian mengenai penggunaan beberapa jenis koagulan alami menunjukkan bahwa bahan yang memiliki sifat asam dapat dimanfaatkan untuk mempercepat proses koagulasi lateks dan menghasilkan karakteristik karet yang berbeda (Achmad *et al.*, 2023).

Penggunaan koagulan alami menjadi salah satu alternatif yang dapat dikembangkan dalam proses pengolahan lateks. Penelitian Achmad *et al.*, (2024) menunjukkan bahwa beberapa bahan alami dapat digunakan sebagai koagulan dalam proses penggumpalan lateks dan dibandingkan dengan koagulan kimia seperti asam format. Hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa karakteristik koagulum dan mutu karet dapat berbeda berdasarkan jenis koagulan yang digunakan.

Pemanfaatan ekstrak nanas sebagai koagulan alami semakin mendapat perhatian karena bahan tersebut dapat digunakan sebagai alternatif dalam proses koagulasi lateks. Achmad *et al.*, (2025) menggunakan ekstrak nanas sebagai koagulan alami pada lateks klon PB 260 dan menunjukkan bahwa ekstrak nanas mampu mengkoagulasi lateks serta menghasilkan karakteristik karet yang memenuhi standar mutu. Penelitian tersebut juga menunjukkan bahwa perlakuan terhadap ekstrak nanas dapat memengaruhi pH koagulan dan kecepatan proses koagulasi. Hasil tersebut memperkuat potensi ekstrak nanas sebagai bahan koagulan alami pada pengolahan karet.

Nanas (*Ananas comosus* L.) juga memiliki potensi sebagai sumber bahan aktif karena mengandung bromelin, yaitu kelompok enzim proteolitik yang dapat diperoleh dari berbagai bagian tanaman nanas. Penelitian terbaru mengenai bromelin menunjukkan bahwa enzim tersebut dapat diekstraksi dari tanaman nanas dan memiliki berbagai potensi pemanfaatan industri. Bagian tanaman yang selama ini menjadi hasil samping, seperti batang dan bagian lain dari tanaman, juga berpotensi dimanfaatkan sebagai sumber bromelin sehingga dapat mendukung pemanfaatan limbah pertanian menjadi produk bernilai tambah (Saptarini, 2026).

Pemanfaatan bahan berbasis nanas sebagai koagulan juga berkembang dalam penelitian mengenai bahan alami dan pemanfaatan hasil samping pertanian Ragu *et al.*, (2025) mengembangkan koagulan berbasis kulit nanas dan melakukan optimasi terhadap kondisi preparasi serta dosis penggunaannya. Meskipun penelitian tersebut diterapkan pada pengolahan air limbah dan bukan pada lateks karet, hasilnya menunjukkan bahwa bagian tanaman nanas

dapat diolah menjadi bahan koagulan alami dan bahwa kondisi preparasi serta dosis merupakan faktor penting yang menentukan efektivitas koagulan. Hal tersebut menjadi dasar bahwa variasi dosis bahan berbasis nanas perlu diperhatikan dalam penerapannya sebagai koagulan.

Selain penelitian mengenai ekstrak nanas, perkembangan penelitian koagulasi karet juga menunjukkan perhatian terhadap penggunaan proses koagulasi berbasis biologis dan bahan alami. Li *et al.*, (2025) mengkaji proses *bio-coagulation* pada karet alam dan menunjukkan bahwa kondisi bahan lateks dapat memengaruhi komposisi serta sifat karet yang dihasilkan melalui proses koagulasi. Pendekatan tersebut menunjukkan bahwa pengembangan proses koagulasi yang lebih ramah lingkungan tidak hanya berkaitan dengan kecepatan penggumpalan, tetapi juga dengan karakteristik produk karet yang dihasilkan.

Perkembangan terbaru dalam penelitian koagulan lateks di Indonesia juga mengarah pada pengembangan bahan koagulan yang lebih ramah lingkungan. Penelitian yang diterbitkan pada tahun 2026 mengenai optimalisasi koagulan ramah lingkungan pada industri lateks Indonesia mengembangkan formulasi berbasis bahan alami dan menerapkan pendekatan optimasi statistik untuk memperoleh kondisi penggunaan yang sesuai. Penelitian tersebut menunjukkan bahwa pengembangan koagulan alami dapat diarahkan pada prinsip ekonomi sirkular dan pengurangan penggunaan bahan kimia dalam proses pengolahan lateks (Rosyidah, 2026).

Meskipun penelitian mengenai koagulan alami dan ekstrak nanas telah berkembang, penelitian yang secara khusus mengkaji variasi dosis ekstrak bromelin dari nanas terhadap waktu penggumpalan dan *grade lump* lateks pada kondisi perkebunan masih perlu dikembangkan. Penelitian Achmad *et al.*, (2025) berfokus pada karakteristik karet berdasarkan penggunaan ekstrak nanas dan perlakuan sentrifugasi, sedangkan penelitian lainnya lebih banyak mengkaji formulasi atau karakteristik koagulan alami pada proses pengolahan yang berbeda. Oleh karena itu, pengamatan terhadap waktu penggumpalan dan *grade lump* pada beberapa dosis ekstrak bromelin dapat memberikan informasi yang lebih spesifik mengenai efektivitas penggunaannya sebagai koagulan alami pada lateks tanaman karet.

Berdasarkan uraian tersebut, penelitian ini dilakukan di PT Bridgestone Sumatra Rubber Estate dengan menggunakan ekstrak bromelin dari nanas sebagai koagulan alami dan asam format sebagai perlakuan kontrol. Penelitian menggunakan beberapa dosis ekstrak nanas untuk mengetahui pengaruhnya terhadap waktu penggumpalan dan *grade lump* lateks. Berdasarkan laporan Tugas Akhir, perlakuan terdiri atas P0 berupa asam format 3 ml/100 ml lateks, P1 ekstrak nanas 1,5 ml/100 ml lateks, P2 sebesar 5 ml/100 ml lateks, P3 sebesar 10 ml/100 ml lateks, dan P4 sebesar 15 ml/100 ml lateks dengan lima ulangan. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh penggunaan ekstrak bromelin dari nanas terhadap waktu penggumpalan dan *grade lump* lateks tanaman karet di PT Bridgestone Sumatra Rubber Estate.

BAHAN DAN METODE

Penelitian dilaksanakan pada November 2025–April 2026 di Blok U28 Afdeling 10, PT Bridgestone Sumatera Rubber Estate, Kabupaten Simalungun, Sumatera Utara. Penelitian menggunakan tanaman karet klon PB 330. Bahan yang digunakan berupa lateks karet, ekstrak bonggol nanas, dan asam format sebagai kontrol. Alat yang digunakan meliputi blender, saringan, mangkuk lateks, gelas/takaran, *stopwatch*, pisau, dan alat tulis. Penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Kelompok (RAK) nonfaktorial dengan 5 perlakuan dan 5 ulangan. Perlakuan terdiri atas P0 = asam format 3 ml/100 ml lateks, P1 = ekstrak nanas 1,5 ml/100 ml, P2 = 5 ml/100 ml, P3 = 10 ml/100 ml, dan P4 = 15 ml/100 ml, sehingga diperoleh 25 unit percobaan.

Prosedur Penelitian

Bonggol nanas dibersihkan, dihaluskan menggunakan blender, kemudian disaring untuk

memperoleh ekstrak kasar. Lateks segar sebanyak 100 ml diberi koagulan sesuai perlakuan dan diaduk hingga homogen. Waktu penggumpalan dicatat menggunakan *stopwatch* sejak penambahan koagulan hingga terbentuk gumpalan. *Grade lump* dinilai berdasarkan karakteristik fisik gumpalan dan warna serum sesuai standar PT Bridgestone Sumatera

Analisis Data

Data waktu penggumpalan dianalisis menggunakan ANOVA dan dilanjutkan dengan DMRT pada taraf 5% apabila berpengaruh nyata. Data *grade lump* dianalisis menggunakan uji Kruskal–Wallis pada taraf 5%.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengaruh Ekstrak Nanas terhadap Waktu Penggumpalan Lateks

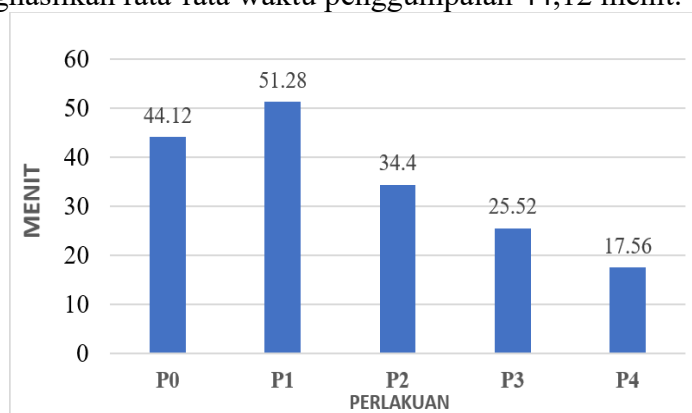
Hasil analisis menunjukkan bahwa pemberian ekstrak nanas sebagai koagulan alami memberikan pengaruh sangat nyata terhadap waktu penggumpalan lateks. Hasil analisis sidik ragam menunjukkan nilai F-hitung sebesar 735,605, sedangkan F-tabel pada taraf 5% sebesar 3,01, sehingga perlakuan berpengaruh sangat nyata terhadap waktu penggumpalan lateks. Data rata-rata waktu penggumpalan pada setiap perlakuan disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Rata-rata Waktu Penggumpalan Lateks pada Berbagai Perlakuan

Perlakuan	Dosis koagulan (ml/100 ml lateks)	Rata-rata waktu penggumpalan (menit)
P0	3 ml asam format	44,12b
P1	1,5 ml ekstrak nanas	51,28a
P2	5 ml ekstrak nanas	34,40c
P3	10 ml ekstrak nanas	25,52d
P4	15 ml ekstrak nanas	17,56e

Keterangan: Angka yang diikuti oleh huruf yang berbeda menunjukkan perbedaan nyata berdasarkan uji DMRT 5%.

Berdasarkan Tabel 1, waktu penggumpalan berbeda pada setiap perlakuan. Perlakuan P1 dengan dosis 1,5 ml/100 ml lateks menghasilkan waktu penggumpalan paling lama, yaitu 51,28 menit, sedangkan P4 dengan dosis 15 ml/100 ml lateks menghasilkan waktu penggumpalan paling singkat, yaitu 17,56 menit. Perlakuan P0 sebagai kontrol menggunakan 3 ml asam format menghasilkan rata-rata waktu penggumpalan 44,12 menit.



Gambar 1. Grafik rata-rata waktu penggumpalan lateks pada berbagai perlakuan.

Gambar 1 menunjukkan Grafik penambahan ekstrak nanas pada dosis yang lebih tinggi diikuti oleh penurunan waktu penggumpalan. P1 memiliki waktu penggumpalan paling lama sebesar 51,28 menit, kemudian menurun menjadi 34,40 menit pada P2, 25,52 menit pada P3,

dan 17,56 menit pada P4. Dengan demikian, terdapat pola penurunan waktu penggumpalan seiring peningkatan dosis ekstrak nanas. Data mentah penelitian juga menunjukkan konsistensi nilai ulangan pada masing-masing perlakuan. Hasil analisis sidik ragam menunjukkan nilai F-hitung 735,605 dengan nilai signifikansi 0,000, sehingga terdapat perbedaan yang sangat nyata antarperlakuan. Karena terdapat pengaruh nyata, analisis dilanjutkan dengan DMRT 5% untuk mengetahui perbedaan antarperlakuan.

Pengaruh Ekstrak Bromelin dari Nanas terhadap Grade Lump

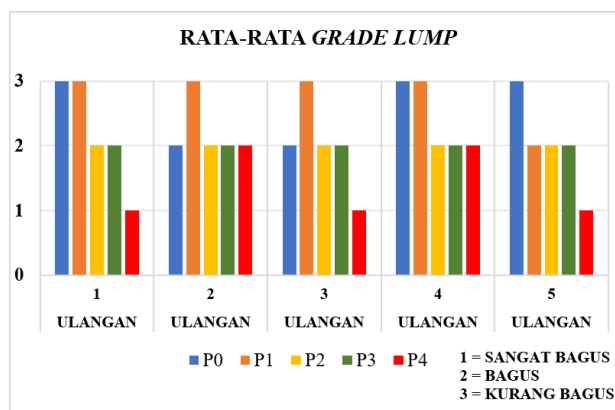
Selain waktu penggumpalan, kualitas koagulum diamati berdasarkan grade lump. Penilaian dilakukan berdasarkan kondisi fisik gumpalan dan warna serum. Data hasil pengamatan grade lump dari lima ulangan disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Grade lump pada setiap perlakuan

Perlakuan	Ulangan (U)					Rata-Rata
	U1	U2	U3	U4	U5	
P0	2	2	3	3	3	3
P1	2	2	3	3	3	3
P2	2	2	3	3	3	3
P3	2	2	2	3	3	2
P4	1	1	1	1	1	1

Sumber: Analisis data primer (2026).

Keterangan: 1 = sangat bagus; 2 = bagus; 3 = kurang bagus.



Gambar 12. Rata-Rata Grade lump setiap ulangan

Sumber: Grafik Waktu Penggumpalan Lateks

Hasil pengamatan *grade lump* pada setiap perlakuan disajikan pada Tabel 2 dan Gambar 2. Penilaian *grade lump* didasarkan pada karakteristik fisik gumpalan dan warna serum. Berdasarkan Gambar 2, perlakuan P0 dan P1 menunjukkan nilai *grade* yang cenderung berada pada grade 3 (kurang bagus), sedangkan P2 dan P3 menghasilkan grade 2 (bagus) pada seluruh ulangan. Perlakuan P4 dengan dosis 15 ml ekstrak nanas/100 ml lateks menghasilkan grade 1 (sangat bagus) pada seluruh ulangan.

Perbedaan tersebut menunjukkan bahwa pemberian ekstrak nanas dengan dosis yang berbeda menghasilkan karakteristik gumpalan lateks yang berbeda. Semakin tinggi dosis ekstrak nanas yang diberikan, pada penelitian ini terlihat kecenderungan peningkatan kualitas *grade lump*. Perlakuan P4 menghasilkan gumpalan dengan grade 1 pada seluruh ulangan, yang menunjukkan karakteristik gumpalan paling baik berdasarkan kriteria penilaian yang digunakan.

Selanjutnya, data *grade lump* dianalisis menggunakan uji Kruskal-Wallis karena data

yang diperoleh bersifat ordinal. Hasil analisis menunjukkan nilai Kruskal-Wallis H sebesar 12,319 dengan nilai Asymp. Sig. sebesar $0,015 < 0,05$. Hasil tersebut menunjukkan bahwa terdapat perbedaan *grade lump* antarperlakuan. Dengan demikian, pemberian ekstrak nanas pada dosis yang berbeda memberikan perbedaan terhadap karakteristik mutu gumpalan lateks. Perlakuan P4 dengan dosis 15 ml ekstrak nanas/100 ml lateks menghasilkan *grade 1* pada seluruh ulangan dan memiliki waktu penggumpalan paling cepat, yaitu 17,56 menit. Hasil analisis disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil Uji Kruskal-Wallis (K *Independent Sample Test*)

	<i>Grade</i>
<i>Kruskal-Wallis H</i>	12.319
<i>Df</i>	4
<i>Asymp. Sig</i>	0,015

Sumber: Analisis Primer (2026)

Nilai Asymp. Sig. sebesar $0,015 < 0,05$, sehingga terdapat perbedaan *grade lump* antarperlakuan. Hasil ini menunjukkan bahwa pemberian ekstrak nanas pada konsentrasi yang berbeda menghasilkan karakteristik *grade lump* yang berbeda. Nilai *grade* terendah terdapat pada P4, yaitu 1 pada seluruh ulangan, yang berdasarkan kriteria penilaian menunjukkan kualitas lump sangat bagus.

Perbedaan *grade lump* tersebut terlihat dari kondisi gumpalan dan serum yang terbentuk. Perlakuan P4 menghasilkan gumpalan dengan karakteristik *grade 1* pada seluruh pengamatan, sedangkan perlakuan lainnya masih menunjukkan *grade 2* dan 3. Hal ini menunjukkan bahwa konsentrasi ekstrak nanas sebesar 15 ml/100 ml lateks menghasilkan karakteristik koagulum yang berbeda dibandingkan konsentrasi yang lebih rendah.

Secara keseluruhan, hasil penelitian menunjukkan bahwa peningkatan dosis ekstrak nanas memberikan perubahan pada waktu penggumpalan dan *grade lump*. P4 dengan dosis 15 ml ekstrak nanas/100 ml lateks memiliki waktu penggumpalan 17,56 menit dan *grade lump 1* pada seluruh ulangan. Hasil tersebut menjadi dasar dalam menentukan perlakuan yang menghasilkan karakteristik penggumpalan dan mutu lump sesuai parameter yang diamati.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan ekstrak nanas memberikan perubahan terhadap karakteristik penggumpalan lateks. Ekstrak bonggol nanas mengandung enzim bromelin serta senyawa asam yang dapat berperan dalam proses koagulasi lateks. Penelitian Achmad *et al.*, (2025) menunjukkan bahwa ekstrak nanas dapat digunakan sebagai koagulan alami pada lateks karet. Penggunaan ekstrak nanas terbukti efektif dalam proses koagulasi dan dapat menghasilkan karakteristik karet yang memenuhi standar mutu, sehingga berpotensi menjadi alternatif koagulan kimia.

Pada penelitian ini, peningkatan dosis ekstrak nanas dari P1 hingga P4 diikuti oleh semakin singkatnya waktu penggumpalan. Perlakuan P4 dengan dosis 15 ml/100 ml lateks menghasilkan waktu penggumpalan tercepat, yaitu 17,56 menit, sedangkan P1 menghasilkan waktu terlama, yaitu 51,28 menit. Hasil tersebut menunjukkan bahwa jumlah ekstrak yang diberikan berhubungan dengan proses penggumpalan lateks. Penelitian sebelumnya juga menunjukkan bahwa ekstrak nanas dapat mempercepat proses koagulasi lateks dan dapat digunakan sebagai alternatif koagulan alami.

Perbedaan waktu penggumpalan tersebut juga diikuti oleh perbedaan *grade lump*. Perlakuan P4 menghasilkan *grade 1* pada seluruh ulangan, sedangkan P2 dan P3 menghasilkan *grade 2*, serta P0 dan P1 masih menunjukkan *grade 3* pada sebagian besar pengamatan. Hasil ini menunjukkan bahwa perlakuan dengan dosis ekstrak nanas yang lebih tinggi dalam penelitian ini tidak hanya mempercepat penggumpalan, tetapi juga menghasilkan karakteristik gumpalan yang lebih baik berdasarkan kriteria *grade lump* yang digunakan.

Penelitian Achmad *et al.*, (2025) juga menunjukkan bahwa ekstrak nanas dapat digunakan sebagai koagulan alami lateks dan efektif dalam proses koagulasi. Dengan demikian, berdasarkan parameter waktu penggumpalan dan *grade lump*, perlakuan P4 dengan dosis 15 ml ekstrak nanas/100 ml lateks menunjukkan karakteristik penggumpalan yang paling baik dalam penelitian ini.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian, dapat disimpulkan bahwa penggunaan ekstrak bromelin dari nanas sebagai koagulan alami memberikan pengaruh sangat nyata terhadap waktu penggumpalan lateks. Perlakuan P4 dengan dosis 15 ml ekstrak nanas/100 ml lateks menghasilkan waktu penggumpalan paling cepat, yaitu 17,56 menit, dibandingkan P0 sebesar 44,12 menit, P1 sebesar 51,28 menit, P2 sebesar 34,40 menit, dan P3 sebesar 25,52 menit. Penggunaan ekstrak nanas juga memberikan perbedaan terhadap *grade lump* lateks. Perlakuan P4 menghasilkan *grade 1* (sangat bagus) pada seluruh ulangan, sedangkan P3 menghasilkan *grade 2* dan P0, P1, serta P2 cenderung menghasilkan *grade 3*. Hasil uji Kruskal-Wallis menunjukkan nilai Asymp. Sig. $0,015 < 0,05$, sehingga terdapat perbedaan *grade lump* antarperlakuan. Secara keseluruhan, perlakuan P4 (15 ml ekstrak nanas/100 ml lateks) menghasilkan karakteristik penggumpalan terbaik berdasarkan parameter waktu penggumpalan dan *grade lump* yang diamati dalam penelitian ini.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyampaikan ucapan terima kasih kepada Dr. Nurliana Harahap, S.P., M.Si selaku Direktur Polbangtan Medan, Dr. Firman R.L. Silalahi, S.TP., M.Si. selaku Dosen Pembimbing I, serta selaku Ir. Juipri Dosen Pembimbing II yang telah memberikan arahan, bimbingan, serta masukan selama pelaksanaan penelitian dan penyusunan artikel ilmiah ini. Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada seluruh pihak yang telah membantu dan memberikan dukungan dalam proses penelitian hingga penyusunan karya ilmiah ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Achmad, F., Simbolon, N. I., & Mahendra, L. E. (2024). *Jurnal Riset Teknologi*. Pencegahan Pencemaran Industri Environmentally Friendly Natural Coagulants in the Coagulation Process in the Rubber Industry. 15(1), 33–40.
- Badan Pusat Statistik (BPS). (2024). Statistik Karet Indonesia 2024. Jakarta: BPS RI.
- Kimia, T., Kimia, T., Jenderal, U., Yani, A., Barat, J., Riset, B., Nasional, I., & Bintang, T. (2023). Fisibilitas Pemanfaatan Koagulan Alami Terhadap Karakteristik Karet Pada Produksi Sir 20. 41(2), 153–168.
- Li, J., Li, Y., Ding, L., Huang, H., Dai, T., Zhao, L., Xu, Y., & Wu, F. (2025). *The Effect of the Fresh Latex Ratio on the Processing and Dynamic Properties of Bio-Coagulated Natural Rubber*. 1–16.
- Of, E., Speed, C., Pineapple, O. F., As, E., Coagulant, N., & Rubber, O. N. (2025). Effect Of Centrifugation Speed Of Pineapple Extract As Natural Coagulant On Rubber. 2, 91–97.
- Ragu, N., Rahman, S. A., Samah, R. A., Zainol, N., & Helwani, Z. (2025). *Innovative Use of Pineapple Peel as a Coagulant : Insights from Factorial Analysis*. 11(1), 10–16.
- Rosyidah, M. (2026). World Development Sustainability Optimization of environmentally friendly coagulants based on circular economy and SDGs in the rubber latex industry in Indonesia. *World Development Sustainability*, 8(January), 100274. <https://doi.org/10.1016/j.wds.2026.100274>

- Santi, R., Yuliana, F., dan Hidayat, A. (2017). Pemanfaatan ekstrak bromelin buah nanas sebagai koagulan alami pada penggumpalan lateks karet. *Jurnal Penelitian Karet*, 35(2), 133–142.
- Santoso, S. (2014). *Statistik Nonparametrik: Konsep dan Aplikasi dengan SPSS*. Jakarta: PT Elex Media Komputindo. ISBN: 978-602-02-3243-0. (Buku ini tersedia di Perpustakaan Nasional RI dan menjadi acuan utama metode Kruskal-Wallis dalam banyak penelitian Indonesia.)
- Saptarini, N. M. (2026). *Turning Agricultural Waste Into Enzymatic Treasure : Bromelain Stability in Pineapple Crown and Peel Waste From Subang District , Indonesia*. 1–8. <https://doi.org/10.1155/bri/7470038>
- Saradhulhat, P., dan Paull, R. E. (2007). Pineapple organic acid metabolism and accumulation during fruit development. *Scientia Horticulturae*, 112(3), 297–303.
- Setiawan, D. H., dan Andoko, A. (2005). *Petunjuk Lengkap Budi Daya Karet*. Penerbit Agromedia Pustaka.
- Souhaly, H., dan Persulessy, E. (2022). Analisis Kruskal-Wallis untuk Mengetahui Konsentrasi Belajar Mahasiswa Berdasarkan Bidang Minat Program Studi Statistika FMIPA UNPATTI. *Parameter: Jurnal Matematika, Statistika dan Terapannya*.
- Statistik Perkebunan Indonesia. (2025). *Karet 2023–2025*. Direktorat Jenderal Perkebunan, Kementerian Pertanian.
- Statistik Perkebunan Indonesia. (2025). *Statistik Perkebunan Indonesia: Karet 2023–2025*. Direktorat Jenderal Perkebunan, Kementerian Pertanian.
- Sugiyono. (2019). *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif, dan R&D (Edisi ke-2)*. Bandung: Alfabeta.
- Syilfi dan Hidayat, R. (2024). Rancangan Acak Kelompok (RAK) pada Analisis Pengaruh Pupuk Bokashi Kotoran Ayam terhadap Pertumbuhan dan Produksi Tanaman Bawang Daun. *VARIANSI: Journal of Statistics and Its Application on Teaching and Research*, 6(2), 67–75.
- Tjasadihardja, A., dan Nasution, U. (2020). *Panduan Budidaya Karet Unggul*. Yogyakarta: Pustaka Baru Press. (atau edisi terbaru buku Penebar Swadaya)
- Vachlepi, A., Suwardin, D., dan Purbaya, M. (2015) Karakterisasi Kondisi Penggumpalan dan Mutu Karet yang Digumpalkan dengan Koagulan Deorub Formula Baru. *Jurnal Penelitian Karet*, 33(2), 175–182.
- Valentina, A., Herawati, M. M., dan Agus, Y. H. (2020). Pengaruh asam sulfat sebagai bahan koagulan lateks terhadap karakteristik karet dan mutu karet. *Jurnal Penelitian Karet*, 38(1), 85–94.
- Valentina, S., Purba, H., dan Simanjuntak, R. (2020). Pengaruh penggunaan asam format terhadap mutu bahan olah karet dan lingkungan kerja. *Jurnal Teknologi Pertanian*, 21(3), 187–195.
- Varilla, C., Marcone, M., Paiva, L., dan Baptista, J. (2021). Bromelain, a group of pineapple proteolytic complex enzymes (*Ananas comosus*) and their possible therapeutic and clinical effects. A summary. *Foods*, 10(10), 2249.
- Vintiani, N., Naswir, M., dan Suryadri, H. (2021) Application of Coal Liquid Smoke as a Latex Coagulant and its Effect on Latex Structure and Quality. *Jurnal Engineering*, 3(1), 35–43.
- Wahyuni, S., et al. (2023). Teknologi budidaya dan pascapanen karet untuk peningkatan produktivitas perkebunan nasional. *Jurnal Penelitian Karet*, 41(2).
- Waruwu, M. (2023). Pendekatan penelitian pendidikan: Metode penelitian kualitatif, metode penelitian kuantitatif, dan metode penelitian kombinasi. *Jurnal Pendidikan Tambusai*, 7(1), 2896–2910.