Jurnal Penelitian Karet, 2025, 43 (1) : 35 - 50
Indonesian J. Nat. Rubb. Res. 2025, 43 (1) : 35 - 50
Doi : 10.22302/ppk.jpk.v43i1.945

KAJIAN PROSES KOAGULASI LATEKS KARET ALAM SECARA TERMAL MEMBENTUK PRODUK PADAT CACAHAN

Study of Thermal Coagulation of Natural Rubber Latex Coagulation to Form Solid Crumb Rubber Products

Feerzet ACHMAD[*1], Yusril Mahendra SIMBOLON[1], Kristomi Yahya SINAGA[1], Reni YUNIARTI[1], Yazid BINDAR[2]

[1]Teknik Kimia, Institut Teknologi Sumatera, Lampung, Indonesia
[2]Teknik Kimia, Institut Teknologi Bandung, Jawa Barat, Indonesia
[*]E-mail: feerzet.achmad@tk.itera.ac.id

Diterima: 21 Januari 2024/Disetujui: 25 Mei 2025

Abstract

Natural rubber is one of the plantation commodities that has an important role in terms of the country's economy. Rubber is one of the most potential and abundant biological natural resources in Indonesia. This study aimed to determine the effect of thermal coagulant on the coagulation process, coagulation time, heat rate used for thermal coagulant, and analysis of thermal coagulant. There are 2 thermal coagulants used, namely the traditional thermal coagulant (TKT) using firewood and the modern thermal coagulant (TKM) using a laboratory oven. Thermal coagulant was carried out with various latex weights of 0.5 kg, 0.75 kg, 1 kg, 1.25 kg, and 1.5 kg at medium heat TKT temperature 60^{o}C – 100^{o}C, high heat temperature 110^{o}C – 150^{o}C and TKM temperature 145^{o}C. The research results obtained that thermal coagulant could agglomerate latex. Thermal coagulant obtained TKT thermal time faster than TKM. The heat generated for TKM was greater than the heat generated by TKT, and the greater the latex weight variation, the more heat generated for the thermal coagulant. The TKM heat rate was higher than the TKT heat rate, and the greater the latex weight variation, the lower the resulting heating. This thermal coagulation can help rubber farming communities to agglomerate latex more economically and efficiently, and that thermal coagulant leads to the production of rubber as a raw material which is stored in solid form for the depolymerization process by pyrolysis into a form of renewable hydrocarbons.

Keywords: PB 260 clone, latex, pyrolysis, traditional thermal coagulant (TKT), modern thermal coagulant (TKM)

Abstrak

Karet alam adalah salah satu komoditi perkebunan yang memiliki peranan penting dalam hal perekonomian negara. Karet merupakan salah satu sumber daya alam hayati yang sangat potensial dan berlimpah di Indonesia. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh termal koagulan terhadap proses koagulasi, waktu koagulasi, laju kalor yang digunakan untuk termal koagulan, dan analisis termal koagulan. Terdapat 2 termal koagulan yang digunakan yaitu termal koagulan secara tradisional (TKT) dengan menggunakan kayu bakar dan termal koagulan secara modern (TKM) dengan menggunakan oven laboratorium. Termal koagulan dilakukan dengan variasi berat lateks 0,5 kg, 0,75 kg, 1 kg, 1,25 kg, dan 1,5 kg pada temperatur TKT api sedang 60^{o}C – 100^{o}C, temperatur api besar 110^{o}C–150^{o}C dan temperatur TKM 145^{o}C. Hasil penelitian diperoleh termal koagulan dapat menggumpalkan lateks. Termal koagulan diperoleh waktu termal TKT lebih cepat dibandingkan dengan TKM. Kalor yang dihasilkan untuk TKM lebih besar dari kalor yang dihasilkan oleh TKT, dan semakin besar variasi berat lateks, semakin banyak kalor yang dihasilkan untuk koagulan termal. Laju kalor TKM lebih tinggi dibandingkan dengan laju kalor TKT,

dan semakin besar nilai variasi berat lateks maka semakin rendah pemanasan yang dihasilkan. Koagulasi termal ini dapat membantu masyarakat petani karet untuk menggumpalkan lateks secara lebih ekonomis dan efisien, dan bahwa termal koagulan ini mengarah pada produksi karet sebagai bahan baku yang disimpan dalam bentuk padat untuk proses depolimerisasi dengan pirolisis menjadi bentuk hidrokarbon terbarukan.

Kata kunci: Klon PB 260, lateks, pirolisis, termal koagulan tradisional (TKT), termal koagulan modern (TKM).

PENDAHULUAN

Karet merupakan salah satu sumber daya alam hayati yang masih potensial dan banyak ditanam di Indonesia. Keadaan alam Indonesia yang beriklim tropis menjadi wilayah yang strategis untuk tumbuhnya pohon karet (Febrianti dkk., 2014). Indonesia adalah pemilik lahan terluas perkebunan karet di dunia (Telaumbanua dkk., 2013). Perkebunan karet di Indonesia didominasi oleh perkebunan karet rakyat. Pada tahun 2022, perkebunan karet rakyat telah meliputi areal seluas 3,263 juta hektar atau sekitar 91.7% dari total areal karet nasional, dengan produksi 2,509 ton/tahun sekitar 92.3% dari total produksi karet alam nasional (BPS, 2024).

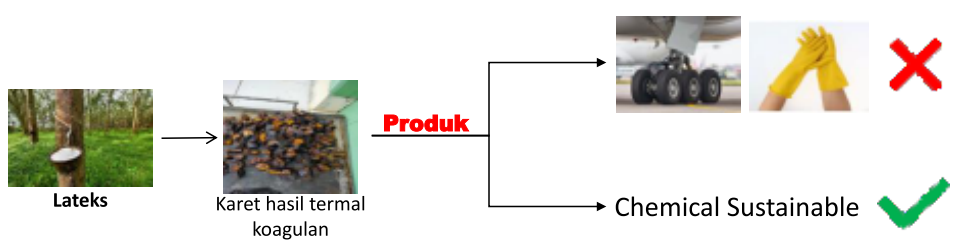
Secara historis, ada beberapa metode koagulasi lateks yang diketahui oleh petani atau peneliti, yaitu koagulasi alami, koagulasi secara biologis, dan termal koagulan (Wei dkk., 2022). Secara alami, lateks tetap terkoagulasi dalam cawan penampung selama beberapa hari tanpa bantuan produk asam yang dihasilkan oleh buah-buahan yang mengandumg asam (Achmad, 2022). Teknik ini dapat dipercepat dengan menambahkan serum lateks atau kation logam (John, 1973). Pendekatan serupa lainnya untuk koagulasi alami adalah koagulasi dengan bantuan biologis, yang berhubungan dengan inokulasi *strain* bakteri atau *substrat* yang sesuai untuk meningkatkan aktivitas fermentasi karbohidrat, dengan demikian menghasilkan lebih banyak turunan asam untuk mempercepat proses koagulasi (Satchuthananthavale & Satchuthananthavale, 1971). Di sisi lain, koagulasi pada tingkat pH yang lebih tinggi dimungkinkan dengan penambahan garam anorganik. Koagulasi dengan garam divalen lebih efektif terutama menggunakan kalsium klorida ($CaCl_2$) (Ferreira dkk., 2005).

Untuk mempercepat proses koagulasi, biasanya petani menambahkan sejumlah larutan asam ke dalam mangkok pengumpal untuk menurunkan pH lateks. Jenis larutan asam yang digunakan petani bergantung pada praktik historis dan ketersediaan bahan kimia (Andriani dkk., 2018). Koagulan kimia yang paling umum digunakan dalam produksi komersial adalah asam format, asam asetat, dan asam sulfat (Othman, 1980). Jenis koagulan non konvensional antara lain asam sitrat, asam klorida dan asam format (Ferreira dkk., 2005). Teknik koagulasi lainnya yaitu dengan menggunakan termal koagulan. Termal koagulan adalah metode penggumpalan lateks dengan dipanaskan menggunakan api/listrik. Menurut penelitian yang dilakukan oleh Liao, dkk (2012) menunjukkan teknik baru untuk koagulasi lateks yang menggunakan termal dapat menjadi solusi ramah lingkungan dan berkelanjutan di bidang pertanian dan industri. Dengan adanya metode ini petani diharapkan dapat menggumpalkan lateks lebih efisien dan ekonomis (Wei dkk., 2022).

Sejarah termal koagulan dimulai pada tahun 1934, Martin dan Rhodes telah mencari teknik koagulasi baru untuk menghasilkan karet yang lebih lembut karena harga koagulan kimia pada pasar saat itu sangat tinggi. Lateks dipanaskan dalam autoklaf dengan temperatur 145 °C selama lebih dari 90 menit tanpa penambahan koagulan apa pun. Karet kering yang dihasilkan ditemukan lebih lembut, dengan sifat kekuatan tarik autoklaf lebih baik daripada koagulan kimia. Tetapi, dengan meggunakan metode ini tidak efisien, karena biaya inventasi yang tinggi pada auotoklaf untuk skala produksi yang lebih besar (Marthin & Davey W, 1934). John dan Sin (1974) memperluas penelitian untuk menggumpal lateks dengan dipanaskan selama 10 menit pada tekanan 1 kg/cm^2 dalam autoklaf. Teknik ini memungkinkan penggunaan pengawet seperti amonia, formalin, dan natrium sulfit, serta hidroksilamin hidroklorida untuk

menghasilkan karet *Constant Viscosity* (CV) (John, 1973). Hasil karet menggunakan teknik ini sekitar 2% lebih tinggi dibandingkan dengan koagulasi asam, yang menunjukkan bahwa sebagian besar komponen non-karet dipertahankan sampai fase karet kering. Salah satu keterbatasan metode ini adalah tempat autoklaf lateks yang diperlukan harus memiliki volume yang lebih banyak. Meskipun proses koagulasi karet yang dihasilkan pada penelitian ini lebih cepat dengan karakteristik karet seperti kekuatan tarik, koagulasi uap tidak bersifat industri seperti saat ini karena karakteristik karet yang dihasilkan kurang bagus seperti karet rentan terhadap oksidasi yang menyebabkan pengerasan dan retak jika dibandingkan koagulasi kimia/ asam (Motina & Rex, 2021; Wei dkk., 2022).

Pada penelitian ini, dilakukan pembaharuan dengan menggumpalkan lateks dengan kayu bakar pada termal koagulasi secara tradisional (TKT) dan oven pada termal koagulasi secara modern (TKM) (Gambar 1). Perkembangan dengan menggunakan termal koagulan ini dirasa penting, mengingat tujuan akhir dari penelitian ini adalah membantu masyarakat petani karet agar dapat menggumpalkan lateks lebih ekonomis dan efektif serta dapat meningkatkan produksi karet sebagai bahan baku pada proses pengolahan hidrokarbon terbarukan melalui reaksi depolimerisasi.



Gambar 1. Tujuan Penelitian (skema)
Figure 1. Research Objectives (scheme)

BAHAN DAN METODE

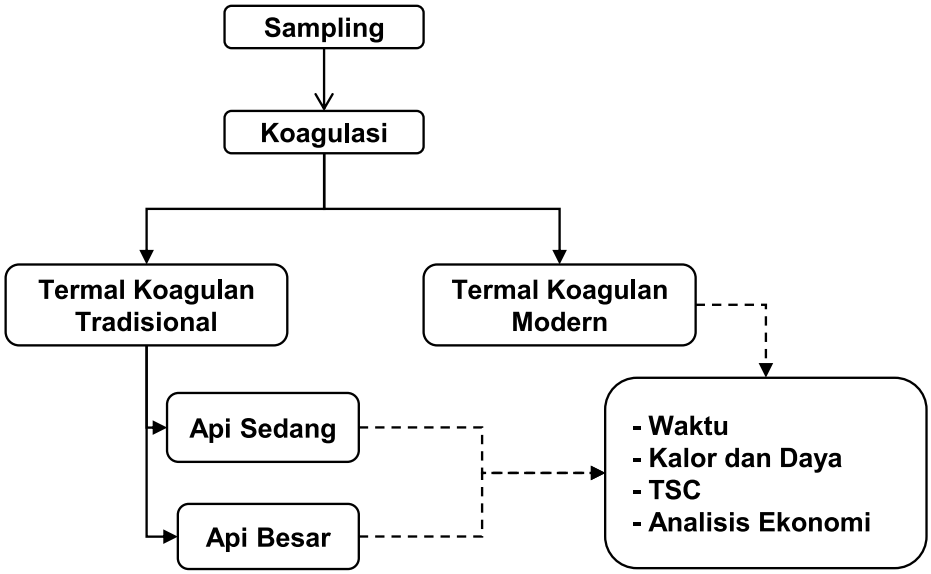
Bahan yang digunakan adalah lateks karet alam yang didapatkan dari kebun karet di Area Kampus Institut Teknologi Sumatera. Sumber lateks karet alam diperoleh dari klon PB 260 berusia sekitar 20 tahun. Lateks digunakan sebanyak 15 kg sesuai dengan variabel tetap penelitian ini yaitu 0,5 kg; 0,75 kg; 1 kg; 1,25 kg dan 1,5 kg. Alat yang digunakan adalah pisau deres, mangkuk lateks, ring mangkuk, *stop wach,* neraca analitis, *thermometer*, plat TKT (3 cm x 50 cm x 75 cm), pisau, korek api, ember dan oven merek Memmert yang telah dikalibrasi setiap tahunnya. Penelitian dilaksanakan dari tanggal 2 November 2022 sampai dengan 29 November 2022 berlokasi di laboratorium Teknik IV Prodi Farmasi, Institut Teknologi Sumatera. Penelitian ini dilaksanakan dalam tiga tahapan sebagaimana ditampilkan pada Gambar 2.

1. Pengambilan Contoh (*Sampling*) Lateks

Lateks disadap dari pohon karet sehingga diperoleh lateks karet alam segar sejumlah 15 kg. Sampel lateks kemudian di timbang untuk menghitung berat lateks sesuai dengan variabel yang ditetapkan pada percobaan penelitian yaitu masing-masing seberat 5 kg.

2. Proses Pengeringan (*Drying*)

Pada proses TKT, plat yang terbuat dari besi dengan ukuran 60x90 cm yang sudah disiapkan kayu bakar dipanaskan terlebih dahulu sesuai dengan temperatur percobaan (api sedang pada temperatur 60-100^{o}C dan api besar pada temperatur 110-150^{o}C) akan dimasukkan lateks. Temperatur pemanasan berada di rentang tersebut disebabkan oleh kondisi pemanasan di tempat terbuka, sehingga api yang selalu berubah-ubah mempengaruhi proses pemanasannya. Sedangkan proses TKM, lateks dimasukan ke dalam oven yang sudah di panaskan pada temperatur 145^{o}C. Selama proses pemanasan lateks, dilakukan



Gambar 2. Diagram Alir Termal Koagulan
Figure 2. Coagulant Thermal Flow Chart

pengamatan terhadap waktu koagulasi termal. Penentuan tahap kematangan lateks dilakukan dengan mengamati sifat fisik karet, seperti perubahan warna menjadi hitam kecoklatan, serta memastikan tidak terjadi perubahan berat pada karet yang telah diukur sebanyak 3 kali percobaan. Selanjutnya, dilakukan percobaan dengan variabel penelitian lainnya, yaitu variasi berat lateks.

3. Pencacahan

Karet yang sudah kering kemudian dicacah sehingga berukuran ± 3 x 3 cm. Pencacahan karet berfungsi untuk mempercepat proses pengeringan dan supaya tempat penyimpanan produk karet kering lebih efisien, selain itu untuk mempermudah transportasi pada pengolahan karet lebih lanjut (secara pirolisis dalam pengolahan hidrokarbon terbarukan).

Untuk menghitung kalor termal koagulasi tradisional dan modern maka diketahui nilai kalor jenis dari kayu bakar adalah 1700 J/kg.°C dan kalor jenis udara 1000 J/kg.°C. Rumus yang digunakan menghitung nilai kalor dan laju kalor dari termal koagulasi sesuai dengan persamaan 1 & 2 berikut;

$$Q = m\ x\ c\ x\ \Delta T \text{.....(1)}$$

$$W = \frac{Q}{t} \text{.....(2)}$$

Dimana (*Remaks*):
Q = Kalor (J)
m = Berat media pemanas (kg)
c = Kalor jenis media pemas (J/kg.°C)

HASIL DAN PEMBAHASAN

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengkaji perbedaan proses koagulasi termal lateks karet alam secara TKT dengan menggunakan kayu bakar dan TKM dengan menggunakan oven laboratorium. Dari serangkaian percobaan yang telah dilakukan dapat diketahui bahwa telah didapatkan hasil perbedaan waktu termal koagulasi, nilai TSC karet hasil termal koagulasi, kalor dan laju kalor termal koagulasi serta analsisi ekonomi termal koagulan. Hasil termal koagulasi dapat dilihat pada Tabel 1.

Pengaruh Berat Lateks Terhadap Waktu Termal Koagulan

Penelitian ini dilakukan dengan membandingkan waktu proses koagulasi termal dengan TKT yang menggunakan variasi api sedang dan api besar serta TKM yang menggunakan oven terhadap berat

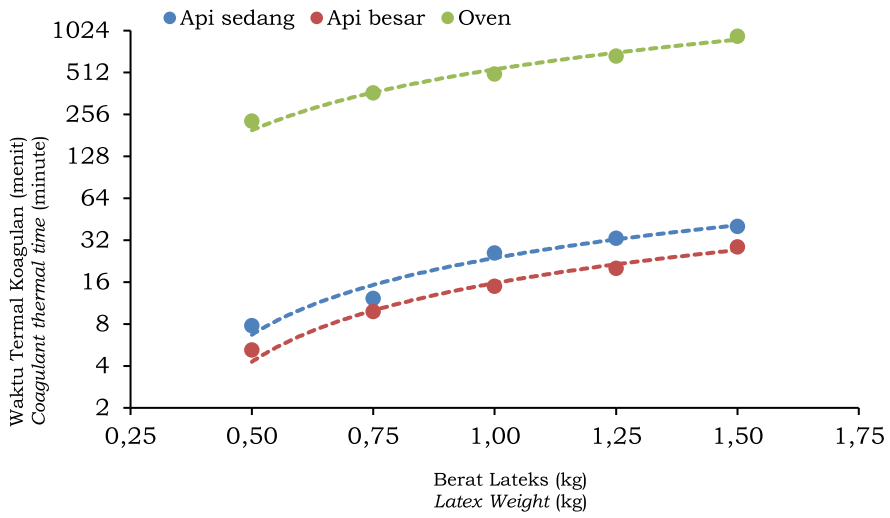
Tabel 1. Hasil Termal Koagulasi Tradisional dan Modern
Table 1. Thermal Results of Traditional and Modern Coagulations

No	Koagulasi	Kategori Api	Temp. (˚C)	Berat (kg)				Temperatur (˚C)		Waktu Termal (menit)	Laju Kalor (J/s)	Kalor (j)
				Lateks	Karet	Kayu awal	Kayu akhir(abu)	Lateks	Karet			
1	Termal Koagulasi Secara Tradisional	Sedang	60-100	0,500	0,23	1,379	0,200	30	90	7,800	108,974	51000
2				0,750	0,32	2,633	0,264	30	90	12,200	104,508	76500
3				1,000	0,43	3,499	0,336	30	90	25,900	65,637	102000
4				1,250	0,56	4,931	0,542	30	90	33,100	64,199	127500
5				1,500	0,68	6,901	0,671	30	90	40,200	63,433	153000
6		Besar	110-150	0,500	0,21	0,789	0,153	30	145	5,200	313,301	97750
7				0,750	0,35	1,872	0,182	30	145	9,800	249,362	146625
8				1,000	0,41	2,874	0,297	30	145	14,900	218,680	195500
9				1,250	0,52	4,719	0,489	30	145	20,100	202,633	244375
10				1,500	0,66	6,016	0,593	30	145	28,700	170,296	293250
11	Termal Koagulasi Secara Modern	Oven	145	0,500	0,21	-	-	30	145	229,200	4,181	57500
12				0,750	0,34	-	-	30	145	366,120	3,926	86250
13				1,000	0,45	-	-	30	145	498,600	3,844	115000
14				1,250	0,52	-	-	30	145	670,200	3,575	143750
15				1,500	0,68	-	-	30	145	933,600	3,079	172500

lateks. Hasil pengamatan waktu termal koagulasi baik dengan TKT maupun TKM terhadap berat lateks dapat dilihat pada Gambar 3.

Waktu terlama TKT diperoleh dari proses dengan kategori api besar pada berat lateks 1,5 kg sebesar 28,7 menit, sedangkan waktu tercepat TKT diperoleh pada berat lateks 0,5 kg sebesar 5,2 menit. Sementara pada kategori api sedang dihasilkan waktu koagulasi terlama pada berat lateks 1,5 kg sebesar 40,2 menit dan waktu koagulasi tercepat pada berat lateks 0,5 kg sebesar 7,8 menit. Untuk termal TKM waktu koagulasi terlama pada berat lateks 1,5 kg sebesar 933,6 menit dan waktu koagulasi tercepat pada berat lateks 0,5 kg sebesar 229,20 menit. Dari hasil yang diperoleh tersebut, maka dapat diketahui bahwa berat lateks sangat mempengaruhi waktu dalam termal koagulan, semakin besar berat lateks maka semakin lama waktu termal koagulan.

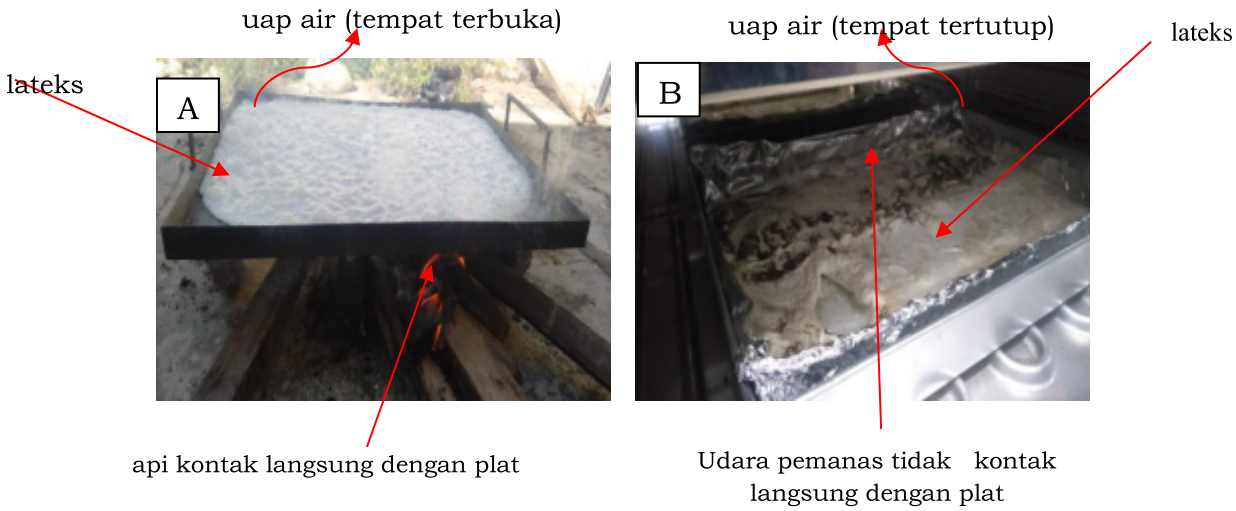
Penelitian ini menunjukkan bahwa



Gambar 3. Berat Lateks Terhadap Waktu Termal Koagulan
Figure 3. Latex Weight Against Coagulant Thermal Time

waktu TKT yang diperoleh (4-8 menit) berbeda secara signifikan dibandingkan dengan TKM (229-934 menit). Menurut penelitian sebelumnya (Vachlepi & Purbaya, 2017) bahwa proses pemanasan menggunakan bahan bakar biomassa yang salah satunya adalah kayu bakar sangat sulit dikendalikan sehingga temperatur termal koagulasi secara tradisional tidak stabil/tidak dapat dikontrol. Kondisi ini berdampak pada waktu proses TKT yang dapat berlangsung lebih cepat daripada waktu proses TKM. Faktor lainnya, pemanas yang digunakan pada proses TKT yaitu kayu bakar yang apinya kontak langsung dengan plat akan menghasilkan laju panas yang lebih besar dibandingkan dengan proses TKM dengan menggunakan pemanas listrik (*electric heater)* yang media pemansnya tidak langsung kontak dengan plat. Ketika api berkontak langsung pada plat wadah lateks, proses TKT akan mengakibatkan penguapan air lebih cepat dibandingkan dengan proses TKM. Hal ini menyebabkan uap air pada lateks dengan proses TKT langsung dilepaskan pada lingkungan/atmosfer (tempat termal koagulan terbuka). Sementara itu, pada proses TKM, uap yang dihasilkan dengan pemasanan menggunakan oven tidak dilepaskan pada lingkungan, melainkan diisolasi langsung oleh oven. Proses penguapan dengan TKT dan TKM ketika dipanaskan ditunjukkan pada Gambar 4.

Dari Gambar 4.a merupakan proses TKT yang dilakukan di tempat terbuka sehingga air yang terkandung dalam lateks akan lebih mudah menguap. Kelebihan dari proses TKT ini adalah kayu bakar biasanya



Gambar 4. a. Proses Termal Koagulan Secara Tradisional (TKT)
b. Proses Termal Koagulan Modern Secara Modern (TKM)
Figure 4. a. Traditional Coagulant Thermal Process (TKT)
b. Modern Coagulant Thermal Process (TKM)

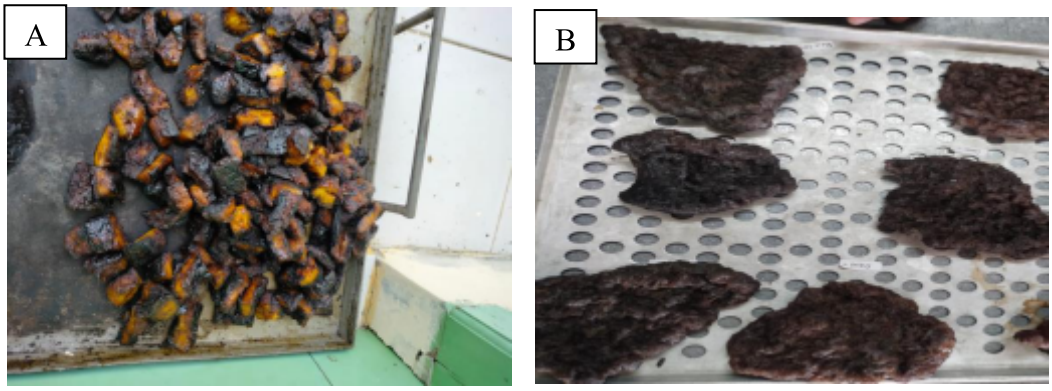
mudah diperoleh oleh masyarakat, terutama di daerah pedesaan atau kawasan yang dekat dengan hutan. Ini membuatnya menjadi sumber energi yang ekonomis, praktis dan waktu proses termal koagulan yang lebih cepat. Selain itu, proses TKT bisa langsung diimplementasikan oleh petani di lokasi kebun karet. Namun, proses TKT ini juga memiliki kekurangan yaitu karet yang dihasilkan sedikit lengket dan proses termal tidak dapat digunakan ketika sedang musim hujan.

Kelemahan TKT lainnya adalah sulitnya pengaturan atau pengendalian temperatur dan panas yang dihasilkan sesuai dengan kebutuhan, sehingga diperlukan kayu bakar yang lebih banyak dan memerlukan waktu pemanasan yang lebih lama. Jika temperatur pemanasan sudah melebihi kebutuhan atau target, akan sangat sulit untuk menurunkan kembali. Pada kondisi saat ini, dalam pengendalian temperatur diperlukan operator untuk mengatur suplai kayu bakar guna menstabilkan pembakaran sesuai dengan kebutuhan (Vachlepi & Didin, 2014).

Gambar 4.b merupakan proses TKM yang menggunakan oven dengan sumber panas yang menggunakan listrik. Proses ini tidak direkomendasikan jika digunakan oleh petani karet karena biayanya sangat mahal dengan menggunakan listrik yang lebih banyak dan lebih lama, kemudian persedian listrik di lokasi kebun masih terbatas. Kelebihan dari proses TKM ini karet yang dihasilkan lebih bagus (kering dengan warna kecokelatan dan tidak lengket) dibandingkan dengan hasil karet dengan proses TKT.

Produk karet cacahan yang dihasilkan melalui proses TKT berbeda dengan proses TKM, baik karakteristik kimia dan karakteristik fisika yang dapat diamati secara langsung (visualiasi). Hasil perbedaan produk karet untuk kedua proses tersebut dapat dilihat pada Gambar 5.

Gambar 5.a merupakan produk karet cacahan dengan proses TKT kurang kering (warna karet bewarna kuning) dibandingkan dengan gambar 5.b produk karet cacahan dengan proses TKM. Produk padat cacahan ini dapat dibedakan dengan sifat fisik yang dilihat secara langsung. Perbedaan karet kering yang dihasilkan pada kayu bakar (TKT) dan oven laboratorium (TKM) dapat dilihat pada Tabel 2. Warna produk cacahan TKT yang dihasilkan yaitu hitam kecoklatan sedangkan produk cacahan TKM bewarna coklat. Produk karet cacahan yang



Gambar 5. a. Produk Karet Cacahan dengan Proses TKT
b. Produk PKaret Cacahan dengan proses TKM
Figure 5.a. Solid Crumb Product with TKT process
b. Solid Crumb Product with TKT process

Tabel 2. Perbedaan Produk Padat Cacahan Termal Koagulan
Table 2. Differences in Thermal Coagulant Crushed Products

No	Perbedaan	TKT	TKM
1.	Warna	Hitam kecoklatan	Coklat
2.	Aroma	Cukup menyengat	Tidak menyengat
3.	Waktu termal koagulan	Cepat	Lama
4.	Lengket	Sedikit Lengket	Tidak Lengket
5.	Bahan baku termal	Kayu bakar atau biomassa	Kebutuhan listrik
6.	Biaya	Murah	Mahal

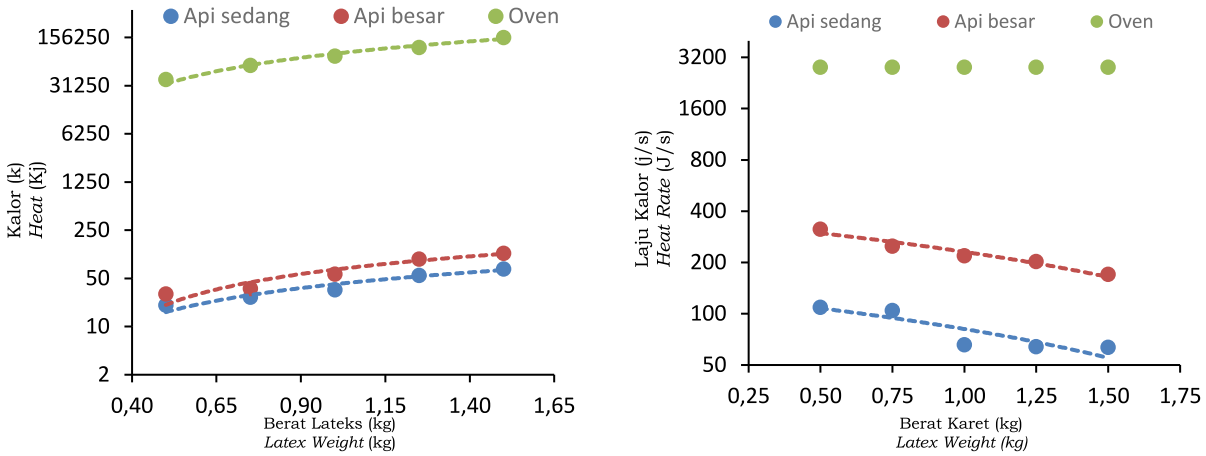
dihasilkan dengan proses TKT berwarna hitam kecokelatan, berbau menyengat dan sedikit lengket. Hal ini disebabkan karena temperatur pemanasan yang tinggi dan proses pengeringan yang tidak merata. Lateks yang tidak kering sempurna dapat mengakibatkan karet akan mengeluarkan bau menyengat karena adanya mikroorganisme yang menyebabkan karet mengalami pembusukan.

Pengaruh Berat Lateks Terhadap Kalor dan Daya

Termal koagulan tradisional menggunakan media pemanas api dari bakar kayu bakar, sedangkan termal koagulan modern menggunakan listrik sebagai media pemanas adalah udara. Hasil analisis kalor dan laju kalor terhadap berat lateks ditunjukkan pada Gambar 6.

Dari Gambar 6.a diperoleh nilai kalor tertinggi dengan proses TKT pada api sedang yaitu dengan berat lateks 1,5 kg sebesar 153.000 J dan nilai kalor terkecil pada berat lateks 0,5 kg sebesar 51.000 J. Sementara pada proses TKT dengan api besar dihasilkan nilai kalor tertinggi yaitu dengan berat lateks 1,5 kg sebesar 293.250 J dan nilai kalor terkecil dihasilkan dengan berat lateks 0,5 kg sebesar 293.250 J. Pada proses TKM nilai kalor terkecil yaitu 57.500 J dengan berat lateks 0,5 kg dan nilai kalor tertinggi yaitu 172.500 J dengan berat lateks 1,5 kg. Semakin besar variasi berat lateks, maka nilai kalor yang dihasilkan juga semakin besar.

Nilai laju kalor api besar lebih tinggi daripada nilai laju kalor api sedang pada masing-masing variasi berat lateks, namun nilai laju kalor termal koagulan secara modern berbeda jauh dengan nilai laju kalor secara tradisional. Nilai laju kalor dengan proses termal koagulan modern (TKM) lebih tinggi dibandingkan dengan nilai laju kalor dengan proses termal koagulan tradisional (TKT). Dari hasil yang diperoleh



Gambar 6.a. Pengaruh Berat Lateks Terhadap Kalor
b. Pengaruh Berat Lateks Terhadap Laju Kalor
Figure 6. a. Effect of Latex Weight on Heat
b. Effect of Lateks Weight on Heat Rate

menunjukkan bahwa pada proses TKT, semakin tinggi temperatur yang diinginkan maka semakin tinggi laju kalor yang dihasilkan.

Menurut Gambar 6.b, proses TKT menunjukkan bahwa nilai tertinggi laju kalor diperoleh pada api besar dengan berat lateks 0,5 kg, yaitu 313,3013 J/s. Sebaliknya, proses TKT pada api sedang dengan berat lateks yang sama, laju kalor yang dihasilkan adalah 108,97436 J/s. Nilai laju kalor dengan proses TKM pada oven konstan yaitu 2800 J/s. Perbedaan nilai kalor pada kategori api besar dan api sedang dikarenakan perbedaan temperatur pada percobaan, dimana semakin tinggi temperatur maka nilai kalor yang dihasilkan semakin tinggi. Dari semua percobaan laju kalor terhadap berat lateks grafik yang dihasilkan cenderung menurun, hal ini disebabkan karena variasi berat lateks berbanding lurus dengan waktu pengeringan lateks, dimana semakin besar variasi berat lateks maka waktu penegeringan akan semakin lama. Sementara pada oven laboratorium menghasilkan laju kalor yang sangat relatif kecil jika dibandingkan dengan kayu bakar.

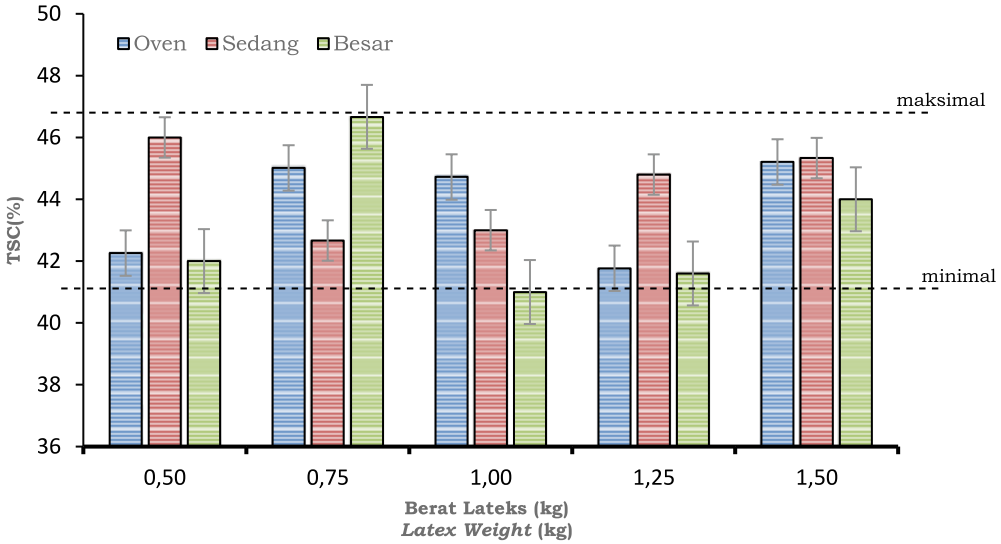
Proses koagulasi karet secara termal menggunakan prinsip perpindahan panas melalui konduksi, di mana panas mengalir dari sumber panas ke material karet. Beberapa proses perpindahan panas secara konduksi dipengaruhi oleh dinding datar, distribusi temperatur, dan hambatan termal (Hisyam, 2016). Perbedaan nilai kalor yang dihasilkan oleh TKT dan TKM terjadi karena efisiensi perpindahan panas yang berbeda, terutama ketika melibatkan perpindahan panas melalui dinding datar. TKM umumnya dirancang dengan material yang memiliki konduktivitas termal tinggi dan isolasi yang baik, sehingga panas dapat didistribusikan secara lebih merata dan efisien. Selain itu, temperatur dalam oven modern lebih stabil dan terkontrol, mengurangi kehilangan panas.

Pada dinding oven, panas yang ditransfer melalui konduksi lebih cepat dan terarah, karena material oven mendukung efisiensi perpindahan panas. Sedangkan plat baja yang digunakan untuk menyalurkan panas dari kayu bakar biasanya tidak seefisien bahan oven, sehingga banyak energi yang hilang ke lingkungan. Nilai kalor kayu bakar sendiri bervariasi, dan proses pembakarannya tidak selalu sempurna, mengakibatkan panas yang dihasilkan lebih rendah dan kurang terfokus pada objek yang dipanaskan.

Nilai *Total Solid Content* (TSC) Termal Koagulan

Analisis TSC dilakukan untuk mengukur nilai banyaknya zat padat yang terdapat dalam lateks yang tidak dapat menguap bila dikeringkan dengan menggunakan proses termal koagulan ini. Hasil analisis pengaruh berat lateks terhadap nilai TSC dengan menggunakan pembakaran kayu bakar dan oven laboratorium dapat dilihat pada Gambar 7.

Dari Gambar 7 diperoleh nilai TSC terbesar dengan proses TKM pada berat lateks 1,5 kg sebesar 45,2% dan nilai terendah pada berat lateks 1,25 kg sebesar 41,77%. Nilai TSC pada TKT api sedang terbesar pada berat lateks 0,5 kg sebesar 46% dan nilai terendah pada berat lateks 0,75 kg sebesar 42,67%. Nilai TSC terbesar pada proses TKT api besar pada berat lateks 0,75 kg sebesar 46,67% dan nilai terendah pada berat lateks 1 kg sebesar 41%. Dari hasil tersebut menunjukkan bahwa proses TKM dan proses TKT dengan kategori api sedang dan besar menghasilkan nilai TSC diatas 40% (Manurung dkk., 2019).



Gambar 7. *Total solid content (*TSC) Termal Koagulan
Figure 7. Total solid content (TSC) Thermal Coagulant

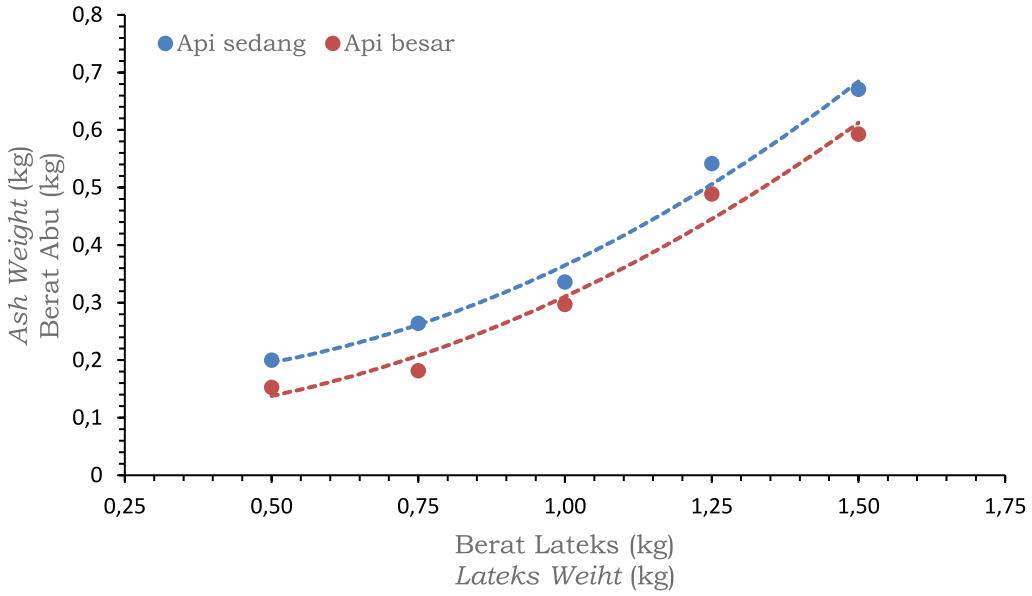
Tingginya nilai TSC dikarenakan temperatur oven laboratorium lebih konstan dibandingkan dengan menggunakan kayu bakar (Vachlepi & Purbaya, 2017). Berdasarkan penelitian yang sudah dilakukan dapat diketahui bahwa nilai TSC yang dihasilkan dipengaruhi oleh mekanisme termal koagulasi yang dapat dilihat dari nilai kalor, laju kalor dan pengaturan temperatur pemanasan. Oven laboratorium mampu mempertahankan suhu yang konsisten sepanjang proses pengeringan, sedangkan kayu bakar menghasilkan suhu yang fluktuatif. Fluktuasi suhu ini dapat menyebabkan pengeringan yang tidak merata, sehingga kandungan padatan tidak mencapai level optimal. Penguapan air yang lebih efektif dimana temperatur yang konstan dalam oven memastikan air dalam karet menguap secara bertahap dan merata, sehingga lebih sedikit air yang tertinggal dalam material. Ini dapat meningkatkan kandungan padatan (TSC) dalam karet (Achmad dkk., 2022).

Jumlah Kebutuhan Kayu Bakar Termal Koagulan Tradisional

Proses Termal koagulan tradisional (TKT) menggunakan kayu bakar sebagai bahan bakar sedangkan proses termal koagulan modern (TKM) menggunakan energi listrik untuk menghasilkan panas pada oven. Biaya kebutuhan menggunakan proses TKT jauh lebih murah daripada

proses TKM. Hubungan berat lateks yang digunakan pada penelitian ini terhadap berat abu pada proses TKT dapat dilihat pada Gambar 8.

Dari Gambar 8 didapatkan bahwa perbandingan berat lateks dengan jumlah abu yang didapatkan pada proses TKT dengan kategori api sedang dan kategori api besar. Semakin besar temperatur api maka berat abu yang dihasilkan semakin sedikit karena terjadinya proses pembakaran sempurna kayu bakar di mana lebih banyak zat organik terbakar menjadi gas (karbon dioksida, uap air, dll.), sehingga sisa padatan (abu) menjadi lebih sedikit dan semakin berat lateks maka abu yang dihasilkan juga semakin banyak karena semakin banyak kayu dibutuhkan untuk proses pengeringan (Tabel 1). Salah satu kelebihan termal koagulan adalah hasil abu kayu bakar yang didapatkan dapat digunakan kembali oleh petani menjadi pupuk organik. Dengan menerapkan sistem pertanian organik, maka keseimbangan tanah dapat terjaga karena tidak menggunakan pupuk dan pestisida kimia, tetapi menggunakan pupuk organik seperti penggunaan hasil abu pada penelitian ini (Nurhayati dkk., 2006).



Gambar 8. Berat lateks Terhadap Berat Abu Termal Koagulan Tradisional
Figure 8 Latex Weight Against Traditional Coagulant Thermal Ash Weight

Analisis Ekonomi Termal Koagulan

Proses TKT menggunakan kayu bakar sebagai sumber bahan bakar untuk menggumpalkan lateks. Harga kayu bakar di Lampung Selatan Rp 650 per kg (Lestari dkk., 2015), sedangkan TKM menggunakan tenaga listrik untuk menggumpalkan lateks melalui oven laboratorium. Harga listrik yang dikeluarkan PLN pada Lampung Selatan adalah Rp 1.352 per kWh (Rahman dkk., 2019). Analisis Ekonomi termal koagulan ditunjukkan pada Tabel 3.

Berdasarkan Tabel 3 didapatkan bahwa semakin besar sampel lateks yang digumpalkan, maka biaya pengeluaran juga semakin besar. Pada TKT, biaya pengeluaran termal koagulan api sedang Rp 261,690 lebih tinggi di bandingkan termal koagulan api besar dengan rata-rata biaya pengeluaran Rp 222,82. Hal ini dipengaruhi oleh temperatur pada TKT tersebut, pada saat temperatur TKT besar (T=110–150°C) konsumsi kayu bakar lebih sedikit dibandingkan dengan TKT api sedang (T=60-100°C) (Nabawiyah & Abtokhi, 2010).

Tabel 3. Analisis Ekonomi Termal Koagulan Tradisional dan Modern
Table 3. Traditional and Modern Coagulant Thermal Economic Analysis

No	Termal Koagulan	Kategori Panas	Kebutuhan kayu bakar (kg)	Kebutuhan listrik (kWh)	Harga (Rp)
1			0,200	-	Rp130,000
2			0,264	-	Rp171,600
3		Api sedang	0,336	-	Rp218,400
4			0,542	-	Rp352,300
5			0,671	-	Rp436,150
	Tradisional		Rata-rata		Rp 261,690
6			0,153	-	Rp99,450
7			0,182	-	Rp118,300
8		Api Besar	0,297	-	Rp193,050
9			0,489	-	Rp317,850
10			0,593	-	Rp385,450
		Rata-rata			Rp 222,82
11			-	1,400	Rp1.892,800
12			-	2,100	Rp2.839,200
13	Modern	Oven Laboratorium	-	2,800	Rp3.785,600
14			-	3,500	Rp4.732,000
15			-	4,200	Rp5.678,400
		Rata-rata			Rp 3.785,600

Pada temperatur yang lebih tinggi, proses pembakaran lebih efisien karena:

1. Pembakaran lebih sempurna: Pada temperatur tinggi, bahan bakar terbakar dengan lebih efisien, menghasilkan panas lebih cepat dan lebih stabil, sehingga jumlah kayu bakar yang dibutuhkan lebih sedikit.

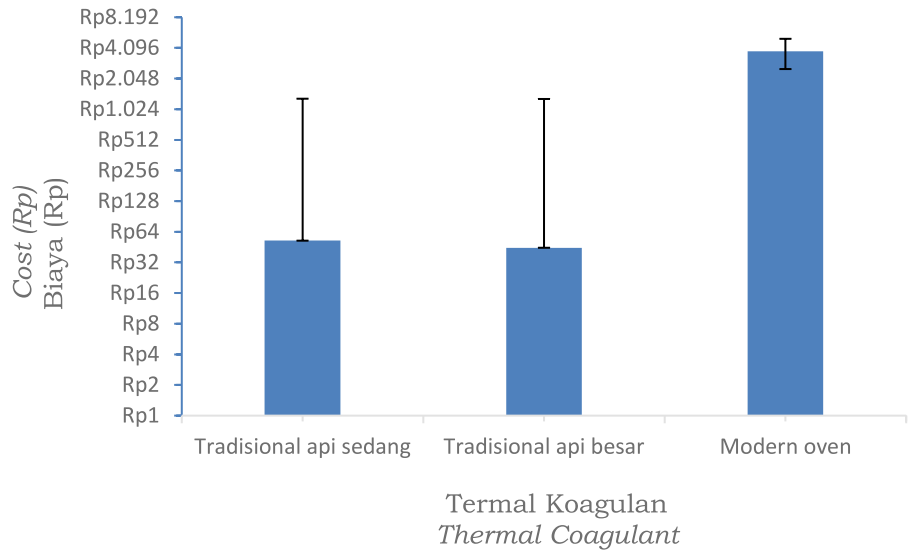
2. Energi panas lebih besar: Temperatur tinggi menghasilkan energi panas yang lebih besar dalam waktu lebih singkat. Akibatnya, tidak perlu menambahkan bahan bakar terus-menerus untuk mempertahankan temperatur.

3. Penguapan yang lebih cepat: Pada temperatur tinggi, air atau kelembaban dalam kayu cepat menguap, sehingga pembakaran terjadi lebih cepat dan lebih sempurna tanpa harus membuang banyak energi untuk menguapkan air.

Pada temperatur rendah (60–100°C), pembakaran kurang efisien, sering kali menghasilkan lebih banyak residu atau asap, sehingga membutuhkan lebih banyak bahan bakar untuk mempertahankan panas.

Biaya rata-rata pengeluaran TKM tercatat jauh lebih tinggi yaitu Rp 3.785.000 jika dibandingkan dengan TKT. Perbedaan analisis ekonomi termal koagulan ditunjukkan pada Gambar 9.

Penyebab biaya TKT jauh lebih murah dibandingkan TKM, dikarenakan TKT menggunakan kayu bakar untuk menggumpalkan lateks yang dimana kayu bakar dapat secara mudah dicari masyarakat petani karet di sekitar kebun karet tersebut. Sedangkan TKM menggunakan listrik yang biayanya sangat mahal dan tidak efisien. Untuk skala produksi yang lebih besar tidak disarankan menggunakan TKM ini, selain itu listrik di perkebunan karet masih terbatas dan membutuhkan tempat tertutup (tempat oven) untuk melakukan termal koagulan. Faktor lainnya berpengaruh pada waktu termal koagulan, dimana waktu TKM lebih lama dibandingkan TKT yang menyebabkan biaya operasi media pemanas juga lebih mahal. Semakin lama waktu termal koagulan maka kayu bakar dan listrik yang digunakan juga semakin banyak.



Gambar 9. Analisis Ekonomi Termal Koagulan Tradisional dan Modern
Figure 9 Thermal Economic Analysis of Traditional and Modern Coagulants

KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil penelitian, termal koagulan dapat menggumpalkan lateks. Dilihat dari segi waktu proses koagulasi, TKM lebih lama dibandingkan dengan TKT. Semakin besar berat lateks yang dikoagulasi maka waktu termal yang dibutuhkan juga semakin lama. Kalor yang dihasilkan untuk TKM lebih besar dibandingkan dengan kalor yang dihasilkan untuk TKT, dan semakin besar variasi berat lateks maka kalor yang dihasilkan untuk termal koagulan juga akan semakin besar. Laju kalor untuk TKM lebih besar dibandingkan dengan laju kalor yang dihasilkan untuk TKT, dan semakin besar nilai variasi berat lateks maka nilai laju kalor yang di hasilkan akan semakin kecil. Termal koagulan ini dapat membantu masyarakat petani karet untuk menggumpalkan lateks lebih ekonomis dan efektif dan disarankan hasil termal koagulan dakam produksi karet sebagai penyimpanan bahan baku bentuk padat untuk proses depolimerisasi secara pirolisis membentuk hidrokarbon terbarukan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih yang sebesar-besarnya kami sampaikan kepada PTPN VII Lampung atas dukungan fasilitas yang telah diberikan dalam pelaksanaan penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

Achmad, F., Amelia, D., Pratiwi, A., Wahyu Saputri, L., Yuniarti, R., & Suharto. (2022). Pengaruh Konsentrasi Ekstrak Buah Belimbing Wuluh (Averrhoa bilimbi) sebagai Koagulan Alami terhadap Karakteristik Karet Klon PB 260. *Jurnal Teknik Kimia USU*, *11*(1), 36–43. https://talenta.usu.ac.id/jtk

Altman, R. F. A. (1947). Natural Coagulation of Hevea Latex. *Rubber Chem. Technol*, *20*(4), 1124–1132. https://doi.org/https://doi.org/10.5254/1.3543323.

Andriani, W., Puspitasari, S., Wydiantoro, A. N. Z., & Muslich, M. (2018). Evaluasi Jenis Bahan Penstabil dan Koagulan Lateks Pada Sistem Reaksi Hidrogenasi Katalitik Lateks Karet Alam Skala Semi Pilot. *Jurnal Penelitian Karet*, *36*(1), 89–100. https://doi.org/10.22302/ppk.jpk.v36i1.559

Febrianti, D., Mulyasari, I., Hidayat, R. S., Hidayat, A. S., Rachman, A. T., Maksum, S. A., Rahayu, I. P., & Soedjanaatmadja, I. (2014). Deproteinization Of Natural Rubber (DPNR) From Latex of Hevea brasiliensis Muell Arg. With Enzymatic Method. *Chimica et Natura Acta*, *2*, 105–114.

Ferreira, V. S., Rêgo, I. N. C., Pastore, F., Mandai, M. M., Mendes, L. S., Santos, K. A. M., Rubim, J. C., & Suarez, P. A. Z. (2005). The use of smoke acid as an alternative coagulating agent for natural rubber sheets' production. *Bioresource Technology*, *96*(5), 605–609. https://doi.org/10.1016/j.biortech.2004.06.008

Hisyam, A. (2016). *Heat Transfer Analysis Nased On Electric Heaters Oven For Drying Process Moringa Leaves*.

John, C. K. (1973). Studies on Some Gelling Properties of Hevea Latex Serum. Dalam *Rubb. Res. Inst. Malaya* (Vol. 23, Nomor 4).

Lestari, J. S., Roby Pratama, A., Yuwono, B., & Hilmanto, R. (2015). Pengelolaan Hutan Rakyat Oleh Kelompok Pemilik Hutan Rakyat di Desa Bandar Dalam Kecamatan Sidumulyo Kabupaten Lampung Selatan. *Jurnal Sylva Lestari*, *3*(2), 99–112.

Manurung Erwin F, H., Alvonso, B., Saptini, Y., Juandika, & Sedayu, A. (2019). Pendekatan Mutu Karet Alam SIR 3L, SIR 5, SIR 10, SIR 20 dan RSS terhadap Mutu Karet Sintetis Polychloroprene (CR) - Neoprene Dalam Penggunaan Karet Compound Elastomeric Bearing Pad Jembatan. *Jurnal Prosiding PPIS*, 117–126.

Marthin, G., & Davey W, S. (1934). Rubber From Latex Coagulated with Sulfuric Acid. *Journal of The Rubber Research Institute of Malaya*, *5*(3), 282–294.

Motina, L., & Rex, A. (2021). View of Reducing Over-consumption of Acid during Skim Latex Coagulation in Cameroon's Rubber Processing Factories. *American Scientific Research Journal Dor Engineering, Technology, and Sciences (ASRJETS)*, *80*(1), 1–16. http://asrjetsjournal.org/

Nabawiyah, K., & Abtokhi, A. (2010). Penetuan Nilai Kalor Dengan Bahan Bakar Kayu Sesudah Pengarangan Serta Hubungannya Dengan Nilai Porositas Zat Padat. *Jurnal Neutrino*, *3*(1).

Nurhayati, T., Pasaribu, R. A., & Mulyadi, D. (2006). Produksi dan Pemanfaatan Arang dan Cuka Kayu Dari Serbuk Gergaji Kayu Campuran. *Jurnal Penelitian Hasil Hutan*, *25*(5), 395–441.

Othman Alias, B. (1980). Effect of pH Coagulation and Sulphuric Acid as a Coagulant on Natural Rubber Properties. *J. Rubber Res. Inst. Malays*, *28*(3), 109–118.

Rahman, Y., Persada, C., & Asirin, A. (2019). Analisis Ketahanan Energi Perkotaan di Provinsi Lampung dengan Metoda 4a (Studi Kasus: Kota Bandar Lampung, Kota Metro, dan Kabupaten Lampung Selatan). *Jurnal Ilmiah Universitas Batanghari Jambi*, *19*(3), 451. https://doi.org/10.33087/jiubj.v19i3.663

Syarifa, L. F., Shinta Agustina, D., & Cicilia Nancy. (2013). Evaluasi Pengolahan Dan Mutu Bahan Olah Karet Rakyat (BOKAR) Di Tingkat Petani Karet Di Sumatera Selatan. *Jurnal Penelitian Karet*, *31*(2), 139–148.

Satchuthananthavale, R., & Satchuthananthavale. (1971). Bacterial coagulation of latex. *J. Rubber Res. Inst. Ceylon*, *48*, 182–192. www.abhaysolunke.info

Telaumbanua, Z., Wirjosentono, B., & Eddiyanto. (2013). Pemanfaatan Asap Cair Dari Tempurung Kelapa Sebagai Koagulan Komersial Karet Alam Nias Utara. *Jurnal Teknologi Kimia Unimal*, *2*(2), 55–67.

Vachlepi, A., & Didin, S. (2014). Pengeringan Karet Remah Berbasis Sumber Energi Biomassa. *Warta Perkaretan*, *33*(2), 103–112.

Vachlepi, A., & Purbaya, M. (2017). Perbandingan Cara Pengeringan Menggunakan Oven Laboratorium dan Alat Pengering Skala Pabrik Terhadap Kada Karet Kering (KKK). *Jurnal Standardisasi*, *19*(3), 265–272. https://doi.org/10.31153/js.v19i3.589

Wei Ng, J., Othman, N., & Yusof Nurul, H. (2022). Various coagulation techniques and their impacts towards the properties of natural rubber latex from Hevea brasiliensis — a comprehensive review related to tyre application. *Industrial Crops & Products*, *181*.

PUSAT PENELITIAN KARET