

PENGARUH PROSES PENGERINGAN TERHADAP NILAI PLASTISITAS RETENSI KARET REMAH

Khairul Akli^{*}, Aby Febrian, Selfa Dewati Samah, Maryam

Politeknik ATI Padang, 25171, Indonesia

^{*}email : khairul.akli@poltekatipdg.ac.id

Abstrak

*Karet remah SIR 20 yang berasal dari pengolahan karet alam (*Hevea brasiliensis*) berperan penting sebagai komoditas ekspor utama dalam perekonomian Indonesia dan dengan keberagaman penggunaannya dalam produk konsumen dan perangkat medis, karet alam memiliki sifat unik seperti daya pulih, elastisitas, dan ketahanan aus. Proses pengeringan karet alam pada suhu tinggi memiliki dampak signifikan pada sifat plastisitas dan kekuatan karet. Penelitian ini mengeksplorasi pengaruh suhu (130-155°C) dan waktu pengeringan (77-110 menit) terhadap plastisitas karet remah SIR 20. Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai PRI masih memenuhi standar kualitas pada rentang tertentu dan kualitas optimal nilai PRI 75-76% diperoleh pada suhu 130-135°C selama 77 menit. Peningkatan suhu operasi dan waktu pengeringan menyebabkan penurunan signifikan nilai PRI yang cukup signifikan akibat terjadinya oksidasi termal pada struktur molekul karet, sehingga mempengaruhi kualitas karet remah. Hasil studi mengenai pengaruh suhu dan waktu pengeringan ini dapat memberikan informasi teknis bagi industri karet dalam mempertahankan kualitas produknya sambil meminimalkan dampak lingkungan.*

Kata Kunci : Indeks Plastisitas Retensi (PRI), Karet Remah, Oksidasi Termal, Suhu Pengeringan, Waktu Pengeringan

THE EFFECT OF DRYING PROCESS ON THE PLASTICITY RETENTION INDEX OF CRUMB RUBBER

Abstract

*The crumb rubber SIR 20 originating from the processing of natural rubber (*Hevea brasiliensis*) plays a crucial role as a primary export commodity in the Indonesian economy. Due to its diverse applications in consumer products and medical devices, natural rubber possesses unique properties such as resilience, elasticity, and wear resistance. The drying process of natural rubber at high temperatures significantly affects its plasticity and strength. This research explores the influence of temperature (130-155°C) and drying time (77-110 minutes) on the plasticity of crumb rubber SIR 20. The results indicate that the PRI (Plasticity Retention Index) values still meet quality standards within certain ranges. The optimal PRI value of 75-76% is obtained at a temperature of 130-135°C for 77 minutes. Increasing the operating temperature and drying time leads to a significant decrease in PRI values due to thermal oxidation occurring in the molecular structure of rubber, thereby affecting the quality of crumb*

rubber. The findings from this study on the impact of temperature and drying time can provide technical information for the rubber industry to maintain product quality while minimizing environmental impact.

Keywords: *Crumb Rubber, Drying Temperature, Drying Time, Plasticity Retention Index (PRI), Thermal Oxidation*

PENDAHULUAN

Karet alam, berasal dari getah tanaman karet (*Hevea brasiliensis*), menjadi komoditas perkebunan krusial dalam meningkatkan devisa negara dari sektor nonmigas (Purwanta 2008; Hendratno, Woelan, and Fathurrohman 2015). Sebagian besar produk karet Indonesia diubah menjadi karet remah (*crumb rubber*) yang mencapai 93,4% dengan menggunakan standar kodifikasi "Standard Indonesian Rubber" (SIR), khususnya varian SIR 20, sementara produk karet lainnya diolah secara berbeda (Pertanian 2007; Vachlepi and Suwardin 2014). Karet remah (*crumb rubber*) adalah produk karet alam setengah jadi yang perlu memenuhi standar SIR 20 dengan kadar air maksimal 0,80% sesuai Standar Nasional Indonesia (Simanjuntak *et al.* 2023).

Proses pengeringan memiliki peran penting dalam menentukan kualitas akhir produk dan merupakan salah satu tahap yang membutuhkan konsumsi energi yang signifikan dan pada umumnya industri menggunakan energi fosil sebagai sumber daya energi. Umumnya, pengeringan karet alam dilakukan pada suhu tinggi sekitar 105-140°C menggunakan pengering konvektif udara panas. Namun, suhu pengeringan yang tinggi dapat mengakibatkan penurunan plastisitas, pelembutan material, dan kehilangan kekuatan pada sifat karet (Tham *et al.*

2014). Dalam konteks pengeringan karet remah, biomassa diubah menjadi sumber panas melalui teknik gasifikasi di dalam sistem unit pengering, selanjutnya panas yang dihasilkan dari proses pembakaran ini dipindahkan ke media pengering, yang umumnya berupa udara panas (Vachlepi and Suwardin 2014).

Khongchana *dkk* (2007) mengkaji pengaruh strategi pengeringan terhadap kualitas dan konsumsi energi blok karet STR 20 (*Standard Thai Rubber*). Hasil menunjukkan bahwa metode pengeringan pada suhu 130°C selama 40 menit, diikuti dengan pengeringan pada suhu 110°C selama 180 menit, memberikan kualitas terbaik dan konsumsi energi spesifik terendah (Khongchana *et al.* 2007). Pengaruh strategi pengeringan terhadap kualitas dan konsumsi energi pada blok karet STR 20 juga dikaji oleh Tham (2018) dimana *crumb rubber* dikeringkan menggunakan strategi pengeringan alternatif, termasuk udara panas, vakum, dan *microwave*. Hasilnya, metode *microwave-convective drying* (MWA) ternyata menghasilkan waktu pengeringan yang lebih singkat, laju pengeringan maksimum yang lebih tinggi, dan konsumsi energi spesifik yang lebih rendah dibandingkan dengan metode pengeringan udara panas konvektif. Selain itu, karet yang dikeringkan dengan metode MWA menunjukkan perubahan warna yang

lebih sedikit, sifat rheologis yang sebanding, dan kadar zat menguap yang lebih rendah dibandingkan dengan karet blok SMR 20 (Tham 2018). Selanjutnya, Simanjuntak dkk (2023) juga telah melakukan penelitian yang berfokus pada proses pengeringan karet remah (*crumb rubber*) dengan menggunakan udara panas dari pembakaran *burner* pada suhu 130°C di unit pengering dengan waktu pengeringan adalah 172,62 menit, dengan total panas yang cukup untuk mengeringkannya. Hasilnya, kadar air *crumb rubber* rata-rata mencapai 0,53%, yang masih memenuhi standar SIR 20 (Simanjuntak et al. 2023).

Teknik pengeringan dua tahap dapat diterapkan pada suhu tinggi dan durasi pengeringan singkat dalam pengeringan intermittan, sehingga dapat menghilangkan kelembapan permukaan dan kelembapan internal dengan kontrol kelembapan yang lebih presisi. Teknik ini diharapkan dapat mengurangi biaya operasional dan meminimalkan degradasi produk melalui proses pengeringan yang lebih fleksibel (Ng Mei Xiang 2019). Pada dasarnya, Tham et al. (2014) menyarankan berbagai teknik pengeringan untuk meningkatkan efisiensi energi dalam proses pengeringan dan meningkatkan kualitas produk. Pendekatan serupa diterima oleh (Kumar, Karim, and Joardder 2014) dan (Chou and Chua 2001), yang sepakat bahwa teknik pengeringan multi-tahap dapat memberikan kontribusi positif terhadap kualitas produk dan efisiensi energi. Pemilihan jenis pengering menjadi sangat penting untuk memastikan bahwa lingkungan pengeringan sesuai dengan karakteristik

pengeringan produk. Optimalisasi strategi pengeringan ditentukan oleh total waktu pemrosesan, suhu pemanasan, dan kadar kelembapan kritis untuk menentukan karakteristik dasar pengeringan karet (Ng Mei Xiang 2019).

Salah satu karakteristik penting dalam persyaratan mutu produk karet adalah nilai *Plasticity Retention Index* (PRI), yang didefinisikan sebagai indeks nilai plastisitas sesudah dan sebelum pengusangan pada suhu 140°C selama 30 menit, yang menyatakan ketahanan karet alam mentah terhadap oksidasi pada suhu tinggi. Nilai standar PRI pada berbagai jenis karet dapat dilihat pada Tabel 1 (Badan Standardisasi Nasional (BSN), 2011).

Penentuan *Plasticity Retention Index* (PRI) pada karet SIR 20 bertujuan untuk mengevaluasi sejauh mana karet tersebut dapat mempertahankan plastisitasnya dan seberapa mudahnya karet tersebut dapat diubah ke dalam bentuk yang lebih lunak melalui proses penggilingan pelunak.

Plasticity Retention Index (PRI) diperoleh menggunakan metode Wallace Plastimeter (Siregar 2008). PRI digunakan untuk mengevaluasi secara cepat sejauh mana sampel karet alam mentah rentan terhadap penuaan panas dan oksidatif. Semakin tinggi nilai PRI, semakin baik ketahanan karet alam yang dianalisis terhadap penuaan panas dan oksidatif (Zhong et al. 2009). Umumnya, karet dengan nilai PRI tinggi cenderung memiliki ketahanan yang baik terhadap degradasi oksidasi termal. Kegunaan nilai PRI juga terlihat dalam kemampuannya untuk berkorelasi dengan beberapa aspek

kinerja karet selama proses *mastication* dan *compounding*, serta kinerja penuaan vulkanisat yang dihasilkan (Sambhi 1989).

Kondisi operasi pada saat pengusangan ataupun pengeringan sangat berpengaruh terhadap kualitas retensi karet remah industri. Untuk itu perlu dilakukan penelitian yang khusus mengeksplorasi pengaruh kondisi

operasi pengeringan karet remah khususnya pada variabel suhu dan waktu pengeringan untuk mengobservasi perilaku ketahanan karet remah terhadap oksidasi termal. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh variabel proses pengeringan yaitu temperatur dan waktu pengeringan terhadap nilai plastisitas karet remah yang dihasilkan.

Tabel 1. Persyaratan Mutu SIR (2011)

No	Jenis uji/ karakteristik	Jenis mutu	Persyaratan mutu									Metode Uji
			SIR 3CV	SIR 3L	SIR 3WF	SIR LoV	SIR 5	SIR 10	SIR 10 CV/VK	SIR 20	SIR 20 CV/VK	
		Bahan olah / satuan	Lateks kebun				Karet lembaran atau koagulum segar	Koagulum lapangan				
1	Kadar kotoran (b/b), maks	%	0,02	0,02	0,02	0,02	0,04	0,08	0,08	0,16	0,16	ISO 249
2	Kadar abu (b/b), maks	%	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,75	0,75	1,0	1,0	ISO 247
3	Kadar zat menguap (b/b), maks	%	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	ISO 248
4	PRI, min	%	60	75	75	--	70	50	50	40	40	ISO 2930
5	P _o , min	%	--	30	30	--	30	30	--	30	--	ISO 1795
6	Kadar nitrogen (b/b), maks	%	0,60	0,60	0,60	0,30	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	ISO 1656
7	Viskositas Mooney (1+4) 100°C	ML	*)	--	--	(55±10)	--	--	60 ⁺⁷ .5**	--	60 ⁺⁷ .5**	ISO 289-1
8	Warna Lovibond, maks	indeks	--	6	--	--	--	--	--	--	--	ISO 4660
9	Kadar gel, maks	%	--	--	--	4	--	--	--	--	--	Lampiran B

METODE PENELITIAN

Alat dan Bahan

Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah karet remah (*crumb rubber*) berupa cacahan remah karet dengan ukuran homogen 3 mm dari proses *shredding*. Alat-alat yang digunakan antara lain *blending mill*,

Wallace MK II, *oven dryer*, dan gunting.

Prosedur Penelitian

Pada penelitian ini, contoh uji karet remah digiling di dalam *blending mill* dengan celah rol 0,33 mm maksimal tiga kali. Kemudian celah rol diatur sedemikian rupa sehingga lembaran karet yang dihasilkan mempunyai

ketebalan 1,6 mm. Lalu dilipat dua kali lembaran tersebut dan ditekan dengan telapak tangan. Kemudian lembaran karet dipotong dengan Wallace *punch* sebanyak 6 potongan untuk uji “1” pengukuran plastisitas setelah pengusangan. Selanjutnya diletakkan potongan uji untuk pengukuran plastisitas setelah pengusangan (P_a) di atas tatakan contoh dan dimasukkan ke dalam oven suhu pada yang divariasikan ($135-155^{\circ}\text{C}$) $\pm 0,2^{\circ}\text{C}$ selama rentang waktu yang juga divariasikan. Setelah itu sampel uji dikeluarkan kemudian didinginkan sampai suhu kamar. Pada penelitian ini, digunakan rentang waktu pengusangan sebagai variabel percobaan pada nilai 77, 99 dan 110 menit. Selain itu, variasi temperatur pengusangan diatur pada tiap rentang 5°C , secara berturut-turut 130, 135, 140, 145, 150 dan 155°C . Selanjutnya nilai PRI dihitung dengan rumus berikut:

$$\text{PRI} = \frac{P_a}{P_o} \times 100\% \dots\dots\dots (1)$$

Keterangan:

P_o = Plastisitas *crumb rubber* yang langsung diuji tanpa pengusangan

P_a = Plastisitas *crumb rubber* setelah dilakukan pengusangan dalam oven

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini bertujuan untuk mengeksplorasi pengaruh suhu pengeringan dan waktu operasi terhadap nilai indeks plastisitas retensi pada karet remah industri. Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai indeks plastisitas retensi (PRI) pada karet

remah yang diuji masih memenuhi standar kualitas SNI untuk varian SIR 20, yaitu di atas 40%. Contoh karet remah hasil pengeringan (pengusangan) pada alat pengering dapat dilihat pada Gambar 1. Nilai PRI yang diperoleh dari hasil perhitungan dengan menggunakan persamaan (1) ternyata memiliki rentang 52-76% dengan nilai P_o pada rentang yang cukup stabil yaitu pada 36-37%. P_o adalah nilai plastisitas karet remah yang diuji jika tanpa proses pengusangan, sedangkan P_a adalah nilai plastisitas karet remah yang diberikan perlakuan pengusangan selama beberapa waktu tertentu dan suhu tinggi. Data hasil analisis nilai PRI tersebut disajikan pada Tabel 2.



Gambar 1. Remahan karet setelah dikeringkan pada *dryer*

Pengujian *Plasticity Retention Index* (PRI) dalam produksi karet teknis umumnya dilakukan untuk menilai penurunan ketahanan karet mentah terhadap oksidasi pada suhu tinggi. Hasil pengukuran ini memberikan evaluasi cepat terhadap ketahanan karet alam mentah terhadap degradasi oksidatif termal.

Berdasarkan Tabel 2, perbandingan indeks plastisitas tanpa dan dengan pengusangan menunjukkan adanya penurunan nilai secara signifikan. Proses utama yang terjadi selama pengujian Indeks Retensi Plastisitas (PRI) pada *grade* komersial karet alam mentah adalah degradasi molekuler. Keterkaitan antara plastisitas Wallace dan derajat polimerisasi rata-rata memungkinkan untuk menyatakan PRI dalam konteks derajat polimerisasi rata-rata (Sambhi 1989).

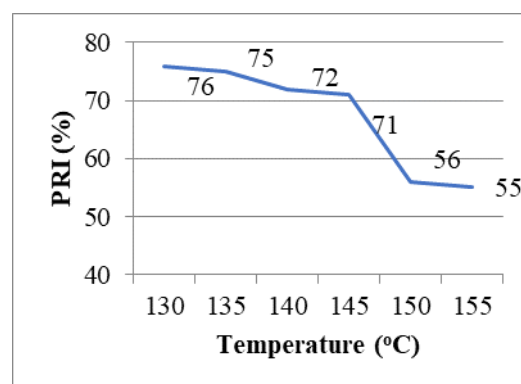
Tabel 2. Hasil analisis nilai PRI *crumb rubber*

T(°C)	T (menit)	Po	Pa	PRI (%)
130	77	37	28	76
135	77	36	27	75
140	99	36	26	72
145	99	36	27	71
150	110	37	21	56
155	110	38	20	52

Proses pemanasan pada karet diketahui dapat menyebabkan terjadinya oksidasi pada molekul-molekul karet sehingga ikatan rangkap pada polimer molekul karet menjadi terputus. Akibatnya, rantai polimer karbon pada karet menjadi lebih pendek dan berpengaruh pada penurunan sifat plastisitas dan ketahanan oksidasi karet. Struktur kimia poli(cis-1,4-isoprena) pada karet alam membuatnya rentan terhadap oksidasi, yang dapat dipicu oleh faktor seperti paparan cahaya, temperatur tinggi, oksidan atmosferik (O₂, O₃, dll), atau stres fisik yang berlebihan. Oksidasi termal pada karet alam yang masih mentah atau yang telah ter vulkanisasi dapat menyebabkan degradasi, seperti pemecahan rantai atau pembentukan ikatan silang

(*crosslinking*), yang pada akhirnya mengakibatkan penurunan sifat fisik dari bahan tersebut (Bonfils et al. 1999).

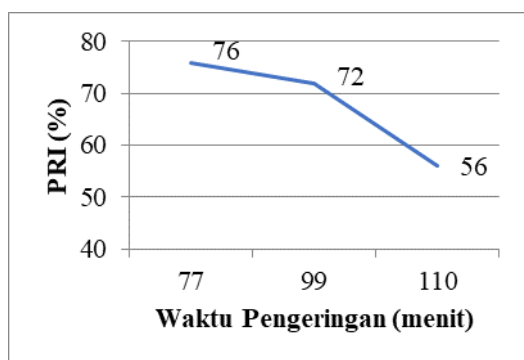
Pengaruh temperatur pengeringan terhadap indeks plastisitas retensi (PRI) karet remah dapat dilihat pada Gambar 2. Nilai PRI menunjukkan performa optimal pada angka 75-76% jika karet dikeringkan pada variasi suhu 130-135°C. Kenaikan temperatur pengeringan dapat mengakibatkan nilai PRI menjadi turun cukup signifikan akibat adanya oksidasi termal pada molekul karet. Pada suhu 150-155°C, nilai PRI turun cukup drastis menjadi 55-56% dari rentang sebelumnya 70-76% pada suhu yang lebih rendah. Sifat karet alam yang rentan terhadap oksidasi ini memengaruhi sifat pemrosesan dan sifat mekanis karet yang diproduksi, sehingga juga akan berpengaruh terhadap kualitas akhir produk karet yang diproduksi. Resistensi karet alam terhadap oksidasi termal ini dapat tercermin secara cepat melalui nilai *Plasticity Retention Index* (PRI) (Morgans et al., 1999).



Gambar 2. Pengaruh Temperatur terhadap Nilai PRI

Metode pengeringan yang digunakan untuk menghasilkan karet kering yang akan diolah di industri adalah salah satu faktor yang berpotensi

memengaruhi sifat produk akhir. Seiring variasi metode pengeringan, diharapkan bahwa kualitas produk karet yang dihasilkan juga dapat berbeda, karena metode pengeringan mempengaruhi konsistensi karet yang kemudian tercermin dalam sifat produk tersebut (Ediati and Jajang 2010; Aguele, Idiaghe, and Apugo-Nwosu 2015).



Gambar 3. Pengaruh Waktu Pengeringan Terhadap Nilai PRI

Lamanya waktu proses pengeringan juga memberikan efek yang cukup signifikan pada indeks plastisitas retensi karet, seperti yang disajikan pada Gambar 3. Waktu pengeringan yang lebih akan memberikan paparan termal yang lebih lama sehingga meningkatkan oksidasi termal yang terjadi pada struktur molekul karet remah. Retensi plastisitas karet menjadi melemah dan turun cukup signifikan. Oksidasi termal polimer ini, dalam keadaan padatnya, merupakan proses yang kompleks di mana dua fenomena bersaing terjadi: pemecahan rantai dan pembentukan ikatan silang, yang mengakibatkan penurunan sifat kimia dan fisik (Ngolemasango *et al.* 2003).

KESIMPULAN

Hasil penelitian menunjukkan bahwa baik temperatur maupun waktu pengeringan memberikan dampak yang cukup signifikan pada indeks plastisitas retensi (PRI) karet remah. Karet remah yang berkualitas baik dengan nilai PRI 75-76% diperoleh pada suhu pengeringan 130-135°C dengan waktu pengeringan 77 menit. Meningkatnya suhu dan lamanya waktu pengeringan berdampak pada penurunan nilai PRI karet remah akibat terjadinya oksidasi termal pada struktur molekul karet.

DAFTAR PUSTAKA

- Aguale, Felix Osarumhense, Justice Agbonayinma Idiaghe, and Tochukwu Uzoma Apugo-Nwosu. 2015. "A Study of Quality Improvement of Natural Rubber Products by Drying Methods." *Journal of Materials Science and Chemical Engineering* 03 (11): 7–12.
<https://doi.org/10.4236/msce.2015.311002>.
- Badan Standardisasi Nasional (BSN). 2011. SNI 1903:2011 Karet spesifikasi teknis, issued 2011.
- Bonfils, Frederic, J.C. Laigneau, H. de Livonniere, J. Sainte Beuve, and Montpellier. 1999. "Study of Natural Rubber Degradation in a PRI Oven." *Kautschuk Und Gummi Kunststoffe* 52 (February).
- Chou, S.K., and K.J. Chua. 2001. "New Hybrid Drying Technologies for Heat Sensitive Foodstuffs." *Trends in Food Science & Technology* 12 (10): 359–69.

- [https://doi.org/10.1016/S0924-2244\(01\)00102-9](https://doi.org/10.1016/S0924-2244(01)00102-9).
- Ediati, Rifah, and Jajang. 2010. "Mathematical Model of Smoking Time Temperature Effect on Ribbed Smoked Sheets Quality." *World Academy of Science, Engineering and Technology* 62 (February): 759–63.
- Hendratno, Sinung, Sekar Woelan, and Mohamad Irfan Fathurrohman. 2015. "Analisis Kelayakan Finansial Model Peremajaan Karet Partisipatif: Sumber Pembiayaan Dari Hasil Penjualan Kayu Karet." *Warta Perkaratan* 34 (1): 55. <https://doi.org/10.22302/ppk.wp.v34i1.63>.
- Khongchana, P., S. Tirawanichakul, Y. Tirawanichakul, and S. Woravutthikhunchai. 2007. "Effect of Drying Strategies on Quality of STR 20 Block Rubbers." *Journal of Agricultural Technology* 3 (2): 157–71.
- Kumar, Chandan, M.A. Karim, and Mohammad U.H. Joardder. 2014. "Intermittent Drying of Food Products: A Critical Review." *Journal of Food Engineering* 121 (January): 48–57. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2013.08.014>.
- Morgans, R, S. Lackovic, B. McGarry, G Dinnage, and B. Pearce. 1999. "Importance of Experimental Parameters on Rapid Plasticity Testing for PRI (Plasticity Retention Index)." *Proc. Int. Rubber Conference*, no. 12.
- Ng Mei Xiang. 2019. "High-Temperature Intermittent Drying: Quality Characterization of Crumb Rubber." University of Nottingham.
- Ngolemasango, F, E Ehabe, C Aymard, J Sainte-Beuve, B Nkouonkam, and F Bonfils. 2003. "Role of Short Polyisoprene Chains in Storage Hardening of Natural Rubber." *Polymer International* 52 (8): 1365–69. <https://doi.org/10.1002/pi.1225>.
- Pertanian, Departemen. 2007. "Prospek Dan Arah Pengembangan Agribisnis Karet." *Jakarta: Badan Penelitian Dan Pengembangan Pertanian*.
- Purwanta, Jamhari Hadi. 2008. *Teknologi Budidaya Karet*. Balai Besar Pengkajian dan Pengembangan Teknologi Pertanian, Badan Litbang Pertanian.
- Sambhi, M.S. 1989. "An Analysis of the Plasticity Retention Index of the Standard Malaysian Rubber Scheme." *Journal of Natural Rubber Research* 4 (2): 133–40.
- Simanjuntak, Agus Wiranto, Herry Darmadi, Abdul Azis Rahmansyah, Novia Nelza, and Bukhari. 2023. "Analisa Pengaruh Temperatur Terhadap Laju Pengeringan Crumb Rubber Pada Dryer Menggunakan Energi Panas Pembakaran Pada Burner." *Jurnal Mekanova: Mekanikal, Inovasi Dan Teknologi* 9 (1).
- Siregar, Irma Juliyanty. 2008. "Pengaruh Suhu Pemanasan Terhadap Plastisitas Karet Sir 20 Di PT. Bridgestone Sumatra Rubber Estate Dolok Merangir." Medan.

- Tham, Thing Chai. 2018. "Improving Drying Efficiency and Energy Saving for Crumb Natural Rubber Drying with Combined Drying Technologies." *Chemical technology, University of Nottingham, Malaysia.*
- Tham, Thing Chai, Ching Lik Hii, Sze Pheng Ong, Nyuk Ling Chin, Luqman Chuah Abdullah, and Chung Lim Law. 2014. "Technical Review on Crumb Rubber Drying Process and the Potential of Advanced Drying Technique." *Agriculture and Agricultural Science Procedia* 2: 26–32. <https://doi.org/10.1016/j.aaspro.2014.11.005>.
- Vachlepi, Afrizal, and Didin Suwardin. 2014. "Pengeringan Karet Remah Berbasis Sumber Energi Biomassa." *Warta Perkaratan* 33 (2): 103. <https://doi.org/10.22302/ppk.wp.v33i2.55>.
- Zhong, Jie-ping, Chengpeng Li, Sidong Li, Lingxue Kong, Lei Yang, Shuang Quan Liao, and Xiaodong She. 2009. "Study on the Properties of Natural Rubber during Maturation." *Journal of Polymer Materials* 26: 351–60. <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:136643066>.