

PENGARUH ASAM AMINO TERHADAP SIFAT KARET ALAM MENTAH DAN VULKANISATNYA

The Effect of Amino Acids on the Properties of Raw Natural Rubber and Its Vulcanizates

Mohamad Irfan FATHURROHMAN

Pusat Penelitian Karet, Unit Riset Bogor Getas, Jl. Salak no. 1 Bogor 16151
irfanirri@gmail.com

Diterima : 23 Februari 2021 / Disetujui : 14 Agustus 2021

Abstract

The preparation of constant viscosity natural rubber usually used hydroxiyl amine sulfate (HNS) as viscosity stabilizer which added into natural rubber latex. However HNS is corrosive therefore is important to substitute it with other non-corrosive chemicals such as amino acid. In this research, the addition of amino acid into natural rubber latex was investigated to enhance raw rubber properties, compound and natural rubber vulcanizates properties. In this study, the dose of amino acids (glycine and arginine) used was adjusted to the HNS dose commonly applied in practice, which was 0.15% by weight of dry rubber. High gel content natural rubber latex from matured natural rubber trees was used in this research. Raw rubber properties e.a plasticity, gel content, plasticity retention index and storage hardening were observed. Meanwhile, curing characteristic and vulcanized natural rubber properties were observed by rheometer and universal tension machine. The result saw that the addition of amino acid enchanced PRI and for sampel containing arginin and stabilizing agent decreased the gel content and the raw rubber was stabil during storage compared with sample without arginin and stabilizing agent. With decreasing gel content in raw natural rubber increased crosslink density of natural rubber vulcanizates resulting in enhanced tensile properties of natural rubber

vulcanizates. Arginin is polar amino acid that suitable for enhancing raw rubber properties and facilitating processing as well as increasing tensile properties of natural rubber vulcanizates.

Keywords: amino acid; gel content; natural rubber; physical properties

Abstrak

Pembuatan karet viskositas mantap biasanya menggunakan hidrosil amine sulfate (HNS) sebagai bahan penstabil viskositas yang ditambahkan ke dalam lateks karet alam. Akan tetapi HNS bersifat korosif sehingga perlu digantikan dengan bahan kimia lain yang tidak korosif seperti asam amino. Pada penelitian ini, penambahan asam amino (glisin dan arginin) ke dalam lateks karet alam diinvestigasi untuk memperbaiki sifat karet mentah, kompon, dan vulkanisat karet alamnya. Pada penelitian ini dosis asam amino (glisin dan arginin) yang digunakan disesuaikan dengan dosis HNS yang biasa diterapkan di dalam praktek, yaitu sebanyak 0,15% berat karet kering. Lateks karet alam dengan kandungan gel tinggi yang didapat dari pohon karet tua digunakan pada penelitian ini. Sifat karet mentah seperti sifat plastisitas, kandungan gel, *plasticity retention index* (PRI), dan kestabilan pada saat penyimpanan diobservasi. Sementara

itu karakteristik pematangan dan sifat vulkanisat karet alam dikarakterisasi dengan menggunakan rheometer dan *universal tension machine*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penambahan asam amino dapat meningkatkan PRI dan untuk sampel yang mengandung arginin dan penstabil dapat menurunkan kandungan gel dan karet mentah stabil pada saat penyimpanan dibandingkan dengan sampel tanpa penambahan arginin dan penstabil. Dengan adanya penurunan kandungan gel di dalam karet mentah dapat meningkatkan derajat ikatan silang dari vulkanisat karet alam menyebabkan peningkatkan sifat kuat tarik karet alam. Arginin merupakan asam amino polar yang cocok digunakan untuk meningkatkan sifat karet mentah dan memudahkan pemrosesan serta menghasilkan peningkatan sifat kuat tarik vulkanisat karet alamnya.

Kata kunci: asam amino; karet alam; kandungan gel; sifat fisika

PENDAHULUAN

Karet alam *Hevea brasiliensis* merupakan spesies polimer alam yang saat ini masih digunakan oleh industri sebagai bahan baku untuk ban pesawat terbang, ban bis dan truk, bantalan gempa, bantalan jembatan, dan berbagai produk barang jadi karet lainnya. Karet alam sampai saat ini belum tergantikan oleh karet sintetik poliisoprena karena keunikan yang dimiliki oleh karet alam *Hevea brasiliensis* yang sebagian besar mengandung *cis-1,4-polyisoprene* dan memiliki sekitar 6% b/b bahan bukan karet seperti protein (2%), *phospholipid* dan lipid netral (3,4%), karbohidrat (0,1%), dan ion logam (0,2%) (Toki et al., 2009). Bahan-bahan tersebut tidak dimiliki oleh karet sintetik poliisoprena (Amnuayporn Sri et al., 2008) dan juga karet alam Guayule (McMahan & Lhamo, 2015).

Bahan bukan karet terutama protein dan *phospholipid* di dalam karet alam dapat meningkatkan sifat mekanik karet alam karena dapat menghasilkan kristalisasi pada saat diregangkan (Nun-anan et al., 2018). Selain itu protein dan asam amino di dalam lateks karet alam juga dapat meningkatkan stabilitas termal oksidasi (Tuampoemsab & Sakdapipanich, 2007). Namun pada saat pemrosesan karet mentah bahan-bahan antioksidan alami di dalam lateks karet alam seperti *tocotrienol*, protein, dan asam amino hilang pada saat proses penggumpalan karet alam dengan menggunakan asam dan saat perendaman di dalam air sehingga akan menurunkan ketahanan terhadap oksidasi. Tuampoemsab (2013) melakukan penelitian pengaruh penambahan asam amino sebagai bahan antioksidan di dalam karet alam *Ribbed Smoked Sheet* (RSS3) dan karet spesifikasi teknis STR 5L untuk menggantikan bahan antioksidan sintetis. Asam amino alanin dapat digunakan sebagai antioksidan alam dan juga sebagai antiozonan untuk vulkanisat karet alam.

Namun, adanya protein dan *phospholipid* di dalam lateks *Hevea* akan mengakibatkan terbentuknya percabangan atau pembentukan gel (Nun-anan et al., 2018) sehingga viskositas *Mooney* dan plastisitas *Wallace* karet alam menjadi naik sehingga meningkatkan energi pencampuran pada pembuatan kompon karet (Bonfils et al., 2000). Pembentukan percabangan atau gel ini dapat diminimalisir dengan menggunakan bahan penstabil yang mengandung senyawa amina seperti hidrosilamin, *hydrazine* (Sekhar, 1962), merkaptan (Heping et al., 2011), dan bahan kimia polar seperti *diethylene glikol* (Nimpaiboon et al., 2016). Adanya bahan penstabil viskositas dapat berinteraksi dengan protein dan *phospholipid* melalui ikatan hidrogen sehingga menghambat interaksi antara protein dan *phospholipid*

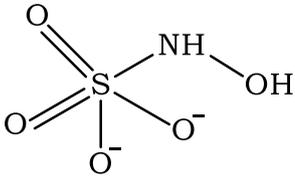
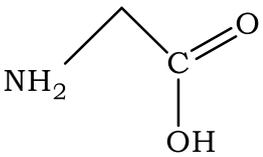
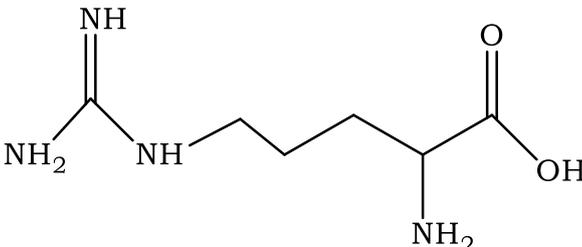
pada rantai ujung karet alam (Chollakup et al., 2019). Asam amino mengandung gugus amina yang sama seperti yang terdapat di dalam hidroksilamin ataupun *hydrazine*. Sehingga diharapkan gugus amina tersebut akan mencegah terjadinya pembentukan gel pada karet alam. Oleh karena itu pada penelitian ini, asam amino arginin atau glisin akan dicampur dengan lateks karet alam dan digumpalkan dengan menggunakan asam format. Hasil karet mentah yang telah dikeringkan kemudian diuji sifat karet mentah dan vulkanisat karetnya serta dibandingkan dengan karet mentah yang mengandung hidroksilamin sulfat dan tanpa penambahan bahan penstabil dan asam amino. Tujuan dari penelitian ini untuk menginvestigasi pengaruh penambahan asam amino arginin dan glisin terhadap sifat karet mentah dan vulkanisat karetnya, sehingga menjadi alternatif proses pembuatan karet mentah mutu tinggi yang dapat digunakan di industri.

BAHAN DAN METODE

Bahan

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini terdiri atas: lateks karet alam yang berasal dari Kebun Percobaan Ciomas, Bogor, Jawa Barat dengan kadar karet kering 30%. Bahan penggumpal lateks karet alam menggunakan asam format 90% grade teknis yang didapat dari PT. Sintas Kurama Perdana, Cikampek, Jawa Barat. Bahan penstabil viskositas karet alam menggunakan hidroksilamin netral sulfat (HNS) sebagai kontrol. Asam amino yang digunakan pada penelitian ini adalah arginin dan glisin yang diproduksi oleh CJ Cheil Jedang Corporation, Korea. Struktur kimia arginin, glisin, dan HNS dilihat pada Tabel 1. Bahan pengawet lateks kebun menggunakan amonia 20% dengan grade teknis. Bahan kimia kompon karet yang terdiri atas *Zinc oxide* (ZnO), asam stearat, Mercaptobenzothiazol (MBT), dan belerang dengan grade teknis seluruhnya didapat dari supplier lokal.

Tabel 1. Struktur kimia HNS, glisin, dan arginine
 Table 1. Chemical structure of HNS, glisine and arginine

Bahan kimia <i>Chemicals</i>	Struktur <i>Structure</i>
HNS	
Glisin	
Arginin	

Pembuatan Lembaran Karet Krep

Lateks kebun (4 L) ditambahkan amoniak 20% sebanyak 0,1% dan kemudian digumpalkan dengan menggunakan asam format 1% sebanyak 37 gr/L lateks kebun dengan dan tanpa penambahan HNS sebanyak 0,15 gram/100 gram karet kering atau arginin dan glisin sebanyak 0,15 gram/100 gram karet kering sampai karet menggumpal dan memisah dari serumnya. Kemudian koagulum karet yang terbentuk dicuci dengan menggunakan air mengalir dan digiling dengan menggunakan mesin kreper menjadi lembaran karet krep. Krep basah kemudian ditiriskan dan dikeringkan dengan menggunakan oven pada suhu 60°C sampai berat konstan dan diberi kode AF (sampel blanko), HNS (sampel kontrol), Arginin dan Glisin (sampel dengan menggunakan penstabil HNS dan asam amino). Lembaran sampel karet krep yang telah kering (karet mentah) kemudian dikarakterisasi.

Pembuatan Kompon dan Vulkanisat Karet Alam

Kompon karet alam dibuat dengan cara mencampur karet krep yang telah kering dengan bahan kimia karet seperti

yang diperlihatkan pada Tabel 2 sesuai dengan ASTM D3184 menggunakan kompon ACS1. Pencampuran dilakukan di dalam gilingan terbuka kapasitas laboratorium dengan rasio friksi 1,25:1. Sebelum dilakukan pencampuran, karet krep dimastikasi terlebih dahulu untuk menurunkan viskositas karet agar lebih mudah bercampur dengan bahan kimia karet. Kemudian ditambahkan ZnO dan asam stearat dan tahap akhir ditambahkan MBT dan belerang. Kompon yang telah dicampur kemudian dikondisikan minimal 16 jam untuk menstabilkan kompon agar tidak terjadi reaksi lanjut yang mungkin terjadi antar karet dengan bahan kimia kompon. Kompon karet yang telah stabil kemudian di cetak dalam bentuk lembaran di dalam *compression molding* pada suhu 150°C dan tekanan 100 kg/cm² dan waktu pematangan (t_{90}) yang didapat dari uji karakteristik pematangan. Selanjutnya lembaran vulkanisat karet alam dengan tebal 2 mm diuji sifat fisiknya.

Karakterisasi Karet Mentah

Lembaran karet krep yang telah kering dihomogenkan di dalam gilingan terbuka pada suhu ruang dan kemudian dilembarkan. Lembaran karet krep hasil

Tabel 2. Formulasi kompon karet alam dengan dan tanpa menggunakan asam amino dan HNS

Table 2. Natural rubber compound formulation with and without the addition of amino acid and HNS

Bahan <i>Materials</i>	Bagian per seratus karet (bsk) <i>Per hundred rubber (phr)</i>
Karet alam *)	100
ZnO	6,0
Asam stearate	0,5
MBT	3.,5
Belerang	0,5

*) dengan dan tanpa asam amino dan HNS

homogenisasi (karet mentah) kemudian dikarakterisasi sifat kimia dan fisiknya. Karakterisasi karet mentah mengacu pada beberapa parameter diantaranya: plastisitas awal (PO), *Plasticity Retention Index* (PRI), *accelerated storage hardening test* (ASHT),

dan sifat kuat tarik karet mentah (*green strength*).

Plastisitas karet diukur dengan menggunakan plastimeter *Wallace* sesuai dengan ISO 2007. Sampel yang telah

dihomogenkan ditipiskan $3,4 \pm 0,4$ mm dan dilubangi dengan diameter 10 mm. Tiga set potongan uji disiapkan untuk pengujian P₀, PRI, dan ASHT, masing-masing dilakukan tiga kali ulangan.

Pengujian ASHT dilakukan dengan menempatkan potongan uji di dalam desikator yang terdapat *phosphor* penta oksida (P₂O₅) pada bagian bawah, berfungsi untuk menyerap uap air. Pengujian dikondisikan pada suhu 60°C selama 24 jam. Perubahan plastisitas karet (P) dihitung dari persamaan 1.

$$P = P_H - P_0 \quad (1)$$

dimana P_H adalah plastisitas setelah dilakukan pengkondisian di dalam desikator dan P₀ adalah plastisitas awal.

Sementara itu pengujian PRI menunjukkan ketahanan karet terhadap oksidasi diukur sesuai dengan ISO 2930. PRI dihitung dari perbandingan plastisitas setelah pemanasan pada suhu 140°C selama 30 menit dan plastisitas awal seperti yang disajikan pada persamaan 2.

$$PRI = \left(\frac{P_{30}}{P_0} \right) \times 100 \quad (2)$$

Kandungan gel dikarakterisasi dengan cara merendam lembaran karet krep sebanyak 100 mg ke dalam toluene 20 ml ditempatkan di gelas beaker pada ruangan gelap selama 7 hari. Larutan kemudian disaring dan ditimbang gel karet yang tersaring (Marinho & Tanaka, 1999). Kandungan gel dihitung dengan menggunakan persamaan 3. Pengujian dilakukan dengan tiga kali pengulangan dari setiap sampel uji.

$$\text{Kandungan gel (gel content)} = \left(\frac{\text{berat gel}}{\text{berat karet sebelum direndam}} \right) \times 100 \quad (3)$$

Sifat kuat tarik karet mentah “*green strength*” dikarakterisasi dengan menggunakan *Universal Tension Machine* (MTS, USA) pada kecepatan *crosshead* 500 mm/menit sesuai dengan ISO 37. Sampel karet mentah terlebih dahulu ditekan dengan menggunakan mesin kompresi dengan tekanan 100 kg/cm² dan suhu 160°C selama 15 menit (Nun-anan et al., 2018). Tujuan dari persiapan sampel ini untuk menghasilkan permukaan karet mentah yang merata sehingga menghasilkan ketebalan yang seragam (2 mm). Sampel kemudian dipotong dengan menggunakan pisau dumbbell tipe 2 dan diukur dengan menerapkan tiga ulangan tiap sampel uji.

Karakterisasi Kompon dan Vulkanisat Karet Alam

Karakterisasi kompon dilakukan dengan menggunakan *Moving Die Rheometer* (MDR, Alpha, USA) sesuai dengan ISO 6502-3 untuk mengetahui karakteristik pematangan kompon karet yang diukur pada suhu 150°C selama 30 menit. Sifat kuat

tarik vulkanisat karet alam diuji sesuai dengan ISO 37 dengan menggunakan dumbbell tipe 2 dengan kecepatan *crosshead* 500 mm/menit dan diukur dengan menerapkan tiga ulangan tiap sampel uji.

HASIL DAN PEMBAHASAN

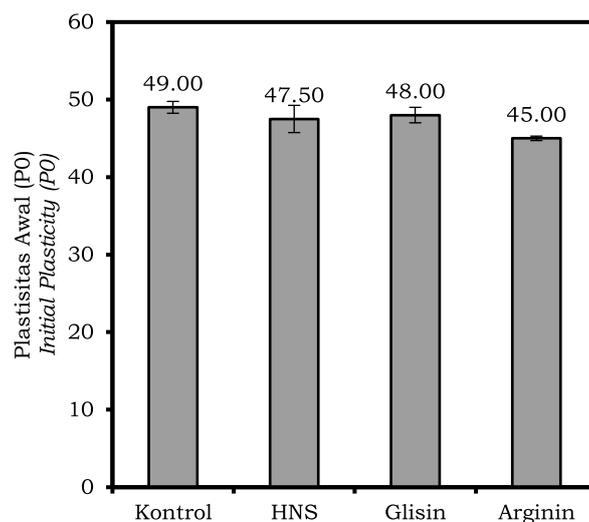
Sifat Karet Mentah

Plastisitas awal (P₀) merupakan parameter yang sangat penting untuk mengukur mikrostruktur dari karet mentah yang biasanya diukur dengan menggunakan *Plastimeter Wallace*. Plastisitas dari karet alam berkorelasi dengan viskositas *Mooney* (Yip, 1990) mengindikasikan berat molekul karet alam dan gel yang terdapat di dalam karet alam (Bonfils et al., 1999). Gambar 1 memperlihatkan pengaruh penambahan bahan penstabil dan asam amino (glisin atau arginin) terhadap nilai P₀. Karet mentah yang digumpalkan dengan asam format memiliki nilai P₀ yang relatif sama dengan karet

mentah yang ditambahkan aditif HNS dan glisin. Namun dengan penambahan arginin nilai P_0 karet mentah sedikit menurun, hal ini mengindikasikan bahwa penambahan arginin dapat mengurangi kandungan gel yang terdapat di dalam karet alam.

Kandungan gel di dalam karet mentah dengan dan tanpa penambahan asam amino dan HNS disajikan pada Gambar 2. Kandungan gel pada karet mentah sejalan dengan nilai plastisitas

awalnya (P_0). Kandungan gel pada karet mentah tanpa penambahan asam amino dan HNS (AF) relatif tinggi, lebih dari 70% dengan nilai P_0 lebih besar dibandingkan sampel lainnya. Hal ini disebabkan karena lateks karet alam pada penelitian ini diambil dari perkebunan Ciomas yang tidak dilakukan penyadapan secara regular dan umur tanaman karet lebih dari 30 tahun. Menurut Marinho & Tanaka (1999), tanaman karet yang usianya lebih dari 30 tahun dan tidak disadap secara regular menghasilkan lateks



Gambar 1. Pengaruh HNS dan asam amino masing-masing 0,15% terhadap plastisitas awal karet mentah

Figure 1. Effect of HNS and amino acids respectively 0.15% on the initial plasticity of raw rubber

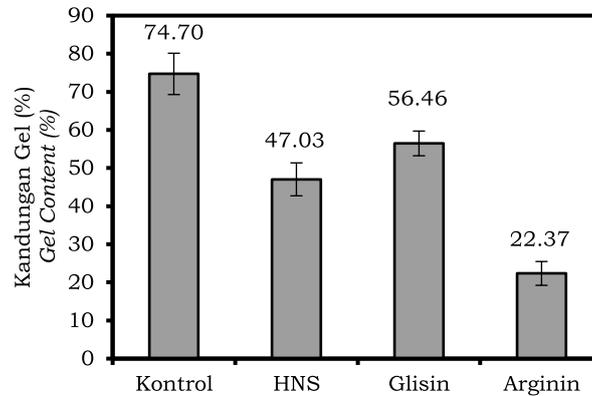
dengan kandungan gel lebih dari 70% dan mengandung "hard gel" yang mengindikasikan adanya ikatan silang di dalam gel selain itu juga mengandung gel yang terbentuk dari interaksi fisik seperti ikatan hidrogen dan ikatan van der Waals.

Penambahan HNS, glisin, dan arginin pada lateks karet alam dapat menurunkan kandungan gel yang terdapat di dalam karet mentah. Penurunan nilai kandungan gel di dalam karet mentah dapat

menurunkan nilai P_0 seperti yang terlihat pada Gambar 2. Penurunan gel dapat disebabkan karena adanya interaksi antara amina yang terdapat di dalam struktur HNS, glisin, dan arginin dengan protein dan *phospholipid* yang terdapat di bagian ujung rantai karet alam. Adanya bahan bukan karet protein dan *phospholipid* dapat menyebabkan percabangan dan gel akibat dari ikatan hidrogen maupun ikatan ionik antara protein dan protein maupun *phospholipid* dan *phospholipid* (Nun-anan et

al., 2018). Dengan adanya amina yang bersifat polar pada struktur HNS dan asam amino, dapat menghambat terjadinya

percabangan dari *phospholipid* pada ujung rantai karet alam (Nimpaiboon et al., 2016).



Gambar 2. Pengaruh HNS dan asam amino masing-masing 0,15% terhadap kandungan gel karet mentah

Figure 2. Effect of HNS and amino acids respectively 0.15% on the gel content of raw rubber

Sementara itu pengujian *accelerated storage hardening* (ASHT) dilakukan dengan tujuan untuk mempercepat mekanisme peningkatan plastisitas pada kondisi kering menggunakan P_2O_5 sebagai bahan penyerap air pada suhu $60^\circ C$ selama 24 jam. Gambar 3 memperlihatkan nilai ASHT dari sampel karet mentah dengan dan tanpa penambahan asam amino dan HNS. Sampel karet mentah tanpa menggunakan bahan penstabil (sampel AF), mengalami peningkatan nilai plastisitas setelah dilakukan pengujian ASHT. Hal ini mengindikasikan terjadinya percabangan atau pembentukan gel yang diakibatkan ikatan pada grup terminal dan *monophospate* dan *diphospate* yang berikatan dengan *phospholipid* pada rantai lain melalui ikatan hidrogen dan ikatan ionik (Nun-anan et al., 2018).

Dengan penambahan HNS, nilai ASHT lebih kecil dari sampel lainnya. Hidroksilamin netral sulfat (HNS) merupakan bahan kimia polar yang mudah larut dalam air sehingga dapat mudah bereaksi dengan *phospholipid* dan menghambat terjadinya peningkatan

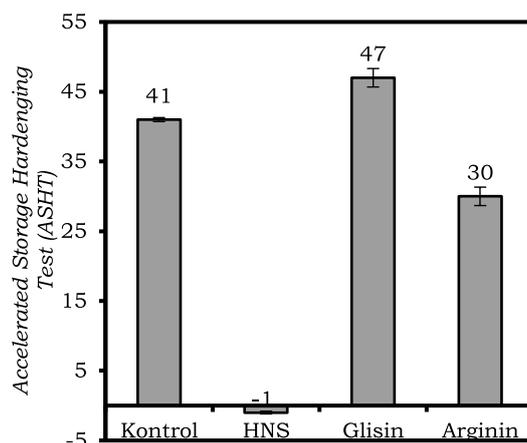
plastisitas. Disamping itu, menurut Sekhar (1962), HNS dapat menghambat reaksi ikatan silang yang diakibatkan karena adanya grup aldehid di dalam molekul karet alam bereaksi melalui reaksi kondensasi aldol.

Berbeda dengan karet mentah yang ditambahkan glisin, menghasilkan nilai ASHT yang lebih tinggi dari sampel kontrol (AF). Hal ini disebabkan karena glisin merupakan jenis asam amino yang memiliki indeks hidropobisitas yang lebih tinggi dibandingkan dengan arginin sehingga bersifat non polar (McMahan & Lhamo, 2015). Penambahan glisin di dalam karet alam dapat mendorong terjadinya peningkatan nilai ASHT karena glisin dapat menjadi katalis pada reaksi ikatan silang aldehid di dalam karet alam (Burfield, 1986). Sementara itu arginin merupakan asam amino yang mudah larut dalam air dan bersifat polar sehingga arginin dimungkinkan dapat bereaksi dengan *phospholipid* di bagian ujung struktur karet alam dan mencegah terjadinya percabangan sehingga dapat menurunkan nilai ASHT. Polaritas bahan kimia yang digunakan

untuk penstabil viskositas karet mentah sangat penting untuk mencegah terjadinya ikatan antara *phospholipid* di dalam struktur karet alam (Nimpaiboon et al., 2016).

Parameter karet mentah lain yang penting untuk diuji adalah PRI mengindikasikan ketahanan karet alam terhadap oksidasi. Nilai PRI karet mentah

dengan dan tanpa penambahan asam amino dan HNS disajikan pada Gambar 4. Dengan penambahan asam amino (glisin dan arginin), dapat meningkatkan nilai PRI jika dibandingkan dengan kontrol (AF) dan dengan penambahan HNS sebagai penstabil. Asam amino mengandung senyawa amina yang berfungsi sebagai antioksidan sehingga dapat mencegah terjadinya oksidasi pada



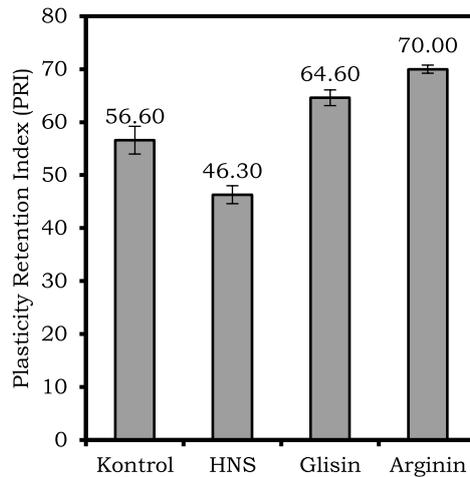
Gambar 3. Pengaruh HNS dan asam amino masing-masing 0,15% terhadap ASHT karet mentah

Figure 3. Effect of HNS and amino acids respectively 0.15% on the ASHT of raw rubber

molekul karet alam dan meningkatkan PRI (Nun-anan et al., 2018). Selain itu asam amino juga dapat berfungsi sebagai antioksidan alami pada kompon karet alam (Tuampoemsab, 2013).

Berbeda dengan penambahan asam amino pada karet alam, penambahan HNS menurunkan PRI. Meskipun HNS memiliki

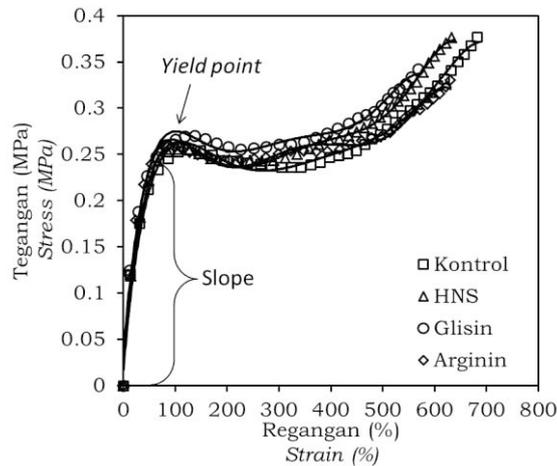
gugus amina, namun HNS juga memiliki ion sulfat di dalam strukturnya seperti yang terlihat pada Tabel 1 yang dapat mengakibatkan oksidasi pada karet alam. Fenomena yang sama terjadi pada karet alam dengan penambahan tawas sebagai bahan penggumpal lateks karet alam (Purbaya et al., 2011).



Gambar 4. Pengaruh HNS dan asam amino masing-masing 0,15% terhadap PRI karet mentah
 Figure 4. Effect of HNS and amino acids respectively 0.15% on the PRI of raw rubber

Kurva kuat tarik karet mentah dengan dan tanpa penambahan asam amino dan HNS disajikan pada Gambar 5. Terlihat jelas bahwa semua sampel memiliki karakteristik kurva tegangan-regangan yang relatif sama. Pada regangan rendah terjadi peningkatan tegangan yang sangat cepat ditandai dengan kemiringan (*slope*) mengindikasikan modulus *young* atau modulus elastis. Setelah melewati batas elastis (*yield point*), terjadi sedikit penurunan tegangan yang diakibatkan karena terjadinya kerusakan interaksi fisik

seperti *entanglement*, ikatan hidrogen, dan atau ikatan van der Waals. Kemudian setelah melewati regangan 500%, terjadi kenaikan tegangan. Pada regangan tinggi, karet alam akan mengalami kristalisasi mengakibatkan terjadinya kenaikan tegangan (Kawahara et al., 2000), hal ini dikarenakan sampel karet alam yang digunakan pada penelitian ini mengandung gel yang cukup tinggi seperti yang terlihat pada Gambar 5, biasanya untuk lateks alam yang disadap dari pohon karet secara regular mengandung gel kurang dari 5% (Tangpakdee & Tanaka, 1997).



Gambar 5. Kurva tegangan-regangan karet mentah dengan dan tanpa penambahan asam amino dan HNS

Figure 5. Stress-strain curve of raw rubber with and without the addition of amino acid and HNS

Sifat Kompon dan Vulkanisat Karet Alam

2006).

Karakteristik pematangan kompon karet alam dengan dan tanpa penambahan asam amino dan HNS disajikan pada Tabel 3, yang terdiri atas torsi maksimum (S'_{max}), torsi minimum (S'_{min}), perbedaan torsi ($S' = S'_{max} - S'_{min}$), waktu pematangan dini (*scorch time*, t_{s2}), dan waktu pematangan (t_{90}). Waktu pematangan dini atau waktu *scorch* (t_{s2}) dari sampel kompon karet yang mengandung asam amino glisin dan arginin lebih cepat dibandingkan dengan kontrol (AF) dan kompon karet yang mengandung bahan penstabil HNS. Dengan adanya asam amino yang memiliki gugus amina dapat berperan sebagai ligan untuk membentuk senyawa kompleks dengan ion Zn^{2+} sehingga akan mempercepat reaksi vulkanisasi (Ismail et al., 1997). Meskipun HNS juga memiliki senyawa amina, namun waktu t_{s2} dan t_{90} sampel vulkanisat karet alam yang mengandung HNS lebih lama, hal ini dikarenakan HNS mengandung ion sulfat yang bersifat asam sehingga dapat menghambat reaksi vulkanisasi (Kim et al.,

Torsi minimum mengindikasikan viskositas kompon yang berhubungan dengan kemudahan pemrosesan karet menjadi produk barang jadi karet. Pada Tabel 3 terlihat bahwa kompon karet alam yang mengandung arginin memiliki nilai torsi minimum yang paling rendah dibandingkan dengan kompon lainnya. Hal ini sejalan dengan hasil plastisitas awal dan kandungan gel yang terendah dibandingkan dengan sampel lainnya. Namun, nilai S' dari kompon karet alam yang mengandung arginin terbesar dibandingkan dengan sampel lainnya. Perubahan torsi berkaitan erat dengan derajat ikatan silang belerang di dalam karet alam yang dihasilkan dari reaksi vulkanisasi (Lopez Manchado et al., 2003). Oleh karena itu dapat disimpulkan bahwa dengan penambahan arginin dapat memudahkan pemrosesan kompon karet menjadi produk barang jadi karet dan menghasilkan vulkanisat karet yang memiliki derajat ikatan silang yang lebih tinggi.

Tabel 3. Karakteristik pematangan kompon karet alam dengan dan tanpa penambahan asam amino dan HNS

Table 3. Curing characteristics of natural rubber compound with and without the addition of amino acid and HNS

Karakteristik Pematangan <i>Curing characteristic</i>	Kontrol <i>Control</i>	HNS	Glisin	Arginin
S'_{max} (dNm)	2,13	2,53	3,42	3,34
S'_{min} (dNm)	0,33	0,25	0,31	0,12
$\Delta S'$ (dNm)	1,8	2,28	3,11	3,22
Waktu scorch/ t_{s2} (menit)	6,48	4,59	3,14	3,39
Waktu pematangan/ t_{90} (menit)	25,37	24,37	22,46	22,25

Derajat ikatan silang dari karet yang tidak mengandung bahan pengisi dapat dikarakterisasi dengan menggunakan persamaan *Mooney-Rivlin* (Rivlin, 1997) di bawah ini:

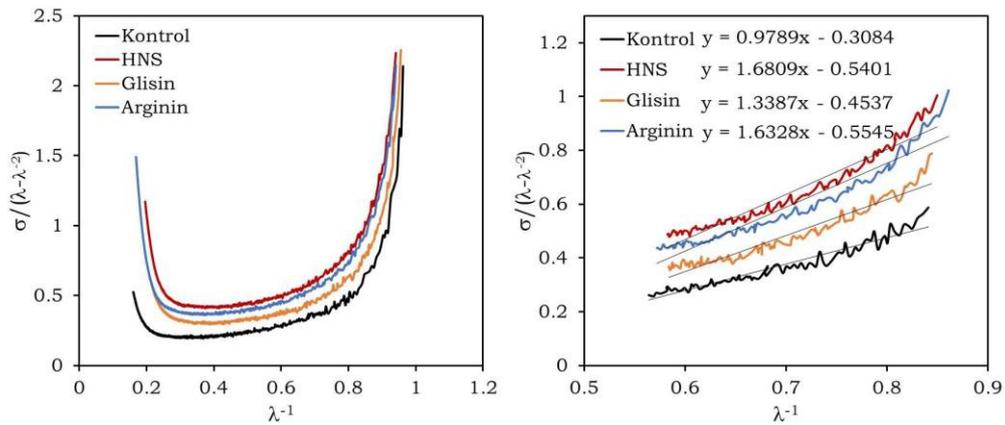
$$\sigma^* = \sigma / (\lambda - \lambda^{-2}) = 2C_1 + 2C_2\lambda^{-1} \quad (4)$$

dimana σ adalah tegangan dan $2C_1$ dan $2C_2$ adalah konstanta independen dari regangan

(λ). Intersep (C_1) dari kurva Mooney-Rivlin dapat digunakan untuk menghitung derajat ikatan silang (η) dengan menggunakan persamaan 5.

$$\eta = C_1 / RT \quad (5)$$

dimana R merupakan konstanta gas (8,314 J/mol.K) dan T adalah suhu absolut (Kelvin).



Gambar 6. Kurva *Mooney-Rivlin* vulkanisat karet alam dengan dan tanpa penambahan asam amino dan HNS
 Figure 6. *Mooney-Rivlin Curve* of natural rubber vulcanizates with and without the addition of amino acid and HNS

Gambar 6 memperlihatkan kurva *Mooney-Rivlin* vulkanisat karet alam dengan dan tanpa penambahan asam amino dan HNS. Pada regangan tinggi, nilai σ^* dari vulkanisat karet alam dengan penambahan HNS dan asam amino meningkat. Peningkatan ini disebabkan karena

meningkatnya derajat ikatan silang seperti disajikan pada Tabel 4 yang berkorelasi dengan *S'*. Fenomena yang terjadi sejalan dengan hasil kandungan gel dalam karet mentah. Penurunan kandungan gel dapat meningkatkan modulus 100% (*M100*) seperti yang diperlihatkan pada Tabel 4.

Tabel 4. Derajat ikatan silang dan sifat kuat tarik dari vulkanisat karet alam dengan dan tanpa penambahan asam amino dan HNS
 Table 4. *Crosslink density and tensile properties of natural rubber vulcanizates with and without the addition of amino acid and HNS*

Sampel Sample	C1	C2	η (mol/cm ³)	M100 (MPa)	M300 (MPa)	Kuat tarik Tensile strenght (MPa)	Perpanjangan putus Elongation at breaks (%)
Kontrol	0,15	0,49	6,18 x 10 ⁵	0,41	0,84	3,23	522,23
HNS	0,27	0,84	1,08 x 10 ⁴	0,78	2,10	5,94	410,35
Glisin	0,23	0,67	9,10 x 10 ⁵	0,59	1,55	3,01	377,91
Arginin	0,28	0,82	1,11 x 10 ⁴	0,70	1,70	8,79	493,14

Sifat kuat tarik vulkanisat karet alam dengan dan tanpa penambahan asam amino dan HNS disajikan pada Tabel 4. Terlihat jelas bahwa penambahan HNS dan asam amino dapat meningkatkan modulus pada regangan 100% (M100), regangan 300% (M300), dan kuat tarik. Namun kuat tarik dari glisin lebih rendah dari sampel kontrol (AF) hal ini disebabkan karena glisin mendorong terjadinya reaksi *storage hardening* (Burfield, 1986).

KESIMPULAN DAN SARAN

Penambahan asam amino dan HNS ke dalam lateks karet alam memengaruhi sifat karet mentah, kompon, dan vulkanisatnya. Penambahan asam amino (glisin dan arginin) meningkatkan ketahanan oksidasi karet mentah disebabkan karena adanya gugus amina yang berperan sebagai antioksidan. Kandungan gel dan ASHT dari karet mentah menurun dengan penambahan HNS dan arginin sehingga karet mentah lebih stabil pada saat penyimpanan. Pada saat pemrosesan menjadi barang jadi karet, karet alam dengan penambahan asam amino dapat mempercepat reaksi vulkanisasi dan dengan penambahan arginin dan HNS dapat mempermudah pemrosesan menjadi produk karet karena menghasilkan S'min yang lebih rendah dibandingkan sampel lainnya. Sifat kuat tarik dari vulkanisat karet alam meningkat sejalan dengan peningkatan derajat ikatan silang dari sampel karet alam yang mengandung asam amino dan HNS. Berdasarkan hasil uji, arginin cocok digunakan untuk meningkatkan sifat karet mentah, memudahkan pemrosesan dan menghasilkan peningkatan sifat kuat tarik vulkanisat karet alamnya.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih diucapkan kepada Sdri. Woro Andriani dan Luthfiah yang selama penelitian telah membantu menyiapkan sampel uji lateks kebun.

DAFTAR PUSTAKA

- Amnuayporn Sri, S., Sakdapipanich, J., Toki, S., Hsiao, B.S., Ichikawa, N., & Tanaka, Y. (2008). Strain-Induced Crystallization of Natural Rubber: Effect of Proteins and Phospholipids. *Rubber Chemistry and Technology*, 81(5), 753-766.
- Bonfils, F., Char, C., Garnier, Y., Sanago, A., & Sainte Beuve, J. (2000). Inherent molar mass distribution of clones and properties of crumb natural rubber. *Journal of Rubber Research*, 3(3), 164-168.
- Bonfils, F., Flori, A., & Sainte Beuve, J. (1999). Relations between Wallace plasticity and Mw for natural rubber. *Journal of applied polymer science*, 74(13), 3078-3087.
- Burfield, D. R. (1986). Storage hardening of natural rubber: an examination of current mechanistic proposals. *Journal of Natural Rubber Research*, 1(3), 202-208.
- Chollakup, R., Suwanruji, P., Tantatherdtam, R., & Smitthipong, W. (2019). New approach on structure-property relationships of stabilized natural rubbers. *Journal of Polymer Research*, 26(2), 1-11.

- Heping, Y., Zongqiang, Z., Qifang, W., Yongyue, L., Xia, Z., & Linxue, K. (2011). Preparation of constant viscosity natural rubber with mercaptan. *KGK online*, 31-34.
- Ismail, H., Ishiaku, U. S., Ishak, Z. A. M., & Freakley, P. K. (1997). The effects of a cationic surfactant (fatty diamine) and a commercial silane coupling agent on the properties of a silica filled natural rubber compound. *European Polymer Journal*, 33(1), 1-6.
- Kawahara, S., Isono, Y., Kakubo, T., Tanaka, Y., & Aik-Hwee, E. (2000). Crystallization behavior and strength of natural rubber isolated from different *Hevea* clone. *Rubber Chemistry and Technology*, 73(1), 39-46.
- Kim, C., Bonfils, F., Collet, A., & Sainte, J. (2006). *Hydroxylamine sulphate retards the vulcanization of natural rubber but not of synthetic polyisoprene*. Paper presented at the International Rubber Conference, Lyon.
- Lopez Manchado, M. A., Herrero, B., & Arroyo, M. (2003). Preparation and characterization of organoclay nanocomposites based on natural rubber. *Polymer International*, 52(7), 1070-1077.
- Marinho, J. R. D., & Tanaka, Y. (1999). Structural characterisation of wild rubber: gel content. *Journal of Natural Rubber Research*, 2(4), 231-238.
- McMahan, C., & Lhamo, D. (2015). Study of amino acid modifiers in guayule natural rubber. *Rubber Chemistry and Technology*, 88(2), 310-323.
- Nimpaiboon, A., Amnuayporn Sri, S., & Sakdapipanich, J. T. (2016). Obstruction of storage hardening in NR by using polar chemicals. *Rubber Chemistry and Technology*, 89(2), 358-368.
- Nun-anan, P., Wisunthorn, S., Pichaiyut, S., Vennemann, N., & Nakason, C. (2018). Novel approach to determine non-rubber content in *Hevea brasiliensis*: Influence of clone variation on properties of unvulcanized natural rubber. *Industrial Crops and Products*, 118, 38-47.
- Purbaya, M., Sari, T. I., Saputri, C. A., & Fajriaty, M. T. (2011). *Pengaruh beberapa jenis bahan penggumpal lateks dan hubungannya dengan susut bobot, kadar karet kering dan plastisitas*. Paper presented at the Seminar Nasional AVoER ke-3, Palembang.
- Rivlin, R. S. (1997). Large elastic deformations. In G. I. Barenblatt & D. D. Joseph (Eds.), *Collected Papers of R.S. Rivlin: Volume I and II* (pp. 318-351). New York, NY: Springer New York.
- Sekhar, B. C. (1962). Inhibition of hardening in natural rubber. *Rubber Chemistry and Technology*, 35(4), 889-895.

- Tangpakdee, J., & Tanaka, Y. (1997). Purification of natural rubber. *Journal of Natural Rubber Research*, 12(2), 112-119.
- Toki, S., Hsiao, B. S., Amnuayporn Sri, S., & Sakdapipanich, J. (2009). New insights into the relationship between network structure and strain-induced crystallization in unvulcanized and vulcanized natural rubber by synchrotron X-ray diffraction. *Polymer*, 50(9), 2142-2148.
- Tuampoemsab, S. (2013). Influence of amino acids on anti-oxidative properties of green natural rubber and natural rubber compound. *Advanced Materials Research*, 747, 664-667.
- Tuampoemsab, S., & Sakdapipanich, J. (2007). Role of naturally occurring lipids and proteins on thermal aging behaviour of purified natural rubber. K G K. *Kautschuk, Gummi, Kunststoffe*, 60(12), 678-684.
- Yip, E. (1990). Clonal characterization of latex and rubber properties. *Journal of Natural Rubber Research*, 5(1), 52-80.