

PENGARUH ABU SEKAM PADI DAN *COUPLING AGENT* TERHADAP KETAHANAN USANG VULKANISAT BANTALAN DERMAGA

THE EFFECT OF RICE HUSK ASH AND COUPLING AGENT ON THE AGEING RESISTANCE VULCANIZED DOCK FENDER

Popy Marlina dan Hari Adi Prasetya

Balai Riset dan Standardisasi Industri Palembang
Jl Perindustrian II No 12, Sukarami, Palembang, 30152

e-mail : popy_marlina@yahoo.co.id

Diterima: 13 Februari 2017 ; Direvisi: 20 Februari 2017 – 5 Mei 2017 ; Disetujui : 30 Juni 2017

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui ketahanan usang vulkanisat bantalan dermaga dengan bahan pengisi abu sekam padi dan coupling agent. Rancangan yang digunakan pada penelitian ini adalah Rancangan Acak Lengkap (RAL) non faktorial, setiap perlakuan diulang 3 (tiga) kali. Faktor tunggal perbandingan konsentrasi abu sekam padi dan coupling agent *3-methacryloxypropyl trimethoxysilane* (MPS) (70 phr : 1 phr, 100 phr : 1 phr, 130 phr : 1 phr, 160 phr : 1 phr, 190 phr : 1 phr dan 220 phr : 1 phr). Parameter yang diamati meliputi kekerasan, tegangan putus, perpanjangan putus dan ketahanan sobek sebelum dan setelah pengusangan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa perlakuan konsentrasi abu sekam padi dan coupling agent MPS, berpengaruh terhadap kekerasan, tegangan putus, perpanjangan putus dan ketahanan sobek sebelum dan sesudah pengusangan vulkanisat bantalan dermaga. Karakteristik vulkanisat bantalan dermaga memenuhi syarat mutu sesuai SNI 06-3568-2006 untuk perlakuan konsentrasi ASP70 hingga ASP160 dengan karakteristik kekerasan 70 Shore A, 75 Shore A, 78 Shore A dan 80 Shore A dan setelah pengusangan 68 Shore A, 72 Shore A, 76 Shore A dan 78 Shore A. tegangan putus sebelum pengusangan (19 N/mm², 21 N/mm², 17 N/mm² dan 16 N/mm²), setelah pengusangan (17 N/mm², 20 N/mm², 15 N/mm² dan 15 N/mm²). Perlakuan konsentrasi ASP70 hingga ASP220 terhadap perpanjangan putus sebelum pengusangan (350%, 345%, 330%, 220%, 209% dan 200%), setelah pengusangan (343%, 335%, 325%, 216% dan 200%). Karakteristik ketahanan sobek sebelum pengusangan (15,6 kg/cm, 17,2 kg/cm, 17,9 kg/cm, 18,2 kg/cm, 19 kg/cm dan 20 kg/cm), setelah pengusangan 15 kg/cm, 16,1 kg/cm, 17,5 kg/cm, 17,9 kg/cm, 18,7 kg/cm dan 19 kg/cm).

Kata kunci : abu sekam padi, *coupling agent*, ketahanan using, vulkanisat bantalan dermaga

Abstract

The research aimed to study the ageing resistance of vulcanized dock vendor with rice husk ash filler and coupling agent. The experimental research used non Factorial Completely Randomized Design and each treatments was replicated three times. Single factor concentration of ratio of rice husk ash and coupling agent *3-methacryloxypropyl trimethoxysilane* (MPS) (70 phr: 1 phr, 100 phr: 1 phr, 130 phr: 1 phr, 160 phr: 1 phr, 190 phr: 1 phr and 220 phr : 1 phr). The parameters were hardness, tensile strength, elongation at break and ageing resistance before and after ageing. The results showed that all treatments have a influence on vulcanized dock fendor and meet the quality requirements SNI 06-3568-2006 for treatment concentration of ASP70 to ASP160 with characteristics hardness of 70 Shore A, 75 Shore A, 78 Shore A dan 80 Shore A after ageing 68 Shore A, 72 Shore A, 76 Shore A dan 78 Shore A. The tensile strength before (19 N / mm², 21 N / mm², 17 N / mm² and 16 N / mm²), after ageing (17 N / mm², 20 N / mm², 15 N / mm² and 15 N / mm²). ASP70 to ASP220 treatment concentration up to the elongation at break before (350%, 345%, 330%, 220%, 209% and 200%), after ageing (343%, 335%, 325%, 216% and 200%). Tear resistance characteristics before (15.6 kg / cm, 17.2 kg / cm, 17.9 kg / cm, 18.2 kg / cm, 19 kg / cm and 20 kg / cm), after ageing (15 kg / cm, 16.1 kg / cm, 17.5 kg / cm, 17.9 kg / cm, 18.7 kg / cm).

Keywords : *rice husk ash*, *coupling agent*, *ageing resistance*, *vulcanized dock fender*

PENDAHULUAN

Karet bantalan dermaga atau *Rubber fender* dipasang pada dinding dermaga yang berfungsi untuk melindungi kerusakan badan kapal akibat benturan

dengan dinding dermaga dan juga tidak merusak dinding dermaga. Bantalan dermaga harus mampu untuk melakukan peredaman dengan baik, karet bantalan dermaga biasanya memiliki daya serap energi yang tinggi dan gaya reaksi yang

rendah. Bantalan dermaga mempunyai fungsi yang sangat penting. Oleh karena itu, diperlukan kualitas yang baik agar produk tersebut dapat berfungsi dengan baik. Ketahanan terhadap kondisi cuaca sangat diperlukan bagi vulkanisat karet, sehingga masa pakainya akan bertahan lama.

Pengembangan penelitian karet alam terus dilakukan untuk meningkatkan spesifikasi produk yang sesuai dengan kebutuhan. Penelitian yang telah dilakukan umumnya memvariasikan bahan pengisi yang digunakan seperti yang dilakukan Turmanova *et al*, 2012; Costa *et al*, 2010). Penelitian menggunakan abu sekam padi putih (WRHA) dan abu sekam padi hitam (BRHA), hasil penelitian menunjukkan bahwa sifat mekanik, yaitu kekuatan tarik, ketahanan sobek, lebih baik dibandingkan dengan silika komersial. Namun, perpanjangan putus dan kekerasan lebih rendah dibandingkan dengan kekerasan karet yang menggunakan silika komersial. Imoisili *et al*. (2013) melakukan penelitian penggunaan abu sekam padi dan carbon black sebagai bahan pengisi pada vulkanisat karet alam, hasil penelitiannya menunjukkan kekerasan, kekuatan tarik, kompresi set dan ketahanan kikis meningkat dan perpanjangan putus menurun dengan meningkatnya carbon black. Penelitian penggunaan abu sekam padi ukuran partikel 325 mesh sebagai bahan pengisi dalam industri karet telah dilakukan oleh Louis *et al*. (2012), hasil penelitiannya menunjukkan bahwa kekerasan, modulus dan kompresi set lebih tinggi dan waktu pemasakan kompon lebih singkat dari kalsium karbonat, tetapi ketahanan retak lentur lebih rendah. Abu sekam padi sebagai *filler* menghasilkan karakteristik karet yang lebih baik dibandingkan dengan *carbon black* dan silika komersial.

Karakteristik vulkanisat karet dapat ditingkatkan lagi dengan menggunakan *coupling agent*. *Coupling agent* yang digunakan merupakan *coupling agent* komersial yang memiliki nilai ekonomi yang sangat tinggi. Pada penelitian ini, *coupling agent* yang digunakan 3-methacryloxypropyl trimethoxysilane (MPS). Penelitian *coupling agent* dan

bahan pengisi *carbon black* dan silika yang digunakan pada karet telah banyak dilakukan, diantaranya penelitian Choi 2000, menghasilkan tegangan putus dan ketahanan sobek kompon karet yang rendah, dengan semakin bertambahnya konsentrasi *coupling agent* yang digunakan. Penelitian Bahrudin *et al*, 2012. Hasil penelitiannya penggunaan *coupling agent* Maleat Natural Rubber (MNR) menghasilkan peningkatan perpanjangan putus dan modulus material karet, namun menurunkan tegangan putus dengan semakin besar konsentrasi MNR. Penambahan bahan pengisi dan *coupling agent* sangat berpengaruh terhadap sifat mekanik karet, sifat antar muka dan adhesi filler dengan matriks polimer. Penggunaan *coupling agent* 3-methacryloxypropyl trimethoxysilane (MPS), diharapkan dapat membantu interaksi karet dan filler sehingga dapat meningkatkan karakteristik vulkanisat bantalan dermaga, terutama ketahanan usang.

BAHAN DAN METODE

Bahan

Bahan-bahan yang digunakan dalam pembuatan karet bantalan dermaga adalah karet sintesis EPDM (*Ethylene Propylene Diene Monomer*), karet alam NR (*Natural Rubber*), minarex oil, bahan penggiat (*activator*) ZnO (Zinc Oxide) dan asam stearat (*stearat acid*), santoflex, abu sekam padi ukuran 400 mesh, 3-methacryloxypropyl trimethoxysilane (MPS), vulkanisator sulfur, pencepat (*accelerator*) primer CBS (N-Cyclohexil-2-benzothiazysulfanemida), pencepat (*accelerator*) sekunder MBTS (Dibenzothiazyl disulfida), dan bahan untuk uji mutu produk di laboratorium.

Peralatan

Peralatan yang digunakan pada penelitian ini adalah, open mill, L=40 cm, D=18 cm kapasitas 1 kg, *cutting scraf* besar, ekstruder dan cetakan sampel karet bantalan dermaga, *autoclave*, timbangan metler p1210 kapasitas sampai dengan 1200 g, timbangan berkel kapasitas sampai dengan 15 kg, dan gunting karet.

Metodologi

Penelitian dilakukan dalam skala laboratorium menggunakan metode Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan faktor perlakuan variasi perbandingan konsentrasi abu sekam padi (ASP) dan *coupling agent 3-methacryloxypropyl trimethoxysilane (MPS)*, yaitu 70 : 1, 100 : 1, 130 : 1, 160 : 1, 190 : 1 dan 220 : 1 phr.

Pembuatan Bahan Pengisi Abu Sekam Padi dengan Proses Pirolisis

Sekam padi dibakar, sampai menjadi arang. Arang yang dihasilkan kemudian diabukan dalam furnace dengan suhu pengabuan 600 °C selama 4 jam. Selanjutnya abu sekam padi yang diperoleh digunakan sebagai bahan pengisi untuk pembuatan kompon karet.

Pembuatan Kompon Karet

1. Penimbangan

Bahan baku dan penolong karet yang digunakan jumlahnya disesuaikan dengan jumlah yang telah diformulasikan.

2. Pencampuran (*Mixing*)

Proses pencampuran dilakukan menggunakan alat kalender sistem terbuka (*open mill*), tahapan proses pencampuran adalah sebagai berikut :

- a. NR dan EPDM di mastikasi secara terpisah selama 1 hingga 3 menit.
- b. Pembuatan kompon karet dengan mencampurkan karet alam (NR) dan karet sintetis (EPDM) dengan bahan-bahan kimia :
 - 1) Bahan penggiat/*activator*, ZnO dan asam stearat, potong setiap sisi karet satu sampai tiga kali selama dua hingga tiga menit.
 - 2) Antioksidan TMQ, resin dan bahan bantu lain, potong setiap sisi karet sampai tiga kali selama dua hingga tiga menit.
 - 3) Sebagian *filler* (pengisi) abu sekam padi, CaCO₃, wax dan pelunak (*softener*), potong setiap sisi karet sampai dua atau tiga kali selama tiga hingga delapan menit. Tambahkan coupling agent 3-methacryloxypropyl trimethoxysilane (MPS).

- 4) Tambahkan sisa *filler abu sekam padi*, potong setiap sisi karet tiga kali selama tiga hingga delapan menit.
- 5) *Accelerator santocure* CBS, santo *white*, TMTD, MBTS, DPG, potong setiap sisi karet dua atau tiga kali selama satu hingga tiga menit.
- 6) Vulkanisator (sulfur) ditambahkan dan giling selama dua hingga tiga menit.
- 7) Kompon dikeluarkan dari *open mill* lalu dilakukan pemeraman selama satu hari, selanjutnya sebelum pencetakan dipotong disesuaikan dengan ukuran barang jadi yang akan dibuat.

Peubah yang diamati

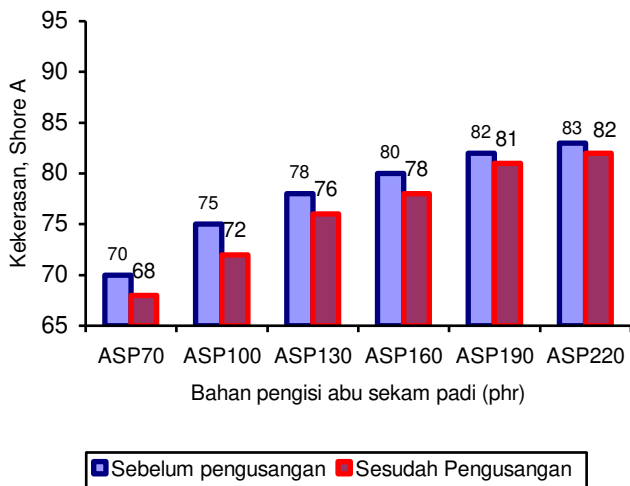
Peubah yang diamati dalam penelitian ini adalah sifat mekanik karet bantalan dermaga sebelum pengusangan dan sesudah pengusangan dengan parameter uji kekerasan, tegangan putus, perpanjangan putus, dan ketahanan sobek.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kekerasan

Kekerasan merupakan ukuran kekakuan dari kompon karet. Semakin lentur produk karet alam, semakin rendah kekerasan produk tersebut (Fachry *et al*, 2014). Hasil pengujian kekerasan karet bantalan dermaga dapat dilihat pada Gambar 1.

Nilai kekerasan vulkanisat bantalan dermaga berdasarkan hasil pengujian menunjukkan tidak ada perubahan yang signifikan sebelum dan sesudah pengusangan. Kekerasan vulkanisat vulkanisat bantalan dermaga yang dihasilkan sebelum pengusangan untuk perlakuan ASP70 hingga ASP160 dengan nilai kekerasan 70 hingga 80 Shore A dan setelah pengusangan perlakuan ASP70 hingga ASP160 dengan nilai kekerasan 68 hingga 78 Shore A sesuai dengan persyaratan mutu Vulkanisat Bantalan Dermaga SNI 06-3568-2006, yaitu kisaran 50 hingga 80 Shore A.



Gambar 1. Grafik kekerasan (Shore A) karet bantalan dermaga.

Penambahan bahan pengisi abu sekam padi dan *coupling agent* sangat mempengaruhi nilai kekerasan yang dihasilkan. Semakin banyak abu sekam padi yang ditambahkan maka, semakin besar nilai kekerasan vulkanisat bantalan dermaga. Hal ini dikarenakan ukuran partikel abu sekam padi yang kecil (400 mesh) dan struktur molekul yang besar sehingga menambah viskositas karet yang berdampak pada peningkatan kekerasan karet. Silika lebih cenderung meningkatkan kekerasan vulkanisat bantalan dermaga. Kekerasan ini menurunkan elastisitas vulkanisat yang mengakibatkan perpanjangan putus yang diperoleh lebih rendah.

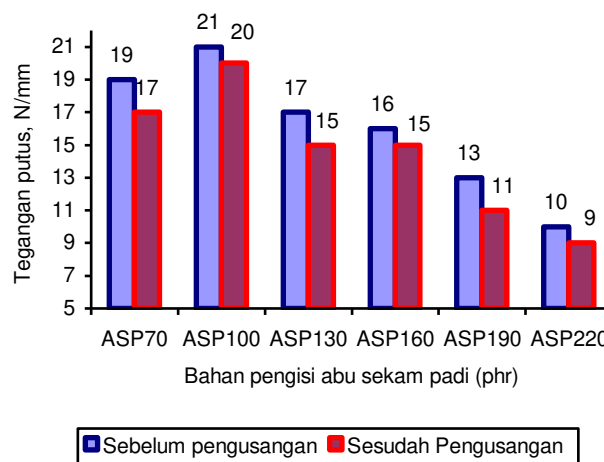
Selain itu penambahan *coupling agent* berbanding terbalik dengan penambahan bahan pengisi, peningkatan penambahan *coupling agent* akan mengurangi tingkat kekerasan vulkanisat bantalan dermaga. Namun pada penelitian ini penambahan *coupling agent* MPS dengan konsentrasi konstan, yaitu 1 phr untuk setiap perlakuan. Sehingga nilai kekerasan meningkat dengan semakin besarnya konsentrasi abu sekam padi. *Coupling agent* MPS memperkuat ikatan antara abu sekam padi dan matriks polimer karet dengan cara bereaksi secara kimia dengan keduanya. MPS bereaksi dengan abu sekam padi yang mengandung gugus silanol (Si-OH). *Coupling agent* golongan silane dapat

bereaksi dengan silika dan karet untuk membentuk ikatan kimia yang kuat, yang menghasilkan peningkatan silang. Kepadatan karet dan interaksi karet pengisi (Katueangngana *et al*, 2016), selama pencampuran membentuk rapat ikatan silang yang tinggi sehingga semakin banyak ikatan silang maka karet semakin keras. Selain itu banyaknya ikatan silang yang terbentuk pada vulkanisat karet memberikan efek peningkatan ketahanan panas karet (Choi and Choi, 2006), hal ini yang menyebabkan penurunan kekerasan vulkanisat karet tidak signifikan setelah pengusangan.

Tegangan putus

Tegangan putus merupakan tegangan maksimum vulkanisat untuk dapat menahan ketika sedang diregangkan atau ditarik sebelum putus. Hasil pengujian tegangan putus vulkanisat bantalan dermaga dapat dilihat pada Gambar 2.

Nilai tegangan putus vulkanisat bantalan dermaga sebelum pengusangan untuk perlakuan ASP70 (19 N/mm²), ASP100 (21 N/mm²), ASP130 (17 N/mm²) dan ASP160 (16 N/mm²) memenuhi syarat mutu vulkanisat bantalan dermaga sesuai SNI 06-3568-2006, tegangan putus vulkanisat bantalan dermaga minimal 15 N/mm² (Gambar 2). Selain itu, hasil pengujian ketahanan usang vulkanisat tidak mengalami penurunan yang signifikan dibandingkan dengan tegangan putus sebelum pengusangan.



Gambar 2. Grafik tegangan putus (N/mm²) karet bantalan dermaga.

Nilai tegangan putus vulkanisat bantalan dermaga setelah pengusangan yang masih memenuhi syarat mutu bantalan dermaga, yaitu pada perlakuan ASP70 (17 N/mm²), ASP100 (20 N/mm²), ASP130 (15 N/mm²) dan ASP160 (15 N/mm²). Penggabungan partikel abu sekam padi membatasi mobilitas rantai molekul karet dan karenanya meningkatkan materi kekakuan, sehingga tegangan putus tinggi (Pangdong *et al*, 2015; Vichitcholchai *et al*, 2012). Ini mungkin dikaitkan dengan permukaan spesifik partikel silika yang tinggi, yang memungkinkan interaksi kimia yang luas antara bahan pengisi dan karet, sehingga meningkatkan interaksi polimer karet dan bahan pengisi.

Abu sekam padi mengandung silika memiliki sifat polar sehingga cenderung membentuk aglomerasi (Wang, 2001). Gugus hidroksil yang dimiliki oleh silika membentuk ikatan hidrogen dengan molekul silika atau material lain yang bersifat polar sehingga interaksi antara polimer dan filler menjadi lemah (Saowapark, 2005; Malekzadeh *et al*, 2010). Penambahan filler dengan konsentrasi 190 phr menyebabkan molekul karet tidak mampu berinteraksi dengan filler dikarenakan terlalu jenuh. Rongga – rongga kosong pada karet lebih terisi dengan abu seka padi. Hal ini yang menyebabkan penurunan tegangan putus vulkanisat bantalan dermaga.

Karet alam NR yang digunakan dalam penelitian ini merupakan jenis bahan non polar sedangkan bahan pengisi abu sekam padi merupakan jenis bahan polar, sehingga gaya adhesi dan interfase antara polimer dengan bahan pengisi sangat lemah. MPS berperan sebagai *coupling agent* yang berfungsi sebagai jembatan penyambung perbedaan sifat antara karet alam dengan bahan pengisi tabu sekam padi. Fungsi *coupling agent* adalah untuk meningkatkan gaya adhesi dan menurunkan energi permukaan antara filler dengan karet alam (Nakason, 2006).

Namun, penggunaan kadar MPS yang masih rendah menyebabkan interaksi bahan pengisi abu sekam padi

dengan karet masih lemah sehingga bahan pengisi tersebar tidak merata dan mempengaruhi nilai tegangan putus vulkanisat bantalan dermaga yang menurun.

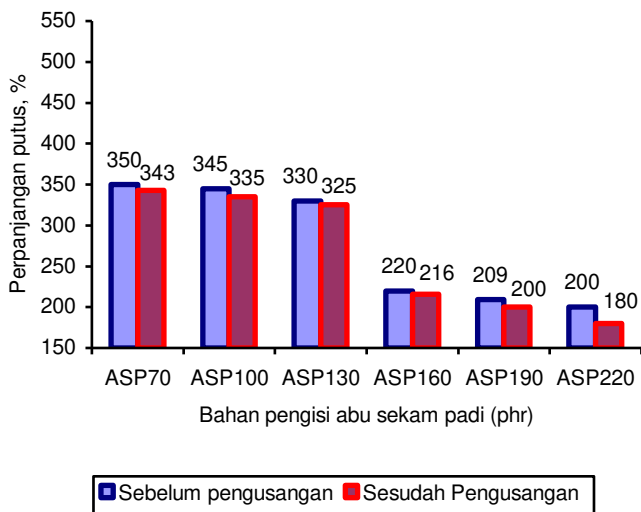
Terbentuknya ikatan silang baru hasil interaksi *coupling agent* dengan gugus aktif pada molekul karet berdampak terhadap ketahanan vulkanisat bantalan dermaga terhadap panas, sinar matahari maupun ozon. Semakin banyak ikatan silang yang terbentuk maka efek ketahanan panas vulkanisat akan semakin besar, sehingga nilai tegangan putus vulkanisat bantalan dermaga tidak mengalami penurunan yang signifikan. Ikatan silang baru antar molekul mempunyai efek antioksidan dan mempunyai ketahanan oksidasi yang lebih baik.

Perpanjangan putus

Perpanjangan putus merupakan regangan pada bahan pada saat sebelum material tersebut putus. Hasil pengujian perpanjangan putus vulkanisat bantalan dermaga dapat dilihat pada Gambar 3.

Nilai perpanjangan putus vulkanisat bantalan dermaga sebelum pengusangan pada semua perlakuan dengan nilai perpanjangan putus 350% hingga 200% dan setelah pengusangan untuk semua perlakuan dengan nilai 343% hingga 200% memenuhi syarat mutu vulkanisat bantalan dermaga yaitu minimal 300%. Nilai perpanjangan putus untuk perlakuan ASP220 setelah pengusangan, yaitu 180%, tidak memenuhi syarat mutu vulkanisat bantalan dermaga.

Gambar 3 menunjukkan, penurunan nilai perpanjangan putus dengan meningkatnya konsentrasi abu sekam padi. Peningkatan konsentrasi abu sekam padi akan meningkatkan kekuatan tarik tetapi perpanjangan putus menurun. Hal ini disebabkan partikel abu sekam padi menurunkan gerak rantai molekul karet, dengan meningkatnya interaksi antara partikel abu sekam padi dan molekul karet dengan adanya *coupling agent* MPS. Nilai perpanjangan putus berkurang seiring dengan meningkatnya bahan pengisi yang digunakan.



Gambar 3. Grafik perpanjangan putus (%) karet bantalan dermaga

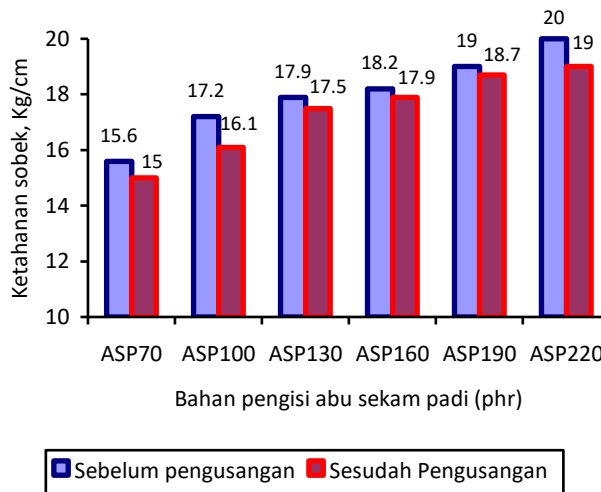
Peningkatan bahan pengisi menyebabkan reduksi dalam fleksibilitasnya. Selain itu, pengisi alami tidak dapat diubah bentuknya. Seiring peningkatan bahan pengisi, mengurangi bagian karet yang dapat diubah bentuknya menjadi komposit. Namun, perpanjangan putus dengan adanya coupling agent menjadi lebih tinggi dan tidak signifikan penurunannya setelah pengusangan. Adanya coupling agent silane meningkatkan dispersi dan adhesi yang lebih baik antara matriks pengisi dan karet dan mengurangi perpanjangan putus karena menghasilkan karet yang lebih kaku (Daud *et al*, 2016). Selain itu, adanya adhesi bahan pengisi yang membatasi matriks mobilitas rantai makromolekul. Partikel bahan pengisi yang relatif besar, menghasilkan perpanjangan putus yang rendah (Mazlina *et al*, 2010).

Perpanjangan putus setelah pengusangan penurunannya tidak signifikan, hal ini dimungkinkan karena adanya interaksi coupling agent dengan matriks karet, sehingga terjadi peningkatan rapat ikatan silang antar molekul karet. Ikatan silang yang terbentuk dapat melindungi vulkanisat karet dari suhu tinggi dan sinar matahari.

Ketahanan sobek

Ketahanan sobek merupakan ketahanan bahan terhadap efek sobek

saat bahan ditarik sampai putus. Ketahanan sobek berkaitan dengan energi pemutusan. Sifat-sifat tersebut dapat ditingkatkan dengan menambah ikatan silang hingga mencapai tingkat kerapatan tertentu (Thomas, 2003). Hasil pengujian ketahanan sobek karet bantalan dermaga dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Grafik ketahanan sobek (Kg/cm) karet bantalan dermaga.

Nilai ketahanan sobek vulkanisat bantalan dermaga meningkat dengan bertambahnya konsentrasi abu sekam padi. Peningkatan interaksi abu sekam padi melalui *coupling agent* MPS dengan molekul karet. Hal ini disebabkan karena polaritas silika yang tinggi yang dapat menyebabkan distribusi bahan pengisi dan meningkatkan interaksi vulkanisat karet dengan coupling agent. *Coupling agent* berkontribusi terhadap dispersi bahan pengisi yang baik dalam matriks karet dan peningkatan adhesi antara dua fase. *Coupling agent* mampu membangun jembatan molekul antara matriks polimer dan permukaan bahan pengisi, sehingga meningkatkan adhesi karet dan bahan pengisi, sehingga meningkatkan efek penguatan, dan memberikan sifat mekanik vulkanisat yang lebih unggul (Nelson and Kutty, 2004; Alkadasi *et al*, 2004). Ketahanan sobek vulkanisat karet untuk semua perlakuan sebelum dan sesudah pengusangan memenuhi sesuai nilai ketahanan sobek vulkanisat komersil, yaitu kisaran 15 hingga 25 kg/cm.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil yang didapat, maka dapat ditarik kesimpulan yaitu : perlakuan abu sekam padi dan penambahan *coupling agent*, berpengaruh terhadap kekerasan, tegangan putus, perpanjangan putus dan ketahanan sobek sebelum dan sesudah pengusangan vulkanisat bantalan dermaga. Karakteristik vulkanisat bantalan dermaga sebelum dan sesudah pengusangan memenuhi syarat mutu Vulkanisat Bantalan Dermaga sesuai SNI 06-3568-2006. Perlakuan konsentrasi ASP70 hingga ASP160 dengan karakteristik kekerasan 70 Shore A, 75 Shore A, 78 Shore A dan 80 Shore A dan setelah pengusangan 68 Shore A, 72 Shore A, 76 Shore A dan 78 Shore A. tegangan putus sebelum pengusangan (19 N/mm^2 , 21 N/mm^2 , 17 N/mm^2 dan 16 N/mm^2), setelah pengusangan (17 N/mm^2 , 20 N/mm^2 , 15 N/mm^2 dan 15 N/mm^2). Perlakuan konsentrasi ASP70 hingga ASP220 terhadap perpanjangan putus sebelum pengusangan (350%, 345%, 330%, 220%, 209% dan 200%), setelah pengusangan (343%, 335%, 325%, 216% dan 200%). Karakteristik ketahanan sobek sebelum pengusangan (15,6 kg/cm, 17,2 kg/cm, 17,9 kg/cm, 18,2 kg/cm, 19 kg/cm dan 20 kg/cm), setelah pengusangan 15 kg/cm, 16,1 kg/cm, 17,5 kg/cm, 17,9 kg/cm, 18,7 kg/cm dan 19 kg/cm).

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kepada Bambang Sugiyono, ST.,M.Si, Suyatno dan Mimi Kurnia Yusya yang telah membantu dalam kegiatan penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Alkadasi. N. A.N, Hundiwale. D.G and Kapadi. U.R. 2004. The Effect of Silane Agent (2.0 per cent) on The Mechanical Properties of Flyash Filled Polybutadiena Rubber. *Journal of Scientific & Industrial Research*. 63 : 603 – 609.
- Bahrudin, Saktiani. L, Yanuar dan Satoto. R. 2012. Pemanfaatan Limbah Fly Ash Pabrik Kelapa Sawit sebagai Filler Substitusi untuk Material Karet Alam Termoset: Pengaruh Nisbah Fly Ash/Carbon Black dan Kadar Coupling agent Maleated *Natural Rubber*. *Prosiding InSINAS*. Hal : 61 – 65.
- Choi, Sung-Seen. 2000. Influence of Silane Coupling agent on Properties of Filled Styrena-Butadiena Rubber Compounds. *Korea Polym Journal*. 8 (6) : 285 – 291.
- Choi, Sung-Seen and Choi Seok-Ju. 2006. Influence of Silane Coupling agent on Crosslink Type and Density of Silica-Filled Natural Rubber Vulcanizates. *Bulletin Korean Chemical Society*. 27(9) : 1473-1476.
- Costa, H.M , L, Visconte. L. Y, Nunes, R. C. R dan Furtado, C. R. G. 2010. Rice Husk Ash Filled Natural Rubber Compounds – The Use of Rheometric Data to Qualitatively Estimate Optimum Filler Loading. *International Journal of Polymeric Materials*. 52 : 242 - 249
- Daud. S, Ismail. H, Azhar, A. B. 2016. The Effect of 3-aminopropyltrimethoxysilane (AMEO) as a Coupling Agent on Curing and Mechanical Properties of Natural Rubber/Palm Kernel Shell Powder Composites. *Procedia Chemistry* 19 (2) : 327 – 334
- Imoisili1, P.E, Ukoba, K.O, Adejugbe, I.T, Adgidzi.D, Olusunle, S.O.O. 2013. Mechanical Properties of Rice Husk /Carbon Black Hybrid Natural Rubber Composite. *Chemistry and Materials Research*. 3(8) : 11 - 17
- Katueangngana. K, Tulyapitaka. T, Saetunga. A, Soontaranon. S, Nattapong. N. 2016. Renewable Interfacial Modifier for Silica Filled Natural Rubber Compound. *Procedia Chemistry* 19(1): 447 – 454.
- Louis, S.M, Shibu, N.V, Thomas, S. 2012. Effect of Rice Husk Ash on Mechanical Properties of Styrene-Butadiene Rubber. *The IUP Journal of Mechanical Engineering*, V(2) : 21-27.
- Malekzadeh. M, Hesam. N, and Farahani. M. 2010. Investigation on The Influence of Silane Coupling Agent Structure on The Properties of Nano-Silica Filled Rubber Compound. *Journal of Applied Chemical Researches*. Hal 41-45.
- Mazlina, M.K. ,Ibrahim.I, And Jane Clarke. 2010. Increasing the Interaction between Starch and the Rubber Matrix by Coupling agent Addition. *J. Rubb. Res.*, 13(3), 139–161.
- Nanda, H.N, Bahrudin dan Fadli, Ahmad. 2014. Pengaruh Maleated Natural Rubber Terhadap Morfologi dan Sifat Termoset

- Rubber dengan Filler Abu Sawit - Carbon Black. *JFTEKNIK*., 1 (2) : 1 – 13.
- Nakason, C., Saiwari, S. dan Kaesaman, A. 2006. Thermoplastic Vulcanizates Based on Maleated Natural Rubber/Polypropylene Blends: Effect of Blend Ratios on Rheological, Mechanical, and Morphological Properties. *Polymer Engineering and Science*, 46,594-600.
- Nelson. P. and Kutty. S.K.N. 2004. Effect of Silane Coupling Agent on Cure Characteristics and Mechanical Properties of Nitrile Rubber/Reclaimed Rubber Blend Progres in Rubber, *Plastics and Recycling Technology*. 20(3) : 213-228.
- Padhiyar. S, Desai. R. 2011. Silane Coupling Agent Work as Crosslinking Agent in Elastomer. *International Journal of Engineering, Economics and Management*. 2 : 14 – 17.
- Padhiyar. S, Shah. D. 2013. Effect of silanes as crosslinking agent with the NBR rubber. *International Journal of Innovative Research in Science, Engineering and Technology*. 2(5) : 1577 – 1581.
- Pongdong. W, Nakason. C, Kummerlöwe. C, and Vennemann. N. Influence of Filler from a Renewable Resource and Silane Coupling Agent on the Properties of Epoxidized Natural Rubber Vulcanizates. *Journal of Chemistry*. 15 : 1 -15.
- Saowapark, T. 2005. Reinforcement of Natural Rubber with Silica/Carbon Black Hybrid Filler, Thesis, Mahidol University.
- Turmanova, S, Genieva. S & Vlaev. L, Zlatarov. A. 2012. Obtaining Some Polymer Composites Filled with Rice Husks Ash-A Review. *International Journal of Chemistry*. 4(4) : 62 – 89.
- Vichitcholchai N., Na-Ranong N., Noisuwan W., and Arayapranee W. 2012. Using Rice Husk Ash as Filler in Rubber Industry. *Rubber Thai Journal*, 1: 48-55.
- Wang, M. J., P. Zhang., dan K. Mahmud., 2001. Carbon-Silica Dual Phase Filler, A New Generation Reinforcing Agent For Rubber. *Rubber Chemistry and Technology*, 74 (1), 124-128.