

Pengaruh Penggunaan Karet Compo Crepe dengan *Filler Carbon Black* Terhadap Karakteristik Fisis Vulkanisat Karet Untuk Produk Karet Bantalan Dermaga

Wahyu Emilia Rosanti¹, Yuli Suwarno^{2*}

^{1,2*}Politeknik ATK Yogyakarta

*Email: yuli@atk.ac.id

Abstract

Marine Rubber fenders are rubber products that function to absorb and transmit impact energy originating from ships to the dock structure and protect the dock from impacts from docked ships. Locally produced natural rubber-based marine rubber fenders often experiences quality problems in terms of resistance to wear and permanent compression. This research aims to study the effect of using compo crepe rubber with carbon black filler in making natural rubber vulcanisate for marine rubber fender products. In this research, carbon black filler was added with varying amounts of 60,65,70,75 and 80 phr. The experiment began with making a rubber compound on a laboratory scale. The rubber compound obtained was then molded for test samples to characterize the mechanical properties of vulcanized rubber for marine rubber fender. Test parameters refer to SNI 06-3568-2006. The combination of compo crepe natural rubber with all variations of carbon black filler are able to produce physical characteristic values of hardness, breaking stress, elongation at break, tear resistance that meet SNI standards. The compression value still meets SNI standards with carbon black 70 phr. Aging has a significant influence on the physical characteristics of elongation at break with a decrease in values that exceed SNI standards. Natural rubber compo crepe can be used as a raw material for marine rubber fender with the addition of a certain amount of carbon black.

Keywords: Marine rubber fender, compo crepe, carbon black, mechanical properties.

Abstrak

Karet bantalan dermaga (rubber fender) merupakan produk karet yang berfungsi untuk menyerap dan menghantarkan energi benturan yang berasal dari kapal ke struktur dermaga dan melindungi dermaga dari benturan kapal yang bersandar. Karet bantalan dermaga berbasis karet alam produksi lokal sering kali mengalami permasalahan kualitas dalam hal ketahanan terhadap pengusangan dan pampatan tetap. Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari pengaruh penggunaan karet compo crepe dengan bahan pengisi *carbon black* dalam pembuatan vulkanisat karet alam untuk produk karet bantalan dermaga. Pada penelitian ini dilakukan penambahan *filler carbon black* dengan variasi jumlah 60,65,70,75 dan 80 phr. Percobaan diawali dengan pembuatan kompon karet pada skala laboratorium. Kompon karet yang diperoleh kemudian dicetak untuk sampel uji karakterisasi sifat mekanik vulkanisat karet bantalan dermaga. Parameter uji mengacu pada SNI 06-3568-2006. Kombinasi karet alam compo crepe dengan dengan semua variasi *filler carbon black* mampu menghasilkan nilai karakteristik fisis kekerasan, tegangan putus, perpanjangan putus, ketahanan sobek yang memenuhi standar SNI. Nilai pampatan tetap memenuhi standar SNI dengan *carbon black* 70 phr. Pengusangan memberikan pengaruh yang signifikan terhadap karakteristik fisis perpanjangan putus dengan penurunan nilai yang melebihi standar SNI. Karet alam compo crepe dapat digunakan sebagai bahan baku pembuatan karet bantalan dermaga dengan penambahan sejumlah tertentu carbon black.

Kata kunci: Karet bantalan dermaga, *compo crepe*, *carbon black*, karakteristik fisis.

1. Pendahuluan

Indonesia merupakan salah satu negara kepulauan terbesar di dunia yang berpotensi sebagai negara maritim dan memiliki banyak dermaga. Dermaga merupakan bangunan pelabuhan yang digunakan untuk merapatkan kapal dan menambatkannya pada waktu bongkar muat barang. Pada umumnya dermaga tersusun dari beton yang terdapat lapisan karet atau biasa disebut dengan bantalan dermaga yang terpasang dibagian sisinya. Karet bantalan dermaga atau *rubber fender* berfungsi sebagai peredam kejut yang menyerap energi berlabuh kapal untuk melindungi dermaga dari kerusakan akibat benturan [1] [2].

Produk karet bantalan lokal umumnya terbuat dari jenis karet alam. Indonesia merupakan negara dengan potensi produksi karet alam yang sangat besar, dimana pada tahun 2018 total produksi karet alam Indonesia mencapai 3,77 juta ton atau 26% dari total produksi dunia [3]. Kondisi ini sangat mendukung program hilirisasi industri karet nasional.

Karet alam terbuat dari getah tanaman karet, baik spesies *Ficus elastica* maupun *Hevea brasiliensis*, dengan nama umum cis-1,4- polyisoprene mempunyai ikatan rangkap dan bersifat elastis, namun tidak tahan terhadap panas dan ozon [4]. Salah satu jenis karet alam yaitu compo crepe. Compo crepe, terbuat dari bahan lump, scrap pohon, potongan-potongan sisa RSS atau slab basah. Scrap tanah tidak diperbolehkan dalam pembuatan compo crepe ini. Standar mutu terbaik dari jenis ini, karet harus dalam keadaan kering, bersih dan berwarna cokelat muda. Luntur, noda-noda, pasir atau benda asing lain, minyak dan bekas oksidasi tidak diperbolehkan. Meskipun demikian, adanya belang-belang masih diperbolehkan [5].

Penelitian penggunaan karet alam untuk produk bantalan masih banyak menggunakan karet alam jenis karet remah (SIR) dan karet sheet jenis *Ribbed Smoke Sheet* (RSS) dengan campuran karet sintesis [2] [6] [7]. Vulkanisat karet bantalan jembatan dengan bahan baku karet alam jenis compo crepe telah memenuhi standar kualitas SNI 3967:2013, namun kualitasnya lebih rendah dibanding karet RSS

kualitas 1 dan lebih tinggi dibanding karet SIR 20 [8].

Komposit matriks polimer karet dalam satu dekade terakhir telah banyak digunakan untuk berbagai aplikasi barang teknik guna meningkatkan sifat mekanik produk yang dihasilkan [9]. Kualitas produk karet tidak hanya dipengaruhi oleh material utama yaitu karet, tetapi juga di pengaruhi oleh bahan pengisi (*filler*). Komposit karet alam dengan bahan pengisi karbon dari beberapa penelitian dapat meningkatkan sifat mekanik vulkanisat karet [10] [11] [12].

Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari penggunaan karet compo crepe dan pengaruh penambahan *filler carbon black* terhadap kualitas fisis vulkanisat karet bantalan dermaga. Hasilnya bisa memberikan pengetahuan yang lebih dalam tentang kualitas vulkanisat dan dapat digunakan sebagai panduan untuk memilih bahan yang tepat.

2. Metoda Penelitian

2.1. Bahan dan Alat

Bahan penelitian terdiri atas karet alam compo crepe (100 phr), *carbon black* N330 sebagai *filler* dengan jumlah yang divariasikan (60-80 phr), bahan aditif plastisizer sejumlah 5 phr, 2 jenis bahan aditif untuk antidegradasi masing-masing 2 phr dan 1,5 phr, bahan aditif untuk mengaktivasi bahan aditif vulkanisasi dengan jumlah masing-masing 5 phr dan 2 phr. Bahan aditif yang berfungsi sebagai processing aid dengan jumlah 5 phr dan 1,8 phr, bahan aditif pencepat kerja vulkanisasi 1,2 phr, dan bahan aditif pemvulkanisasi 1,5 phr.

Peralatan yang digunakan dalam percobaan ini terdiri dari *open mill* untuk proses komponding dan *hydraulic hot press molding* sebagai proses cetak vulkanisat. Kekerasan vulkanisat diukur menggunakan durometer (Shore A). Mesin uji universal digunakan untuk mengukur tegangan putus, perpanjangan putus dan kekuatan sobek. Mesin *aging* digunakan untuk menguji keusangan.

Tabel 1. Variasi Formulasi

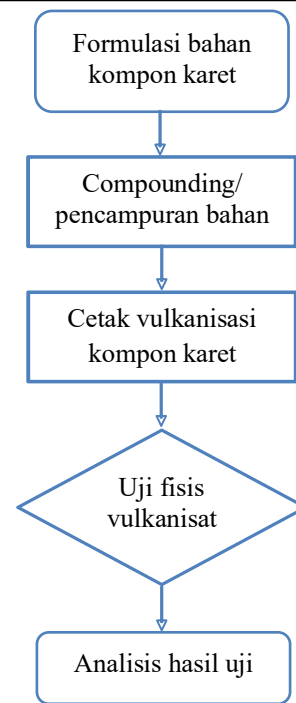
No	Material	Variasi Formulasi (phr)				
		1	2	3	4	5
1	Compo crepe	100	100	100	100	100
2	Processing aid 1	5	5	5	5	5
3	Aktivator 1	2	2	2	2	2
4	Aktivator 2	5	5	5	5	5
5	Anti Degradant 1	2	2	2	2	2
6	Processing aid 2	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8
7	Carbon Black	60	65	70	75	80
8	Plasticizer	5	5	5	5	5
9	Anti Degradant 2	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
10	Accelerator	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2
11	pemvulkanisasi	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5

2.2. Metode Penelitian

Kajian penelitian ini difokuskan pada penggunaan karet alam compo crepe sebagai bahan utama dan penambahan *filler carbon black* dengan jumlah 60,65,70,75 dan 80 phr.

Kompon karet dibuat dengan formulasi seperti disajikan pada tabel 1. Bahan baku karet di campur dengan bahan aditif menggunakan open mill skala laboratorium. Bahan karet termasukasi dicampur dengan processing aid, aktivator, antioksidan, *filler*, plastisizer. Proses dilanjutkan dengan penambahan *accelerator* dan bahan vulkanisasi. Temperatur optimum yang digunakan dalam komponding yakni 70°C. Kompon yang telah homogen dan didinginkan selanjutnya divulkanisasi menggunakan mesin cetak tekan panas hidrolik pada suhu 150°C. Vulkanisat karet hasil proses cetak kemudian siap untuk diuji.

Pengujian fisis vulkanisat karet terbagi menjadi 5 pengujian yaitu kekerasan, tegangan putus, perpanjangan putus, ketahanan sobek, dan pampatan tetap. Pengujian fisis juga dilakukan pada vulkanisat karet setelah dilakukan pengusangan, dengan pengujian tegangan putus, perpanjangan putus, dan kekerasan. Pengusangan dilakukan pada suhu 70°C selama 22 jam.



Gambar 1. Tahapan Penelitian

3. Hasil Penelitian

3.1. Karet Bantalan Dermaga

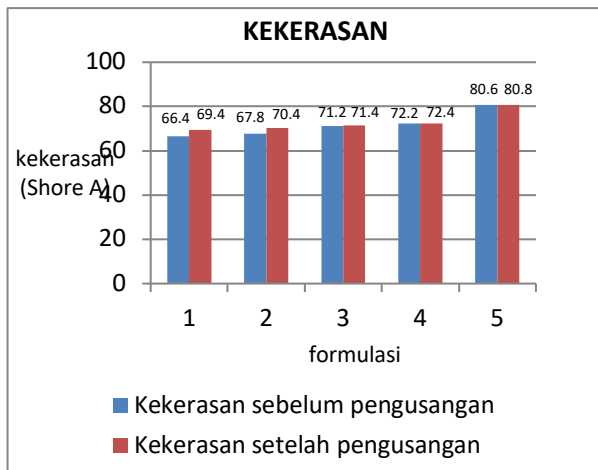
Rubber Fender didefinisikan sebagai bantalan karet yang dapat menyerap dan menghantarkan energi yang berasal dari kapal ke struktur dermaga. Berikut spesifikasi karet bantalan dermaga berdasarkan standar SNI nomor 06-3568-2006.

Tabel 2. Standar Nasional Indonesia 06-3568-2006

Data produk	Keterangan
Tegangan putus	Min 15 N/mm ²
Perpanjangan putus	Min 300 N/mm
Kekerasan	50-80 Shore A
Pampatan tetap	Max 30%
Ketahanan sobek	Min 70 N/mm
Pengurangan tegangan putus	Max 20%
Pengurangan perpanangan putus	Max 20 %
Pengurangan kekerasan	Max +8 Shore A

3.2. Kekerasan

Nilai kekerasan suatu barang jadi karet dapat menjadi petunjuk tingkat vulkanisasi atau degradasi yang telah dialami oleh karet tersebut [13]. Dua skala yang umumnya digunakan yaitu Shore-A dan mikro IRHD. Semakin tinggi nilai durometernya maka semakin keras kompon tersebut.



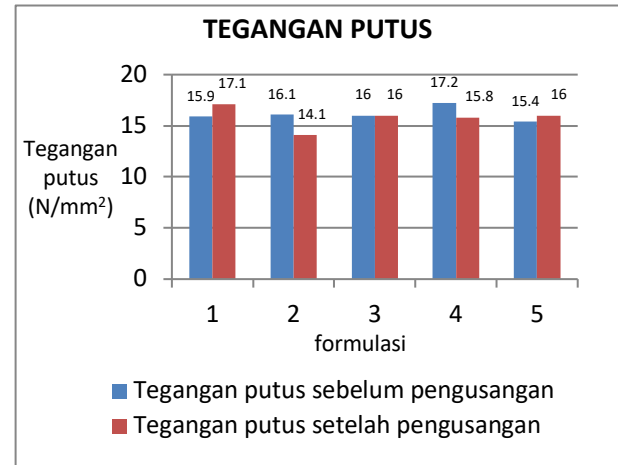
Gambar 2. Grafik hasil uji kekerasan

Hasil penelitian yang diperoleh menunjukkan semakin banyak *filler* yang ditambahkan, kekerasan semakin bertambah. Hal ini sesuai dengan temuan sebelumnya yang menyatakan semakin banyak penambahan *carbon black* maka akan meningkatkan sifat kekerasan kompon [14]. Nilai kekerasan untuk semua formulasi memenuhi syarat mutu uji sesuai SNI 06-3568-2006 dengan nilai 50 – 80 shore A. Hal ini sesuai dengan penelitian terdahulu yang mengungkap bahwa *carbon black* N330 memiliki ukuran partikel terkecil yaitu 31 nm dan luas permukaan terbesar 78 m²/g. Ukuran partikel *carbon black* yang kecil membentuk vulkanisat dengan kekerasan yang tinggi [15].

Spesimen uji yang dilakukan uji pengusangan mengalami penambahan kekerasan dibandingkan sebelum terjadinya uji pengusangan. Hal ini karena vulkanisat karet telah dipanaskan dengan suhu tertentu sehingga semakin mengeras dan rapuh. Nilai perubahan kekerasan setelah pengusangan masih dalam rentang standar SNI 06-3568-2006 yaitu 8 Shore A.

3.3. Tegangan Putus

Tegangan putus adalah besarnya beban yang diperlukan untuk meregangkan potongan uji sampai perpanjangan tertentu, dinyatakan dengan tiap mm² luas penampang potongan uji sebelum diregangkan.



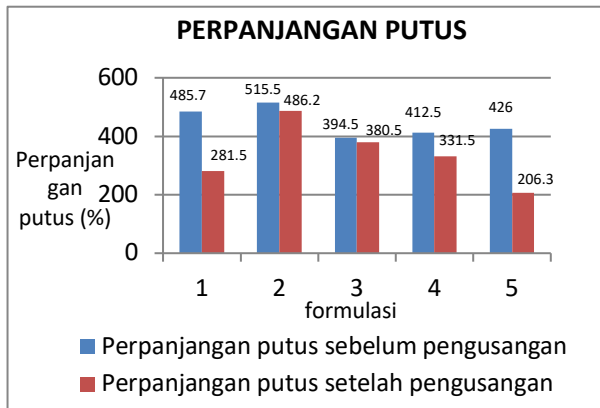
Gambar 3. Grafik hasil uji tegangan putus

Penggunaan bahan pengisi yang berlebihan akan menurunkan kualitas fisisnya. Hal ini sesuai dengan yang dikemukakan oleh peneliti sebelumnya yang menyatakan bahwa kekuatan tarik dan ketahanan sobek karet akan meningkat dengan penambahan bahan pengisi *carbon black*, tetapi pada jumlah tertentu nilai dari kuat tarik dan ketahanan sobek mengalami penurunan [16]. Terjadi penurunan nilai kekuatan tarik dan kekuatan sobek ketika ditambahkan *carbon black* disebabkan karena meningkatnya kerapuhan senyawa karet. Sedangkan pada saat setelah dilakukan uji aging tegangan putus mengalami penurunan hal ini diakibatkan oleh pembentukan ikatan silang lanjut yang mengakibatkan karet mengeras dan menjadi rapuh [17]. Nilai ketahanan putus dan perubahan nilai ketahanan putus masih dalam rentang standar SNI 06-3568-2006.

3.4. Perpanjangan Putus

Perpanjangan putus merupakan pertambahan panjang suatu potongan uji kompon karet bila diregangkan sampai putus, dinyatakan dengan persentase dari panjang potongan uji sebelum diregangkan. Banyaknya

ikatan yang terbentuk akan mengurangi keeluasaan gerak rantai polimer, menyebabkan viskositas kompon meningkat, kompon menjadi kaku, keras dan elastisitasnya turun [18].

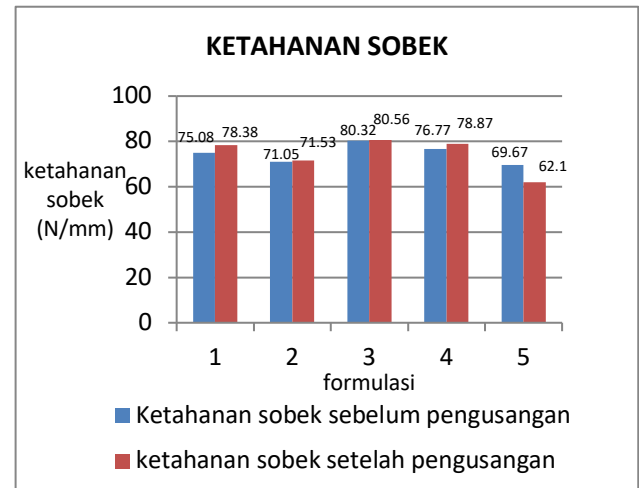


Gambar 4. Grafik hasil uji perpanjangan putus

Berdasarkan grafik uji perpanjangan putus sebagaimana diunjukkan pada gambar 4, semakin bertambahnya bahan pengisi *carbon black* maka akan menurunkan sifat perpanjangan putus. Nilai perpanjangan putus memiliki kecenderungan menurun seiring dengan bertambahnya bahan pengisi *carbon black* [19]. Sama halnya dengan hasil uji kuat tarik, perpanjangan putus setelah mengalami pengusangan hasilnya cenderung menurun. Hal ini karena vulkanisat karet telah terpapar oleh suhu pada waktu tertentu. Nilai perpanjangan putus sebelum pengusangan memenuhi standar SNI 06-3568-2006, namun perubahan nilai akibat pengusangan pada beberapa variasi jumlah *carbon black* tidak memenuhi standar SNI 06-3568-2006.

3.5. Ketahanan Sobek

Pengujian kuat sobek bertujuan untuk mengetahui kekuatan sobek dari material karet dengan mengukur tenaga yang dibutuhkan untuk menyobek contoh uji, yang sebelumnya sudah diberi sobekan. Nilai kekuatan yang diperlukan untuk merobek material dan membuat retakan berlanjut sampai gagal [20].

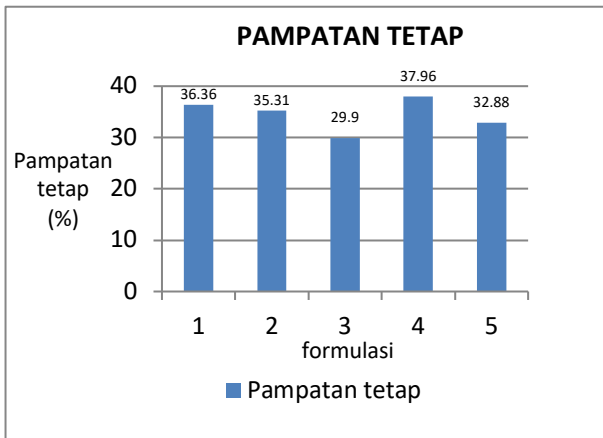


Gambar 5. Grafik hasil uji ketahanan sobek

Berdasarkan grafik hasil uji ketahanan sobek yang disajikan pada gambar 5, menunjukkan bahwa semakin bertambahnya bahan pengisi *carbon black* maka akan meningkatkan nilai ketahanan sobek. Ketahanan sobek dipengaruhi oleh ukuran partikel dan luas permukaan *filler*, semakin meningkat jumlah *filler* yang ditambahkan maka nilai ketahanan sobek akan semakin meningkat [21]. Akan tetapi penggunaan bahan pengisi *carbon black* yang berlebihan akan menurunkan nilai ketahanan sobek. Namun pada formulasi 2 nilai kuat sobek mengalami penurunan, hal ini dikarenakan bahan pengisi kurang mencampur dengan rata. Semakin lemah daya interaksi antara bahan pengisi dan kompon karet maka aktivitas permukaan keduanya akan menurunkan kualitas suatu vulkanisat karet. Nilai kuat sobek telah memenuhi standar SNI 06-3568-2006 kecuali pada formulasi kelima dengan jumlah *carbon black* paling banyak.

3.6. Pampatan Tetap

Pampatan tetap merupakan salah satu parameter uji elastisitas suatu vulkanisat. Elastisitas adalah kemampuan suatu bahan untuk kembali ke bentuk semula setelah mengalami pembebanan [22]. Beban yang digunakan pada pengujian pampatan tetap termasuk beban tetap dalam jangka waktu yang telah ditentukan.



Gambar 6. Grafik hasil uji pampatan tetap

Hasil uji pampatan tetap (%) yang diberikan oleh kompon untuk formula 1 adalah 36%, formula 2 adalah 35%, formula 3 adalah 29%, formula 4 adalah 37%, dan formula 5 adalah 32%. Nilai terkecil terdapat pada formula 3 dimana penambahan *filler* sebanyak 70 phr dengan makin kecil nilai pampatan tetap maka produk yang dihasilkan makin elastis. Semakin besar jumlah *carbon black* maka kemampuan senyawa untuk mempertahankan sifat elastinya menurun karena efek kekakuan *carbon black* sebagai bahan pengisi penguat [23]. Nilai pampatan tetap formulasi 3 memenuhi standar SNI 06-3568-2006.

3.7. Pengaruh Karet Compo Crepe

Pemilihan karet alam dalam bentuk karet mentah seperti karet sit asap (RSS), karet remah (SIR), karet kompo, karet brown creep, hingga karet sit angin merupakan langkah pertama sebelum dilakukan proses produksi karena berpengaruh terhadap kualitas produk sekaligus terhadap biaya produksi. Kualitas karet mentah dinilai dari beberapa sifat teknis seperti nilai plastisitas awal (P0), indeks ketahanan plastis (PRI), kadar abu, kadar kotoran dan kadar zat menguap. Pengujian sifat teknis karet penting dilakukan sebelum proses produksi dimulai dikarenakan sangat berpengaruh terhadap kualitas barang jadi karet [8]. Berdasarkan pengujian mutu karet mentah yang dilakukan [8] menunjukkan bahwa sifat teknis karet alam compo crepe

masih dibawah karet alam RSS mutu 1, namun lebih baik dibandingkan dengan karet alam SIR 20 dan karet alam sit angin.

Berdasarkan hasil pengujian yang dilakukan, kombinasi karet alam compo crepe dengan *filler carbon black* pada jumlah tertentu menghasilkan karakteristik fisis yang telah memenuhi standar SNI 06-3568-2006. Vulkanisat karet yang berhasil memenuhi standar yakni dengan penambahan *filler carbon black* sebanyak 70 Phr. Berdasarkan SNI 06-3568-2006 standar tegangan putus sebesar min 15 N/mm², sedangkan hasil uji yang diperoleh pada kompon-3 yaitu 16,07 N/mm². Perpanjangan putus dengan standar yang berlaku yakni minimal 300 N/mm, sedangkan dalam pengujian didapatkan nilai perpanjangan putus sebesar 394,75 N/mm. Pengujian kekerasan diperoleh nilai sebesar 72,2 Shore A, dimana standar SNI yang berlaku yakni 50-80 Shore A. Hasil uji pampatan tetap didapatkan nilai sebesar 29,1%, standar yang digunakan yaitu max 30%. Standar uji ketahanan sobek yakni minimal 70 N/mm, sedangkan hasil pengujian yang diperoleh yakni sebesar 80,32 N/mm.

Sedangkan karakteristik fisis setelah pengusangan, standar penurunan tegangan putus maksimal 20%, sedangkan hasil pengujian yang diperoleh yakni 0.54 %. Hasil penurunan perpanjangan putus sebesar 14,50 % dari standar yang berlaku maksimal 20% dan standar penurunan kekerasan yang berlaku yakni bertambah maksimal 8 Shore A, sedangkan hasil pegujian yang didapat sebesar -0,24 Shore A. Pengusangan dianggap sebagai salah satu proses perlakuan panas karena merupakan fungsi suhu yang berkontribusi terhadap perubahan sifat mekanik dan umur layanan komposit vulkanisat karet [23]. Pada saat pengusangan terjadi reaksi oksidasi. Oksidasi berjalan karena adanya molekul radikal bebas dalam matriks karet dengan molekul oksigen. Reaksi ini menyebabkan terjadinya pemutusan ikatan rantai molekul karet dan pembentukan ikatan silang lanjut tergantung pada jenis karet yang digunakan. Pada rantai molekul karet alam, mekanisme pemutusan rantai mendahului terjadi

pembentukan ikatan silang lanjut yang mengakibatkan karet mengeras dan menjadi rapuh [17]. Fenomena ini juga dapat diamati dari terjadinya penurunan tegangan putus dan perpanjangan putus vulkanisat karet pada kondisi setelah pengusangan.

4. Kesimpulan

Penggunaan karet compo dalam pembuatan vulkanisat karet untuk bantalan dermaga memberikan karakteristik fisis yang baik dan memenuhi standar SNI 06-3568-2006. Selain itu penambahan *filler* dengan proporsi yang cukup sangat berperan penting dalam memperbaiki sifat fisis kompon bantalan dermaga. Campuran karet alam compo crepe dengan karet sintetis akan meningkatkan kualitas fisis produk bantalan dermaga.

5. Saran

Diperlukan adanya penelitian lebih lanjut terkait pengaruh kombinasi bahan karet dan bahan aditif lain pada penggunaan karet compo crepe dan bahan pengisi *carbon black*.

6. Daftar Pustaka

- [1] Guidelines for Design and Testing of Rubber Fender Systems *Coastal Development Institute of Technology*, Japan, 2019.
- [2] H.E. Mayasari, A.Y. Wirapraja, "Sifat Mekanik dan Karakteristik Termal Karet Alam/EPDM Untuk Bantalan Dermaga", *Jurnal Teknologi Proses dan Inovasi Industri*, Vol 7 No 1, 2022.
- [3] Gabungan Perusahaan Karet Indonesia "Informasi Pasar dan Perkembangan Karet", Retrieved from <https://gapkindo.org/>, 2019
- [4] Y, Krishnan, S, Chandran, N, Usman, T.R. Smitha, P.S. Parameswaran, K.H. Prema, "Processability, mechanical and magnetic studies on natural rubber- ferrite composites", *Int. J. Chem. Stud.*, 3 (1), 15–22, 2015.
- [5] D.H. Setiawan, A. andoko, *Petunjuk Lengkap Budidaya Karet*. Jakarta: Agromedia Pustaka, 2009
- [6] M. Anggaravidya, D.K. Arti, A. Amry, H. Susanto, "Properties of Natural Rubber/Chloroprene Rubber Blend for Rubber Fender Application", *Macromoleculer Symposia*, Vol 391, 1900150, 2020.
- [7] D.A. Saputra, M.D. Gumelar, S. Husin "Preparation and Characterization of Hard Rubber and Soft Rubber For Marine Rubber Fender", *Macromoleculer Symposia*, Vol 391, 1900189, 2020.
- [8] A.F. Falaah, A. Cifriadi, M. Chalid, "Pengaruh Jenis Karet Alam Terhadap Sifat Fisika Vulkaniat Karet Untuk Produk Bantalan Jembatan." *Jurnal Sains Materi Indonesia*, vol 17, No 2, 2016.
- [9] M. Masłowski, J. Miedzianowska, K. Strzelec, "Natural rubber composites filled with crop residues as an alternative to vulcanizates with common fillers", *Polymers*, 11 (6), 972, 2019.
- [10] P. Mente, T.E. Motaung, S.P. Hlangothi, "Natural rubber and reclaimed rubber composites-A systematic review", *Polym. Sci.*, 2 (1), 7, 2016.
- [11] J.J. Pandian, T. Govindan, "Comparative studies on the mechanical properties of natural rubber and natural rubber carbon black composites", *IJETCSE*, 13 (2), 48–52, 2015.
- [12] E.M. Ginting, N. Bukit, E. Frida, B.F. Bukit, "The Effect of Carbon Black Composition in Natural Rubber Compound", *Case Studies In Thermal Engineering*, Vol 16, 2019.
- [13] J.G. Sommer, *Engineered Rubber Product, Introduction to Design, Manufacture and Testing*. German : Hanser Publications, 2009.
- [14] F. Delvitasari, Maryanti, Winarto. "Pengaruh jumlah bahan pengisi terhadap kekerasan kompon footstep sepeda motor," *Prosiding Seminar Nasional Pengembangan Teknologi Pertanian Politeknik Negeri Lampung* 2017.
- [15] M.M. Salehi, T. Khalkhali, R. Soleyman, M. Barari, "Effect of Carbon Black Type on the Thermal Properties of Fluoroelastomer," *European Journal of Advances in Engineering and Technology*, 3(2), 27-30, 2016.
- [16] H.E. Mayasari, A. Yuniari, "Effect of vulcanization system and carbon black on mechanical and swelling properties of

- EPDM blends" *Majalah Kulit, Karet, Dan Plastik*, 2016.
- [17] M.H. Al-maamori, A.A.A. Al-zubaidi, A.A. Subehs, " Effect of Carbon Black on Mechanical and Physical Properties of Acrylonitrile Butadiene Rubber (NBR) Composite", *Academic Research International* Vol. 6(2), 2015.
- [18] S. Phrommedetch, C. Pattamaprom, "Compatibility Improvement Of Rice Husk And Bagasse Ashes With Natural Rubber by MoltenState Maleation". *European Journal of Scientific Research*. 43(3): 411-416, 2010.
- [19] N.M. Setyadewi. E. Susiani, E. Radnawati, "Pengaruh variasi jumlah bahan pengisi carbon black terhadap sifat mekanik dan karakteristik karet alam penganget bentuk." *Jurnal Kimia Riset*, 2020.
- [20] H.E.F. Manurung, B. Alvonso, Y Saptini, Juandika, A. Sedayu, "Pendekatan Mutu karet Alam SIR 3L, SIR 5L, SIR 10L, SIR 20 dan RSS Terhadap Mutu Karet Sintetis PolyChloroprene (CR)-Neoprene Dalam Penggunaan Karet Compound Elastomeric Bearing Pad Jembatan", *Prosiding PPIS*, 2019.
- [21] D. Moonchai, N. Moryadee, N. Poosodsang, " Comparative properties of natural rubber vulcanisates filled with defatted rice bran, clay and calcium carbonate." *Maejo International Journal of Science and Technology*, 6(2), 249, 2011.
- [22] M. Sinurat, B. Handoko, R. Arizal, A.M. Santosa, D. Suparto, *Peningkatan Mutu Serat Sabut Kelapa Berkaret dengan Memperbaiki Sistem Vulkanisasi*. Bogor: Balai Penelitian Teknologi Karet, 2021.
- [23] M.A.G. Sanchez, D.H.G. Vasquez, R.M. Sanchez, "The Effect of Thermal Ageing on the Mechanical Properties of Natural Rubber-based Compounds Used forRubber Bearings", *J. Eng. Technol. Sci.*, Vol. 53, No. 3, 2021.