

PENGARUH CAMPURAN ABU TANDAN KOSONG KELAPA SAWIT (ATKKS) DAN CARBON BLACK TERHADAP SIFAT MEKANIK KOMPON KARET**Juli Anti dan Eva Marlina Ginting**Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Medan
juliantiblb@gmail.com, evamarlina67@yahoo.coM

Diterima: Desember 2019. Disetujui: Januari 2020. Dipublikasikan: Februari 2020

ABSTRAK

Telah dilakukan penelitian tentang pencampuran nanopartikel abu tandan kosong kelapa sawit (ATKKS) dan Carbon Black terhadap sifat mekanik kompon karet dengan tujuan mengetahui komposisi terbaik dan pengaruh dari bahan pengisi ATKKS dan Carbon Black terhadap sifat mekanik kompon karet yang meliputi kekerasan, kekuatan tarik, perpanjangan putus, dan pengembangan (swelling). Metode yang digunakan dalam pembuatan nanopartikel adalah metode kopresipitasi dan jenis Carbon Black yang digunakan adalah Carbon Black N330. Hasil pembuatan nanopartikel ATKKS diperoleh ukuran sebesar 68,63 nm. Hasil uji XRD didapatkan komposisi paling dominan yaitu senyawa SiO₂ sebanyak 39,06 %. Hasil uji sifat mekanik karet diperoleh nilai kekuatan tarik terbaik terdapat pada sampel ke 6 dengan komposisi bahan pengisi ATKKS/ Carbon Black sebesar 70/30 phr, yaitu 2,6 MPa dengan perpanjangan putus sebesar 140 %. Sedangkan hasil dari uji kekerasan didapat nilai kekerasan terbaik pada sampel ke 2 dengan komposisi bahan pengisi ATKKS/ Carbon Black sebesar 30/70 phr, yaitu 57 Shore A. Untuk hasil uji swelling didapat kompon yang tidak cepat mengembang dalam larutan toluena terdapat pada sampel ke 1 dan ke 2 dengan komposisi bahan pengisi ATKKS/ Carbon Black sebesar 0/100 phr dan 30/70 phr yaitu besar swelling per 72 jam adalah 5 % dari berat awal. Dapat disimpulkan bahwa pada penelitian ini mendapatkan sifat mekanik yang lebih baik dari penelitian sebelumnya, hal ini dikarenakan kandungan SiO₂ yang terdapat pada nanopartikel ATKKS cenderung memperbaiki sifat mekanik kompon karet yaitu kuat tarik dan perpanjangan putus akan tetapi cenderung menurunkan nilai kekerasan dan swelling pada kompon karet

Kata Kunci: Kompon Karet, ATKKS, Carbon Black, Sifat Mekanik**ABSTRACT**

Research has been carried out on mixing oil palm empty bunches (ATKKS) and Carbon Black ash nanoparticles with the mechanical properties of rubber compounds in order to determine the best composition and the effect of ATKKS and Carbon Black fillers on the mechanical properties of rubber compounds including tensile strength, elongation at break, hardness, , and (swelling). The method used in making nanoparticles is the coprecipitation method and the type of Carbon Black used is Carbon Black N330. The results of ATKKS nanoparticles were obtained at a size of 68.63 nm. The XRD test results obtained the most dominant composition, namely SiO₂ compounds as much as 39.06%. The test results of the mechanical properties of rubber obtained the best tensile strength values found in the 6th sample with the composition of ATKKS / Carbon Black fillers of

70/30 phr, which is 2.6 MPa with elongation at break of 140%. While the results of the hardness test obtained the best value of hardness in the second sample with the composition of ATKKS / Carbon Black filler amounting to 30/70 phr, which is 57 Shore A. For the results of swelling test obtained compounds that do not rapidly expand in toluene solution are in sample 1 and the second with the composition of ATKKS / Carbon Black fillers of 0/100 phr and 30/70 phr, which is the size of swelling per 72 hours is 5% of the initial weight. It can be concluded that in this study the mechanical properties were better than the previous research, this was because the SiO₂ content found in ATKKS nanoparticles tended to improve the mechanical properties of rubber compounds, namely tensile strength and elongation but tend to reduce the hardness and swelling of the rubber compound

Keywords: *Rubber Compound, ATKKS, Carbon Black, Mechanical Properties*

PENDAHULUAN

Indonesia dikenal sebagai salah satu negara eksportir karet alam. Akan tetapi, perkembangan industri barang jadi berbasis karet alam sangat minim. Hal ini terbukti dengan besarnya nilai impor karet sintetik oleh industri hilir. Besarnya permintaan produk karet sintetik oleh industri secara umum disebabkan oleh spesifikasi produk yang diinginkan tidak dapat dipenuhi oleh produk karet alam olahan yang ada saat ini. Untuk dapat memenuhi spesifikasi produk karet tersebut, diperlukan pengembangan riset dan penggunaan teknologi yang lebih maju, mulai dari pembuatan formulasi sampai pada proses manufakturnya (Erna, S, 2009). Saat ini, jumlah produksi dan konsumsi karet alam jauh berada di bawah penggunaan karet sintesis, tetapi sesungguhnya karet alam belum dapat digantikan oleh karet sintesis. Bagaimanapun, keunggulan yang dimiliki karet alam sulit ditandingi oleh karet sintesis. Walaupun demikian, karet sintesis memiliki kelebihan seperti tahan terhadap berbagai zat kimia dan harganya yang cenderung bisa dipertahankan supaya tetap stabil.

Karet alam memiliki karakteristik yang unik seperti kekuatan tinggi, fleksibilitas dan elastisitas yang tinggi (Roslim et al, 2012), sehingga menjadi salah satu bahan penting yang digunakan secara luas oleh karena kelembutan alaminya dan kemudahan pembentukannya. Karet alam digolongkan ke dalam elastomer (polimer yang memiliki sifat keelastisan) untuk penggunaan umum karena dapat digunakan sebagai bahan baku berbagai jenis dan tipe

barang jadi karet yang disukai dikarenakan keunggulan sifat-sifat seperti daya pantul, elastisitas, daya lengket, dan daya cengkeram yang baik serta mudah untuk digiling. Ikatan utama dari karet alam adalah ikatan tidak jenuh (ikatan rangkap) sehingga menyebabkan tidak tahan terhadap oksigen, ozon, cahaya, dan panas. Karet alam tidak tahan terhadap minyak, asam pengoksidasi dan memiliki ketahanan terbatas terhadap asam mineral serta akan mengembang jika terkena senyawa hidrokarbon aromatik, alifatik dan hidrokarbon halogen. Namun, karet alam tahan terhadap beberapa bahan kimia anorganik selain bahan tersebut. Karet alam dapat dibuat ikatan silang (vulkanisasi) dengan menggunakan metode sulfur, sistem donor sulfur, peroksida, vulkanisasi dan radiasi isosianat, tetapi sulfur adalah yang paling banyak digunakan. Karet jenis SIR-20 merupakan karet alam yang banyak diserap pasar internasional. Karena itu sangat menarik untuk diteliti lebih mendalam tentang mutu dan kemampuan proses seperti energi pengaktifan dan sebagainya. Selain harganya yang relatif murah, karet SIR 20 memiliki waktu masak kecil yaitu 1,24 menit dan hemat dalam penggunaan energi pengaktifan yaitu sebesar 22.208 kal/mol (Bukit dan Rugaya, 2009). Dalam proses pembuatan barang jadi karet, karet alam harus dibuat menjadi kompon terlebih dahulu (compounding). Akan tetapi, perlu ditambahkan bahan pengisi dan zat aditif untuk memperbaiki sifat-sifat alami yang tidak dikehendaki sehingga diperoleh suatu produk seperti yang diharapkan . Campuran antara karet, bahan pengisi dan bahan-bahan aditif

tersebut dikenal dengan nama kompon (Alfa, 2005).

Kompon karet adalah campuran karet mentah, bahan-bahan kimia, dan cara pencampurannya dilakukan dengan penggilingan di dalam mesin open mill pada suhu dan formulasi tertentu (Peng, Y. K., 2007). Pembuatan dan pembentukan kompon karet merupakan tahap awal dari produksi barang jadi karet. Adapun sistem vulkanisasi dari kompon (vulcanizing system of the compound) adalah campuran bahan pengaktif, bahan pemercepat dan belerang (S). Kompon karet juga merupakan karet alam padat yang ditambah dengan berbagai bahan kimia untuk memberikan sifat barang jadi karet yang diinginkan (Barlow, 1993). Bahan pembuatan formulasi/kompon karet alam, memiliki beberapa pilihan bahan kimia tambahan untuk meningkatkan kualitas vulkanisat produk karet alam. Bahan kimia tersebut memberikan sifat mekanik yang spesifik terhadap vulkanisat produk karet yang akan dibentuk. Bahan kimia yang biasa ditambahkan dalam proses pembuatan kompon dari karet alam adalah bahan vulkanisasi (sulfur atau non-sulfur), bahan pengaktivasi, bahan pencepat, bahan pengisi, dan bahan pelindung.

Salah satu bahan aditif yang paling berpengaruh dalam pembuatan kompon karet adalah bahan pengisi. Sifat fisik karet alam dapat diperkuat dengan penambahan bahan pengisi. Dalam penelitian ini digunakan bahan pengisi campuran antara bahan pengisi aktif (silika) dan non aktif (abu tandan kosong kelapa sawit). Bahan pengisi aktif dapat meningkatkan kuat tarik, ketahanan sobek, modulus, hardness, ketahanan abrasi, dan masih banyak lagi. Sedangkan bahan pengisi non aktif tidak dapat memperbaiki sifat mekanis kompon, hanya untuk menambah volume dan mengurangi biaya produksi kompon. Silika merupakan senyawa logam oksida yang banyak terdapat di alam, namun keberadaannya di alam tidak dalam kondisi bebas melainkan terikat dengan senyawa lain baik secara fisik maupun secara kimia.

Penggunaan silika banyak dalam industri, dikarenakan sifat dan morfologinya yang unik, diantaranya: luas permukaan dan volume porinya yang besar, dan kemampuan

untuk menyerap berbagai zat seperti air, oli dan bahan radioaktif. Pada umumnya silika bisa bersifat hidrofobik ataupun hidrofilik sesuai dengan struktur dan morfologinya (Nugroho, dkk. 2006). Selain itu silika juga bersifat nonkonduktor, memiliki ketahanan terhadap oksidasi dan degradasi termal yang baik, jika dipadukan dengan karet alam, maka akan membentuk komposit karet alam silika yang akan menunjukkan kemampuannya untuk memperbaiki kinerja sebuah komposit baik sifat mekanik, optik, listrik maupun ketahanannya terhadap korosi jika dibandingkan dengan komposit berpenguat lainnya. Kinerja yang lebih baik tersebut terbentuk disebabkan adanya ikatan interface antara SiO₂ dengan karet alam.

Penggunaan silika sebagai bahan pengisi karet alam sudah tidak asing lagi karena telah digunakan sejak awal abad ke-20. Penambahan silika pada kompon karet dapat memberikan banyak keuntungan seperti peningkatan dalam ketahanan sobek, pengurangan penumpukan panas, dan peningkatan adhesi senyawa dalam produk multikomponen seperti ban. Dua sifat utama silika yang mempengaruhi sifat fisik kompon adalah ukuran partikel dan tingkat hidrasi. Sifat sekunder lainnya yang mempengaruhi kompon karet adalah pH, komposisi kimia, dan oil absorption.

Salah satu bahan yang memiliki kandungan silika yang berada di Sumatera Utara adalah ATKKS. ATKKS merupakan Hasil pembakaran limbah TKKS pada mesin pembakaran. Berdasarkan hasil pengujian ATKKS dapat dinyatakan bahwa unsur yang paling banyak terkandung dalam ATKKS adalah SiO₂. Analisa senyawa yang terkandung dalam ATKKS telah dilakukan oleh Husin, dkk (2011) dimana diperoleh Fe₂O₃ 0,2%, Na₂O 0,34%, MnO 0,56%, MgO 0,78%, P₂O₅ 1,95%, Al₂O₃ 13,87%, CaO 18,20% dan SiO₂ 58,60%. Silika (SiO₂) merupakan salah satu bahan yang sangat penting dalam industri, baik anorganik maupun organologam seperti bahan pengisi, bahan pembuatan keramik, silikon, dan pembuatan gelas. Kualitas bahan yang dihasilkan ini akan meningkat berdasarkan ukuran diameter dan pori silika (Della, 2002).

Berdasarkan uraian di atas, peneliti tertarik untuk melanjutkan penelitian

menggunakan bahan pengisi ATKKS dan carbon black untuk membuat kompon dengan tujuan untuk mengetahui komposisi terbaik dan pengaruh komposisi tersebut terhadap sifat mekanik kompon karet.

METODE PENELITIAN

Proses pembuatan nanopartikel ATKKS menggunakan metode kopresipitasi Pembuatan nanopartikel ATKKS mengikuti metode yang dilakukan oleh Magdalena (2018) secara fisika yaitu pembuatan nanopartikel ATKKS dengan menggunakan ball mill dan Magnetic Stirer dan cara kimia dengan metode kopresipitasi sehingga menghasilkan nanopartikel ATKKS sebesar 68,63 nm.

Prosedur pembuatan kompon karet adalah menimbang bahan-bahan kompon karet yaitu karet SIR-20, ZnO, asam stearat, ATKKS, Carbon black, Wax, IPPD, TMTD, MBTS neraca digital. Setelah bahan-bahan ditimbang, karet SIR-20 dimasukkan kedalam mesin roll mill, lalu digiling hingga karet benar-benar padat. Sambil berjalannya proses penggilingan karet, bahan-bahan dimasukkan satu-persatu secara bertahap.

Berikut formulasi dari campuran bahan formula kompon dalam phr dengan filler:

Tabel 1. Komposisi campuran bahan formula kompon dalam phr dengan filler

No	Bahan-bahan	Formula kompon						
		S ₀	S ₁	S ₂	S ₃	S ₄	S ₅	S ₆
1.	karet SIR-20	92	92	92	92	92	92	92
2.	Nanopartikel ATKKS dan Carbon black	0/100	30/70	40/60	50/50	60/40	70/30	10/0/0

	8 %							
3	Wax	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
4	ZnO	5	5	5	5	5	5	5
5	Asam streat	2	2	2	2	2	2	2
6	Sulfur	3	3	3	3	3	3	3
7	IPPD	2	2	2	2	2	2	2
8	TMTD	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
9	MBTS	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5

Hasil dari pembuatan kompon karet dengan bahan pengisi ATKKS dan carbon black maka dilakukan beberapa karakterisasi sifat mekanik antara lain kekuatan tarik, perpanjangan putus, kekerasan, dan *swelling*.

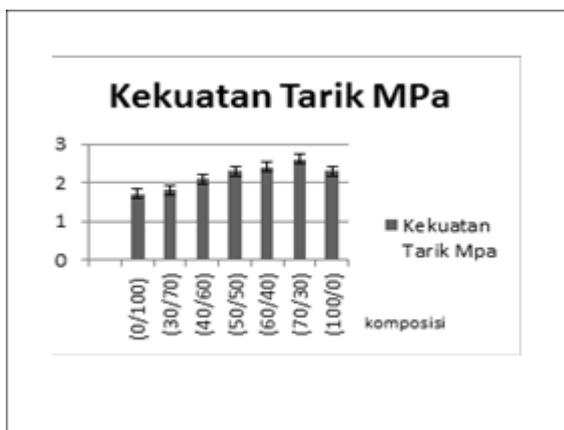
HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Penelitian

Berdasarkan karakterisasi yang dilakukan dengan mesin uji mekanis diperoleh data kekuatan tarik, perpanjangan putus, kekerasan, dan *swelling* pada kompon karet.

1. Kekuatan Tarik (*Tensile Strength*)

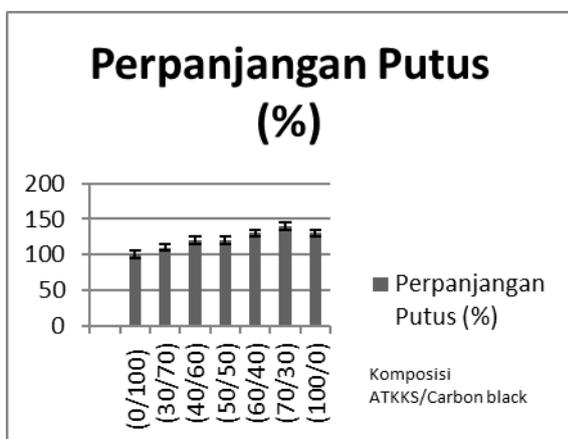
Pengujian kekuatan tarik adalah pengujian mekanik secara statis dengan cara sampel ditarik dengan pembebanan pada kedua ujungnya di mana gaya Tarik yang diberikan sebesar P (Newton). Tujuannya untuk mengetahui sifat-sifat mekanik tarik (kekuatan tarik) dari komposit yang diuji. Pertambahan panjangnya (Δl) yang terjadi akibat gaya tarikan yang diberikan pada sampel uji disebut deformasi. Pengaruh komposisi nanopartikel ATKKS dan Carbon black terhadap nilai nilai kuat tarik dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Hubungan Komposisi terhadap Kekuatan Tarik

2. Perpanjangan Putus (*Elongation at Break*)

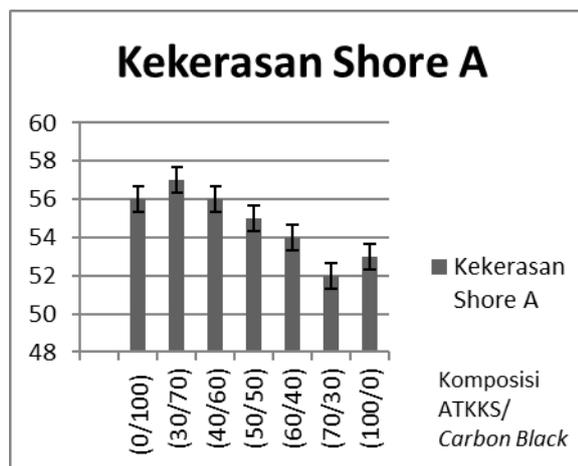
Perpanjangan putus adalah besarnya pertambahan panjang suatu benda uji ketika ditarik sampai putus, yang dinyatakan dengan % (persen) dari panjang uji sebelum ditarik. Pengujian ini berfungsi untuk menetapkan berapa % bertambah panjangnya suatu potongan uji/cetakan karet ketika ditarik sampai putus. Pengaruh komposisi nanopartikel ATKKS dan Carbon black terhadap nilai perpanjangan putus dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Hubungan Komposisi terhadap Perpanjangan Putus

3. Kekerasan (*Hardness*)

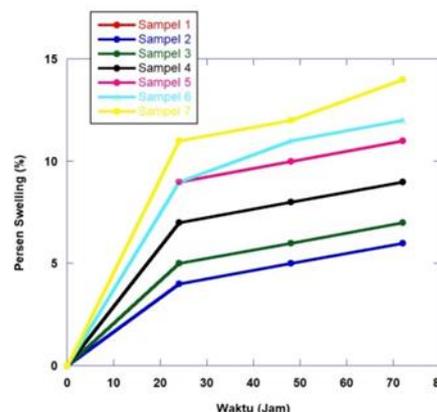
kemampuan dari vulkanisat itu untuk menahan lekukan yang diterima yaitu berupa tusukan dari jarum yang diberi beban tetap. Faktor yang mempengaruhi kekerasan ini adalah jumlah bahan pengisi dan bahan pelunak yang digunakan. Pengaruh komposisi nano partikel ATKKS dan Carbon black terhadap nilai kekerasan dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Hubungan Komposisi terhadap Kekerasan

4. Swelling

Swelling adalah uji untuk menentukan besar dan berat. Dimana berat karet vulkanisat bertambah jika direndam dalam cairan resisten seperti minyak disel, karosene dan toluene. Pengaruh komposisi nano partikel ATKKS dan Carbon black terhadap nilai Swelling dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Hubungan Komposisi terhadap % Swelling

Pembahasan

1. Kekuatan Tarik (*Tensile Stength*)

Penentuan kekuatan tarik dilakukan dengan pemberian beban tertentu pada spesimen sehingga terjadi perubahan panjang (regangan) yang dapat menyebabkan spesimen tersebut menjadi putus. Pada hasil karakterisasi sifat kekuatan tarik kompon yang dilakukan dengan mesin uji mekanik dengan sampel Dumbbell ASTM D.412-16. Pada Gambar 1 dapat dilihat bahwa nilai kekuatan tarik kompon karet dengan bahan pengisi mengalami peningkatan seiring dengan penambahan

komposisi nano partikel ATKKS. Penambahan Nano partikel ATKKS menambah kekuatan tarik karena adanya peningkatan ikatan kovalen dan hidrogen dengan grup OH dan oksigen dari grup karboksil yang masing-masing menambah ikatan antara pengisi dengan matrik karet alam (Ginting, 2015). Hal ini menunjukkan nilai kuat tarik lebih baik dari penelitian Magdalena (2018), dimana dalam penelitiannya yaitu karakterisasi nano partikel ATKKS dan Carbon black sebagai bahan pengisi kompon karet dengan metode kopresipitasi memperoleh nilai kuat tarik tertinggi pada komposisi 6 phr yaitu 1,8 MPa. Dan penelitian Elfariska (2018) dimana dalam penelitiannya yaitu karakterisasi nano partikel ABKS dan Carbon black sebagai bahan pengisi kompon karet dengan metode kopresipitasi memperoleh nilai kuat tarik tertinggi pada komposisi 8 phr yaitu 2,5 MPa. Nilai kuat tarik tertinggi yang diperoleh pada penelitian ini sebesar 2,6 MPa, yaitu dengan komposisi bahan pengisis nano partikel ATKKS dan carbon black sebesar 70/30 phr.

2. Perpanjangan Putus (Elongation at Break)

Perpanjangan putus adalah besarnya pertambahan panjang suatu benda uji ketika ditarik sampai putus, yang dinyatakan dengan % (persen) dari panjang uji sebelum ditarik. Pengujian ini berfungsi untuk menetapkan berapa % bertambah panjangnya suatu potongan uji/contoh karet ketika ditarik sampai putus. Nilai perpanjangan putus berbanding lurus dengan nilai kekuatan tarik. Semakin tinggi nilai tegangan putus berarti energi yang digunakan untuk memutuskan vulkanisat semakin besar, artinya ikatan silang yang terbentuk semakin banyak. Adanya ikatan silang yang lebih banyak menyebabkan elastisitas vulkanisat pun menjadi lebih baik, sehingga kemampuan vulkanisat untuk memanjang semakin bagus dan nilai perpanjangan putus semakin tinggi.

Dari gambar 2 dapat dilihat bahwa nilai perpanjangan putus kompon karet dengan bahan pengisi mengalami peningkatan seiring dengan penambahan ATKKS.. Hal ini disebabkan karena kandungan SiO₂ yang terdapat pada ATKKS yang cenderung

meningkatkan elastisitas pada kompon karet yang dihasilkan sehingga mudah untuk diregangkan dan memiliki nilai perpanjangan putus yang besar. Nilai perpanjangan putus tertinggi berada pada sampel ke 6 yaitu dengan komposisi nano partikel ATKKS dan carbon black 70/30 sebesar 140 %. Hal ini menunjukkan nilai perpanjangan putus yang lebih baik dari penelitian magdalena (2018), dimana dalam penelitiannya yaitu karakterisasi nano partikel ATKKS dan Carbon black sebagai bahan pengisi kompon karet dengan metode kopresipitasi memperoleh nilai perpanjangan putus sebesar tertinggi yaitu 120%.

3. Kekerasan (Hardness)

Kekerasan merupakan sifat yang mempengaruhi penampilan dan ketahanan barang jadi karet. Kekerasan suatu kompon karet bisa diartikan sebagai tekanan balik dari kompon karet pada saat kompon karet tersebut diberikan tekanan. Kekerasan karet tergantung kepada peranan bahan pengisi dan bahan pelunak yang digunakan pada penyusunan campuran vulkanisat. Pada gambar 3 nilai kekerasan kompon karet dengan bahan pengisi nano partikel ATKKS dan carbon black mengalami penurunan seiring dengan penambahan nano partikel ATKKS. Penurunan nilai kekerasan kompon karet adalah disebabkan oleh kandungan silika yang cenderung meningkatkan nilai kuat tarik karet. Nilai kekerasan kompon karet semakin besar menunjukkan bahwa kompon karet semakin keras (semakin tidak elastis).

Hal ini menunjukkan nilai kekerasan yang lebih baik dari penelitian Hildayati (2009), dimana dalam penelitian ini digunakan silika powder sebagai penguat matriks karet alam yaitu 36.67 Shore A. Dan juga lebih baik dari penelitian magdalena (2018), dimana dalam penelitiannya yaitu karakterisasi nano partikel ATKKS dan Carbon black sebagai bahan pengisi kompon karet dengan metode kopresipitasi memperoleh nilai kekerasan tertinggi yaitu 52 Shore A dan juga lebih baik dari hasil penelitian Zainal (2015) yang meneliti tentang pengaruh arang cangkang sawit sebagai bahan pengisi (filler) terhadap sifat-sifat fisik kompon karet, dari hasil penelitian didapatkan

bahwa nilai kekerasan adalah sekitar 48 – 49 shore A.

4. Swelling

Dari gambar 4 dapat dilihat bahwa penambahan berat kompon selama 72 jam mengalami peningkatan seiring dengan penambahan ATKKS, hal ini karena ukuran dari ATKKS yang lebih besar dari pada carbon black, sehingga ikatan silang yang terdapat pada kompon karet kurang rapat/ renggang, semakin renggang ikatan silang pada suatu kompon maka penambahan volumenya akan semakin besar, hal ini dikarenakan dalam penggilingan tidak terdistribusi merata dalam kompon karet yang menyebabkan ikatan antar bahan pengisi dan kompon karet kurang baik.

Dalam penelitian Popy dan Susanto (2018) yang meneliti tentang pengaruh bahan pengisi ATKKS terhadap sifat mekanik karet kopling kendaraan roda dua, yang mana didapatkan nilai swelling kompon karet terhadap minyak yang direndam selama 72 jam sebesar sebesar 14%, 13,7% dan 13,2%. Hal ini menunjukkan nilai swelling dalam penelitian ini lebih baik dari penelitian sebelumnya, yaitu didapatkan nilai swelling terbaik dengan komposisi ATKSS/ carbon black sebesar 0/100 dan 30/70 yaitu 5% yang direndam selama 72 jam.

KESIMPULAN DAN SARAN

Dari penelitian dapat disimpulkan bahwa seiring dengan penambahan nanopartikel ATKKS cenderung meningkatkan nilai kuat tarik dan perpanjangan putus akan tetapi cenderung menurunkan nilai kekerasan dan swelling hal ini dikarenakan kandungan SiO₂ yang terdapat pada ATKKS yang dapat memperbaiki sifat elastisitas dari kompon karet.

Disarankan dalam penelitian selanjutnya untuk melakukan penggilingan dan pencampuran bahan dalam two roll mill dalam waktu yang lebih lama agar kompon tercampur dan terdistribusi merata dan membuat pengkodean pada setiap sampel agar sampel tidak tertukar.

DAFTAR PUSTAKA

- Alfa, A. A., (2005), Bahan Kimia Untuk Kompon Karet-Kursus Teknologi Barang Jadi Karet Padat, Bogor: Balai Besar Penelitian Teknologi Karet Bogor
- Ash And Deposit Characteristics From Oil Palm Empty Fruit Bunch (EFB) Firing With Kaolin Additive In A Pilot Scale Grate Fired Combustor, Elsevier, 115 : 182-191.
- Bukit, N., Rugaya, (2009), Sintesis carbon dari limbah Perkebunan Desertai analisis Penggunaanya Sebagai Filler material kompon Karet dan Breket Arang, Laporan Penelitian Hibah Bersaing DIKTI
- Barlow, F.W. (1993). Rubber Compounding. Marcel Dekker Inc. New York.
- Della, V.P., Kuhn, I., and Hotza, D. 2002. Rice Husk Ash an Alternate Source For Active Silica Production. Materials Letters. Vol. 57, pp. 818-821.
- Magdalena.(2018). Pembuatan Dan Karakterisasi Nanopartikel Abu Tandan Kosong Kelapa Sawit (Atkks) Dan Carbon Black Sebagai Bahan Pengisi Kompon Karet Dengan Metode Kopersipitasi. Jurnal Einstein.
- Erna, S., (2009), Analisa Perbandingan nilai accelerated storage hardening test (ASHT) dari karet remah SIR 20 CV dan SIR 3 WF, Karya ilmiah, FMIPA, Universitas Sumatra Utara, Medan.
- Ginting, E. M., (2010), Pembuatan dan Uji Sifat Mekanik Papan Partikel dari Tandan Kosong Kelapa Sawit Menggunakan Bahan Perekat Urea Formaldehid, Jurnal Sains Indonesia, 34 (1) : 38-41.
- Ginting, E. M., Bukit, N., Muliani., and Frida E., (2014).; Mechanical Properties And Morphology Natural Rubber Blend With Bentonit And Carbon Black, IPST.
- Hildayati. (2009). Sintesa dan Karakterisasi Bahan Komposit Karet Alam-Silika. Seminar Nasional Pascasarjana IX – Institut Teknologi Sepuluh November. Surabaya.
- Husin, H., Mahidin dan Marwan., (2011), Studi Katalis Abu Sabut Kelapa, Abu Tandan Sawit, dan K₂CO₃ Konversi Minyak

- Jarak Menjadi Biodiesel, Reaktor, 13 (4) : 254-261.
- Idrus, Suhaida S.. (2011). Study of the Effect of Different Shapes of Ultrafine Silica as Fillers in Natural Rubber Compounds. *Journal Polimer Testing Vol 30*: 251 – 259.
- Nugroho, A.B. & Triono, L.B. (2006). Sintesis Partikel Silika dengan Metode Spray Drying dari Sol Silika. Institut Teknik Surabaya. Surabaya.
- Roslim, R., Hashim, Y. A., and Angurio, P. T., (2012), Natural Latex Foam, *Journal of Engineering Science*, 8 : 15-27.
- Popy dan Tri Susanto.(2018). Pengaruh Arang Tandan Kosong Kelapa Sawit Pada Sifat Mekanik Karet Kopling Kendaraan Bermotor Roda Dua. Balai Riset dan Standardisasi Industri Palembang.
- Peng, Y.K., (2007), The Effect of Carbon Black And Silica Fillers on Cure Characteristics and Mechanical Properties of Breaker Compounds, Thesis, University Science Malaysia, Malaysia.