

PEMANFAATAN LIMBAH PADAT *CRUMB RUBBER* UNTUK PEMBUATAN TEGEL KARET MENGGUNAKAN BAHAN PENGISI DARI PASIR KUARSA

UTILIZATION OF *CRUMB RUBBER* SOLID WASTE FOR MAKING RUBBER FLOOR TILE

Rahmaniar dan Nesi Susilawati

Balai Riset dan Standardisasi Industri Palembang
Jl. Perindustrian II No. 12 Sukarami Km. 9 Palembang 30152
e-mail : rahmaniar_eeen@yahoo.co.id

Diterima: 24 Juli 2018 ; Direvisi: 3 Agustus – 28 Oktober 2018; Disetujui: 26 November 2018

Abstrak

Penelitian bertujuan untuk mengetahui pengaruh pasir kuarsa dan konsentrasinya terhadap sifat mekanik vulkanisat tegel karet yang menggunakan limbah padat industri *crumb rubber*. Rancangan percobaan yang digunakan adalah Rancangan Acak Lengkap (RAL) non faktorial, setiap perlakuan diulang 3 (tiga) kali. Faktor tunggal perlakuan variasi konsentrasi pasir kuarsa : A₁ : 50 phr, A₂: 60 phr, A₃ : 70 phr dan A₄ 70 phr dan sebagai kontrol menggunakan bahan pengisi *carbon black*. Parameter yang diamati adalah kekerasan, tegangan putus, perpanjangan putus dan organoleptis. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pasir kuarsa dapat memberikan pengaruh terhadap sifat mekanik kompon untuk tegel karet -dan memenuhi SNI 03-1550-1989 untuk Tegel Karet. Hasil pengujian yang terbaik di peroleh pada perlakuan A₁ (Pasir kuarsa 50 phr dan limbah karet 100 phr), dengan nilai kekerasan 86 shore A, tegangan putus 81 kg/cm², perpanjangan putus 300%. Hasil uji secara organoleptis untuk keadaan dan kenampakan adalah mempunyai kenampakan yang merata dan tidak mengalami kecacatan setelah dilakukan pencetakan.

Kata kunci : Bahan pengisi, pasir kuarsa, limbah karet, *crumb rubber*.

Abstract

Crumb rubber solid waste is quite large in South Sumatra and the handling is not optimal, so it needs to be managed related to environmental contamination. Therefore, research is conducted to utilize solid waste crumb rubber. The purpose of this research is to know the influence of quartz sand to mechanical properties of rubber tile vulkanisat and get the best concentration with the addition of quartz sand as filler material by utilizing solid rubber waste. The design used in this study was Completely Randomized Design non factorial, each treatment repeated three times. Single factor of treatment of variation of quartz sand concentration: A₁: 50 phr, A₂: 60 phr, A₃: 70 phr and A₄ 70 phr (as control). Parameters observed by hardness, tensile strength, elongation at break and organoleptic. The result of the research was obtained by using quartz sand filler material to qualify rubber tile test. The best test results were obtained at the A₁, where the hardness value was 86 shore A, tensile strength 81 kg/cm², 300% elongation at break , organoleptic test result no defects after printing.

Keywords : filler material, quartz sand, waste rubber, *crumb rubber*.

PENDAHULUAN

Karet alam berasal dari tumbuhan *Hevea brasiliensis*, merupakan polimer alam dengan monomer isoprene. Polimer karet alam terdiri dari 97% polimer cis-1,4-polyisoprene dengan rumus empiris (C₅H₈)_n (Hurley, 2006 ; Daik et al., 2007). *Hevea brasiliensis* tumbuh paling baik di bawah ketinggian sekitar 300 m. Karet mengandung

komposisi hidrokarbon, protein, karbohidrat, resin, garam mineral dan asam lemak. Menurut Dirjen Perkebunan (2017) total luas areal dan produksi karet di Indonesia yaitu 3.672.123 Ha dan 3.229.861 ton.

Provinsi Sumatera Selatan merupakan salah satu penghasil karet terbesar di Indonesia dengan luas areal dan produksi perkebunan karet sampai dengan tahun 2017 yaitu 845.167 Ha

dan 970.678 ton. Industri pengolahan karet di Sumatera Selatan diantaranya menghasilkan karet remah (*crumb rubber-Standar Indonesian Rubber*). Jenis karet remah mendominasi produksi industri karet dengan kapasitas olah mencapai 987 ribu ton (98,7%) diperoleh dari 26 unit pabrik yang tersebar di tujuh kabupaten dan kota, sedangkan yang lainnya pabrik sit asap dan pabrik lateks pekat (Suwardin, 2015). Karet remah yang dihasilkan diekspor dalam bentuk bahan mentah atau bahan setengah jadi yaitu *crumb rubber*.

Industri karet remah (*crumb rubber*) menghasilkan limbah karet padat yang disebut tatal. Tatal diperoleh dari hasil proses pengolahan karet remah (*crumb rubber*). Menurut Mutiara dan Hakimi (2012) setiap pengolahan 100 kg lateks menghasilkan limbah karet padat (tatal) sekitar 3-5%. Limbah padat ini ditumpuk dipabrik dan belum sepenuhnya diproses secara efektif. Penelitian ini dimaksudkan agar limbah padat tersebut dapat bernilai ekonomis dan lebih bermanfaat. Pemanfaatan limbah padat industri karet remah sudah dilakukan untuk dijadikan pembuatan kompos, dimana menggunakan limbah padat industri *crumb rubber* sekitar 100, 90 dan 80 bagian, dibanding dengan bekatul yang digunakan (Supraptiningsih dan Sarengat, 2014). Penelitian lain pernah dilakukan oleh Daud dan Suharman (2016) dengan memanfaatkan limbah industri *crumb rubber* (tatal) sebagai bahan pembuatan pijakan kaki sepeda motor (*foot step*). Hasil penelitian menunjukkan bahwa limbah padat industri *crumb rubber* dapat dimanfaatkan kembali menjadi bahan baku pembuatan barang jadi karet. Selanjutnya dalam penelitian ini tatal akan dimanfaatkan menjadi menjadi bahan baku pembuatan barang jadi karet yaitu tegel karet menggunakan bahan pengisi pasir kuarsa.

Dalam pembuatan barang jadi karet digunakan juga bahan tambahan yang disebut bahan pengisi (*filler*). Peran

bahan pengisi sangatlah penting untuk menjadikan vulkanisat karet menjadi keras dan kaku (Daud, 2016). Bahan pengisi yang ditambahkan dalam formulasi karet bertujuan untuk mengoptimalkan karakteristik yang dibutuhkan barang jadi karet yang diinginkan. Menurut Fu (2008) dan Leblanc (2002). ada dua macam bahan pengisi (*filler*) yang digunakan dalam pembuatan barang jadi karet, yaitu *filler* aktif dan *filler* tidak aktif. *Filler* aktif disebut juga *filler* penguat (*reinforcing*) yang akan mempengaruhi kekerasan, ketahanan sobek, ketahanan kikis dan tegangan putus. Bahan pengisi penguat ukuran partikelnya 10 nm sampai 100 nm secara signifikan akan memperbaiki sifat karet (Frohlich, 2005). Contoh *filler* aktif seperti *aluminium silica*, *silica*, *magnesium silica* dan karbon hitam (*carbon black*). Sedangkan *filler* tidak aktif hanya akan menambah kekerasan dan kekakuan. *Filler* tidak aktif seperti tanah liat, kalsium karbonat, magnesium karbonat, barium sulfat, barit dan kaolin. Pemilihan jenis *filler* yang digunakan merupakan hal yang penting dalam pembuatan kompon, selain pemilihan bahan baku karet dan sistim vulkanisasi yang digunakan (Alfa, 2005). Penggunaan bahan pengisi juga akan mempengaruhi biaya bahan, spesifikasi produk yang dihasilkan dan energi untuk produksinya (Ku, 2011).

Karbon hitam (*carbon black*) merupakan bahan pengisi penguat yang paling banyak digunakan dalam industri karet, yang diperoleh dari hasil proses *thermal cracking hydrocarbon* dari minyak bumi (Ismail, 2003). Bahan ini memberikan efek penguatan terhadap sifat fisik vulkanisat karet terutama karena ukuran butirannya yang kecil (Boonstra, 2005). Menurut Vachlepi dan Suwardin (2015), ukuran partikel karbon hitam bervariasi mulai dari ukuran 22 nanometer (nm) sampai 0,25 mikrometer (μm) tergantung jenis dan kodenya. Namun seiring dengan makin menurunnya cadangan minyak bumi dan sebagian besar bahan kimia untuk pembuatan barang jadi karet masih

impor, serta untuk meminimalisir pengaruh emisi karbon dioksida yang timbul pada proses pembuatan kompon karet berbahan turunan minyak bumi, maka dilakukan penelitian pasir kuarsa sebagai alternatif pemanfaatan sumber daya alam yang ramah lingkungan sebagai bahan pengisi. Penggunaan pasir kuarsa ini diharapkan dapat menjadi alternatif pengganti *carbon black* sebagai bahan pengisi penguat. Pasir kuarsa mengandung silika, yang selama ini kebutuhan mikrosilika dalam negeri diperoleh melalui impor, dimana nano silika banyak digunakan pada aplikasi di industri ban, karet, cat dan keramik. Silika mempunyai luas permukaan dan volume pori yang besar, sehingga mudah menyerap berbagai zat seperti air, oli dan bahan radioaktif. Silika bersifat hidrofobik atau hidrofilik sesuai struktur dan morfologinya (Nugroho dan Triono (2006) dalam Bondan dan Rahmani, (2016)).

Agar sumber daya alam yang ada dapat dimanfaatkan secara optimal untuk kebutuhan industri, maka perlu dilakukan pengolahan pasir kuarsa dengan partikel size yang kecil sehingga pada saat pencampuran dengan bahan baku dan bahan penolong lainnya bercampur secara merata (homogen). Indonesia potensi pasir kuarsa sangat melimpah yang merupakan salah satu mineral alam, tetapi pemanfaatannya masih sangat terbatas. Pasir kuarsa mempunyai komponen utama SiO_2 dimana atom-atom silika tersusun atas satuan-satuan *tetrahedron* dengan atom silika sebagai sebagai pusat dengan empat atom oksigen terikat pada sudut *tetrahedron*. Pasir kuarsa merupakan bahan galian yang terdiri atas kristal-kristal silika (SiO_2) dan mengandung senyawa pengotor yang terbawa selama proses pengendapan (Clark, 1960; Pitriani, 2010).

Pasir kuarsa pada umumnya dikenal dengan nama pasir putih, merupakan hasil pelapukan batuan yang

mengandung mineral utama, seperti kuarsa dan biji batuan. Hasil pelapukan kemudian tercuci dan terbawa oleh air atau angin yang terendapkan di tepi-tepi sungai, danau, atau laut (Pitriani, 2010).

Penelitian bahan pengisi untuk produk karet, diantaranya karakteristik kompon karet dengan menggunakan bahan pengisi pasir kuarsa (Rahmani et al., 2015). Berdasarkan hasil penelitian diperoleh kesimpulan bahwa perlakuan konsentrasi ekstrak kayu secang, campuran pasir kuarsa dengan kulit kerang dan interaksi keduanya berpengaruh nyata terhadap tegangan putus, perpanjangan putus, ketahanan usang untuk parameter tegangan putus dan perpanjangan putus kompon karet yang dihasilkan, penelitian tentang pemanfaatan pasir kuarsa juga pernah dilakukan untuk pembuatan seal tabung gas dengan hasil pengujian meliputi hasil uji nilai kekerasan (*hardness*) antara 51- 60 *Shore A*, tegangan putus (*tensile strength*) 67-72 kg/cm, perpanjangan putus (*elongation at break*) 414-457%, pampatan tetap (*compression set*) 25-61%, pengusangan (*after aging*) dan ketahanan ozon yang tidak ada keretakan. Seal tabung gas berbahan karet alam yang dibuat dengan bahan pengisi pasir kuarsa sebagai pengganti karbon hitam dapat memenuhi persyaratan SNI 7655:2010 (Suharman dan Harun, 2017).

Penelitian yang menggunakan bahan pengisi penguat selain karbon hitam (*carbon black*) telah dilakukan antara lain menggunakan abu sabut kelapa, abu briket batubara, abu sekam padi dan kaolin (Bondan, 2013; Vachlepi dan Suwardin, 2015; Prasetya, 2014; dan Daud, 2015).

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui konsentrasi pasir kuarsa terbaik sebagai bahan pengisi dan pengaruhnya terhadap sifat mekanik vulkanisat tegel karet yang diperoleh.

METODOLOGI

Bahan

Bahan yang digunakan adalah limbah padat karet *crumb rubber*, pasir kuarsa 400 mesh, polysar, struktor 40, kaolin, *carbon black*, asam stearat, ZnO, cumaron resin, CBS, TMTD dan sulfur.

Alat

Peralatan yang digunakan pada penelitian ini adalah timbangan metler p1210 kapasitas 1200 g, timbangan duduk merek Berkel kapasitas 15 kg, open mill L 40 cm D18 cm kapasitas 1 kg, *cutting scraf* besar dan alat press.

Rancangan Percobaan

Desain penelitian ini dilakukan dalam skala laboratorium dengan Rancangan Acak Lengkap (RAL) non faktorial, yaitu perlakuan variasi konsentrasi bahan pengisi pasir kuarsa A_1 : 50 phr, A_2 : 60 phr, A_3 : 70 dan A_4 : kontrol *carbon black* 70 phr, dengan ukuran partikel pasir kuarsa 400 mesh.

Tahapan Penelitian

Prosedur Pembuatan Kompon Karet

Penimbangan

Bahan yang diperlukan untuk masing-masing formulasi kompon

ditimbang sesuai perlakuan. Jumlah dari setiap bahan di dalam formulasi kompon dinyatakan dalam phr (berat per seratus karet).

Mixing (pencampuran)

Proses pencampuran dilakukan dalam gilingan terbuka (*open mill*), yang terlebih dahulu dibersihkan sebelum digunakan. Selanjutnya dilakukan proses :

Mastikasi Limbah karet selama 1-3 menit, dilanjutkan mastikasi polysar selama 1-3 menit. Pencampuran karet dengan bahan kimia (pembuatan kompon karet/ vulkanisasi), yaitu Bahan pengisi pasir kuarsa. Kompon dikeluarkan dari *open mill* dan ditentukan ukuran ketebalan lembaran kompon dengan menyetel jarak roll pada cetakan sheet, dikeluarkan dan diletakkan diatas plastik transparan dan kompon dipotong disesuaikan dengan barang jadi *seal radiator* yang akan dibuat.

Peubah yang diamati

Peubah yang diamati dalam penelitian ini meliputi parameter kekerasan, tegangan putus, perpanjangan putus dan organoleptis.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil

Hasil pengujian terhadap vulkanisat karet dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil Uji Vulkanisat Karet

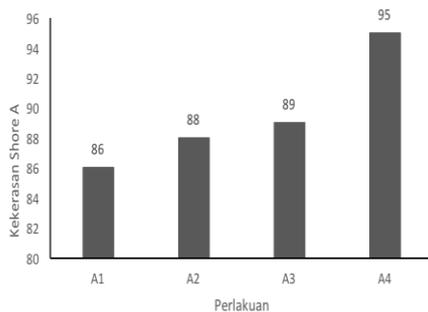
No	Parameter	Perlakuan			
		A_1	A_2	A_3	A_4
1	Kekerasan, shore A	86	88	89	95
2	Tegangan putus, kg/cm ²	81	82	84	112
3	Perpanjangan putus, %	300	280	263	243
4	Organoleptis	Tidak retak	Tidak retak	Tidak retak	Tidak retak

Pembahasan

Kekerasan

Nilai kekerasan (hardness/Shore A) dari kompon karet diperoleh dari hasil uji kekerasan (Shore A). Kekerasan merupakan ukuran resistensi bahan terhadap deformasi plastis lokal, dimana semakin kaku dan keras maka kekerasan (shore A) akan tinggi (Susanto dan Daud, 2017). Nilai kekerasan karet yang semakin besar akan menyebabkan kompon karet semakin keras atau semakin tidak elastis (Daud, 2014)

Berdasarkan hasil pengujian ternyata Kekerasan produk tegel karet yang dihasilkan dari bahan baku limbah karet hasil industri *crumb rubber* dan bahan pengisi pasir kuarsa dengan ukuran partikel 400 mesh, menghasilkan nilai kekerasan rata-rata terendah 86 shore A dan nilai kekerasan rata-rata tertinggi 95 shore A. Kekerasan dengan menggunakan bahan pengisi *carbon black* dengan pHr yang sama (70 pHr) diperoleh nilai kekerasan sebesar 95 shore A. (Gambar 1).



Gambar 1. Kekerasan vulkanisat tegel karet

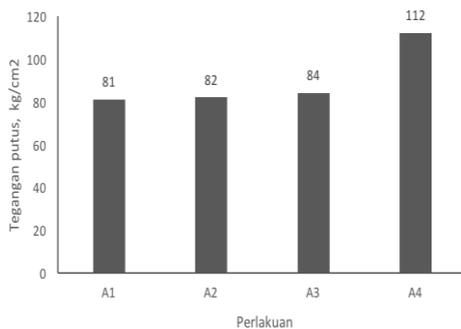
Nilai kekerasan yang dihasilkan dari perlakuan A₁ sampai perlakuan A₃ meningkat sesuai dengan penambahan jumlah bahan pengisi pasir kuarsa yaitu masing-masing A₁:50 phr, A₂:60 phr dan A₃:70 pHr. Bila dibandingkan antara hasil uji yang menggunakan bahan pengisi pasir kuarsa dan *carbon black* dengan jumlah pHr yang sama ternyata

carbon black masih mempunyai nilai kekerasan lebih tinggi. Namun demikian hasil uji yang menggunakan pasir kuarsa masih memenuhi persyaratan SNI 03-1550-1989 untuk tegel karet. Hal ini merupakan indikasi bahwa unsur silika yang terkandung dalam pasir kuarsa mampu mempengaruhi pada densitas ikatan silang yang ada dalam metrik polimer karet alam. Menurut Rattanasom et al (2009), karbon hitam dan silika adalah bahan pengisi yang bersifat penguat dan dapat meningkatkan sifat mekanik karet alam. Hasil pengujian kekerasan tegel karet yang dihasilkan memenuhi persyaratan SNI 03-1550-1989 yaitu 80-90 shore A. Perlakuan yang memenuhi persyaratan mutu SNI tegel karet dan dianggap efektif yaitu perlakuan A₁, dikarenakan perlakuan A₁ memenuhi persyaratan mutu SNI yang menggunakan bahan pengisi pasir kuarsa lebih kecil dibanding dengan perlakuan A₂ dan A₃. Pasir kuarsa memiliki kandungan silika yang tinggi yaitu lebih dari 98% (Prayogo dan Budiman, 2009), 60-98% (Sukandarrumidi, 1999), 97,13% (Rahmaniar et al., 2015), senyawa silika (SiO₂) berdasarkan hasil analisis XRF sebelum pemurnian yaitu 99,51% dan setelah pemurnian diperoleh menggunakan metode purifikasi yaitu 99,89% (Ukhtiyani et al., 2017).

Tegangan putus

Gambar 2 menunjukkan pengaruh penggunaan pasir kuarsa sebagai bahan pengisi pada pembuatan kompon karet menggunakan limbah padat industri *crumb rubber*. Nilai Tegangan putus yang dihasilkan dari perlakuan A₁ sampai perlakuan A₃ cenderung meningkat dengan penambahan bahan pengisi pasir kuarsa yaitu masing-masing A₁:50 phr, A₂:60 phr dan A₃:70 pHr, walaupun tidak terlalu signifikan. Bila dibandingkan dengan nilai tegangan putus kompon karet menggunakan bahan pengisi *carbon black* dengan pHr yang sama

(70 phr) ternyata hasilnya lebih tinggi.



Gambar 2. Tegangan putus vulkanisat tegel karet

Tegangan putus sangat erat kaitannya dengan nilai densitas sambung silang dan densitas *cross linking* dalam matriks polimer (Ismail, Rusli, and Rashid, 2005). Hubungannya dengan hasil ini ternyata pasir kuarsa belum dapat memberikan angka optimal menaikkan nilai tegangan putus seperti *carbon black*. Oleh karena itu pasir kuarsa yang merupakan salah satu *filler non petroleum* memberikan nilai tegangan putus lebih rendah dibanding *carbon black* yang berasal dari unsur *petroleum*. Disini tidak terjadi *rubberization effect* dan efek gaya *Van Der Waals* karena minimnya karbon, sehingga matriks polimer karet alam dan bahan pengisi tidak maksimal terbentuk (Lazzeri, Thio, dan Cohen, 2004; Nan, Shen, dan Ma, 2010).

Dengan penambahan pasir kuarsa meningkatkan nilai tegangan putus, hal ini sesuai dengan hasil penelitian Siswanto *et al.*, 2012 yang menyatakan bahan baku silika lokal sebagai *filler* kompon karet memenuhi morfologi nano material dimana kehomogenan bentuk dan ukuran partikel nanosilika mampu mengurangi waktu *curing* dan meningkatkan kekuatan tarik vulkanisat karet.

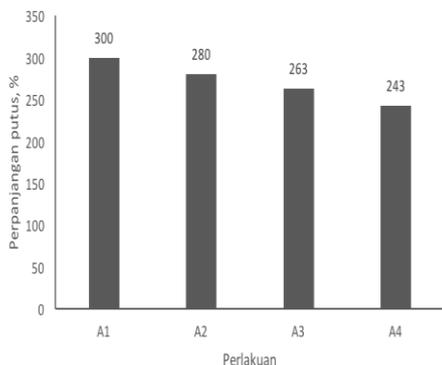
Hasil pengujian tegangan putus karpet karet yang dihasilkan memenuhi persyaratan SNI 12-1000-1989 yaitu min 49 kg/cm². Dari hasil penelitian di ambil perlakuan yang memenuhi persyaratan mutu SNI karpet karet dan dianggap efektif yaitu perlakuan A₁.

Perpanjangan putus

Nilai perpanjangan putus kompon yang menggunakan bahan pengisi pasir kuarsa dari perlakuan A₁ sampai perlakuan A₃ menurun dengan meningkatnya jumlah bahan pengisi yaitu masing-masing A₁:50 phr, A₂:60 phr dan A₃:70 pHR. Demikian juga dengan nilai perpanjangan putus kompon yang menggunakan bahan bahan pengisi *carbon black* (A₄) mempunyai nilai lebih kecil dibanding dengan kompon yang menggunakan bahan pengisi pasir kuarsa dengan jumlah pHR yang sama (70 pHR). Namun demikian hasil pengujian tegangan putus karpet karet yang dihasilkan masih memenuhi persyaratan SNI 12-1000-1989 yaitu min 60 %.

Fenomena ini membuktikan adanya korelasi atau hubungan antara kuat tarik dan perpanjangan putus, merupakan manifestasi dari densitas ikatan silang dan keseragaman inkorporasi filler dalam matriks polimer, dimana efek *carbon black* akan menguatkan, sedangkan silika dan abu kemungkinan menurunkan sifat mekanik vulkanisat (Sae-Qui *et al.*, 2002). Pengaruh ukuran butiran juga akan mempengaruhi mengingat ukuran butiran *carbon black* lebih kecil, oleh sebab itu dispersinya ke matrik polimer tidak sebaik *carbon black*, sehingga berpengaruh pada fluktuasi perpanjangan putusnya (Frohlich *et al.*, 2005), hasil pengujian yang tercantum pada gambar 3 membuktikan hal ini. Berdasarkan angka yang diperoleh maka perlakuan yang memenuhi persyaratan mutu SNI karpet karet

dan dianggap efektif yaitu perlakuan A_1 .



Gambar 3. Perpanjangan putus vulkanisat tegel karet

Uji Organoleptis

Uji organoleptis, keadaan atau kenampakan tegel karet yang dihasilkan dari perlakuan A_1 sampai A_4 mempunyai kenampakan yang merata dan tidak mengalami kecacatan setelah dilakukan pencetakan. Nilai kecacatan produk tegel karet dapat di sebabkan karena adanya pencampuran bahan-bahan yang digunakan tidak homogen, komposisi perbandingan dari bahan yang digunakan tidak sesuai, tidak terjadinya vulkanisasi secara maksimal. Pada saat mengeluarkan produk dari moulding (cetakan) pun dapat menjadikan produk tegel karet cacat jika tidak hati-hati.

KESIMPULAN

Limbah padat industri karet (*crumb rubber*) dapat dimanfaatkan untuk pembuatan barang jadi karet.

Semakin besar penambahan bahan pengisi pasir kuarsa cenderung menaikkan nilai sifat mekanik dari nilai kekerasan, nilai tegangan putus dan menurunkan nilai perpanjangan putus.

Hasil pengujian tegel karet yang baik pada formula A_1 (limbah karet dari industri *crumb rubber* 100 phr dan bahan pengisi pasir kuarsa 50 phr) untuk kekerasan 86 shore A, tegangan

putus 81 phr dan perpanjangan putus 300%.

Hasil uji organoleptis untuk keadaan dan kenampakan rata-rata tegel karet yang dihasilkan mempunyai kenampakan yang merata dan tidak mengalami kecacatan setelah dilakukan pencetakan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada kepala Baristand Industri Palembang dan tim yang telah membantu kegiatan riset ini, dan kepada semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu per satu.

DAFTAR PUSTAKA

- Alfa, A.A (2005). Bahan kimia untuk kompon karet. Kursus Teknologi Barang Jadi Karet padat. Balai Penelitian Teknologi Karet Bogor.
- Bondan, A.T. dan Rahmaniari (2016). Masa simpan kompon karet lis kaca kendaraan bermotor berpengisi Silika Batu Apung dan Tanah liat. Jurnal Dinamika Penelitian Industri Vol. 27 No. 1 Tahun 2016.
- Boonstra, B.B, (2005). Reinforcement by filler, J. Rubber Age 92 (6) : 227 – 235
- Bondan, A.T. (2013). Nano Brushing Rubber sebagai bahan pengisi dalam pembuatan karet tromol kendaraan bermotor roda 2. Jurnal Dinamika Penelitian Industri 24(2)
- Clark, G.L. 1960. Encyclopedia of Chemistry, Reinhold Publishing Corporation. New York.
- Daik R, Bidol S, dan Abdullah I. (2007). Effect of Molecular weight on the droplet size and Rheological properties of liquid natural rubber emulsion. Malaysian Polym J. 2(1):29-38.
- Daud, D. (2014). Pemanfaatan Kaolin Babel sebagai bahan tambahan pada pembuatan kompon karet belt conveyor. Laporan Riset Balai Riset dan Standardisasi Indusri Palembang Tahun 2014.
- Daud, D. dan Luftinor (2016). Penggunaan bahan kaolin sebagai bahan pengisi pada pembuatan rubber cots mesin ring spinning. Jurnal Teknologi dan

- Mutu Industri (TEKMI) Vol. 3 No. 1 Edisi 2016.
- Daud, D. dan Suharman (2016). Pemanfaatan karet limbah industri *crumb rubber* sebagai substitusi karet SIR pada pembuatan suku cadang kendaraan bermotor. Prosiding Seminar Nasional Kulit, Karet dan Plastik ke 5 Yogyakarta, 2016
- Direktorat Jenderal Perkebunan, 2017. Statistik Perkebunan Indonesia. Karet 2015-2017
- Fu, S,-Y., et al., Effect of particle size, particle/matrix interface adhesion and particle loading on mechanical properties of particulate-polymer composites. *Composites Part B: Engineering*, 2008.39 (6): p. 933-961
- Frohlich, J., W. Niedermeier, and H.-D. Luginsland, The effect of filler-filler and filler-elastomer interaction on rubber reinforcement. *Composites Part A: Applied Science and Manufacturing*, 2005. 36(4): p. 449-460.
- Hurley, P. E. 2006. History of Natural Rubber. *J. Macromol. SCL-Chem.*, A15(7):1279-1287
- Ismail, A.F., (2003). Teknologi Minyak dan Gas Bumi. Universitas Sriwijaya Palembang
- Ismail, H.,A. Rusli, and A. Rashid. Maleated Natural rubber as a coupling agent for paper sludge filled natural rubber composites. *Polymer Testing*, 2005. 24 (7): p. 856-862.
- Ku, H., et al., A Review on the tensile properties of natural fiber reinforced polymer composites. *Composites Part B: Engineering*, 2011. 42(4): p. 856-873.
- Lazzeri, A., Y. Thio, and R. Cohen, Volume strain measurement on CaCO₃/polypropylene particulate composites: the effect of particle size. *Journal of applied polymer science*, 2004. 91(2): p.925-935.
- Mutiara, V.I dan Hakimi, R. 2012. Potensi pemanfaatan limbah *crumb rubber* sebagai biomassa di Sumatera Barat, Simposium Nasional Ekonomi karet. Fakultas Pertanian Universitas Jambi bekerjasama dengan Perhimpunan Ekonomi Pertanian Indonesia (PERHEPI).
- Nan, C-W., Y. Shen, and J. Ma, Chemically properties of composites near percolation. *Annual Review of Materials Research*, 2010.40:p. 131-151
- Suharman dan Harun, M. (2017). Pembuatan *seal* tabung gas karet alam dengan *filler* pasir kuarsa sebagai pengganti karbon hitam. *Majalah Kulit, Karet, dan Plastik*, 33(1), 35-42.
- Pitriani, P. 2010. Sintesis dan Aplikasi Kitosan dari Cangkang Rajungan (*Portunus pelagicus*) Sebagai Penyerap Ion Besi (Fe) dan Ion Mangan (Mn) Untuk Pemurnian Natrium Silikat. Skripsi. Jurusan Kimia, Universitas Islam Negeri Syarif Hidayatullah Jakarta, Jakarta.
- Prayogo, T. dan Budiman, B. 2009. Survey Potensi Pasir Kuarsa Di Daerah Ketapang Propinsi Kalimantan Barat. *Jurnal Sains dan Teknologi Indonesia* 11 (2): 126-132.
- Prasetya, H.A.,2016. Pengaruh bahan pengisi arang tempurung kelapa dan pelunak minyak biji karet pada karakteristik karet wiper blade. *Jurnal Dinamika Penelitian Industri* 27(1)
- Rahmaniar, Rejo, A, Priyanto, G, Hamzah, B. 2015. Karakterisasi kompon karet dengan menggunakan ekstrak kayu secang, pasir kuarsa dan kulit kerang. 25(3):227-238.
- Sae-Qui, P.,C, Rakdee, and P. Thanmathorn (2002). Use of rice husk ash as filler in natural rubber vulcanizates: In comparison with other commercial filler. *Journal of Applied Polymer Science*, 83(11): 2485-2493
- Siswanto Moh. Hamzah, Mahendra A., dan Fausiah. 2012. Perekayasa Nanosilika Berbahan Baku Silika Lokal Sebagai Filler Kompon Karet Rubber Air Bag Peluncur Kapal dari Galangan. Prosiding InSinan: TR 56-59.
- Suwardin, D. 2015. Evaluasi kinerja pengelolaan pabrik karet remah : Studi kasus di Sumatera Selata. *J. Agro Industri Perkebunan*. 3(2):108-121.
- Supraptiningsih dan Sarengat, N. 2014. Pemanfaatan limbah padat industry karet remah (*crumb rubber*) untuk pembuatan kompos). *Majalah kulit, karet dan plastic* 30(1):35-42.

- Sukandarrumidi, 1999. Bahan Galian Industri, Edisi 1, Gajah Mada University Press, Yogyakarta.
- Susanto, T. dan Daud, D. 2017. Pengaruh penggantian *Carbon black* dengan bahan pengisi non minyak bumi terhadap vulkanisat karet alam. Prosiding Seminar Nasional Riset Industri ke 3 Balai Riset dan Sgstandardisasi Industri Bandar Lampung (180-187)
- Ukhtiyani, I, Darwis D dan Iqbal. 2017. Purifikasi dan Karakterisasi Silika (SiO_2) Berbasis Pasir Kuarsa dari Desa Pasir Putih Kecamatan Pamona Selatan Kabupaten Poso 6(3) : 270– 275.
- Vachlepi, A. and Suwardin (2015). Kajian pembuatan kompon karet alam dari bahan pengisi abu briket batubara dan arang cangkang sawit. Jurnal Dinamika Penelitian Industri 26 (1): 1-19