

PENGARUH PENAMBAHAN KARET REKLIM DARI LIMBAH OUTSOLE TERHADAP SIFAT FISIS DAN SIFAT THERMAL PRODUK OUTSOLE SEPATU (STUDI KASUS DI CV. CARITA NIAGA)

Muh. Wahyu Syabani¹, Fikri Irfani Fauziyyah¹, Tintin Mutiara²

¹Jurusan Teknologi Pengolahan Karet dan Plastik, Politeknik ATK Yogyakarta

²Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia

E-mail : muh.wahyu.s@mail.ugm.ac.id

Abstrak

Limbah padat industri karet sukar mengalami degradasi di alam sehingga memerlukan pengelolaan dengan baik. Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari pengaruh penambahan karet reklim dari limbah outsole terhadap sifat fisis dan sifat thermal dari produk outsole. Pencampuran karet dan bahan aditif lainnya dilakukan menggunakan mesin kneader dan open mill sedangkan proses vulkanisasi dilakukan dengan mesin hydraulic press. Variasi yang digunakan adalah jumlah karet reklim yang ditambahkan yaitu 12,5; 37,5 dan 62,5 phr. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa produk outsole dengan penambahan karet reklim memberikan hasil organoleptis berupa permukaan rata, tidak retak, tidak pecah, tidak kotor dan kesamaan ukuran untuk semua variasi. Pengujian fisis menunjukkan ketahanan kikis, kuat tarik dan perpanjangan putus akan mengalami penurunan, sedangkan nilai kekerasan cenderung naik dengan penambahan karet reklim. Ketahanan retak lentur menunjukkan hasil untuk penambahan 12,5 dan 37,5 phr dalam kondisi baik dan tidak retak, sedangkan pada 62,5 phr sudah mengalami keretakan. Hasil pengujian kestabilan thermal menunjukkan bahwa sampel memiliki kestabilan thermal relatif sama. Hasil penelitian ini menunjukkan jika penambahan karet reklim dari limbah outsole sampai 37,5 phr memiliki potensi tinggi sebagai filler pada kompon karet untuk outsole.

Kata Kunci : limbah industri karet, karet reklim, karakteristik fisis, kestabilan thermal

Abstract

Rubber solid waste are very difficult to naturally degraded so its needed a good waste handling. The aims of this research was to study the effect of reclaimed rubber made from rubber solid waste that used as an outsole filler on physical and thermal properties of the outsole products. The mixing of rubber and the additives using kneder and open mill and the vulcanization process was carried using hydraulic press. The research design using three variation of the reclaimed rubber addition; 12,5; 37,5 and 62,5 phr. The organoleptics testing results shows that all the variation has good outsole surface, not broken, clean and similar size. The physical testing shows that for higher reclaimed rubber addition gives better hardness but lower abrasion resistance, tensile strength and elongation. The thermal stability for each of the sample are relatively similar since the reclaimed rubber are from the outsole waste itself. Therefore, the reclaimed rubber has highly potential as a filler of the outsole product for addition lower than 37,5 phr.

Keywords : rubber waste; reclaimed rubber; physical characteristic, thermal stability

1. PENDAHULUAN

Indonesia adalah salah satu negara penghasil karet terbesar di dunia. Sementara itu, karet merupakan material yang penting (Li et al., 2010) dan pemakaiannya terus mengalami perkembangan. Perkembangan ini pada suatu titik akan menjadi sumber masalah karena industri pengolahan karet menghasilkan limbah yang berpotensi mencemari apabila dibuang ke lingkungan (Yuniari, 2006). Limbah karet membutuhkan waktu yang sangat lama untuk terdegradasi secara alami karena struktur *crosslink* pada karet dan keberadaan stabilisator serta aditif lainnya (Adhikari et al., 2000).

Upaya penanganan limbah karet tersebut sudah banyak dilakukan. *Landfill* merupakan salah satu cara penanganan limbah karet yang paling awal dilakukan. Akan tetapi, metode ini memiliki kelemahan yaitu semakin terbatasnya ketersediaan lahan dan potensi pencemaran lingkungan karena kandungan aditif pada produk karet dapat mengalami *leaching* dan membunuh bakteri menguntungkan yang ada di dalam tanah (Adhikari et al., 2000). Metode lain yang dapat dilakukan adalah penggunaan limbah karet sebagai bahan bakar untuk pembangkit listrik (Bomberger et al., 1980) maupun pirolisis (Shigeo et al., 1980). Metode ini juga berpotensi mencemari udara karena menghasilkan sejumlah besar karbon dan memiliki nilai *recovery* limbah karet yang rendah (Adhikari et al., 2000).

Berbagai penelitian sudah dilakukan untuk menemukan metode baru dalam daur ulang limbah karet (Formela et al., 2015). Limbah karet dapat dirubah bentuknya dan digunakan sebagai *filler* untuk menggantikan sebagian karet baru pada kompon karet (Setyowati et al., 2006; Formela et al., 2015). Penggunaan kembali limbah karet sebagai bahan baku produk akan membantu pemecahan masalah limbah padat karet (Navarro et al., 2005) sekaligus dapat mengurangi biaya produksi dan memperbaiki karakteristik proses seperti keseragaman dan kestabilan dimensi produk akhir (Setyowati et al., 2006). Karet reklim dapat bercampur lebih cepat dan menghasilkan panas lebih sedikit dibandingkan dengan karet baru, sehingga energi pencampuran yang dibutuhkan juga akan lebih sedikit (Adhikari et al., 2000). Akan tetapi, karakteristik mekanis dari vulkanisasi karet reklim ini lebih rendah dibandingkan dengan karet baru (Phadke et al., 1983). Oleh karena itu, karet reklim dapat dimanfaatkan untuk pembuatan barang-barang karet yang tidak menuntut kekuatan tinggi, sebagai contoh karpet dan outsole (Setyowati et al., 2006). Sifat fisis dan karakteristik pemrosesan dari karet reklim dapat diperbaiki melalui pencampuran dengan karet baru.

Kendala yang dialami usaha daur ulang adalah tingkat kebutuhan biaya dari *solid handling*, seperti transportasi dan penyimpanan. Masih sedikit penelitian yang berusaha memanfaatkan karet reklim sebagai bahan baku di industri penghasil limbah karet itu sendiri. Pemanfaatan limbah karet untuk konsumsi produsen penghasil limbah secara langsung akan mampu mengurangi jumlah *output* limbah yang dikeluarkan ke lingkungan sehingga dapat menciptakan industri *zero waste*.

Penelitian ini mengangkat pemanfaatan karet reklim dari limbah *outsole* yang digunakan sebagai *filler* pada pembuatan produk *outsole* baru dan bertujuan untuk mempelajari pengaruh jumlah karet reklim terhadap karakteristik mekanis dan *thermal* dari *outsole* yang dihasilkan. Solusi ini diharapkan dapat mengurangi jumlah limbah karet yang dihasilkan tanpa mengurangi kualitas dari produk.

2. METODE PENELITIAN

2.1. Bahan Penelitian

Bahan baku yang digunakan adalah karet *brown crepe*, karet *compo crepe*, karet reklim (dari limbah *outsole*). Bahan aditif yang digunakan adalah zinc oksida, asam stearat, G90, TMQ, kaolin, *carbon black*, silika, oli bekas, TMTM, CBS, dan sulfur yang diperoleh dari CV. Carita Niaga.

2.2. Peralatan Penelitian

Alat yang digunakan dalam penelitian ini meliputi alat proses dan alat uji yang terdiri dari *kneader*, *open mill*, *hydraulic press*, *tensile strength tester* merek Troning tipe QCII-M-18, *hardness tester* merek Toyoseiki, TG/DTA merek Perkins Elmer Diamond Series.

2.3. Variabel Penelitian

Dalam penelitian ini faktor yang dipelajari adalah jumlah karet reklim yang ditambahkan pada kompon karet. Jumlah karet reklim yang ditambahkan divariasikan sebesar 12,5; 37,5; dan 62,5 phr dari berat karet.

2.4. Prosedur Penelitian

Limbah karet *outsole* di cacah dan diperkecil ukurannya. Karet reklim ditambah bahan baku karet, zinc oksida, asam stearat, TMQ dan G90 secara berurutan dimastikasi dan diaduk hingga homogen dalam *kneader* selama 15 menit dan suhu 70°C. Selanjutnya pada campuran

ditambahkan *carbon black*, silika, kaolin dan oli di aduk lanjut dalam *kneader* selama 15 menit dan suhu 70°C. Kompon karet yang dihasilkan ditambahkan TMTM, CBS dan sulfur kemudian digiling dalam *open mill* selama 15 menit dan suhu 70°C. Lembaran kompon yang sudah didinginkan selanjutnya divulkanisasi dengan menggunakan *hydraulic press* pada suhu 160°C, tekanan 10 kg/cm² dengan waktu 15 menit. Vulkanisat berupa *outsole* karet yang dihasilkan siap untuk diujikan.

2.5. Pengujian

Vulkanisat yang dihasilkan diuji sifat organoleptis, sifat fisis dan kestabilan *thermal*. Uji secara organoleptis dilakukan sesuai dengan standar dari perusahaan PT. Carita Niaga, yaitu pengujian permukaan, keretakan, pecah, kotor dan ukuran. Uji fisis meliputi nilai kekerasan (SNI 0778:2009), ketahanan retak lentur (SNI 0778:2009), ketahanan kikis (ISO 4649), kuat tarik dan perpanjangan putus (ISO 37). Pengujian kestabilan *thermal* menggunakan TG/DTA Perkins Diamond Series dengan tipe pan terbuka dan berat sampel 5 mg. Suhu operasi dari 30°C sampai 1000°C dengan kecepatan kenaikan suhu 10°C/menit.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Limbah karet *outsole*

Limbah *outsole* yang dihasilkan CV. Carita Niaga terdiri atas hasil *trimming* dan produk akhir yang mengalami cacat berupa kehilangan bentuk, benjol dan cekung sebagaimana terlihat pada Gambar 1.



(a)



(b)



(c)



(d)

Gambar 1. Limbah *outsole*

(a) Sisa hasil *trimming*, (b) *Outsole* kehilangan bentuk, (c) *Outsole* benjol, (d) *Outsole* cekung

Sumber: CV. Carita Niaga, 2017

Limbah *outsole* tersebut kemudian dikecilkan ukurannya menggunakan *crusher* dan partikel kecilnya akan digunakan sebagai *filler* pada produksi *outsole* baru. Karet reklim dari limbah *outsole* sebagaimana terlihat pada gambar 1 berwarna gelap (hitam) sehingga umumnya dipakai untuk pembuatan barang-barang karet yang berwarna gelap juga (Setyowati et al., 2006). Oleh karena itu, pemanfaatannya untuk *filler* pembuatan *outsole* baru dengan warna yang sama (hitam) sudah sangat sesuai.

3.2. Uji Organoleptis

Uji secara organoleptis dilakukan menurut standar dari perusahaan PT. Carita Niaga, yaitu uji permukaan, keretakan, pecah, kotor dan ukuran. Produk *outsole* yang dihasilkan terlihat pada Gambar 2, sedangkan hasil pengujian disajikan pada Tabel 1 di bawah ini.



Gambar 2. *Outsole* sepatu PDL TNI dengan variasi penambahan karet reklim
(a) 12,5 phr, (b) 37,5 phr, dan (c) 62,5 phr

Sumber : CV. Carita Niaga, 2017

Tabel 1. Hasil Pengujian Organoleptis

No	Kriteria Pengujian	Karet reklim, phr		
		12,5	37,5	62,5
1	Permukaan rata	√	√	√
2	Tidak retak	√	√	√
3	Tidak pecah	√	√	√
4	Tidak kotor	√	√	√
5	Nomor sol kanan dan kiri sama	√	√	√

Kriteria pengujian tersebut merupakan standar dari perusahaan dan setiap sampel yang lolos *quality control* dinyatakan layak untuk dipasarkan ke konsumen. Berdasarkan Tabel 1 tersebut, terlihat bahwa dari rentang 12,5 sampai 62,5 phr dinyatakan lolos *quality control* dengan kondisi permukaan rata, tidak ada keretakan, tidak ada pecah, tidak kotor dan kesamaan ukuran kiri dan kanan. Hasil uji organoleptis sangat tergantung pada ukuran partikel RR yang digunakan. Partikel yang berukuran makin kecil akan menghasilkan homogenitas kompon yang semakin baik. Homogenitas kompon ini memberikan pengaruh yang signifikan pada produk akhir *outsole* sepatu (BPTK, 2005), dimana kompon yang tidak homogen akan menimbulkan potensi keretakan pada produk saat dicetak. Menurut Setyowati (2006), kelebihan dari karet reklim adalah keseragamannya (*uniformity*).

3.3. Pengujian Fisis

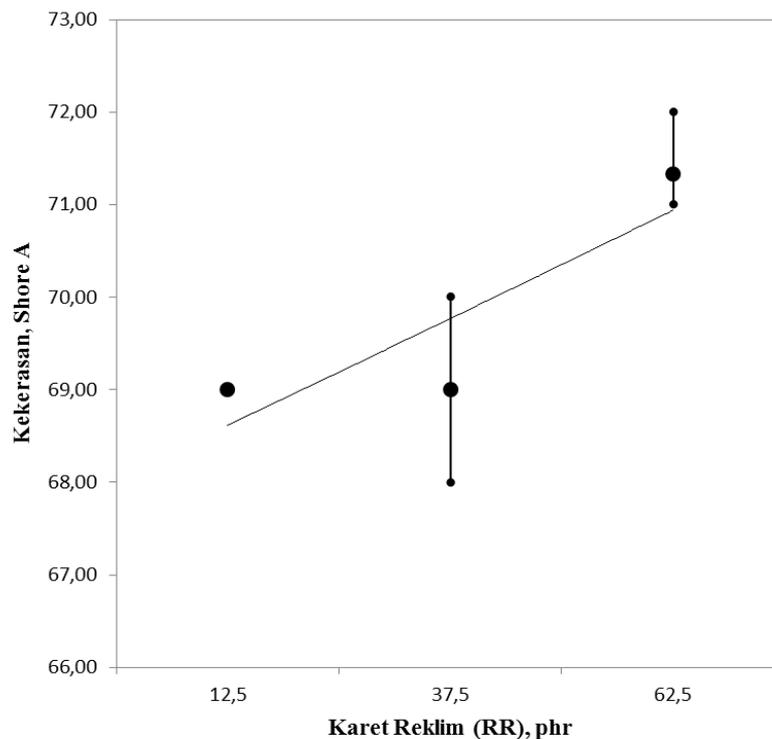
Hasil pengujian fisis yang dilakukan meliputi kekerasan, ketahanan kikis, ketahanan retak lentur, kuat tarik dan perpanjangan putus. Terlihat pada hasil pengujian fisis yang disajikan pada Tabel 2 di bawah ini, keseluruhan parameter sudah sesuai dengan SNI kecuali untuk kekerasan dan ketahanan retak lentur untuk 62,5 phr.

Tabel 2. Hasil Pengujian Fisis

No	Pengujian	RR, %			SNI-0306-1989-A
		12,5	37,5	62,5	
1	Kekerasan, shore A	69,00	69,33	71,33	Minimal 80
2	Ketahanan kikis, mm ³ /kgm	0,01074	0,01183	0,01229	Maksimal 1
3	Ketahanan retak lentur, 200.000 kali	Baik tidak retak	Baik tidak retak	Retak	Baik, tidak retak atau putus
4	Kuat tarik, kgf/cm ²	94,14	90,40	80,28	-
5	Perpanjangan putus, %	280,00	260,00	253,33	Minimal 250

3.3.1. Pengaruh penambahan karet reklim terhadap kekerasan

Kekerasan merupakan sifat yang sangat mempengaruhi penampilan dan ketahanan barang jadi karet. Nilai kekerasan dari kompon karet erat kaitannya dengan jumlah *filler* dan *softener* (Yuniari, 2006). Pengaruh jumlah karet reklim terhadap nilai kekerasan dari *outsole* disajikan pada Gambar 3 di bawah ini.

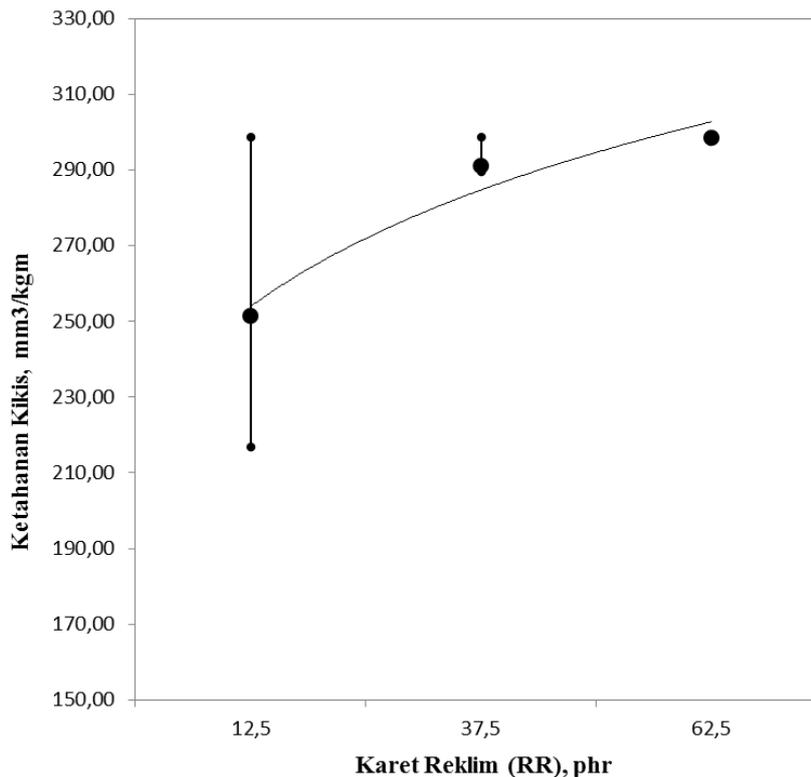


Gambar 3. Grafik hasil pengujian tingkat kekerasan

Dari Gambar 3 terlihat bahwa semakin banyak karet reklim yang ditambahkan maka nilai kekerasan dari vulkanisat juga akan semakin naik. Kecenderungan ini selaras dengan hasil penelitian sejenis yang dilakukan oleh Setyowati (2006). Nilai kekerasan dan sifat mekanik akan naik dengan naiknya nilai *crosslink density* dari vulkanisat (Yuniari et al., 2013; Formela et al., 2015). Kenaikan *crosslink density* dipengaruhi oleh banyaknya ikatan silang yang terbentuk (Syabani et al., 2017). Penambahan karet reklim sebagai filler akan memberikan jumlah ikatan silang yang semakin banyak karena sudah membawa ikatan silang monosulfida yang dihasilkan dari proses vulkanisasi sebelumnya.

3.3.2. Pengaruh karet reklim terhadap ketahanan kikis

Ketahanan kikis adalah kemampuan karet bertahan terhadap gesekan dengan benda lain dan dinyatakan sebagai volume karet yang terkikis oleh alat uji (Luftinor, 2015). Semakin sedikit jumlah yang terkikis menunjukkan vulkanisat karet yang semakin baik. Pengaruh jumlah karet reklim terhadap nilai ketahanan kikis dari *outsole* disajikan pada Gambar 4 di bawah ini.



Gambar 4. Grafik hasil pengujian ketahanan kikis

Ketahanan kikis merupakan parameter yang sangat penting pada *outsole* karena pada saat digunakan *outsole* akan mengalami gesekan dengan permukaan jalan yang dilewati. Pada Gambar 4 di atas, terlihat bahwa semakin banyak jumlah karet reklim akan menghasilkan

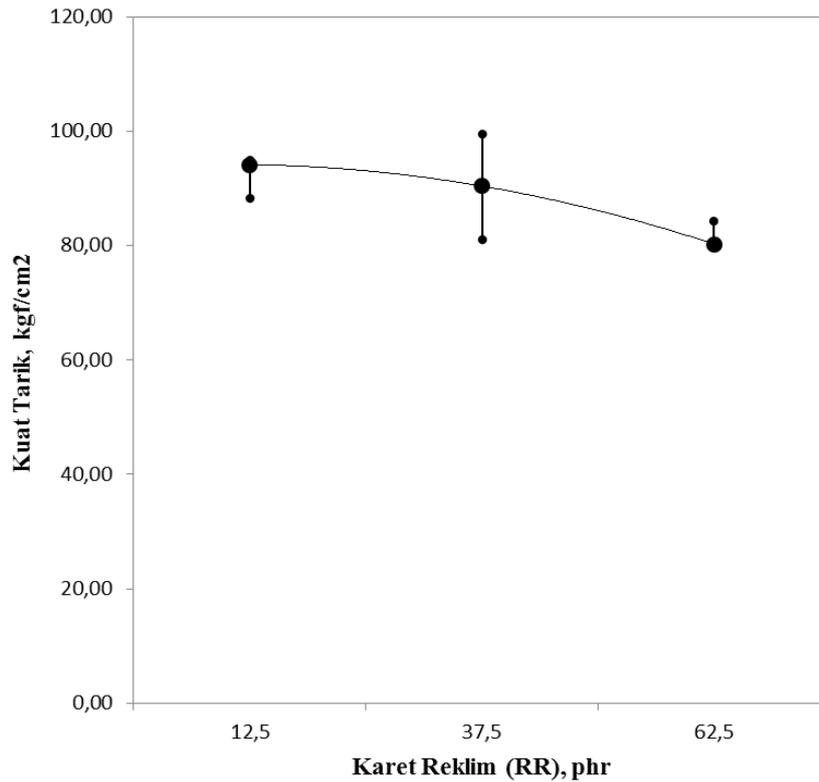
jumlah karet yang terkikis semakin banyak sehingga menunjukkan ketahanan kikis yang semakin turun. Rendahnya karakteristik mekanik dari vulkanisat yang mengandung karet reklim disebabkan oleh dua faktor utama, yaitu lemahnya interaksi antara elastomer-filler dan perubahan nilai crosslink density (Formela et al., 2015). Lemahnya interaksi ini dikarenakan limbah karet sudah mengalami vulkanisasi sehingga lebih sukar membentuk ikatan silang dibandingkan dengan karet baru sehingga ikatan yang dibentuk karet reklim pu lebih lemah dibandingkan karet baru.

3.3.3. Pengaruh karet reklim terhadap ketahanan retak lentur

Uji ketahanan retak lentur dilakukan untuk mengetahui tingkat kerusakan kompon karet jika dibengkok berulang kali secara terus-menerus. Nilai ketahanan ini erat kaitannya dengan jumlah *filler* dan *softener* (Yuniari, 2006). Semakin banyak filler yang ditambahkan akan membuat sifat elastisitas vulkanisat mengalami penurunan. Dari tabel 2 di atas, terlihat bahwa penambahan karet reklim sebagai *filler* akan memberikan nilai ketahanan retak lentur yang semakin rendah. Hal ini dikarenakan ikatan rangkap dari karet reklim sudah mengikat sulfur sehingga sulit membentuk ikatan silang dengan molekul karet alam baru (Prayitno et al., 1990). Sedikitnya jumlah ikatan silang baru yang terbentuk ini menyebabkan *outsole* lebih mudah mengalami keretakan.

3.3.4. Pengaruh penambahan karet reklim terhadap kuat tarik

Kuat tarik adalah kekuatan yang digunakan untuk menarik vulkanisat (kompon) karet sampai putus dan dihitung persatuan luas. Pengaruh jumlah karet reklim terhadap nilai kuat tarik dari *outsole* disajikan pada Gambar 5 di bawah ini.

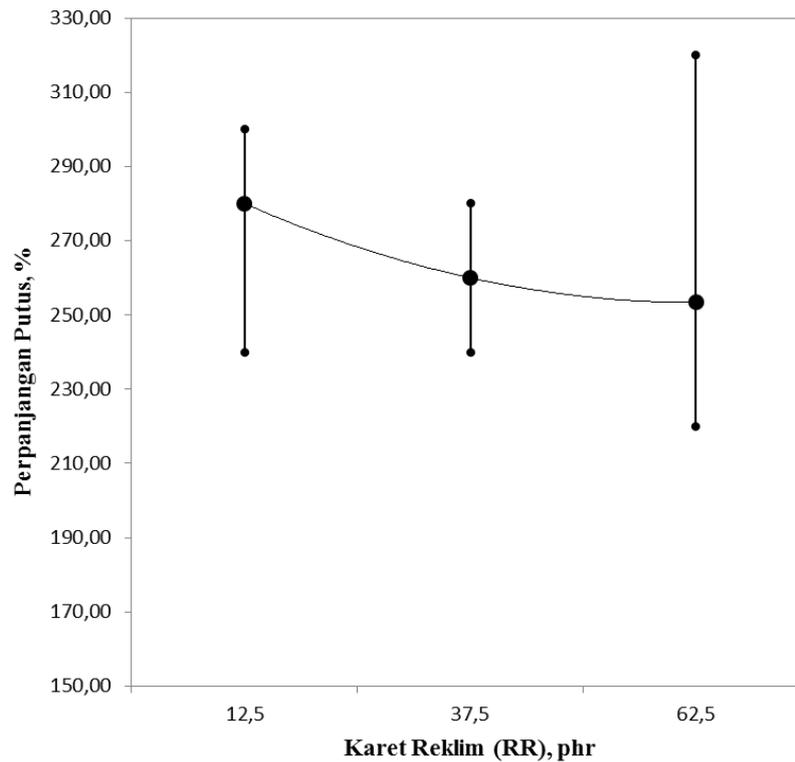


Gambar 5. Grafik hasil pengujian kuat tarik

Karet reklam yang tidak di *treatment*, ketika ditambahkan ke karet baru akan menaikkan viskositas dan menurunkan nilai kuat tarik (Ajam et al., 2016). Sifat tersebut diakibatkan rendahnya daya rekat antara permukaan RR-matriks. Sehingga karet reklam biasanya digunakan untuk *filler* untuk produk karet dimana penurunan sifat fisis dapat diterima. Oleh karena itu, pemanfaatan karet reklam lebih cocok untuk aplikasi non teknis, seperti lantai, karpet dan sepatu.

3.3.5. Pengaruh penambahan karet reklam terhadap perpanjangan putus

Perpanjangan putus merupakan kemampuan vulkanisat meregang apabila ditarik sampai putus dan dinyatakan dalam persen dari panjang potongan uji sebelum diregangkan. Nilai pengujian ini merupakan salah satu indikasi sifat elastisitas dari produk karet (Luftinor, 2015).

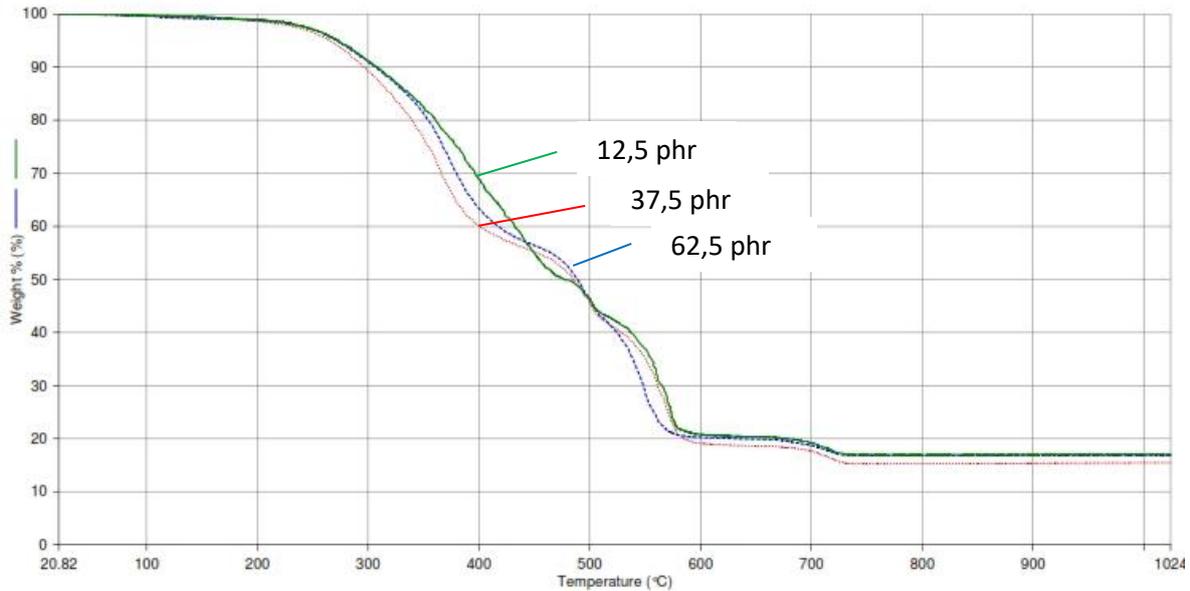


Gambar 6. Grafik hasil pengujian perpanjangan putus

Pada Gambar 6 menunjukkan bahwa nilai perpanjangan putus dari vulkanisat akan semakin turun sejalan dengan penambahan karet reklam pada rentang 12,5 sampai 62,5 phr. Karet reklam sudah mengalami vulkanisasi yang menyebabkan terbentuknya ikatan silang diantara rantai polimer. Ikatan silang yang terbentuk tersebut mengakibatkan pergerakan/slip antar rantai polimer terbatas sehingga elastisitas karet reklam tidak sebaik karet virgin (Setyowati et al., 2006). Dengan demikian dapat dikatakan bahwa karet reklam menyebabkan vulkanisat berkurang elastisitasnya.

3.4. Analisis Thermal

Setiap material jika mengalami perlakuan panas akan mengalami perubahan struktur yang mengakibatkan adanya perubahan energi thermal material tersebut (Yuniari et al., 2013, Yu et al., 2016). Hasil pengujian terlihat pada Gambar 7 di bawah ini.



Gambar 7. Kurva thermogravimetric (TG) dari *outssole*

Kurva *thermogravimetric* untuk suhu di bawah 250°C memiliki kecenderungan penurunan berat yang sama dikarenakan hilangnya senyawa volatil. Dekomposisi karet secara umum terjadi dalam 2 langkah (Li et al., 2010). Pada Gambar 7, terlihat bahwa langkah pertama terjadi pada rentang suhu 250 – 580°C dengan kehilangan berat sebesar 78%. Hal ini merupakan dekomposisi *thermal* dari rantai utama karet ter Vulkanisasi. Terlihat pada kurva bahwa secara umum semakin banyak penambahan karet reklim akan membuat dekomposisi berjalan sedikit lebih cepat. Hal ini dikarenakan ikatan yang dibentuk karet reklim tidak sekuat karet baru. Langkah dekomposisi kedua terjadi pada rentang suhu 580 – 720°C dengan penurunan berat yang sudah sangat lambat yaitu kurang dari 4%. Ketiga kurva dari sampel memiliki tren yang hampir sama, hal ini dikarenakan ketiga sampel memiliki bahan baku yang sama. Karet reklim yang digunakan pada penelitian juga berasal dari limbah *outssole* itu sendiri sehingga memiliki komposisi bahan penyusun yang relatif sama dengan komponen karetnya. Menurut Li (2010), tahapan kedua tersebut adalah proses karbonisasi. Pada suhu di atas 720°C berat sudah relatif tidak berubah lain dan menyisakan abu.

Tabel 3. Ash content dari *outssole*

Penambahan RR (phr)	Ash content (%)
12,5	17,0408
37,5	15,4709
62,5	16,8928

Kestabilan thermal secara keseluruhan diindikasikan salah satunya dari nilai *ash content*, dimana nilai yang lebih besar menunjukkan kestabilan polimer yang lebih baik (Syabani et al., 2017). Berdasarkan Tabel 3 di atas, diketahui jika nilai *ash content* dari ketiga variasi memiliki nilai yang relatif sama. Dengan demikian dapat diambil kesimpulan bahwa penambahan karet reklim sampai dengan 62,5 phr memberikan kestabilan thermal keseluruhan yang relatif sama juga. Kestabilan thermal ini sangat penting pada PDL karena jenis sepatu ini digunakan oleh personil militer untuk berbagai medan operasi.

4. KESIMPULAN

Karet reklim dari limbah *outsole* dapat digunakan sebagai *filler* pada pembuatan komponen *outsole* yang baru sehingga mengurangi jumlah limbah karet yang dihasilkan. Uji organoleptis menunjukkan bahwa penambahan *filler* 12,5 sampai dengan 62,5 phr memberikan hasil yang sesuai dengan standar pabrik. Uji fisis menunjukkan bahwa penambahan karet reklim dapat menaikkan nilai kekerasan dan menurunkan nilai ketahanan kikis, kuat tarik dan perpanjangan putus sehingga sesuai untuk pembuatan *outsole* yang tidak membutuhkan spesifikasi teknik yang tinggi. Sementara itu, penambahan karet reklim sebanyak 62,5 phr mengalami keretakan pada uji ketahanan retak lentur. Analisis thermal menunjukkan bahwa vulkanisat terdekomposisi dalam dua langkah yaitu antara suhu 250-580°C dan 580-720°C serta memiliki kestabilan *thermal* yang relatif sama. Dengan demikian, jumlah penambahan karet reklim yang disarankan sebagai *filler outsole* adalah maksimum 32,5 phr yang memiliki nilai kekerasan 69,33 shore A, ketahanan kikis 0,01183 mm³/kgm, ketahanan retak lentur baik, kuat tarik 90,40 kgf/cm² dan perpanjangan putus 260%.

5. UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis mengucapkan terimakasih kepada CV. Carita Niaga atas bantuannya dalam pengambilan data. Terimakasih juga diucapkan kepada Politeknik ATK Yogyakarta atas dukungan sarana dan prasarannya.

DAFTAR PUSTAKA

- Adhikari, B., De, D., Maiti, S., (2000), Reclamation and Recycling of Waste Rubber, *Prog. Polym. Sci.*, 25, pp. 909–948
- Ajam, A.M., Al-Nesrawy, S.H., Al-Maamori, M., (2016). Effect of Reclaim Rubber Loading on The Mechanical Properties of SBR Compoisite. *Int. J. Chem. Sci.*, 14(4), pp. 2439-2449
- Badan Standarisasi Nasional, SNI-0306-1989-A, Sepatu Dinas Lapangan ABRI Sol dan Hak Karet Hitam Sistem Vulkanisasi, BSN, Jakarta.
- Bomberger, D.C. and Jones, J.L., (1980), An Evaluation of Modular Incinerators for Energy Recovery From Solid Wastes, ACS Symposium Series Vol. 130, Thermal Conversion of Solid Wastes and Biomass Chapter 6, pp. 67-83.
- BPTK, (2005), Kursus Singkat Teknologi Barang Jadi Karet Padat, Balai Penelitian Teknologi Karet, Bogor.
- Formela, K., Wasowicz, D., Formela, M., Hejna, A., Haponiuk, J. (2015). Curing Characteristics, Mechanical and Thermal Properties of Reclaimed Ground Tire Rubber Cured with Various Vulcanizing Systems, *Iran Polym. J.* 24 (4), pp. 289-297
- Li, C., Zhong, J., Yang, L., Li, S., Kong, L., Hou, T., (2010), Studies on the Properties and The Thermal Decomposition Kinetics of Natural Rubber Prepared with Calcium Chloride, *e-Polymers*, 072, pp. 1-9
- Luftinor, (2015), Penggunaan Karet Alam Untuk Pembuatan Rubber Cots Mesin Ring Spinning, Balai Riset dan Standardisasi Industri Palembang, Palembang.
- Navarro, F.J., Partal, P., Martinez-Boza, F., Gallegos, C., (2005), Influence of Crumb Rubber Concentration on the Rheological Behavior of a Crumb Rubber Modified Bitumen, *Energy Fuels.*, 19, pp. 1984-1990.
- Phadke, A.A., Bhattacharya, A.K., Chakraborty, S.K., De, S.K., (1983), Studies of Vulcanization of Reclaimed Rubber. *Rubber Chemistry and Technology*, 56(4), pp. 726-736.
- Prayitno, Supardal, dan Asrillah, (1990), Pengaruh Penambahan Karet Reclaim Terhadap Sifat Kuat Tarik, Kemuluran, dan Volume Terkikis Kompon Sol Karet, *Majalah Kulit, Karet dan Plastik*, V(9), pp. 1989/1990.
- Setyowati, P., Pramono, dan Supriyanto, (2006), Pemanfaatan Karet Riklim Dari Skrab Rubber Roll Untuk Kompon Sol Sepatu, *Majalah Kulit, Karet dan Plastik*, 22(1), pp. 38-44

- Shigeo, K., Inoue, K., Tanaka, H., and Sakai T., (1980), Pyrolysis Process for Scrap Tires, ACS Symposium Series Vol. 130, Thermal Conversion of Solid Wastes and Biomass Chapter 40, pp. 557-572.
- Syabani MW., Perdana I., Rochmadi, (2017), Thermal Degradation of Modified Phenol-Formaldehyde Resin with Sodium Silicate, Proceeding International Conference on Chemistry and Engineering in Agroindustry (ICoCheA 2017), Padang, pp. 37-40.
- Yu, H., Leng, Z., Gao, Z., (2016), Thermal Analysis on the Component Interaction of Asphalt Binders Modified with Crumb Rubber and Warm Mix Additives, Constr. Build. Mater. 125: 168-174.
- Yuniari, A., (2006), Pemanfaatan Ter sebagai Softener dalam pembuatan karet reklim, Majalah Kulit Karet dan Plastik. 22(1), pp. 26-31
- Yuniari, A., Sholeh, M., Indrajati, I.N., (2013), Pengaruh Sistem Vulkanisasi Konvensional (CV) dan Semi Efisien (SEV) terhadap Sifat Aging dan Termal Vulkanisat Campuran Karet Alam dan Karet Butil, Majalah Kulit Karet dan Plastik. 31(2), pp. 99-106