

PEMANFAATAN HASIL PIROLISIS LIMBAH BAN BEKAS SEBAGAI BAHAN PELUNAK UNTUK PEMBUATAN BARANG JADI KARET

Utilization of Pyrolysis Product from Used Tyre Waste as Plasticizer for Rubber Goods Manufacturing

Asron F. FALAAH, Adi CIFRIADI dan Dadi R MASPANGER

Pusat Penelitian Karet
Jalan Salak No 1 Bogor 16151
Email : fafa_rossoneri@yahoo.com

Diterima tanggal 19 Februari 2013 / Disetujui 22 Maret 2013

Abstract

The negative impact of increasing car tyre production is the abundance of used tyre waste. As an effort to utilize used tyre waste, a research on conversion of it into plasticizer for rubber goods by pyrolysis process had been carried out. Pyrolysis was done at a temperature of 400°C - 500°C for 2 - 3 hours, resulting in liquid pirolizates with value of specific gravity of 1,0139, kinematic viscosity at 210°F about 7.063 cst, pour point -6°C and flash point 156.5°C. Pyrolizate used to experiment by 5, 7, and 10 bsk as plasticizer on vulcanizate, it is compared to vulcanizate with commercial plasticizer as control. The result of physical properties test of vulcanizate with plasticizer 7 bsk it's show hardness, tensile strength and elongation at break value that not significant different with vulcanizate using commercial plasticizer.

Keywords : *Used tyre waste, pyrolysis, plasticizer*

Abstrak

Dampak negatif peningkatan produksi ban mobil adalah melimpahnya limbah ban bekas. Sebagai usaha untuk memanfaatkan limbah ban bekas, telah dilakukan penelitian konversi limbah ban bekas menjadi bahan pelunak barang jadi karet dengan proses pirolisis. Pirolisis dilakukan pada suhu 400°C- 500°C selama 2 - 3 jam, menghasilkan cairan pirolisat dengan nilai berat jenis spesifik 1,0139, viskositas kinematis pada 210°F sebesar 7,063 cst, titik tuang -6°C dan titik nyala 156,5°C. Pirolisat yang digunakan pada percobaan sebesar 5, 7, dan 10 bsk sebagai bahan pelunak pada vulkanisat, yang dibandingkan dengan vulkanisat dengan bahan pelunak komersial sebagai kontrol. Hasil uji sifat fisika vulkanisat dengan bahan pelunak 7 bsk menunjukkan nilai kekerasan, kuat tarik,

dan perpanjangan putus yang tidak berbeda nyata dengan vulkanisat yang menggunakan bahan pelunak komersial.

Kata kunci : Limbah ban bekas, pirolisis, bahan pelunak

PENDAHULUAN

Bahan pelunak yang digunakan dalam pembuatan barang jadi karet umumnya disintesis dari pengolahan minyak bumi seperti bahan pelunak jenis hidrokarbon parafinik, aromatik, naftenik dan dioktilptalat (Arizal, 1990). Dalam pembuatan barang jadi karet, bahan pelunak yang digunakan berkisar 5% sampai 15%. Oleh karena kebutuhan bahan pelunak dalam produk barang jadi karet cukup banyak, mengakibatkan pemakaian hidrokarbon dari turunan minyak bumi meningkat. Sebagaimana diketahui bahwa minyak bumi merupakan sumber energi tak terbarukan dan harga minyak bumi terus meningkat dari tahun ke tahun.

Upaya untuk mensubstitusi produk yang berbasis minyak bumi terus dilakukan diantaranya dengan memanfaatkan, mengubah atau memodifikasi secara fisika dan kimia bahan yang tidak memiliki nilai ekonomi seperti limbah ban bekas. Jumlah limbah ban bekas di Indonesia terus bertambah dikarenakan produksi ban kendaraan setiap tahun terus meningkat. Dewan Karet Indonesia (2012) menginformasikan bahwa produksi ban mobil di Indonesia tahun 2010 dan 2011 mencapai 14,4 dan 15,4 juta unit. Jumlah

yang demikian besar tersebut berpotensi menimbulkan limbah ban bekas yang dapat berdampak buruk terhadap lingkungan.

Di negara berkembang limbah ban bekas merupakan masalah yang sangat lazim dan merupakan limbah padat yang berbahaya bagi lingkungan (Islam *et al.*, 2010). Penumpukan limbah ban bekas dapat menjadikan sarang nyamuk dan sumber penyakit. Pembuangan ban bekas di *landfill* (tempat pembuangan) akan menjadikan masalah besar karena ban bekas yang dibuang akan memenuhi ruang di tempat pembuangan tersebut. Ban mempunyai struktur kompleks yang membuat sangat sulit didaur ulang (Zabaniotou and Stravropoulus, 2003), serta ban bekas sangat sulit didegradasi oleh alam (mikrobiologi). Pemanfaatan ban bekas saat ini umumnya adalah dengan melakukan pembaharuan telapaknya, atau lebih dikenal sebagai vulkanisir. Namun pembaharuan biasanya terbatas hingga 2-3 kali, setelah itu akan kembali menjadi limbah. Menurut Alam (2004) limbah ban bekas digunakan oleh pengrajin tali, kursi, pot, keset, bahan bakar industri dll, sedangkan proses pembaharuan telapak ban banyak menghasilkan parutan ban.

Salah satu cara untuk menangani limbah ban bekas yang memiliki nilai tambah adalah mendegradasi secara panas (*thermal*) melalui proses pirolisis. Pada dasarnya proses pirolisis merupakan proses perusakan (*destructive*) pada suatu bahan (*mass*) dengan menggunakan panas (*thermal*) yang dilakukan dalam keadaan tanpa oksigen atau minim oksigen, dengan kata lain proses degradasi thermal dengan sedikit atau tanpa oksigen (Wojtowicz, 1996). Produk yang dihasilkan dari proses pirolisis berupa arang, hidrokarbon cair, tar dan gas. Hidrokarbon cair hasil proses pirolisis memiliki potensi digunakan sebagai sumber bahan kimia penting (Zabaniotou and Stravropoulus, 2003).

Sebagai upaya untuk turut menanggulangi masalah limbah ban bekas, maka dilakukan penelitian mengkonversi limbah ban bekas secara pirolisis untuk mendapatkan hidrokarbon yang dimanfaatkan menjadi bahan pelunak (*plasticizer*) dalam produk barang jadi karet untuk mensubstitusi bahan pelunak berbasis minyak bumi.

BAHAN DAN METODE

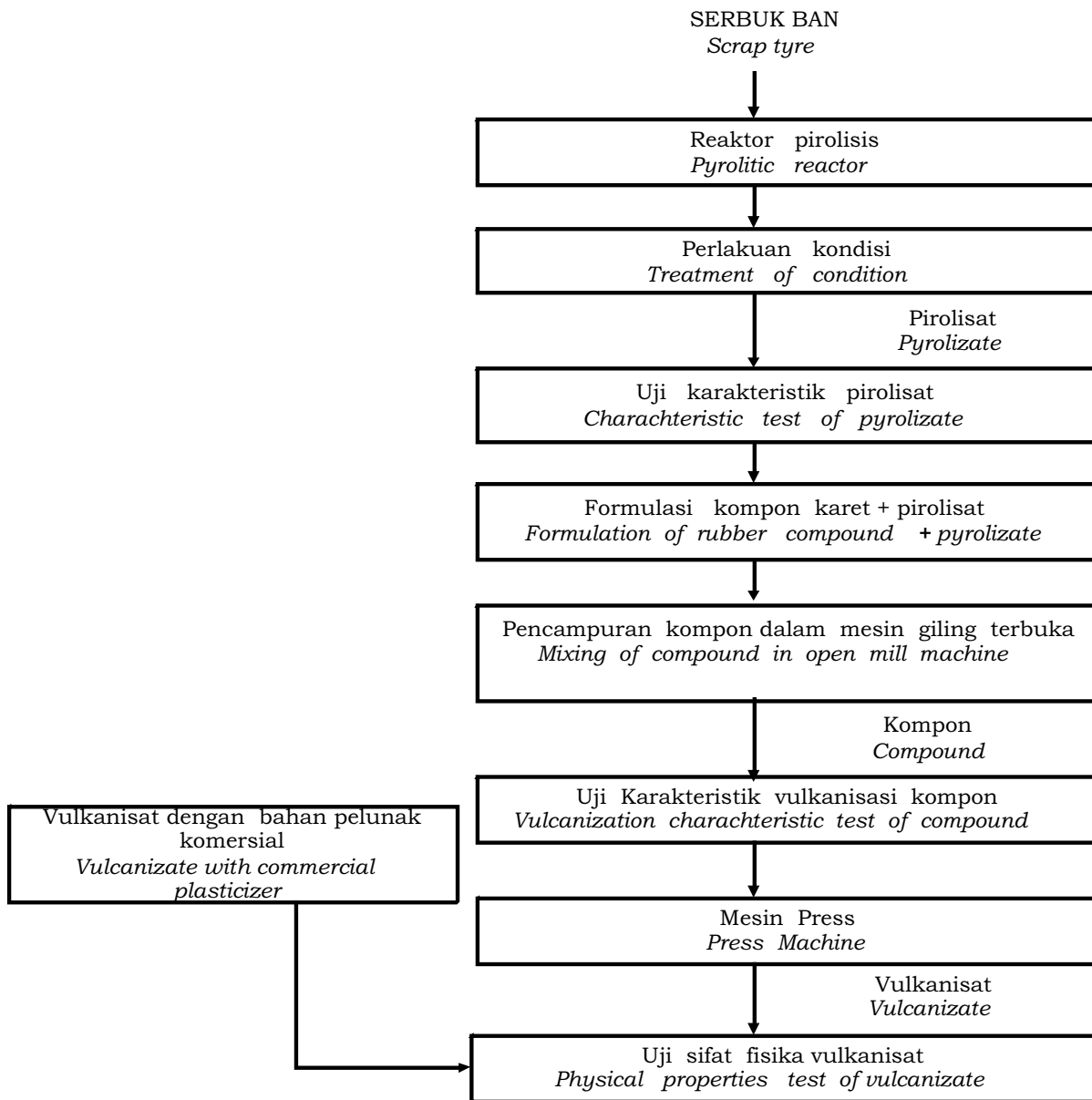
Penelitian dilakukan pada periode Januari hingga Desember tahun 2012 di Pabrik Percobaan dan Laboratorium Fisika Pusat Penelitian Karet Bogor. Penelitian ini terdiri atas tiga tahap. Tahap pertama adalah proses pirolisis yang dalam penelitian ini menggunakan bahan baku serbuk ban bekas. Tahap kedua, pembuatan kompon karet dan tahap ketiga adalah pengujian sifat fisika barang jadi karet. Skema kegiatan penelitian disajikan dalam Gambar 1.

Proses Pirolisis

Proses pirolisis dilakukan di dalam reaktor pirolisis (Gambar 2 dan Gambar 3) dengan spesifikasi disajikan dalam Tabel 1. Reaktor dilengkapi penampung fraksi berat yang berfungsi untuk menampung fraksi berat seperti tar dan benda-benda lain dari asap sebelum sampai pada kondensor. Terdapat pula pipa indikator yang berfungsi menunjukkan akhir proses pirolisis yang ditandai dengan tidak adanya gas yang keluar dari pipa indikator tersebut. Reaktor dilengkapi pula dengan bak air pendingin serta penampung pirolisat.

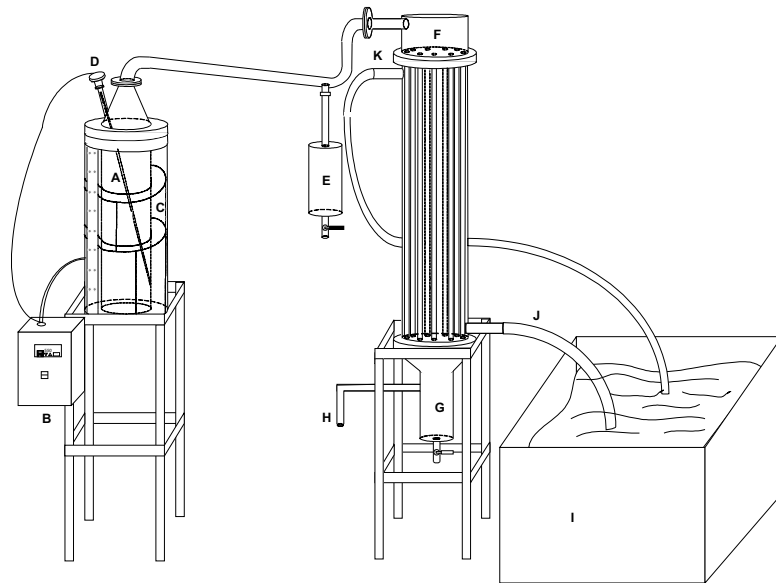
Penelitian ini menggunakan perlakuan variasi suhu pirolisis yaitu 400 °C; 450 °C; 500 °C dan waktu 2 jam dan 3 jam. Kisaran suhu tersebut merupakan suhu yang paling efektif, diatas 500 °C, pirolisis dinilai berlebihan karena bahan-bahan seperti arang, tar dan cairan pirolignin akan mengalami penguraian lanjut menghasilkan gas-gas yang ringan (diluar tujuan pirolisis) (Maspanger, 2002).

Bahan baku berupa serbuk ban bekas ditetapkan 3 dan 3,51 kilogram, untuk menjaga agar reaktor tidak penuh terisi oleh serbuk ban, sehingga menyisakan ruangan yang cukup untuk berlangsungnya proses pirolisis. Optimasi proses diamati dengan melakukan variasi perlakuan suhu dan waktu reaksi serta perulangan percobaan sebanyak dua kali. Sifat fisik pirolisat yang diperoleh lebih lanjut di uji di Laboratorium LEMIGAS.



Gambar 1. Tahapan penelitian

Figure 1. Steps in research



Gambar 2. Skema reaktor pirolisis
Figure 2. Pyrolytic reactor scheme

Keterangan (*remarks*) :

- A : reaktor pirolisis (*pyrolytic reactor*)
- B : kotak pengendali suhu (*temperature control box*)
- C : elemen pemanas (*heater element*)
- D : termo kopel (*thermo couple*),
- E : penampung tar (*collecting tar*)
- F : unit pendingin (*condensor unit*)
- G : penampung pirolisat (*collecting pyrolizate*)
- H : pipa indikator (*indicator pipe*)
- I : tangki sirkulasi air pendingin (*cooling water circulation tank*)
- J : pipa air pendingin masuk (*pipe cooling water input*)
- K : pipa air pendingin keluar (*pipe cooling water output*)



Gambar 3. Tampilan reaktor pirolisis
Figure 3. View of pyrolytic reactor

Tabel 1. Spesifikasi reaktor pirolisis
Table 1. Specifications of pyrolysis reactor

Reaktor <i>Reactor</i>	Spesifikasi <i>Specification</i>
Kapasitas <i>Capacity</i>	5 kilogram
Tipe <i>Type</i>	<i>Fixed bed</i>
Diameter dalam / Diameter luar <i>Inside diameter / outside diameter</i>	15 cm / 25 cm
Tinggi <i>High</i>	50 cm
Material <i>Material</i>	<i>Stainless steel</i>
Pemanas <i>Heater</i>	Spesifikasi <i>Specification</i>
Tipe <i>Type</i>	<i>Electric heater</i>
Daya <i>Power</i>	4000 watt
Isolator <i>Isolator</i>	<i>Glasswool</i>
Kondensor <i>Condensor</i>	Spesifikasi <i>Specification</i>
Tipe <i>Type</i>	<i>Shell and Tube</i>
Diameter / Tinggi shell <i>Diameter / High of shell</i>	20 cm / 80 cm
Diameter / Tinggi tube <i>Diameter / High of tube</i>	$3/4$ inci / 80 cm
Media Pendingin <i>Cooling medium</i>	Air

Pembuatan Kompon

Pembuatan kompon dilakukan dengan mengacu pada prosedur baku ASTM Internasional. Pencampuran dilakukan dengan mesin giling terbuka (*open mill*) dua rol dengan friksi 1,2. Bobot bahan ditetapkan sebanyak 3 kali bsk (berat seratus karet) atau phr (*part per hundred rubber*) dalam satuan gram. Sifat fisika kompon tersebut dibandingkan dengan kompon yang ditambahkan bahan pelunak (*plasticizer*) komersial sebagai kontrol. Bahan yang digunakan dalam pembuatan kompon karet antara lain karet SIR 20, ZnO dan asam stearat sebagai bahan pengaktif (*activator*), CBS sebagai bahan pencepat (*accelerator*), karbon hitam N-330 sebagai bahan pengisi (*filler*), TMQ sebagai bahan antioksidan, minyak aromatik dan pirolisat sebagai bahan pelunak (*plasticizer*), dan belerang sebagai bahan pemvulkanisasi.

Formulasi kompon yang dibuat dalam percobaan ini disajikan dalam Tabel 2. Karakteristik vulkanisasi kompon diuji menggunakan alat rheometer untuk mengetahui waktu vulkanisasinya. Kompon divulkanisasi dalam bentuk plat dengan menggunakan mesin press merek KMC pada tekanan 150 psi dan suhu 150°C dengan waktu sesuai hasil uji karakteristik vulkanisasi. Sampel uji dicetak dengan bentuk plat ukuran 15cm x 15cm x 2mm dan bentuk cetakan untuk sampel uji retak lentur (*flexing cracking*).

Pengujian Sifat Fisika

Sifat fisika barang jadi karet yang diuji adalah : kekerasan (*hardness*), kuat tarik (*tensile strength*), perpanjangan putus (*elongation at break*), ketahanan sobek (*tear strength*), retak lentur (*flexing cracking*), ketahanan ozon (*ozon resistance*) 25 pphm,

Tabel 2. Formula kompon karet untuk percobaan
Table 2. Rubber compound formula for experiment

Bahan <i>Material</i>	Pelunak komersial sebagai kontrol <i>Minarex as control</i> (bsk)	P5 (bsk)	P7 (bsk)	P10 (bsk)
Karet SIR 20	100	100	100	100
ZnO	5	5	5	5
Asam stearat	2	2	2	2
TMQ	1	1	1	1
Karbon hitam N-330	50	50	50	50
Minyak aromatik	5	-	-	-
Pirolisat	-	5	7	10
CBS	1,4	1,4	1,4	1,4
Belerang	1,4	1,4	1,4	1,4

Keterangan (*remarks*):

- P5 = jumlah pirolisat yang digunakan sebesar 5 bsk
 P7 = jumlah pirolisat yang digunakan sebesar 7 bsk
 P10 = jumlah pirolisat yang digunakan sebesar 10 bsk

20% *strain* selama 48 jam serta dilakukan pengusangan (*aging*) pada 70°C selama 72 jam.

3.) dipengaruhi oleh waktu dan suhu pirolisis. Semakin tinggi suhu pirolisis maka perolehan arang semakin menurun (Zabaniotou and Stravropoulos, 2003).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Proses Pirolisis

Produk dari percobaan proses pirolisis adalah berupa fase padat, cair dan gas. Fase padat berupa arang hitam (*char*), sedangkan fase cair berupa asap cair atau pirolisat, tar dan fase gas berupa gas yang tidak terkondensasi (Tabel 3).

Dari Tabel 3. terlihat jumlah pirolisat terbanyak pada 3 kg serbuk ban diperoleh pada suhu pirolisis 500°C selama 2 jam dan pada 3,51 kg serbuk ban perolehan terbanyak pada suhu 500°C selama 3 jam. Semakin tinggi suhu pirolisis dan waktu pirolisis yang lama semakin banyak pirolisat yang diperoleh. Pirolisat yang diperoleh dari percobaan tidak lebih dari 10%. Kisaran nilai yang rendah tersebut lebih dominan digambarkan oleh proses pirolisis skala kecil. Persentase perolehan pirolisat juga dipengaruhi proses kondensasi pada unit kondensor yang masih kurang sempurna, sehingga menyebabkan gas yang terbentuk selama proses pirolisis tidak terkondensasi dan keluar melalui pipa indikator. Perolehan arang paling sedikit 50,43% dan paling tinggi 65,33% berat total. Perolehan arang (Tabel

Pengujian karakteristik pirolisat bertujuan untuk mengetahui sifat pirolisat dari pirolisis limbah ban bekas sebagai bahan pelunak. Hasil uji karakteristik pirolisat disajikan dalam Tabel 4. Nilai viskositas kinematis pirolisat lebih rendah dibanding bahan pelunak komersial. Semakin tinggi viskositas, semakin kental bahan tersebut. Viskositas juga dipengaruhi oleh suhu, apabila suhu tinggi maka viskositas akan menurun. Nilai viskositas bahan pelunak berpengaruh pada saat pencampuran kompon karet dalam mesin giling. Pada saat pencampuran terjadi gesekan antar bahan pada celah antara dua rol gilingan sehingga menimbulkan panas dan suhu campuran naik. Bahan pelunak dengan viskositas tinggi dinilai lebih sesuai digunakan pada pencampuran karet yang menimbulkan panas dibanding dengan bahan pelunak dengan viskositas rendah, karena peningkatan suhu mengurangi kohesi molekuler sehingga viskositas akan menurun (Olson, 1993). Apabila digunakan bahan pelunak viskositas rendah (*encer*) maka diperkirakan nilai viskositas bahan pelunak tersebut akan menurun seiring dengan peningkatan suhu pencampuran di mesin giling, sehingga mengurangi daya pelumasan. Bahan pelunak berfungsi untuk

Tabel 3 Perlakuan dan pengamatan percobaan pirolisis limbah ban bekas

Table 3. *Pyrolysis treatment and observation on used tyre waste*

Bahan <i>Material</i> kg	Variabel <i>Variable</i>		Konversi <i>Conversion</i>			
	Suhu <i>Temperature</i> °C	Waktu <i>Time</i> Jam <i>Hours</i>	Pirolisat <i>Pyrolizate</i> (%w/w)	Tar <i>Tar</i> (%w/w)	Arang <i>Charcoal</i> (%w/w)	Gas <i>Gas</i> (%w/w)
3	400	2	1,52	3,46	65,33	29,69
3	450	2	2,57	5,25	65,00	27,18
3	500	2	3,41	4,62	62,00	29,97
3	400	3	2,42	4,36	63,00	30,22
3	450	3	2,38	6,01	61,67	29,94
3	500	3	3,01	5,03	60,00	31,96
3,51	400	2	2,68	5,63	52,14	39,55
3,51	450	2	3,56	5,59	51,28	39,57
3,51	500	2	5,19	4,41	54,13	36,27
3,51	400	3	2,48	4,48	49,86	43,18
3,51	450	3	6,40	9,16	51,28	33,15
3,51	500	3	7,78	7,76	50,43	34,03

Tabel 4. Hasil uji karakteristik pirolisat dan bahan pelunak komersial

Table 4. *Test result of pyrolizate and commercial plasticizer characteristics*

Parameter Uji <i>Testing parameter</i>	Satuan <i>Unit</i>	Pirolisat <i>Pyrolizate</i>	Pelunak komersial <i>Commercial plasticizer</i>
Massa jenis pada 60/60°F <i>Specific gravity at 60/60°F</i>	-	1,0139	1,0050 – 1,0200
Viskositas kinematis pada 210°F <i>Kinematic viscosity at 210°F</i>	Cst	7.063	15,00 – 17,60
Indek Bias pada 20°F <i>Refractive indeks at 20°F</i>	-	**	1.5650 – 1.5830
Titik tuang <i>Pour point.</i>	°F	21,2	45-65
Titik nyala <i>Flash point</i>	°F	313,7	455 – 495
Anilline point <i>Anilline point</i>	°F	**	18,0-26,0

Keterangan (*remarks*)

** Data tidak diperoleh (*data not available*)

menurunkan suhu pencampuran, karena bahan pelunak memberikan aksi pelumasan dan berfungsi sebagai pemisah antara benda yang saling bersinggungan satu sama lain (Nandanan, 2000), sehingga mengurangi gesekan yang dapat menimbulkan panas.

Hasil uji karakteristik vulkanisat

Berlangsungnya proses vulkanisasi ditandai dengan meningkatnya modulus torsi. Menurut Teh (2003), nilai modulus torsi berhubungan dengan nilai kekerasan, karena nilai modulus torsi meningkat seiring meningkatnya nilai kekerasan bahan.

Penambahan bahan pelunak dapat mengurangi nilai kekerasan bahan (Ciesielski, 1999). Hasil pengujian karakteristik vulkanisasi disajikan dalam Tabel 5. Sampel P5 memiliki jumlah bahan pelunak lebih sedikit dibanding P7 dan P10, sehingga dapat dikatakan sampel P5 lebih keras dibanding P7 dan P10. Oleh karena itu modulus torsi sampel P5 lebih besar dibanding sampel P7 dan P10.

Hasil pengujian karakteristik vulkanisasi juga memberikan informasi tentang derajat/tingkat vulkanisasi yang terjadi pada kompon karet. Derajat

Tabel 5. Hasil uji karakteristik vulkanisasi kompon karet
Table 5. Vulcanization characteristics test result of rubber compound

Karakteristik Vulkanisasi <i>Vulcanization Characteristic</i>	Kompon <i>Compound</i>			
	Minarex sebagai control <i>Minarex as control</i>	P5	P7	P10
Modulus torsi maksimum, kg-cm <i>Maximum torque modulus, kg-cm</i>	14,13	15,26	13,5	13,07
Modulus torsi minimum, kg-cm <i>Minimum torque modulus, kg-cm</i>	0,95	1,35	1,31	1,11
Modulus torsi optimum, kg-cm <i>Optimum torque modulus, kg-cm</i>	13,18	13,91	12,19	11,96
Waktu matang optimum <i>Optimum cure (t90), min.sec</i>	5,26	4,15	4,3	4,31
Waktu pravulkanisasi, (ts2), min.detik <i>Scorch time, (ts2), min.sec</i>	2,43	2,03	2,07	2,05

vulkanisasi dapat diperkirakan melalui selisih antara modulus torsi maksimum dengan modulus torsi minimum ataupun dari nilai modulus torsi optimum. Derajat vulkanisasi merupakan derajat ikatan silang yang terbentuk pada molekul karet, semakin tinggi nilai derajat vulkanisasi maka semakin tinggi pula derajat ikatan silang yang terbentuk (Cifriadi, 2013).

Hasil uji sifat fisika

Hasil pengujian sifat fisika masing-masing sampel disajikan pada Tabel 6. Pada pengujian kekerasan (*hardness*), nilai kekerasan untuk sampel P7 dan P10 mendekati nilai kekerasan sampel kontrol, sedangkan sampel P5 masih tinggi nilai kekerasannya. Nilai kekerasan (*hardness*) dipengaruhi oleh jumlah bahan pelunak yang ditambahkan dalam kompon karet. Bahan pelunak akan memberikan daya pantul (*resilience*) yang baik dan mengurangi kekerasan kompon tersebut (Long, 1985), sehingga semakin banyak bahan pelunak maka nilai kekerasan akan menurun.

Nilai kuat tarik untuk sampel kontrol, P5, P7, dan P10 tidak berbeda nyata. Nilai kuat tarik dipengaruhi oleh jumlah bahan pelunak. Penambahan bahan pelunak dalam jumlah banyak akan menurunkan nilai kuat tarik (Thomas, 2003). Pada pengujian perpanjangan putus diperoleh hasil untuk sampel P5, P7 dan P10 menunjukkan nilai perpanjangan putus yang lebih besar

dibanding sampel kontrol. Pada pengujian ketahanan sobek sampel P7, P10 lebih baik dari sampel kontrol dan P5.

Pada pengujian ketahanan retak lentur, nilai ketahanan retak lentur sampel kontrol lebih besar dibanding sampel P5, P7 dan P10, hal tersebut karena sampel kontrol lebih lunak dengan nilai kekerasan lebih rendah dibanding sampel P5, P7 dan P10. Penambahan bahan pelunak mengakibatkan fleksibilitas besar karena penambahan bahan pelunak memperbesar fleksibilitas pada temperatur rendah, serta memberikan aksi pelunakan (Nandan, 2000).

Perlakuan pengusangan melalui pemanasan vulkanisat dalam oven mengakibatkan perubahan sifat fisika vulkanisat, karena terjadi oksidasi-termal pada vulkanisat. Pada sampel kontrol, P5, P7, dan P10 perlakuan pengusangan pada suhu 70°C selama 72 jam mengakibatkan sifat fisika untuk kekerasan mengalami kenaikan karena diperkirakan terjadi vulkanisasi lanjut yang menyebabkan terbentuknya ikatan silang baru, sedangkan nilai kuat tarik dan perpanjangan putus mengalami penurunan. Pada pengujian ketahanan ozon sampel kontrol dan P5 mengalami keretakan (*crack*) kurang dari 48 jam pengujian, sedangkan sampel P7 dan P10 tidak menunjukkan adanya keretakan (*no crack*) selama 48 jam pengujian dengan perlakuan uji ketahanan ozon 25 pphm, 20% *strain* pada 40°C selama 48 jam.

Tabel 6. Hasil uji sifat fisika vulkanisat
 Table 6. Physical properties test result of vulcanizat

Sifat fisika <i>Physical properties</i>	Kontrol <i>Control</i>	P5	P7	P10
Kekerasan, shore A <i>Hardness, shore A</i>	65	69	66	66
Kuat tarik <i>Tensile strength, N/mm²</i>	25,6	24,9	25,0	23,5
Perpanjangan putus, % <i>Elongation at break, %</i>	550	540	560	580
Sesudah pengusangan pada 70°C, 72 jam (ASTM D.573-04) <i>After aging at 70°C, 72 hours (ASTM D.573-04)</i>				
- Perubahan pada kekerasan, point <i>Change in Hardness, point</i>	+4	+2	+4	+4
- Perubahan pada kuat tarik, N/mm ² <i>Change in Tensile strength, N/mm²</i>	-9,77	-25,70	-3,1	+1
- Perubahan pada perpanjangan putus, % <i>Change in Elongation at break, %</i>	-12,73	-25,93	-50	-60
Ketahanan sobek <i>Tear strength,</i>	102	82,8	117,0	100,7
Retak lentur <i>Flex cracking, kcs</i>	Crack at 50 kcs	Crack at 10 kcs	Crack at 30 kcs	Crack 30 kcs
Ketahanan ozon 25 pphm, 20% regangan, 40°C, 48 jam <i>Ozone resistance 25 pphm, 20% strain, 40°C, 48 hrs.</i>	Crack < 48 hrs	Crack < 48 hrs	No Crack	No Crack

Keterangan (remarks) :

Crack = terjadi keretakan pada vulkanisat karet.

KESIMPULAN DAN SARAN

Proses pirolisis limbah ban bekas menghasilkan produk berupa gas, pirolisat, tar dan arang. Pirolisis dipengaruhi oleh suhu pirolisis, waktu pirolisis dan faktor teknis seperti konstruksi alat dan bahan baku yang digunakan. Dalam penelitian ini pirolisat yang terbanyak diperoleh pada suhu 500°C dengan waktu pirolisis selama 3 jam yaitu sebesar 7,78%. Pirolisat yang diperoleh pada penelitian digunakan sebagai bahan pelunak dalam vulkanisat karet. Hasil pengujian sifat fisika menunjukkan bahwa sampel vulkanisat (P7) nilai kekerasan, kuat tarik, dan perpanjangan putus tidak berbeda nyata dengan sampel vulkanisat yang menggunakan bahan pelunak komersial. Hasil pirolisis limbah ban bekas sebagai bahan pelunak belum banyak diteliti dan dikomersialkan, namun dapat dijadikan wacana dimasa datang sebagai pengganti bahan pelunak yang disintesis dari minyak bumi. Disarankan nilai viskositas bahan pelunak pirolisat dapat ditingkatkan sehingga setara dengan viskositas bahan pelunak komersial.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terimakasih kami tujukan kepada Pusat Penelitian Karet yang telah membiayai penelitian ini selama 1 (satu) tahun melalui anggaran *in-house* tahun 2012. Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada kelompok penelitian *Plasticizer* Pusat Penelitian Karet Bogor dan karyawan teknisi yang telah membantu melaksanakan kegiatan penelitian ini, serta kepada pihak yang tidak dapat kami sebutkan satu persatu.

DAFTAR PUSTAKA

- Alam, L . A . . 2003. Hasil Distilasi Kering Limbah Proses Pembaharuan Telapak Ban Sebagai Bahan Bakar dan Bahan Kompon Karet Alam. *Prosiding Temu Ilmiah Mekanisasi Pertanian*. Buku 1: 167-176. Bogor: Balai Besar Pengembangan Mekanisasi Pertanian.

- Arizal, R. 1990. Pengaruh Hasil Analisa Kimia Bahan Pelunak-Minyak Terhadap Kompon dan Vulkanisat Karet. *Prosiding Lokakarya Processing Oil'90*. Jakarta 27-28 Februari 1990. Pusat Pengendalian Mutu Petrokimia.
- ASTM International. 2007. *Standard Practice for Rubber - Materials, Equipment, and Procedures for Mixing Standard Compound and Preparing, Standar Vulcanized Sheets*. ASTM D.3182. West Conshohocken, Pennsylvania: American Society for Testing and Materials International.
- Ciesielski, A, 1999. *An Introduction to Rubber Technology*. Rapra Technology Limited. Shropshire. p.40.
- Cifriadi, A. 2013. Penggunaan Lindi Hitam Sebagai Bahan Pelunak Dalam Kompon Karet Alam. *Jurnal Penelitian Karet*, 31 (1) : 20-29.
- Dewan Karet Indonesia. 2012. *Program Percepatan Hilirisasi Usaha Industri Karet Periode Tahun 2012-2015*. Dewan Karet Indonesia. Jakarta.
- Islam, M R, M. Parveen, H. Haniu and M. R. I Sarker. 2010. Innovation in Pyrolysis Technology for Management of Scrap Tire : a Solution of Energy and Environment. *International Journal of Environmental Science and Development*, 1(1) : 89-96.
- Long, H. 1985. *Basic Compounding and Processing of Rubber*. Rubber Division, American Chemical Society, Inc. Ohio. p.33.
- Maspanger, D . R. . 2002. *Rancang Bangun Reaktor Pirolisis Limbah Biomasa dan Pemanfaatan Destilatnya Sebagai Processing Aids Pada Pengolahan Karet*. Laporan Proyek Pengkajian Teknologi Pertanian Partisipatif. Balai Penelitian Teknologi Karet . Bogor
- Nandan, V. 2000. *Studies On The Use Drying Oils As Ingredients In The Vulcanization Of Elastomers*. Thesis, Department of Polymer Science and Rubber Technology. Cochin : Conchin University of Science and Technology.
- Olson, R. 1993. *Dasar-Dasar Mekanika Fluida Teknik ; edisi Kelima*. PT Gramedia Pustaka Utama. Jakarta
- Teh, P.L., M.Z.A. Ishak, U.S. Ishiaku and J. Karger-Kocsis. 2003. Cure Characteristics and Mechanical Properties of Natural Rubber / Organoclay Nano Composite. *Jurnal Teknologi*, 39 : 1-10.
- Thomas, J. 2003. *Desain Kompon ; Di dalam kumpulan makalah kursus teknologi barang jadi karet padat*. Balai Penelitian Teknologi Karet. Bogor.
- Wojtowicz, M . A and M . A Serio. 1996. Pyrolysis of Scrap Tires : Can it be Profitable. *Chemtech*, October. pp 48-53.
- Zabaniotou, A . A and G. Stravropoulos, 2003. Pyrolysis of Used Automobile Tires and Residual Char Utilization. *Journal of analytical and applied pyrolysis*, 70 : 711-722.