



TEKNIK PENGUMPANAN BAHAN KIMIA KOMPON UNTUK MESIN GILING TERBUKA

(Development of Feeding Chemical Ingredient Compound
for Open Milling Machine)

Agus Alam

Balai Penelitian Teknologi Karet Bogor
Bogor Research Station for Rubber Technology

ABSTRAK

Bersamaan waktu ditemukan proses vulkanisasi karet alam dengan belerang oleh C. Good Year 1858, timbul masalah kelangkaan karet alam, sehingga vulkanisat didaurulang secara devulkanisasi dengan uap bertekanan yang hingga kini masih lazim digunakan untuk jenis karet mahal seperti silikon dan fluorokarbon. Devulkanisasi telah berkembang pesat diantaranya adalah cara pencampuran serbuk ban dengan bahan kimia kompon delink pada mesin giling terbuka yang dilengkapi konveyor apron sebagai alat bantu pengumpan. Ujicoba konveyor apron hasil rancangbangun dilakukan pada mesin giling terbuka \varnothing rol 10", panjang rol 15", friksi: 1:1,25, kecepatan rol (lambat): 12,64 m/menit untuk mengumpan 6 kg serbuk ban 30-40mesh beserta bahan kimia kompon dapat diselesaikan dalam rentang waktu 6 sd 7,5 menit, dengan perolehan hasil kompon daur-ulang devulc yang cukup homogen dan berbentuk lembaran berketebalan 2,2mm. Sifat kuat tarik, abrasi dan ketahanan sobek buruk, tetapi bobot jenis, kekerasan, dan kepegasan pantul sesuai rekomendasi telapak ban pada umumnya.

Kata kunci: Serbuk Ban , Konveyor Apron, Mesin Giling Terbuka, Kompon Daurulang devulc.

ABSTRACT

In the same time when the NR vulcanization process with sulfur was found by C. Goodyear in 1858, arised the problem of the rare of NR. This situation caused the vulcanisate had ben recycled by vapour pressure devulcanization which up to now still be used for the expensive synthetic, for example silicone and fluorocarbon. Devulcanization has increasingly develop, one of the process is the mixing of powder of scrap tyre with delink compound chemicals at open milling machine which equiped by apron conveyor as a means of hopper. Experiment result of apron conveyor conducted at open milling machine using roll with diameter of 10", length of 15", friction of 1 : 1,25, linear speed of 12,64 m/minute for feeding of 6 kg of 30-40 mesh powder of scrap tyre together with compound chemical which can be finished for 6-7,5 minute, and produce a relatively homogenous devulc compound which sheet form with thickness of 2,2 mm. Although the tensile strength properties, resilience, and abration are fair, but the density, hardness and rebound resilience are according to tyre recommendation in general.

Keyword: Powder of scrap tyre, Apron conveyor, Open milling machine, Recycling devulc compound

PENDAHULUAN

Teknologi pemanfaatan ban bekas yang telah berkembang secara komersial maupun yang belum dikembangkan secara komersial adalah: (1) daur ulang ban sebagai bahan bakar, (2) pirolisis ban bekas untuk memproduksi carbon black, (3) depolimerisasi karet untuk memproduksi minyak, (4) sebagai bahan pengisi

aspal, sebagai reclaiming rubber, dan (5) pembaharuan telapak ban. Ban bekas sebelum diproses lanjut harus dipotong dalam ukuran kecil. Untuk pemotongan menjadi bentuk serbuk diperlukan biaya cryogenic (nitrogen cair) antara 0,2 0,4 sen \$/kg, biaya pembuangan ban di Amerika Serikat 0,1 3 \$/ban, biaya pembakaran tanpa pemanfaatan panas 0,35 0,7 \$/ban, transportasi 0,04 \$/kg,

Biaya pemotongan atau penggilingan 0,2 0,6 \$/kg. Ban bekas mengandung 90% bahan organik mempunyai nilai kalor 32,6 MJ/kg dibanding dengan batubara: 18,6 32,6 MJ/kg, sedangkan perbandingan biaya perolehan panas beberapa bahan bakar seperti, batubara: 1,32 \$/GJ, fraksi minyak: 1,89 \$/GJ, gas alam: 4,15 \$/GJ, karet dari seluruh ban (0,06 \$/kg): 2,03 \$/GJ dan karet hasil penggilingan (0,02 \$/kg): 6,77 \$/GJ (Nasiri, 2004).

Ban bekas pada akhirnya tidak direkomendasi lagi untuk diperbaharui bagian telapakannya. Proses pembaharuan telapak ban banyak menghasilkan parutan ban berupa serbuk, apabila didistilasi kering dengan cara sederhana dan murah diperoleh arang untuk bahan bakar atau untuk bahan pencampur hitam arang (carbon black) pada kompon dan minyak distilat untuk bahan pembantu penyiapan kompon, namun masih perlu dikembangkan lagi terutama meminimalisasi emisi gas (Agus Alam, 2003). Serbuk ban yang diproses menjadi reclaim rubber, mengharuskan serat dan baja di dalam ban dihilangkan lebih dahulu, kemudian ditambahkan pelarut seperti alkylphenol sulfides, aromatic amines, chlorinated mercaptane, dan plastisiser lain. Pelarut terabsorpsi oleh partikel karet mengakibatkan pembukaan matrik karet sehingga diperoleh bahan yang lebih halus, tetapi proses ini mulai ditinggalkan orang karena teknologi ini tergolong tidak bersih. Begitu pula daurulang metode devulkanisasi dengan uap air bertekanan selama 48 jam sampai kini hanya dipakai untuk daurulang bagi karet mahal seperti silikon dan fluorokarbon.

Pembuangan ban bekas mengganggu lingkungan, misalnya jika ban mobil dimasukkan ke dalam tanah pada akhirnya muncul ke permukaan sehingga potensial menjadi sarang jentik nyamuk demam berdarah. Pembakaran sederhana yang cenderung dilakukan masyarakat mengakibatkan berbagai problem seperti polusi bau, asap hitam tebal, limbah abu berikuk kawat baja. Ban bekas untuk dibakar sebagai sumber energi lebih mahal dibanding membakar gas alam, minyak bakar dan batubara. Sebagian kecil ban bekas dikonsumsi oleh pengrajin tali, kursi, pot, keset, bahan bakar industri kecil. Penggunaan lain adalah sebagai karang buatan untuk menarik ikan agar bersarang, sebagai pengaman dinding sirkuit balap mobil atau dermaga. Selain itu dalam bentuk serbuk digunakan sebagai bahan pengisi aspal untuk pembuatan jalan raya, dan dengan cara pemanasan pada suhu 175-220 °C selama 1-2 jam berguna untuk pelapis atap, penutup

retakan, karena ductility aspal lebih baik, meningkatkan suhu pelunakan aspal, memperkuat ikatan, dan aspal menjadi tahan lama.

Bagaimanapun juga, cara penanganan ban bekas yang dibakar harus dikurangi dan perlu diubah menjadi cara yang ramah lingkungan melalui pemilihan cara penanganan, selanjutnya produk yang dihasilkan digunakan untuk pengembangan produk barang jadi karet yang memiliki dayaguna tinggi.

Akhir-akhir ini pemotongan ban menjadi bentuk serpihan balok 2,5 x 2,5 cm untuk penyiapan penggilingan maupun menjadi serbuk telah berkembang. Selain itu berkembang pula metode daurulang karet dengan reaktan delink untuk memperoleh kompon karet baru devulc yang siap dimasak kembali menjadi karet vulkanisat, sehingga diperlukan mesin pengumpan berupa konveyor apron apabila dilakukan pengoperasian pada mesin giling terbuka biasa. Pemilihan jenis konveyor didasarkan pada kondisi proses yang khas yaitu berturut-turut berawal dari serbuk, kemudian berubah menjadi serpihan, dan berakhir menjadi bentuk lembaran kompon di dalam satu operasi pencampuran pada mesin giling terbuka.

Berdasarkan kondisi perubahan bahan dalam satu rentang pengoperasian tersebut maka jenis alat pengumpan yang dinilai tepat adalah konveyor ganda (sabuk datar dan sabuk apron) dengan susunan khusus. Hal ini untuk mengurangi kejerihan operator, durasi pencampuran lebih cepat dan kondisi pencampuran lebih konsisten. Upaya ini mengarah pada penerapan Flexibility Manufacturing System sebagaimana dikemukakan Kartiko (2004), bahwa dalam pelaksanaan suatu operasi yang berbeda pada mesin yang sama maka dinilai perlu dilakukan penggantian peralatan manual dan pergerakan benda kerja perlu diatur kembali, dan pengembangan produk baru dengan bentuk kompleks perlu dilakukan serangkaian percobaan yang bersifat trial-and-error untuk memperoleh parameter proses yang sesuai dengan mesin.

Pada tahapan pembentukan pelet dinilai alat pembawa serbuk dari jenis sabuk merupakan pilihan yang sesuai karena hasil reaksi serbuk dan reaktan membentuk serpihan pelet selanjutnya secara berangsur pelet berubah bentuk menjadi lembaran kompon karet. Dengan demikian proses pencampuran kompon berlangsung ideal yang ditandai munculnya gulungan kompon (bank) di atas celah rol (nip) pada mesin giling terbuka.



Tulisan ini bertujuan mengemukakan hasil kinerja konveyor apron sebagai mesin pembantu proses pencampuran pada mesin giling terbuka biasa untuk pembuatan kompon devulc serta evaluasi hasil proses pencampurannya.

BAHAN DAN METODE

Bahan Pembuatan Alat

Sabuk karet datar, sabuk karet apron, rol, elektromotor, dan besi siku untuk rangka.

Bahan Percobaan

Peralatan meliputi mesin giling terbuka dua rol Holand Fontijn berkapasitas 5-7 kg yang dilengkapi konveyor apron. Bahan yang digunakan adalah serbuk telapak ban ukuran 30-40 mesh yang diperoleh dari pabrik pembuat serbuk ban.

Metode Pembuatan Alat

Pemilihan alat untuk pemindah serbuk secara alir tergantung pada beberapa factor yaitu kapasitas, bentuk dan ukuran material, dan medan pengangkutan yaitu untuk diangkut secara horisontal, tegak lurus, atau lereng. Cara pengangkutan material umumnya tergolong pada 1. sabuk pengangkut (belt conveyors), 2. rantai pengangkut (chain conveyors) seperti, sendok pengangkut (scraper conveyors), apron pengangkut (apron conveyors), keranjang pengangkut (bucket conveyors), elevator berkeranjang (bucket elevators), 3. sekrup pengangkut (screw conveyors), 4. pengangkut cara tiup (pneumatic conveyors)

Perancangan konveyor disini digunakan acuan Badger & Banchemo (1955) dan Hudson (1949), melalui pendekatan ukuran lebar sabuk dan kecepatan sabuk. Kapasitas suatu sabuk pembawa ditentukan oleh faktor: potongan melintang beban dan kecepatan sabuk. Potongan melintang beban ditentukan oleh faktor: lebar sabuk, bentuk sabuk (yaitu berpaling atau datar), dan ukuran material. Umumnya pabrik sabuk pembawa menerbitkan grafik untuk penentuan lebar dan kecepatan sabuk seperti grafik Gambar 1 dan 2, sehingga diperoleh ukuran sabuk dan kebutuhan tenaga.

Pada grafik Gambar 1, menunjukkan bahwa jika diasumsikan nilai kapasitas pemindahan konveyor adalah 225 tons/jam, maka material bongkah (lumpy) berukuran 8inci dengan bobot 100 lb/cu ft diperkirakan mampu dioperasikan, dengan ukuran lebar sabuk 24inci, dengan kecepatan pemindahan secara linier 240 fpm. Selain itu dapat pula cara pendekatan rancangan konveyor, yaitu apabila ukuran bongkah kurang dari 8inci, misalnya rata-rata berdiameter 3,5inci dan jika tidak terdapat material berukuran lebih besar dari 5inci, maka lebar sabuk berukuran 20inci dengan kecepatan 350 fpm dapat diaplikasikan.

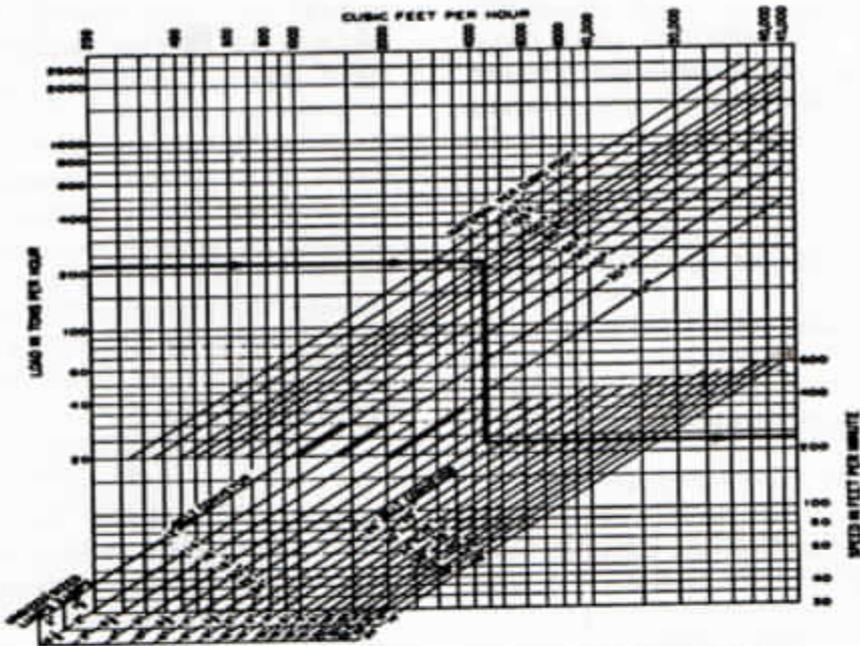
Tenaga yang dikonsumsi sabuk konveyor oleh Hudson (1949) diekspresikan dengan metode kombinasi tabulasi dan grafis yaitu, bahwa beban total terdiri dari: tenaga yang diperlukan untuk menggerakkan sabuk konveyor tanpa beban, ditambah tenaga untuk pemindahan material dan ditambah tenaga tambahan untuk menaikkan material jika terdapat inklinasi. Selanjutnya ditambahkan, bahwa contoh garis tebal dalam grafik Gambar 2 menunjukkan, bahwa jika diasumsikan kebutuhan tenaga penggerak untuk konveyor dengan lebar sabuk 36inci, panjang 300 ft, kecepatan linier 250 fpm, bobot material 50 lb/cuft, maka diperoleh nilai sebesar 12 hp bagi bantalan luncur, sehingga apabila digunakan jenis bantalan rol dapat dikurangi sebesar 40% dari nilai tersebut dan sebaliknya pada umumnya untuk kemiringan sabuk antara 15° sd 20° perlupenyesuaian.

Pilihan tebal sabuk tergantung pada tegangan kerja dengan keamanan maksimum yang dapat diasumsikan bagi tiap-tiap lapisan per inci per lebar sabuk. Nilai tegangan kerja yang aman dapat dicantumkan pada Tabel 1.

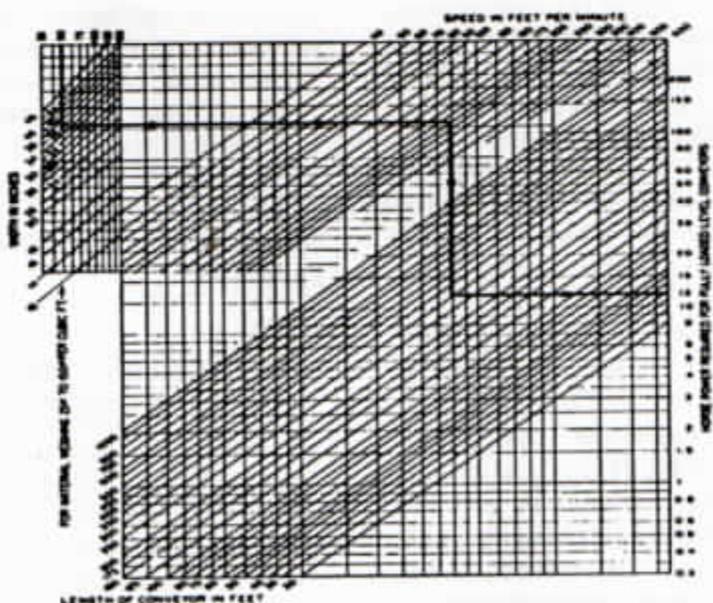
Tabel 1. Hubungan ukuran lebar sabuk terhadap jumlah lapisan

Lebar sabuk (Belt width), inci	Jumlah ply (Number of plies)
12	3-4
18	3-5
24	4-7
30	5-8
36	6-9
42	6-10
48	7-12

Sumber (Source): Hudson (1949)



Gambar 1. Grafik untuk perhitungan lebar sabuk (Figure 1. Chart for calculating conveyor-belt width)



Gambar 2. Grafik untuk menghitung konsumsi tenaga konveyor sabuk. (Figure 2. Chart for calculation power consumption of belt conveyors).



Rancangan konveyor apron ditampilkan pada Gambar 3 dan 4. Roda gigi rantai sebagai penghubung rol penggerak memiliki pilihan yaitu posisi A dan posisi B. Seluruh poros bertumpu pada bantalan gelinding (ball bearing). Agar arah putaran tidak terbalik, penggantian posisi A ke B atau sebaliknya selalu diikuti perubahan terminal catu daya elektromotor 1 hp 3 phase. Putaran elektromotor 1.400 rpm diturunkan oleh worm gear speed reducer 1: 20 menjadi 70 rpm, dan diturunkan lagi oleh transmisi roda gigi rantai 30:51 menjadi 41 rpm yang tersambung dengan rol pemutar berdiameter 10 cm, sehingga kecepatan sabuk adalah $2\pi \times 5 \times 41 = 644,3$ cm/menit = 0,1 m/detik atau 21 fpm, sementara kecepatan linier rol depan mesin giling 12,64 m/menit atau 41,5 fpm. Perbandingan kecepatan linier antara rol mesin dan sabuk pengumpan serbuk ban adalah 21: 41,5 atau 1:2 dinilai ideal agar diperoleh campuran yang homogen. Lebar sabuk datar (belt no.1) dan sabuk apron (belt no.2) dipilih 35 cm, panjang sabuk apron : 190 cm dan sabuk datar : 600 cm = 19,7 ft (dalam keadaan melingkar memiliki radius 95,5 cm) dengan jumlah lapisan dengan berpenguat kain nilon yang lazim disebut ply 2 lapis, sehingga kasus ini dianggap memiliki kesetaraan dengan jumlah lapisan pada Tabel 1 yaitu lebar sabuk 12inci dengan jumlah lapisan antara 3-4 lapis. Pertimbangan ukuran sabuk didasarkan pada ukuran yang lazim dipasar, murah dan mudah diperoleh, serta menggunakan bahan dari karet alam.

Berdasar pada prinsip kerja transmisi atau prinsip roda putar sederhana (Agus Alam et.al, 1999), bobot total sabuk 22 kg, bobot serbuk 8 kg (total 30 kg) dan diameter rol penggerak: 10 cm, persamaan bobot (W) x radius sabuk (R2) = bobot (P) x radius rol sabuk penggerak (R1), maka P = 286,5 kg. Pada kasus ini mekanisme rol penggerak sabuk memutar sabuk di dalam sabuk yang melingkar. Selanjutnya persamaan tenaga yang diperlukan a.l.: Tenaga (hp) = P (kg) x kecepatan linier sabuk (m/dt) / 75 = 286,5 x 0,1/75 = 0,38 hp. Kerugian energi karena sistem transmisi dan selip, gesekan antara sabuk datar dan apron, dan 8 pasang idler dengan bantalan luncur diperkirakan sama dengan kebutuhan tenaga

aktual. Menurut Hudson (1949) tenaga terbesar pada sistem sabuk yaitu pada pengoperasi awal yang mana sabuk mengalami regangan. Sementara itu kebutuhan tenaga puncak elektromotor terletak pada pengoperasi awal, sehingga pemilihan kapasitas elektromotor 1 hp dinilai layak

Percobaan kinerja konveyor tanpa beban dilakukan pada kondisi yaitu rol penggerak pada posisi A dan B yang dapat disimpulkan tidak memiliki perbedaan yang nyata. Percobaan dengan beban serbuk ban 30-40 mesh untuk kondisi penggerak B terjadi selip antara sabuk datar dan sabuk apron, sehingga dikhawatirkan kondisi non alignment tersebut mengakibatkan kemacetan konveyor.

Metode Percobaan

Tabel 2 berikut adalah formula hasil percobaan pembuatan devulc yang mengacu pada formula rekomendasi STI-K Polymers (t.th).

Pengondisian kompon mengikuti anjuran ISO 471 (1996) selama 16jam (ISO 1826 1996). Karakteristik pemasakan untuk mengetahui waktu vulkanisasi optimum (t90) berguna untuk pemasakan contoh uji lembaran pada mesin kempa (ISO 3417 1996) yang diperoleh dari kurva rheograp. Untuk pelaksanaan penyiapan contoh pengujian (ASTM D3182 1984 dan ISO 2393 1996) dan pengujian sifat fisik karet vulkanisat kompon de-vulc meliputi: bobot jenis (ISO 2782 1996), pengujian kekerasan (ASTM D2240 1984 dan ISO 48 1996), kekuatan tarik (ISO 37 1996), kepegasan pantul Lupke (ISO 4662 1996), ketahanan kikis DIN (ISO 4649 1996), ketahanan sobek 200 kcs (ISO 133 1984) yang dilakukan pada akhir percobaan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Proses pembuatan kompon devulc secara sederhana dilakukan dengan menggunakan reaktan delink yang mampu membuka ikatan silang gugus sulfida pada vulkanisat karet dalam bentuk serbuk 30-40 mesh dengan bantuan tenaga mekanik yang diberikan pada friksi dua rol dengan hasil sifat fisik devulc menurun sekitar 20% dari karet vulkanisat asli sebelum didaur ulang (STI-K Polymers, t.th). Selanjutnya disarankan untuk dosis penggunaan delink

antara 3-6 bsk, serta ditambahkan karet alam 6 bsk dan bahan plastisiser 2 bsk, untuk memperbaiki rekatan. Tabel 3 memperlihatkan prosedur pencampuran yang melibatkan kinerja konveyor selama rentang waktu pencampuran yang ditandai perubahan bentuk serbuk ban.

Pada proses pencampuran suhu rol dijaga sedingin mungkin yaitu antara 35-42 °C. Pada tahap 1 sd 3 peranan konveyor apron sangat penting karena proses devulkanisasi berlangsung dan bahan yang masih berbentuk serbuk terlayani dengan baik oleh konveyor untuk selalu diumpankan ke atas celah rol.

tahap ke 4, semua bahan kimia yang dibawa konveyor telah beralih ke rol mesin giling, sehingga pada tahap ini merupakan proses pencampuran biasa, sehingga cara pencampuran sebagaimana tahap 5 dilakukan yaitu pemotongan ¼ lilitan pada tiap sisi untuk homogenisasi.

Tabel 4 menyajikan perbandingan proses antara hasil percobaan yang dilakukan dengan mesin giling terbuka Holand Fontijn dengan hasil yang telah dilakukan pada mesin giling terbuka dua rol yang identik dengan mesin percobaan.

Tabel 2. Formula pembuatan devulc

Bahan (Ingredients)	Bagian berat per seratus karet(bsk) (Parts per hundred of rubber, phr)	
	Rekomendasi (Recommendation)	Percobaan (Experiment)
1. Serbuk ban bekas (Powder of scrap tyre)	100	100
2. Delink	4	6
3. Bahan bantu pemroses *) (Processing Aid)	2	-
4. Elastomer yang telah dimastikasi (Premasticated raw rubber)	6	3
Total	112	109

Sumber (Source): STI-K Polymers (l.th)
*) Struktol-40MSF

Tabel 3. Prosedur Pencampuran

No.	Urutan Pencampuran (Mixing procedure)	Durasi, menit (Duration, minute)	Pengaturan skala nip (Adjustable nip scale)	Bentuk campuran (Batch form)
1	Masukkan sakelar mesin giling terbuka dan mesin konveyor apron. (Switch on the open milling machine and apron conveyor machine)			
2	Serbuk ban pada celah rol (Loading the powder of scrap tyre on the nip)	0,5 - 1	0	Serbuk (Powder)
3	Tambahkan delink (Add delink)	3 - 3,5	d	Serpihan (Flake)
4	Tambahkan karet alam termastikasi (Add the masticated natural rubber)	1 - 1,5	d	Lembaran karet yang rapuh (Fragile sheet of rubber)
5	Lilitkan kom pon karet pada rol depan dengan posisi celah rol 1,4mm. Ketika lilitan karet yang halus terbentuk, perlebar celah rol menjadi 1,9mm. (Band the rubber with the mill opening set at 1,4mm. When a smooth band has been obtained, adjust the mill opening to 1,9mm)	0,5	1,5	
6	Pemotongan 3/4 lilitan pada tiap sisi (Make three cuts from each side)	1	1,5	Lembaran kom pon karet (Sheet of rubber compound)
7	Potong batch dan keluarkan dari rol. (Cut the batch from the mill).	-	1,5	
	Total waktu (Total time)	6 - 7,5		
8	Atur celah rol 0,8mm, kemudian lewatkan gulungan kom pon dari ujung gulungan ke celah rol sebanyak enam ulangan. (Set the mill opening to 0,8mm and pass the rolled batch endwise through the rolls six time).	3	0,6	



Tabel 4. Kinerja mesin giling pada pembuatan kompon daur ulang ban

Spesifikasi mesin giling terbuka dua rol (<i>Specification of two roll mill</i>)	Mesin percobaan (<i>experiment machine</i>), Holland Fontijn	Mesin giling terbuka dua rol (<i>Mixing Mill</i>) Model XKR 550A	Mesin giling terbuka dua rol (<i>Mixing Mill</i>) Model XK400
Diameter rol (<i>Working diameter of rolls</i>)	254mm (10)	550mm (22")	400mm (16")
Panjang rol (<i>Working Length of Rolls</i>)	381mm (15)	1500mm (59)	1000mm (39")
Kecepatan putar rol lambat bagian depan (<i>Speed of slower front roll</i>)	12,64 m/min	29m/min	18,46m/min
Perbandingan Friksi (<i>Friction Ratio</i>)	1:1,25	1: 1,22	1:1,27
Rentang pengaturan lebar celah (<i>Adjustable nip range</i>)	0,025-9mm	0,5 -15 mm	0 -10mm
Motor	15HP	155kW	45kW
Efisiensi penggilingan <i>de-vulc</i> dengan bahan asal serbuk ban 40mesh (<i>De-vulc Efficiency of Mills Using Tyre Crumbs Mesh40</i>)			
Bobot campuran (<i>Batch Weight, (kg)</i>)	6	30	20
Durasi perolehan <i>de-vulc</i> (<i>Time duration to de-vulc</i>)	6 7,5	-15	-15
Kapasitas, Kg/menit (<i>Capacity, Kg/minutes</i>)	1 1,25	2	1,3

Sumber (Source): STI-K Polymers (t. th)

Berdasarkan data Tabel 4, makin besar kapasitas mesin giling yang digunakan perolehan kompon daurulang makin besar pula. Tabel 5 dan 6 berturut-turut memperlihatkan sifat pemasakan kompon hasil daurulang dan sifat fisik vulkanisat hasil daurulang setelah dimasak yang dibandingkan dengan sifat masak kompon telapak ban rekomendasi BPTK Bogor. Cara perbandingan ini dipilih perbandingan dengan nilai-nilai sifat pemasakan maupun sifat fisik telapak ban atas dasar pertimbangan, bahwa bahan serbuk ban berasal dari parutan casing ban yang mayoritas adalah terdiri dari kompon dengan bahan baku campuran karet alam dan karet sintesis butadiene rubber (BR), atau stirene butadiene (SBR).

Kompon percobaan tampak jelas memiliki karakter pemasakan sebagaimana kompon

segar. Waktu pravulkanisasi lebih cepat 1,5 menit dari waktu rekomendasi, tetapi waktu masak optimum lebih lama 10 menit dari waktu rekomendasi. Hal ini tentu tidak mungkin sama atau setidaknya perbedaan formula (Tabel 2) termasuk penyebab perbedaan pula, dan pada kondisi seperti ini berdasarkan sifat masak tersebut hasil daurulang masih dapat digunakan atau disesuaikan dengan keperluan pembuatan produk barangjadi. Untuk keperluan pembuatan barangjadi, sifat masak masih dapat diperbaiki, misalnya untuk memperpanjang waktu pravulkanisasi perlu ditambahkan bahan penghambat (*retarder*) serta sebaliknya untuk memperpendek waktu pemasakan perlu ditambahkan pencepat (*accelerator*), tergantung pada keperluan untuk pembuatan barangjadi yang akan dicetak.



Tabel 5. Waktu scorch (t_{s2}) dan pemasakan optimum t_{90} , dalam menit.

Karakteristik pemasakan pada Rheometer (<i>Curing characteristic using Rheometer</i>)	Metode pengujian (<i>Test method</i>)	Kompon daur ulang hasil percobaan serbuk telapak ban (<i>Experiment result of de-vulc from scrap tyre</i>)	Rekomendasi BPTK BOGOR (<i>BOGOR, RS RT recommended</i>)
Waktu pravulkanisasi (t_{s2}), menit (<i>Scorch time (t_{s2}), minutes</i>)		3,5	5
Waktu vulkanisasi optimum (t_{90}), menit (<i>Optimum cure (t_{90}), minutes</i>)	ISO 3417-96	35	25

Tabel 6. Hasil pengujian sifat fisik vukanisat dari kompon daurulang

Sifat fisika (<i>Physical properties</i>)	Metode pengujian, ISO. (<i>ISO Test method</i>)	De-vulc hasil percobaan serbuk telapak ban (<i>Experiment result of de-vulc scrap tyre</i>)	Telapak ban rekomendasi BPTK BOGOR (<i>Thread tyre recommended by BOGOR, RSRT</i>)
Kekerasan, (Shore A) (<i>Hardness</i>), (Shore A)	7619-96	62	55 70
Tegangan putus, (N/mm^2) (<i>Tensile strength</i>), (N/mm^2)	37-96	11,0	Min. 24,53
Tegangan tarik 300%, (N/mm^2) (<i>Modulus 300%</i>), (N/mm^2)	37-96	-	11,7 13,6
Perpanjangan putus, % (<i>Elongation at break</i>), (%)	37-96	280	Min. 500
Kepegasan pantul LUPKE, % (<i>Rebound resilience LUPKE</i>), (%)	4662-96	42	Min. 40
Bobot jenis, g/cm^3 (<i>Density</i>), g/cm^3)	2871-96	1,126	Max. 1,2
Ketahanan kikis DIN, mm^3 (<i>DIN Abrasion Resist.</i> , mm^3)	4649-96	130,2	Max. 100
Ketahanan sobek, <i>kcs</i> (<i>Cut growth</i> , <i>kcs</i>)	133-96	1	200 (<< 12,25mm)



Sifat kekuatan tarik, modulus, dan perpanjangan putus dinilai buruk. Sifat kuat tarik: 11,00 N/mm² atau kurang dari setengah nilai rekomendasi yaitu minimum 24,53 N/mm², nilai ketahanan sobek hanya 1 kcs, sementara direkomendasikan harus 200 kcs dengan sobekan maksimum kurang dari 12,25 mm, bahkan nilai modulus 300 % tidak dapat dicapai oleh kompon daurulang dari serbuk ban bekas. Hal ini diduga, bahwa kompon telapak ban umumnya paduan antara karet alam dengan BR atau SBR, dan serbuk ban yang dipakai dalam percobaan diperoleh dari berbagai jenis ban, yang artinya tidak seluruhnya berasal dari karet alam yang memiliki gugus sulfida. Meskipun jenis karet sintetis tersebut dapat divulkanisasi dengan belerang, namun terjadinya ikatan gugus sulfida lebih sedikit dibanding karet alam. Padahal daur ulang dengan reaktan delink lebih efektif bagi ikatan silang gugus sulfida, sehingga jumlah ikatan silang yang terbuka lebih sedikit dan mengakibatkan proses devulkanisasi juga berkurang yang ditandai menurunnya sifat fisik tersebut. Oleh sebab itu penggunaan devulc untuk pembuatan barangjadi dengan spesifikasi yang ketat sangat dianjurkan untuk dilakukan secara paduan dengan kompon karet yang bukan berasal dari daurulang.

Sifat-sifat fisik tersebut di atas tidak lepas dari pengaruh perbedaan formula pembuatan kompon daurulang (Tabel 2), misalnya pada percobaan tidak digunakan bahan bantu pemroses dan jumlah penambahan elastomer lebih sedikit yaitu 1bsk. Selain itu kehilangan bobot devulc sebesar 2-3 % juga berpengaruh buruk terhadap sifat fisik secara keseluruhan. Untuk mengantisipasi hal ini disarankan agar dosis penggunaan delink dan karet alam termastikasi diperbesar. Meskipun demikian apabila dibandingkan dengan sifat fisik karet telapak ban dari kompon segar rekomendasi BPTK menunjukkan, bahwa kekerasan 62 Shore-A (antara 55-70 Shore-A), bobot jenis 1,126 g/cm³ (maks. 1,2, g/cm³) dan kepegasan pantul: 42 % (Min. 40 %) termasuk dalam batas nilai rekomendasi. Kekerasan vulkanisat 62 Shore-A ini diperkirakan pada pemakaian untuk barangjadi matras kandang sapi dewasa akan memenuhi syarat yaitu sekitar 65 Shore-A, karena rentang waktu penggudangan atau

pemakaian mengakibatkan kenaikan nilai sekitar 1-2 Shore-A.

KESIMPULAN

Mesin konveyor apron dirancang bangun untuk memperoleh kemudahan di dalam proses pembuatan kompon daurulang pada mesin giling terbuka dua rol, karena tanpa bantuan konveyor operasi pembuatan kompon sangat sulit untuk dilakukan mengingat serbuk ban sulit membentuk gulungan (bank) di atas celah rol (nip) dan bank merupakan syarat yang harus dipenuhi di dalam operasi pencampuran. Hasil devulc merupakan indikasi bahwa fungsi konveyor sebagai pengumpan bahan serbuk maupun serpihan ke mesin giling terbuka dinilai baik.

Sifat fisik serbuk ban hasil percobaan daurulang dengan reaktan delink menunjukkan, bahwa kekerasan, kepegasan pantul, dan bobot jenis masih memenuhi nilai yang direkomendasi BPTK, namun pada sifat tarik, kikis, dan ketahanan sobek tidak memenuhi, sehingga vulkanisat kompon daurulang tersebut layak digunakan untuk produk barangjadi yang memiliki sifat fisik yang tidak ketat meskipun tanpa perbaikan formula atau dipadukan dengan kompon yang bukan berasal dari daurulang.

DAFTAR PUSTAKA

- Alam A., S. Honggokusumo, Y. Syamsu, dan A.M. Santosa, 1999. Penggunaan Mesin Pembersih Sistem Rotasi Untuk Meningkatkan Mutu Karet Remah, *Jurnal Penelitian Karet*, Vol. 17 (1-3), 21p.
- Alam A., 2003. Hasil distilasi kering limbah proses pembaharuan telapak ban sebagai bahan bakar dan bahan kompon karet alam. *Prosiding Mektan*. Jakarta, 10p
- Badger W.L. and J.T. Banchemo, 1955. *Introduction to Chemical Engineering*, Asian Students, Ed., Mc Graw-Hill Book Company, Inc.-Kogakusha Company Ltd. Tokyo. 687-715.



Hudson W.G., 1949. Conveying in Kirk R.E. & D.F. Othmer (1949) Encyclopedia of Chemical Technology, vol 4, The Interscience Encyclopedia, Inc-New York & Maruzen Company, Ltd. Tokyo. 347-379.

Kartiko, 2004. Otomasi Menuju Penerapan Flexibility Manufacturing System. Media PAL. Edisi No. 34, Februari 2004. PT. P.A.L. Indonesia. Surabaya, 18-19.

Nasiri J.A., 2004. Ban bekas kemana larinya, Sentra Polimer, 3 (13). Jakarta. 4-6
STI-K Polymers, (Tanpa Tahun). Devulc Manufacturing, Delink Bulletin, Kuala Lumpur, 14p.