

Ketahanan Usang Karet Peredam Guncangan Kendaraan Bermotor Roda Empat dengan Bahan Pengisi Arang Aktif Bambu

Popy Marlina^{1,*}, Bambang Sugiyono¹, Hari Adi Prasetya¹

Balai Riset dan Standardisasi Industri Palembang
Jl. Perindustrian II No. 12 Sukarami KM 9 Palembang 30125

*Penulis korespondensi. Telp.: +62 711 412484

Email : popymarlina16@gmail.com

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui ketahanan usang karet peredam guncangan kendaraan bermotor. Rancangan yang digunakan pada penelitian ini adalah Rancangan Acak Lengkap (RAL) non faktorial, setiap perlakuan diulang 3 (tiga) kali. Faktor tunggal konsentrasi arang aktif bambu 20 phr, 30 phr, 40 phr dan 50 phr. Parameter yang diamati meliputi kekerasan, tegangan putus dan perpanjangan putus sebelum dan sesudah pengusangan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa perlakuan konsentrasi arang aktif bambu berpengaruh terhadap kekerasan, tegangan putus, dan perpanjangan putus vulkanisat karet peredam guncangan. Karakteristik vulkanisat karet peredam guncangan kendaraan bermotor sebelum dan setelah pengusangan memenuhi syarat mutu karet peredam guncangan kendaraan bermotor komersial untuk perlakuan B3 hingga B5 (konsentrasi arang aktif bambu 30 phr hingga 50 phr). Nilai kekerasan karet peredam guncangan kendaraan bermotor berkisar antara 58 hingga 63 Shore A, tegangan putus 8 hingga 11,4 MPa, dan perpanjangan putus 408 hingga 487%.

Kata kunci: ketahanan usang, karet peredam guncangan kendaraan bermotor, arang aktif bambu.

Aging Resistance of Four - Wheel Motorized Vehicle Sport Dumpers with Bamboo Active Charcoal as a Filler

Popy Marlina^{1,*}, Bambang Sugiyono¹, Hari Adi Prasetya¹

Balai Riset dan Standardisasi Industri Palembang
Jl. Perindustrian II No. 12 Sukarami KM 9 Palembang 30125

*Corresponding author. Telp.: +62 711 412484

Email : popymarlina16@gmail.com

ABSTRACT

The research aimed to study aging resistance dump sport. The experimental research used non Factorial Completely Randomized Design and each treatments was replicated three times. Single factor concentration of bamboo activated charcoal 20 phr, 30 phr, 40 phr dan 50 phr. The parameters were hardness, tensile strength and elongation at break before and after aging. The results showed that all treatments have a influence on the characteristics of vulcanized dump sport before and after aging and meet the quality requirements of commercial dump sport for treatment B3 until B5 (concentration of bamboo active charcoal 30 phr until 50 phr). Value of hardness 58 until 63 Shore A, tensile strength 8 until 11.4 Mpa, and elongation et break 408 until 587%.

Keywords: aging resistance, dump sport, bamboo active charcoal.

PENDAHULUAN

Carbon black merupakan bahan pengisi penguat yang paling banyak digunakan dalam industri karet. Namun, karena ketergantungannya pada bahan baku minyak (untuk sintesis), ketidakstabilan harga minyak telah mengakibatkan meningkatnya penggunaan pengisi penguat alternatif (Wang *et al.*, 2008). Penelitian bahan pengisi penguat dari sumber daya terbarukan untuk menggantikan carbon black dalam pembuat barang jadi karet telah banyak dilakukan, diantaranya sekam padi (Marlina dan Prasetya, 2017; Pangdong, *et al.* (2015), arang tempurung kelapa (Marlina *et al.*, 2014; Sareena *et al.*, 2012), enceng gondok (Haghighat *et al.*, 2007; Potiyaraj *et al.*, 2001), cangkang sawit (Vachlepi dan Suwardin, 2015; Daud *et al.*, 2016; Prasetya, 2017).

Arang aktif adalah materi yang terdiri dari karbon bebas berdaya serap tinggi dan karbon berpori yang telah mengalami reaksi dengan bahan kimia setelah karbonisasi untuk meningkatkan sifat serapnya. Syarat utama dalam pembuatan arang aktif adalah mengandung unsur karbon (Rijali *et al.*, 2015). Arang aktif tersebut dapat dihasilkan dari biomassa seperti tanaman bambu.

Arang bambu memiliki berbagai jenis kegunaan, salah satu bentuk penggunaannya adalah sebagai adsorben. Arang bambu memiliki struktur dengan pori-pori kecil, memiliki sifat adsorpsi yang baik, disebabkan disebabkan luas permukaan spesifik yang sangat besar (Shenxue, 2004; Kittinaovarat dan Suthamnoi, 2009). Arang bambu dapat dimanfaatkan menjadi bahan pengisi karbon yang dapat berfungsi sebagai penguat. Menurut Morton (1978), efek suatu bahan pengisi dipengaruhi oleh sifat fisik dan kimia yang meliputi ukuran partikel, luas permukaan, struktur dan aktivitas permukaan. Untuk mendapatkan penguatan yang optimum maka partikel-partikel bahan pengisi penguat harus terdispersi dengan baik dan merata dalam kompon karet. Aktivitas permukaan bahan pengisi berperan dalam efek penguatan karena terjadinya interaksi antara bahan pengisi dengan karet baik secara fisika maupun kimia dipengaruhi adanya gugus-gugus fungsional pada permukaan bahan pengisi. Penggunaan arang aktif bambu merupakan salah satu usaha untuk substitusi impor bahan pengisi serta meningkatkan mutu barang jadi karet.

Karet peredam guncangan merupakan stabilizer aktif yang dapat menstabilkan, menyeimbangkan dan memperkuat suspensi mobil. Meningkatkan faktor keamanan pada waktu mobil berada pada kecepatan tinggi dan pada saat pengereman, untuk itu dibutuhkan karet yang dapat meredam guncangan mobil, memiliki fungsi memperkuat sistem suspensi kendaraan, sebagai penstabil aktif dan mampu meningkatkan keamanan bagi penumpang dan pengendara mobil, serta memiliki daya elastisitas yang tinggi.

Karet peredam guncangan kendaraan bermotor dalam penggunaannya sering mengalami kerusakan diantaranya pengerasan dan daya elastisnya berkurang. Hal ini tergantung pada kondisi pemakaian, yang dapat mempengaruhi kualitas dan umur simpan produk karet tersebut. Selama pemakaian, karet peredam guncangan dapat mengalami perubahan sifat fisik dan akhirnya menjadi tidak dapat digunakan karena karet menjadi keras dan retak. Penurunan sifat fisik disebabkan terjadinya degradasi karet karena oksidasi oleh oksigen dan ozon. Oksidasi dipercepat dengan adanya panas, sinar ultraviolet, dan logam-logam yang mengkatalisa oksidasi karet.

Tujuan penelitian ini mempelajari pengaruh konsentrasi arang aktif bambu terhadap pengusangan vulkanisat karet peredam guncangan kendaraan bermotor.

BAHAN DAN METODE

Bahan Penelitian

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini, antara lain : RSS (*Ribbed Smoke Sheet*), *Stryrena Butadiena Rubber* (SBR), arang aktif serat bambu, minyak minarek, ZnO, asam stearat, Sulfur, Tetrametiltiuram disulfida (TMTD), N-Cyclohexyl-2-benzothiazylsulfenamide (CBS), Si69, retarder PVI, H₃PO₄, Na₂S₂O₃.

Peralatan Penelitian

Peralatan yang digunakan pada penelitian ini adalah timbangan metler p1210 kapasitas 1200g, timbangan duduk merk Berkel kapasitas 15 kg, peralatan untuk penyiapan kompon berupa gilingan terbuka (*open mill*) L 40 cm D18 cm kapasitas 1 kg, *cutting scraf* besar, alat press untuk vulkanisat karet, *glassware*, furnace, ayakan 400 mesh, *shaker* dan gunting.

Pembuatan Bahan Pengisi Arang Aktif Bambu

Pembuatan bahan pengisi arang aktif dari bambu mengikuti proses yang dijelaskan oleh Budiono *et al.*, (2009). Sebanyak 500 gram arang bambu yang lolos ayakan 400 mesh direndam dalam larutan H₃PO₄ 4M selama 10 jam. Kemudian ditiriskan, disaring dan dicuci dengan akuades, dikeringkan dalam oven pada suhu 110°C selama 3 jam. Setelah itu didinginkan dalam desikator, selanjutnya arang diaktivasi dengan cara dipanaskan dalam furnace pada suhu 600 - 800°C selama 2 jam. Setelah itu arang aktif didinginkan selama 24 jam dalam desikator, ditimbang dan disimpan dalam plastik yang tertutup rapat.

Prosedur Pembuatan Kompon Karet

Penyiapan Kompon

Karet peredam guncangan dibuat dengan memvariasikan konsentrasi arang bambu dengan komposisi bahan penyusun kompon seperti pada Tabel 1. Bahan penyusun kompon disajikan dalam Tabel 1.

Tabel 1. Bahan penyusun kompon karet peredam guncangan kendaraan bermotor

| Formula | Perlakuan (PHR) | | | | |
|-------------------|-----------------|-----|-----|-----|-----|
| | B1 | B2 | B3 | B4 | B5 |
| RSS | 90 | 90 | 90 | 90 | 90 |
| SBR | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 |
| Arang aktif bambu | 20 | 30 | 40 | 50 | 60 |
| Minyak minarek | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 |
| 6 PPD | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 |
| ZnO | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 |
| Asam stearat | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| TMTD | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 |
| CBS | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 |
| Sulfur | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 |
| Si69 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 |
| PVI | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |

Keterangan : PHR adalah berat bahan per 100 bagian karet

Penelitian ini menggunakan rancangan acak lengkap (RAL) non faktorial dengan perlakuan variasi konsentrasi arang bambu seperti dijelaskan pada Tabel 1. 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).

Proses Pencampuran (*Mixing*)

Proses pencampuran dilakukan dalam mesin giling terbuka (*open mill*). Proses pencampuran diawali dengan memastikan RSS dan SBR selama 1-3 menit. Bahan penggiat, ZnO dan asam stearat, ditambahkan kedalam karet yang termastikasi. Untuk memperoleh homogenitas bahan selama pencampuran dilakukan pemotongan kompon. Pada tahap ini pemotongan dilakukan pada setiap sisi satu sampai tiga kali selama 2-3 menit. Antioksidan, 6PPD ditambahkan, dipotong setiap sisi sampai 3 kali selama 2-3 menit. Bahan pengisi arang aktif bambu ditambahkan, setiap sisi dipotong sampai dua atau tiga kali selama 3-8 menit. Pelunak minarek *oil* ditambahkan, setiap sisi

dipotong sampai dua atau tiga kali selama 3-8 menit. Accelerator TMTD dan CBS ditambahkan, setiap sisi dipotong dua atau tiga kali selama 1–3 menit. *Coupling agent* Si69 ditambahkan sampai homogen. Vulkanisator sulfur ditambahkan sampai homogen dan retarder PVI. Kompon dikeluarkan dari *open mill* dan ditentukan ukuran ketebalan lembaran kompon dengan menyetel jarak roll pada cetakan sheet, dikeluarkan dan diletakkan diatas plastik transparan. Kompon di press dengan suhu vulkanisasi 150°C dan tekanan 170 kgf/cm² selama 8 menit, dan hasilnya vulkanisat karet peredam guncangan kendaraan bermotor.

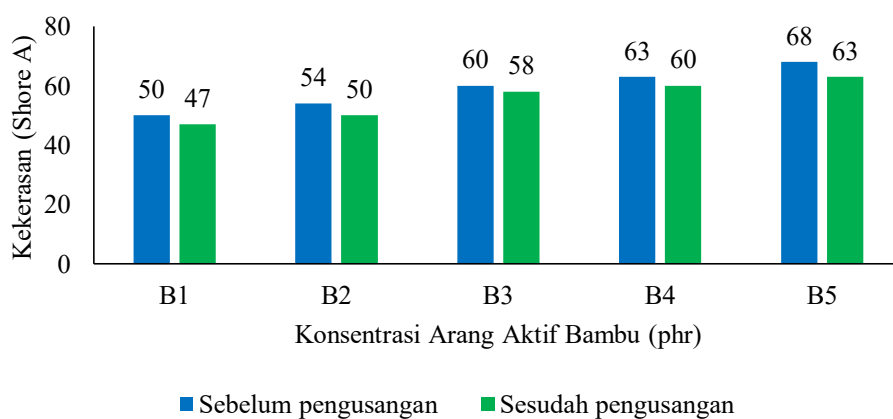
Pengamatan terhadap Respon Pengusangan

Pengusangan dilakukan mengikuti prosedur pada ASTM D 573-04, pada suhu 108°C, selama 24 jam. Pengusangan dilakukan dalam oven pengusangan tipe UM 4000. Parameter yang diamati meliputi kekerasan (ASTM D. 2240), tegangan putus (ASTM D.412) dan perpanjangan putus (ASTM D. 412).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Sifat Mekanik Vulkanisat Peredam Guncangan Kendaraan Bermotor

Pengaruh konsentrasi bahan pengisi arang aktif bambu terhadap kekerasan vulkanisat peredam guncangan kendaraan bermotor disajikan pada Gambar 1.



Gambar 1. Kekerasan Vulkanisat Peredam Guncangan Kendaraan Bermotor

Hasil penelitian menunjukkan bahwa kekerasan vulkanisat sesudah pengusangan menurun dengan meningkatnya konsentrasi arang aktif bambu. Hasil pengujian kekerasan vulkanisat peredam guncangan kendaraan bermotor tertinggi sesudah pengusangan diperoleh pada perlakuan konsentrasi arang aktif bambu 60 phr yaitu 63 Shore A dan hasil pengujian kekerasan vulkanisat

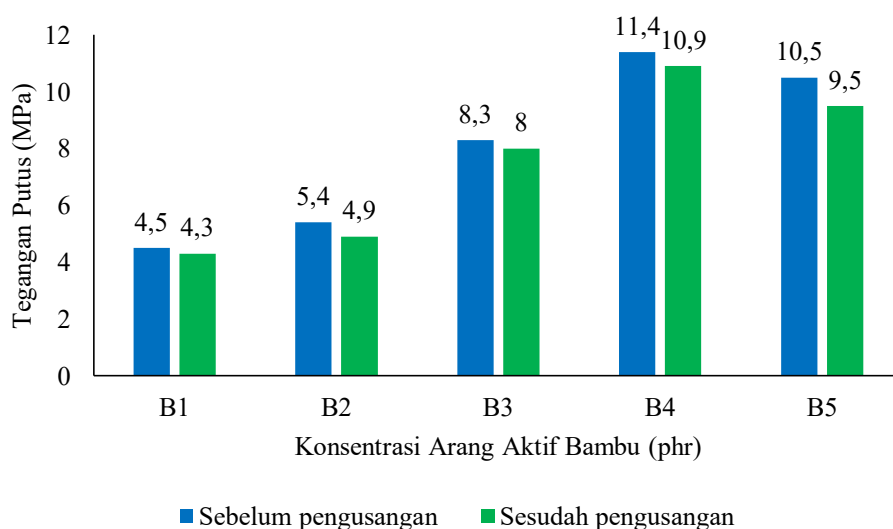
peredam guncangan kendaraan terendah diperoleh pada perlakuan konsentrasi arang aktif bambu 20 phr yaitu 47 Shore A. Kekerasan sebelum dan sesudah pengusangan untuk perlakuan B1 hingga B2 tidak memenuhi standar mutu karet peredam guncangan komersil, standar mutu kekerasan vulkanisat karet sebelum dan sesudah pengusangan, yaitu 60 ± 5 phr. Perlakuan terbaik diperoleh pada perlakuan B3 (konsentrasi arang bambu 40 phr) dan perlakuan B4 (konsentrasi arang bambu 50 phr), karena memiliki perubahan kekerasan yang relatif kecil setelah pengusangan.

Penurunan nilai kekerasan vulkanisat karet peredam guncangan kendaraan bermotor setelah pengusangan tidak signifikan dibandingkan dengan kekerasan sebelum pengusangan. Penurunan kekerasan disebabkan oleh adanya panas. Panas akan mempercepat proses oksidasi dan degradasi pada vulkanisat karet. Selain itu, arang aktif bambu sebagai bahan pengisi mengandung gugus fenolik (OH) yang bersifat antioksidan (Olafadehan *et al.*, 2012).

Selain itu, perubahan kekerasan kompon karet disebabkan terjadinya oksidasi secara umum, semakin besar jumlah ikatan jenuh dalam polimer karet, semakin rentan degradasi. Polimer karet tak jenuh tinggi dapat bereaksi dengan oksigen, terutama ketika adanya energi. Energi dapat berasal dari panas, pergeseran, dan sinar ultraviolet (UV), yang menyebabkan lebih cepat terjadinya oksidasi (Vught *et al.*, 2003).

Tegangan putus digunakan untuk menunjukkan kemampuan karet bereaksi terhadap gaya yang digunakan pada saat di tekan. Pada dasarnya karet alam memiliki tegangan putus yang baik karena kemampuannya mengkristal pada saat mengalami perpanjangan karena adanya gaya tarik.

Pengaruh arang aktif bambu terhadap tegangan putus vulkanisat peredam guncangan kendaraan bermotor disajikan pada Gambar 2.

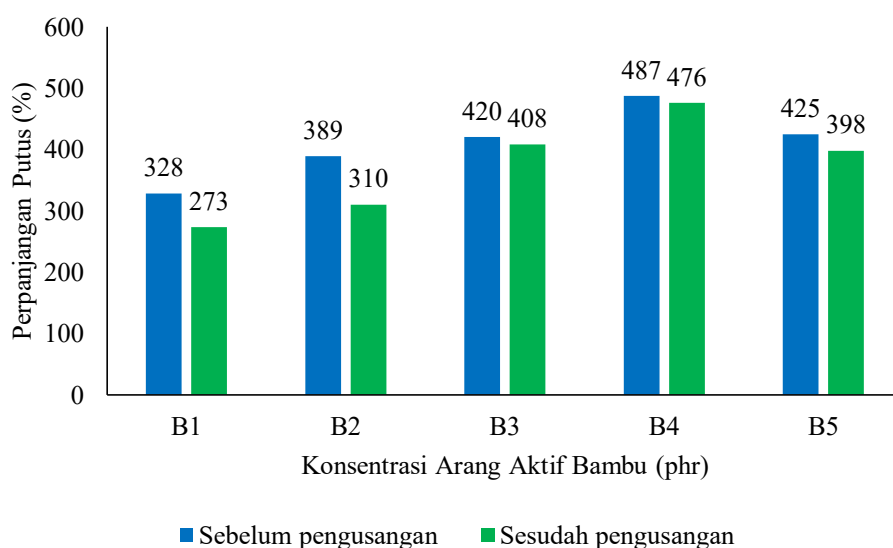


Gambar 2. Tegangan Putus Vulkanisat Peredam Guncangan Kendaraan Bermotor

Gambar 2 menunjukkan pengaruh konsentrasi arang aktif bambu terhadap tegangan putus vulkanisat peredam guncangan kendaraan bermotor. Semakin tinggi konsentrasi arang aktif bambu semakin besar nilai tegangan putus sebelum dan sesudah pengusangan dan mencapai optimum pada perlakuan B4. Hasil pengujian perubahan tegangan putus vulkanisat pereda guncangan pada penelitian ini, menunjukkan daya elastis vulkanisat yang masih besar, ini ditunjukkan dengan nilai tegangan putus yang masih memenuhi standar mutu karet pereda guncangan kendaraan bermotor komersil minimal 6 MPa. Semakin tinggi suhu dan semakin lama pengusangan, perubahan tegangan putus semakin kecil. Hal ini disebabkan panas akan mempercepat terjadinya oksidasi pada senyawa karet. Secara kimia terbentuk ikatan antara karet dengan gugus fungsional arang aktif bambu. Adanya dispersi bahan pengisi arang aktif bambu dan interaksi bahan pengisi dengan matrik karet yang lebih baik. Selain itu adanya kemampuan bahan pengisi arang aktif yang mengandung gugus hidroksi (OH) bereaksi dengan gugus aktif pada molekul karet untuk membentuk ikatan silang baru antar molekul yang mempunyai efek antioksidan. Ikatan silang baru mempunyai ketahanan oksidasi yang lebih baik (Prasetya, 2014).

Perlakuan yang memenuhi standar mutu tegangan putus vulkanisat karet peredam guncangan sebelum dan sesudah pengusangan sesuai karet peredam guncangan komersil, yaitu perlakuan B3 (8,3 dan 8 MPa), B4 (11,4 dan 10, 9 MPa) dan B5 (10,5 dan 9,5 MPa).

Perpanjangan putus adalah kemampuan vulkanisat meegang apabila ditarik sampai putus. Hasil pengujian perpanjangan putus vulkanisat peredam guncangan kendaraan bermotor disajikan pada Gambar 3.



Gambar 3. Perpanjangan Putus Vulkanisat Peredam Guncangan Kendaraan Bermotor

Berdasarkan Gambar 3, pengusangan suhu 108°C terjadi penurunan perpanjangan putus vulkanisat peredam guncangan dari nilai perpanjangan putus pada suhu kamar terhadap semua perlakuan. Penurunan ini disebabkan terjadinya oksidasi selama pengusangan berlangsung. Penurunan perpanjangan putus dengan meningkatnya konsentrasi bahan pengisi arang aktif bambu disebabkan oleh peningkatan kekakuan dan kerapuhan, yang menurunkan ketahanan terhadap peregangan vulkanisat karet. Perlakuan yang memenuhi standar mutu sesuai karet peredam guncangan kendaraan bermotor komersil (perpanjangan putus minimal 400%), sebelum pengusangan didapat pada perlakuan B3 (konsentrasi arang aktif bambu 40 phr yaitu 420%), perlakuan B4 (konsentrasi arang aktif bambu 50 phr yaitu 487%) dan perlakuan B5 (konsentrasi arang aktif bambu 60 phr yaitu 425%), sedangkan penurunan perpanjangan putus vulkanisat setelah pengusangan, didapat pada perlakuan B3 (408%) dan perlakuan B4 (476%). Penurunan perpanjangan putus setelah pengusangan disebabkan karena ikatan-ikatan yang terbentuk baik secara fisika maupun kimia lebih rendah sehingga vulkanisat masih elastis, selain itu adanya interaksi molekul karet dengan gugus hidroksi pada permukaan arang aktif bambu membentuk ikatan yang kuat sehingga vulkanisat tetap elastis setelah pengusangan. Semakin meningkat konsentrasi arang aktif bambu, perpanjangan putus akan menurun secara bertahap. Peningkatan konsentrasi bahan pengisi cenderung membatasi fleksibilitas rantai karet, sehingga perpanjangan putus vulkanisat lebih rendah (Meng *et al*, 2013).

KESIMPULAN

Perlakuan konsentrasi arang aktif bambu, berpengaruh terhadap kekerasan, tegangan putus, dan perpanjangan putus sebelum dan sesudah pengusangan karet peredam guncangan kendaraan bermotor. Karakteristik karet peredam guncangan kendaraan bermotor sebelum dan sesudah pengusangan memenuhi syarat mutu karet peredam guncangan kendaraan komersil untuk perlakuan konsentrasi arang aktif bambu B3 hingga B5 (konsentrasi arang aktif bambu 40, 50 dan 60 phr). Nilai kekerasan karet peredam guncangan perlakuan B3 sebelum pengusangan 60 Shore A, B4 58 Shore A, sesudah pengusangan dengan nilai kekerasan 63 Shore A dan 60 Shore A. Tegangan putus sebelum pengusangan perlakuan B3 hingga B5 sebesar 8,3 MPa; 11,4 MPa dan 10,5 MPa, setelah pengusangan 8 MPa; 10, 9 Mpa dan 9,5 MPa. Nilai perpanjangan putus sebelum pengusangan perlakuan B3 hingga B5, yaitu 420%, 487% dan 425%, setelah pengusangan perlakuan B3 dan B4 dengan nilai 408% dan 476%.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Bapak Suyatno, Ibu Mimi Kurnia Yusya, Ibu Florentina Andriyani dan Aidil Fitriyah, yang telah membantu kegiatan penelitian, sehingga penelitian ini dapat berjalan lancar dan selesai tepat waktu.

DAFTAR PUSTAKA

- Budiono, Suhartana & Gunawan. (2009). *Pengaruh Aktivasi Arang Tempurung Kelapa dengan Asam Sulfat dan Asam Fosfat untuk Adsorpsi Fenol*. (Skripsi). Semarang. Universitas Diponegoro.
- Daud, S., Ismail, H., & Bakar, A.A. (2016). The Effect of 3-aminopropyltrimethoxysilane (AMEO) as a Coupling Agent on Curing and Mechanical Properties of Natural Rubber/Palm Kernel Shell Powder Composites. *Procedia Chemistry*. 19, 327 – 334.
- Haghighat, M., Nouri Khorasani, S. & Zadhoush, A. (2007). Filler-rubber interactions in α -cellulose-filled styrene butadiene rubber composites. *Journal Polymer Composites*, 28(6), 748-754.
- Kittinaovarat, S & Suthamnoi, W. (2009). Physical Properties of Polyolefin/Bamboo Charcoal Composite. *Journal of Metals, Materials and Minerals*. 19(1), 9–15.
- Marlina, P, Pratama, F, Hamzah, B & Pambayun, R. (2014). Karakteristik kompon karet dengan bahan pengisi arang aktif tempurung kelapa dan nano silica sekam padi. *Jurnal Teknologi Industri Pertanian*. 25 (1), 85-93.
- Marlina, P & Prasetya, HA. (2017). Pengaruh abu sekam padi dan *coupling agent* terhadap ketahanan usang vulkanisat bantalan dermaga. *Jurnal Dinamika Penelitian Industri*. 28(1), 67-75.
- Meng, X., Zhang, Y., Lu, J., Zhang, Z., Liu, L., & Chu, P.K. 2013. Effect of bamboo charcoal powder on the curing characteristics, mechanical properties, and thermal properties of styrene-butadiene rubber with bamboo charcoal powder. *Journal of Applied Polymer Science*. <http://dx.doi.org/10.1002/APP.39522>
- Morton, I.A. (1978). *Rubber Technology* (Third Edition). New York: Van Nostrand Reinhold.
- Olafadehan, O.A., Jinadu, O.W., Salami, L., & Popoola, O.T. (2012). Treatment of brewery wastewater effluent using activated carbon prepared from coconut shell. *International Journal Appliance Science and Technology*, 2(1), 165-178.
- Pongdong, W., Nakason, C., Kummerlöwe, C. & Vennemann, N. (2015). Influence of filler from a renewable resource and silane coupling agent on the properties of epoxidized natural rubber vulcanizates. *Journal of Chemistry*. 1 – 15.
- Potiyaraj, P., Panchaipech, P., & Chuayjuljit, S. (2001). Using water-hyacinth fiber as a filler in natural rubber. *Journal of Science Resonance*, 26 (1), 17-19.
- Prasetya, H.A. (2014). Penentuan umur simpan kompon karet pegangan setang kendaraan bermotor dengan bahan pengisi abu sekam padi. *Jurnal Riset Industri*, 8 (1), 147 – 157.
- Prasetya, H.A. (2017). Bahan pengisi sumber daya alam lokal dalam pembuatan vulkanisat seal tutup radiator. *Jurnal Dinamika Penelitian Industri*, 28(2), 131-137.

- Rijali, A., Usman, M & Zulkarnain. (2015). Pembuatan dan Karakterisasi Karbon Aktif dari Bambu Betung dengan Aktivasi Menggunakan Activating Agent H₂O. *Jurnal FMIPA*, 2(1), 102-107.
- Sareena, C, Ramesan, M.T, & Purusotaman, E. (2012). Utilization of coconut shell powder as a novel filler in natural rubber. *Journal of Reinforcement Plastics and Compound*, 31(8), 533-547.
- Shenxue, J. (2004). Training Manual of Bamboo Charcoal for Producers and Consumers. Nanjing : Bamboo Engineering Research Center, Nanjing Forestry University.
- Vachlepi, A., & Suwardin, D. (2015).^[1]_[2] *Kajian Pembuatan Kompon Karet Alam dari Bahan Pengisi Abu Briket Batubara dan Arang Cangkang Sawit*. Pusat Penelitian Karet. Balai Penelitian Sembawa.
- Vught, F.A, Noordermeer, J.W.M, Datta, R.N. (2003). *Durability of Rubber Products*. Disertasi. Universiteit Twente. Netherlands.
- Wang, Z.F., Peng, Z., Li, S.D., Lin, H., Zhang, K. X., Dong, X. and Fu, X. (2008). The Impact of Esterification on the Properties of Starch/Natural Rubber Composite. *Composite Science and Technology*, 69 (11-12), 1797-1803.

