

***Optimizing The Use of Carbon Black in Dock Bearings
By Considering The Physical Properties of The Product***

**Optimisasi Penggunaan *Carbon Black* Pada Bantalan Dermaga dengan
Mempertimbangkan Sifat Fisis Produk**

Bangun Dwi Prasetyo , R.B. Seno Wulung*

*Program Studi Teknologi Pengolahan Karet dan Plastik, Politeknik Yogyakarta
Jl. Prof.Wirjono Prodjodikoro, Yogyakarta 55188, Indonesia*

*Corresponding author: seno_wulung@atk.ac.id

Diterima: 23 Mei 2023, Direvisi: 29 Mei 2023, Diterbitkan: 28 Juni 2023

Abstract

Carbon black is a filler used in the manufacture of rubber compounds for dock bearings. The company uses 55 phr carbon black N330 as a filler in the rubber compound. However, it is unclear whether the carbon black proportion is the best dose. Therefore, this paper aims to find the best doses of carbon black as filler. Moreover, this paper also assesses the effect of carbon black N330 on rubber physical testing. The tests carried out are tensile strength tests, tear strength tests, and hardness tests. The results show that with increasing carbon black filler material, the tensile strength, tear strength, and hardness will increase. However, at the same point as adding materials, the values of tensile strength and tear strength are decreasing. This research proposes a mathematical model that correlates the physical properties with the amount of carbon black added. Moreover, based on the model, the optimum condition has been determined. By utilizing this research, the company can determine the optimum amount of added carbon black in the dock bearing product.

Keywords: carbon black, physical properties, optimization, tensile strength, tear strength, hardness

Abstrak

Carbon black merupakan bahan pengisi atau *filler* yang kerap digunakan dalam pembuatan kompon karet pada bantalan dermaga. Perusahaan selalu menggunakan *carbon black* N330 sebanyak 55 Phr pada produknya. Penelitian ini melakukan pengujian apakah dosis yang biasa ditambahkan merupakan dosis terbaik berdasar hasil pengujian fisis karet. Selanjutnya, penelitian ini memodelkan pengaruh penambahan *carbon black* terhadap performansi uji fisis sekaligus mencari titik optimumnya. Pengujian yang dilakukan yaitu uji kekuatan tarik atau *tensile strength*, uji ketahanan sobek dan uji kekerasan. Hasil pengujian menunjukkan semakin bertambahnya bahan pengisi *carbon black* maka nilai uji kekuatan tarik, ketahanan sobek dan kekerasan akan meningkat. Akan tetapi setelah titik tertentu, penambahan *carbon black* membuat kekuatan tarik dan ketahanan sobek menurun. Penelitian ini menghasilkan model matematis dan nilai optimal uji kekuatan tarik dan ketahanan sobek berdasarkan model. Sedangkan uji perpanjangan putus menunjukkan bahwa semakin bertambahnya bahan pengisi *carbon black* akan menurunkan nilai dari perpanjangan putus. Dengan menggunakan penelitian ini, perusahaan dapat menentukan jumlah *carbon black* yang optimum.

Kata kunci: carbon black, sifat fisis, optimisasi, kekuatan tarik, ketahanan sobek, kekerasan

PENDAHULUAN

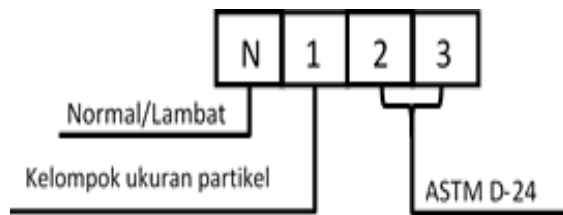
Bantalan dermaga berfungsi sebagai bantalan yang ditempatkan didepan dermaga. Fender akan menyerap benturan antara kapal dan dermaga lalu meneruskan gaya ke struktur dermaga. Bantalan dermaga juga dapat melindungi dari kerusakan cat badan kapal akibat gesekan antara kapal dan dermaga yang disebabkan oleh arus dan angin (Fitriyanti, 2020). Dalam meningkatkan kualitas karet, perlu ditambahkan suatu bahan pengisi. Bahan pengisi berfungsi untuk memperbaiki sifat fisis barang karet seperti meningkatkan ketahanan sobek, ketahanan kikis serta kekuatan tarik dan dapat memperkuat vulkanisat (Sommer, 2009).

Bahan pengisi yang biasanya digunakan dalam formulasi kompon karet yaitu *carbon black* dan silika. Kedua jenis bahan ini memiliki perbedaan sifat yang dapat mempengaruhi homogenitas pada proses pencampuran. Hal ini disebabkan oleh proses aglomerasi dari kedua bahan pengisi tersebut. Hal ini sesuai dengan teori yang disampaikan Seyvet dan Navard (2000) yang menyatakan bahwa interaksi antar bahan pengisi pada *carbon black* biasanya bergantung pada interaksi Van der Waals yang dapat putus dengan mudah pada saat proses pencampuran, namun sebaliknya silika memiliki interaksi antar

bahan pengisi yang lebih kuat karena adanya ikatan hidrogen selain interaksi Van der Waals dan interaksi fisika lainnya.

Tetapi diantara kedua bahan pengisi tersebut hanya *carbon black* yang kompatibel dengan karet alam. Sedangkan penggunaan bahan silika tidak kompatibel dengan karet non-polar seperti karet alam, *styrene butadienne rubber* (SBR) dan *butadienne rubber* (BR) (Susilawati, *Et al*, 2019). Hal tersebut dikarenakan silika memiliki gugus silanol pada permukaannya yang menyebabkan senyawa ini memiliki polaritas yang tinggi (Kantala et al., 2009). Oleh karena itu, pada pembuatan bantalan dermaga, yang menggunakan bahan karet alam dapat ditambahkan pengisi *carbon black*.

Filler Carbon Black yang digunakan dalam membuat Fender pada perusahaan yaitu *Carbon Black N330* Cabbot. Penamaan N330 mengacu pada nomenklatur ASTM untuk *carbon black*, seperti pada Gambar 1. Kemudian berdasar Gambar 1, klasifikasi penamaan *carbon black*, dapat dilihat pada Tabel 1 (Dick, 2009).



Gambar 1. Nomenklatur ASTM untuk *Carbon Black* kelas karet

Tabel 1. Posisi dan Penamaan ASTM *Carbon Black*

Posisi Angka	Penamaan			
ke-1	N= tingkat kecepatan normal			
	S= tingkat kecepatan lambat			
ke-2	Kelompok ukuran partikel luas permukaan			
	Group	Type (m ³ /g)	Ukuran partikel	Identifikasi kasi
	0	>150	1-10	-
	1	121-150	11-19	SAF
	2	100-120	20-25	ISAF
	3	70-99	26-30	HAF
	4	50-69	31-39	FF
	5	40-49	40-48	FEF
	6	33-39	49-60	GPF
	7	21-32	61-100	SRF
	8	11-20	101-200	FT
9	0-10	291-500	MT	
ke 3 dan 4	ASTM D24 menunjukkan perbedaan dalam kelompok (tingkat struktur, tingkat modulus atau sifat fisik-kimia)			

Carbon black telah banyak digunakan dalam berbagai produk. , Produk produk tersebut antara lain, selang, ban berjalan, atap, penutup untuk kawat dan kabel, kain berlapis, gasket, pengemasan, sarung tangan, alas kaki, alas lantai, pita

perekat, produk karet keras, pelampung, dan mainan (Auchter, 2005).

Namun demikian, *Filler Carbon Black* menjadi salah satu permasalahan pada perusahaan dikarenakan memiliki harga yang cukup mahal. Perusahaan akhirnya membuat suatu formulasi baru yang diharapkan dengan formulasi baru ini, dapat diketahui penggunaan *carbon black* yang terbaik untuk setiap uji fisis seperti uji kekuatan tarik, kuat sobek, dan kekerasan sesuai dengan SNI 06-3568-2006. Aplikasi penggunaan *carbon black* yang luas berdasarkan sifat fisisnya, maka penelitian sebelumnya mensintesis *carbon black* dari bahan yang murah dalam meminimalkan biaya produksi (Nuyah dan Susilawati, 2015).

Penulis menggunakan tujuh variasi jumlah penambahan *carbon black* pada penelitian supaya dapat terlihat dengan jelas perubahan hasil uji seperti pada penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Nuyah dan Susilawati (2015) dan juga Kantala Et al., (2009). Penelitian ini sejalan dengan penelitian sebelumnya, tetapi pada penelitian sebelumnya hanya membahas tentang kekuatan tarik dan pampatan tetap. Pada penelitian ini penulis akan membahas lebih jauh tentang uji kekuatan tarik atau *tensile strength*, kuat sobek atau *tear strength*, dan kekerasan atau *hardness*. Lebih lanjut, dengan

mendapatkan titik optimum jumlah *carbon black* yang ditambahkan, perusahaan dapat mengurangi biaya produksi. Pengurangan biaya produksi, dapat secara efektif dilakukan dengan mengurangi jumlah pemakaian bahan baku (Wulung dan Rifai, 2020).

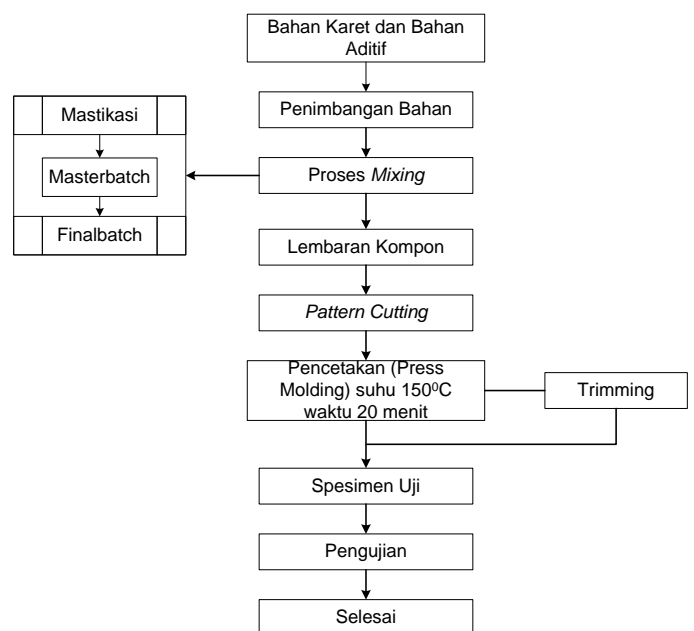
Perusahaan saat ini selalu memakai *carbon black* N330 dengan dosis 55 Phr untuk produk bantalan dermaga. Penulis ingin mengetahui apakah dosis 55 Phr merupakan dosis yang memberikan nilai terbaik pada pengujian fisis karet. Berdasarkan uraian latar belakang tersebut, permasalahan yang akan dibahas oleh penulis pada penelitian ini yaitu mengetahui pengaruh penambahan bahan pengisi *carbon black* dari tujuh variabel yaitu 40 Phr, 45 Phr, 50 Phr, 55 Phr, 60 Phr, 65 Phr dan 70 Phr terhadap sifat fisis fender atau bantalan dermaga. Penulis ingin mengetahui apakah dosis yang biasa dipakai oleh perusahaan berupa 55 Phr telah memberikan nilai terbaik pada pengujian fisis karet. Selanjutnya dari data yang didapatkan, dicari model matematis dan titik optimum jumlah *carbon black* yang digunakan.

Pengujian fisis yang dilakukan yaitu kekuatan tarik, kuat Sobek, dan kekerasan sesuai dengan SNI 06-3568-2006. Pengujian ini dilakukan karena ketiga uji tersebut merupakan pengujian

yang wajib dilakukan pada perusahaan sebelum barang dikirimkan kepada *customer*.

METODE PENELITIAN

Dalam menentukan jumlah *carbon black* yang secara efisien ditambahkan pada produk karet dermaga, dilakukan percobaan dengan melalui pembuatan kompon karet dengan variasi jumlah *carbon black*. Diagram alir penelitian ini ditunjukkan oleh Gambar 2.



Gambar 2. Diagram Alir Pembuatan Kompon.

Alat dan Bahan

Penelitian ini menggunakan beberapa peralatan dan bahan dalam mencetak produk dan menguji produk. Daftar peralatan yang digunakan dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Daftar Alat

Nama Alat	Jumlah
Two Roll Mill	1 Buah
Mesin <i>Press Molding</i>	1 Buah
Cetakan <i>Platting</i> Tipis	1 Buah
Cetakan <i>Platting</i> Tebal	1 Buah
<i>Gunting</i>	1 Buah
<i>Jangka Sorong Digital</i>	1 Buah
<i>Universal Testing Machine</i>	1 Buah
<i>Durometer Hardness tester</i>	1 Buah

Sementara bahan-bahan yang digunakan dalam pembuatan kompon adalah seperti tercantum pada Tabel 3.

Tabel 3. Bahan Pembuatan Kompon

Nama Bahan	Jumlah (Phr)
<i>Natural Rubber 1</i>	25
<i>Natural Rubber 2</i>	75
<i>Filler 1 Carbon Black HAF N330 Cabbot</i>	55
<i>Filler 2</i>	10
<i>Plasticizer</i>	5
<i>Antioxidan</i>	2
<i>Antiozonan</i>	1,5
<i>Activator 1</i>	2
<i>Activator 2</i>	5
<i>Accelerator</i>	1,2
<i>Retarder</i>	0,3
<i>Vulcanizing Agent</i>	1,5

Selanjutnya untuk mencari jumlah bahan pengisi *carbon black* terbaik yang ditambahkan pada kompon, dilakukan variasi *carbon black*, dari 40 phr sampai dengan 70 phr dengan *increment* 5 phr.

Proses pencampuran (*mixing*)

Saat proses pencampuran, terlebih dahulu dilakukan mastikasi. Mastikasi

dilakukan untuk melunakkan elastomer karet, agar saat proses pencampuran berikutnya bahan aditif akan mudah tercampur. Mastikasi dilakukan selama 8 menit menggunakan mesin *Two Roll Mill*. Proses selanjutnya yaitu proses *Masterbatch*. Setelah bahan karet lunak, ditambahkan bahan pengisi *carbon black*. Lalu menambahkan bahan bantu olah karet dan *plasticizer* secara berkala. Lalu yang terakhir ditambahkan *antioxidant*, *antiozonan* serta *activator 1* dan *activator 2*. Proses yang terakhir yaitu proses *finalbatch*. Pada proses ini ditambahkan bahan *accelerator*, *retarder* dan *vulcanizing agent*.

Pattern Cutting

Lembaran kompon yang telah dikeluarkan dari *Two Roll Mill* kemudian dipotong sesuai pola cetakan.

Press molding

Kompon yang sudah dipotong sesuai pola cetakan kemudian di *press* atau di cetak dalam mesin *Press Molding*. Pada proses ini dilakukan pencetakan kompon pada suhu 150°C selama 20 menit untuk *platting* tipis dan selama 35 menit untuk *platting* tebal.

Trimming

Setelah proses pencetakan, spesimen yang memiliki kelebihan bahan, akan dipotong dan dirapikan. Setelah bahan yang lebih dipotong dan spesimen dirapikan maka

selanjutnya pengecekan kembali untuk memastikan tidak ada spesimen yang cacat.

Pengujian fisis

Pengujian fisis terbagi menjadi 4 pengujian yaitu kekuatan tarik, ketahanan sobek dan kekerasan. Pengujian kekuatan tarik, dan ketahanan sobek dilakukan menggunakan alat *Universal Testing Machine* (UTM). Pengujian kekerasan dilakukan dengan menggunakan alat *Durometer Hardness Tester* yang diletakkan pada spesimen uji.

PEMBAHASAN

Beberapa pengujian yang dilakukan adalah pengujian kekuatan tarik (*tensile strength*), pengujian ketahanan sobek (*tear strength*) dan pengujian kekerasan (*hardness*). Berikut Standar pengujian sesuai SNI 06-3568-2006 dan ditunjukkan oleh Tabel 4.

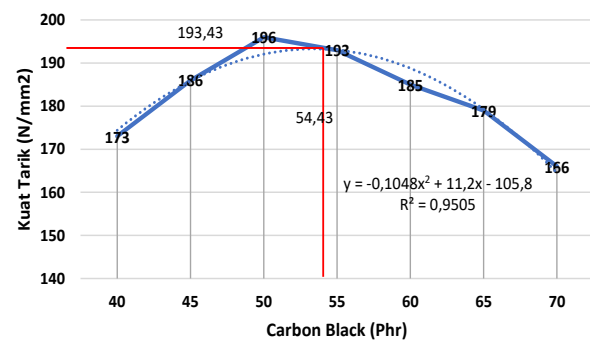
Tabel 4. Standar Pengujian Kompon sesuai SNI 06-3568-2006

Jenis Pengujian	Satuan	Syarat
Kekuatan tarik	N/mm ²	Min. 150
Ketahanan Sobek	N/mm ²	Min. 70
Perpanjangan Putus	%	Min. 300
Kekerasan	Shore A	50 - 80

Hasil Pengujian Kekuatan Tarik

Pengujian kuat tarik merupakan pengujian fisik kompon karet yang terpenting dan paling sering dilakukan karena dari pengujian ini dapat diketahui

pengaruh pengusangan dan waktu vulkanisasi optimum pada suatu vulkanisat (Maryanti, et al., 2018). Grafik hasil pengujian kuat tarik sebagai fungsi penambahan *carbon black* (Phr) ditunjukkan pada gambar 3.



Gambar 3. Grafik Hasil Uji Kekuatan Tarik dengan Variasi Jumlah *Carbon Black*

Berdasarkan grafik uji kekuatan tarik pada Gambar 3 menunjukkan bahwa semakin bertambahnya bahan pengisi *carbon black* maka akan meningkatkan hasil uji kekuatan tarik. Hal tersebut dikarenakan meningkatnya bond rubber antara karet alam dan *carbon black* (Song Et al., 2016). Hal ini menunjukkan bahwa bahan pengisi *carbon black* memiliki efek penguatan pada sifat fisik, terutama *carbon black* yang berukuran butiran kecil (Setyadewi, et al., 2020). Akan tetapi penggunaan bahan pengisi *carbon black* yang berlebihan akan menurunkan nilai dari kekuatan tarik tersebut. Hal tersebut disebabkan karena, jika *carbon black* yang ditambahkan semakin banyak, akan mengganggu dispersi kompon (Farida Et

al., 2019).

Pada Gambar 3 nilai kuat tarik akan mengalami penurunan pada angka 55 Phr. Hal ini karena kekuatan tarik dan ketahanan sobek karet akan meningkat dengan penambahan bahan pengisi *carbon black*, tetapi pada jumlah tertentu nilai dari kuat tarik dan ketahanan sobek mengalami penurunan (Mayasari & Yuniari, 2016). Terjadi penurunan nilai kekuatan tarik dan kekuatan sobek ketika ditambahkan *carbon black* disebabkan karena meningkatnya kerapuhan senyawa karet (Al-maamori *et al*, 2015). Dari data percobaan, didapatkan persamaan model matematis yang menghubungkan jumlah Phr *carbon black* dengan kekuatan tarik produk yang ditunjukkan pada persamaan (1).

$$Y = -0,1048X^2 + 11,2X - 105,8 \quad (1)$$

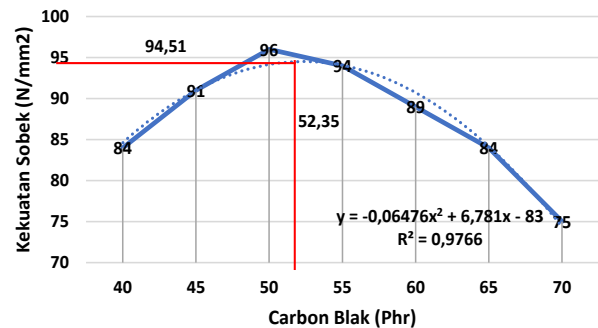
Dengan koefisien determinasi (R^2)= 0.9505.

Pada gambar 14 diperoleh nilai terbaik kuat tarik hasil percobaan pada komposisi 50 Phr, yang memiliki nilai 196 N/mm². Sementara nilai optimum didapatkan dari persamaan model yang dihitung adalah pada titik 53,43 Phr, dengan nilai 193,43 N/mm².

Hasil Pengujian Ketahanan Sobek

Ketahanan sobek merupakan besarnya tenaga yang dibutuhkan untuk menarik potongan uji yang telah diberikan sampai

putus. Grafik hasil pengujian ketahanan sobek ditunjukkan pada Gambar 4.



Gambar 4. Grafik Hasil Uji Ketahanan Sobek dengan Variasi Jumlah *Carbon Black*

Gambar 4 menunjukkan bahwa semakin bertambahnya pengisi *carbon black* maka akan meningkatkan nilai ketahanan sobek. Ketahanan sobek dipengaruhi oleh ukuran partikel dan luas permukaan filler, dimana semakin meningkat jumlah filler yang ditambahkan maka nilai ketahanan sobek akan semakin meningkat (Prasetya, 2016; Haghigat, *Et al.*, 2005; Moonchai *Et al*, 2012). Pada hasil uji ketahanan sobek, semua dosis penambahan *carbon black* memenuhi syarat mutu uji sesuai SNI 06-3568-2006 dengan batas minimal ketahanan sobek 70 N/mm². Pada hasil percobaan didapatkan kekuatan sobek maksimum pada penambahan 50 Phr *carbon black*. Sedangkan setelah dibuat persamaan model matematis seperti ditunjukkan pada persamaan (2), didapatkan titik maksimum penambahan *carbon black* adalah sebanyak 52,35 Phr dengan kekuatan sobek sebesar 94,51

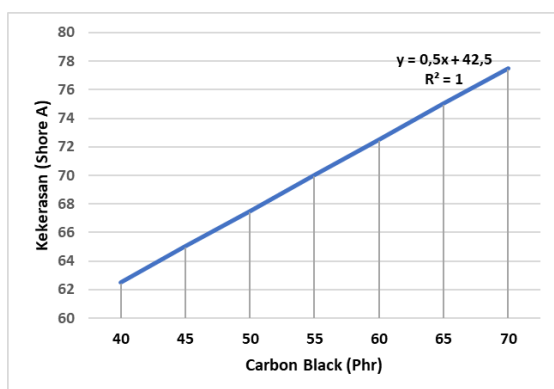
N/mm².

$$Y = -0,06476 X^2 + 6,781X - 83 \quad (2)$$

Model matematis persamaan (2) memiliki koefisien determinasi (R^2) = 0.9766, sehingga model dianggap dapat menjelaskan variable dependen (kekuatan sobek dengan baik).

Hasil Pengujian kekerasan

Uji kekerasan dilakukan untuk mengetahui besarnya vulkanisat karet yang dilakukan dengan menggunakan kekuatan penekanan tertentu. Nilai kekerasan dipengaruhi oleh banyaknya ikatan silang yang terbentuk. Pengujian kekerasan karet dilakukan dengan menggunakan alat Durometer Shore A. Nilai kekerasan ditentukan oleh penetrasi jarum identer pengukur durometer kedalam sampel. Grafik hasil pengujian kekerasan ditunjukkan pada Gambar 5.



Gambar 5. Grafik Hasil Uji Kekerasan dengan Variasi Jumlah *Carbon Black*

Berdasarkan grafik hasil uji kekerasan pada

Gambar 5 terjadi peningkatan kekerasan 2,5 shore A/5 Phr. Hal ini sesuai dengan pendapat Sidabutar yaitu penambahan bahan pengisi *carbon black* terhadap kompon karet akan menambah kekerasan sebesar 0,5 shore A/1 Phr (Sidabutar, 2014). Pada hasil uji kekerasan, semua dosis penambahan *carbon black* memenuhi syarat mutu uji sesuai SNI 06-3568-2006 dengan nilai 50 – 80 shore A. Hal ini sesuai dengan penelitian menurut Salehi et al., (2016) bahwa *carbon black* N330 memiliki ukuran partikel terkecil yaitu 31 nm dan luas permukaan terbesar 78 m²/g. Ukuran partikel *carbon black* yang kecil membentuk vulkanisat dengan kekerasan yang tinggi. Dengan bertambahnya luas permukaan kontak *carbon black* dengan molekul karet alam diikuti dengan peningkatan jumlah molekul karet yang berikatan dengan *agregat carbon black* sehingga turut meningkatkan derajat ikatan silang dalam vulkanisat karet.

KESIMPULAN

Penelitian ini tujuan untuk mencari nilai optimum penambahan *carbon black* pada produk karet bantalan dermaga. Performa penambahan carbon black diukur dari beberapa pengujian fisis, antara lain pengujian kuat tarik, ketahanan sobek dan kekerasan. Dari penelitian didapatkan model matematis yang mengkorelasikan

antara jumlah penambahan carbon black dengan kuat tarik, ketahanan sobek, dan kekerasan produk. Selanjutnya, didapatkan titik maksimum performansi produk karet yang didapatkan. Dari hasil perhitungan, didapatkan titik optimum kuat tarik adalah 50 Phr carbon black, dimana dari model didapatkan formulasi optimum 54,4 Phr. Perhitungan kekuatan sobek, dihasilkan titik optimum pada penambahan 50 Phr carbon black dan 52,35Phr dari model matematis yang dihasilkan. Dengan menggunakan penelitian ini, perusahaan dapat menentukan jumlah penambahan carbon black secara tepat untuk mencapai sifat fisis yang diinginkan dengan jumlah penambahan bahan yang efisien.

DAFTAR PUSTAKA

- Al-maamori. M. H., Al-zubaidi A.A.A., Subehs. A. A. (2015). Effect of Carbon Black on Mechanical and Physical Properties of Acrylonitrile Butadiene Rubber (NBR) Composite. *Academic Research International*, 6(2).
- Auchter J.F., (2005). *Chemical Economics Handbook: Carbon Black*. Menlo Park, CA, SRI Consulting.
- Farida, E., Bukit, N., Ginting E.M., Bukit, B.F. (2019). The Effect of Carbon Black Composition in Natural Rubber Compound. *Case Studies in Thermal Engineering*, 16.
- Fitriyanti, (2020). *Analisis kapasitas fender tipe V pada dermaga curah pelabuhan garongkong kabupaten barru*. Skripsi. Departemen Kelautan Universitas Hasanudin
- Haghighat, M., Zadhoush, A., Khorasani, S.N., (2005). Physicomechanical properties of alpha-cellulose-filled styrenebutadiene rubber composites. *Journal of Applied Polymer Science*, 96 (6), 2203–2211
- Kantala, C., Wimolmala, E., Sirisinha, C., Sombatsompop, N., (2009). Reinforcement of compatibilized NR/NBR blends by fly ash particles and precipitated silica. *Polymer Advanced Technology*, 20(5), 448-458.
- Maryanti., Delvitasari, Febrina., Winarto. (2018). Pengaruh Ukuran Partikel dan Jumlah Carbon Black terhadap Kekerasan dan Kekuatan Tarik Kompon Karet untuk Pembuatan Footstep Sepeda Motor. *Prosiding Seminar Nasional Pengembangan Teknologi Pertanian*, 319-324
- Mayasari, H. E., & Yuniari, A. (2016). Effect of vulcanization system and carbon black on mechanical and swelling properties of EPDM blends. *Majalah Kulit, Karet, Dan Plastik*, 32(1),59.
- Moonchai, D., Moryadee, N., Pooosodsang, N., (2012). Comparative properties of natural rubber vulcanisates filled with defatted rice bran, clay and calcium carbonate. *Maejo International Journal of Science and Technology*, 6(2), 249.
- Nuyah& Susilawati, N. (2015). Pemanfaatan Abu Sekam Padi sebagai Bahan Pengisi pada Pembuatan Tegel Karet. *Jurnal Dinamika Penelitian Industri*, 26 (2):135-132.
- Prasetya, H.A., (2016). Pengaruh Bahan Pengisi Arang Aktif Tempurung Kelapa dan Pelunak Minyak Biji Karet pada Karakteristik Karet Wiper Blade. *Jurnal Dinamika Penelitian Industri*, 27 (1), 31-39.

- Salehi, M.M., Khalkhali T., Soleyman, R., Barari, M. (2016). Effect of Carbon Black Type on the Thermal Properties of Fluoroelastomer. *European Journal of Advances in Engineering and Technology*, 3(2), 27-30.
- Setyadewi, N. M., Susiani. E., Radnawati. E. (2020). Pengaruh variasi jumlah bahan pengisi carbon black terhadap sifat mekzrfxanik dan karakteristik karet alam pangingat bentuk. *Jurnal Kimia Riset*, 5(2), 100-107
- Seyvet, O., & Navard, P. (2000). Collision-induced dispersion of agglomerate suspensions in a shear flow. *Journal of Applied Polymer Science*, 78, 1130-1133.
- Sidabutar, V. T. P. (2014). *Kajian literatur modifikasi kekerasan kompon ditinjau dari elastomer, bahan pengisi process oil dan accelerator*. Karya Tulis Ilmiah. Balai Besar Pendidikan dan Pelatihan Ekspor. Jakarta
- Sommer, J. G. (2009). *Engineered Rubber Product, Introduction to Design, Manufacture and Testing*. Hanser Publications, Munich.
- Song, L., Li, Z., Chen, L., Zhou, H., Lu, A., Li, L. (2016). The Effect of Bound Rubber on Vulcanization Kinetics in Silica Filled Silicone Rubber. *RSC Adv*, 6.
- Susilawati, N., Roza, F. dan Rifki, T.S. (2019). Pengaruh Komposit SBR dan Karet Alam dengan Pengisi Karbon Hitam Terhadap Sifat Fisik dan Ketahanan Usang Vulkanisat. *Jurnal Dinamika Penelitian Industri*, 30(2).
- Wulung, R.B.S., & Rifai, M.Z. (2020). Minimize the solid waste by reducing the rubber compound consumption in the outsole manufacturing company. *Applied Mechanics and Materials*. 898, pp. 39-44.