



e-ISSN Number
2655 2967

Available online at <https://jurnal.teknologiindustriumi.ac.id/index.php/JCPE/index>

Journal of Chemical Process Engineering

Volume 5 Nomor 2 (2020)



SINTA Accreditation Number
28/E/KPT/2019

Pengaruh Suhu dan Waktu Reaksi Hidrogenasi Pembuatan Bahan Pelunak Kompon Karet Dari Minyak Jarak

*(Effect of Temperature and Hydrogenation Reaction Time of Making Rubber Compound
Softener from Castor Oil)*

La Ifa*, Ruslan Kalla, Muhammad Fajar Rasyidin, Rezky Windisari Natsir

Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Muslim Indonesia

Jalan Urip Sumoharjo Km 05 Makassar, Sulawesi Selatan, Indonesia 90231

Inti Sari

Bahan pelunak karet salah satu bahan kimia yang ditambahkan saat pembuatan kompon karet. Bahan pelunak pada pembuatan kompon karet saat ini banyak digunakan berasal dari minyak bumi. Minyak Jarak mengandung ikatan rangkap dapat digunakan sebagai bahan pelunak. Ikatan rangkap dirubah menjadi ikatan tunggal dengan proses hidrogenasi. Tujuan penelitian ini untuk mempelajari pengaruh suhu dan waktu reaksi hidrogenasi minyak jarak terhadap kualitas bahan pelunak serta untuk mengetahui pengaplikasian bahan pelunak terhadap kuat tarik kompon karet.. Reaksi hidrogenasi dipelajari pada suhu 40, 50, 60 dan 70°C dan waktu reaksi selama 1, 3 dan 5 jam. Minyak jarak dimasukan kedalam reaktor labu leher tiga 500 mL yang dilengkapi dengan pengaduk magnetis. Kedalam minyak jarak ditambahkan metanol 2 M, ditambahkan hidrogen peroksida 0,6 M dan katalis $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ sebanyak 1 gr. Minyak jarak terhidrogenasi kemudian dipindahkan kedalam corong pisah untuk dimurnikan secara dekantasi. Lapisan atas sebagai produk disaring dan dianalisa. Minyak jarak terhidrogenasi dikarakterisasi sifat kimianya meliputi bilangan iod dan derajat hidrogenasi. Penentuan gugus fungsi dengan spektroskopi FTIR dan kuat tarik. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kondisi terbaik pada suhu 40 °C dan waktu 1 jam diperoleh bilangan iod 62,09% dan derajat hidrogenasi 30,62%. Aplikasi bahan pelunak terhadap kompon karet diperoleh kuat tarik 0.7404N/mm²

Kata Kunci: Minyak Jarak,
Bahan Pelunak, Hidrogenasi,
Kompon Karet

Key Words : *Castor Oil,*
Softeners, Hydrogenation,
Rubber Compounds

Abstract

Rubber softener is one of the chemicals added when making rubber compound. Currently, the softener material in making rubber compound is mostly used from petroleum. Castor oil containing double bonds can be used as a softening agent. The double bonds are converted into single bonds by the hydrogenation process. The purpose of this study was to study the effect of temperature and reaction time for hydrogenation of castor oil on the quality of the softening agent and to determine the application of the softener to the tensile strength of the rubber compound. Hydrogenation reactions were

Published by

Department of Chemical Engineering
Faculty of Industrial Technology
Universitas Muslim Indonesia, Makassar

Address

Jalan Urip Sumohardjo km. 05 (Kampus 2 UMI)
Makassar- Sulawesi Selatan

Corresponding Author :

la.ifa@umi.ac.id



Journal History

Paper received : 05 Agustus 2020

Received in revised : 20 Agustus 2020

Accepted : 18 Desember 2020

studied at temperatures of 40, 50, 60 and 70°C and reaction times of 1, 3 and 5 hours. The castor oil is fed into the 500 mL three-neck flask which is equipped with a magnetic stirrer. To the castor oil 2 M methanol was added, 0.6 M hydrogen peroxide was added and 1 g of $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ catalyst. The hydrogenated castor oil is then transferred into a separating funnel to be purified by decantation. The top layer as a product is filtered and analyzed. The chemical characteristics of hydrogenated castor oil include iodine number and degree of hydrogenation. Determination of functional groups using FTIR spectroscopy and tensile strength. The results showed that the best conditions at a temperature of 40 °C and 1 hour of time obtained iodine number 62.09% and degree of hydrogenation 30.62%. Application of softener to rubber compound obtained tensile strength of 0.7404N / mm²

PENDAHULUAN

Indonesia merupakan negara penghasil dan pengeksportir karet alam urutan kedua dunia setelah Thailand [1],[2],[3]. Dua kategori produk karet komersial adalah karet alam dan karet sintetis. Karet alam dihasilkan dari lateks yang diperoleh dari pohon karet. Bentuk murni alami karet adalah poliisoprena kimia, yang juga dapat diproduksi secara sintetis. Karet sintetis dibuat dari polimerisasi berbagai monomer termasuk isoprena (2-metil-1,3-butadiena), 1,3-butadiena, kloroprena (2-kloro-1,3-butadiena), dan isobutilena (methylpropene) dengan persentase kecil isoprena untuk ikatan silang [4].

Proses pembuatan produk karet alam dibutuhkan kompon karet. Kompon karet dibuat dari campuran polimer (karet alam sebagai bahan utama), bahan pelunak (*rubber plasticizer*), bahan aditif, bahan pengisi dan bahan-bahan kimia yang yang lain dicampur sampai merata[4]. Bahan pelunak berfungsi untuk menyusun struktur molekul bahan penyusun kompon agar mudah dibentuk mengurangi modulus dan kekerasan. Pengerasan akan mengakibatkan kualitas produk barang jadi karet menurun. Bahan pelunak saat ini banyak digunakan berasal dari minyak bumi (petroleum oil) yaitu jenis minyak mineral seperti parafinik, naftenik dan aromatik [5]; [6].

Minyak nabati seperti minyak sawit, minyak kedelai, minyak jarak, minyak biji bunga matahari, minyak biji rami, minyak kacang tanah, dan minyak biji kapas mengandung ikatan rangkap[7]. Beberapa studi penelitian telah dilakukan mengenai metode penggunaan minyak nabati sebagai bahan pelunak memerlukan modifikasi kimiawi terhadap struktur rantai molekul minyak nabati tersebut misalnya secara epoksidasi [2], grafting [8] dan hidrogenasi sehingga dapat mengubah sifat fisiknya[9]

Hidrogenasi adalah proses penambahan hidrogen pada ikatan rangkap dari rantai atom karbon minyak atau asam lemak sehingga mengurangi tingkat ketidakjenuhan minyak atau asam lemak tersebut. Reaksi hidrogenasi akan memutus ikatan rangkap tak jenuh C=C dalam molekul minyak nabati menjadi ikatan tunggal jenuh C-C sehingga menyerupai rantai molekul pada minyak mineral parafinik [9].

Penelitian yang dilakukan oleh [10] mengenai metode reaksi hidrogenasi minyak jarak dengan mempelajari pengaruh konsentrasi pereaksi dan suhu reaksi. Hidrogenasi mengindikasikan bahwa kondisi optimal reaksi hidrogenasi diperoleh pada konsentrasi N_2H_2 55% dan suhu reaksi 40°C.. Penelitian yang dilakukan oleh [9]. mengenai reaksi transfer hidrogenasi minyak jarak kastor serta aplikasinya sebagai bahan pelunak kompon karet. Mempelajari rasio mol hidrasina hidrat terhadap hidrogen peroksida dan pengaruh waktu reaksi.

Tujuan penelitian ini adalah untuk mempelajari pengaruh suhu dan waktu reaksi hidrogenasi minyak jarak terhadap kualitas bahan pelunak serta untuk mengetahui aplikasi bahan pelunak terhadap kompon karet menggunakan katalis $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$.

METODE PENELITIAN

Bahan utama yang digunakan dalam pembuatan bahan pelunak secara reaksi hidrogenasi ini adalah minyak jarak diperoleh dari CV Citra Persada Makasar. Metanol, hydrogen peroksida (H_2O_2) 3 %, katalis $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$, reagen Wijs, natrium tiosulfat ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$), kalium iodida (KI), indikator kanji ($\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_5$), kloroform (CHCl_3), alkohol 95%, indikator fenolftalein (PP), kalium hidroksida (KOH), kertas pH dan akuades diperoleh dari CV Intraco Makassar.

Peralatan utama yang digunakan dalam penelitian meliputi reactor labu leher tiga yang dilengkapi dengan kondesor, termometer, water bath dan pelat pemanas (*hot plate*) dengan pengaduk magnet (*magnetic stirrer*). Peralatan pendukung lainnya alat-alat gelas seperti labu ukur, corong pisah, erlenmeyer, pipet skala, gelas ukur, buret, dan *stopwatch*. Peralatan untuk identifikasi gugus fungsi menggunakan Fourier Transform Infra Red (FTIR). Peralatan untuk preparasi kompon berupa gilingan terbuka (*open mill*), serta reometer MDR 2000.

Tahap I Proses Reaksi Hidrogenasi

Prosedur proses hidrogenasi mengacu pada penelitian [9]. Tahapan penelitian sebagai berikut: Reaksi hidrogenasi diawali dengan menetapkan variabel penelitian. Variasi penelitian yang digunakan adalah suhu 40, 50, 60 dan 70°C dan waktu 1, 3 dan 5 jam dengan kecepatan pengadukan konstan. Setelah mencapai suhu sesuai variabel penelitian selanjutnya sebanyak 100 mL minyak jarak dimasukkan kedalam reaktor lau leher tiga 500 mL. Kedalam minyak jarak ditambahkan sebanyak 150 mL metanol (CH₃OH) 2 M, 75 ml hidrogen peroksida (H₂O₂) 0,6 M dan katalis CuSO₄.5H₂O sebanyak 1 gr. Reaksi berlangsung pada suhu sesuai variabel penelitian. Suhu reaksi diukur dengan termometer agar tetap konstan sampai terbentuk minyak jarak terhidrogenasi. Setelah itu minyak jarak terhidrogenasi kemudian dipindahkan kedalam corong pisah untuk dimurnikan secara dekantasi. Lapisan atas sebagai produk disaring dan dianalisa. Sedangkan lapisan bawah dibuang. Minyak jarak terhidrogenasi dikarakterisasi sifat kimianya meliputi bilangan iod, derajat hidrogenasi, bilangan asam, penentuan gugus fungsi dan kuattarik. Pengujian spektrofotometri FTIR dilakukan untuk mengidentifikasi gugus fungsional sampel minyak jarak dan minyak jarak terhidrogenasi.

Tahap II Analisa Minyak Jarak Terhidrogenasi

Pengujian dilakukan dengan menggunakan metode penentuan bilangan iod dan bilangan asam sesuai dengan SNI 01-3555-1998. Rumus untuk menghitung bilangan iodin dengan menggunakan persamaan (1) [9]:

$$\begin{aligned} & \text{Bilangan iod} \\ & = \frac{12,69 \times T \times (V_1 - V_2)}{m} \end{aligned} \quad (1)$$

Dimana :

- 12,96 = konstanta bilangan iodin
- T = normalitas larutan standar tiosulfat
- V₁ = volume larutan standar tiosulfat (mL) untuk blanko
- V₂ = volume larutan standar tiosulfat (mL) untuk sampel
- m = berat sampel

Rumus untuk menghitung bilangan asam dengan menggunakan persamaan (2)

$$\begin{aligned} & \text{Bilangan asam} \\ & = \frac{V \times T \times 56,1}{m} \end{aligned} \quad (2)$$

Dimana

- V = volume KOH untuk titrasi (mL)
- T = Normalitas KOH (0,1 N)
- M = berat sampel (gr)

Derajat hidrogenasi merupakan hasil konversi bilangan iod minyak terhidrogenasi. Derajat hidrogenasi dalam minyak terhidrogenasi dapat dihitung berdasarkan persamaan (3) [9]:

$$\begin{aligned} & \text{Derajat hidrogenasi (\%)} \\ & = \frac{(C_o - C_i)}{C_o} \times 100\% \end{aligned} \quad (3)$$

Dimana:

- C_o = bilangan iod minyak murni sebelum hidrogenasi
- C_i = bilangan iod minyak setelah hidrogenasi

Tahap III Pembuatan Kompon Karet

Pembuatan kompon diawali dengan mastikasi karet hingga menjadi plastis dan lunak dengan digiling dalam *open mill*. Kedalam karet yang telah plastis ditambah dengan bahan kimia dalam pembuatan kompon karet. Kompon karet terus digiling dalam *open mill* hingga menjadi homogen dan dilakukan pengamatan kinerja bahan pelunak terhadap waktu. Kompon karet yang diperoleh didiamkan selama 20 jam pada suhu ruang agar dispersi bahan kimia karet semakin merata didalam matriks karet.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil uji bilangan iod, bilangan asam dan derajat hidrogenasi dirangkum pada Tabel 1. Hasil karakterisasi bilangan iod dan bilangan asam minyak jarak masing-masing 89,50 g iod/ 100 g minyak dan 5,00 g KOH/ g minyak.

4.1 Pengaruh Suhu Terhadap Bilangan Iodin dan Derajat Hidrogenasi.

Bilangan iod merupakan parameter utama kesempurnaan reaksi hidrogenasi. Bilangan iod menggambarkan tingkat ketidak jenuhan suatu senyawa (dalam bentuk ikatan C rangkap dua dan tiga) [11]. Minyak jarak (*castor oil*) yang belum terhidrogenasi memiliki bilangan iod awal sebesar 89,50 dapat dilihat pada Tabel 1. Tabel 1 menunjukkan bahwa bilangan iod minyak jarak setelah proses reaksi hidrogenasi lebih rendah dibandingkan dengan minyak jarak yang belum melalui reaksi hidrogenasi. Menurut [12] reaksi hidrogenasi menyebabkan penurunan bilangan iod karena terjadi perubahan struktur dari ikatan tak jenuh menjadi ikatan jenuh. Reaksi hidrogenasi terjadi melalui dua tahapan. Pertama, reaksi oksidasi metanol oleh hidrogen peroksida menghasilkan senyawa aktif. Selanjutnya, senyawa tersebut akan mengadisi ikatan rangkap C=C menjadi ikatan tunggal C-C pada struktur rantai molekul karet alam [13].

Tabel 1 menunjukkan bahwa penurunan bilangan iod yang signifikan terjadi pada suhu 40 °C selama 1 jam yakni 62,09%. Hal ini kemungkinan disebabkan karena konsentrasi metanol dan hidrogen peroksida sudah optimal menghidrogenasi seluruh ikatan rangkap minyak jarak. Nilai bilangan iod pada kondisi ini lebih rendah dari bilangan iod yang dilaporkan [9] yakni 90,58% [9].

Derajat hidrogenasi merupakan konversi dari minyak jarak terhidrogenasi. Derajat hidrogenasi ditentukan dengan menghitung penurunan bilangan iod. Penurunan bilangan iod dapat dijadikan sebagai indikasi terjadinya pemutusan ikatan rangkap dalam molekul minyak sebagai akibat dari reaksi hidrogenasi [9]

Derajat hidrogenasi minyak jarak terhidrogenasi dapat dilihat pada Tabel 1. Tabel 1 menunjukkan bahwa pada waktu 1 jam dengan suhu 40 °C menunjukkan nilai derajat hidrogenasi yang paling tinggi yaitu sebesar 30,62% hal ini diketahui

bahwa meningkatnya persen hidrogenasinya maka jumlah ikatan rangkap yang menjadi jenuh semakin banyak. Nilai derajat hidrogenasi pada penelitian ini lebih besar dari penelitian [9] untuk kapasitas 500 ml minyak/batch yakni 20,51% [9].

Tabel 1. Pengaruh Suhu Hidrogenasi minyak jarak terhidrogenasi pada waktu 1; 3; 5 jam terhadap bilangan iod, bilangan asam dan derajat hidrogenasi

Suhu Reaksi (°C)	Bilangan Asam	Bilangan Iod	Derajat Hidrogenasi
Waktu Reaksi 1 jam			
0	5,00	89,50	0
40	6,75	62,09	30,62
50	6,95	75,50	15,64
60	7,00	74,64	16,60
70	7,35	74,22	16,82
Waktu Reaksi 3 jam			
40	7,25	73,29	18,11
50	7,39	77,37	13,55
60	8,35	75,89	15,20
70	9,54	89,13	4,88
Waktu Reaksi 5 jam			
40	9,97	77,00	13,96
50	8,38	68,06	23,95
60	7,99	78,55	12,23
70	7,57	80,87	9,64

4.2 Pengaruh Waktu Terhadap Derajat Hidrogenasi

Waktu reaksi 3 jam dan 5 jam menunjukkan penurunan bilangan iodin lebih kecil. Hal ini kenaikan waktu kemungkinan terjadi dekomposisi hidrogen peroksida membentuk oksigen dan air.

Persen derajat hidrogenasinya cenderung menurun, seiring dengan peningkatan waktu reaksi hal ini berarti setelah waktu reaksi 1 jam dengan suhu 40 °C tidak lagi terjadi proses hidrogenasi, kemungkinan tapi terjadi reaksi samping yaitu pemutusan rantai molekul dari bahan pelunak kompon karet. Waktu terbaik diperoleh pada waktu 1 jam dengan derajat hidrogenasi 30,62%.

4.3 Analisis Spektroskopi FTIR Minyak Jarak Terhidrogenasi

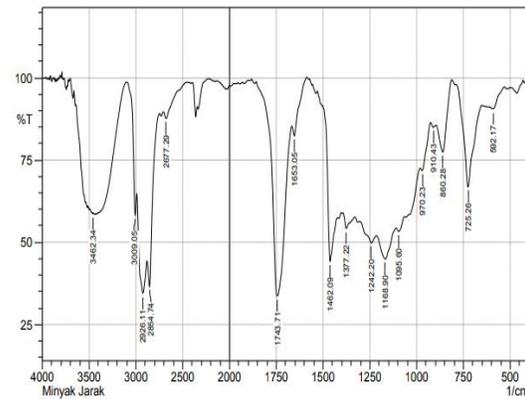
Analisa infra merah yang dilakukan pada sejumlah sampel bertujuan untuk melihat gugus fungsi yang terdapat dalam suatu senyawa melalui pengamatan pada daerah serapan (bilangan gelombang) yang dihasilkan [14].

Hasil analisis dengan sinar infra merah berbentuk grafik dengan system koordinat kartesian yang mana ordinatnya merupakan % Transmittansi dan absisnya merupakan bilangan gelombang (cm^{-1}) seperti pada Gambar 6 dan Gambar 7. Dari Gambar 6 menunjukkan bahwa sampel tersebut mengandung gugus hidroksil dengan bilangan gelombang $3463,34\text{cm}^{-1}$. [15] melaporkan bahwa serapan pada $3433,29\text{cm}^{-1}$ dan pada bilangan gelombang $3332,99\text{cm}^{-1}$ merupakan serapan (O-H alkohol). Bilangan gelombang $2928,11\text{cm}^{-1}$, $2854,74\text{cm}^{-1}$ dan $2877,20\text{cm}^{-1}$ menunjukkan adanya gugus CH_2 dan CH_3 dan bilangan gelombang $1743,71\text{cm}^{-1}$ pada sampel menunjukkan adanya ikatan C – O pada ester.

Keberadaan gugus ikatan rangkap dua (C = C) minyak jarak diperlihatkan pada transmisi bilangan gelombang peak $1653,05\text{cm}^{-1}$ dan bilangan gelombang $3009,05\text{cm}^{-1}$ adanya gugus alkena. Intensitas puncak serapan ini sedikit berkurang bahkan hilang (bilangan gelombang $3009,05\text{cm}^{-1}$) pada spektra FTIR sebagai akibat terkonversinya ikatan C=C menjadi C-C. Hasil ini mirip dengan yang dilaporkan [11]. yakni pada bilangan gelombang $1663,02\text{cm}^{-1}$ [11].

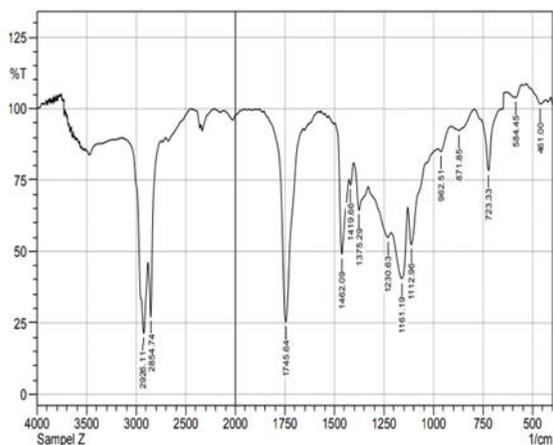
Pada Gambar 7 juga nampak bahwa serapan gugus karbon tidak jenuh sudah hilang pada transmisi bilangan gelombang $1653,05\text{cm}^{-1}$ dan bilangan gelombang $3009,05\text{cm}^{-1}$ menghasilkan senyawa baru yakni asam 12- hidroksi stearat ($\text{C}_{18}\text{H}_{36}\text{O}_3$). Hal inimenunjukkan bahwaikatan rangkap yang terdapat dalam sampel terkonversi menjadi asam 12- hidroksi stearat ($\text{C}_{18}\text{H}_{36}\text{O}_3$). Pada Gambar 7 serapan gugus hidroksil terjadi dehidroksilasi akibat pemanasan. Hal ini sangat diharapkan, karena semakin banyak epoksida yang terkonversi menjadi polyhidroksi alkohol, maka semakin banyak bilangan hidroksil atau gugus OH yang dimiliki polihidroksi alkohol tersebut. Pada Gambar 6 nampak terlihat bahwa spektra gugus C = O (karbonil) nya untuk bahan baku pada bilangan gelombang $1743,71$ dan pada Gambar 7 untuk produk. Nampak bahwa tidak terdapat perubahan yang signifikan pada bilangan gelombang

$1745,64$. Ini menunjukkan bahwa reaksi oksidasi tidak terjadi pada gugus karbonil tetapi pada gugus alkenanya (ikatan rangkap tidak jenuh). Sayekti et al., (2015) melaporkan bahwa serapan yang khas dan kuat pada bilangan gelombang $1728,22\text{cm}^{-1}$ (vibrasi rentangan C=O).



Gambar 6. Spektrum FTIR minyak jarak murni sebelum terhidrogenasi

Perbandingan spektrum IR sebelum dan setelah hidrogenasi Gambar. 6 dan 7, menunjukkan perubahan IR yang terjadi selama hidrogenasi minyak jarak. Perubahan utama adalah berubah menjadi menghilangnya $1653,05\text{cm}^{-1}$ dari ikatan rangkap minyak jarak.



Gambar 7. Spektrum FTIR Minyak jarak terhidrogenasi kondisi optimum reaksi suhu $40\text{ }^{\circ}\text{C}$ waktu 1 jam

Dari spektroskopi FTIR minyak jarak sebelum hidrogenasi pada Gambar 6 ditemukan adanya gugus fungsi ikatan rangkap C=C (bilangan gelombang peak

1653,05 cm^{-1}). Hal ini menunjukkan bahwa pada minyak jarak merupakan asam lemak tak jenuh dimana mengandung asam lemak di dalamnya.

Dari Gambar 7 terjadi penurunan luas area pada serapan gugus C-OH pada waktu 1 jam dengan suhu 40 °C dimana bilangan gelombang peak 3463,34 cm^{-1} (O-H alkohol) berarti adanya pemutusan ikatan rangkap yang terhidrogenasi menjadi ikatan jenuh.

4.4 Analisis Uji Kuat Tarik Kompon Karet

Kekuatan tarik (*Tensile Strength*) merupakan pengujian fisik kompon karet yang terpenting sehingga dari pengujian ini dapat diketahui waktu vulkanisasi optimum suatu kompon karet [16]. Nilai kekuatan tarik kompon pabrikan yaitu 6,89[17]

Tabel 2. Hasil analisa uji kuat tarik kompon karet

Sampel	Satuan	Hasil
Menggunakan bahan pelunak	N/mm ²	0.7404
Tanpa bahan pelunak	N/mm ²	0,0234

Tabel .2 dapat dilihat bahwa uji kekuatan tarik diperoleh kompon karet tidak menggunakan bahan pelunak memiliki nilai kekuatan tarik yang lebih rendah dibandingkan dengan kompon karet yang menggunakan bahan pelunak. Hasil ini lebih rendah dari penelitian [18]. Semakin banyak *carbon black* yang ditambahkan semakin rendah kekuatan tarik yang diperoleh. Hal ini diduga karena penggunaan *carbon black* yang semakin banyak dapat membuat elastisitas dari vulkanisat kare tberkurang dan mengakibatkan vulkanisat karet lebih mudah mengalami pemutusan rantai polimernya[17]. Penggunaan bahan pengisi *carbon black* juga mempengaruhi kekerasan pada kompon. Hasil uji karakteristik sifat fisik memiliki nilai uji kuat tarik di dibawah standar kompon pabrikan.

KESIMPULAN

1. Pengaruh suhu reaksi hidrogenasi minyak jarak terhadap kualitas bahan pelunak diperoleh kondisi terbaik pada suhu 40 °C dengan bilangan iod 62,09%.
2. Pengaruh waktu reaksi hidrogenasi minyak jarak terhadap kualitas bahan pelunak diperoleh kondisi terbaik pada 1 jam dengan derajat hidrogenasi 30,62%

3. Aplikasi bahan pelunak terhadap kompon karet diperoleh kuat tarik 0.7404N/mm²

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih kepada Rektor UMI atas biaya yang diberikan melalui penelitian internal UMI.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] H. Prastanto, Y. Firdaus, S. Puspitasari, A. Ramadhan, and A. F. Falaah, "Studi Kinerja Kompon Karet Alam Tanpa Bahan Pengisi Sebagai Bahan Pemoifikasi Aspal Panas (Study on the Performance of Unfilled Natural Rubber Compound as Modifier for Hot Asphalt)," *Indones. J. Nut rubb. Res.*, vol. 36, no. 2, pp. 157–164, 2018.
- [2] H. Handayani, D. R. Maspanger, and C. L. Radiman, "Peningkatan ketahanan oksidasi karet alam melalui pengikatan antioksidan 4-aminodifenilamina secara kimia (The improvement of natural rubber oxidation resistance through 4-aminodiphenylamine chemical bonding)," *Maj. Kulit, Karet, dan Plast.*, vol. 32, no. 2, pp. 65–74, 2016.
- [3] A. Vachlepi, "Peningkatan mutu blanket karet alam melalui proses predrying dan penyemprotan asap cair," *Maj. Kulit, Karet, dan Plast.*, vol. 33, no. 1, pp. 1–9, 2017.
- [4] R. Brentin and P. Sarnacke, *Rubber Compounding*, no. September. 2011.
- [5] N. Nasruddin, "Karakteristik Sifat Mekanik Solid Tyre Dengan Bahan Pengisi Dan Pelunak Berbasis Sumber Daya Alam Lokal," *J. Din. Penelit. Ind.*, vol. 28, no. 1, pp. 20–31, 2017.
- [6] M. Oktaviani, B. Santoso, and A. T. Bondan, "Pengaruh Penambahan Berbagai Minyak Nabati Sebagai Bahan Pelunak Terhadap Sifat Fisisk Produk Karet Sol Sepatu," in *Prosiding Seminar Nasional II Hasil Litbangyasa Industri*, 2019, pp. 120–128.
- [7] L. Ifa, Sumarno, Susianto, and Mahfud, "Model kinetika reaksi pembentukan polyol berbasis minyak sawit," *Reaktor*, vol. 14, pp. 1–8, 2012.
- [8] A. H. Ritonga, B. Aritonang, and L. I. P. Zai, "Modifikasi Kopolimer Karet Alam Siklis Grafting Asam Oleat Menggunakan Inisiator

- Benzoil Peroksida Dan Bahan Pengisi Bentonit-Cetil Trimetil Amonium Bromida,” *J. Kim. Mulawarman*, vol. 16, no. 1, pp. 42–48, 2018.
- [9] S. Puspitasari, A. Cifriadi, K. Krisnawati, and T. T. Irawadi, “Reaksi transfer hidrogenasi minyak jarak kastor serta aplikasinya sebagai bahan pelunak kompon karet (Transfer hydrogenation of castrol oil and its implementation as rubber plasticizer),” *Maj. Kulit, Karet, dan Plast.*, vol. 32, no. 2, pp. 85–98, 2016.
- [10] S. Puspitasari and A. Cifriadi, “Preparation of Natural Plasticizer for Rubber Compound by Castor Oil Hydrogenation,” *Indones. J. Nat. Rubb. Res*, vol. 32, no. 1, pp. 56–64, 2014.
- [11] W. Andriani, S. Puspitasari, A. N. Z. Wydiantoro, and M. Muslich, “Evaluasi Jenis Bahan Penstabil Dan Koagulan Lateks Pada Sistem Reaksi Hidrogenasi Katalitik Lateks Karet Alam Skala Semi Pilot (Evaluation of Latex Stabilizer and Coagulant in the Catalytic Hydrogenation of Natural Rubber Latex System at Semi Pilot Scale),” *J. Penelit. Karet*, vol. 36, no. 1, pp. 89–100, 2018.
- [12] S. Puspitasari and A. Cifriadi, “Katalitik transfer hidrogenasi lateks karet alam dengan senyawa diimida pada skala semi pilot,” *Maj. Kulit, Karet, dan Plast.*, vol. 33, no. 2, p. 85, 2017.
- [13] A. N. Z. Widiyantoro, “Pembuatan Karet Alam Terhidrogenasi Dengan Variasi Bahan Penstabil Dan Penggumpal Lateks,” Institut Pertanian Bogor, 2018.
- [14] L. Ifa, N. Nurjannah, Z. Sabara, and F. Jaya, *Pembuatan Bahan Polimer dari Minyak sawit*. Makassar: Nas Media, 2018.
- [15] E. Sayekti, I. H. Silalahi, and T. A. Zaharah, “Reaksi Substitusi Gugus Hidroksi Pada Sitronelol Dengan Klorida Menggunakan Campuran Amonium Klorida dan Asam Sulfat,” *ALCHEMY J. Penelit. Kim.*, vol. 11, no. 2, pp. 135–146, 2015.
- [16] F. Delvitasari, Maryanti, and Winarto, “Pengaruh Jumlah Bahan Pengisi Terhadap Kekerasan Kompon Footstep Sepeda Motor,” no. September, pp. 127–133, 2017.
- [17] Maryanti, F. Delvitasari, and Winarto, “Karakteristik Sifat Fisika Kompon Karet Alam Sebagai Bahan Dasar Footstep Sepeda Motor Dengan Berbagai Formula” *J. Din. Penelit. Ind.*, vol. 29, no. 1, pp. 29–34, 2018.
- [18] Rahmaniar and M. Purbaya, “Pengaruh komposisi dan ukuran partikel pasir kuarsa terhadap karakteristik vulkanisasi kompon, sifat ketahanan ozon dan visual karet” *J. Din. Penelit. Ind.*, vol. 30, no. 1, pp. 58–64, 2019.