

## Investigasi Waktu Reaksi dan Komposisi Stokiometri pada Esterifikasi Rosin dari Getah Pinus Merkusii

Yestria Yaswari <sup>\*1</sup>, Aditya Nurfebriartanto <sup>2</sup>

<sup>1</sup> Process Engineer, Divisi Operasi, PT Energy Management Indonesia, Jl. Pancoran Indah I No.52, Jakarta Selatan, DKI Jakarta, 12780, Indonesia

<sup>2</sup> Mechanical Engineer, EPC Operation, PT Rekayasa Industri, Jalan Kalibata Timur I no. 36, Jakarta Selatan, DKI Jakarta, 12740, Indonesia

\*e-mail: [yestriayaswari@gmail.com](mailto:yestriayaswari@gmail.com)

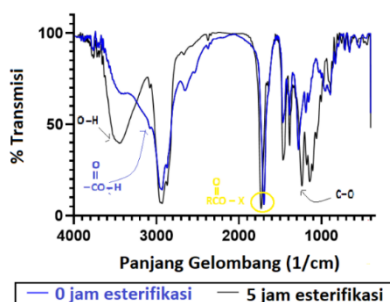
**Abstrak.** Gondorukem adalah resin alami yang berasal dari getah pohon pinus merkusii. Senyawa yang terkandung di dalam rosin sebagian besar terdiri dari asam abietat dan asam pimaric. Keberadaan senyawa asam tersebut menyebabkan gondorukem dan produk turunannya mudah teroksidasi. Esterifikasi dilakukan sebagai salah satu cara untuk meningkatkan ketahanan produk turunan gondorukem terhadap oksidasi. Penelitian ini bertujuan memperoleh produk turunan rosin melalui esterifikasi dengan gliserol. Variabel yang digunakan pada penelitian ini adalah waktu reaksi dan komposisi perbandingan rosin/glisierol. Reaksi esterifikasi terbukti berhasil dilakukan dengan adanya gugus fungsi ester yang teramati pada sampel produk menggunakan instrumen FT-IR. Kondisi operasi sampel FT-IR adalah waktu reaksi selama 5 jam, temperatur 250°C, dan perbandingan stoikiometri rosin/glisierol = 3:1. Perubahan gugus fungsi serapan dari asam karboksilat menjadi bentuk ester menunjukkan kondisi operasi dan perbandingan stoikiometri sudah cukup baik untuk reaksi sintesis esterifikasi rosin. Angka asam minimum hasil percobaan adalah 30,92 mg KOH/g sampel, dengan intensitas warna 82,4%. Hasil tersebut diperoleh dengan perbandingan stoikiometri rosin/glisierol = 2:1.

**Kata kunci:** gondorukem, esterifikasi, gliserol, angka asam, warna, FT-IR.

**Abstract.** *Investigations of Reaction Time and Stoichiometric Composition of Rosin Esterification from Merkus Pine Oleoresin.* Gondorukem is natural resin, derived from merkus pine. Gondorukem consist mostly of abetic acid and pimaric acid. Acid compound cause gondorukem and its derivative products easily oxidized. Esterification was done as one of method to increase oxidation resistance of gondorukem and its derivative products. This study aims to obtain rosin-derived product through esterification with glycerol. Reaction time and ratio of rosin/glycerol was used for experiment variable. Esterification reaction was successfully performed indicated by the appearance of ester functional groups that can be seen by using FT-IR instrument in product samples. Operating conditions of FT-IR sample was reaction time for 5 hours, 250°C temperature, and rosin/glycerol stoichiometry ratio = 3:1. Functional groups change from carboxylates acid to esters form indicate that operating condition and stoichiometry ratio used in this study already satisfied for rosin esterification synthesis reaction. Minimum acid number obtained from this study was 30,92 mg KOH/g sample, with color intensity 82,4%. This result was achieved with rosin/glycerol stoichiometry ratio = 2:1.

**Keywords:** gondorukem, esterification, glycerol, acid number, color, FT-IR.

### Graphical Abstract



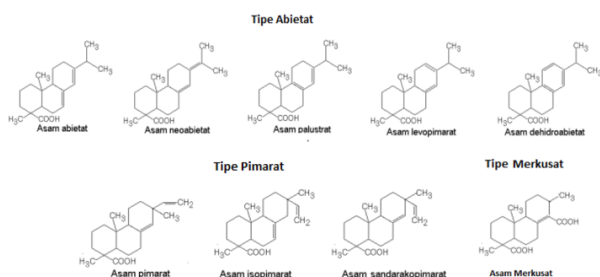
### 1. Pendahuluan

Pinus merupakan tanaman dengan sifat pertumbuhan yang cepat. Getah pinus di Indonesia menghasilkan minyak terpentin sebanyak 10% – 17,5% dan gondorukem sebanyak 69% (Fachroji dkk., 2009; Kurniawan dkk.,

2015). Pengolahan getah pinus dilakukan dengan cara pemasakan. Pemanasan dilakukan hingga temperatur 150°C – 165°C untuk memisahkan minyak terpentin dari getah pinus (Primaningtyas dan Widyorini, 2020; Suranto, 2018). Setelah itu dilakukan pemisahan menggunakan

proses distilasi menghasilkan minyak terpenin sebagai produk atas. Produk bawah pengolahan berupa rosin yang di Indonesia lebih dikenal sebagai gondorukem. Gondorukem adalah resin alami yang berbentuk padatan pada temperatur kamar dan berwarna kuning kecoklatan serta dapat ditembus cahaya. Sifat fisik gondorukem dan produk turunannya relatif tidak berbahaya dan tidak beracun.

Parameter mutu gondorukem adalah warna dan bilangan asam. Urutan warna menurut yang tercerah hingga tergelap berturut-turut adalah: XC, XB, XA, X, WW, WG, N, M, K, I, H, G. Semakin cerah warna gondorukem maka kualitasnya semakin baik. Bilangan asam menunjukkan jumlah mg KOH yang dibutuhkan untuk menetralkan asam lemak pada tiap gram gondorukem. Sifat asam tidak dikehendaki dalam produk karena akan mengakibatkan sifat korosif pada produk gondorukem. Berdasarkan literatur (Wiyono, 2009), gondorukem terdiri dari kelompok asam resin yang terbagi menjadi dua kelompok besar, yaitu asam abietat dan asam pimarat. Khusus untuk Pinus merkusii terdapat gugus asam merkusat.



**Gambar 1.** Struktur Asam pada Rosin

Persentase asam resin getah pinus di sejumlah wilayah di Indonesia ditunjukkan pada Tabel 1 sebagai berikut.

SNI01-5009.12-2001 mengatur klasifikasi mutu gondorukem berdasarkan warna sesuai tabel 2 di bawah. Gondorukem kualitas utama adalah gondorukem yang memiliki warna tercerah.

**Tabel 1.** Persentase Asam Resin Pinus di Sejumlah Wilayah di Indonesia (Wiyono, 2009)

Jenis Asam Resin	Jawa Barat	Jawa Timur	Sumatera Utara
Asam pimarat	-	-	-
Asam sandaracopimarit	12,2	11,7	11,0
Asam palustrat	17,9	17,6	18,8
Asam isopimarit	9,7	17,2	12,7
Asam abietat	27,7	15,6	11,6
Asam dehidroabietat	17,0	24,0	33,8
Asam neoabietat	1,3	1,5	2,5
Asam merkusat	14,2	12,3	9,7

**Tabel 2.** Klasifikasi Mutu Gondorukem

No.	Klasifikasi Mutu	Tanda Mutu Dokumen/ Kemasan	Keterangan
1	Utama (U)	X	Extra (Rex): Warna jernih kekuning-kuningan pada standar warna Lovibond
2	Pertama (P)	WW	Water white: warna kuning pada standar warna Lovibond
3	Kedua (D)	WG	Window glass: warna kuning kecoklatan pada standar warna Lovibond
4	Ketiga (T)	N	Nancy: warna kecoklatan pada standar warna Lovibond

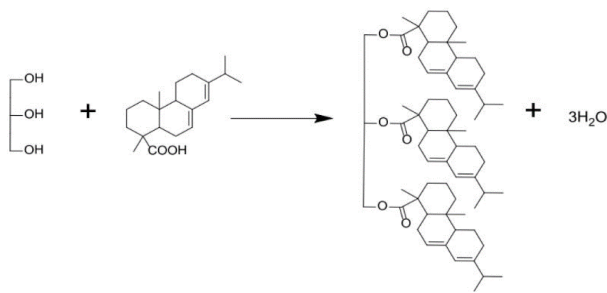
Persyaratan umum gondorukem menurut SNI01-5009.12-2001 meliputi bilangan asam, bilangan penyabunan dan bilangan iod seperti tercantum pada tabel 3 di bawah.

Penggunaan gondorukem dalam bentuk non-modifikasi memiliki kelemahan karena sifatnya yang cenderung mengkristal, mudah teroksidasi pada udara terbuka, dan mudah bereaksi dengan garam logam berat dalam vernis. Peningkatan kualitas produk gondorukem salah satunya dapat dilakukan dengan mengesterkan gugus asamnya. Eksplorasi pengolahan produk turunan masih sangat luas, ditunjukkan dengan masih belum ditelitinya pengaruh kondisi operasi reaksi esterifikasi terhadap kualitas produk turunan.

Untuk menurunkan sifat keasaman, dilakukan reaksi penyabunan (esterifikasi) pada produk gondorukem. Reaksi esterifikasi dilakukan untuk menstabilkan atau menetralkan gugus-gugus asam karboksilat yang terdapat di dalam gondorukem. Proses reaksi esterifikasi menggunakan gliserol ditunjukkan pada Gambar 2 di bawah.

**Tabel 3.** Persyaratan Umum Gondorukem

No	Jenis Uji	Persyaratan
1	Bilangan asam	160 – 190
2	Bilangan penyabunan	170 – 220
3	Bilangan iod	5 - 25



**Gambar 2.** Reaksi Esterifikasi Asam Rosin

Gliserol memiliki tiga gugus OH, hal ini memungkinkan terjadinya perubahan hingga tiga gugus ester dan melepaskan molekul air ( $H_2O$ ). Reaksi penyabunan yang menggunakan gugus alkohol (gliserol, penta-eritriol, glikol) menghasilkan produk dalam bentuk ester gliserol. Produk ini dapat digunakan untuk komponen zat perekat dan permen karet. Produk turunan ini merupakan produk rosin yang diesterkan dengan memodifikasi gugus karboksilat untuk menurunkan bilangan asam. Kualitas produk turunan rosin merujuk pada acuan yang disusun oleh CIFOR (Center for International Forestry Research) (Zhaobang, 1995). Parameter produk turunan resin ditunjukkan oleh tabel 4 sebagai berikut.

Usaha untuk meningkatkan ketahanan oksidasi dilakukan oleh Dewajani dengan melakukan esterifikasi dengan bantuan zeolit berbasis nikel sebagai katalis (Dewajani dkk., 2019). Dewajani dkk. mengamati pengaruh temperature dan rasio katalis terhadap konversi. Dari hasil penelitian Dewajani dkk. konversi tertinggi dicapai pada temperature reaksi  $240^{\circ}C$ . Aplikasi esterifikasi gondorukem lainnya dilakukan oleh Sutanti dkk.. Sutanti mengkaji pembuatan vernis berbahan gondorukem menggunakan gliserol dengan paduan linseed oil dan minyak biji karet (Sutanti dkk., 2017). Komposisi linseed oil dan minyak biji karet 50%:50% menghasilkan angka asam yang terendah.

Secara umum penelitian ini dilakukan untuk menentukan karakteristik turunan rosin dari getah pinus yang disintesis melalui reaksi esterifikasi. Sasaran penelitian secara khusus adalah untuk mengulas pengaruh waktu reaksi dan rasio stoikiometri terhadap hasil produk esterifikasi yang berpotensi untuk meningkatkan kualitas produk.

**Tabel 4.** Parameter Produk Turunan Rosin (Zhaobang)

Rosin	Warna (Gardner)	Titik Lunak	Angka Asam
Metil Rosin Ester	$\leq 3$	Cairan viskos	$\leq 10$
Gliserol Rosin Ester	$\leq 10$	$\geq 85$	$\leq 10$
Dietilenglisrol	$\leq 7$	35 -	$\leq 10$
Rosin Ester		40	

## 2. Metodologi

Penelitian ini memodifikasi gondorukem dengan metode esterifikasi. Reaksi esterifikasi dilakukan dengan cara mereaksikan gondorukem dengan gliserol. Bahan baku gondorukem yang digunakan pada penelitian ini adalah gondorukem dari PT Perhutani kualitas X. Secara umum, gondorukem kualitas X memiliki spesifikasi seperti ditunjukkan pada tabel 5 di bawah.

Gliserol yang digunakan dalam percobaan ini memiliki spesifikasi seperti tercantum di Tabel 6.

Esterifikasi dilakukan pada temperatur  $250^{\circ}C$  dengan variabel bebas berupa rasio stoikiometri bahan baku, dan waktu reaksi. Variasi penelitian ditunjukkan pada tabel 7 di bawah.

**Tabel 5.** Spesifikasi Gondorukem Kualitas X

Spesifikasi	Persyaratan Mutu
Warna metode <i>Lovibond comparator</i>	X
Titik Lunak	$\geq 78^{\circ}C$
Kadar Kotoran	$\leq 0,02\%$
Kadar Abu	$\leq 0,01\%$
Komponen Menguap	$\leq 2\%$

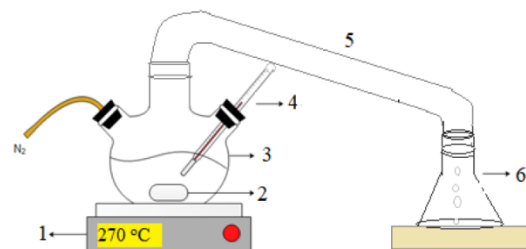
**Tabel 6.** Spesifikasi Gliserol

Spesifikasi	Persyaratan Mutu
Kemurnian	$> 99\%$
Densitas (@ $25^{\circ}C$ )	$1,26 \text{ g/cm}^3$

**Tabel 7.** Variasi Percobaan

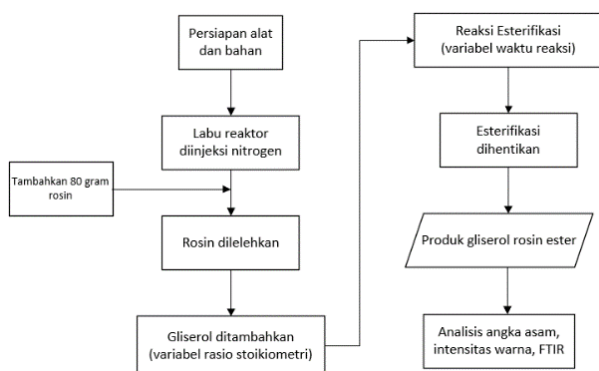
Jenis Variasi Esterifikasi	Variasi
Jumlah Rosin/Gliserol	3:1 ; 2:1 ; 1:1 ; 0,5:1
Waktu	2 jam ; 3 jam ; 4 jam ; 5 jam

Peralatan utama pada penelitian ini adalah serangkaian alat distilasi sederhana yang ditunjukkan pada Gambar 3 di bawah.



**Gambar 3.** Rancangan Alat Esterifikasi Keterangan: (1) pemanas listrik, (2) magnetic stirrer, (3) labu leher tiga, (4) termometer, (5) kondensor distilasi, (6) erlenmeyer penampung distilat.

Labu leher tiga digunakan sebagai wadah untuk melakukan reaksi. Reaksi esterifikasi dilakukan dengan melelehkan 80 gram gondorukem hingga mencair sepenuhnya. Labu leher tiga digunakan supaya terdapat tempat untuk meletakkan termometer dan injeksi nitrogen. Selama pelelehan, gas nitrogen dialirkan untuk mencegah gondorukem teroksidasi. Setelah gondorukem mencair, gliserol dimasukkan sesuai variasi stoikiometri yang diinginkan. Kemudian temperatur dipertahankan konstan dan dibiarkan hingga waktu reaksi tertentu sesuai variasi yang dilakukan. Setelah waktu reaksi selesai, gondorukem dicetak dan diambil sebagian untuk ditentukan kejernihan warna dan nilai bilangan asam. Diagram alur penelitian ditunjukkan pada gambar 4 di bawah.



Gambar 4. Diagram Alur Penelitian

Untuk mendapatkan karakteristik produk, dilakukan analisis angka asam, dan intensitas warna (uji kejernihan). Analisis bilangan asam dilakukan untuk menentukan konversi reaksi esterifikasi yang sudah terjadi. Metode standarisasi dilakukan untuk menentukan normalitas dari larutan KOH etanol. Hal ini dilakukan untuk mencegah eror yang disebabkan oleh perubahan konsentrasi seperti menguap, terdekomposisi atau tercampur dengan senyawa lain. Uji kejernihan dilakukan untuk mengkuantifikasi perubahan warna pada sampel sesudah dan sebelum dilakukan uji ketahanan terhadap oksidasi. Uji intensitas warna/kejernihan dilakukan menggunakan lux meter dengan tahapan sebagai berikut:

- Menyiapkan sampel, cawan arloji, toluen, dan lux meter.
- Melarutkan 0,2 gram sampel ke dalam 5 mL toluen.
- Sampel dipipet ke dalam cawan arloji.
- Sampel dicek dalam keadaan kondisi lingkungan gelap
- Lux meter dan sumber cahaya dinyalakan.
- Mencatat data lux.

Intensitas warna didapat dengan persamaan sebagai berikut.

$$\text{Sample clarity} = \frac{(A-B)}{A} \cdot 100\% \quad (1)$$

Dengan:

- A : nilai pengukuran intensitas cahaya referensi  
B : nilai pengukuran intensitas cahaya sampel

FT-IR dilakukan untuk mengetahui gugus fungsi senyawa bahan baku dan produk esterifikasi. Tahapan uji FT-IR dilakukan sebagai berikut:

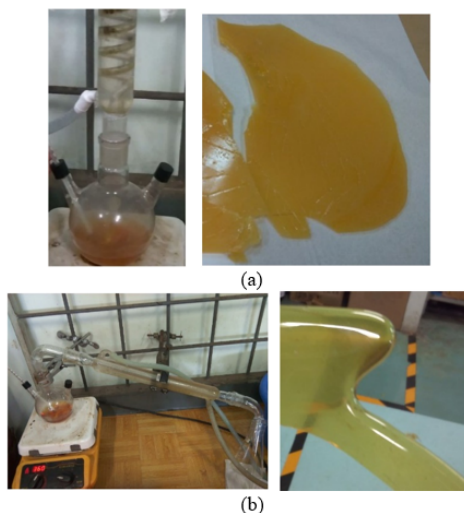
- Menyiapkan plat KBr dan pipet tetes.
- Membersihkan plat KBr menggunakan metil klorida dan aseton p.a.
- Meletakkan satu tetes sampel pada plat KBr.
- Menutup plat KBr yang terdapat sampel dengan plat KBr lainnya (wadah sampel).
- Meletakkan wadah sampel ke dalam FT-IR dan jalankan spektrum.
- Output berupa spektrum infra merah.

### 3. Hasil dan Pembahasan

Sifat fisik yang dapat diamati adalah tingkat transparansi sampel. Produk samping esterifikasi adalah air. Air merupakan senyawa polar. Gondorukem yang mengandung sebagian besar senyawa polar tidak akan larut. Sintesis yang dilakukan menggunakan kondensor tegak dibandingkan dengan distilasi menggunakan kondensor miring seperti ditunjukkan gambar 5, sehingga terjadi pemisahan zat berdasarkan titik didihnya.

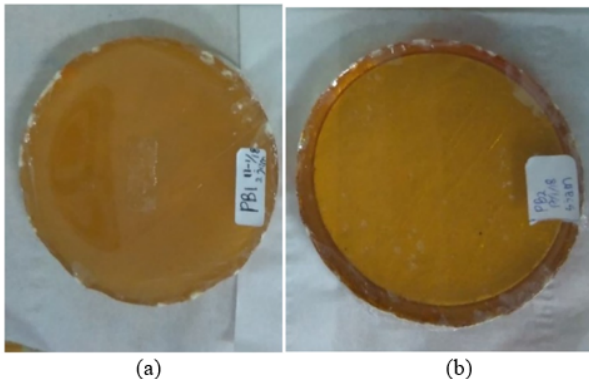
Proses distilasi kondensor miring merupakan proses kontinyu dari proses distilasi kondensor tegak. Produk yang diperoleh dari kondensor tegak diproses kembali menggunakan kondensor miring. Produk distilasi kondensor tegak cenderung lebih jernih dibandingkan kondensor tegak yang menandakan produk kondensor miring mengandung lebih sedikit air. Hal ini menunjukkan bahwa proses dengan kondensor miring dapat memisahkan kandungan air yang tidak dapat dipisahkan oleh kondensor tegak. Kondensor miring memisahkan air lebih banyak dibanding kondensor tegak. Karena alasan ini percobaan dilakukan dengan menggunakan kondensor miring. Proses esterifikasi dan distilasi dilakukan menggunakan kondensor miring dengan variasi waktu 2–5 jam dan rasio rosin : gliserol = 3:1.

Hasil esterifikasi dan distilasi pada waktu 2 jam dan 5 jam ditunjukkan oleh gambar 6 di bawah.

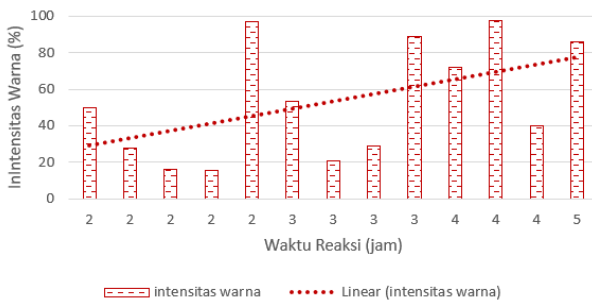


Gambar 5. Proses Distilasi (a) Kondensor Tegak (b) Kondensor Miring

*Investigasi Waktu Reaksi dan Komposisi Stokiometri pada Esterifikasi Rosin dari Getah Pinus Merkusii*



**Gambar 6.** Produk Gondrukem Esterifikasi (a) 2 jam  
(b) 5 jam

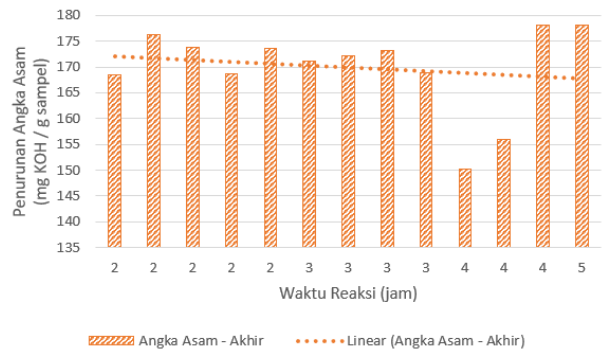


**Gambar 7.** Analisis Sampel Produk Hasil Reaksi Esterifikasi – Persen Intensitas Warna - Variasi Waktu Reaksi

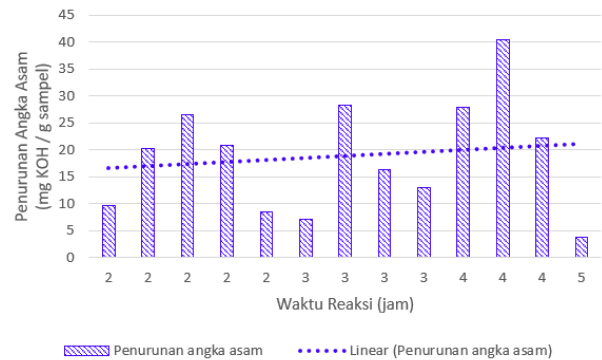
Beberapa produk esterifikasi dengan rentang waktu reaksi sesuai tabel 5 diamati kecerahannya dengan menggunakan luxmeter. Persentase cahaya yang terukur dibandingkan dengan pelarutnya seperti tersaji pada Gambar 7 berikut.

Gambar 7 menunjukkan peningkatan intensitas warna pada waktu reaksi yang lebih lama, sebaran data menunjukkan kecenderungan tingkat eror yang tinggi. Analisis lebih lanjut mengenai pengukuran intensitas warna produk perlu dilakukan. Penelitian mengenai ukuran intensitas warna dilakukan menggunakan uji kelarutan dengan berbagai jenis pelarut. Tujuan uji kelarutan adalah mengurangi tingkat eror yang dapat diakibatkan oleh kelarutan asam-asam rosin pada pelarut (toluen).

Angka asam produk hasil esterifikasi dan penurunan angka asam ditunjukkan pada gambar 8 dan gambar 9 di bawah.



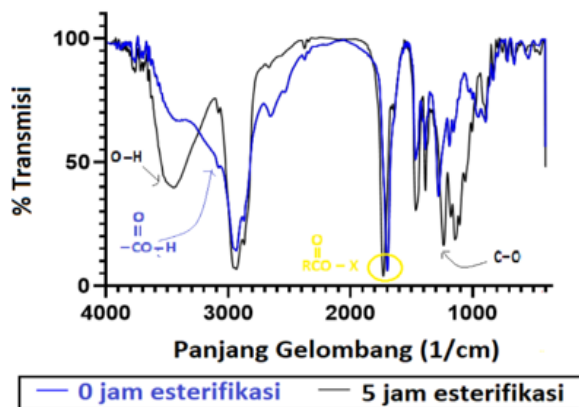
**Gambar 8.** Analisis Sampel Produk Hasil Reaksi Esterifikasi –Angka Asam Setelah Reaksi - Variasi Waktu Reaksi



**Gambar 9.** Analisis Sampel Produk Hasil Reaksi Esterifikasi – Penurunan Angka Asam - Variasi Waktu Reaksi

Gambar 8 dan 9 menunjukkan angka asam cenderung menurun pada peningkatan waktu reaksi. Diharapkan pada waktu reaksi yang semakin lama jumlah angka asam semakin menurun. Penurunan angka asam menunjukkan konversi asam-asam rosin menjadi gugus fungsi ester semakin besar. Pada salah satu produk reaksi 4 jam diperoleh penurunan asam tertinggi, yaitu 40,55 mg KOH/g sampel, dengan produk jernih mencapai 97,41% dibandingkan dengan blanko pengukuran. Namun angka asam ini masih sangat tinggi jika dibandingkan dengan acuan yang disusun oleh CIFOR (Zhaobang, 1995) pada tabel 4 di mana angka asam dipersyaratkan di bawah 10 mg KOH/g sampel.

Analisis FT-IR dilakukan pada produk awal dan akhir esterifikasi untuk mengetahui jumlah rosin yang bereaksi. Hasil analisis FT-IR ditunjukkan pada gambar 10 di bawah.

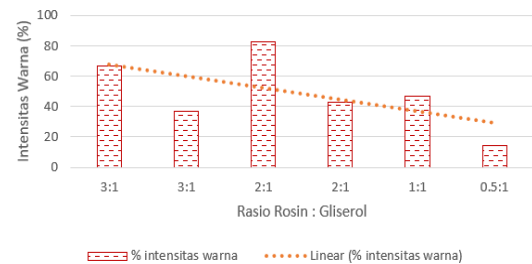


**Gambar 10.** Hasil Analisis FT-IR Produk Awal dan Akhir Esterifikasi

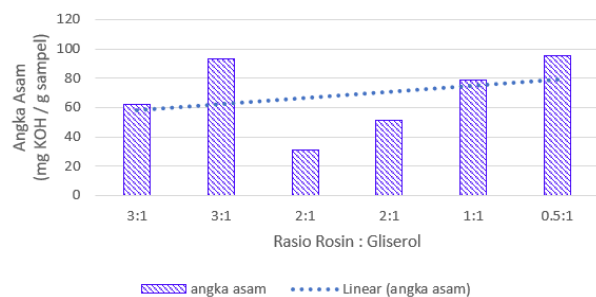
Karakterisasi produk dengan variasi waktu reaksi tertinggi yaitu 5 jam memiliki serapan khas gugus karbonil yang merupakan vibrasi ulur (karboksilat:  $1700\text{--}1725\text{ cm}^{-1}$ ; ester:  $1735\text{--}1750\text{ cm}^{-1}$ ). Berdasarkan referensi (Pudjaatmaka, 1992), senyawa karbonil, baik gugus asam sebelum reaksi sintesis maupun setelah reaksi pembentukan ester akan memiliki serapan kuat pada daerah  $1640\text{--}1820\text{ cm}^{-1}$ . Gugus fungsi asam karboksilat memiliki serapan yang khas dengan ditunjukkan pada serapan daerah  $3330\text{ cm}^{-1}$ . Serapan ini miring ke arah gugus C-H alifatik ( $2800\text{--}3000\text{ cm}^{-1}$ ) berbeda dengan ikatan alkohol yang berada di rentang  $3000\text{--}3700\text{ cm}^{-1}$  dengan pita yang melebar dan tegak, tidak miring seperti serapan khas ester. Serapan OH pada produk hasil esterifikasi dimungkinkan ada karena adanya sisa reaksi gliserol saat sintesis. Adapun untuk mengidentifikasi reaksi esterifikasi berhasil disintesis pada reaksi 5 jam dapat dilihat dari pita C-O yang kuat pada daerah sidik jari  $1110\text{--}1300\text{ cm}^{-1}$ .

Untuk mengetahui apakah rasio stoikiometri yang digunakan pada percobaan sudah optimum untuk menaikkan kualitas warna, maka dilakukan variasi perbandingan rosin dan gliserol. Gambar 11 dan 12 menunjukkan pengaruh rasio stoikiometri rosin dan gliserol pada perubahan warna dan angka asam.

Gambar 11 menunjukkan bahwa tren intensitas warna cenderung meningkat pada rasio rosin/glisierol yang tinggi. Gambar 12 tersebut menunjukkan bahwa semakin tinggi rasio gliserol, maka angka asam pada sampel akan semakin tinggi. Hal ini sesuai karena semakin tinggi rasio gliserol maka semakin banyak jumlah asam-asam rosin yang bereaksi. Hal ini menguatkan asumsi penggunaan rasio yang digunakan pada percobaan sebelumnya untuk variasi waktu, yaitu perbandingan rosin : gliserol = 3:1. Rasio yang digunakan pada percobaan dengan variasi waktu sudah menggunakan rasio yang optimal. Dengan menaikkan rasio rosin terhadap gliserol dari 0,5:1 menjadi 3:1 mampu meningkatkan perolehan reaksi sintesis yang berlangsung.



**Gambar 11.** Analisis Sampel Produk Hasil Reaksi Esterifikasi – Intensitas Warna - Variasi Komposisi Stoikiometri



**Gambar 12.** Analisis Sampel Produk Hasil Reaksi Esterifikasi – Angka Asam - Variasi Komposisi Stoikiometri

#### 4. Kesimpulan

Reaksi esterifikasi berhasil dilakukan terbukti dengan adanya karakterisasi gugus fungsi menggunakan instrumen FT-IR pada sampel produk dengan kondisi operasi waktu reaksi 5 jam, temperatur  $250^{\circ}\text{C}$  dan perbandingan stoikiometri rosin : gliserol = 3:1. Perubahan gugus fungsi serapan dari asam karboksilat menjadi bentuk ester dapat diamati pada kondisi operasi tersebut. Perbandingan stoikiometri rosin : gliserol = 2:1 sudah cukup baik untuk reaksi sintesis esterifikasi rosin. Namun produk sintesis dengan kondisi operasi seperti di atas belum sesuai dengan kriteria CIFOR. Angka asam hasil percobaan adalah 30,92 mg KOH/g sampel sedangkan persyaratan CIFOR adalah 10 mg KOH/g sampel

#### Daftar Pustaka

- Dewajani, H.; Chumaidi, A.; Iswara, M.A.I.; Khasanah, R.; Agustina, T.D., Synthesis Ester Gum Through Esterification Reaction of Rosin and Gliserol Using Zeolite Modified by Nickel As Catalyst. *AIP Conference Proceedings*, 2019, **2097**, 030037.
- Fachroji, A.; Sumarwan, U.; Suhendang, E.; Hariyanto, Perbandingan Daya Saing Produk Gondorukem di Pasar Internasional. *Jurnal Manajemen & Agribisnis*, 2009, **6**(2), 140-151.
- Kurniawan, D.P.; Ashadi, R.; Arif, Analysis of Equilibrium Production Line and Time Standard on Gondorukem. *Jurnal Pertanian*, 2015, **6**(2), 88–91.

*Investigasi Waktu Reaksi dan Komposisi Stokiometri pada Esterifikasi Rosin dari Getah Pinus Merkusii*

Primaningtyas, A.; Widyorini, R., Evaluasi Proses Produksi Industri Gondorukem dari Tinjauan Aliran Massa dan Energi (Studi Kasus PGT Sapuran) [*Evaluation Of The Gum Rosin Industrial Production Process Based On Mass And Energy Balances (PGT Sapuran Case Study)*]. *Indonesian Journal of Industrial Research*, 2020, **12**(1), 39-52.

Suranto, Y., Karakter dan Kualitas Gondorukem Kuna Hasil Penemuan di Pemukiman Pecinan Kutoarjo Kabupaten Purworejo. *Jurnal Konservasi Cagar Budaya*, 2018, **12**(2), 47–60.

Sutanti, S.; Purnavita, S.; Sriyana, H.Y., Pembuatan Vernis Berbahan Gondorukem yang Dimodifikasi Gliserol dan Paduan Linseed Oil dengan Minyak Biji Karet

Menggunakan Metode Estrifikasi Tanpa Katalis. *Jurnal Inovasi Teknik Kimia*, 2017, **2**(1), 54–59.

Wiyono, B., *Chemical Treatment on Indonesia Pine Oleoresin and Rosin in Making Fortified Rosin used for Sizing Agent in Paper Making Process*. Doctoral Dissertation, Agriculture Department, Ehime University, Matsuyama, 2009.

Zhaobang, S., *Production and Standards for Chemical Non-Wood Forest Products in China*. (No. CIFOR Occasional Paper no. 6). Bogor: CIFOR, 1995.