

# PENINGKATAN KUALITAS ESTER C-130 PADA PROSES ESTERIFIKASI DENGAN GLISERIN USP GRADE DAN GLISERIN EX-LAB

Aqilla Sharfina Mazaya Putri<sup>1</sup>, Prayitno<sup>1</sup>, Desta Enggar Dwi Prasetya<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Jurusan Teknik Kimia, Politeknik Negeri Malang, Jl. Soekarno Hatta No. 9, Malang 65141, Indonesia

<sup>2</sup>PT. Inhutani V Unit Industri Trenggalek Jl. Kanjeng Jimat, Dusun Klampisan, Desa Surodakan,  
Trenggalek, Indonesia

aqillashr@gmail.com; [prayitno@polinema.ac.id]

## ABSTRAK

Peningkatan kualitas ester modifikasi gondorukem penting untuk mendukung penggunaannya pada industri perekat, cat, tinta, dan pelapis yang memerlukan bahan dengan stabilitas tinggi. Gondorukem hasil destilasi getah pinus masih memiliki keterbatasan berupa mudah teroksidasi, perubahan warna, dan bilangan asam tinggi. Namun, penggunaan gondorukem secara langsung sering kali terbatas karena sifat fisik dan kimia yang kurang sesuai untuk aplikasi industri tertentu sehingga kestabilan produk menjadi rendah. Kandungan asam resin utama dalam gondorukem yaitu asam abietat dan asam pimaric yang menyebabkan gondorukem mudah mengalami oksidasi sehingga warnanya mudah berubah dan stabilitasnya menurun jika terpapar udara terbuka karena asam-asam resin ini memiliki gugus karboksilat (-COOH) dan ikatan rangkap konjugasi (pada asam abietat) yang sangat reaktif secara kimia. Ikatan rangkap ini dapat dengan mudah berinteraksi dengan oksigen di udara. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan meningkatkan kualitas gondorukem melalui proses esterifikasi menggunakan gliserin USP Grade dan Ex-Lab. Proses esterifikasi dilakukan pada suhu 250 °C dan diaduk selama 90–160 menit. Produk ester yang dihasilkan kemudian dianalisis melalui pengujian warna, softening point, bilangan asam, dan viskositas guna mengevaluasi peningkatan mutu produk. Hasil penelitian menunjukkan bahwa proses esterifikasi mampu meningkatkan kualitas gondorukem, ditunjukkan oleh warna produk yang lebih cerah, peningkatan softening point pada kisaran  $130 \pm 5$  °C, serta penurunan bilangan asam dibandingkan bahan awal. Nilai viskositas produk berada pada rentang Z-1 hingga Z-3 yang sesuai dengan kebutuhan aplikasi industri. Kualitas produk terbaik diperoleh pada penggunaan gliserin Ex-Lab yang menghasilkan bilangan asam lebih rendah dengan sifat fisik yang tetap memenuhi spesifikasi produk ester C-130.

**Kata kunci:** esterifikasi, gliserin, gondorukem, modifikasi

## ABSTRACT

*Improving the quality of modified colophony ester is important to support its use in the adhesive, paint, ink, and coating industries, which require materials with high stability. Gondorukem obtained from the distillation of pine resin still has limitations in the form of easy oxidation, color changes, and high acid numbers. However, the direct use of gondorukem is often limited due to its physical and chemical properties that are not suitable for certain industrial applications, resulting in low product stability. The main resin acids of the main resin acids in gondorukem, namely abietic acid and pimaric acid, causes gondorukem to easily undergo oxidation, resulting in color changes and decreased stability when exposed to open air because these resin acids have carboxylate groups (-COOH) and conjugated double bonds (in abietic acid) that are highly chemically reactive. These double bonds can easily interact with oxygen in the air. Therefore, this study aims to improve the quality of colophony through an esterification process using USP Grade and Ex-Lab glycerin. The esterification process was carried out at a temperature of 250 °C and stirring for 90–160 minutes. The resulting ester product is then analyzed through color testing, softening point, acid number, and viscosity to evaluate product quality improvement. The results*

*show that the esterification process can improve the quality of gum arabic, as indicated by a brighter product color, an increase in the softening point to around  $130 \pm 5$  °C, and a decrease in the acid number compared to the initial material. The viscosity value of the product was in the range of Z-1 to Z-3, which is suitable for industrial applications. The best product quality was obtained using Ex-Lab glycerin, which produced a lower acid number with physical properties that still met the specifications of the C-130 ester product.*

**Keywords:** esterification, glycerin, gondorukem, modification

## 1. PENDAHULUAN

Gondorukem adalah salah satu produk hasil hutan bukan kayu yang diproduksi dari getah pohon pinus yang didistilasi. Secara kimiawi, gondorukem tersusun atas asam – asam resin antara lain berbagai isomer anhidrida asam abietat, abietat anhidrida, dan hidrokarbon tak tersabun yang merupakan bagian dari resin [1]. Namun, kualitas *gondorukem* Indonesia belum mencapai standar internasional sehingga permintaan ekspor mengalami tren penurunan, meskipun potensi sumber daya alamnya besar. Hal ini menunjukkan perlunya peningkatan kualitas produk melalui optimasi proses pengolahan sehingga dapat memperkuat posisi industri dalam rantai nilai global dan meningkatkan kontribusi terhadap pendapatan nasional [2] Peningkatan kualitas gondorukem menjadi ester merupakan fokus penting dalam upaya pengembangan produk turunan getah pinus, mengingat aplikasinya yang luas di berbagai industri seperti cat, tinta, perekat, dan kosmetik.

Kualitas gondorukem yang kurang stabil dapat menurunkan nilai jual dan daya saing produk di pasar, terutama pada industri yang memerlukan bahan baku dengan mutu dan kestabilan tinggi [3]. Selama proses penyadapan dan pengolahan getah pinus, sering kali terbawa kotoran dan mineral pengotor dari lingkungan, seperti ion logam besi dan tembaga, yang berasal dari tanah, peralatan, maupun kondisi proses yang kurang optimal. Keberadaan ion logam tersebut dapat berperan sebagai katalis oksidasi sehingga mempercepat degradasi senyawa resin selama pemanasan dan penyimpanan. Akibatnya, gondorukem lebih mudah mengalami perubahan warna menjadi lebih gelap, peningkatan reaktivitas kimia, serta penurunan kestabilan produk. Perubahan warna ini menjadi salah satu indikator penting dalam penilaian mutu gondorukem, karena warna yang semakin gelap umumnya menunjukkan tingkat oksidasi yang lebih tinggi dan kualitas produk yang lebih rendah, sehingga kurang memenuhi spesifikasi kebutuhan industri modern [4].

Salah satu metode peningkatan kualitas gondorukem adalah melalui proses esterifikasi, yaitu reaksi antara asam karboksilat (dalam gondorukem) dengan alkohol (seperti gliserol atau pentaeritritol), membentuk senyawa ester dan melepaskan air. Proses ini dapat dilakukan dengan atau tanpa katalis, namun umumnya menggunakan katalis asam dan suhu tinggi, misalnya pada suhu 250–290°C [5]. Beberapa faktor yang menyebabkan perbedaan signifikan dalam hasil penelitian tentang metode esterifikasi yaitu hasil esterifikasi sangat dipengaruhi oleh kemurnian gliserol atau asam lemak yang digunakan. Lalu, proses konversi dan rendemen sangat dipengaruhi oleh lama reaksi. Waktu yang lebih lama memungkinkan reaksi berjalan lebih baik, yang berarti jumlah asam menurun dan rendemen menurun [6]. Proses ini mampu menurunkan bilangan asam, meningkatkan titik lunak, serta memperbaiki stabilitas termal dan warna produk [7]. Sari [8] menyebutkan bahwa esterifikasi gondorukem dengan gliserol dalam rentang penambahan 2-14% menghasilkan rendemen tinggi antara 84,12% hingga 89,50% dengan sifat fisiko-kimia yang lebih baik seperti titik lunak antara

89,50°C hingga 97,04°C dan bilangan asam yang menurun. Mengingat titik didihnya yang lebih tinggi dibandingkan dengan senyawa alkohol, gliserin diharapkan dapat berfungsi sebagai pelarut dan sebagai sumber gugus ester. Dalam reaksi esterifikasi, titik didih tinggi (sekitar 290°C) memungkinkan gliserin berfungsi sebagai sumber gugus ester dan pelarut sekaligus, yang memungkinkan reaksi berlangsung pada suhu tinggi tanpa kehilangan pelarut [9]. Dengan demikian, ester gondorukem memiliki kualitas yang lebih baik dan lebih sesuai untuk kebutuhan industri modern [10]. Produk ester ini diharapkan dapat meningkatkan nilai tambah gondorukem sekaligus memperluas pasar ekspornya.

Penelitian terdahulu mengenai modifikasi gondorukem telah dilakukan dengan berbagai metode seperti fortifikasi, saponifikasi, esterifikasi, disproporsionasi, dan kombinasi metode tersebut. Metode fortifikasi, menggunakan 100 gram getah pinus ditambah asam maleat dalam konsentrasi 0, 4, 6, 8, 10, 12% dan sedikit minyak terpentin. Hasil tersebut memberikan bukti bahwa fortifikasi gondorukem dengan asam maleat pada konsentrasi tertentu dapat meningkatkan kualitas gondorukem secara substansial [11]. Perubahan dalam konsentrasi asam maleat memengaruhi rendemen dan sifat fisik produk, dan penggunaan minyak terpentin sebagai pelarut mempermudah proses modifikasi. Rachmawati [9], melakukan modifikasi gondorukem dengan kombinasi fortifikasi dan esterifikasi menggunakan gliserol dan asam maleat. Bilangan asam dan titik lunak ester gondorukem dapat dipengaruhi dengan meningkatkan persentase gliserol pada persentase asam maleat. Bilangan asam yang dihasilkan mengalami penurunan dan titik lunak mengalami peningkatan.

Manggala (2024) memodifikasi gondorukem melalui proses esterifikasi, di mana gliserol anhidrida maleat dan asam hipofosfor ditambahkan untuk menghasilkan produk Glycerol Maleic Rosin Ester (GMRE). Reaksi esterifikasi gondorukem dilakukan dengan katalis asam hipofosfor selama enam jam dan dilakukan dalam labu leher tiga yang dipanaskan. Suhu reaksi digunakan 260°C, 270°C, dan 280°C. 1%, 3%, dan 5% dari berat sampel digunakan sebagai katalis. Sampel diambil setiap 30 menit selama proses esterifikasi untuk titrasi untuk mengetahui bagaimana reaksi berubah. Hasil menunjukkan bahwa produk GMRE paling ideal pada suhu 270°C dengan asam anhidrida maleat sebesar 3% dan katalis sebesar 1%. Tingkat penyejukannya adalah 111°C, lebih tinggi daripada gondorukem yang tidak dimodifikasi, dan warna produknya adalah 11,4 dalam skala gardner. Hasil warna tinggi dikarenakan reaksi oksidasi [12]. Sementara itu, Ramadhani (2023) melakukan modifikasi dengan kombinasi antara fortifikasi, esterifikasi, pencucian dan penyulingan. Fortifikasi dilakukan dengan asam maleat teknis (8%, 10%, dan 12%) kemudian dimasak kembali dengan gliserol esterifikasi (10%, 12%, dan 14%) [13]. Hal ini menunjukkan bahwa nilai kadar abu dan titik lunak ester gliserol gondorukem maleat dapat dipengaruhi dengan dilakukannya peningkatan persentase asam maleat pada gliserol. Namun, pada pengujian kualitas bilangan asam, kelarutan dalam toluena, dan rendemen tidak terpengaruh. Oleh sebab itu, ester gliserol gondorukem maleat memiliki peluang sebagai pemasok bahan baku derivat gondorukem oleh industri manapun

Penelitian yang dilakukan oleh Silitonga (1998) melakukan modifikasi gondorukem dengan penambahan anhidrida asam maleat dan aseton untuk meningkatkan kestabilan oksidatif. Bahan yang digunakan yaitu gondorukem, anhidrida asam maleat 3,28 gram dan aseton 1,12 gram. Untuk menghilangkan ikatan rangkap pada asam levopimarate dalam gondorukem, anhidrida asam maleat digunakan melalui reaksi Diels-Alder pada suhu 160 - 170°C sedangkan aseton membantu dalam pelarutan atau mempercepat reaksi. Hasil yang

didapatkan adalah titik leleh mengalami kenaikan, bilangan asam menurun, dan dapat memperbaiki stabilitas termal dan oksidatif [14].

## 2. METODOLOGI PENELITIAN

Alat utama yang digunakan pada penelitian ini meliputi labu leher tiga yang dilengkapi pemanas, termometer, kondensor, dan agitator untuk proses reaksi. Peralatan analisis yang digunakan terdiri atas perangkat titrasi untuk pengujian bilangan asam, kolorimeter Gardner untuk analisis warna, alat softening point metode cincin dan bola, serta viskometer Gardner-Holdt untuk pengukuran viskositas. Bahan yang digunakan meliputi gondorukem sebagai bahan baku utama dan gliserin dengan dua tingkat kemurnian, yaitu gliserin USP Grade dan gliserin Ex-Lab, sebagai agen esterifikasi. Proses eksperimen diawali dengan melelehkan gondorukem di dalam labu leher tiga, kemudian gliserin ditambahkan ke dalam reaktor sambil dilakukan pengadukan. Reaksi esterifikasi dijalankan pada suhu sekitar 250 °C selama 90–160 menit hingga reaksi berlangsung optimal. Selama proses berlangsung, sampel diambil secara berkala untuk memantau perkembangan reaksi. Produk ester yang dihasilkan kemudian dianalisis melalui pengujian warna, softening point, bilangan asam, dan viskositas. Data hasil pengujian selanjutnya digunakan untuk mengevaluasi peningkatan kualitas gondorukem setelah proses esterifikasi.

### 2.1. Prosedur Pelaksanaan

Proses penelitian diawali dengan memasukkan gondorukem ke dalam reaktor labu leher tiga, kemudian dipanaskan hingga meleleh sempurna. Setelah gondorukem berada dalam kondisi cair, gliserin sebagai agen esterifikasi ditambahkan sesuai jenis bahan yang digunakan, yaitu gliserin USP Grade atau gliserin Ex-Lab. Kemudian ditambahkan bahan aditif untuk mencegah oksidasi selama proses pemanasan berlangsung. Lalu, suhu diatur hingga 250°C dengan pengadukan kontinu dan ditambahkan anti oksidan. Selama proses berlangsung, pengambilan sampel dilakukan secara berkala untuk memantau perkembangan reaksi. Setelah waktu reaksi tercapai, pemanasan dan pengadukan dihentikan, kemudian produk didinginkan dan dilakukan pencatatan waktu proses akhir, lalu menganalisa sampel yaitu menguji warna, *softening point*, bilangan asam, dan viskositas. Setelah itu, dilakukan penimbangan dan dicatat. Data yang didapatkan diolah untuk mendapatkan hasil dan kesimpulan.

## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Setiap parameter yang diuji, meliputi bilangan asam, warna, *softening point*, serta viskositas, dipilih berdasarkan peran signifikan terhadap penentuan mutu akhir gondorukem sesuai standar industri dan kebutuhan pengguna. Uji laboratorium ini tidak hanya berfungsi sebagai verifikasi pencapaian standar mutu, tetapi sekaligus menjadi alat evaluasi proses produksi dan formulasi dalam rangka peningkatan kualitas produk secara berkelanjutan. Hasil pengujian kualitas produk dari masing-masing variasi bahan gliserin yang digunakan ditampilkan pada **Tabel 1** sebagai data awal sebelum pembahasan lebih lanjut pada setiap parameter pengujian.

**Tabel 1.** Hasil uji kualitas gondorukem

Sampel	Spesifikasi			
	Bil. Asam	Warna	SPT	Visco

Sample Rosin	141,33	7,8	90	Z-3
Final Test USP Grade 1	49,41	5,4	135	Z-1
Final Test USP Grade 2	41,5	4,7	135	Z-1
Ex Lab	32,29	5	131	Z-3

Gum rosin yang telah dimodifikasi lebih baik daripada yang tidak dimodifikasi. Namun, gum rosin non-modifikasi sering mengalami kristalisasi, oksidasi, dan bereaksi dengan logam (terutama logam berat ketika digunakan dalam vernis) [14]. Asam karboksilat dan alkohol berinteraksi dalam reaksi yang dikenal sebagai reaksi esterifikasi, yang menghasilkan ester dan melepaskan molekul oksigen. Reaksi esterifikasi adalah cara yang paling umum untuk menghasilkan karboksil ester (RCOOR), yaitu reaksi asam karboksilat dan alkohol dengan melepas molekul air. Ester juga dapat dibuat dengan reaksi lain, seperti dengan asam anhidrat, asam klorida, amida, nitrat, eter, aldehida, hidrogenasi alkohol, dan keton [1]. Produk ester gondorukem (seperti Glycerol Maleic Rosin Ester atau Pentaeritritol Rosin Ester) memiliki titik leleh lebih tinggi, bilangan asam lebih rendah, ketahanan oksidasi lebih baik, dan lebih tahan terhadap air dibandingkan gondorukem asli [15]. Karena gugus karboksilat gondorukem terletak pada atom karbon tersier yang memiliki hambatan sterik tinggi dan energi aktivasi tinggi, suhu reaksi berkisar antara 250°C dan 290°C [16].

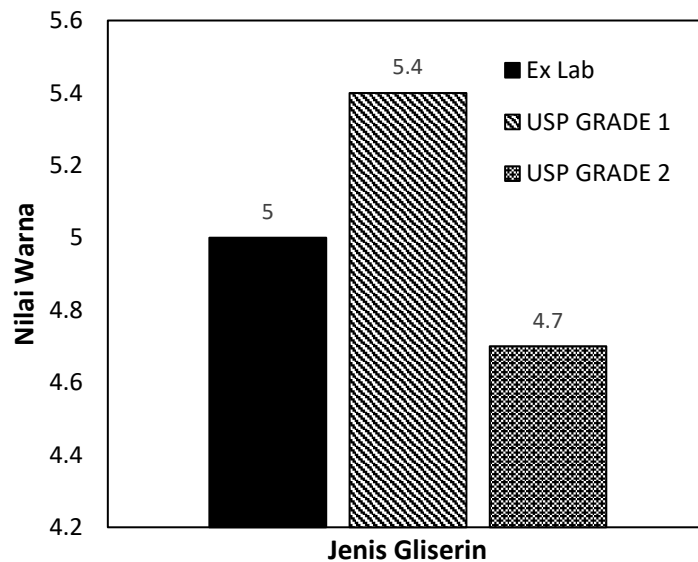
Hasil penelitian menunjukkan bahwa proses esterifikasi meningkatkan kualitas gondorukem. Hasil pengujian awal menunjukkan bahwa gondorukem sebelum perlakuan memiliki bilangan asam yang cukup tinggi, warna yang kurang jernih, *softening point* yang rendah. Setelah esterifikasi dilakukan dengan penambahan gliserol dan bahan aditif, beberapa faktor utama mengalami peningkatan: jumlah asam menurun secara signifikan, warna menjadi lebih baik, titik lunak meningkat, dan viskositas menjadi lebih stabil. Semua ini telah diperbaiki untuk memenuhi persyaratan industri untuk penggunaan dalam industri. Analisis data ini jika dibandingkan dengan penelitian sebelumnya sejalan dengan hasil riset Wahyuni [17] yang menyatakan bahwa dengan menambahkan gliserin pada produk yang sudah diesterifikasi secara signifikan meningkatkan ketahanan oksidasi dan menstabilkan produk akhir, utamanya dengan menurunkan bilangan asam dan meningkatkan titik lunak. Hasil gondorukem yang didapatkan yaitu titik lunak yang tinggi sekitar 102,67°C – 116,50°C, bilangan asam yang menurun sekitar 5,27 – 13,20 mg KOH/g.

Pengujian warna dilakukan dengan membandingkan warna gondorukem yang diuji terhadap standar warna Lovibond, yang kemudian diklasifikasikan ke dalam kelas mutu berdasarkan tingkat kejernihan dan warna gondorukem. Kemudian, titik lunak gondorukem yang mengindikasikan suhu saat gondorukem mulai melunak, diukur menggunakan metode SNI 7636:2002 dengan alat cincin dan bola [18]. Titik lunak ini berkisar antara 61,7°C hingga 73,5°C pada gondorukem yang diuji, yang mencerminkan tingkat kekerasan bahan tersebut. Hasil uji bilangan asam pada gondorukem bertujuan untuk menentukan kadar asam lemak bebas yang terkandung dalam sampel gondorukem, yang merupakan indikator penting dalam menilai kualitas bahan tersebut. Bilangan asam dinyatakan sebagai jumlah mg KOH yang diperlukan untuk menetralkan asam dalam satu gram gondorukem. Bilangan asam yang lebih rendah menunjukkan kualitas gondorukem yang lebih baik [2]. Dalam reaksi esterifikasi, gliserin tidak hanya menyediakan gugus ester tetapi juga bertindak sebagai pelarut; sebagai hasilnya, reaksi dapat berlangsung pada suhu tinggi tanpa kehilangan pelarut [15]. Kestabilan

termal gliserin yang relatif tinggi memungkinkan esterifikasi dilakukan pada suhu sekitar 180°C tanpa mengalami kerusakan yang signifikan. Ini memungkinkan reaksi berlangsung dengan laju yang cepat dan mencapai hasil yang optimal [19].

### 3.1. Warna

Warna merupakan parameter pertama yang dapat dilihat langsung apakah mutu dari sampel baik atau tidak. Apabila warna dari sampel pucat maka mutu yang dihasilkan berarti baik. Perubahan warna pada ester modifikasi biasanya dapat disebabkan oleh reaksi kimia yang terjadi selama proses esterifikasi atau transesterifikasi. Reaksi-reaksi ini termasuk berinteraksi dengan katalis, basa, atau senyawa lain yang ditambahkan. Tergantung pada jenis ester dan kondisi modifikasi, warna yang dihasilkan bisa putih, kuning, kuning kecoklatan, hingga coklat pekat atau gelap [20].



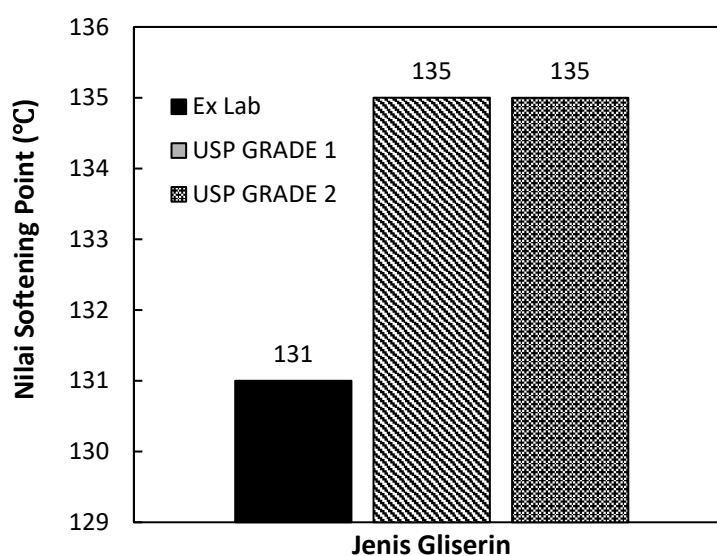
**Gambar 1.** Hasil analisa warna

Berdasarkan **Gambar 1**, dapat dilihat warna ester yang dihasilkan dari penelitian ini memiliki kecenderungan warna yang kurang lebih sama yaitu kuning lebih terang. Dari warna dapat diduga bahwa seberapa baik tingkat keberhasilan pengolahan. Hasil dari USP Grade (1) yaitu 5,4 sedangkan USP Grade (2) yaitu 4,7. Hal tersebut sudah sesuai dengan spesifikasi Ester C-130. Apabila dibandingkan dengan Ex-Lab hasil yang didapatkan tidak terlalu jauh. Hal ini dikarenakan saat proses awal sudah mengalami pemanasan saat pemasakan yang berlangsung selama  $\pm 2$  jam pada suhu 165°C dan pada saat pemasakan modifikasi berlangsung dengan waktu yang lama selama  $\pm 4-5$  jam dan suhu tinggi 250°C. Kirk, 2007 [1] bahwa pemanasan yang terlalu lama dan suhu yang lebih tinggi sangat mempengaruhi warna yang dihasilkan. Apabila dibandingkan dengan hasil analisa yang dilakukan oleh Ahonen [21], dengan suhu operasi 240°C warna yang dihasilkan tampak kuning terang dan berada pada kategori produk yang bermutu baik karena mengindikasikan tingkat kejernihan meskipun terdapat variasi warna akibat faktor produksi, gondorukem yang diproduksi dan diperdagangkan tetap berada dalam rentang

warna yang sesuai standar dan memenuhi kebutuhan pasar industri nasional maupun internasional [22].

### 3.2. Softening Point

Softening point atau titik lunak adalah dimana sampel mulai melunak yang diukur dengan cincin dan bola (*softening ring and ball apparatus*) yang dinyatakan dalam derajat celcius ( $^{\circ}\text{C}$ ). Dengan modifikasi ester pada gondorukem, *softening point*, ketahanan oksidasi, dan sifat fisikokimia lainnya meningkat. Suhu dan jenis alkohol berperan penting dalam sifat akhir produk ester modifikasi [16]. Sampel uji dihancurkan menjadi serbuk halus kemudian dicairkan dengan suhu yang rendah. Titik lunak berhubungan dengan kadar terpenin yang tersisa.



**Gambar 2.** Hasil analisa *softening point*

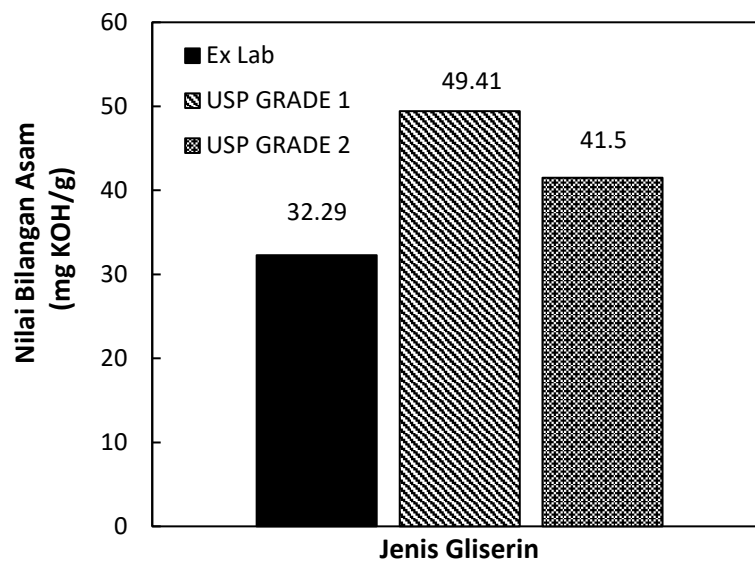
Berdasarkan **Gambar 2**, hasil dari USP Grade (1) yaitu  $135^{\circ}\text{C}$  dan hasil dari USP Grade (2) yaitu  $135^{\circ}\text{C}$ . Hal tersebut sesuai dengan spesifikasi Ester C-130 yaitu  $130 \pm 5$ . Apabila dibandingkan dengan hasil Ex-Lab tidak terlalu jauh. Hasil *softening point* yang semakin tinggi menandakan terpenin yang tersisa sedikit. Harold [22], menyatakan bahwa semakin panjang rantai C maka titik lunak semakin meningkat. Disebabkan oleh gugus fungsinya yang lebih besar, gum rosin modifikasi memiliki titik lunak dan jumlah asam yang lebih tinggi [1]. *Softening point* yang dihasilkan dari penelitian ini tidak berbanding jauh dengan produk saat ini. Hasil penelitian dari Rachmawati [9], nilai *softening point* mengalami peningkatan mencapai  $121,83^{\circ}\text{C}$ . Apabila dibandingkan, hasil penelitian yang dilakukan saat ini lebih unggul karena menunjukkan sisa terpenin yang semakin sedikit. Nilai titik lunak berkaitan erat dengan tingkat kemasakan gondorukem selama proses pemanasan dan pemurnian. Pada proses tersebut, komponen ringan yang mudah menguap, seperti terpenin, akan terpisah dari gondorukem. Apabila terpenin masih tersisa dalam jumlah besar, struktur gondorukem menjadi lebih lunak sehingga titik lunaknya rendah. Sebaliknya, jika komponen volatil telah banyak teruapkan dan reaksi

berlangsung lebih sempurna, struktur resin menjadi lebih padat dan stabil sehingga nilai titik lunaknya meningkat. Oleh karena itu, *softening point* gondorukem yang lebih tinggi umumnya memiliki kestabilan termal yang lebih baik serta kualitas produk yang lebih baik untuk aplikasi industri yang memerlukan ketahanan terhadap panas [23].

Proses ini menghasilkan ester yang memiliki titik lunak yang lebih stabil dan sifat fisikokimia yang lebih baik daripada ester yang tidak dimodifikasi, yang membuatnya ideal untuk aplikasi industri yang membutuhkan material yang memiliki kestabilan termal dan mekanik yang tinggi. Kondisi ini memberikan keuntungan untuk kebutuhan teknis marka jalan dan mendukung penggunaan bahan lokal berkualitas tinggi sebagai pengganti bahan impor.

### 3.3. Bilangan Asam

Bilangan asam didefinisikan sebagai banyaknya KOH dalam miligram yang diperlukan untuk menetralkan satu gram asam resin yang terkandung dalam senyawa gondorukem. Pengujian bilangan asam dilakukan untuk mengetahui jumlah asam lemak bebas dalam sampel gondorukem. Ini juga dapat digunakan sebagai tanda bahwa proses hidrolisis menyebabkan kerusakan pada bahan [24]. Dengan nilai bilangan asam yang lebih tinggi, gondorukem modifikasi dapat meningkatkan fungsi dan kualitasnya [1].



**Gambar 3.** Hasil analisa bilangan asam

Berdasarkan **Gambar 3**, nilai bilangan asam USP Grade (1) yaitu 49,41 mg KOH/g dan nilai bilangan asam USP Grade (2) yaitu 41,5. Jika dibandingkan dengan hasil Ex-Lab cenderung lebih tinggi. Hal ini dikarenakan semakin banyak jumlah bahan yang bersifat asam selama proses pemasakan sehingga kelompok asam yang dihasilkan semakin banyak, maka akan didapatkan bilangan asam ester yang semakin tinggi. Berdasarkan SNI 7636:2020, bilangan asam gondorukem pada umumnya yaitu 160 – 200. Apabila dibandingkan dengan penelitian dari Susanto (2018) esterifikasi gondorukem dengan gliserol berhasil mengurangi jumlah asam mencapai 80 – 95 mg KOH/g sampel pada waktu reaksi lima jam dan suhu 250°C. Perbedaan nilai bilangan asam disebabkan variasi

kondisi proses seperti suhu, waktu reaksi, rasio reaktan, atau kemurnian bahan baku yang digunakan untuk modifikasi gondorukem [25].

Sri Wahyuni (2016) menyatakan bahwa kandungan gliserol ester yang terbentuk selama reaksi dikaitkan dengan sisa asam lemak tersebut. Semakin lama proses esterifikasi berlangsung, semakin sedikit asam yang dihasilkan, yang menunjukkan adanya konversi asam lemak menjadi ester, sehingga semakin sedikit kandungan asam lemaknya. Akibatnya, semakin banyak asam lemak yang dikonversi menjadi gliserol ester seiring dengan lamanya proses esterifikasi. Selain itu, semakin lama reaksi berlangsung, semakin sering molekul reaktan bertemu, yang menghasilkan produk yang lebih besar. Gondorukem esterifikasi dengan bilangan asam rendah biasanya lebih stabil secara fisik, memiliki titik lunak yang lebih tinggi, dan memiliki warna yang lebih cerah. Sehingga, lebih cocok untuk digunakan sebagai pelapis, perekat, atau bahan kimia lainnya [10]. Kondisi bilangan asam ester saat ini sangat penting selama proses esterifikasi, yang menunjukkan bahwa konversi asam lemak bebas menjadi ester lebih efektif. Namun, nilai bilangan asam masih bervariasi tergantung pada kondisi proses dan bahan baku yang digunakan.

#### **3.4. Viskositas**

Viskositas adalah ukuran dari kekentalan suatu fluida, yang menunjukkan seberapa besar gaya gesekan yang terjadi di dalamnya. Dalam fisika, viskositas menggambarkan ketahanan suatu fluida terhadap aliran atau perubahan bentuk yang disebabkan oleh tegangan yang diterima. Dalam mengukur viskositas, alat yang digunakan yaitu Viskometer gelembung BYK-Gardner digunakan untuk menentukan viskositas kinematik cairan yang diketahui dengan cepat seperti resin dan pernis. Tabung viskometer gelembung juga digambarkan sebagai tabung Gardner-Holdt, set viskometer gelembung adalah tabung gelembung yang disusun dalam rentang viskositas yang paling umum. Viskositas cairan sampel ditentukan dengan membandingkan waktu kenaikan gelembung dengan standar tabung gelembung dan memilih yang paling cocok. Set tabung viskometer gelembung ini memenuhi standar ASTM International D1545 untuk menguji viskositas.

Hasil viskositas pada gliserin USP Grade ini yaitu Z-1 sedangkan hasil dari gliserin Ex-Lab yaitu Z-3. Artinya ester tersebut tidak kental karena viskositas tinggi pada gum rosin dapat menyebabkan kekentalan yang berlebihan dan dapat menghambat aliran produk. Selama proses produksi, viskositas gum rosin dapat mempengaruhi waktu pengeringan dan pengolahan ester gum rosin. Produk yang memiliki viskositas tinggi mungkin memerlukan waktu pengeringan yang lebih lama, yang dapat menyebabkan proses produksi secara keseluruhan menjadi lebih lama. Oleh karena itu, kontrol viskositas sangat penting untuk mencapai proses produksi yang efisien. Peningkatan titik lunak dan penurunan bilangan asam sering kali diikuti oleh korelasi dengan sifat lain dengan peningkatan viskositas, menunjukkan bahwa modifikasi meningkatkan kestabilan termal dan kimia produk.

Secara keseluruhan, viskositas adalah faktor utama yang mempengaruhi kualitas ester gum rosin dalam berbagai aplikasi industri, dan untuk mencapai hasil terbaik, sangat penting untuk mengelola viskositas dengan benar. Hasil viskositas ester yang diukur menggunakan metode BYK-Gardner saat ini umumnya memenuhi standar

viskositas yang berlaku yaitu dalam rentang Z-1 hingga Z-4. Rentang Z-1 sampai Z-4 menunjukkan tingkat viskositas yang berbeda, dimana Z-1 adalah tingkat viskositas yang lebih rendah dan Z-4 adalah yang lebih tinggi, yang mencerminkan kekentalan produk secara bertahap. Semakin tinggi angka Z (dari Z-1 ke Z-4), semakin tinggi pula kekentalannya.

#### 4. KESIMPULAN DAN SARAN

Ester C-130 yang diesterifikasi menggunakan gliserin USP Grade menunjukkan warna kuning terang, penurunan bilangan asam sebesar 64 - 71%, *softening point*  $130 \pm 5$  °C, dan viskositas Z-1 hingga Z-3, sesuai dengan SNI 7636:2020. Kinerja ester dengan gliserin Ex-Lab serupa, namun lebih unggul dalam menurunkan bilangan asam hingga 75%. Secara umum, sifat fisiko-kimia kedua jenis ester memenuhi standar industri, dengan viskositas stabil dan bilangan asam lebih rendah dibandingkan gondorukem non-modifikasi. Hasil ini menunjukkan bahwa esterifikasi efektif dalam meningkatkan kualitas gondorukem untuk memenuhi kebutuhan pasar industri nasional dan ekspor.

Berdasarkan uji yang dilakukan pada penelitian ini didapatkan hasil ester telah memenuhi standar untuk beberapa uji analisa yang telah dilakukan dan mengindikasikan viskositas yang stabil dan cocok untuk aplikasi industri. Untuk penelitian selanjutnya, disarankan untuk mengkaji variabel yang lebih luas seperti variasi suhu, waktu esterifikasi, serta tingkat kemurnian gliserin agar dapat dibandingkan secara efektif dan pastikan alat yang digunakan berfungsi dengan baik. Selain itu, penelitian lanjutan juga dapat mengevaluasi penggunaan katalis yang berbeda atau kombinasi metode modifikasi lainnya, seperti fortifikasi atau pencucian, untuk memperoleh peningkatan kualitas gondorukem yang lebih signifikan.

#### REFERENSI

- [1] Kirk Othmer, "Encyclopedia of Chemical Technology 4th Volume Ke-21," *The Interscience Encyclopedia*, vol. 21. John Wiley & Sons, New York, 2007.
- [2] A. Syaifuddin, K. Sa'diyah, and D. E. D. Prasetya, "Peningkatan Kualitas Gondorukem Dengan Variasi Konsentrasi Terpentin Pada Pencucian Getah Pinus," *Jurnal Penelitian Hasil Hutan*, vol. 43, no. 1, hal. 10–20, May 2025
- [3] D. Kharismawati, N. Indrasti, and Suprihatin, "Strategi Implementasi Produksi Bersih untuk Meningkatkan Kinerja Industri Gondorukem (Studi Kasus Nagreg Jawa Barat)," *Jurnal Aplikasi Manajemen (JAM)*, vol. 14, 2016.
- [4] S. Sadhra, I. S. Foulds, and C. N. Gray, "Oxidation of resin acids in colophony (rosin) and its implications for patch testing," *Contact Dermatitis*, vol. 39, no. 2, hal. 58–63, Aug. 1998.
- [5] Salsabila dan Chumaidi, "Studi Literatur Perencanaan Bisnis Pembuatan Disproportionated Rosin Sebagai Komiditi Ekspor Dengan Bahan Baku Gondorukem," *Distilat Jurnal Teknologi Separasi*, vol. 8, no. 3, 2022.
- [6] Perhutani, "Kualitas Non Kayu," 2020.
- [7] J. F. García Martín, J. Carrión Ruiz, M. Torres García, C.-H. Feng, and P. Álvarez Mateos, "Esterification of Free Fatty Acids with Glycerol within the Biodiesel Production Framework," *Processes*, vol. 7, no. 11, hal. 832, Nov. 2019

- [8] W. Indu, R. Sari, and B. Wiyono, "Esterifikasi Gondorukem dengan Penambahan Gliserol atau Pentaerithritol," 2005.
- [9] M. Rachmawati, "Esterifikasi Gondorukem Maleat Dengan Gliserol," Institut Pertanian Bogor, 2011.
- [10] E. H. dan B. T. H. M. Sri Wahyuni, "Esterifikasi Gliserol Dan Asam Lemak Jenuh Sawit Dengan Katalis MES," *Jurnal Teknologi Industri Pertanian*, 2016.
- [11] B. Wiyono, "Pengaruh Konsentrasi Bahan Kimia Maleat Anhidrida Terhadap Gondorukem Maleat Dari Getah Pinus Merkusii," *Jurnal Penelitian Hasil Hutan*, vol. 25, nol, 1, hal. 28-40, 2007.
- [12] D. Manggala, "Esterifikasi Gondorukem dengan Gliserol dan Anhidrida Asam Maleat Menggunakan Katalisator Asam Hipofosfor," Universitas Gadjah Mada, 2024.
- [13] R. N. Ramadhani dan Sunarta, "Pengaruh Jumlah Gliserol dan Asam Maleat Pada Pengolahan Turunan Gondorukem dengan Teknik Gliserol Ester Maleat," Universitas Gadjah Mada, 2023.
- [14] T. Silitonga, "Pengaruh Anhidrida Asam Maleat Terhadap Sifat-Sifat Sabun Gondorukem," *Jurnal Penelitian Hasil Hutan*, vol. 5, no. 4, hal.173-176, 1988.
- [15] A. E. Prasetyo ; A. Widhi dan Widayat, "Potensi Gliserol Dalam Pembuatan Turunan Gliserol Melalui Proses Esterifikasi," *Jurnal Ilmu Lingkungan*, vol. 10, no. 1, hal. 26–31, 2012.
- [16] S. Sutanti, S. Purnavita, and H. Sriyana, "Pembuatan Vernis Berbahan Gondorukem Yang Dimodifikasi Gliserol Dan Paduan Linseed Oil Dengan Minyak Biji Karet Menggunakan Metode Esterifikasi Tanpa Katalis," *ISSN 2527-6140, e-issn 2541-5890: Inovasi Teknik Kimia*, vol. 2, hal. 54–59, 2017.
- [17] M. Wahyuni, "Sifat Fisiko-Kimia Ester Gliserol Gondorukem Hidrogenasi. ," Institut Pertanian Bogor, Bogor, 2011.
- [18] F. Bratastuti, P. Suharti, and R. Ramadhana, "Kajian Literatur Peningkatan Kualitas Gondorukem Termodifikasi," *Distilat Jurnal Teknologi Separasi*, vol. 10, no. 2, 2024.
- [19] Sri Winarti, "Esterifikasi Gliserol Dengan FFA (Free Fatty Acid) Berbantu Katalis Zeolit Sintetik 3A Dalam Pembuatan MDAG (Monodiasyl Gliserol)," Universitas Negeri Semarang, 2020.
- [20] R. Mu'aliyah dan S. B. W. Kusuma, "Synthesis of Cellulose Esters through an Oxidative Esterification of Cellulose with Cinnamaldehyde in Ionic Liquid and External Bases ," *Indonesian Journal of Chemical Science*, 2022.
- [21] Ahonen, "Patent Method For The Saponification of Rosin Acids," 2002.
- [22] Y. Suranto, "Karakter Dan Kualitas Gondorukem Kuna Hasil Penemuan Di Pemukiman Pecinan Kuatoarjo Kabupaten Purworejo," *Jurnal Konservasi Cagar Budaya Borobudur*, vol. 12, no. 2, hal. 47–60, 2018.
- [23] B. Djatmiko, S. Sumadiwangsa, and S. Ketaren, "Pengolahan dan Pengawasan Kualitas Rosin dan Terpentin," Lembaga Penelitian Hasil Hutan, 1973.
- [24] Baharuddin dan Taskirawati, "*Hasil Hutan Bukan Kayu*," Fakultas Kehutanan, Universitas Hasanudin, 2009.
- [25] S. Susanto, "Investigasi Waktu Reaksi dan Komposisi Stokiometri pada Esterifikasi Rosin dari Getah Pinus Merkusii," 2018.

- [26] Inc. Harima Chemicals, "Rosin modified phenolic resin, gel varnish using the same, printing ink, printing method, and method for producing rosin modified phenolic resin," US20040181026A1, 2004.