

Pengujian Kuat Tarik dan Kekerasan pada Alkyd Resin dari Kombinasi *Palm Fatty Acid Distillate* dan Urea Formaldehid Terbutilasi

Testing of Tensile Strength and Hardness on Alkyd Resin from Combination of Palm Fatty Acid Distillate and Butylated Urea Formaldehyde

Mukasi Wahyu Kurniawati^{1*}, Zeni Ulma²

¹Jurusan Teknik Kimia, Universitas AKPRIND Indonesia

²Teknik Energi Terbarukan Politeknik Negeri Jember

Email: ¹mukasi@akprind.ac.id, ²zeniulma@poilje.ac.id

*Penulis korespondensi: mukasi@akprind.ac.id

Direview: 29 Agustus 2024

Diterima: 6 September 2024

ABSTRAK

Penggunaan polimer, khususnya alkyd resin dalam berbagai industri semakin meningkat karena karakteristik unggulnya seperti fleksibilitas dan kekuatan. *Palm Fatty Acid Distillate* (PFAD) dan urea formaldehid terbutilasi adalah dua bahan baku yang umum digunakan dalam pembuatan polimer tersebut. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi sifat mekanis, terutama kuat tarik dan kekerasan dari bahan pelapis yang terbuat dari campuran alkyd resin berbasis PFAD dan urea-formaldehid terbutilasi yang ramah lingkungan. Pembuatan resin dilakukan dengan berbagai variasi komposisi bahan dan melibatkan penggunaan katalis asam oksalat, serta diikuti dengan pengujian kuat tarik dan kekerasan bahan pelapis tersebut. Hasil penelitian menunjukkan bahwa variasi dalam komposisi bahan dan penggunaan katalis mempengaruhi karakteristik mekanis material tersebut. Perubahan komposisi bahan dapat menyebabkan variasi dalam kekuatan tarik, sedangkan penggunaan katalis berpengaruh pada kekerasan material. Peningkatan jumlah urea formaldehid terbutilasi mengakibatkan peningkatan kekuatan tarik pada beberapa komposisi, namun pada komposisi tertentu, kelemahan ikatan antara alkyd resin dan urea formaldehid terbutilasi menyebabkan penurunan kekuatan tarik. Sebagai contoh, pada rasio mol urea formaldehid terbutilasi: butanol sebesar 1:1, diperoleh hasil kuat tarik tertinggi sebesar 50 MPa, sedangkan pada rasio 2:1, hasil kuat tarik menurun menjadi 40 MPa.

Kata Kunci: *Bahan Pelapis, Palm Fatty Acid Distillate, Polimer, Uji Tarik,*

ABSTRACT

The utilization of polymers, particularly alkyd resin, across various industries is increasing due to its superior characteristics such as flexibility and strength. *Palm Fatty Acid Distillate* (PFAD) and tert-butylated urea formaldehyde are two commonly used raw materials in the production of these polymers. This study aims to evaluate the mechanical properties, particularly tensile strength and hardness, of coating materials made from a combination of PFAD-based alkyd resin and tert-butylated urea-formaldehyde. The synthesis of the resins carried out with various material composition and involves an oxalic acid as catalyst, followed by testing the tensile strength and hardness of the coating material. The results indicate that variations in the composition of materials and the use of catalysts affect the mechanical characteristics of the materials. Changes in material composition may result in variations in tensile strength, while the use of catalysts influences the hardness of the materials. An increase in the amount of tert-butylated urea formaldehyde leads to an increase in tensile strength in some compositions, but in certain compositions, weaknesses in the bond between alkyd resin and tert-butylated urea formaldehyde result in a decrease in tensile strength. For instance, at a mole ratio of tert-butylated urea formaldehyde to butanol of 1:1, the highest tensile strength obtained was 50 MPa, while at a ratio of 2:1, the tensile strength decreased to 40 MPa.

Keywords: *Coating, Palm Fatty Acid Distillate, Polymer, Tensile Strength*

1. Pendahuluan

Pemanfaatan polimer menjadi sangat signifikan dalam kehidupan manusia yang semakin berkembang sejalan dengan kemajuan ilmu pengetahuan dan teknologi. Banyaknya produk yang terbuat dari polimer, baik alamiah maupun buatan menjadi indikasi pentingnya peran polimer dalam kehidupan sehari-hari.

Salah satu jenis polimer yang sering digunakan adalah alkyd resin karena memiliki aplikasi yang luas dalam berbagai industri termasuk industri cat, pelapis permukaan, dan pembuatan film. Alkyd resin memiliki sifat-sifat unggul seperti fleksibilitas, kekuatan, dan daya tahan yang diperoleh melalui proses poliesterifikasi atau polimerisasi kondensasi yang menggabungkan gugus karboksil dan hidroksil.

Penggunaan *Palm Fatty Acid Distillate* (PFAD) yang merupakan produk samping dari pemurnian minyak kelapa sawit dapat digunakan sebagai bahan baku untuk pembuatan alkyd resin sehingga mendukung upaya mewujudkan produksinya secara lebih berkelanjutan dan lebih ramah lingkungan. PFAD dapat diesterifikasi dengan gliserol untuk menghasilkan monomer yang sesuai dalam sintesis alkyd resin, sehingga dapat mengurangi ketergantungan pada bahan baku petrokimia yang tidak terbarukan dan beremisi karbon tinggi (Halim *et al.*, 2012). Alkyd resin berbasis PFAD memiliki sifat fisik dan mekanik yang sebanding atau bahkan lebih unggul dibandingkan resin konvensional berbasis minyak bumi (Ng *et al.*, 2019). Dengan memanfaatkan PFAD sebagai bahan baku produksi material yang dibutuhkan, maka industri dapat mengurangi limbah, menurunkan emisi karbon, serta meningkatkan nilai tambah dari produk sampingan minyak kelapa sawit sehingga dapat sejalan dengan konsep ekonomi sirkular (Taufik *et al.*, 2018).

Karakteristik bahan pelapis dapat dilihat dari kekuatan tarik dan kekerasan suatu material. Kekuatan tarik didefinisikan sebagai kemampuan untuk menahan gaya yang bekerja pada material tersebut material akan diuji dengan sebuah alat bernama *universal testing machine*. Sedangkan Kekerasan didefinisikan sebagai ketahanan sebuah benda terhadap penetrasi/daya tembus dari bahan lain yang lebih keras (penetrator). Uji kekerasan dilakukan untuk mendapatkan sifat kekerasan material (Lim *et al.*, 2021). Kekerasan biasanya dapat dinyatakan dalam tiga skala yaitu Brinell, Rockwall atau Vickers. Perbedaan utama dari ketiga skala ini adalah beban dan indentor yang digunakan dalam pengukurannya. Masing-masing skala ini mempunyai kelebihan dimana Vickers hanya butuh satu *setup* pengujian untuk semua material, Rockwell akan memberikan kesalahan operator yang kecil karena tidak perlu mikroskop, sedangkan Brinell dapat dengan mudah dikonversikan kedalam kekuatan tarik ultimate-nya.

Penelitian sebelumnya telah menunjukkan bahwa alkyd resin dan resin urea-formaldehid memiliki sifat yang unik dan dapat disesuaikan sesuai dengan kebutuhan aplikasi tertentu (Garcia & Patel, 2017). Oleh karena itu, pemahaman yang lebih dalam tentang sifat mekanis dari kedua jenis resin ini akan sangat berguna untuk pengembangan lebih lanjut dalam industri pelapisan. Dengan demikian, penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi yang berarti dalam memahami sifat mekanis dari bahan pelapis berbasis alkyd resin dan urea-formaldehid terbutilasi yang ramah lingkungan.

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengevaluasi sifat mekanis, khususnya kekuatan tarik dan kekerasan material, dari bahan pelapis yang terbuat dari alkyd resin berbasis PFAD dan urea-formaldehid butil alkohol yang ramah lingkungan. Penelitian ini juga bertujuan untuk memahami karakteristik mekanis dari kedua jenis resin tersebut, yang merupakan kontribusi penting dalam pengembangan aplikasi lebih lanjut dalam industri pelapisan.

2. Metode Penelitian

Penelitian ini dilakukan dengan cara proses polimerisasi dengan mereaksikan hasil alkyd resin dari *Palm Fatty Acid Distillate* (PFAD) dan urea formaldehid terbutilasi sehingga menghasilkan resin yang ramah lingkungan. Asam oksalat berbentuk padat digunakan sebagai katalis untuk proses *coating*. 40 % massa Alkyd resin dan 40 % massa urea formaldehid kemudian direkasikan dengan asam oksalat sebagai katalis dan 20 % massa pelarut xylene (untuk perbandingan 1:1 % massa). Hasil diatas kemudian dilakukan pengujian karakteristik bahan pelapis. Untuk variable bebas disini adalah penggunaan katalis dan non katalis serta komposisi % massa alkyd resin dan urea formaldehid terbutilasi yaitu 1:1, 2:1 dan 1:2 % massa.

2.1 Alat dan Bahan

Alat dan bahan yang digunakan pada penelitian ini ada Palm Fatty Acid Distillate yang merupakan hasil samping atau limbah dari proses pembuatan minyak goreng, gliserol, NaOH PA, *phthalic anhydrid*, urea, formalin, butanol dan asam oksalat sebagai katalis pada proses *coating*. Rangkaian alat yang digunakan untuk membuat alkyd resin dan urea formaldehid terbutilasi adalah sebuah reactor alir berpengaduk yang terdiri dari labu leher tiga 250 mL sebagai reaktor *batch* dengan dilengkapi pengaduk merkuri, pemanas mantel, dan sistem *refluks* dengan pendingin bola. Untuk uji kuat Tarik dan kekerasan menggunakan alat *universal testing machine* sesuai dengan ASTM D638 dan uji kekerasan menggunakan alat Vickers sesuai dengan ASTM D638.

2.2 Proses Pembuatan Bahan Pelapis

Alkyd resin sebanyak 40 massa/massa dan 40 massa/massa urea formaldehid terbutilasi dilarutkan dalam xylene sebanyak 20 massa/massa dan direaksikan dalam gelas beker 250 ml (untuk perbandingan 1:1 massa/massa), bahan tersebut kemudian diaduk sampai homogen. Setelah itu, hasilnya diambil untuk dilakukan analisis uji tarik dan uji kekerasan. Langkah berikutnya adalah melakukan reaksi untuk variasi mol reaktan yaitu 1:2 dan 2:1 massa/massa, dan penambahan katalis yaitu asam oksalat.

2.3 Uji Karakteristik Bahan Pelapis

Untuk uji karakteristik penelitian ini adalah uji kuat tarik dan kekerasan. Untuk uji kuat tarik bahan pelapis dilakukan dengan menggunakan alat uji kuat tarik. Bahan pelapis dicetak menggunakan cetakan seperti dayung dan diuji dengan alat universal testing machine sesuai dengan ASTM D638 dan uji kekerasan bahan pelapis ini dilakukan dengan menggunakan alat Vickers. Bahan pelapis dicetak menggunakan cetakan kubus dengan ukuran (5x5x5) cm sesuai dengan ASTM D695.

3. Hasil dan Pembahasan

Urea formaldehid terbutilasi dicampur dengan alkyd resin menggunakan perbandingan massa AR/UF terbutilasi 1:1, 1:2, dan 2:1 massa/massa. Campuran dengan perbandingan AR/UF 1:1 massa/massa ini dilarutkan dalam xylene sebanyak 20% dari total massa bahan, dan metode yang sama diterapkan untuk perbandingan 1:2 dan 2:1 massa/massa. Pada eksperimen ini, katalis asam oksalat juga digunakan. Asam oksalat berfungsi sebagai katalis homogen karena dapat larut dengan bahan pereaksi. Selain itu, sifat asam dari katalis ini menghasilkan ion H⁺ yang dapat mempercepat pengerasan bahan pelapis. Faktor penting yang mempengaruhi proses polimerisasi antara alkyd resin dan urea formaldehid terbutilasi adalah massa bahan yang digunakan serta jenis katalis yang diaplikasikan. Dampak dari variabel-variabel tersebut ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Uji Pengerasan Alkid Resin dan Urea Formaldehid Terbutilasi

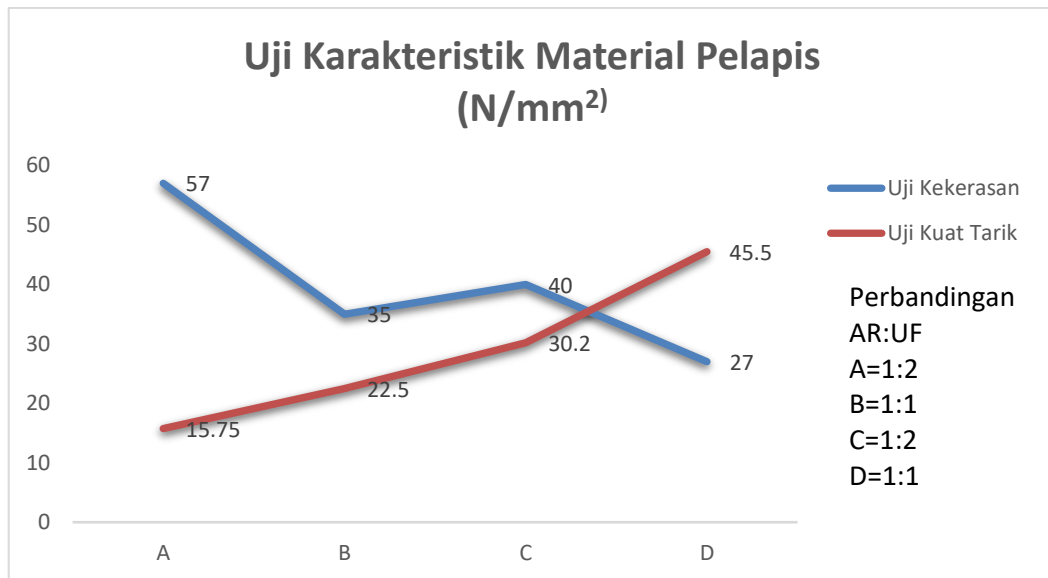
Perbandingan Urea Formaldehid:Butanol (mgek/mgek)	Perbandingan Alkid Resin:UF Terbutilasi (massa/massa)					
	Menggunakan katalis			Tanpa Katalis		
	1:1	1:2	2:1	1:1	1:2	2:1
1:0,5	v	v	-	-	-	-
1:1,0	v	v	-	-	-	-
1:1,5	-	-	-	-	-	-
1:2,0	-	-	-	-	-	-
1:2,5	-	-	-	-	-	-
1:3,0	-	-	-	-	-	-

Keterangan:

- v : memadat/dapat dicetak untuk diuji selanjutnya
- : tidak dapat memadat/tidak dapat dicetak

Berdasarkan data pada Tabel 1 dapat diketahui bahwa penggunaan katalis dan komposisi butanol sangat berpengaruh dalam pembuatan bahan pelapis. Hasil uji pengerasan resin ketika direaksikan dalam jumlah sedikit akan mengalami pengerasan, tetapi jika direaksikan dalam jumlah besar maka produk yang dihasilkan tidak dapat memadat tetapi seperti *slurry*. Perbandingan antara urea formaldehid terbutilasi : butanol yang menghasilkan produk mengeras adalah 1:0,5 mgek/mgek dan 1:1 mgek/mgek.

Karakteristik pengujian kuat tarik dari bahan pelapis ini dilaksanakan untuk mengevaluasi kekuatan tarik bahan pelapis tersebut ketika digunakan dalam konteks aplikasi seperti pelapisan cat, penutup kayu, atau pelapisan permukaan lainnya. Hasil dari pengujian kuat tarik dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Uji Karakteristik Material Pelapis

Pengujian kuat tarik bahan pelapis hanya dilakukan pada produk yang mengalami proses pengerasan, yaitu produk yang dibuat dari campuran urea formaldehid dan butanol dengan perbandingan 1:0,5 mgek/mgek dan 1:1 mgek/mgek, serta alkid resin yang direaksikan dengan urea formaldehid terbutilasi dengan komposisi 1:1 massa/massa dan 1:2 massa/massa. Berdasarkan Gambar 1 dapat diketahui bahwa semakin banyak komposisi urea formaldehid yang digunakan maka semakin keras juga bahan pelapisnya. Hal ini dapat terjadi karena perbandingan AR/UF terbutilasi memiliki tingkat kekerasan lebih tinggi dari pada perbandingan komposisi yang lain, sehingga bahan pelapis ini memiliki sifat patahan getas atau mudah rapuh. Hubungan antara lama curing time dan kuat tarik menunjukkan adanya sifat viskoelastik getas yang muncul pada komposisi dengan rasio mol UF/B 1:0,5 dan perbandingan AR/UF terbutilasi 1:2 massa/massa yang tercermin melalui peningkatan nilai kuat tarik secara signifikan. Sementara itu, sifat elastomer atau kenyal teramati pada komposisi dengan rasio mol UF/B 1:1 dan perbandingan AR/UF terbutilasi 1:1 massa/massa. Hal ini disebabkan oleh peningkatan jumlah urea formaldehid terbutilasi dalam komposisi yang mengakibatkan kelemahan pada ikatan antara alkid resin dan urea formaldehid terbutilasi. Sebagai akibatnya, bahan pelapis menjadi lebih rentan terhadap putus saat ditarik.

Hubungan antara kuat tarik dan kekerasan pada Gambar 1 menunjukkan bahwa semakin tinggi nilai kuat tariknya maka semakin rendah tingkat kekerasan. Penelitian ini dapat menjadi acuan dalam membuat alternatif bahan pelapis yang ramah lingkungan dengan menggunakan komposisi yang pas sehingga dapat digunakan sebagai bahan tambahan pelapis ramah lingkungan yang mudah mengering.

4. Kesimpulan

Rasio alkyd resin : urea formaldehid terbutilasi sangat berpengaruh dalam pembuatan bahan pelapis ini karena semakin banyak urea formaldehid yang digunakan maka karakter bahan pelapis cenderung keras dan mudah putus, tetapi proses pengeringan cenderung lebih cepat. Selain itu keterlibatan katalis juga sangat berpengaruh dalam proses pembuatan bahan pelapis, dimana katalis dapat mempercepat reaksi yang sempurna dalam pembuatan bahan pelapis.

Saran

Perlu penelitian lebih lanjut untuk menentukan metode yang digunakan untuk mereaksikan alkyd resin dan urea formaldehid terbutilasi agar menghasilkan bahan pelapis yang bagus, khususnya komposisi bahan yang digunakan.

Daftar Pustaka

- Chu, B. Q. (2003). Optimization of enzymatic hydrolysis for concentration of vitamin E in palm fatty acid distillate. *J.Food Chem.* 295 - 302
- Courtney, T.H. (2000). *Mechanical Behaviour of Materials, ed.2, Materials science/Metallurgy Series.* pen.McGraw Hill. Singapore
- Cristina. (2000). Karakteristik dan aplikasi emulsifier campuran mono dan diasilgliserol dari destilat asam lemak sawit. *Skripsi.* Bogor: Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor.

- Dang, W., Kubouchi, M., Yamamoto, S., Sembokuya, H., Tsuda, K. (2002). An Approach to chemical recycling of epoxy resin cured with amine using nitrid acid. *Polymer*. 43. 2953-2958
- Dziedzak. (1988). Emulsifiers: The Interfacial Key to Emulsion Stability. *Journal of Food Technology*.
- Elizabeth & Boyle. (1997). Monoglycerides in food system: Current and Future uses. *Food Technology*, 51(8)
- Fisher, L.A. & Hayward, G.R. (1998). *The Basic of Resin Technology. no.10*. Oil and Coulor Chemist Association, Wembley
- Fogler, H.S. (1999). *Element of Chemical Reaction Engineering*, ed. 3, Prentice-Hall International, Inc. New Jersey. 699-785
- Frisch, K.C. (1967). *Phenol Resin and Plastics* dalam *Kirk Othmer Encyclopedia of Chemical Technology*. Vol. 15 Edisi 2, Mei Ya Publication Inc.
- Gapor, T. A. (1992). *Vitamin E from Palm oil : Its Exstraxtion and Nutritional Properties*. Elsevier Science Publisher Ltd. Lipid Technology
- Hlaing, N.N. & Oo, M.M. (2008). Manufacture of Alkid Resin from Castor Oil. *Proceeding of Word Academy of Science, Engineering & Technology*. vol 36
- Halim, R., Kamaruddin, M. J., & Idris, Z. (2012). Utilization of palm fatty acid distillate (PFAD) as a renewable feedstock for bio-based alkyd resin synthesis. *Journal of Cleaner Production*, 18(10), 102-107
- Jayanudin, (2009). Model Kinetika Reaksi Konsektif Alkoholis Minyak Jagung dan Esterifikasi Maleic Anhydride menjadi Alkid Resin. *Tesis*. Departemen Teknik Kimia. Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta
- Kirk, R.E. & Othmer, D.F. (1987). *Encyclopedia of Chemical Technology, 4 ed., vol 24*. The Inter Science Encyclopedia, Inc., New York
- Lim, H. Y., Ng, H. S., & Ibrahim, M. Z. (2021). Environmental performance and application potential of palm-based alkyd resin derived from PFAD in surface coatings. *Progress in Organic Coatings*, 155, 106-114.
- Mayer, B. (1979). *Urea Formaldehyd Resin*, Addition-Wesley Publishing Company. New York. 1-10
- Ng, H. S., Lee, K. T., & Mokhtar, M. (2019). Palm fatty acid distillate as a sustainable feedstock for the production of alkyd resin: Optimization and characterization. *Journal of Environmental Management*, 245, 112-119.
- Taufik, R., Lim, H. Y., & Ibrahim, M. Z. (2018). Circular economy approach for palm oil industry: Recycling PFAD into bio-based polyol for alkyd resin synthesis. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 97. 321-329.