

Analisis Kuat Tarik dan Umur Perekat Poliamida Berbasis Gelatin dan Asam Adipat dengan Variasi Jumlah Minyak Sawit sebagai Pemlastis

Tensile Strength and Adhesive Durability Analysis of Gelatin and Adipic Acid-Based Bioadhesives with Palm Oil Quantity Variations as Plasticizer

Alvin Rizani Ardiansyah Santosa, Anisya Salsabiela Zain, Bima Prasetya Pancasakti, Budhijanto*
Departemen Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada, Bulaksumur, Caturtunggal, Depok,
Kab. Sleman, 55281, Indonesia

*Email: budhijanto@ugm.ac.id

Abstrak

Perekat yang banyak digunakan saat ini adalah perekat sintesis yang bersifat karsinogenik bagi manusia. Pembuatan perekat berbasis bahan alami (*bioadhesive*) perlu dilakukan untuk menekan jumlah penggunaan perekat sintesis. Gelatin adalah senyawa yang memiliki gugus amina, sedangkan asam adipat adalah asam organik yang memiliki gugus karboksilat dalam struktur kimianya sehingga dapat dijadikan bahan dasar pembuatan perekat. Tujuan penelitian untuk menganalisis kualitas perekat poliamida berbasis bahan dasar alami. Tahapan pembuatan perekat meliputi reaksi polimerisasi dan penambahan minyak sawit terhidrolisis. Reaksi polimerisasi dijalankan secara batch pada suhu 90 °C dan tekanan 1 atm dengan variasi mol minyak sawit banding mol gelatin 0; 0,04; 0,08; 0,17; 0,33; 0,5; dan 1. Hasil kuat tarik terbaik yaitu dengan rasio mol minyak sawit banding mol gelatin sebesar 0,33 dengan nilai kuat tarik untuk *curing time* 1 hari, 3 hari, 7 hari, dan 14 hari berturut-turut adalah 1575,71 kPa, 2197,30 kPa, 3387,31 kPa, dan 3708,23 kPa.

Kata kunci: perekat alami, gelatin, asam adipat, minyak sawit, kuat tarik

Abstract

The adhesive that is widely used today is the synthetic one, which is carcinogenic to humans. It is necessary to produce adhesives based on natural resources (*bioadhesive*) to reduce the use of synthetic adhesive. Gelatin is a compound that has amine groups, while adipic acid is an organic acid that has carboxylic groups in its chemical structure so they can be primary ingredients to make adhesive. The research objective is to reduce the use of synthetic adhesives with best quality of *bioadhesive*. The steps of making the adhesives included polymerization reaction and hydrolyzed palm oil addition. The polymerization reaction is carried out in batches at 90 °C and 1 atm with mole ratio palm oil to gelatin variety of 0; 0.04; 0.08; 0.17; 0.33; 0.5; and 1. The best result for tensile strength is the ratio of 0.33 mole ratio of palm oil to gelatin for 1 day, 3 days, 7 days, and 14 days of curing time, respectively 1575.71 kPa, 2197.30 kPa, 3387.31 kPa, dan 3708.23 kPa.

Keywords: *bioadhesive, gelatin, adipic acid, palm oil, tensile strength*

Pendahuluan

Perekat merupakan material yang penting saat ini dikarenakan dapat menggantikan teknik pelekatan klasik seperti menjahit, mengunci atau memaku. Teknik pelekatan dengan perekat lebih disukai karena menghemat beban serta mengakibatkan distribusi tegangan yang lebih merata [1]. Perekat sudah menjadi kebutuhan sehari-hari bagi manusia. Hal tersebut disebabkan perekat menjadi salah satu komponen yang penting untuk menyatukan dua atau lebih material sehingga menciptakan suatu bentuk yang lebih baku.

Perekat yang biasa digunakan di industri kerajinan adalah perekat sintesis yang disebut lem

kuning dan lem putih *Polyvinyl Acetate* (PVAc). Perekat sintesis tersebut tidak aman karena mengandung zat *Lysegic Acid Diethylamide* (LSD) dalam pelarutnya yang dapat menyebabkan halusinasi apabila sering terhirup dan menimbulkan bahaya bagi kesehatan [2].

Mayoritas industri pengolahan kayu di Indonesia menggunakan perekat berbasis formaldehid untuk pengaplikasiannya. Perekat berbasis formaldehid ini merupakan perekat sintesis yang memiliki daya rekat yang bagus serta harga yang murah. Namun, perekat berbasis formaldehid memiliki banyak kekurangan, antara lain formaldehid sebagai perekat secara perlahan dilepaskan sebagai

senyawa organik yang mudah menguap ke lingkungan. Formaldehid itu sendiri dikategorikan sebagai bahan beracun dan karsinogenik. Formaldehid juga berbasis fraksi minyak bumi yang merupakan energi tak terbarukan [3].

Pada penelitian ini digunakan gelatin dan asam adipat sebagai bahan dasar pembuatan perekat alami, *p-Toluenesulfonic acid* (PTSA) sebagai katalis, boraks sebagai anti jamur, dan minyak sawit terhidrolisis sebagai *plasticizer*. Bahan dasar, *plasticizer*, dan katalis yang digunakan untuk pembuatan perekat alami diharapkan mampu menambah kuat tarik serta umur perekat, sedangkan penambahan boraks diharapkan mampu menambah umur perekat, sehingga perlu dicari komposisi jumlah minyak sawit terhidrolisis yang optimal sebagai *plasticizer*-nya dengan harapan meningkatkan kuat tarik dan daya tahan jamur dari perekat alami. Dengan penelitian ini juga diharapkan mampu memberikan potensi produksi perekat alami secara masif sehingga menekan nilai impor perekat di Indonesia serta menekan jumlah penggunaan perekat sintesis.

Teori

Perekat merupakan bahan yang dapat diaplikasikan pada permukaan benda agar dapat menyatu secara permanen melalui proses ikatan perekat [4]. Produk perekat berbahan baku alami biasa juga disebut *bioadhesive*. Perekat alami ini dapat menggantikan perekat sintesis yang digunakan sejak lama. Perekat alami terbuat dari bahan yang tidak beracun sehingga lebih aman untuk diaplikasikan karena tidak berdampak negatif ke lingkungan sekitar. Perekat alami yang sudah dikembangkan hingga saat ini memiliki umur perekat yang relatif pendek dikarenakan kontaminasi dari jamur dan mikroba. Selain itu perekat alami juga telah terbukti memiliki potensi untuk bersaing secara komersial dengan perekat sintesis lainnya berdasarkan kuat tarik yang dihasilkan. Perekat alami ini dinilai masih dapat ditingkatkan kuat tarik dan sifat fisisnya dengan mengubah bahan dasar pembuatnya.

Penambahan zat aditif berupa minyak sawit yang sudah dihidrolisis perlu dilakukan karena secara teori minyak sawit tersebut akan terkonversi menjadi gliserol dan asam lemak. Gliserol tersebut yang akan berperan sebagai *plasticizer* bagi perekat poliamida dengan mengubah fleksibilitas dan unjuk kerjanya. Gliserol merupakan *plasticizer* yang paling baik untuk perekat poliamida karena memiliki struktur kimia yang mirip dengan polimernya [5]. Sedangkan produk hidrolisis minyak sawit yang lain berupa asam lemak diharapkan bisa menjadi agen *cross-linking* bagi perekat poliamida karena mengandung gugus hidroksil (-OH) dan juga tergolong senyawa organik dengan rantai C cukup panjang sehingga dinilai baik untuk agen *cross-linking*. Asam lemak yang mendominasi kandungan minyak sawit berupa asam palmitat dengan rantai C₁₆ dan asam oleat dengan rantai C₁₈. Kedua jenis asam lemak ini yang

diperkirakan akan menjadi agen *cross-linking* bagi perekat poliamida. Kandungan asam lemak dalam minyak sawit secara detail dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Komposisi asam lemak minyak sawit [6]

Asam Lemak	Jumlah (%)
Asam Lemak Jenuh	
Asam Laurat	0,1-1,0
Asam Miristat	0,9-1,5
Asam Palmitat	41,8-46,8
Asam Stearat	4,2-5,1
Asam Arakhidat	0,2-0,7
Asam Lemak Tidak Jenuh	
Asam Palmitoleat	0,1-0,3
Asam Oleat	37,3-40,8
Asam Linoleat	9,1-11,0
Asam Linolenat	0-0,6

Selain itu diperlukan zat aditif yang dapat menghambat pertumbuhan jamur serta mikroba pada perekat dan memperpanjang umur perekat alami tersebut. Dalam hal ini digunakan boraks yang diharapkan tidak mempengaruhi atau bahkan merusak sifat dasar dari perekat tersebut.

Metodologi Penelitian

Bahan dan Alat

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah gelatin *food grade* (Toko Intisari, Yogyakarta), asam adipat (Laboratorium Teknik Reaksi Kimia dan Katalis, Universitas Gadjah Mada (UGM)), *aquadest* (CV. Genera Labora, Yogyakarta), *p-toluenesulfonic acid* (PTSA) (LPPT UGM, Yogyakarta), minyak sawit (Toko Bali Sendowo, Yogyakarta), Boraks (Laboratorium Teknik Reaksi Kimia dan Katalis, UGM), asam klorida (HCl) 32% (Laboratorium Teknik Reaksi Kimia dan Katalis, UGM), balok kayu (UD Makmur Jaya, Yogyakarta). Alat-alat utama yang digunakan dalam penelitian ini adalah labu leher tiga, pemanas mantel, termometer alkohol, motor pengaduk, pengaduk merkuri, pendingin bola, alat uji kuat tarik, dan alat uji viskositas.

Hidrolisis Minyak Sawit

Secara sederhana arti hidrolisis yaitu proses pemutusan ikatan kimia dengan penambahan air [7]. Minyak ditimbang di dalam *beaker glass* sebanyak 14,42 gram. Asam klorida (HCl) diambil dengan pipet volume sebanyak 1,1 mL. *Aquadest* diambil dengan pipet volume sebanyak 3,6 mL. Minyak, HCl, dan *aquadest* dimasukkan ke dalam labu leher tiga. Bola pendingin, termometer, dan pengaduk merkuri telah dirangkai. Labu leher tiga dipanaskan dengan pemanas mantel pada suhu 100 °C. Pemanasan dilakukan selama 1 jam dan dijaga konstan pada suhu 100 °C. Hidrolisis minyak sawit diulangi dengan variasi jumlah minyak 43,24 gram (6A); 21,62 gram (5A); 14,42 (4A); 7,20 gram (3A); 3,60 gram (2A); 1,80 gram (1A) dan tanpa penambahan minyak sawit

(0A). Keterangan 6A, 5A, 4A, 3A, 2A, 1A, dan 0A merupakan label atau nama sampel tiap variasi. Variasi jumlah HCl masing-masing 3,31 mL, 1,65 mL, 1,1 mL, 0,55 mL, 0,28 mL, 0,14 mL, dan 0 mL. Variasi jumlah *aquadest* masing-masing 10,81 mL, 5,41 mL, 3,6 mL, 1,8 mL, 0,9 mL, 0,45 mL, dan 0 mL. Jumlah air dan katalis asam sulfat yang digunakan untuk reaksi hidrolisis minyak sawit masing-masing adalah sejumlah 25% massa minyak dan 10% volume air pada suhu 100 °C dan tekanan 1 atm selama 1 jam dengan konversi maksimal yang dapat dicapai adalah 12% [8].

Pembuatan Perekat

Pembuatan perekat tergolong sebagai reaksi polimerisasi kondensasi, Reaksi polimerisasi adalah reaksi penggabungan molekul-molekul kecil (monomer) yang membentuk molekul dengan rantai yang panjang (polimer). Ada dua jenis polimerisasi yaitu polimerisasi adisi dan kondensasi [9]. Tahapan pembuatannya yaitu asam adipat ditimbang dengan gelas arloji sebanyak 7,2 gram. PTSA ditimbang dengan gelas arloji sebanyak 2,11 gram. *Aquadest* sebanyak 100 mL dimasukkan ke dalam gelas ukur. Gelatin ditimbang di *beaker glass* sebanyak 90 gram. Boraks ditimbang dengan gelas arloji sebanyak 4,68 gram. Asam adipat, PTSA, dan *aquadest* dimasukkan ke dalam labu leher tiga. Bola pendingin, termometer, dan pengaduk merkuri yang telah dirangkai. Labu leher tiga dipanaskan dengan pemanas mantel hingga larutan bersuhu 70 °C. Boraks dimasukkan ke dalam labu leher tiga. Labu leher tiga dipanaskan hingga larutan bersuhu 80 °C. Gelatin dimasukkan ke dalam labu leher tiga. Labu leher tiga dipanaskan hingga larutan bersuhu 90 °C. Minyak terhidrolisis dimasukkan ke dalam labu leher tiga dengan variasi yang selanjutnya akan ditampilkan dengan data rasio mol minyak sawit banding mol gelatin sebesar 0:1 (0A); 1:25 (1A); 1:12,5 (2A); 1:6 (3A); 1:3 (4A); 1:2 (5A); 1:1 (6A). Labu leher tiga dipanaskan pada suhu 90 °C dan dijaga konstan selama 1 jam.

Pengujian Viskositas

Pengujian viskositas dilakukan setelah perekat yang sudah jadi didiamkan dalam wadah tertutup selama 1 hari. *Viscometer Brookfield* dinyalakan. *Spindle* dengan ukuran tertentu dipasang pada alat *Viscometer Brookfield*. Spesifikasi *spindle* yang digunakan adalah *spindle* tipe LV-3 dengan kecepatan putar 2 rpm. Pengukuran viskositas dilakukan berulang hingga diperoleh 3 data.

Pengujian Kuat Tarik Perekat

Perekat dioleskan pada permukaan kayu jati berukuran 2 cm × 4 cm hingga merata. Kayu jati yang terolesperekat ditempelkan pada kayu jati berukuran 2 cm × 4 cm lainnya dan dikeringkan pada suhu kamar dalam waktu 1 × 24 jam. Kuat tarik perekat tersebut diuji dengan *Universal Testing Machine* dan ditarik secara konstan dengan kecepatan 10 mm/menit hingga

diperoleh 3 data percobaan. Pengujian kuat tarik diulangi dengan variasi waktu pengeringan (*curing time*) 3 hari, 7 hari, dan 14 hari. *Curing time* adalah waktu yang digunakan untuk menunjukkan seberapa lama sesuatu untuk sepenuhnya stabil. Banyak bahan yang membutuhkan waktu untuk menjadi sepenuhnya stabil seperti contohnya epoksi, lem, dan beton [10]. Pengujian kuat tarik dilakukan menurut standar ASTM D906. Kuat tarik perekat dapat dihitung dengan menggunakan persamaan 1 [11].

$$\sigma_t = \frac{W}{A} \dots\dots\dots(1)$$

Pengujian Umur Perekat

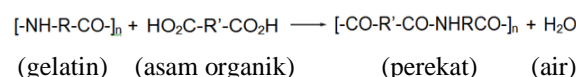
Perekat yang sudah dibuat kemudian dimasukkan ke dalam wadah plastik dan ditutup rapat, lalu dimasukkan ke dalam inkubator. Perekat tersebut dibiarkan selama sehari-hari seiring dilakukannya pengecekan berkala terhadap pertumbuhan jamur. Setelah itu, perekat dioleskan dan dilakukan uji kuat tarik hingga diperoleh 3 data percobaan.

Analisis Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FTIR)

Pengujian *Fourier Transform Infrared Spectroscopy* (FTIR) dilakukan di Laboratorium Kimia Organik dan Biokimia Departemen Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta. Gugus fungsi yang terkandung pada perekat diuji dengan FTIR *spectrophotometer* 8201PC Shimadzu. Panjang gelombang yang digunakan berkisar antara 4000 – 400 cm⁻¹.

Hasil Mekanisme Reaksi

Reaksi yang terjadi pada pembuatan perekat merupakan reaksi polimerisasi antara dua monomer yang berbeda, yaitu poliamida dan senyawa asam organik. Poliamida merupakan polimer yang mengandung gugus amida (-CONH-) sebagai penyusun pada rantai induk suatu polimer [11]. Poliamida yang digunakan pada penelitian ini adalah gelatin, sedangkan asam organik yang digunakan adalah asam adipat yang memiliki dua gugus (-COOH) di kedua sisinya. Secara umum reaksi ini dapat dituliskan seperti pada Gambar 1.

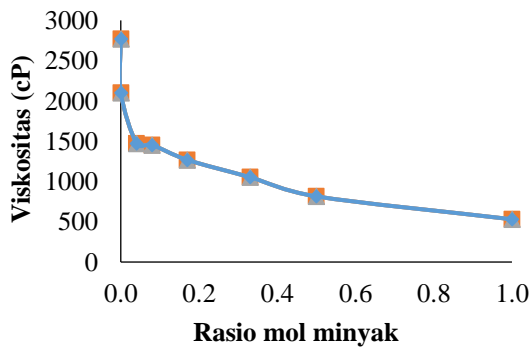


Gambar 1. Mekanisme reaksi pembuatan perekat

Pengujian Viskositas

Pada penelitian ini, nilai viskositas dipengaruhi dengan variasi jumlah minyak yang ditambahkan pada perekat. Nilai viskositas perekat tanpa minyak (sampel 0A) didapatkan sebesar 2104 cP. Grafik yang menunjukkan hubungan jumlah minyak yang

ditambahkan terhadap nilai viskositas perekat digambarkan pada Gambar 2.

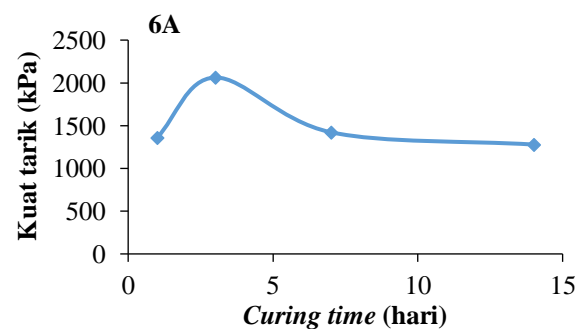
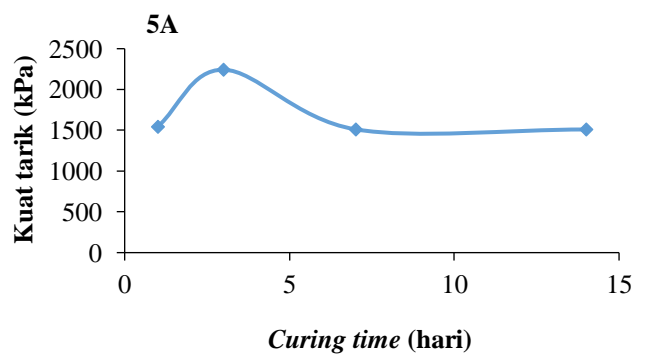
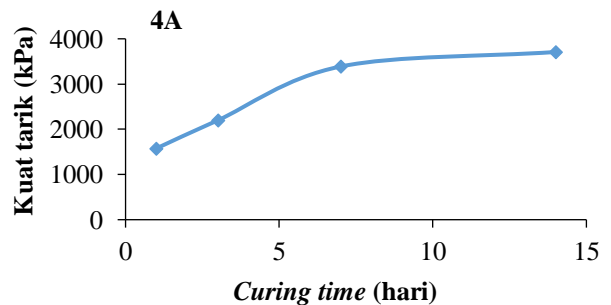
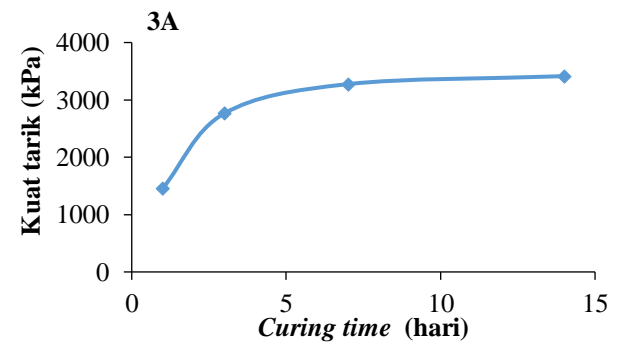
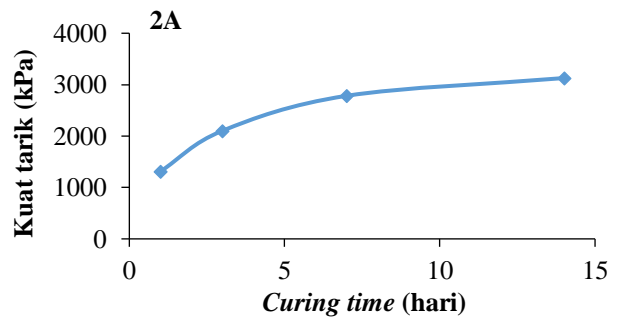
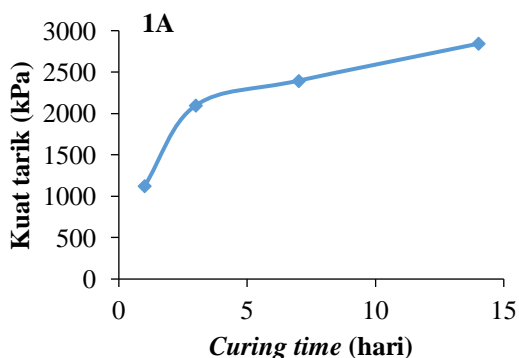
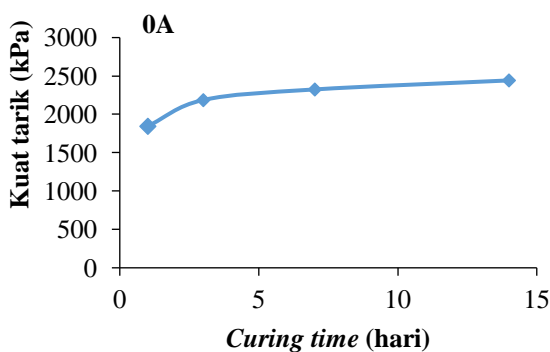


Gambar 2. Grafik hubungan viskositas tiap sampel

Berdasarkan Gambar 2, dapat diketahui bahwa nilai viskositas relatif turun seiring bertambahnya jumlah minyak. Fenomena ini dapat terjadi karena prinsip pencampuran fluida oleh minyak sawit dan campuran perekat [12]. Minyak sawit memiliki viskositas dengan rentang sekitar 0,7 cP – 1,2 cP. Nilai viskositas ini relatif sangat encer jika dibandingkan dengan viskositas perekat tanpa minyak yang dihasilkan yaitu sebesar 2104 cP. Semakin banyak minyak sawit yang ditambahkan ketika polimerisasi, maka semakin rendah nilai viskositas perekat yang dihasilkan.

Pengujian Kuat Tarik

Pengujian kuat tarik perekat yang dihasilkan dilakukan dengan variasi *curing time* dari 1 hari, 3 hari, 7 hari, dan 14 hari. Grafik hubungan antara kuat tarik masing-masing sampel dengan *curing time* dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Grafik kuat tarik terhadap curing time tiap sampel

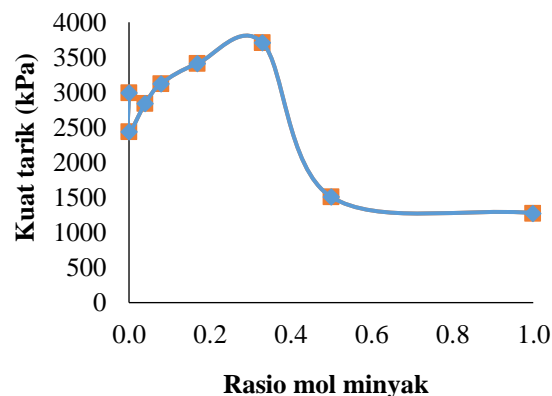
Berdasarkan Gambar 3 dapat dilihat bahwa terdapat *curing time* optimum untuk sampel 5A dan 6A yang diperoleh yaitu pada hari ke-3. Ketika dilakukan pengukuran pada hari ke-7 kuat tarik yang terukur menurun secara cukup signifikan. Ketika dilakukan pengukuran pada hari ke-14 pun *trend* data tetap menunjukkan penurunan nilai kuat tarik. Hal ini disebabkan perekat poliamida sampel jenis 5A dan 6A memiliki kecenderungan untuk turun unjuk kerjanya secara cepat, yaitu diperkirakan terjadi pada hari ke-4 dan seterusnya.

Sampel 5A dan 6A memiliki kandungan minyak sawit terhidrolisis yang sangat tinggi dibanding sampel lain. Maka berdasarkan hal tersebut dapat ditarik kesimpulan bahwa sampel 5A dan 6A cepat turun unjuk kerjanya dikarenakan memiliki kandungan minyak yang relatif tinggi. Kandungan minyak yang masih tinggi ini disebabkan karena konversi maksimal hidrolisis pada kondisi operasi penelitian ini hanya sebesar 0,2 [8]. Sehingga masih banyak molekul trigliserida yang tidak terkonversi menjadi gliserol dan asam lemak. Molekul trigliserida yang terkandung dalam perekat ini tidak memiliki sifat perekatan, sehingga dianggap sebagai bahan tambahan berupa *fillers*/pengisi. Komponen trigliserida yang banyak ini menyebabkan kuat tarik perekat menurun seiring berjalannya waktu karena mengurangi daya penetrasi perekat [13]. Penetrasi molekul perekat ke permukaan kayu terganggu dimulai pada hari ke-7.

Berdasarkan hasil yang didapatkan, maka dapat diketahui bahwa untuk sampel 0A, 1A, 2A, 3A, dan 4A semakin lama *curing time* maka nilai kuat tarik akan semakin besar. Hal ini sesuai dengan teori yaitu semakin lama *curing time*, maka perekat akan terpenetrasi lebih baik ke dalam pori-pori kayu. Selain itu, perekat telah mencapai keadaan pengeringan yang sempurna sehingga ikatan tidak mengalami kegagalan dan penyatuan kedua permukaan kayu menjadi maksimal [4].

Penelitian ini dilakukan dengan memvariasikan jumlah minyak yang ditambahkan saat pembuatan perekat. Perbandingan kuat perekat yang ditinjau adalah pada saat *curing time* hari ke-14 karena merupakan *curing time* yang paling lama ditetapkan pada penelitian ini. Hasil kuat tarik rerata sampel 0A, 1A, 2A, 3A, 4A, 5A, dan 6A berturut-turut adalah sebesar 2441,71 kPa, 2842,54 kPa, 3128,31 kPa, 3413,98 kPa, 3708,23 kPa, 1509,56 kPa, dan 1278,67 kPa. Hubungan antara kuat tarik perekat dengan variasi jumlah minyak yang digunakan dapat disajikan dalam Gambar 4.

Berdasarkan Gambar 4 dapat diketahui bahwa penambahan minyak dengan jumlah tertentu dapat menambah kuat tarik dari perekat. Hal ini ditunjukkan pada sampel 1A, 2A, 3A, dan 4A. Pada 4 sampel tersebut nilai kuat tarik perekat lebih tinggi dibandingkan sampel 0A yang tidak memiliki penambahan minyak.



Gambar 4. Grafik hubungan kuat tarik perekat tiap sampel

Peristiwa ini dapat terjadi karena minyak sawit yang ditambahkan pada pembuatan perekat dihidrolisis terlebih dahulu, sehingga diperoleh gliserol dan asam lemak, asam lemak yang diperoleh didekati sebagai asam palmitat dan asam oleat karena kedua jenis asam lemak tersebut merupakan penyusun dominan minyak sawit [14]. Asam palmitat dan asam oleat sendiri merupakan asam karboksilat dengan rantai panjang, sehingga sangat cocok sebagai agen *cross-linking* yang dapat meningkatkan ikatan antar kedua permukaan benda yang diaplikasikan perekat [4].

Sedangkan sampel 5A dan 6A memiliki kuat tarik yang lebih rendah dari sampel 0A, hal ini menunjukkan bahwa jika jumlah minyak yang ditambahkan melebihi batasan titik optimumnya, maka akan mengurangi unjuk kerja dari perekat poliamida dikarenakan molekul trigliserida yang tidak terkonversi sempurna sebagai pengotor bagi perekat karena komponen tersebut tidak memiliki daya rekat sehingga mengganggu daya penetrasi perekat [13]. Semakin banyak pengotor tentu akan berdampak negatif terhadap perekat, namun ada titik dimana dampak negatif yang diakibatkan pengotor masih lebih kecil daripada kuat tarik yang ditambahkan oleh peran *plasticizer* dan asam lemak hasil konversi dari hidrolisis minyak sawit [14].

Gliserol yang dihasilkan dari hidrolisis berperan sebagai *plasticizer* yang dapat meningkatkan fleksibilitas perekat dan unjuk kerjanya. Namun hidrolisis minyak sawit yang dilakukan pada penelitian ini, berdasarkan kondisi operasi hanya mengonversi molekul trigliserida sebanyak 20% [8]. Sehingga masih cukup banyak molekul trigliserida yang tidak terkonversi dan menjadi pengotor yang tidak memiliki sifat perekatan, pengotor yang semakin banyak inilah yang mengganggu peningkatan unjuk kerja dari perekat, terutama daya penetrasi. Sehingga terlihat pada sampel 5A dan 6A pada hari ke-14 nilai kuat tarik lebih rendah daripada sampel 0A yang merupakan sampel tanpa ditamahnya minyak.

Dari Gambar 4 dapat dilihat bahwa kuat tarik optimum perekat yaitu pada penambahan minyak

sawit sebagai *plasticizer* sebanyak 14,42 gram atau pada sampel 4A, yaitu dengan perbandingan mol gelatin:mol minyak sebesar 1:3.

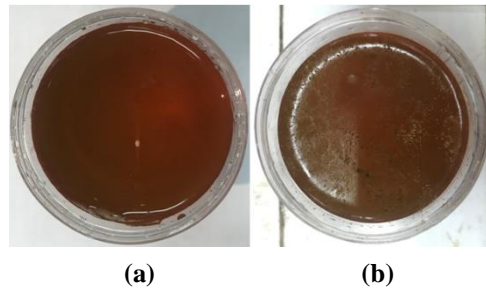
Pengamatan Pertumbuhan Jamur pada Perekat

Pengamatan pertumbuhan jamur pada perekat dilakukan dengan mengamati pertumbuhan jamur pada perekat setiap harinya agar dapat diketahui di hari keberapa jamur mulai tumbuh setelah perekat dibuat. Semua sampel perekat disimpan dalam wadah yang tertutup dan diletakkan di dalam inkubator agar meminimalisir kontak perekat dengan udara. Udara yang berkontak dengan perekat akan memicu pertumbuhan mikroba dengan cepat. Berdasarkan hasil pengamatan jamur, dapat diketahui bahwa waktu yang diperlukan untuk jamur pertama kali tumbuh pada perekat dapat dilihat pada Tabel 2.

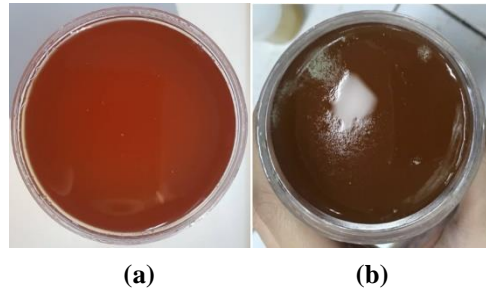
Tabel 2. Waktu pertumbuhan jamur tiap sampel

Sampel	Hari	Jumlah Minyak (gram)
0AN	13	0 (tanpa boraks)
0A	64	0
1A	31	1,80
2A	29	3,60
3A	27	7,20
4A	26	14,42
5A	24	21,62
6A	23	43,24

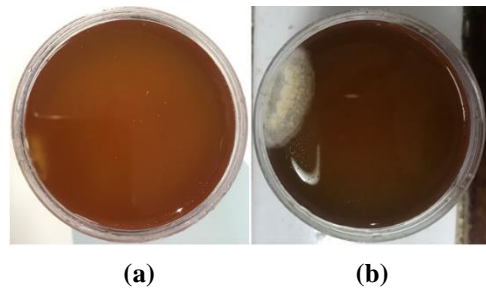
Berdasarkan pengamatan pada jamur, dapat terlihat bahwa semakin banyaknya minyak yang ditambahkan saat pembuatan perekat, semakin cepat pula jamur dapat tumbuh pada perekat. Hal ini karena molekul minyak sawit yang ditambahkan ini merupakan media yang cocok untuk pertumbuhan mikroba, terlebih perekat mengandung *p-Toluenesulfonic acid* (PTSA) yang bersifat asam. Derajat keasaman mikroba yaitu antara pH 5-9. Jika dibandingkan antara sampel 0A yang merupakan sampel tanpa kandungan minyak sawit dengan sampel 1A hingga 6A yang memiliki kandungan minyak sawit, umur perekat sampel 0A masih jauh lebih tinggi. Minyak sawit sendiri merupakan senyawa organik, terlebih mengingat konversi trigliserida yang hanya 0,2 [8], maka kandungan senyawa organik dalam perekat semakin banyak seiring bertambahnya minyak sawit [14]. Maka sampel perekat dengan penambahan minyak sawit ini merupakan media yang cocok bagi bertumbuhnya jamur dan mikroba [15]. Oleh karena itu, penambahan minyak sawit sebagai *plasticizer* terbukti menurunkan daya tahan perekat berbasis gelatin terhadap jamur. Adapun perbandingan perekat sebelum (a) dan sesudah (b) muncul jamur sebagai berikut.



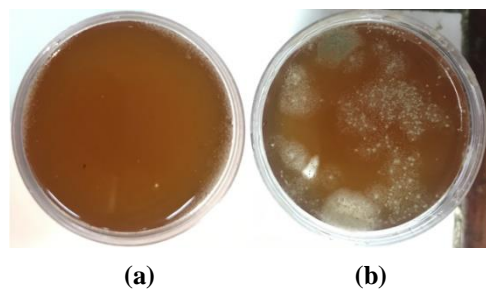
Gambar 5. Perbandingan sampel 0AN



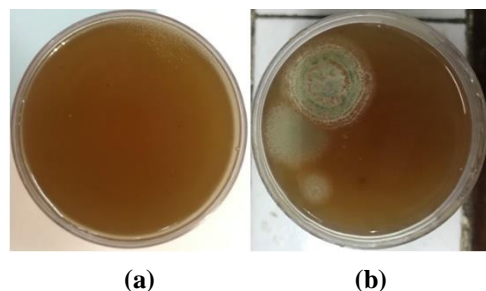
Gambar 6. Perbandingan sampel 0N



Gambar 7. Perbandingan sampel 1A



Gambar 8. Perbandingan sampel 2A



Gambar 9. Perbandingan sampel 3A



(a) (b)

Gambar 10. Perbandingan sampel 4A



(a) (b)

Gambar 11. Perbandingan sampel 5A

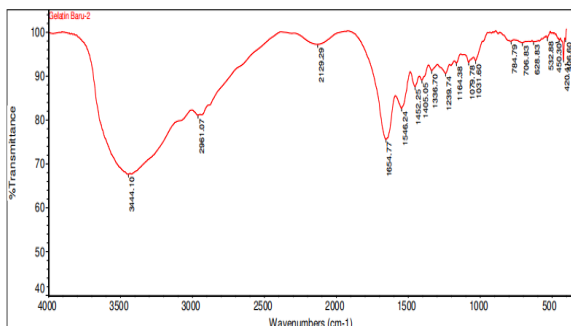


(a) (b)

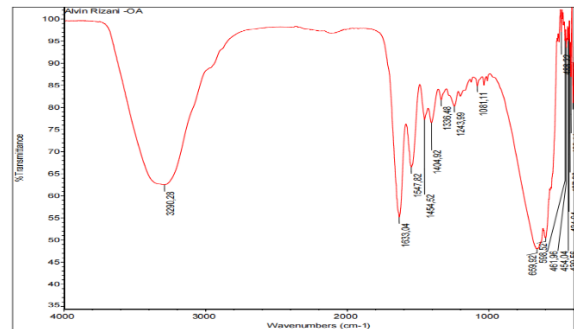
Gambar 12. Perbandingan sampel 6A

Hasil Analisis *Fourier Transform Infrared Spectroscopy* (FTIR)

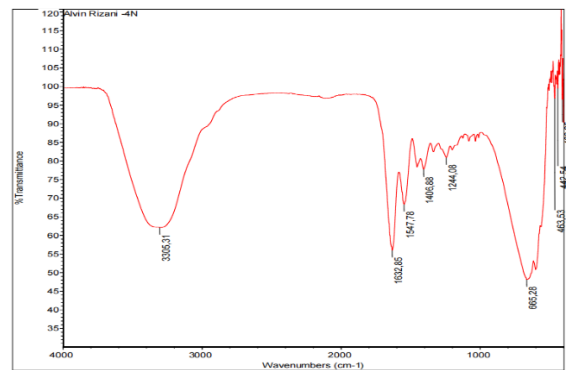
Analisis FTIR dilakukan untuk gelatin sebagai bahan baku dan sampel perekat 0A dan 4A yang memiliki beda komposisi yang signifikan satu sama lain. Sampel 0A tidak ditambahkan minyak terhidrolisis sama sekali, sedangkan sampel 4A memiliki perbandingan mol minyak : gelatin sebesar 1 : 0,33. Hasil analisis ditunjukkan pada Gambar 14.



Gambar 13. Hasil analisis FTIR bahan baku gelatin



(a)



(b)

Gambar 14. Hasil analisis FTIR perekat sampel 0A (a) dan sampel 4A (b)

Berdasarkan hasil analisis FTIR, dapat dilihat bahwa terdapat perbedaan antara bahan baku berupa gelatin dengan sampel perekat baik itu sampel 0A maupun 4A. Ikatan nitrogen (amida) terdapat pada bilangan gelombang 1630 – 1690 cm^{-1} dan 3300 – 3500 cm^{-1} . Puncak pada gambar hasil analisis FTIR di atas menunjukkan bahwa adanya ikatan amida baik pada bahan baku maupun pada sampel perekat 0A dan 4A. Nilai %transmitansi pada bahan baku gelatin sebesar 75,566%, pada sampel 0A sebesar 55,167%, dan pada sampel 4A sebesar 55,984%. Nilai %transmitansi antara bahan baku dan sampel menunjukkan perbedaan yang signifikan, semakin rendah nilai %transmitansi maka menandakan semakin banyak gugus fungsi yang ada, dalam hal ini berarti lebih banyak ikatan amida pada sampel dibanding dengan bahan baku dan menandakan terbentuknya ikatan poliamida pada sampel. Kemudian jika dibandingkan antara sampel 0A dan 4A nilai % transmitansi relatif tidak berbeda jauh.

Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa penambahan minyak sawit pada pembuatan perekat poliamida akan meningkatkan kuat tarik perekat hingga diperoleh titik optimum. Penambahan minyak sawit dengan jumlah yang semakin banyak akan semakin menurunkan viskositas perekat. Penambahan minyak sawit akan menurunkan daya tahan perekat terhadap jamur sehingga umurnya lebih singkat. Perekat poliamida dengan kuat tarik

paling baik terukur pada *curing time* 1 hari, 3 hari, 7 hari, dan 14 hari berturut-turut adalah 1575,71 kPa; 2197,30 kPa; 3387,31 kPa; dan 3708,23 kPa dengan nilai viskositas sebesar 1054 cP dan umur perekat 26 hari. Seiring berkurangnya viskositas, kuat tarik perekat akan semakin baik hingga diperoleh titik optimum dan kemudian kuat tarik menurun. Meski menurunkan umur perekat, namun kuat tarik serta fleksibilitasnya meningkat setelah ditambahkan minyak sawit terhidrolisis, sehingga penambahan minyak sawit terhidrolisis ini memiliki dampak positif dan negatif terhadap kualitas perekat berbasis gelatin dan asam adipat.

Ucapan Terima Kasih

Ucapan terima kasih ditujukan kepada Departemen Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada yang telah menyediakan dana penelitian melalui skema "Dana Penelitian Departemen Teknik Kimia Tahun Anggaran 2020".

Daftar Pustaka

- [1] A. Pizzi and K. L. Mittal, *Handbook of Adhesive Technology*, 2nd ed. New York: Marcel Dekker, Inc, 2017.
- [2] I. N. Eskani, R. Widiastuti, and N. N. Lathifa, "Karakterisasi perekat alami dari tumbuhan untuk industri kerajinan," *Seminar Nas. Teknol. hijau 2*, 2017, pp. 1–7.
- [3] J. T. Kim and A. N. Netravali, "Performance of protein-based wood bioadhesives and development of small-scale test method for characterizing properties of adhesive-bonded wood specimens," *J. Adhes. Sci. Technol.*, vol. 27, no. 18–19, pp. 2083–2093, 2013.
- [4] S. Ebnesajjad and A. H. Landrock, *Adhesives Technology Handbook*, 3rd ed. London: William Andrew - Elsevier, 2015.
- [5] P. Falamarzpour, T. Behzad, and A. Zamani, "Preparation of nanocellulose reinforced chitosan films, cross-linked by adipic acid," *Int. J. Mol. Sci.*, vol. 18, no. 2, pp. 1–12, 2017.
- [6] Y. Basiron, *Palm Oil*, in F. Shahidi, *Bailey's Industrial Oil and Fat Products*, New Jersey: John Wiley & Sons, Ltd, 2005.
- [7] Bitar, "Hidrolisis : Pengertian, Manfaat, Dan Macam-Macam Beserta Contohnya Lengkap," <https://www.gurupendidikan.co.id/hidrolisis/> (accessed Jan. 03, 2021).
- [8] A. N. Anozie and J. M. Dzobo, "Kinetics of the hydrolysis of palm oil and palm kernel oil," *Ind. Eng. Chem. Res.*, vol. 45, no. 5, pp. 1604–1612, 2006.
- [9] C. E. Carraher and R. B. Seymour, "Introduction to polymer science and technology," in *ACS Symposium Series*, 1985, pp. 13–47.
- [10] Anonim, "Cure Time," 2015. <https://www.corrosionpedia.com/definition/1884/cure-time> (accessed Jan. 03, 2021).
- [11] M. Rohman, A. Saepuddin, and M. A. Fardana, "ST41 tensile strength analysis of spiral groove welding with three current variations," *J. Pendidik. Tek. Mesin Undiksha*, vol. 8, no. 2, pp. 62–68, 2020.
- [12] A. Ghurri, *Dasar-Dasar Mekanika Fluida*. Denpasar: Universitas Udayana, 2014.
- [13] S. Ruhendi, D. N. Koroh, F. A. Syamani, H. Yanti, S. S. Nurhaida, and T. Sucipto, *Analisis Perekatan Kayu*. Bogor: Institut Pertanian Bogor, 2007.
- [14] P. Setyoprato, "Produksi asam lemak dari minyak kelapa sawit dengan proses hidrolisis," *J. Tek. Kim.*, vol. 7, no. 1, pp. 26–31, 2012.
- [15] Welsiliana, "Dekomposisi hemiselulosa sekam padi *Oryza sativa* oleh jamur pelapuk kayu," *BIO-EDU J. Pendidik. Biol.*, vol. 5, no. 2, pp. 86–91, 2020.