Analisis Kuat Tarik dan Umur Perekat Poliamida Berbasis Gelatin dan Asam Adipat dengan Variasi Jumlah Boraks sebagai Anti Jamur

Anisya Salsabiela Zain, Alvin Rizani Ardiansyah Santosa, Budhijanto[*)], dan Bima Prasetya Pancasakti

Departemen Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada
Jl. Grafika No. 2, Kampus UGM, Yogyakarta, 55281, Telp: 0274-555320 ext: 403, Fax: (0274) 631176
[*)] Penulis korespondensi : budhijanto@ugm.ac.id

Abstract

Analysis of Tensile Strength and Age of Gelatin-Based Polyamide Adhesive and Adipic Acid with Variation in the Amount of Borax as Anti-fungal. *The adhesive that is widely used today is the synthetic one made from petroleum, which is a non-renewable natural resource that its reserves are starting to run low. Therefore, it is necessary to produce adhesives based on natural resources (bioadhesive). One of the adhesives from natural resources is polyamide adhesive which is the result of polymerization of compounds that have carboxylic and amine groups. This adhesive is made by reacting adipic acid and gelatin with the help of p-Toluenesulfonic acid catalyst. In addition, borax as an anti-fungal and palm oil as a plasticizer are as well added to the adhesive. The polymerization reaction is carried out in batches at 90℃ and 1 atm with mole ratio of borax to gelatin 0, 0,17, 0,2, 0,25, 0,33, 0,5, and 1. The product is then applied to wooden blocks and tested for its tensile strength and observed for its fungal growth. The best result for tensile strength is 0,25 mole ratio of borax to gelatine for 1, 3, 7, and 14 days of curing time, respectively 1576, 2197, 3387, and 3708 kPa. Meanwhile, from the result of fungal observations, it can be seen that the addition of borax can inhibit the fungal growth on the adhesive.*

Keywords: *adipic acid; gelatin; borax; tensile strength; durability*

Abstrak

Perekat yang banyak digunakan saat ini adalah perekat sintesis yang terbuat dari minyak bumi yang merupakan sumber daya alam tidak terbarukan yang saat ini cadangannya sudah mulai menipis. Oleh karena itu, pembuatan perekat berbasis bahan alami (*bioadhesive*) perlu untuk dilakukan. Salah satu perekat dari bahan alami adalah perekat poliamida yang merupakan hasil polimerisasi dari senyawa yang mempunyai gugus karboksilat dan amina. Pembuatan perekat dilakukan dengan mereaksikan asam adipat dan gelatin dengan bantuan katalis asam p-toluensulfonat. Selain itu, boraks sebagai anti jamur dan minyak sawit sebagai *plasticizer* juga ditambahkan. Reaksi polimerisasi dijalankan secara *batch* pada suhu 90℃ dan tekanan 1 atm dengan variasi rasio mol boraks:gelatin 0, 0,17, 0,2, 0,25, 0,33, 0,5, dan 1. Produk perekat diaplikasikan pada balok kayu dan diuji kuat tarik serta diamati pertumbuhan jamurnya. Hasil kuat tarik terbaik yaitu perekat dengan rasio mol boraks:gelatin 0,25 dengan nilai kuat tarik untuk *curing time* 1, 3, 7, dan 14 hari masing-masing adalah 1576, 2197, 3387, dan 3708 kPa. Sedangkan dari hasil pengamatan jamur, dapat diketahui bahwa penambahan mol boraks dapat menghambat pertumbuhan jamur pada perekat poliamida.

Kata kunci: asam adipat; gelatin; boraks; kuat tarik; umur perekat

Diterima 2 Juli 2022, Disetujui 26 Juli 2022, Diterbitkan online 28 November 2022
© 2022 Universitas Brawijaya, e-ISSN: 2548-2181, p-ISSN: 2548-2300

PENDAHULUAN

Perekat adalah suatu senyawa yang dapat membentuk ikatan pada masing-masing dua bagian di mana obyek akhir terdiri dari dua bagian yang saling mengikat satu sama lain (Ebnesajjad, 2008). Penggunaan perekat untuk menggabungkan material lebih disukai karena perekat memiliki beberapa kelebihan seperti kemampuan untuk menyatukan bahan yang berbeda bentuk, berbeda jenis, dan menghasilkan kuat ikat yang rata di seluruh area perekatan. Perekat dibedakan menjadi dua, yaitu perekat alami dan perekat sintetik. Perekat alami merupakan perekat yang berbahan organik seperti tulang hewan dan bagian tumbuhan, sedangkan perekat sintetik berbahan olahan minyak bumi dan gas alam seperti fenol, formaldehid, anilin, dan sebagainya.

Teknik perekatan telah dimanfaatkan oleh manusia sejak dulu. Jaman dulu, orang-orang Mesir memanfaatkan perekat dari bahan hewani dan kasein untuk menggabungkan benda-benda seperti benda tajam dengan kayu dan furnitur (Pizzi & Mittal, 2003). Perekat terus dikembangkan dan pertama kali dikomersialkan di Belanda pada tahun 1690 berbahan kasein. Kemudian muncullah perekat modern yang pertama kali ditemukan oleh Charles Goodyear pada tahun 1839 yang berbahan karet dan sulfur yang dihasilkan dengan proses pemanasan. Sejak pertengahan abad ke-20, perekat sintetik terutama berbahan baku olahan minyak bumi lebih banyak digunakan dibandingkan perekat alami, terutama untuk industri seperti industri kayu dan logam.

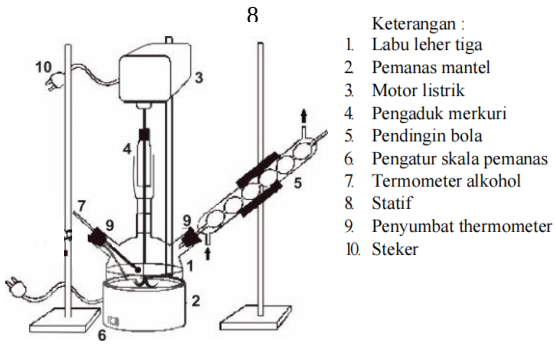
Namun di sisi lain, minyak bumi merupakan energi tak terbarukan yang saat ini cadangannya sudah sangat menipis. Produksi minyak global meningkat hingga 2,2 juta b/d di tahun 2018 atau setara dengan 2,4% dua kali lipat dari peningkatan produksi rata-rata dalam 10 tahun terakhir. Cadangan minyak total dunia pada akhir tahun 2018 sejumlah 1730 milyar barrel yang hanya bertahan untuk 50 tahun kedepan dengan produksi minyak saat ini (British Petroleum, 2019). Selain itu, perekat sintetik cenderung kurang baik untuk lingkungan dan kesehatan serta harganya mahal. Hal ini yang kemudian menuntun untuk dilakukan substitusi perekat sintetik berbahan dasar olahan minyak bumi dengan bahan alternatif yaitu bahan alami.

Pada masa sebelum ditemukannya perekat sintetik, perekat alami yang sering digunakan adalah perekat berbahan protein seperti hewan, kedelai, dan kasein. Selain itu, perekat alami berbahan karbohidrat, lignin, dan tannin beserta ikatan kimianya telah dipelajari. Namun saat ini, perekat alami yang banyak disintesis dan diteliti adalah perekat poliamida. Poliamida adalah senyawa hasil polimerisasi antara gugus karboksilat dengan amina. Perekat alami memiliki beberapa kekurangan yang menjadi alasan perekat ini tergantikan oleh perekat sintetik. Perekat alami, terutama berbahan protein, adalah bahan yang mudah terserang mikroorganisme dan juga tidak tahan dengan suasana yang memiliki kelembaban tinggi. Oleh karena itu, perlu dilakukan penelitian mengenai penambahan zat preservatif untuk menghambat terjadinya degradasi mikrobial pada perekat alami ini. Pada penelitian ini, dilakukan penambahan boraks yang bertujuan untuk memperlambat terjadinya pertumbuhan mikroorganisme yang ditunjukkan oleh pertumbuhan jamur pada perekat berbahan baku gelatin dan asam adipat. Boraks memiliki banyak kegunaan, salah satunya adalah sebagai komponen dalam deterjen, kosmetik, dan sebagai lapisan enamel (Hannan, 2007).

Selain itu, penelitian ini juga ingin mengetahui pengaruh boraks terhadap unjuk kerja perekat itu sendiri. Dalam pembuatan perekat alami ini juga dibutuhkan adanya katalis untuk mempercepat reaksi hidrolisis sehingga menghasilkan produksi optimum. Katalis yang seringkali digunakan pada perekat poliamida adalah asam. Pada penelitian ini juga akan dipelajari pengaruh jumlah katalis terhadap unjuk kerja dan umur perekat.

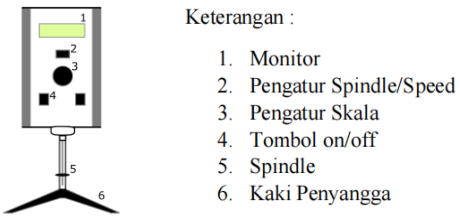
METODE PENELITIAN

Pada penelitian ini, alat utama yang digunakan adalah labu leher tiga, pemanas mantel, motor pengaduk/motor listrik, pengaduk merkuri, pendingin bola, termometer alkohol, statif, dan penyumbat termometer yang dirangkai seperti pada Gambar 1.

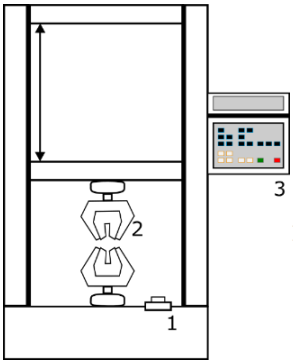


Gambar 1. Rangkaian alat hidrolisis dan polimerisasi

Sampel perekat telah terbentuk kemudian diuji sifat fisisnya berupa viskositas dan kuat tarik. Pengujian viskositas dilakukan dengan menggunakan *Brookfield Viscometer* (Gambar 2) dan pengujian kuat tarik dilakukan dengan *Universal Testing Machine* (Gambar 3).



Gambar 2. Alat uji viskositas



Gambar 3. Alat uji kuat tarik

Bahan baku yang digunakan pada penelitian ini meliputi gelatin *food grade*, asam adipat, aquadest, *p-toluenesulfonic acid* (PTSA), minyak sawit, boraks, asam klorida (HCl) 32%, dan balok kayu berukuran 4 cm × 4 cm × 2 cm.

Prosedur penelitian dilakukan dalam beberapa tahap. Yang pertama, hidrolisis minyak sawit dengan prosedur minyak ditimbang di dalam gelas beaker 100 mL sebanyak 14,42 gr. HCl diambil dengan pipet ukur 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 dipasang di labu leher tiga sesuai Gambar 1. Labu leher tiga dipanaskan dengan pemanas mantel pada suhu 100℃. Pemanasan dilakukan selama 1 jam pada suhu 100℃.

Setelah hidrolisis minyak sawit, dapat dilakukan pembuatan perekat poliamida berbasis gelatin dengan tahapan sebagai berikut. Asam adipat ditimbang di gelas arloji sebanyak 7,2 gram. PTSA ditimbang di gelas arloji sebanyak 2,11 gram. *Aquadest* diukur sebanyak 100 mL dengan gelas ukur. Gelatin ditimbang di gelas beaker sebanyak 90 gram. Boraks ditimbang dengan variasi rasio mol boraks: mol gelatin sebesar 0 (sampel A); 0,17 (sampel B); 0,2 (sampel C); 0,25 (sampel D); 0,33 (sampel E); 0,5 (sampel F); dan 1 (sampel G). asam adipat, PTSA, dan *aquadest* kemudian dimasukkan ke dalam labu leher tiga. Bola pendingin, termometer, dan pengaduk merkuri dipasang sesuai Gambar 1. Reaktor labu leher tiga dipanaskan dengan pemanas mantel sampai suhu 70℃. Boraks dimasukkan, dan reaktor dipanaskan sampai suhu 80℃. Selanjutnya gelatin dimasukkan, dan pemanasan dilanjutkan sampai suhu 90℃. Terakhir minyak terhidrolisis dimasukkan, dan pemanasan pada suhu 90℃ diteruskan selama 1 jam.

Perekat yang sudah jadi kemudian diuji kuat tariknya dengan cara dioleskan pada permukaan kayu jati berukuran 2 cm × 4 cm hingga merata. Kayu jati yang teroles perekat 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 alat uji kuat tarik seperti pada Gambar 2 hingga diperoleh 3 data percobaan. Pengujian kuat tarik diulangi dengan variasi waktu pengeringan (*curing time*) 3 × 24 jam; 7× 24 jam; dan 14 × 24jam.

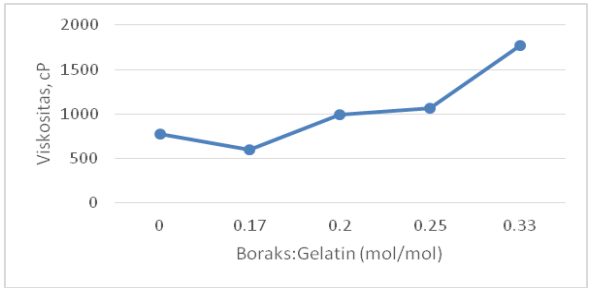
Setelah diuji kuat tariknya, dilakukan uji viskositas sebagai berikut. Perekat yang sudah jadi diperam selama 1 hari. *Viscometer Brookfield* dinyalakan. *Spindle* dengan ukuran tertentu dipasang pada alat *Viscometer Brookfield*. *Spindle* dan kecepatan putar yang digunakan adalah yang sesuai dengan sifat fisis masing-masing perekat. Pengukuran viskositas dilakukan berulang hingga diperoleh 3 data.

Tahapan terakhir yaitu pengujian umur perekat. Perekat yang sudah dibuat dimasukkan ke dalam wadah plastik dan ditutup rapat. Wadah plastik berisi perekat dimasukkan ke dalam inkubator. Perekat dibiarkan selama berhari-hari seiring dilakukannya pengecekan berkala terhadap pertumbuhan jamur.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian Viskositas Perekat Poliamida

Pada penelitian ini, nilai viskositas dipengaruhi oleh variasi jumlah boraks yang ditambahkan pada perekat. Nilai viskositas perekat tanpa boraks didapatkan sebesar 774 cP. Grafik yang menunjukkan hubungan rasio mol boraks dan gelatin terhadap viskositas perekat adalah Gambar 4.



Gambar 4. Grafik hubungan rasio mol boraks dan gelatin vs viskositas

Berdasarkan Gambar 4 dapat diketahui bahwa nilai viskositas relatif naik seiring dengan bertambahnya jumlah boraks. Hal ini dapat terjadi karena adanya pembentukan ikatan hidrogen antara gugus *amine* ($R\text{-}NH_2$) gelatin dengan atom oksigen pada boraks sehingga terbentuk polimer dengan rantai yang lebih panjang. Semakin bertambah jumlah boraks, rantai polimer akan semakin panjang sehingga nilai viskositas perekat akan semakin meningkat dengan bertambahnya boraks.

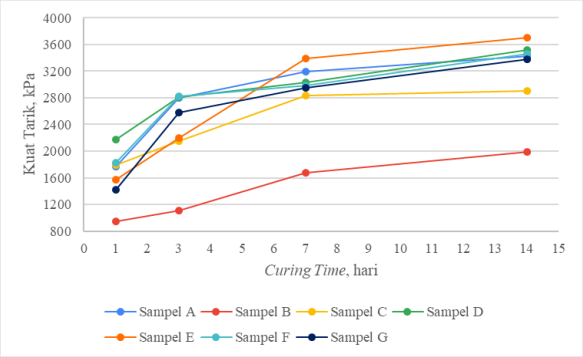
Namun terdapat ketidaksesuaian pada nilai viskositas sampel B. Nilai viskositas yang didapat untuk sampel B lebih kecil dibandingkan dengan sampel A yang tidak mengandung boraks. Hal ini dikarenakan adanya perbedaan lama kontak perekat dengan udara pada saat percobaan, terutama dalam proses pemindahan perekat ke wadahnya dan saat pengujian viskositas. Lamanya kontak antara perekat dengan udara dapat menyebabkan berkurangnya kadar air dalam lem yang dapat mengakibatkan bertambahnya nilai viskositas.

Selain itu, nilai viskositas untuk sampel F dan G tidak dapat terbaca dikarenakan konsistensinya

yang terlalu kental akibat terlalu banyaknya jumlah boraks yang ditambahkan ke dalam perekat.

Pengujian Kuat Tarik Perekat Poliamida dengan Variasi *Curing Time*

Pengujian kuat tarik perekat dengan variasi *curing time* untuk semua sampel dapat ditunjukkan dengan Gambar 5.

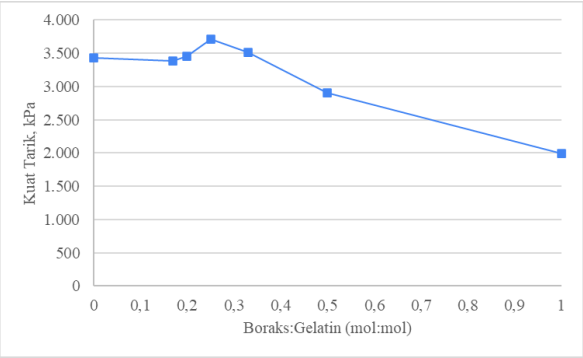


Gambar 5. Grafik kuat tarik vs *curing time* sampel

Berdasarkan hasil yang didapatkan, dapat diketahui bahwa semakin lama *curing time*, nilai kuat tarik akan semakin besar untuk semua sampel. Hal ini sesuai dengan teori yaitu semakin lama *curing time*, maka lem akan terpenetrasi lebih baik ke dalam pori-pori kayu. Selain itu, lem telah mencapai keadaan pengeringan yang sempurna sehingga ikatan tidak mengalami kegagalan.

Pengujian Kuat Tarik Perekat Poliamida dengan Ratio Mol Boraks:Gelatin

Penelitian ini dilakukan dengan memvariasikan rasio mol boraks dan gelatin. Nilai kuat tarik perekat yang ditinjau adalah pada saat *curing time* 14 hari. Hasil kuat tarik rerata sampel A, B, C, D, E, F, dan G adalah masing-masing 3425, 3379, 3457, 3708, 3514, 2908, dan 1987 kPa. Hasil disajikan dalam grafik pada Gambar 6.



Gambar 6. Grafik kuat tarik perekat pada hari ke-14 terhadap rasio mol boraks:gelatin

Berdasarkan grafik diatas, dapat diketahui bahwa penambahan mol boraks dapat menambah kuat tarik perekat dengan jumlah tertentu dengan titik optimum pada rasio mol boraks:gelatin sebesar 0,25. Hal ini menunjukkan bahwa penambahan mol boraks dapat menambah kuat tarik perekat sampai pada titik optimum kemudian kuat tariknya akan menurun seiring bertambahnya mol boraks.

Peristiwa ini dapat terjadi karena semakin bertambahnya boraks dalam jumlah gelatin yang sama, viskositas perekat akan semakin meningkat sehingga perekat akan menempel di permukaan kayu dan terpenetrasi dengan baik ke serat kayu sehingga kuat tarik perekat akan meningkat hingga titik optimum. Apabila perekat terlalu encer, perekat akan terpenetrasi secara berlebihan sehingga justru tidak akan menyatukan kedua permukaan kayu. Akan tetapi, setelah melewati titik optimum nilai kuat tarik perekat akan menurun. Hal ini disebabkan karena perekat terlalu kental sehingga hanya menempel di permukaan kayu saja dan tidak bisa terpenetrasi dengan baik ke dalam pori-pori kayu.

Pengamatan Pertumbuhan Jamur pada Perekat Poliamida

Pengamatan pertumbuhan jamur pada perekat dilakukan dengan mengamati pertumbuhan jamur pada perekat setiap harinya agar dapat diketahui di hari ke berapa jamur mulai tumbuh setelah perekat dibuat. Semua sampel perekat disimpan dalam wadah yang tertutup rapat 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 ditampilkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Waktu pertumbuhan jamur

Sampel	Hari
A	4
B	11
C	16
D	19
E	22
F	26
G	>61

Berdasarkan pengamatan pada jamur, dapat terlihat bahwa semakin banyaknya boraks yang ditambahkan ke dalam perekat, semakin lama pula jamur dapat tumbuh pada perekat. Bahkan pada sampel G dengan rasio mol boraks : gelatin sebesar 1 tidak tumbuh jamur sama sekali sampai hari ke 61 setelah perekat dibuat. Hal ini disebabkan karena boraks merupakan senyawa antimikroba sehingga dapat menghambat pertumbuhan jamur. Oleh karena itu, penambahan mol boraks terbukti dapat meningkatkan daya tahan perekat berbasis gelatin terhadap jamur.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian ini dapat disimpulkan bahwa penambahan mol boraks akan meningkatkan kuat tarik perekat hingga mencapai titik optimum serta dapat meningkatkan daya tahan perekat terhadap jamur sehingga umurnya lebih lama. Selain itu, kuat tarik perekat akan bertambah seiring semakin lamanya *curing time*. Di sisi lain, seiring bertambahnya viskositas, kuat tarik perekat akan semakin baik hingga mencapai titik optimum.

IMPLIKASI

Jurnal Analisis Kuat Tarik dan Umur Perekat Poliamida Berbasis Gelatin dan Asam Adipat dengan Variasi Jumlah Boraks sebagai Anti Jamur ini dapat digunakan sebagai salah satu referensi pembaca.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian ini terselenggara berkat dana dari Departemen Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada melalui skema ”Dana Penelitian Departemen Teknik Kimia Tahun Anggaran 2020”.

DAFTAR PUSTAKA

Anozie, A. N., & Dzobo, J. M. (2006). Kinetics of the hydrolysis of palm oil and palm kernel oil. *Industrial and Engineering Chemistry Research*, *45*(5), 1604-1612. https://doi.org/10.1021/ie0508076.

British Petroleum. (2019). *Oil*. 2019. https://www.bp.com/en/global/corporate/energy-economics/statistical-review-of-world-energy/oil.html.html#oil-reserves.

Ebnesajjad, S. (2008). *Adhesives Technology Handbook* (S. Ebnessajad (ed.); 2nd ed.). William Andrew.

Falamarzpour, P., Behzad, T., & Zamani, A. (2017). Preparation of nanocellulose reinforced chitosan films, cross-linked by adipic acid. *International Journal of Molecular Sciences*, *18*(2), 1-12. https://doi.org/10.3390/ijms18020396.

Hannan, H. J. (2007). *Technician’s Formulation Handbook for Industrial and Household Cleaning Products*. Kyral LCC.

Maki, Y., & Annaka, M. (2019). Food Hydrocolloids Gelation of fish gelatin studied by multi-particle tracking method. *Food Hydrocolloids*, *101*(October 2019),105525.https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2019.105525.

Pizzi, A., & Mittal, K. L. (2003). *Handbook of Adhesive Technology* (A. Pizzi (ed.); Second). Marcel Dekker, Inc.

WWF. (2020). *8 Things to Know About Palm Oil*. https://www.wwf.org.uk/updates/8-things-know-about-palm-oil.