

Analisis Kuat Geser Bioadhesive Berbahan Soy Protein Isolated (SPI) dengan Variasi Natrium Sulfit dan Asam Sitrat

Valenia Adysta Kirana¹⁾, Budhijanto²⁾, Gilang Afif Setya Ramadhani³⁾

*Departemen Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada
Jl. Grafika no 2, Yogyakarta, 55281, Indonesia^{1,2,3)}
E-Mail : budhijanto@ugm.ac.id²⁾*

ABSTRAK

Penggunaan *bioadhesive* yang semakin meningkat membuat perkembangan *bioadhesive* semakin cepat. Salah satu penggunaan *bioadhesive* adalah dalam dunia medis. *Bioadhesive* digunakan karena memiliki beberapa kelebihan dari perekat komersial, seperti tidak beracun, tidak menggunakan solven organik, dan dapat didegradasi oleh tubuh. Penelitian ini menggunakan *soy protein isolate* (SPI) sebagai bahan utama dalam pembuatan *bioadhesive* dengan beberapa pengujian seperti kuat geser, *solid content*, viskositas, dan FTIR. SPI biasanya digunakan sebagai bahan campuran makanan untuk menambah nutrisi berupa protein sehingga memiliki tingkat keamanan *food-grade* sehingga tidak berbahaya bagi tubuh. Pembuatan perekat dari SPI ini juga menggunakan bahan tambahan lain seperti natrium sulfit dan asam sitrat dan melalui dua proses, yaitu: denaturasi protein dan *crosslinking* dengan asam sitrat. Proses tersebut dilakukan pada suhu 55°C dan tekanan atmosfer selama 30 menit dan 10 menit. Berdasarkan hasil pengujian tersebut diperoleh kuat geser kering sebesar 1,9051 MPa dan kuat geser basah sebesar 1,6093 MPa.

Kata kunci: asam sitrat, *bioadhesive*, kuat geser, *soy protein isolated*.

1. Pendahuluan

Perekat atau dapat disebut *adhesive* merupakan suatu bahan yang dapat membentuk ikatan pada kedua bagian sehingga dapat saling mengikat satu sama lain karena adanya gaya adhesi (Ebnesajjad & Landrock, 2015). Fungsi utama dari perekat yaitu untuk merekatkan dua permukaan menjadi satu. Perekatan dapat terjadi karena adanya kontak antara 2 permukaan yang disebabkan berbagai macam hal, yaitu gaya Van der Waals, ikatan kimia, atau elektrostatis (Packham, 2015). Terdapat dua jenis perekat berdasarkan bahan pembuatnya yaitu perekat alami dan sintesis.

Perekat sudah menjadi bagian penting dari hidup kita sehari-hari, contohnya pada industri kayu biasanya digunakan perekat berbahan *Polyvinyl Acetat (PVAc)* dengan solven *toulen* (Zheng, Lin, Li, Ou, & Chen, 2017). Menurut informasi dari sejumlah penelitian, perekat sintesis tersebut ternyata menghasilkan bau menyengat yang dapat menyebabkan mabuk atau halusinasi jika

terlalu lama dihirup karena mengandung *Lysergic Acid Diethylamide (LSD)*. Oleh karena itu, saat ini marak dilakukan penelitian mengenai perekat alami.

Perekat alami atau *bioadhesive* terbuat dari bahan-bahan alami seperti limbah, getah tumbuhan, gelatin, lignin, dll (Eskani, Widiastuti, & Lathifah, 2014). Namun sayangnya perekat alami biasanya memiliki kuat tarik yang lebih lemah dan memiliki umur yang lebih pendek dibandingkan perekat sintesis karena mudah tumbuh jamur. *Bioadhesive* memiliki kelebihan yaitu tidak beracun sehingga sangat cocok untuk digunakan sebagai pengganti perekat sintesis. Selain itu hingga saat ini, *bioadhesive* juga sudah banyak dikembangkan dan digunakan untuk keperluan medis (Li, Zhou, Huang, Roy, Zhou, Yum, Sun, & Tang, (2020). Untuk daya rekatnya, dapat dikatakan bahwa *bioadhesive* tidak kalah dengan perekat sintesis dan bahkan dapat ditingkatkan seiring dengan penelitian-penelitian berikutnya.

Pada penelitian ini, *bioadhesive* dibuat dari bahan *soy protein isolated* (SPI) dan natrium sulfit sebagai *denaturan* serta menggunakan katalis asam sitrat yang ditujukan sebagai *crosslinker* guna meningkatkan kuat geser dari *bioadhesive*. Perbedaan penelitian ini dibandingkan penelitian sebelumnya yaitu adanya penambahan asam ke dalam *bioadhesive*. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kualitas *bioadhesive* yang dihasilkan serta pengaruh dari bahan-bahan yang digunakan. Sebagai referensi, kualitas *bioadhesive* yang baik adalah ketika *bioadhesive* tersebut memiliki umur yang panjang dan nilai kuat geser yang baik sehingga mampu bersaing dengan perekat sintesis di pasaran.

2. Metodologi

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Februari – Oktober 2021, di kota Yogyakarta. Suhu udara pada lokasi saat penelitian dilaksanakan berada pada rentang 28 - 30°C.

2.1 Bahan *Bioadhesive*

Bahan-bahan yang digunakan pada penelitian adalah *soy protein isolated* (SPI) sebagai bahan utama yang mengandung unsur protein, *aquadest* yang digunakan sebagai pelarut, natrium sulfit digunakan sebagai denaturan protein, asam sitrat sebagai *crosslinker* sekaligus katalis, serta papan kayu sebagai media uji kuat geser dari *bioadhesive*. Semua bahan tersebut diperoleh dari Laboratorium Teknik Reaksi Kimia dan Katalis, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada.

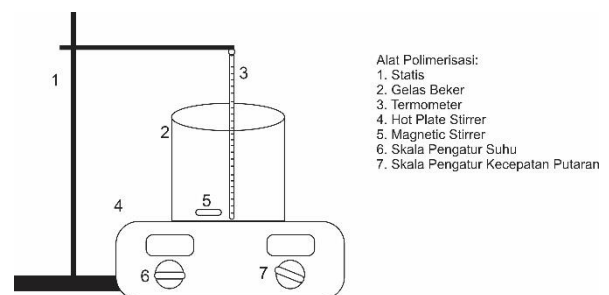
2.2 Pembuatan Perekat

Soy Protein Isolated (SPI) ditimbang sebanyak 15 gram dan *aquadest* sebanyak 85 mL ditambahkan ke dalam gelas beker 250 mL yang telah dirangkai seperti Gambar 1. Kemudian diaduk manual menggunakan gelas pengaduk hingga terbentuk *slurry*. Setelah itu, pengadukan dilakukan secara

kontinyu selama reaksi berlangsung dengan bantuan *hot plate stirrer*. Suhu diatur pada skala 55 – 60°C dan kecepatan pengadukan menyesuaikan. Larutan SPI tersebut dipanaskan selama 5 menit pada suhu 55 – 60°C dan suhu dipertahankan tetap.

Natrium *bisulfit* (*denaturan*) sebanyak 0,6 gram ditambahkan ke dalam larutan SPI, kemudian pengadukan dilakukan selama 30 menit. Pembuatan sampel diulangi untuk natrium *bisulfit* sebanyak 0,8 gram, 1 gram, 1,2 gram, dan 1,4 gram.

Asam sitrat sebanyak 8 gram ditambahkan ke dalam sampel dan pengadukan dilanjutkan selama 10 menit. Pembuatan sampel diulangi untuk asam sitrat sebanyak 10 gram, 12 gram, 14 gram, dan 16 gram. Setelah reaksi selesai, perekat dimasukkan ke wadah untuk diperam selama 1 hari.



Gambar 1. Rangkaian Alat Polimerisasi

2.3 Uji Viskositas

Setelah diperam selama 1 hari, perekat akan diuji viskositasnya menggunakan *Viscosimeter Brookfield* menurut ASTM-D1084. Perekat sebanyak 100 – 150 mL dimasukkan ke dalam wadah, pemilihan ukuran *spindle* dan kecepatan putaran tergantung dengan kekentalan perekat. *Spindle* yang sudah sesuai dipasang pada alat dan kecepatan putaran diatur. Viskositas dicatat saat % torsi sudah menunjukkan angka 10 – 90%.

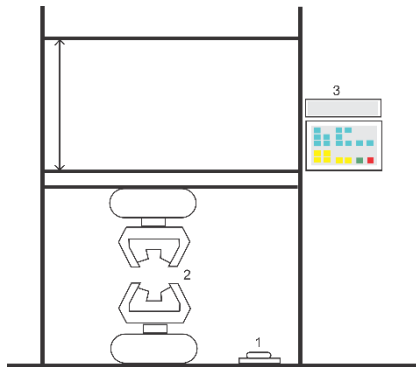
2.4 Uji Solid Content

Perekat ditimbang sebanyak 1 gram dan diletakkan pada *petri dish*. Oven dipanaskan

hingga suhu 100°C, kemudian perekat dioven selama 1 jam. Setelah itu, sampel didinginkan pada eksikator selama 10 menit dan sampel ditimbang. Percobaan diulangi sebanyak 2 kali, sehingga setiap sampel mempunyai 3 data *solid content*.

2.5 Uji Kuat Geser Kering

Perekat diaplikasikan ke papan kayu berukuran 3×2,5 cm sebanyak ± 0,1 gram mengikuti standar ASTM-D906. Setiap sampel diaplikasikan ke 5 pasang kayu. Sampel yang sudah direkatkan, diberi beban tekanan sebesar $3,27 \times 10^{-2}$ N/mm² dan didiamkan pada suhu ruangan 25 – 30°C. Setelah 1 hari, beban dilepas dan sampel didiamkan selama 7 hari sebelum dilakukan pengujian. Selanjutnya, kuat geser sampel diuji menggunakan *Universal Testing Machine* (Gambar 2) dengan kecepatan penarikan 10 mm/menit.



Gambar 2. *Universal Testing Machine*

2.6 Uji Kuat Geser Basah

Perekat diaplikasikan ke papan kayu berukuran 3×2,5 cm sebanyak ± 0,1 gram mengikuti standar ASTM-D906. Setiap sampel diaplikasikan ke 5 pasang kayu. Sampel yang sudah direkatkan, diberi beban tekanan sebesar $3,27 \times 10^{-2}$ N/mm² dan didiamkan pada suhu ruangan 25–30°C. Setelah 1 hari, beban dilepas dan sampel didiamkan selama 7 hari sebelum dilakukan pengujian. Pemilihan waktu tersebut didasarkan pada waktu yang dibutuhkan *bioadhesive* untuk mengeras. Sebelum pengujian, sampel direndam di dalam air selama 3 jam terlebih dahulu kemudian

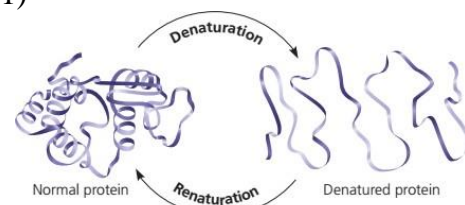
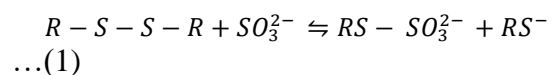
dikeringkan selama 1 jam. Setelah itu, kuat geser basah sampel diuji menggunakan *Universal Testing Machine* (Gambar 2) dengan kecepatan penarikan 10 mm/menit.

2.7 Uji FTIR

Dalam analisis pengujian ini, digunakan spektrofotometer FT-IR Mb 3000. Panjang gelombang yang digunakan berkisar antara 4000 dan 400 cm⁻¹ dengan resolusi 4 cm⁻¹ dan 32 *scanning*.

3. Hasil dan Pembahasan

Dalam penelitian ini, terjadi dua reaksi, yaitu reaksi denaturasi protein dan reaksi polimerisasi. Reaksi denaturasi adalah reaksi pemutusan ikatan disulfida pada protein sehingga protein terurai dari struktur kuartener, tersier, dan sekunder menjadi struktur primer (Anson & Mirsky, 1931). Proses denaturasi terjadi tanpa pemutusan ikatan kovalen kecuali ikatan disulfida. Denaturasi yang terjadi dapat bersifat *reversible* maupun *irreversible* (Schmid, Prinz, Stäbler, & Sänglerlaub, 2017). Pada penelitian ini, denaturasi terjadi dengan bantuan natrium sulfit sebagai *denaturan* dengan reaksi sebagai berikut.



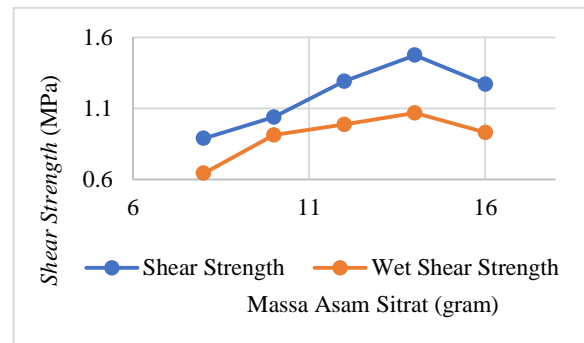
Gambar 3. Reaksi Denaturasi Protein

Reaksi yang kedua adalah reaksi polimerisasi kondensasi. Pada reaksi ini, produk yang diharapkan adalah terbentuknya poliamida (Saldívar & Vivaldo, 2013). Poliamida adalah suatu polimer yang mengandung gugus amida sebagai penyusun rantai induk suatu polimer (Leggett, & David, 1959). Gugus-gugus pembentuk

poliamida adalah gugus *karboksilat* dari asam sitrat dan gugus amin dari protein.

Analisis kuat geser dilakukan dengan standar ASTM-D906 untuk kuat geser kering dan ASTM-D1183 untuk kuat geser basah. Pengujian ini dilakukan dengan cara menguji bioadhesive yang telah diaplikasikan ke kayu dengan luas aplikasi 25 mm×30 mm. Pengujian dilakukan dengan mengambil 5 data sehingga untuk setiap *bioadhesive* yang dibuat diaplikasikan kepada 5 pasang kayu. Kelima sampel tersebut diperlakukan secara sama sehingga menghasilkan data yang akurat.

Pada pengujian kuat geser diperoleh nilai kuat geser kering untuk SPI murni sebesar 0,9653 MPa dan kuat geser basah sebesar 0,6775 MPa. Berdasarkan data dari kuat geser, dapat diketahui bahwa jumlah *denaturan* optimum yaitu sebesar 1 gram, dengan nilai kuat geser kering 1,9051 MPa dan kuat geser basah 1,6093 MPa. Sedangkan grafik untuk kuat geser variasi asam sitrat dapat dilihat pada Gambar 4. Dari grafik terlihat bahwa kuat geser akan naik seiring dengan penambahan jumlah asam sitrat hingga mencapai jumlah asam sitrat optimum dan setelahnya kuat geser akan mengalami sedikit penurunan. Penambahan jumlah asam dapat mengakibatkan semakin banyaknya gugus C=O atau ikatan poliamida yang terbentuk, yang mana ikatan tersebut dapat meningkatkan nilai kuat geser. Diperoleh jumlah asam sitrat optimum yaitu pada saat penambahan asam sitrat sebanyak 14 gram. Jumlah asam sitrat optimum tersebut menunjukkan nilai kuat geser terbesar yaitu untuk kuat geser kering sebesar 1,4742 MPa dan kuat geser basah sebesar 1,0681 MPa. Berdasarkan data kuat geser, dapat diketahui jika terjadi penurunan nilai kuat geser kering sebesar 0,3 – 0,4 kali kuat geser basah. Hal tersebut wajar terjadi karena pada dasarnya air tidak memiliki sifat *adhesive* sehingga dapat menurunkan nilai kuat geser dari sampel.

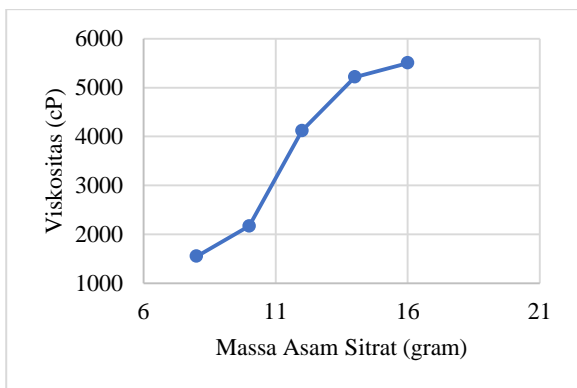


Gambar 4. Grafik Kuat Geser Kering dan Basah pada Berbagai Massa Asam Sitrat

Bila dilihat dari data pada Gambar 4, terjadi kenaikan nilai kuat geser baik kering maupun basah dari sampel SPI murni bila dibandingkan dengan SPI/D. Hal tersebut dapat terjadi karena pada sampel SPI/*Denaturan* sudah terjadi denaturasi protein yang mana akan berikatan dengan gugus -OH pada kayu dan membentuk gugus -COOH. Namun hal tersebut berlawanan dengan terjadinya penurunan nilai kuat geser pada SPI/D/AS bila dibandingkan dengan SPI/D. Bila kedua sampel tersebut dibandingkan, kandungan senyawa C=O amida pada sampel SPI/D/AS lebih banyak, seharusnya memiliki nilai kuat geser yang jauh lebih besar dari SPI/D. Akan tetapi, malah terjadi penurunan kuat geser baik kering maupun basah. Hal ini disebabkan karena gugus C=O amida sudah habis bereaksi dengan dirinya sendiri, sehingga tidak ada lagi yang sisa C=O amida untuk bereaksi atau berikatan dengan gugus -OH dari kayu, di mana hal ini dapat menurunkan nilai kuat geser.

Pada pengujian sampel digunakan *spindle* 4 karena sampel sangat kental. Dari pengujian ini diketahui bahwa viskositas dari SPI murni tidak dapat ditentukan karena sampel sudah berwujud semi padatan, sehingga alat tidak mampu mengukur nilai viskositasnya. Untuk viskositas dari sampel SPI/D diperoleh viskositas yang bervariasi yaitu mulai dari 20.910 – 42.045 cP. Dari data ini dapat diketahui bahwa semakin banyak *denaturan* yang ditambahkan maka sampel akan semakin kental atau semakin besar nilai viskositasnya. Hal tersebut dikarenakan semakin banyak protein yang

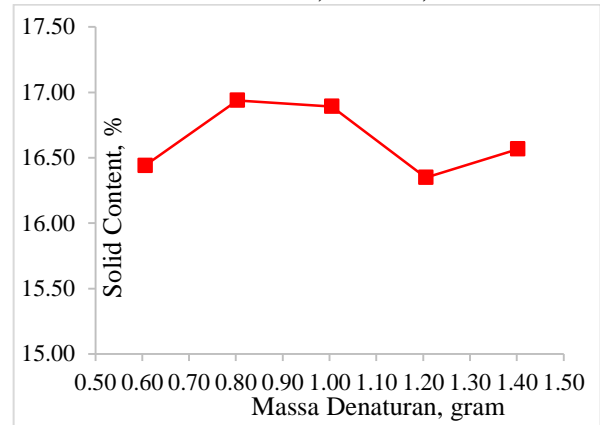
ter-denaturasi maka agregasi yang terjadi juga semakin banyak, di mana saat agregasi terjadi akan terjadi kenaikan viskositas pada sampel. Berdasarkan data analisis kuat geser diketahui bahwa jumlah *denaturan* optimum sebesar 1 gram yang memiliki viskositas sebesar 25.530 cP. Sedangkan untuk viskositas dari variasi asam sitrat bila dibandingkan dengan SPI/D optimum, akan menunjukkan grafik turun yang berarti viskositas mengalami penurunan pada saat penambahan asam sitrat. Hal tersebut dapat terjadi karena pada reaksi antara asam sitrat dan protein dihasilkan produk berupa air, di mana air tersebut akan menyebabkan nilai viskositas menurun. Namun bila hanya dilihat dari variasi asam sitrat yang ditunjukkan pada Gambar 5, grafik viskositas akan meningkat seiring dengan penambahan asam. Hal tersebut wajar terjadi karena semakin banyak padatan yang dimasukkan ke dalam sampel akan menyebabkan sampel menjadi semakin kental sehingga viskositas meningkat.



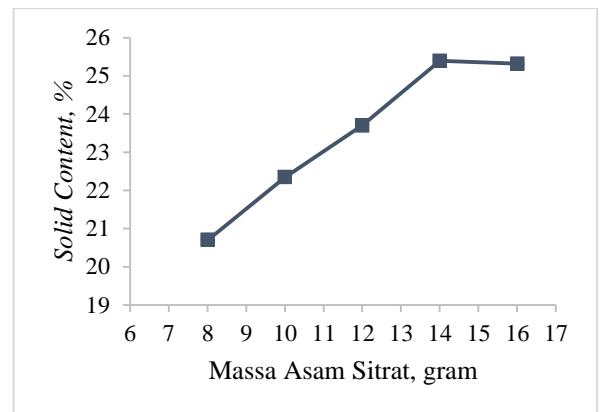
Gambar 5. Grafik Viskositas pada Berbagai Massa Asam Sitrat

Pada pengujian *solid content* diperoleh data untuk sampel blangko sebesar 14,43%. Untuk sampel SPI/D diketahui bahwa nilai dari *solid content* relatif konstan yaitu pada kisaran 16,35 – 16,94%, dapat dilihat pada Gambar 6. Hal ini wajar terjadi karena penambahan *denaturan* sangat sedikit sehingga pengaruh terhadap *solid content*-nya pun tidak cukup signifikan. Sedangkan untuk sampel SPI/D/AS nilai *solid content*-nya cenderung naik walaupun juga tidak signifikan. Grafik dapat dilihat pada Gambar

7. Hal ini disebabkan karena jumlah padatan yang ditambahkan sudah cukup banyak sehingga kandungan padatan dalam sampel pun semakin banyak di mana hal ini dapat meningkatkan nilai *solid content*. Nilai *solid content* berkisar dari 20,70 – 25,32%.



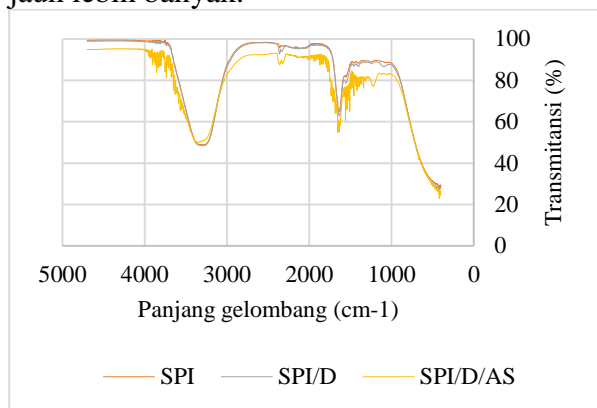
Gambar 6. Grafik *Solid Content* pada Berbagai Massa Denaturan



Gambar 7. Grafik *Solid Content* pada Berbagai Massa Asam Sitrat

Data hasil pengujian FTIR dari sampel blangko, *denaturan* optimum, dan variasi asam sitrat ditunjukkan pada Gambar 8. Dari data hasil FTIR diketahui bahwa SPI murni memiliki 4 peaks yaitu pada 1.400,66 (C=C aromatik); 1.558,04 (C=C aromatik dan C=O amida); 1635,3 (C=C alkena); dan 3290,63cm⁻¹ (CH stretch atau OH strong). Bila dilihat pada grafik, sebetulnya tidak banyak perbedaan untuk SPI murni dan SPI/*Denaturan* yang membedakan hanya tinggi dari beberapa *peak*-nya saja. Bila dibandingkan peak 1.553 pada sampel SPI/D dengan *peak* 1.558 pada SPI murni, terlihat bahwa *peak* di SPI/D lebih tinggi daripada

SPI. Hal tersebut berarti bahwa kandungan senyawa C=O amida pada SPI/D sedikit lebih banyak daripada SPI murni (Kirana, 2021). Sedangkan hasil FTIR sampel SPI/D/AS cukup memiliki perbedaan bila dibandingkan dengan kedua sampel lainnya. Pada SPI/D/AS terlihat bahwa terdapat banyak peak pada 1.525 – 1.549, di mana peak ini menunjukkan banyaknya kandungan dari C=O amida pada sampel. Hal tersebut membuktikan bahwa ikatan poliamida yang terbentuk pada sampel jauh lebih banyak.



Gambar 8. Hasil Uji FTIR

4. Kesimpulan

Kesimpulan yang dapat diambil dari penelitian ini yaitu penambahan *denaturan* berupa natrium sulfit dapat meningkatkan kuat geser *bioadhesive*. Akan tetapi, penambahan asam sitrat menurunkan kuat geser *bioadhesive*. Viskositas dari *bioadhesive* yang dihasilkan meningkat seiring dengan penambahan *denaturan* dan turun setelah penambahan asam sitrat. Viskositas meningkat terhadap variasi asam sitrat. *Solid content* cenderung meningkat seiring dengan penambahan asam sitrat. Pada pengujian kuat geser diperoleh kuat geser kering optimum sebesar 1,9051 MPa dan kuat geser basah sebesar 1,6093 MPa.

Daftar Pustaka

Anson, M. L., & Mirsky, A. A. E. (n.d.). *THE EFFECT OF DENATURATION ON THE VISCOSITY OF PROTEIN SYSTEMS* *The Journal of General*

Physiology.

<http://rupress.org/jgp/article-pdf/15/3/341/1234524/341.pdf>

Ebnesajjad, S., & Landrock, A. H. (2015). Characteristics of Adhesive Materials. In *Adhesives Technology Handbook* (pp. 84–159). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/b978-0-323-35595-7.00005-x>

Eskani, I. N., Widiastuti, R., & Lathifah, N. N. (2014). Karakterisasi perekat alami dari tumbuhan untuk industri kerajinan. Seminar Nasional Teknologi Industri Hijau 2, May 2017, 295–300.

Leggett, J., And, B., & Colei, R. D. (1959). Studies on the Reaction of Sulfite with Proteins*. In *THE JOURNAL OF BIOCHEMISTRY* (Vol. 234, Issue 7).

Li, S., Zhou, J., Huang, Y. H., Roy, J., Zhou, N., Yum, K., Sun, X., & Tang, L. (2020). Injectable Click Chemistry-based Bioadhesives for Accelerated Wound Closure. *Acta Biomaterialia*, *110*, 95–104. <https://doi.org/10.1016/j.actbio.2020.04.004>

Packham, D. E. (2005). Handbook of Adhesion Promoters. In John Wiley and Sons, Ltd (2nd ed.). John Wiley.

Saldívar, E., & Vivaldo, E. (2013). Handbook of Polymer Synthesis, Characterization, and Processing | Wiley. In Wiley. <https://www.wiley.com/en-us/Handbook+of+Polymer+Synthesis,+Characterization,+and+Processing-p-9780470630327>

Schmid, M., Prinz, T. K., Stähler, A., & Sänglerlaub, S. (2017). Effect of sodium sulfite, sodium dodecyl sulfate, and urea on the molecular interactions and properties of whey protein isolate-based films. *Frontiers in Chemistry*, *5*(JAN). <https://doi.org/10.3389/fchem.2016.00049>

Kirana, V. (2021). Analisis Kuat Geser Bioadhesive Berbahan Soy Protein

Isolated (SPI) dengan Variasi Natrium Sulfit dan Asam Sitrat. Seminar Mahasiswa teknik Kimia 2021, 17-18.

Zheng, P., Lin, Q., Li, F., Ou, Y., & Chen, N. (2017). Development and characterization of a defatted soy flour-based bio-adhesive crosslinked by 1,2,3,4-butanetetracarboxylic acid. *International Journal of Adhesion and Adhesives*, 78, 148–154. <https://doi.org/10.1016/j.ijadhadh.2017.06.016>